

Remplace SIA 265:2012

Holzbau

Costruzioni di legno

Timber Structures

Construction en bois

Nutzung ausschliessliche fuer Ausbildungszwecke gestattet!
Eine Weitergabe an Dritte ist urheberrechtlich untersagt!

Austrucke unterliegen nicht dem Aenderungsdienst.

SNV / licensed to 28791-swissuniversities / AboNr: 125665 / SN 505265:2012

265

Numéro de référence
SN 505265:2021 fr

Valable dès: 2021-05-01

Éditeur
Société suisse des ingénieurs
et des architectes
Case postale, CH-8027 Zurich

Nombre de pages: 114

Copyright © 2021 by SIA Zurich

Groupe de prix: 54

TABLE DES MATIÈRES

	Page		Page
Avant-propos	5	3.4.2 Propriétés caractéristiques et valeurs de dimensionnement	26
0 Domaine d'application	6	3.4.3 Dimensions	27
0.1 Délimitation	6	3.5 Matériaux dérivés du bois	28
0.2 Conditions générales pour la construction	6	3.6 Propriétés physico-techniques du bois et des dérivés du bois	28
0.3 Références normatives	6	3.6.1 Équilibre hygroscopique du bois et des dérivés du bois	28
0.4 Dérogations	7	3.6.2 Coefficients de retrait et de gonflement du bois et des dérivés du bois	29
1 Terminologie	8	3.6.3 Coefficients de dilatation thermique du bois massif et des dérivés du bois .	30
1.1 Termes techniques	8	4 Analyse structurale et dimensionne- ment	31
1.2 Notations	11	4.1 Généralités	31
1.3 Abréviations	17	4.2 Vérification de la sécurité structurale ..	31
2 Bases	18	4.2.1 Traction	31
2.1 Généralités	18	4.2.2 Compression	31
2.2 Sécurité structurale	18	4.2.3 Flexion	32
2.3 Aptitude au service	19	4.2.4 Flexion combinée avec un effort normal	32
2.3.1 Déformations	19	4.2.5 Effort tranchant et torsion	33
2.3.2 Vibrations	20	4.2.6 Cisaillement	33
2.4 Robustesse	20	4.2.7 Effort tranchant combiné avec un effort normal, perpendiculairement au fil	33
2.5 Durabilité	20	4.2.8 Stabilité des barres comprimées (flambage)	34
3 Matériaux	21	4.2.9 Stabilité des poutres fléchies (déversement)	36
3.1 Généralités	21	4.3 Vérification de l'aptitude au service ...	37
3.1.1 Valeurs caractéristiques	21	4.3.1 Déformations	37
3.1.2 Propriétés des matériaux	21	4.3.2 Influence de la durée d'application des actions et de la teneur en eau sur les déformations	37
3.2 Influence de la teneur en eau, de la durée d'application des actions et de la température	21	4.3.3 Vibrations	37
3.2.1 Teneur en eau des éléments de construction et classification selon le degré d'humidité	21	4.4 Fatigue	38
3.2.2 Influence de la durée d'application des actions	23	4.4.1 Généralités	38
3.2.3 Influence de la température	23	4.4.2 Contrôle de constructions en bois soumises à la fatigue	38
3.3 Bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué ...	23	4.5 Situation de dimensionnement incendie	39
3.3.1 Généralités	23	4.5.1 Généralités	39
3.3.2 Propriétés caractéristiques et valeurs de dimensionnement	25	4.5.2 Éléments de construction en bois	39
3.3.3 Dimensions	26		
3.4 Bois lamellé collé	26		
3.4.1 Généralités	26		

Même si dans la présente publication les personnes et les fonctions sont indiquées au masculin, elles concernent également le féminin.

Les rectificatifs éventuels concernant la présente publication sont disponibles sous www.sia.ch/rectificatif.

La SIA décline toute responsabilité en cas de dommages qui pourraient survenir du fait de l'application de la présente publication.

	Page		Page	
4.5.3	Assemblages	41	6 Assemblages	62
4.5.4	Éléments en construction mixte	41	6.1 Bases	62
4.6	Situation de dimensionnement		6.1.1 Généralités	62
	séisme	41	6.1.2 Comportement des assemblages	63
4.6.1	Généralités	41	6.1.3 Rigidité des assemblages	64
4.6.2	Zones ductiles dans les structures		6.1.4 Modélisation d'assemblages au cisaillement avec connecteurs de type tige	64
	en bois	43	6.2 Assemblage par broches	
4.6.3	Zones non ductiles dans les structures		(boulons ajustés)	65
	en bois ductiles	44	6.2.1 Sollicitation perpendiculaire à l'axe	
5	Éléments de construction		de la broche	65
	et structures	45	6.3 Assemblage par boulons	
5.1	Poutres de hauteur variable et poutres		(boulons de charpente)	67
	courbes	45	6.3.1 Sollicitation perpendiculaire à l'axe	
5.2	Réductions de section, entailles		du boulon	67
	et évidements	46	6.3.2 Sollicitation dans l'axe du boulon	67
5.2.1	Généralités	46	6.4 Assemblages cloués	68
5.2.2	Réductions de section	46	6.4.1 Généralités	68
5.2.3	Entailles	47	6.4.2 Assemblages cloués sans préperçage	68
5.2.4	Évidements	47	6.4.3 Assemblages cloués avec préperçage	71
5.3	Éléments de construction composés	48	6.5 Assemblages par vis à bois	73
5.3.1	Largeur de participation dans des		6.5.1 Généralités	73
	sections avec revêtements en forme		6.5.2 Sollicitation perpendiculaire à l'axe	
	de plaques	48	de la vis	73
5.3.2	Poutres composées avec liaison		6.5.3 Sollicitation dans l'axe de la vis	77
	continue	49	6.5.4 Sollicitation combinée	79
5.3.3	Poutres chevillées	50	6.6 Agrafes	79
5.3.4	Poutres à âme mince	50	6.7 Assemblages par plaques métalliques	
5.3.5	Éléments de plaque (éléments fléchis)	51	embouties	79
5.3.6	Poutres triangulées	52	6.8 Crampons et goujons annulaires	80
5.3.7	Barres comprimées composées	52	6.8.1 Généralités	80
5.4	Plaques	54	6.8.2 Crampons	80
5.4.1	Plaques de toitures et de planchers	54	6.8.3 Goujons annulaires (anneaux)	80
5.4.2	Parois	54	6.8.4 Autres types de goujons	82
5.5	Dalles	55	6.9 Assemblages bois sur bois	82
5.5.1	Généralités	55	6.9.1 Joint droit ou oblique	82
5.5.2	Dalles en bois, non armées	56	6.9.2 Embrèvement	83
5.5.3	Dalles en bois, armées transversalement	56	6.10 Assemblages au moyen de tiges	
5.6	Constructions mixtes	57	nervurées collées	84
5.7	Effet système	57	6.10.1 Généralités	84
5.7.1	Éléments de construction avec		6.10.2 Sollicitation dans l'axe des tiges	84
	dispositifs de compensation	57	6.10.3 Sollicitation perpendiculaire à l'axe	
5.7.2	Éléments de construction avec		des tiges	84
	liaison continue	57	6.10.4 Sollicitation combinée	84
5.8	Stabilisation spatiale et contreventements	58	6.11 Collages	85
5.8.1	Stabilité générale des structures	58	6.11.1 Généralités	85
5.8.2	Stabilisation à l'aide d'appuis ponctuels	58	6.11.2 Exigences relatives aux adhésifs	85
5.8.3	Analyse selon la théorie du second		6.11.3 Joints collés longitudinalement	86
	ordre	60	6.11.4 Entures collées à fil parallèle	
5.8.4	Stabilisation à l'aide de poutres,		(entures multiples)	87
	de contreventements ou de plaques	60	6.11.5 Entures collées présentant un angle	
			(entures multiples))	87
			6.11.6 Couvre-joints collés	87

	Page		Page
7 Durabilité	88	Annexe	
7.1 Généralités	88	A (normative) Calcul détaillé de la résistance d'assemblages à l'aide de broches, de boulons et de vis	95
7.2 Mesures constructives	88	B (normative) Valeurs caractéristiques de la résistance à la compression et du fractile 5% du module d'élasticité parallèles au fil	99
7.3 Résistance du bois et des matériaux dérivés du bois contre les influences chimiques, biologiques et les intempéries	89	C (normative) Méthode alternative de vérification de la sécurité structurale pour des sollicitations en compression perpendiculaire au fil	100
7.4 Assemblages collés	89	D (normative) Liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil	101
7.5 Assemblages et composants métalliques	90	E (normative) Renforts pour la reprise de sollicitations de traction perpendiculaire au fil	104
7.6 Mesures techniques lors de la mise en œuvre	90	F (informative) Publications	109
7.7 Surveillance et entretien	90	G (informative) Index des termes	110
8 Exécution	91		
8.1 Généralités	91		
8.2 Matériaux	91		
8.3 Assemblages collés	91		
8.4 Assemblages bois – bois	92		
8.5 Assemblages comportant des connecteurs	92		
8.5.1 Exigences relatives au bois dans la zone des assemblages	92		
8.5.2 Clous sans préperçage	92		
8.5.3 Clous avec préperçage	92		
8.5.4 Broches et boulons ajustés	92		
8.5.5 Boulons (boulons de charpente)	93		
8.5.6 Vis à bois à filetage forgé ou laminé selon le chiffre 6.5.1.3 et figure 34	93		
8.5.7 Vis à bois à filetage usiné selon DIN 7998, selon le chiffre 6.5.1.2 et figure 33	93		
8.5.8 Plaques métalliques embouties	93		
8.5.9 Crampons	93		
8.5.10 Anneaux	93		
8.6 Goussets en tôles d'acier et systèmes d'assemblages	93		
8.7 Tolérances	93		
8.8 Transport et montage	94		
8.9 Contrôles des dimensions sur le chantier	94		

AVANT-PROPOS

La présente norme SIA 265 s'adresse aux projeteurs. Elle concerne également les maîtres d'ouvrage, la direction des travaux ainsi que les entrepreneurs.

La norme SIA 265 fait partie des normes des structures porteuses de la SIA. Elle s'appuie sur la norme européenne SN EN 1995 *Conception et calcul des structures en bois*.

Cette version de la norme SIA 265 correspond à une révision de l'édition de 2012. Les ajustements rendus nécessaires par la Loi fédérale sur les produits de construction ont été intégrés, les erreurs rédactionnelles et techniques ont été corrigées et la norme a été mise à jour afin de refléter l'état actuel de la technique.

Une méthode de vérification de la sécurité structurale de liaison présentant des sollicitations en traction perpendiculaire au fil a été introduite à l'annexe D, l'annexe F offre un répertoire des publications sur des thèmes associés à la présente norme et l'annexe G contient un index des termes techniques classés par ordre alphabétique.

Le groupe spécialisé bois collé d'Industrie du bois Suisse a souhaité compléter la norme pour le bois lamellé collé en introduisant les valeurs de dimensionnement pour la classe de résistance GL20h et en supprimant les classes de résistance GL36c et GL36h qui ne figurent plus dans la norme SN EN 14080.

Le dimensionnement d'éléments de construction en matériaux dérivés du bois et celui d'assemblages entre le bois et les matériaux dérivés du bois sont réglés dans l'édition 2018 de la norme 265/1 *Construction en bois – Spécifications complémentaires*.

Commission SIA 265

0 DOMAINE D'APPLICATION

0.1 Délimitation

- 0.1.1 La présente norme régit l'élaboration des projets de structures porteuses en bois (bois rond, bois massif, bois massif à entures multiples, bois massif reconstitué et bois lamellé collé) ou en dérivés du bois.
- 0.1.2 La présente norme s'applique en relation avec les normes suivantes:
- | | |
|-----------------|---|
| Norme SIA 260 | Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses |
| Norme SIA 261 | Actions sur les structures porteuses |
| Norme SIA 261/1 | Actions sur les structures porteuses – Spécifications complémentaires |
| Norme SIA 265/1 | Construction en bois – Spécifications complémentaires. |
- 0.1.3 La norme SIA 265 traite exclusivement des exigences relatives à la sécurité structurale, à l'aptitude au service et à la durabilité des constructions en bois. D'autres exigences, telles que celles relatives à l'isolation thermique ou phonique, ne sont pas abordées.
- 0.1.4 La norme SIA 265 est aussi valable pour les structures temporaires.
- 0.1.5 L'exécution d'ouvrages en bois n'est traitée que dans la mesure où cela est nécessaire pour garantir la qualité des matériaux et des éléments d'ouvrage mis en œuvre, pour soutenir la communication entre les acteurs de la construction ainsi que pour s'assurer de la concordance entre les hypothèses de calcul et leur transposition dans la pratique.
- 0.1.6 Les prescriptions de la présente norme doivent être appliquées en fonction de l'importance de l'ouvrage et de son degré de difficulté.
- 0.1.7 En règle générale, les exigences de qualité et les prescriptions d'exécution mentionnées dans cette norme seront considérées comme des exigences minimales.
- 0.1.8 La maintenance des structures porteuses existantes est réglée dans la norme SIA 269/5 *Maintenance des structures porteuses – Structures en bois*.

0.2 Conditions générales pour la construction

Les conditions générales pour la construction (CGC) concernant le contenu de la présente norme sont indiquées dans la norme SIA 118/265 *Conditions générales relatives à la construction en bois*.

0.3 Références normatives

Le texte de la présente norme fait référence aux publications suivantes, dont les dispositions s'appliquent intégralement ou en partie selon ce qu'indique le renvoi. Les références non datées se rapportent à la dernière édition de la publication (pour les SN EN y compris les amendements), les références datées se rapportent à l'édition correspondante.

0.3.1 Normes SIA

SIA 112/1	Construction durable – Bâtiment
SIA 112/2	Construction durable – Génie civil et infrastructures
SIA 260	Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
SIA 261	Actions sur les structures porteuses
SIA 262	Construction en béton
SIA 263	Construction en acier
SIA 264	Construction mixte acier – béton
SIA 265/1:2018	Construction en bois – Spécifications complémentaires
SIA 266	Construction en maçonnerie
SIA 267	Géotechnique

0.3.2 Normes européennes

SN EN 300	Panneaux de lamelles minces, longues et orientées (OSB) – Définitions, classifications et exigences
SN EN 309	Panneaux de particules – Définition et classification
SN EN 312	Panneaux de particules – Exigences
SN EN 316	Panneaux de fibres de bois – Définition, classification et symboles
SN EN 338	Bois de structure – Classes de résistance
SN EN 622-2	Panneaux de fibres – Exigences – Partie 2: Exigences pour panneaux durs
SN EN 622-3	Panneaux de fibres – Exigences – Partie 3: Exigences pour panneaux mi-durs
SN EN 622-5	Panneaux de fibres – Exigences – Partie 5: Exigences pour panneaux obtenus par procédé à sec (MDF)
SN EN 633	Panneaux de particules liées au ciment – Définition et classification
SN EN 634-2	Panneaux de particules liées au ciment – Exigences – Partie 2: Exigences pour les panneaux de particules liées au ciment Portland ordinaire utilisés en milieu sec, humide et extérieur
SN EN 636+A1	Contreplaqué – Exigences
SN EN 1912	Bois de structure – Classes de résistance – Affectation des classes visuelles et des essences
SN EN ISO 4016	Vis à tête hexagonale partiellement filetées – Grade C
SN EN 12775	Bois panneautés – Classification et terminologie
SN EN 13353+A1	Bois panneautés – Exigences
SN EN 14080	Structures en bois – Bois lamellé collé et bois massif reconstitué – Exigences
SN EN 14081-1+A1	Structures en bois – Bois de structure à section rectangulaire classé pour sa résistance – Partie 1: Exigences générales
SN EN 14279+A1	Lamibois (LVL) – Définitions, classification et spécifications
SN EN 14374	Structures en bois – LVL (Lamibois) – Exigences
SN EN 14545	Structures en bois – Connecteurs – Exigences
SN EN 14592+A1	Structures en bois – Eléments de fixation de type tige – Exigences
SN EN 15497	Bois massif de structure à entures multiples – Exigences de performances et exigences minimales de fabrication
SN EN 16351	Structures en bois – Bois lamellé croisé – Exigences

0.3.3 Normes DIN

DIN 4074-1	Classement des bois suivant leur résistance – Partie 1: Bois de sciage de conifères
DIN 4074-5	Classement des bois suivant leur résistance – Partie 5: Bois de sciage de feuillu
DIN 7998	Filetage et terminaison de vis pour vis à bois

0.4 Dérogations

- 0.4.1 Des dérogations à la présente norme sont admises pour autant qu'elles soient suffisamment fondées sur des données théoriques ou sur des essais, ou qu'elles soient justifiées par de nouveaux développements ou de nouvelles connaissances.
- 0.4.2 Pour les situations non traitées par cette norme, la procédure à suivre doit être convenue entre les responsables du projet et le maître de l'ouvrage, ainsi que toutes les instances concernées. La procédure choisie sera décrite par étapes dans la convention d'utilisation et dans la base du projet.

1 TERMINOLOGIE

Pour l'application de la présente norme on utilisera les termes définis ci-après. Ces termes sont répertoriés par ordre alphabétique en quatre langues à l'annexe G.

Les termes techniques généraux sont définis dans les normes SIA 260 et SIA 261. Les termes techniques spécifiques aux différents matériaux de construction sont définis dans les normes SIA 262 à SIA 267.

1.1 Termes techniques

1.1.1 Bois

Bois rond, bois massif, bois massif à entures multiples, bois massif reconstitué et bois lamellé collé.

1.1.2 Bois massif

Élément de bois, généralement équarri, obtenu par sciage de grumes (équarris, plateaux, planches, lattes, carrelots).

1.1.3 Bois massif à entures multiples

Élément de construction en bois de structure, défini dans SN EN 15479, constitué de bois massifs liés dans la longueur par des joints à entures multiples.

1.1.4 Bois massif reconstitué

Élément de construction en bois de structure, défini dans SN EN 14080, constitué de deux à cinq lamelles parallèles collées d'une épaisseur finie supérieure à 45 mm et inférieure à 85 mm (inclus) ayant des dimensions de section transversale ne dépassant pas 280 mm.

1.1.5 Bois lamellé collé

Élément de construction en bois de structure, défini dans SN EN 14080, constitué d'au moins deux lamelles parallèles ayant une épaisseur finie comprise entre 6 mm et 45 mm (inclus).

1.1.6 Assemblage à entures multiples

Autre dénomination: aboutage dentelé. Assemblage collé de deux équarris ou de deux éléments en bois collé dont les extrémités ont été découpées en dents de scie, de même inclinaison et de même profil qui s'interpénètrent.

1.1.7 Aboutage à entures multiples de grandes dimensions

Aboutage à entures multiples, défini dans SN EN 14080, sur toute l'aire de la section transversale aux extrémités des composants en bois lamellé collé, assemblées par collage sous n'importe quel angle compris entre 45° et 90° (inclus).

1.1.8 Bois lamellé collé en bloc

Élément de construction, défini dans SN EN 14080, constitué d'au moins deux composants en bois lamellé collé assemblés par collage.

1.1.9 Lamelle

Planches, habituellement aboutées par entures multiples, faisant partie d'un bois lamellé collé ou d'un bois massif reconstitué.

1.1.10 Bois lamellé

Élément de bois constitué de planches disposées parallèlement au fil sur chant et liées entre elles mécaniquement sur toute leur longueur.

1.1.11 Matériaux dérivés du bois, panneaux à base de bois

Bois panneau à une ou plusieurs couches, bois lamellé croisé, lamibois, contreplaqué, panneau de particules liées à la résine, panneau de particules liées au ciment, panneau OSB.

- 1.1.12 **Bois panneauté à une couche**
Dérivé du bois défini dans SN EN 12775 constitué de plusieurs pièces de bois collées ensemble sur leurs chants pour former une seule couche. Les caractéristiques de performances figurent dans SN EN 13353+A1.
- 1.1.13 **Bois panneauté multicouche**
Dérivé du bois défini dans SN EN 12775 constitué de deux couches extérieures avec directions parallèles et au moins une couche intérieure dont la direction du fil est perpendiculaire à celle des couches extérieures. Les pièces de bois des couches sont collées sur leurs chants et sur leurs faces. Les caractéristiques de performances figurent dans SN EN 13353+A1.
- 1.1.14 **Bois lamellé croisé**
Panneau à base de bois défini dans SN EN 16351 composé d'au moins trois couches à fil perpendiculaire collées ensemble, formées de planches ou de MDB.
- 1.1.15 **Lamibois**
Dérivé du bois défini dans SN EN 14279+A1, composé de placages en bois collés, dont les fibres sont principalement orientées dans la même direction.
- 1.1.16 **Contreplaqué (à plis)**
Dérivé du bois défini dans SN EN 313-2, constitué de l'assemblage de plis collés entre eux, les couches successives étant habituellement à angles droits. Les caractéristiques de performance figurent dans SN EN 636+A1.
- 1.1.17 **Panneau de particules liées à la résine synthétique**
Dérivé du bois tel que défini dans SN EN 309 fabriqué sous pression et chaleur à partir de particules de bois et/ou autre matériau lignocellulosique en forme de particules avec addition d'un liant. Les caractéristiques de performance figurent dans SN EN 312.
- 1.1.18 **Panneau de particules liées au ciment**
Dérivé du bois tel que défini dans SN EN 633, fabriqué sous pression, à base de particules de bois ou particules végétales liées avec du ciment hydraulique et pouvant contenir des additifs. Les caractéristiques de performance figurent dans SN EN 634-2.
- 1.1.19 **Panneau OSB**
Dérivé du bois défini dans SN EN 300 comme panneau de lamelles longues et orientées (OSB) constitué de plusieurs couches de lamelles de bois (strands), longues et minces avec addition d'un liant. Les lamelles des couches extérieures sont alignées et disposées parallèlement à la longueur ou à la largeur du panneau; les lamelles de la ou des couches intérieures peuvent être orientées aléatoirement ou alignées, généralement perpendiculairement à la direction des lamelles extérieures.
- 1.1.20 **Panneau de fibres**
Dérivé du bois tel que défini dans SN EN 316 fabriqué à partir de fibres lignocellulosiques avec application de chaleur et/ou de pression selon le procédé humide (panneaux de fibres durs et mi-durs) ou le procédé sec (panneaux MDF). Les caractéristiques de performance figurent dans SN EN 622-2 pour les panneaux de fibres durs, dans SN EN 622-3 pour les panneaux de fibres mi-durs, et dans SN EN 622-5 pour les panneaux MDF.
- 1.1.21 **Liber**
Couche intérieure de l'écorce, conductrice de la sève.
- 1.1.22 **Bois parfait, duramen**
Cœur des troncs où les cellules conductrices de sève ou les fibres sont soit asséchées, soit mortes.
- 1.1.23 **Aubier, bois d'aubier**
Zone extérieure de la section d'un tronc, à distinguer du cœur (duramen) et de l'écorce.
- 1.1.24 **Flache**
Portion de la surface arrondie de la bille restant apparente sur le bois scié, avec ou sans écorce.

- 1.1.25 **À arêtes vives**
Désigne un équarris sans flaches.
- 1.1.26 **Classement visuel**
Classement des bois selon leur résistance, sur la base de caractéristiques définies visuellement.
- 1.1.27 **Classement mécanique**
Classement des bois selon leur résistance avec des moyens mécaniques.
- 1.1.28 **Classe de résistance**
Classement visuel ou mécanique selon la résistance de l'assortiment des bois afin de les trier selon des propriétés mécaniques définies.
- 1.1.29 **Température normale**
Température normale de l'environnement; à l'intérieur en règle générale 20°C.
- 1.1.30 **Teneur en eau du bois**
Masse d'eau dans le bois, exprimée en pourcentage de la masse volumique à sec.
- 1.1.31 **Equilibre hygroscopique**
Teneur en eau du bois soumis pendant une longue période à une humidité relative de l'air donnée pour une température déterminée.
- 1.1.32 **Saturation des fibres**
État hygroscopique limite pour lequel les fibres du bois contiennent une quantité maximale d'eau adsorbée sans eau libre dans le vide des cellules. La saturation des fibres est atteinte lors de l'entreposage du bois dans une atmosphère à 100% d'humidité relative et une température de 20°C. Selon l'essence, la teneur en eau atteint alors de 24% à 33%.
- 1.1.33 **Densité**
Masse volumique. Rapport entre la masse de bois et son volume à une teneur en eau définie.
- 1.1.34 **Fluage**
Augmentation de déformation dans le temps sous sollicitation constante.
- 1.1.35 **Résistance à la pression latérale**
Résistance du bois à la pression provoquée par un moyen d'assemblage en forme de tige, sur les parois d'un percement circulaire dans le bois ou les dérivés du bois.
- 1.1.36 **Broche (boulon ajusté)**
Broche définie dans SN EN 14592+A1 comme élément de fixation métallique de type tige sans tête intégrée. En tant que boulon ajusté elle peut être filetée et avoir un écrou adapté aux deux extrémités. Les broches ou boulons ajustés reprennent les efforts perpendiculaires à leur axe et sont insérés sans jeu dans un trou préalablement foré.
- 1.1.37 **Boulon**
Boulon défini dans SN EN 14592+A1 comme élément de fixation métallique cylindrique comportant une tête intégrée à une extrémité et une partie filetée destinée à recevoir un écrou à l'autre extrémité; désigné également boulon de charpente.
- 1.1.38 **Crampon et goujon annulaire**
Élément de fixation tel que défini dans SN EN 14545 comme goujon annulaire (anneau) resp. comme crampon si muni de dents ou de pointes, logé dans des rainures fraisées à cet effet resp. enfoncé dans le bois par pression. Les crampons et les goujons sont sollicités principalement en cisaillement et en compression.
- 1.1.39 **Embrèvement**
Assemblage oblique de deux pièces de charpente concourantes, sollicité à la compression et au cisaillement simple.
- 1.1.40 **Adhésifs**
Matériau synthétique servant à l'assemblage de pièces de bois par adhésion.

1.2 Notations

1.2.1 Majuscules latines

A	aire
A_{ef}	surface utile en compression perpendiculaire
A_i	aire d'un élément de section i
C_{mean}	élasticité moyenne d'un appui
D_s	indice de ductilité
E	module d'élasticité
$E_{c,0,mean}$	valeur caractéristique (moyenne) du module d'élasticité en compression parallèle au fil
$E_{c,90,mean}$	valeur caractéristique (moyenne) du module d'élasticité en compression perpendiculaire au fil
E_d	valeur de dimensionnement d'un effet d'actions
$E_{d,fi}$	valeur de dimensionnement d'un effet d'actions en cas d'incendie
$E_{m,mean}$	valeur caractéristique (moyenne) du module d'élasticité en flexion
$E_{t,0,mean}$	valeur caractéristique (moyenne) du module d'élasticité en traction parallèle au fil
$E_{t,90,mean}$	valeur caractéristique (moyenne) du module d'élasticité en traction perpendiculaire au fil
$E_{0,05}$	valeur caractéristique (fractile 5%) du module d'élasticité parallèle au fil
$E_{0,mean}$	valeur caractéristique (moyenne) du module d'élasticité parallèle au fil
$E_{90,mean}$	valeur caractéristique (moyenne) du module d'élasticité perpendiculaire au fil
F	force, charge, action
$F_{ax,Ed}$	valeur de dimensionnement de l'effort d'arrachement
$F_{c,90,Ed}$	valeur de dimensionnement de l'effort de compression perpendiculaire au fil à transmettre
$F_{c,90,Rd}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la compression perpendiculaire au fil
$F_{t,90,Ed}$	valeur de dimensionnement de l'effort de traction agissant sur le renforcement pour des renforts disposés perpendiculairement au fil
F_{Ed}	valeur de dimensionnement d'une force, d'une charge ou d'une action
F_u	effort de rupture
F_y	valeur de dimensionnement de la force élastique
$F_{90,Ed}$	valeur de dimensionnement de l'effort de liaison perpendiculaire au fil à transmettre
G_{mean}	valeur caractéristique (moyenne) du module de cisaillement
G_{05}	valeur caractéristique (fractile 5%) du module de cisaillement
I	moment d'inertie
I_i	moment d'inertie d'un élément de section i
I_z	moment d'inertie par rapport à l'axe z
$I_{z,ef}$	moment d'inertie effectif par rapport à l'axe z (barre comprimée composée)
K	module de glissement des assemblages
K_{ser}	module de glissement pour la vérification de l'aptitude au service
$K_{ser,0}$	module de glissement parallèle au fil pour la vérification de l'aptitude au service
$K_{ser,90}$	module de glissement perpendiculaire au fil pour la vérification de l'aptitude au service
K_u	module de glissement ultime pour la vérification de la sécurité structurale
$K_{u,05}$	valeur caractéristique (fractile 5%) du module de glissement pour la vérification de la sécurité structurale
M_{Ed}	valeur de dimensionnement du moment de flexion
$M_{u,k}$	valeur caractéristique du moment d'écoulement plastique d'un moyen d'assemblage

N_{Ed}	valeur de dimensionnement de l'effort normal
N_i	nombre d'alternances de charge avec une différence de contrainte $\Delta\sigma_i$ qui conduisent à une rupture par fatigue
$N_{i,Ed}$	valeur de dimensionnement de l'effort de compression dans l'élément de construction
$N_{i,Ed,mean}$	valeur de dimensionnement de l'effort de compression moyen dans l'élément de construction
$R_{ax,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance ultime à l'arrachement resp. au poinçonnement, d'une tête de clou ou de vis
R_d	valeur de dimensionnement de la résistance ultime
$R_{d,Absch}$	valeur de dimensionnement de la résistance ultime d'un assemblage vissé à simple section de cisaillement pour des sollicitations perpendiculaires à l'axe des vis, sans considérer l'effet de câble
$R_{d,fi}$	valeur de dimensionnement de la résistance ultime en cas d'incendie
$R_{d,Verb}$	valeur de dimensionnement de la résistance ultime d'un assemblage
$R_{t,90,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance ultime perpendiculaire au fil
R_v	résistance ultime d'une paroi
$R_{v,d,i}$	valeur de dimensionnement de la résistance ultime d'un élément de paroi unique
$R_{\alpha,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance ultime biaise par rapport au fil
R30	classe de résistance au feu (exposé au feu durant 30 minutes)
R60	classe de résistance au feu (exposé au feu durant 60 minutes)
T	température
V_{Ed}	valeur de dimensionnement de l'effort tranchant
W	moment de résistance

1.2.2 Minuscules latines

a	espacement, avant-bois, distance au bord chargé de la poutre dans les liaisons transversales
a_d	valeur de dimensionnement d'une grandeur géométrique
a_i	distance du centre de gravité de l'élément i au centre de gravité de la section globale
a_r	largeur de la liaison exprimée par la distance entre les moyens d'assemblage les plus à l'extérieur
a_1	espacement des moyens d'assemblage ou des renforts, parallèlement au fil, distance entre les moyens d'assemblage les plus à l'extérieur de deux liaisons transversales successives
$a_{1,CG}$	distance au bord parallèle au fil du centre de gravité de la partie filetée d'une vis dans la pièce considérée
a_2	espacement perpendiculaire au fil entre moyens d'assemblage
$a_{2,CG}$	distance au bord perpendiculaire au fil du centre de gravité de la partie filetée d'une vis dans la pièce considérée
a_3	distance au bord parallèle au fil du moyen d'assemblage le plus proche de l'extrémité de la poutre dans une liaison transversale
b	largeur, largeur de poutre, plus petite dimension d'une section, largeur de la surface de contact perpendiculaire au fil
$b_{c,ef}$	valeur de dimensionnement de la largeur de participation du côté comprimé
b_{ef}	largeur de participation
b_f	vide de passage
b_f'	porte-à-faux du revêtement (éléments à parois minces)
b_{fi}	largeur de la section résiduelle fictive (incendie)
b_i	largeur d'une paroi unique
$b_{t,ef}$	valeur de dimensionnement de la largeur de participation du côté tendu
b_v	largeur des plaques de renfort extérieures

b_w	largeur de l'âme, des raidisseurs
c	distance entre la ligne d'action de la réaction d'appui et l'angle de l'entaille
d	diamètre, diamètre nominal, épaisseur, hauteur de l'arbalétrier
$d_{char,n}$	perte d'épaisseur par combustion
d_{ef}	perte d'épaisseur par combustion effective, diamètre utile de calcul d'une vis
d_h	diamètre de la tête d'un clou ou d'une vis
d_{red}	épaisseur de la couche admise pour tenir compte de la réduction de résistance des zones proches de la surface
d_s	diamètre de la tige d'une vis
d_1	diamètre d'une vis à fond de filet
e	valeur minimale de l'excentricité de cadres et d'arcs
$f_{ax,k}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à l'arrachement perpendiculaire au fil
$f_{ax,k,EN14592}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à l'arrachement perpendiculaire au fil, déterminée selon SN EN 14592+A1
$f_{c,\alpha,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la compression biaise par rapport au fil
$f_{c,0,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la compression parallèle au fil
$f_{c,0,k}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à la compression parallèle au fil
$f_{c,90,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la compression perpendiculaire au fil
f_d	valeur de dimensionnement de la résistance
$f_{h,k}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à la pression latérale
$f_{h,0,k}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à la pression latérale parallèle au fil
$f_{h,1,k}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à la pression latérale du bois latéral
$f_{h,2,k}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à la pression latérale du bois médian
$f_{h,90,k}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à la pression latérale perpendiculaire au fil
$f_{head,k,EN14592}$	paramètre caractéristique (fractile 5%) du poinçonnement de la tête perpendiculaire au fil, déterminé selon SN EN 14592+A1
f_k	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance
$f_{m,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la flexion
$f_{m,k}$	valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à la flexion
$f_{m,y,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la flexion selon l'axe y
$f_{m,z,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la flexion selon l'axe z
$f_{t,\alpha,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la traction biaise par rapport au fil
$f_{t,0,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la traction parallèle au fil
$f_{t,90,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la traction perpendiculaire au fil
$f_{u,k}$	valeur caractéristique de la résistance à la traction d'un moyen d'assemblage
$f_{v,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance au cisaillement
$f_{v,\alpha,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance au cisaillement par arrachement sous un angle α
$f_{w,c,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la compression dans l'âme
$f_{w,m,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la flexion dans l'âme
$f_{w,t,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance à la traction dans l'âme
h	hauteur de poutre ou de solive, plus grande dimension d'une section, épaisseur
h_a	hauteur de l'évidement
h_{ef}	hauteur réduite en raison d'une entaille

$h_{f,c}$	épaisseur de l'aile comprimée
$h_{f,t}$	épaisseur de l'aile tendue
h_{fi}	hauteur de la section résiduelle fictive (incendie)
h_i	hauteur de l'élément i , distance d'un rang de moyens d'assemblage au bord non chargé perpendiculaire d'un élément
h_r	hauteur résiduelle en dessous/au-dessus de l'évidement ($h_{r,u}$, $h_{r,o}$)
h_v	hauteur du renfort extérieur en dessous/au-dessus de l'évidement
$h_{w,f}$	hauteur déterminante de l'âme pour la vérification du cisaillement
i	rayon de giration
i_1	rayon de giration de la section partielle
k	facteur auxiliaire de flambage
k_{ar}	coefficient de largeur de liaison pour des liaisons transversales
k_B	coefficient pour les poutres courbes et à inertie variable pour déterminer la répartition des sollicitations en traction perpendiculaire au fil
k_c	coefficient de flambage
$k_{c,90}$	coefficient de compression perpendiculaire
k_d	facteur auxiliaire (vis)
k_{fat}	coefficient de réduction lors de la vérification à la fatigue
$k_{fat,\infty}$	coefficient de réduction au niveau de la limite à la fatigue
k_h	coefficient exprimant l'influence de la hauteur sur la résistance à la flexion pour une poutre en BLC
k_{hm}	coefficient de hauteur de liaison pour des liaisons transversales
k_m	coefficient de déversement
$k_{m,c,\alpha}$	coefficient pour la résistance à la compression par flexion biaise par rapport au fil
$k_{m,t,\alpha}$	coefficient pour la résistance à la traction par flexion biaise par rapport au fil
k_r	coefficient de courbure
k_{red}	coefficient de réduction
k_{sys}	coefficient d'effet système
$k_{t,90}$	coefficient de correction du rapport entre les résistances en compression et en traction perpendiculaires au fil
k_α	facteur auxiliaire (broches, clous et vis)
k_β	facteur auxiliaire fonction de la configuration et du rapport entre les résistances à la pression latérale des divers éléments du joint à créer, facteur auxiliaire pour la détermination de la valeur de dimensionnement de la résistance d'un assemblage par broches sollicitées perpendiculairement à leur axe
l	portée, longueur, longueur d'introduction de la charge, pénétration
l_a	longueur de l'évidement
l_{ad}	longueur d'ancrage
l_{ef}	longueur efficace du filetage d'une vis, longueur adhérente efficace d'un clou, longueur utile dans la direction des fibres
l_G	longueur d'un filetage
l_k	longueur de flambage
l_v	longueur du renfort extérieur de part et d'autre de l'évidement
l_1	espacement des étrépillons (barre comprimée à sections multiples), espacement entre deux surfaces de contact consécutives pour des liaisons en compression perpendiculaire au fil
m	masse, nombre de rangs de moyens d'assemblage alignés dans la direction de l'effort, nombre de sections partielles (barre comprimée composée)
n	nombre
n_i	nombre d'alternances de contraintes $\Delta\sigma_i$ pendant la durée de service prévue d'une construction
n_{tot}	nombre total de moyens d'assemblage d'un assemblage

p	nombre de sections cisillées
q	coefficient de comportement (vérification aux séismes)
q_{Ed}	valeur de dimensionnement d'une charge uniforme
r	rayon de courbure
r_a	rayon de courbure de l'extrados
r_i	rayon de courbure de l'intrados
s	pénétration, espacement des moyens d'assemblage
s_{ef}	espacement moyen efficace des moyens d'assemblage
s_{erf}	pénétration nécessaire
t	épaisseur, profondeur d'entaille, durée de l'exposition au feu de l'élément de construction en bois
t_i	épaisseur de la pièce considérée
$t_{i,erf}$	épaisseur nécessaire de la pièce considérée
t_1	épaisseur du bois latéral
t_2	épaisseur du bois médian pour les assemblages à cisaillement multiple, épaisseur du bois latéral pour les assemblages à cisaillement simple
v	longueur de l'avant-bois dans le fil
v_{links}	longueur de l'avant-bois à gauche de l'assemblage en compression perpendiculaire
v_{rechts}	longueur de l'avant-bois à droite de l'assemblage en compression perpendiculaire
w	teneur en eau du bois, flèche
w_u	déformation ultime
w_y	valeur calculée de la déformation élastique
w_0	déformation au temps $t = 0$
w_∞	déformation au temps $t = \infty$

1.2.3 Lettres grecques majuscules

Δh_{ef}	profondeur de l'entaille
Δh_0	valeur relative pour le calcul du coefficient de réduction dû à une entaille
$\Delta R_{d,Seilw}$	part de l'effet de câble dans la résistance d'un assemblage vissé à simple section de cisaillement pour des sollicitations perpendiculaires à l'axe des vis
Δs	dimension pour l'évaluation du chevauchement des clous dans le bois médian
$\Delta \sigma$	différence de contrainte
$\Delta \sigma_i$	différence de contrainte variable

1.2.4 Lettres grecques minuscules

α	coefficient spécifique de retrait ou de gonflement, angle entre la direction de l'effort et celle du fil, exposant
β	inclinaison de l'arbalétrier, facteur de réduction du calcul du moment de résistance d'une poutre chevillée
β_c	facteur auxiliaire pour le calcul du coefficient de flambage
β_f	rapport des résistances caractéristiques à la pression latérale
β_n	vitesse de combustion théorique
β_t	rapport des épaisseurs de bois
γ_M	facteur de résistance
$\gamma_{M,fat}$	facteur de résistance pour la vérification à la fatigue
η	facteur de réduction du calcul du moment d'inertie d'une poutre chevillée, degré d'efficacité d'une liaison (barre comprimée composée)
η_M	facteur de conversion de la résistance ultime (conditions de conversion valables pour des éléments de construction ou des assemblages)
η_t	facteur tenant compte de la durée d'application de l'action

η_w	facteur de réduction tenant compte de la teneur en eau du bois
λ	élancement (flambage, élancement d'une tige)
λ_{rel}	élancement relatif (flambage)
$\lambda_{rel,m}$	élancement relatif (déversement)
λ_z	élancement dans le cas du flambage par rapport à l'axe z
$\lambda_{z,id}$	élancement fictif dans le cas du flambage par rapport à l'axe z
λ_1	élancement d'une barre isolée (barre comprimée composée)
ξ	amortissement (décrément logarithmique divisé par $2 \cdot \pi$)
ρ_a	valeur de référence de la densité
ρ_k	valeur caractéristique (fractile 5%) de la densité
σ	contrainte
$\sigma_{c,crit}$	contrainte de flambage d'Euler
$\sigma_{c,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de compression
$\sigma_{c,\alpha,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de compression biaise par rapport au fil
$\sigma_{c,0,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de compression parallèle au fil
$\sigma_{c,90,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de compression perpendiculaire au fil
$\sigma_{f,c,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de compression au centre de gravité de la membrure
$\sigma_{f,t,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de traction au centre de gravité de la membrure
σ_{max}	contrainte caractéristique maximale lors de sollicitations à la fatigue
σ_{min}	contrainte caractéristique minimale lors de sollicitations à la fatigue
$\sigma_{m,crit}$	contrainte critique de déversement
$\sigma_{m,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de flexion
$\sigma_{ma,d}$	contrainte tangentielle (parallèle au fil) à l'extrados
$\sigma_{mi,d}$	contrainte tangentielle (parallèle au fil) à l'intrados
$\sigma_{m,y,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte, flexion autour de l'axe y
$\sigma_{m,z,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte, flexion autour de l'axe z
$\sigma_{m,\alpha,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de flexion biaise par rapport au fil
$\sigma_{m,90,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de flexion perpendiculaire au fil
$\sigma_{t,\alpha,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de traction biaise par rapport au fil
$\sigma_{t,0,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de traction parallèle au fil
$\sigma_{t,90,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de traction perpendiculaire au fil
$\sigma_{w,m,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de flexion dans l'âme
$\sigma_{90,d}$	contraintes radiales (perpendiculaires au fil)
$\tau_{a,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de cisaillement simple
τ_d	valeur de dimensionnement de la contrainte de cisaillement
$\tau_{tor,d}$	valeur de dimensionnement de la contrainte de cisaillement de torsion
φ	coefficient de fluage, valeur minimale de l'angle de déviation d'arcs et de cadres

1.2.5 Notations particulières

\longleftarrow	fil du bois (direction des fibres)
\parallel	parallèle au fil
\perp	perpendiculaire au fil

1.3 Abréviations

BLC	bois lamellé collé
C	classe de résistance des résineux
c	constitution de section panachée (bois lamellé collé)
D	classe de résistance des feuillus
EP	époxyde
EPI	émulsion isocyanate-polymère
GL	classe de résistance du bois lamellé collé
h	constitution de section homogène (bois lamellé collé)
MDB	matériau(x) dérivé(s) du bois, produit(s) à base de bois
MF	mélamine-formaldéhyde
MUF	mélamine-urée-formaldéhyde
OSB	panneaux formé de lamelles minces, longues et orientées (Oriented Strand Board)
PF	phénol-formaldéhyde
PMDI	polymère diphenylméthane-diisocyanate
PUR	polyuréthane
RF	résorcine-formaldéhyde
RPF	résorcine-phénol-formaldéhyde
UF	urée-formaldéhyde

2 BASES

2.1 Généralités

- 2.1.1 Les bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses sont définies dans la norme SIA 260.
- 2.1.2 Les actions sur les structures porteuses sont définies dans la norme SIA 261.
- 2.1.3 Un concept de construction adapté, le choix judicieux des matériaux, une analyse structurale et des détails de construction corrects ainsi qu'une surveillance des travaux adéquate permettent d'assurer les exigences d'utilisation de l'ouvrage.
- 2.1.4 L'analyse structurale se fera sur la base d'un modèle statique adéquat. Les variations des caractéristiques des matériaux de construction et les imprécisions inhérentes à la mise en œuvre doivent être prises en compte.
- 2.1.5 Un comportement élastique linéaire est généralement admis. Les conditions d'équilibre sont déterminées sur la base d'un système non déformé. Pour l'analyse structurale et le dimensionnement, on admettra normalement des caractéristiques moyennes de déformation et de rigidité à court terme des matériaux (modules d'élasticité et de cisaillement) et des assemblages (module de glissement).
- 2.1.6 L'influence de la teneur en eau du bois sur la capacité portante ou les déformations sera déterminée selon le chiffre 3.2.1, celle des modifications de dimensions des éléments de construction (retrait ou gonflement) selon le chiffre 3.6.2.
- 2.1.7 L'influence de la durée d'application des charges sur les déformations (fluage, relaxation) doit être prise en compte.
- 2.1.8 Les efforts hyperstatiques résultant de déformations empêchées doivent être considérés pour le dimensionnement. Lorsque les allongements sont empêchés, les valeurs de retrait ou de gonflement n'atteignent qu'une fraction des valeurs selon le chiffre 3.6.2.
- 2.1.9 Pour les barres ou les systèmes porteurs comprimés, la répercussion de la déformation sera prise en compte lors de la détermination des effets des actions (théorie second ordre). On admettra les valeurs réduites du chiffre 5.8.3 en ce qui concerne la rigidité des éléments de construction et les modules de glissement des assemblages.
- 2.1.10 Les exigences en matière de construction durable seront définies dans la détermination des objectifs selon les normes SIA 112/1 et SIA 112/2.

2.2 Sécurité structurale

- 2.2.1 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime R_d est définie par la relation:

– en partant de la valeur caractéristique de la résistance ultime R_k :

$$R_d = \frac{\eta_M \cdot \eta_t \cdot \eta_w}{\gamma_M} \cdot R_k \quad (1)$$

$R_k, \gamma_M, \eta_M, \eta_t, \eta_w$ selon les chiffres 2.2.3 à 2.2.7

– en partant de la valeur de dimensionnement de la résistance f_d :

$$R_d = R \{f_d, a_d\} \quad (2)$$

a_d valeur de dimensionnement d'une grandeur géométrique et f_d selon 2.2.2

2.2.2 La valeur de dimensionnement de la résistance f_d est:

$$f_d = \frac{\eta_M \cdot \eta_t \cdot \eta_w}{\gamma_M} \cdot f_k \quad (3)$$

f_k , γ_M , η_M , η_t , η_w selon les chiffres 2.2.3 à 2.2.7

2.2.3 La valeur caractéristique de la résistance f_k ou de la résistance ultime R_k est basée sur un essai de courte durée; elle correspond au fractile 5%.

2.2.4 Le facteur η_M permet la conversion entre les résultats expérimentaux de résistance f_k ou de résistance ultime R_k et d'éléments de construction ou d'assemblages en conditions effectives, valables pour la pratique. L'influence de la dimension de l'élément de construction (modèle réduit), de la température ($T \leq 50^\circ\text{C}$) et de la durée d'application de la charge (à l'exception des actions assimilées à des chocs) sur la capacité porteuse est couverte par le facteur η_M .

2.2.5 Le facteur de résistance γ_M tient compte des écarts les plus défavorables de la résistance ultime par rapport à la valeur caractéristique ainsi que des incertitudes du modèle de résistance. En raison de l'interdépendance de η_M et de γ_M , les relations γ_M/η_M à utiliser directement sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 Rapport γ_M/η_M

Éléments de construction et assemblages	γ_M/η_M
Éléments de construction réalisés avec	
– du bois rond ou massif, bois massif à entures multiples, bois massif reconstitué	1,7
– du bois lamellé collé	1,5
– des matériaux dérivés du bois	cf. norme SIA 265/1
Assemblages réalisés avec	
– du bois	
– en général	1,7
– si l'indice de ductilité (selon le chiffre 6.1.2.3) $D_s \geq 3$	1,5
– des matériaux dérivés du bois	cf. norme SIA 265/1

2.2.6 En général $\eta_t = 1,0$. Pour des actions assimilées à des chocs (par ex. les actions dynamiques des charges routières ou des ponts roulants, des séismes ou des chocs), η_t sera admis égal à 1,4 pour le bois. Pour les matériaux dérivés du bois, la norme SIA 265/1 s'applique.

2.2.7 Le facteur de réduction η_w pour tenir compte de la teneur en eau du bois est donné au chiffre 3.2.1.3.

2.3 Aptitude au service

2.3.1 Déformations

2.3.1.1 Les déformations seront calculées à partir des valeurs moyennes des caractéristiques des matériaux et des assemblages.

2.3.1.2 Les déformations supplémentaires dues au fluage sous l'effet des actions permanentes peuvent être évaluées approximativement en multipliant les déformations élastiques w_0 par φ (valeurs du coefficient de fluage, voir le chiffre 3.2.2.2). La déformation au temps infini w_∞ est donnée par:

$$w_\infty = (1 + \varphi) \cdot w_0 \quad (4)$$

2.3.1.3 Pour le calcul des déformations, les valeurs des modules d'élasticité, de cisaillement et de glissement des assemblages seront introduites en tenant compte de l'influence de la teneur en eau du bois avec les coefficients de réduction selon le chiffre 3.2.1.3. Ces valeurs s'appliquent d'une manière générale pour les éléments de construction en bois et pour les assemblages.

2.3.1.4 La courbure résultant d'une variation de la teneur en eau du bois au sein d'une même section (gradient d'humidité) sera prise en compte dans le calcul des déformations totales de la structure.

2.3.2 **Vibrations**

Les constructions susceptibles d'être soumises à des vibrations doivent être vérifiées pour ce type d'actions selon le chiffre 4.3.3.

2.4 **Robustesse**

2.4.1 La robustesse des ouvrages en bois sera obtenue par une conception de la construction adaptée à ce but. À titre d'exemple, on peut citer le choix correct de l'emplacement des contreventements, la mise en place d'un système statique et d'éléments peu sensibles à une rupture partielle, la protection de la structure contre l'humidité pendant la durée de service prévue.

2.4.2 L'utilisation d'assemblages ductiles permet de réduire la sensibilité aux surcharges des ouvrages en bois.

2.4.3 La mise en parallèle d'éléments de construction (par couplage ou à l'aide d'assemblages) permet d'obtenir une participation de la résistance de l'ensemble de l'ouvrage jusqu'à la ruine. On pourra ainsi limiter les conséquences de la dispersion des caractéristiques du bois ou d'éventuelles défaillances locales.

2.4.4 On évitera des zones de bois sollicitées perpendiculairement au fil:

- dans le cas de contraintes élevées de compression si la structure est sensible aux déformations et/ou si des variations importantes de l'humidité sont à craindre,
- dans le cas de contraintes élevées de traction, lorsque des contraintes internes dues à un gradient d'humidité ou des contraintes de cisaillement agissent simultanément (entailles, pénétrations, mise en charge par des éléments tendus).

2.4.5 La durée de la résistance au feu est fortement influencée par la dimension des sections. L'utilisation de profils massifs compacts (en lieu et place de sections avec un périmètre développé important) doit être favorisée.

2.5 **Durabilité**

La durabilité des constructions en bois sera essentiellement garantie par l'étude judicieuse de la construction et des détails. Une protection chimique du bois ne devrait être envisagée qu'après avoir épuisé toutes les autres techniques de mise en œuvre.

3 MATÉRIAUX

3.1 Généralités

3.1.1 Valeurs caractéristiques

3.1.1.1 Les valeurs caractéristiques de la résistance et de la rigidité doivent être déterminées sur la base d'essais reproduisant les actions auxquelles le matériau sera soumis dans la construction. On pourra aussi recourir à des comparaisons avec des essences ou des dérivés du bois similaires ou encore, par analogie, à des relations connues entre les propriétés des divers matériaux.

3.1.1.2 Les valeurs caractéristiques de la résistance sont définies par le fractile 5% de l'échantillonnage de base. Elles sont déterminées sur la base de résultats d'essais, dont la durée de mise en charge est de 300 secondes, sur des échantillons en équilibre hygroscopique à une température de 20°C et à une humidité relative de l'air de 65%.

3.1.1.3 Les valeurs caractéristiques de la rigidité sont définies en prenant la moyenne de l'échantillonnage de base soumis aux conditions d'essais indiquées au chiffre 3.1.1.2.

3.1.1.4 La valeur caractéristique de la densité est définie par le fractile 5% de l'échantillonnage de base calculée à partir de la masse et du volume en état d'équilibre hygroscopique à une température de 20°C et à une humidité relative de l'air de 65%.

3.1.2 Propriétés des matériaux

3.1.2.1 Les valeurs caractéristiques sont établies en admettant une relation linéaire entre contrainte et déformation jusqu'à la rupture.

3.1.2.2 Pour des éléments capables de développer des déformations plastiques dans les zones comprimées, il est admis de définir une loi de comportement non linéaire (élasto-plastique).

3.1.2.3 Lors de sollicitations de compression perpendiculaire au fil, il n'y a pas à proprement parler de rupture. La ruine, resp. la résistance à la rupture, est définie pour la construction en question par une déformation limite.

3.2 Influence de la teneur en eau, de la durée d'application des actions et de la température

3.2.1 Teneur en eau des éléments de construction et classification selon le degré d'humidité

3.2.1.1 La teneur en eau moyenne du bois des éléments de construction est déterminée par les conditions d'humidité relative de l'air et de température (température de l'air, rayonnement) environnantes; elle dépend de l'essence, du mode de débit, de la direction des fibres, des dimensions de la section et de la qualité des éventuels traitements de surface. Le tableau 2 donne les valeurs moyennes de la teneur en eau de constructions soumises au climat du Plateau suisse. Pour le Jura et les Préalpes, il faut augmenter ces valeurs, alors qu'il faut les diminuer quelque peu pour les vallées alpêtres. On tiendra compte des particularités climatiques locales.

Tableau 2 Teneur en eau moyenne des éléments de construction

Situation des éléments	Teneur en eau moyenne de la section	
	Valeur moyenne	Variations
Éléments protégés contre les intempéries – dans des locaux bien aérés, chauffés en hiver – dans des locaux bien aérés, peu chauffés en hiver – dans des locaux bien aérés, non chauffés	9 % 12 % 15 %	±3 % ±3 % ±3 %
Éléments partiellement protégés contre les intempéries – sous des abris, à l'air libre – petites sections (par ex. des revêtements de façade avec ou sans traitement de surface) – absorbant fortement le rayonnement – absorbant faiblement le rayonnement – sections moyennes (par ex. des éléments de balcon sous toit) – absorbant fortement le rayonnement – absorbant faiblement le rayonnement	17 % 15 % 17 % 13 % 16 %	±5 % ±5 % ±4 % ±4 % ±4 %
Éléments directement exposés aux intempéries – fortes sections (par ex. du bois de charpente sans traitement superficiel étanche) – en moyenne – en surface	18 % 20 %	±6 % ±8 %
Éléments humides – dans des locaux humides mal ventilés	24 % jusqu'à saturation	
Éléments immergés (eau douce)	au-delà de la saturation des fibres	

3.2.1.2 Les éléments de construction sont répartis en trois classes d'humidité en fonction de la teneur en eau du bois, selon le tableau 3.

Tableau 3 Classification des éléments de construction selon la classe d'humidité

Classe d'humidité	Teneur en eau moyenne ¹⁾	Situation des éléments de construction
1	≤ 12 %	protégés contre les intempéries
2	> 12 % à 20 %	partiellement protégés contre les intempéries ou exposés aux intempéries
3	> 20 %	humides ou immergés

¹⁾ Ces valeurs peuvent être dépassées pendant quelques semaines par an.

3.2.1.3 Les facteurs de conversion η_w permettant de déterminer la résistance ultime ainsi que la rigidité pour les classes d'humidité 2 et 3 à partir de la classe d'humidité 1 ($\eta_w = 1,0$) sont donnés dans le tableau 4.

Tableau 4 Facteurs de réduction η_w pour tenir compte de l'influence de la teneur en eau du bois sur la résistance ultime et la rigidité

Propriété influencée	Résistance ultime		Rigidité	
	Classe d'humidité 2	Classe d'humidité 3	Classe d'humidité 2	Classe d'humidité 3
Bois	0,80	0,60	0,90	0,75
Matériaux dérivés du bois	voir norme SIA 265/1			

3.2.1.4 Pour les classes d'humidité 2 et 3, il faudra tenir compte du risque d'altération par des facteurs biologiques (champignons). On se référera au chapitre 7 pour les mesures à prendre afin de garantir une durabilité suffisante.

3.2.2 Influence de la durée d'application des actions

3.2.2.1 L'influence de la durée d'application des actions sur la résistance ultime peut être évaluée selon les chiffres 2.2.4 et 2.2.6.

3.2.2.2 Les déformations dues au fluage résultant des actions permanentes et de la part quasi permanente des actions variables peuvent être déterminées de manière approximative en multipliant les déformations élastiques par φ , compte tenu de la valeur moyenne des modules d'élasticité, de cisaillement et de glissement des assemblages pour la classe d'humidité envisagée. Les coefficients de fluage φ sont donnés dans le tableau 5 pour le bois.

Tableau 5 Coefficient de fluage φ pour le bois ¹⁾

Humidité des éléments de construction lors de la mise en œuvre	Situation des éléments de construction		
	Classe d'humidité 1	Classe d'humidité 2	Classe d'humidité 3
Bois conditionné	0,6	0,8	2
Bois ressuyé ou humide lors de la mise en œuvre	1 ²⁾	2	2

¹⁾ Coefficients de fluage pour les matériaux dérivés du bois, voir la norme SIA 265/1.

²⁾ Pour du bois massif ressuyé ou humide lors de la mise en œuvre et qui est soumis à des sollicitations pendant le séchage, il faut augmenter le coefficient de fluage.

3.2.3 Influence de la température

L'influence de la température sur les propriétés mécaniques du bois est faible jusqu'à une température de 50°C. Dans la pratique courante, cette influence est couverte par le facteur η_M du chiffre 2.2.4. Pour la situation de dimensionnement incendie voir chiffre 4.5.

3.3 Bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué

3.3.1 Généralités

3.3.1.1 Selon l'utilisation envisagée, différentes exigences sont posées au bois massif et aux produits similaires en matière de durabilité, de résistance, de tenue des joints ou de rigidité. Celles-ci doivent être définies au préalable sur la base du concept de la structure porteuse.

3.3.1.2 Selon l'utilisation envisagée, des exigences particulières relatives à l'aspect, à la stabilité dimensionnelle, à la mise en œuvre et au traitement des surfaces doivent être spécialement formulées. Les données y relatives figurent dans: *Bois et panneaux à base de bois – Critères de qualité dans la construction et l'aménagement intérieur: Usages du commerce* [1].

À défaut de convention contraire, l'ouvrage *Bois et panneaux à base de bois – Critères de qualité dans la construction et l'aménagement intérieur: Usages du commerce* [1] s'applique pour le classement et le tri selon l'aspect.

3.3.1.3 Les bois ronds seront traités comme du bois massif.
Le tri selon la résistance du bois rond en Suisse sera effectué selon la norme SIA 265/1.

3.3.1.4 Le bois massif de structure doit être trié selon la résistance et attribué à une classe de résistance.

3.3.1.5 Les exigences générales posées au tri selon la résistance du bois massif de structure de section rectangulaire sont définies dans SN EN 14081-1+A1.

Le tri visuel selon la résistance du bois équarri sera effectué en Suisse sur la base des normes suivantes:

- bois de résineux équarri selon DIN 4074-1
- bois de feuillus équarri selon DIN 4074-5

Dans ce cadre, le bois de résineux resp. de feuillus sera attribué aux classes de tri suivantes:

- S13, S13K resp. LS13 bois massif de résistance supérieure (exigences particulières)
- S10, S10K resp. LS10 bois massif de résistance normale (bois de construction courant)
- S7, S7K bois massif de moindre résistance.

3.3.1.6 La répartition des classes de tri du bois massif de structure à section rectangulaire dans les classes de résistance du système de classification européen (SN EN 338) sera effectuée selon SN EN 1912 ou un rapport de tri reconnu, voir tableau 6 resp. 7.

Tableau 6 Répartition possible des bois triés selon la résistance d'après le chiffre 3.3.1.5 sollicités en flexion dans le système européen de classification (SN EN 338)

Classement selon la résistance sur la base d'un tri visuel d'après les critères de la norme DIN 4074-1 (bois de résineux) resp. DIN 4074-5 (bois de feuillus) pour des planches et des madriers sollicités principalement à la flexion sur chant			Classe de résistance attribuée selon SN EN 338
Groupe	Classe de tri	Nom usuel de l'essence	
Bois de résineux	S13, S13K	épicéa ¹⁾ , sapin ²⁾ , mélèze ³⁾ , pin sylvestre ⁴⁾ , Douglas ⁵⁾	C30
	S10, S10K		C24
	S7, S7K		C16
Bois de feuillus	LS13	hêtre ⁶⁾	D30
	LS10		

¹⁾ (sapin rouge), *Picea abies*

²⁾ (sapin blanc), *Abies alba*

³⁾ *Larix decidua*

⁴⁾ (pin), *Pinus silvestris*

⁵⁾ *Pseudotsuga menziesii*

⁶⁾ *Fagus sylvatica*

⁷⁾ *Fraxinus excelsior*

⁸⁾ (Chêne rouvre, chêne pédonculé), *Quercus petraea*, *Quercus robur*

Tableau 7 Répartition possible des bois triés selon la résistance d'après le chiffre 3.3.1.5 sollicités en traction dans le système européen de classification (SN EN 338) selon rapport de tri [2]

Classement sur la base d'un tri visuel selon la résistance d'après les critères de la norme DIN 4074-1 pour les planches et les madriers			Classe de résistance attribuée selon SN EN 338
Groupe	Classe de tri	Nom usuel de l'essence	
Bois de résineux	S13	épicéa ¹⁾ , sapin ²⁾	T18
	S10		T14
	S7		T11

¹⁾ (sapin rouge), *Picea abies*

²⁾ (sapin blanc), *Abies alba*

3.3.1.7 Les bois ronds de résineux sont attribués aux classes de résistance C24 et C16, les bois ronds de feuillus à la classe de résistance D30.

3.3.1.8 Le bois de structure massif à entures multiples en bois de résineux doit remplir au moins les exigences de la norme SN EN 15497.

3.3.1.9 Le bois de structure massif reconstitué en bois de résineux doit remplir au moins les exigences de la norme SN EN 14080.

3.3.2 Propriétés caractéristiques et valeurs de dimensionnement

3.3.2.1 Les valeurs de dimensionnement pour le bois massif, le bois massif à entures multiples et le bois massif reconstitué du tableau 8 sont définies sur la base des chiffres 2.2.3 à 2.2.5. Les valeurs de calcul concernant la résistance et l'élasticité correspondent à la classe d'humidité 1 ($\eta_w = 1,0$). Pour des autres classes d'humidité ou pour des actions assimilables à des chocs, on multipliera ces valeurs par les coefficients correspondants η_w resp. η_t .

3.3.2.2 Si d'autres classes de résistance sont mises en œuvre, les densités et les valeurs de dimensionnement liées à la densité ainsi que les valeurs caractéristiques de résistance et de rigidité de chaque classe de résistance seront déterminées selon SN EN 338 pour le bois massif resp. SN EN 15497 pour le bois massif à entures multiples et SN EN 14080 pour le bois massif reconstitué comme suit:

- Densité, module d'élasticité, module de cisaillement et de cisaillement roulant: les valeurs de la norme SN EN 338 s'appliquent.
- Valeurs de dimensionnement de la résistance:
 - en général: selon le chiffre 2.2.2
 - cisaillement: $f_{v,d} = 1,5 \text{ N/mm}^2$ pour les résineux
 $f_{v,d} = 1,8 \text{ N/mm}^2$ pour les feuillus
 - traction perpendiculaire au fil: $f_{t,90,d} = 0,1 \text{ N/mm}^2$ pour les résineux
 $f_{t,90,d} = 0,2 \text{ N/mm}^2$ pour les feuillus

Tableau 8 Propriétés caractéristiques et valeurs de dimensionnement du bois massif, ainsi que du bois massif à entures multiples et du bois massif reconstitué en résineux ($\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$)

Classes de résistance			Résineux			Chêne Hêtre	
			C16	C24	C30	D30	
Propriétés caractéristiques ¹⁾							
– Résistance à la flexion	$f_{m,k}$	N/mm ²	16	24	30	30	
– Module d'élasticité moyen en flexion	$E_{m,mean}$	N/mm ²	8'000	11'000	12'000	11'000	
– Densité	ρ_k	kg/m ³	310	350	380	530	
Valeurs de dimensionnement ¹⁾							
Résistance	Flexion	$f_{m,d}$	N/mm ²	9,4	14,1	17,6	17,6
	Traction au fil	$f_{t,0,d}$	N/mm ²	5,0 ²⁾	8,5	11,2	10,6
	Compression au fil	$f_{c,0,d}$	N/mm ²	10,0	12,4	14,1	14,1
	Traction ⊥ au fil	$f_{t,90,d}$	N/mm ²	0,1	0,1	0,1	0,2
	Compression ⊥ au fil	$f_{c,90,d}$					
	– en général		N/mm ²	1,5	1,8	2,0	5,3
	– avec un avant-bois ^{3) 4)}		N/mm ²	2,0 (2,6)	2,3 (2,9)	2,7 (3,3)	7,0
	– appui d'extrémité ⁴⁾		N/mm ²	1,5 (2,6)	1,8 (2,9)	2,0 (3,3)	5,3
Contrainte de cisaillement ⁶⁾	$f_{v,d}$	N/mm ²	1,5	1,5	1,5	1,8	
Rigidité	$E_{0,mean}$ au fil ⁵⁾	$\left. \begin{matrix} E_{m,mean} \\ E_{t,0,mean} \\ E_{c,0,mean} \end{matrix} \right\}$	N/mm ²	8'000	11'000	12'000	11'000
	$E_{90,mean}$ ⊥ au fil ⁵⁾	$\left. \begin{matrix} E_{t,90,mean} \\ E_{c,90,mean} \end{matrix} \right\}$	N/mm ²	270	370	400	730
	Module de cisaillement ⁵⁾	G_{mean}	N/mm ²	500	690	750	690

¹⁾ Les propriétés et les valeurs de dimensionnement correspondent à une teneur en eau de 12%.

²⁾ Pas admis pour des barres tendues.

³⁾ L'avant-bois doit dépasser de 100 mm de chaque côté. Sinon prendre la valeur «en général».

⁴⁾ La valeur supérieure (entre parenthèses) n'est admissible que si les déformations qui en résultent sont sans conséquence sur le comportement de l'élément porteur.

⁵⁾ Le fractile 5% est défini par les 2/3 de la valeur moyenne pour les résineux et par les 5/6 de la valeur moyenne pour les feuillus.

⁶⁾ Pour les pièces avec moelle, on réduira de moitié les valeurs de dimensionnement de la résistance.

3.3.3 Dimensions

3.3.3.1 Les dimensions de la section et les propriétés géométriques (courbure) d'un élément porteur doivent correspondre aux valeurs du bois en équilibre hygroscopique pour la classe d'humidité en question.

3.3.3.2 Dans le calcul, on tiendra compte des affaiblissements de section. Les affaiblissements causés par les moyens d'assemblages sont à prendre en compte selon le chapitre 6.

3.4 Bois lamellé collé

3.4.1 Généralités

3.4.1.1 Les exigences relatives au bois lamellé collé vont dépendre de l'utilisation envisagée en tenant compte de la durabilité, de la résistance, de la stabilité des joints ou de la rigidité. Ces propriétés doivent être définies préalablement en fonction du concept de la structure porteuse.

Selon l'utilisation envisagée, des exigences particulières relatives à l'aspect, à la stabilité dimensionnelle, à la mise en œuvre et au traitement des surfaces doivent être spécialement formulées. Les données y relatives figurent dans: *Bois et panneaux à base de bois – Critères de qualité dans la construction et l'aménagement intérieur: Usages du commerce* [1].

À défaut de convention contraire, l'ouvrage *Bois et panneaux à base de bois – Critères de qualité dans la construction et l'aménagement intérieur: Usages du commerce* [1] s'applique pour le classement ou le tri selon l'aspect.

3.4.1.2 Le bois lamellé collé de structure en résineux doit remplir au moins les exigences de la norme SN EN 14080.

3.4.1.3 Le bois lamellé collé de structure avec entures multiples de grandes dimensions doit remplir au moins les exigences de la norme SN EN 14080.

3.4.1.4 Le bois lamellé collé en bloc de structure doit remplir au moins les exigences de la norme SN EN 14080.

3.4.2 Propriétés caractéristiques et valeurs de dimensionnement

3.4.2.1 Les propriétés caractéristiques seront extraites de la norme SN EN 14080 resp. des données déclarées par le fournisseur selon SN EN 14080.

3.4.2.2 Les valeurs de dimensionnement du bois lamellé collé de résineux pour les classes de résistance courantes en Suisse figurent au tableau 9. Les valeurs indiquées correspondent à une flexion selon l'axe y. Les valeurs de dimensionnement sont valables en ce qui concerne la résistance et la rigidité pour une classe d'humidité 1 ($\eta_w = 1,0$). Pour des autres classes d'humidité ou pour des actions assimilables à des chocs, on multipliera ces valeurs par les facteurs de correction correspondants η_w resp. η_t . Lors d'une flexion selon l'axe z, les valeurs de dimensionnement pour la flexion et le cisaillement peuvent être majorées par le facteur k_{sys} tenant compte de l'effet système selon le chiffre 5.7.2.2. Le facteur de hauteur k_h selon le chiffre 3.4.2.3 ne doit pas être appliqué simultanément.

Si d'autres classes de résistance sont mises en œuvre, les densités et les valeurs de dimensionnement liées à la densité ainsi que les valeurs caractéristiques de résistance et de rigidité de chaque classe de résistance seront déterminées selon la norme SN EN 14080 comme suit:

- Densité, module d'élasticité, module de cisaillement et de cisaillement roulant:
les valeurs de la norme SN EN 14080 s'appliquent.
- Valeurs de dimensionnement de la résistance:
 - En général: selon le chiffre 2.2.2
 - cisaillement: $f_{v,d} = 1,8 \text{ N/mm}^2$ pour la classe de résistance GL20h et supérieure
 - traction perpendiculaire au fil: $f_{t,90,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2$ pour la classe de résistance GL20h et supérieure

Tableau 9 Propriétés caractéristiques et valeurs de dimensionnement pour le bois lamellé collé de résineux pour les classes de résistance courantes en Suisse (pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$)

Classes de résistance				BLC normal					BLC haute résistance ⁵⁾		
				GL20h ⁵⁾	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c	GL32h	
Propriétés caractéristiques ¹⁾											
– Résistance à la flexion		$f_{m,k}$	N/mm ²	20	24	24	28	28	32	32	
– Mod. d'élast. moyen en flexion		$E_{m,mean}$	N/mm ²	8'400	11'000	11'500	12'500	12'600	13'500	14'200	
Valeurs de dimensionnement ¹⁾											
Résistance	Flexion	$f_{m,d}$	N/mm ²	13,3	16,0	16,0	18,7	18,7	21,3	21,3	
	Traction au fil	$f_{t,0,d}$	N/mm ²	10,7	11,3	12,8	13,0	14,9	13,0	17,1	
	Compression au fil	$f_{c,0,d}$	N/mm ²	13,3	14,3	16,0	16,0	18,7	16,3	21,3	
	Traction ⊥ au fil	$f_{t,90,d}$	N/mm ²	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
	Compression ⊥ au fil	$f_{c,90,d}$	N/mm ²	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	
	– en général		N/mm ²	2,2 (3,5)	2,5 (4,0)	2,5 (4,0)	2,7 (4,3)	2,7 (4,3)	2,8 (4,4)	2,8 (4,4)	
	– avec un avant-bois ^{2) 3)}		N/mm ²	2,2 (3,5)	2,5 (4,0)	2,5 (4,0)	2,7 (4,3)	2,7 (4,3)	2,8 (4,4)	2,8 (4,4)	
	– appui d'extrémité ³⁾		N/mm ²	2,2 (3,5)	2,5 (4,0)	2,5 (4,0)	2,7 (4,3)	2,7 (4,3)	2,8 (4,4)	2,8 (4,4)	
	Contrainte de cisaillement	$f_{v,d}$	N/mm ²	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	
Rigidité	$E_{0,mean}$ au fil ⁴⁾	$\left\{ \begin{array}{l} E_{m,mean} \\ E_{t,0,mean} \\ E_{c,0,mean} \end{array} \right\}$	N/mm ²	8'400	11'000	11'500	12'500	12'600	13'500	14'200	
	$E_{90,mean}$ ⊥ au fil ⁴⁾	$\left\{ \begin{array}{l} E_{t,90,mean} \\ E_{c,90,mean} \end{array} \right\}$	N/mm ²	300	300	300	300	300	300	300	
	Module de cisaillement ⁴⁾	G_{mean}	N/mm ²	650	650	650	650	650	650	650	
Densité ¹⁾			ρ_k	kg/m ³	340	365	385	390	425	400	440

1) Toutes les propriétés et les valeurs de dimensionnement correspondent à une teneur en eau de 12%.

2) L'avant-bois doit dépasser de 100 mm de chaque côté, sinon prendre la valeur «en général».

3) La valeur supérieure (entre parenthèses) n'est admissible que si les déformations qui en résultent sont sans conséquence sur le comportement de l'élément porteur.

4) Le fractile 5% est défini par le 5/6 de la valeur moyenne.

5) Il faut s'assurer de la disponibilité de ces classes.

3.4.2.3 Pour une hauteur de profil h inférieure à 600 mm, la valeur de dimensionnement de la résistance en flexion $f_{m,d}$ selon le tableau 9 peut être multipliée par le coefficient de hauteur k_h :

$$k_h = \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \leq 1,1 \quad (h \text{ en mm}) \quad (5)$$

3.4.2.4 Les valeurs de dimensionnement du bois lamellé collé avec entures multiples de grandes dimensions et du bois lamellé collé en bloc seront fixées sur la base des valeurs caractéristiques déclarées selon la norme SN EN 14080. Dans ce cadre, les densités et les valeurs de dimensionnement liées à la densité ainsi que les valeurs caractéristiques de résistance et de rigidité de chaque classe de résistance seront déterminées selon la norme SN EN 14080 comme suit:

– Densité, module d'élasticité, module de cisaillement et de cisaillement roulant:

Les valeurs de la norme SN EN 14080 s'appliquent.

– Valeurs de dimensionnement de la résistance:

– En général: selon le chiffre 2.2.2

– cisaillement: $f_{v,d} = 1,8 \text{ N/mm}^2$ pour la classe de résistance GL20h et supérieure

– traction perpendiculaire au fil: $f_{t,90,d} = 0,15 \text{ N/mm}^2$ pour la classe de résistance GL20h et supérieure

3.4.3 Dimensions

Dans le calcul, on tiendra compte des affaiblissements de section. Les affaiblissements causés par les moyens d'assemblages sont à prendre en compte selon le chapitre 6.

3.5 Matériaux dérivés du bois

Les propriétés caractéristiques ainsi que les valeurs de dimensionnement s'appliquant aux matériaux dérivés du bois normés les plus courants, utilisés dans la construction en bois, sont données dans la norme SIA 265/1.

3.6 Propriétés physico-techniques du bois et des dérivés du bois

3.6.1 Équilibre hygroscopique du bois et des dérivés du bois

La teneur en eau, qui se stabilise à la longue dans un climat environnant donné, peut être estimée à l'aide des diagrammes des figures 1 à 4.

Figure 1 Teneur en eau moyenne w en % et domaine de variation pour du bois massif et du bois massif à entures multiples en fonction de l'humidité relative de l'air φ pour une température comprise entre 0°C et 20°C

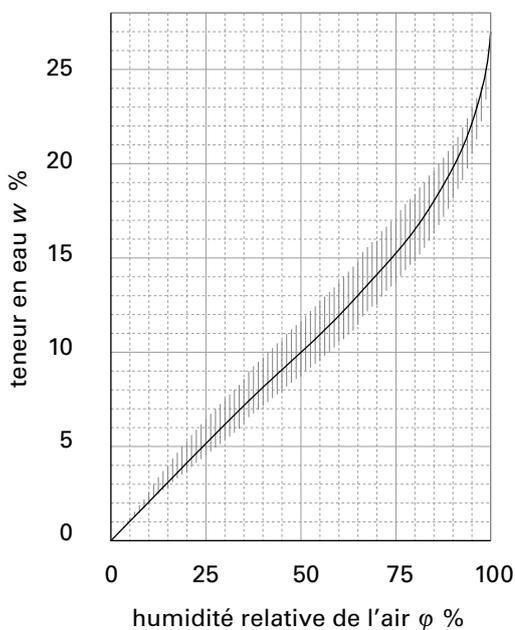


Figure 2 Teneur en eau moyenne w en % en fonction de l'humidité relative de l'air φ à 20°C et domaine de variation pour le lamellé collé, le bois massif reconstitué, les bois panneaux à une ou plusieurs couches, le bois lamellé croisé, le lamibois et le contreplaqué

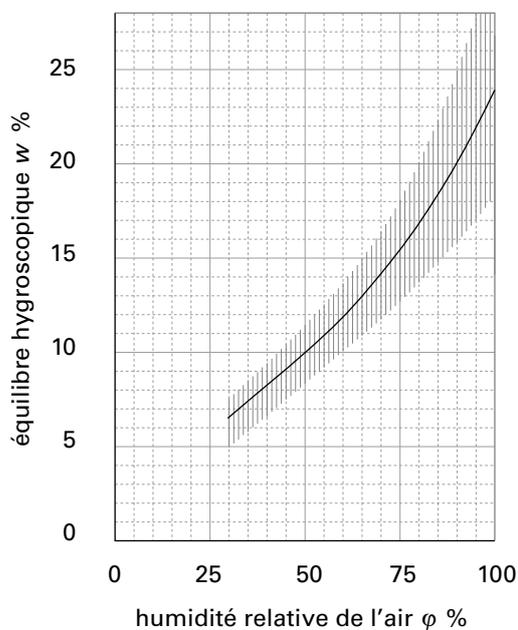


Figure 3 Teneur en eau moyenne w en % en fonction de l'humidité relative de l'air ϕ à 20°C pour les panneaux de particules liées à la résine ou au ciment et OSB

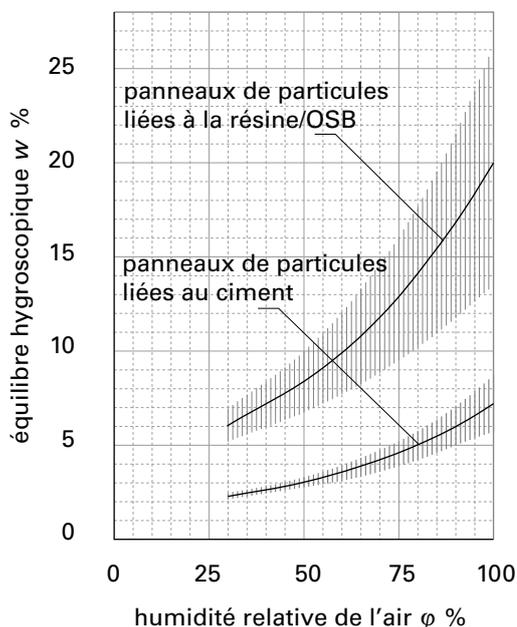
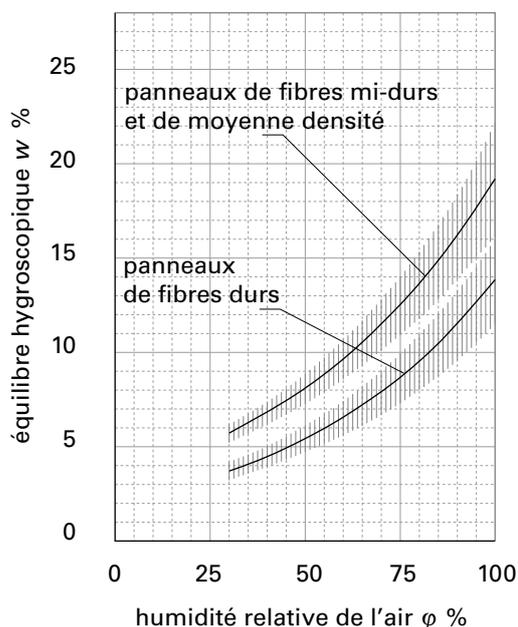


Figure 4 Teneur en eau moyenne w en % en fonction de l'humidité relative de l'air ϕ à 20°C pour les panneaux de fibres



3.6.2 Coefficients de retrait et de gonflement du bois et des dérivés du bois

En cas de modifications à long terme de l'humidité du bois – ou de sa teneur en eau – affectant l'ensemble de la section (variations saisonnières, assèchement de bois fraîchement abattu et scié jusqu'à la teneur en eau de mise en œuvre), on peut utiliser le coefficient de retrait ou de gonflement différentiel α selon les tableaux 10 et 11. Le coefficient de retrait ou de gonflement différentiel α en % se rapporte à 1% de variation de la teneur en eau en dessous de la saturation des fibres.

Tableau 10 Coefficient de retrait ou de gonflement différentiel α pour du bois massif, en % par % de variation de la teneur en eau du bois en dessous de la saturation des fibres, affectant à long terme l'ensemble de la section (valeurs moyennes, domaine de variation 10% à 20%)

Essence	α_t tangential	α_r radial	α_{90} ¹⁾ transversal	α_l longitudinal
Résineux ²⁾	0,33	0,16	0,25	0,01
Chêne	0,31	0,19	0,25	0,01
Hêtre	0,41	0,21	0,30	0,01

¹⁾ Valeur moyenne entre α_t et α_r

²⁾ Les valeurs indiquées s'appliquent également au bois massif à entures multiples, au bois massif reconstitué, au bois panneau à une couche et au bois lamellé collé.

Tableau 11 Coefficient de retrait ou de gonflement différentiel α pour les dérivés du bois, en % par % de variation de la teneur en eau en dessous de la saturation des fibres, affectant à long terme l'ensemble de la section (valeurs moyennes, domaine de variation 10% à 20%)

Dérivé du bois ¹⁾	Classe technique / essence	Direction		
		longueur ²⁾ α_l	largeur ³⁾ α_b	épaisseur α_d
Bois panneaux multicouches (selon SN EN 13353)		0,02	0,035	0,2
Lamibois (selon SN EN 14374)	sans plis transversaux résineux	0,01	0,32	0,25
	avec plis transversaux résineux	0,01	0,03	0,25
Contreplaqué à plis (selon SN EN 636)	épicéa ou pin	0,015	0,015	0,2
	hêtre	0,025	0,025	0,3
Panneaux OSB (selon SN EN 300)	OSB/2	0,03	0,04	0,7
	OSB/3, OSB/4	0,02	0,03	0,5
Panneaux de particules liées à la résine (selon SN EN 312)	P4, P6	0,05	0,05	0,7
	P5, P7	0,03	0,04	0,5
Panneaux de particules liées au ciment (selon SN EN 634-2)		0,05	0,05	0,04
Panneaux de fibres (selon SN EN 622-2, -3 et -5)	HB (dur)	0,03	0,03	0,5
	MBL, MBH (mi-dur)	0,04	0,04	0,7
	MDF	0,05	0,05	0,7

¹⁾ Pour le bois lamellé croisé et les plaques de plâtre fibrées, à déterminer selon le produit.

²⁾ Parallèle au fil du pli extérieur pour les bois panneaux, le lamibois et le contreplaqué à plis.

³⁾ Perpendiculaire au fil du pli extérieur pour les bois panneaux, le lamibois et le contreplaqué à plis.

3.6.3 Coefficients de dilatation thermique du bois massif et des dérivés du bois

Pour le bois massif (résineux et feuillus), le bois massif à entures multiples et le bois massif reconstitué ainsi que pour le bois lamellé collé, les coefficients de dilatation thermique α_T suivants sont admis:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Tangentiel} \quad \alpha_{T,t} = 25 \text{ à } 60 \cdot 10^{-6} \\ \text{Radial} \quad \alpha_{T,r} = 15 \text{ à } 45 \cdot 10^{-6} \\ \text{Longitudinal} \quad \alpha_{T,l} = 3 \text{ à } 6 \cdot 10^{-6} \end{array} \right\} \text{ par K ou } ^\circ\text{C}$$

Pour les dérivés du bois, le coefficient de dilatation thermique $\alpha_T = 10 \cdot 10^{-6}$ par K ou $^\circ\text{C}$ peut être admis approximativement aussi bien pour les déformations parallèlement que perpendiculairement au plan du panneau.

4 ANALYSE STRUCTURALE ET DIMENSIONNEMENT

4.1 Généralités

- 4.1.1 Les indications suivantes sont valables pour des éléments de construction en bois massif (équarris et bois ronds), en bois massif à entures multiples et en bois massif reconstitué. Pour le dimensionnement des matériaux dérivés du bois, les dispositions de la norme SIA 265/1 doivent en outre être observées.
- 4.1.2 L'analyse structurale et le dimensionnement admettent l'hypothèse d'une relation linéaire entre contrainte et déformation.
- 4.1.3 Les dimensions effectives de la section dans les conditions d'utilisation seront prises en compte pour le calcul (état d'équilibre hygroscopique, voir le chiffre 3.2.1 et chiffre 3.6).

4.2 Vérification de la sécurité structurale

4.2.1 Traction

- 4.2.1.1 En cas de contrainte de traction parallèle au fil:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad (6)$$

- 4.2.1.2 En cas de contrainte de traction uniforme perpendiculaire au fil:

$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d} \quad (7)$$

- 4.2.1.3 En cas de contrainte de traction biaise (angle α) par rapport au fil:

$$\sigma_{t,\alpha,d} \leq f_{t,\alpha,d} \quad (8)$$

$$f_{t,\alpha,d} = \frac{f_{t,90,d} \cdot f_{t,0,d}}{f_{t,0,d} \cdot \sin^2 \alpha + f_{t,90,d} \cdot \cos^2 \alpha} \quad (9)$$

4.2.2 Compression

- 4.2.2.1 En cas de contrainte de compression parallèle au fil:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c \cdot f_{c,0,d} \quad (10)$$

k_c coefficient de flambage selon le chiffre 4.2.8.3

- 4.2.2.2 En cas de contrainte de compression perpendiculaire au fil:

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d} \quad (11)$$

En alternative à l'expression (11), la vérification de la résistance en compression perpendiculaire au fil peut être effectuée conformément à l'annexe C de la présente norme.

- 4.2.2.3 En cas de contrainte de compression biaise par rapport au fil (angle α):

$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq f_{c,\alpha,d} \quad (12)$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,90,d} \cdot f_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot \sin^2 \alpha + f_{c,90,d} \cdot \cos^2 \alpha} \quad (13)$$

4.2.3 Flexion

4.2.3.1 Dans le cas de contraintes de flexion parallèles au fil:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (14)$$

Le risque éventuel de déversement doit être vérifié selon le chiffre 4.2.9.

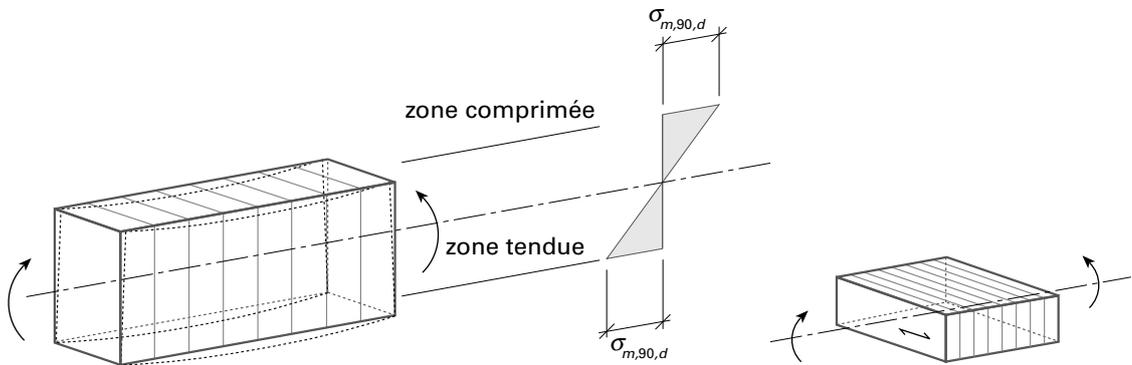
4.2.3.2 Dans le cas de contraintes de flexion perpendiculaires au fil (figure 5) et de flexion transversale (figure 6), les conditions suivantes doivent être remplies:

$$\sigma_{m,90,d} \leq f_{t,90,d} \quad \text{du côté tendu} \quad (15)$$

$$\sigma_{m,90,d} \leq f_{c,90,d} \quad \text{du côté comprimé} \quad (16)$$

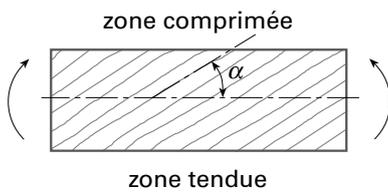
Figure 5 Flexion perpendiculaire au fil

Figure 6 Flexion transversale



4.2.3.3 Dans le cas de contraintes de flexion biaisées par rapport au fil (figure 7), les conditions suivantes doivent être remplies:

Figure 7 Flexion biaisée par rapport au fil



$$\text{du côté comprimé: } \sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{mc,\alpha} \cdot f_{m,d} \quad (17)$$

$$\text{du côté tendu: } \sigma_{m,\alpha,d} \leq k_{mt,\alpha} \cdot f_{m,d} \quad (18)$$

$$k_{mc,\alpha} = \frac{f_{c,90,d}}{f_{m,d} \cdot \sin^2 \alpha + f_{c,90,d} \cdot \cos^2 \alpha} \quad (19)$$

$$k_{mt,\alpha} = \frac{f_{t,90,d}}{f_{m,d} \cdot \sin^2 \alpha + f_{t,90,d} \cdot \cos^2 \alpha} \quad (20)$$

4.2.4 Flexion combinée avec un effort normal

4.2.4.1 Dans le cas de contraintes de flexion combinées avec des contraintes de traction, la condition suivante doit être remplie vis-à-vis de la résistance:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (21)$$

La stabilité (déversement) doit en outre être vérifiée selon le chiffre 4.2.9.

- 4.2.4.2 Dans le cas de contraintes de flexion combinées avec des contraintes de compression, la condition suivante doit être remplie vis-à-vis de la résistance:

$$\left[\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right]^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (22)$$

La stabilité (déversement resp. flambage) doit être en outre vérifiée selon les chiffres 4.2.8 resp. 4.2.9.

4.2.5 Effort tranchant et torsion

- 4.2.5.1 Dans le cas d'un effort tranchant parallèle au fil:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (23)$$

- 4.2.5.2 Dans le cas de torsion:

$$\tau_{tor,d} \leq f_{v,d} \quad (24)$$

- 4.2.5.3 Combinaison de torsion et d'effort tranchant:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left[\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right]^2 \leq 1 \quad (25)$$

4.2.6 Cisaillement

Dans le cas de cisaillement simple, la valeur de dimensionnement de la résistance au cisaillement $f_{v,d}$ sera réduite comme suit:

- Pour le bois massif, bois massif à entures multiples
et bois massif reconstruit $\tau_{a,d} \leq 0,6 \cdot f_{v,d} \quad (26)$
- Pour le bois lamellé collé $\tau_{a,d} \leq 0,8 \cdot f_{v,d} \quad (27)$

La résistance au cisaillement simple ne peut être prise en compte que si la longueur de la zone cisailée dans le fil atteint au moins 150 mm.

4.2.7 Effort tranchant combiné avec un effort normal, perpendiculairement au fil

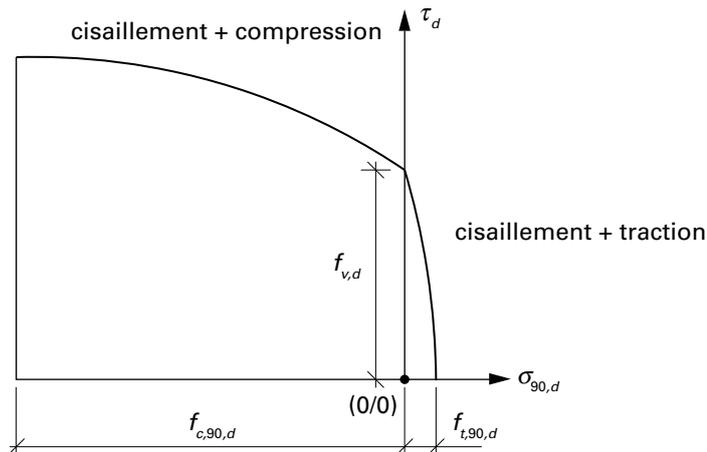
- 4.2.7.1 En cas d'action combinée de contraintes de cisaillement τ_d et de contraintes normales perpendiculaires à celles-ci $\sigma_{90,d}$ (figure 8) pour $-f_{c,90,d} \leq \sigma_{90,d} \leq f_{t,90,d}$:

$$\left(\frac{f_{c,90,d} + \sigma_{90,d}}{f_{c,90,d} + k_{t,90} \cdot f_{t,90,d}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 \cdot \left[1 - \left(\frac{f_{c,90,d}}{f_{c,90,d} + k_{t,90} \cdot f_{t,90,d}} \right)^2 \right] \leq 1 \quad (28)$$

$\sigma_{90,d} = \sigma_{t,90,d}$ et $k_{t,90} = 1,0$ pour une contrainte de traction perpendiculaire au fil
 $\sigma_{90,d} = -\sigma_{c,90,d}$ et $k_{t,90} = 4,0$ pour une contrainte de compression perpendiculaire au fil

Le chiffre 4.2.7.2 ne s'applique pas simultanément.

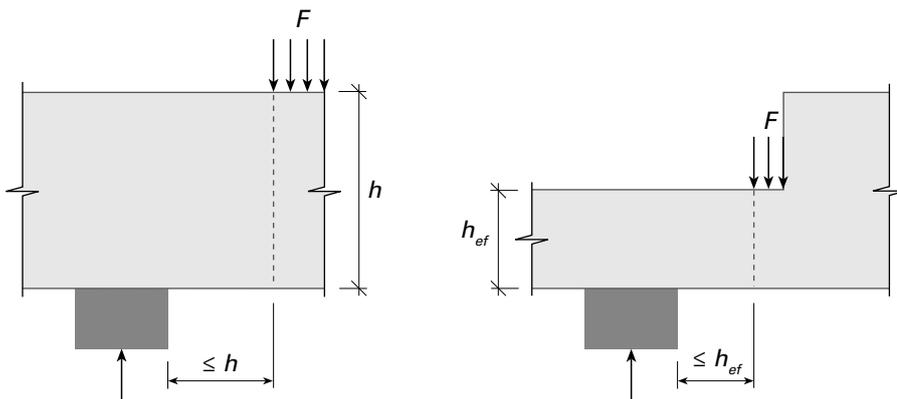
Figure 8 Action simultanée de contraintes de cisaillement et de contraintes normales perpendiculaires à celles-ci



4.2.7.2 Lors de transfert direct par compression transversale, les forces qui agissent sur la face supérieure de la poutre à moins de h resp. h_{ef} de l'appui selon la figure 9 peuvent être négligées dans la vérification à l'effort tranchant selon le chiffre 4.2.5.1. Lors de réduction de section, la vérification du cisaillement de la section réduite sera menée avec h_{ef} .

Le chiffre 4.2.7.1 ne s'applique pas simultanément.

Figure 9 Transmission directe des forces par compression transversale



4.2.8 Stabilité des barres comprimées (flambage)

4.2.8.1 Dans le cas de sollicitation centrée et en admettant que la rectitude de la barre soit dans les limites fixées au chiffre 8.2.5, la condition suivante doit être remplie:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_c \cdot f_{c,0,d} \quad (29)$$

k_c coefficient de flambage selon le chiffre 4.2.8.3

4.2.8.2 Le coefficient de flambage est tiré de la relation suivante:

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} \quad (30)$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] \quad (31)$$

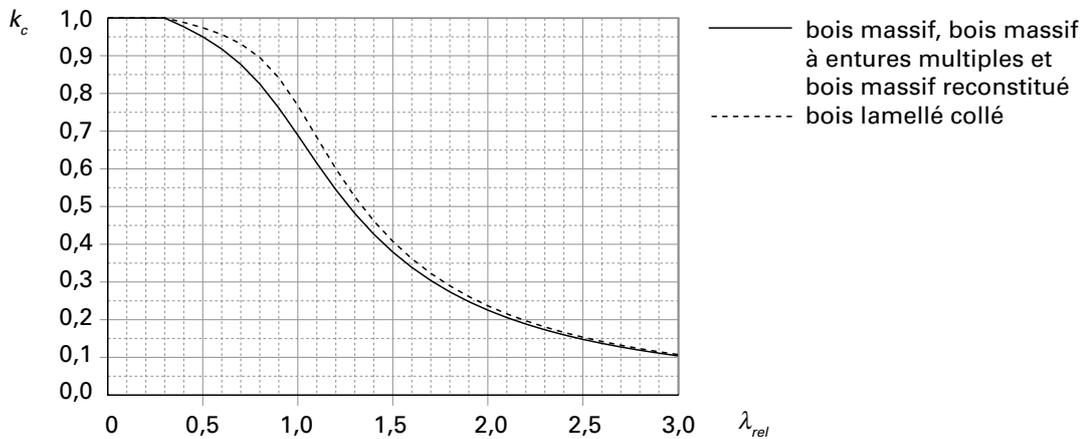
β_c facteur auxiliaire, fonction de la rectitude de la barre selon le chiffre 4.2.8.3

λ_{rel} élancement relatif selon le chiffre 4.2.8.4, $\lambda_{rel} > 0,3$

- 4.2.8.3 Si la rectitude de la barre est dans les limites fixées au chiffre 8.2.5, on introduira pour β_c :
- pour le bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué: $\beta_c = 0,2$
 - pour le bois lamellé collé: $\beta_c = 0,1$

On peut ainsi déterminer, en fonction de l'élanement relatif, les valeurs de k_c avec la figure 10.

Figure 10 Coefficients de flambage k_c en fonction de l'élanement relatif λ_{rel}



- 4.2.8.4 L'élanement relatif λ_{rel} pour le flambage parallèle au fil vaut:

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} \quad (32)$$

où:
$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0,05}}{\lambda^2} \quad (33)$$

ce qui donne:
$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (34)$$

$\sigma_{c,crit}$ contrainte de flambage d'Euler
 $f_{c,0,k}$ valeur caractéristique (fractile 5%) de la résistance à la compression parallèle au fil selon l'annexe B
 $E_{0,05}$ valeur du fractile 5% du module d'élasticité, parallèle au fil selon l'annexe B
 λ élanement géométrique = longueur de flambage l_k /rayon de giration i .

Pour des barres comprimées l'élanement géométrique λ ne devrait en principe pas excéder les valeurs suivantes:

- $\lambda \leq 200$ pour la stabilisation et les éléments secondaires
- $\lambda \leq 150$ pour les éléments porteurs principaux

D'une manière simplifiée, on peut admettre que le rapport $f_{c,0,k}/E_{0,05}$ est constant; l'élanement relatif λ_{rel} pour les résineux est alors:

- bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{57} \quad (35)$

- bois lamellé collé $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{60} \quad (36)$

- 4.2.8.5 Les contraintes de flexion, résultant de charges transversales et d'excentricités planifiées ou de courbures préexistantes inévitables supérieures aux valeurs limites du chiffre 8.2.5, seront prises en compte dans la vérification au flambage comme suit:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1 \quad (37)$$

$\sigma_{m,d}$ valeur de dimensionnement de la contrainte de flexion résultant de charges transversales et d'excentricités planifiées

k_c coefficient de flambage selon le chiffre 4.2.8.2

k_m coefficient de déversement selon le chiffre 4.2.9.2

La vérification peut être faite indépendamment pour les deux axes principaux de la barre comprimée.

4.2.9 Stabilité des poutres fléchies (déversement)

- 4.2.9.1 Les conditions suivantes doivent être remplies dans le cas de contraintes de flexion:

$$\sigma_{m,d} \leq k_m \cdot f_{m,d} \quad (38)$$

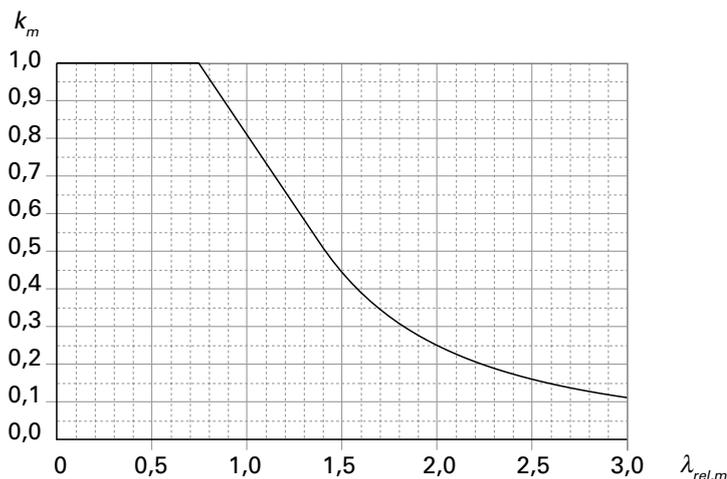
k_m coefficient de déversement selon le chiffre 4.2.9.2

- 4.2.9.2 Si les limites des courbures latérales préexistantes selon le chiffre 8.2.5 sont respectées, k_m sera déterminé, dans le cas de charges agissant à l'axe de la poutre, par la formule 39 ou par la courbe de la figure 11.

$$k_m = \begin{cases} 1 & \text{pour } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{pour } 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ 1 / \lambda_{rel,m}^2 & \text{pour } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (39)$$

$\lambda_{rel,m}$ élancement relatif selon le chiffre 4.2.9.3

Figure 11 Coefficient de déversement pour une sollicitation en flexion constante entre les appuis latéraux (appuis à fourche) en fonction de l'élancement relatif $\lambda_{rel,m}$



- 4.2.9.3 L'élancement relatif $\lambda_{rel,m}$ est défini par:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (40)$$

$\sigma_{m,crit}$ contrainte de flexion critique déterminée sur la base du fractile 5% des valeurs de la rigidité

$f_{m,k}$ valeur caractéristique de la résistance à la flexion selon le tableau 8 resp. 9

En première approximation, on peut utiliser les relations suivantes pour le calcul d'une section rectangulaire $b \times h$ soumise à un moment de flexion constant avec des stabilisations latérales (appuis à fourche) distantes de a :

$$\sigma_{m,crit} = 0,75 \cdot E_{0,05} \cdot \frac{b^2}{a \cdot h} \quad (41) \quad \text{resp.} \quad \lambda_{rel,m} = 1,15 \cdot \frac{\sqrt{a \cdot h}}{b} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{E_{0,05}}} \quad (42)$$

$E_{0,05}$ valeur du fractile 5% du module d'élasticité parallèle au fil, selon l'annexe B

4.2.9.4 En simplifiant, l'élanement relatif $\lambda_{rel,m}$ pour des résineux peut être admis comme suit:

– pour le bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué

$$\lambda_{rel,m} = 0,07 \cdot \frac{\sqrt{a \cdot h}}{b} \quad (43)$$

– pour le bois lamellé collé

$$\lambda_{rel,m} = 0,06 \cdot \frac{\sqrt{a \cdot h}}{b} \quad (44)$$

4.3 Vérification de l'aptitude au service

4.3.1 Déformations

4.3.1.1 Les déformations d'une structure porteuse sous l'effet des sollicitations, des variations d'humidité et de température ainsi que de l'élasticité des assemblages doivent être limitées à des valeurs en relation avec la nature de la construction. Il faudra tenir compte de répercussions néfastes sur les revêtements, les plafonds, les cloisons et les enduits ainsi que des exigences d'utilisation ou d'aspect.

4.3.1.2 Les valeurs limites des déformations sont définies dans la norme SIA 260. D'éventuelles dérogations à cette norme, relatives aux déformations, doivent être stipulées dans la convention d'utilisation.

4.3.1.3 L'influence du jeu et de la rigidité propre des assemblages sur la déformation d'ensemble de la structure doit être prise en compte. Des valeurs indicatives sont données au chapitre 6.

4.3.2 Influence de la durée d'application des actions et de la teneur en eau sur les déformations

L'augmentation des déformations dans le temps résultant de la combinaison du fluage et des variations de la teneur en eau doit être prise en compte (cf. chiffres 2.3.1 et 3.2.2).

4.3.3 Vibrations

4.3.3.1 Les limites de confort pour les vibrations sont définies dans la norme SIA 260. Les exigences qui s'écarteraient de ces limites doivent être stipulées dans la convention d'utilisation.

4.3.3.2 Un calcul des vibrations se base, en règle générale, sur les valeurs moyennes de la rigidité ($E_{m,mean}$ G_{mean}) et du module de glissement K_{ser} .

4.3.3.3 En l'absence d'informations plus précises, on adoptera la valeur $\xi = 0,01$ pour l'amortissement (décrément logarithmique divisé par 2π). Les autres valeurs indicatives sont:

- structures porteuses sans assemblages mécaniques $\xi = 0,010$
- structures porteuses avec assemblages mécaniques $\xi = 0,015$
- planchers sans chape flottante $\xi = 0,010$
- planchers réalisés à l'aide de bois lamellé collé avec chape flottante $\xi = 0,020$
- planchers avec solives ou planches juxtaposées liées mécaniquement, avec chape flottante $\xi = 0,030$

4.4 Fatigue

4.4.1 Généralités

4.4.1.1 Dans les ouvrages ou les éléments d'ouvrage, et tout particulièrement dans les assemblages soumis à des sollicitations alternées sous l'effet du trafic, du vent ou d'autres actions, on vérifiera qu'une rupture ou que des dommages importants ne puissent se manifester par fatigue pendant la durée de service prévue.

4.4.1.2 Les passerelles pour piétons et cyclistes ne nécessitent pas de vérification à la fatigue sous l'effet du trafic.

4.4.1.3 Une vérification à la fatigue n'est en général pas requise pour les bâtiments, à l'exception toutefois des constructions dans lesquelles des vibrations sont induites par des machines ou des mouvements rythmiques similaires.

4.4.2 Contrôle de constructions en bois soumises à la fatigue

4.4.2.1 La vérification sera habituellement faite en considérant la différence des contraintes $\Delta\sigma$:

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min} \quad (45)$$

σ_{max} σ_{min} contrainte caractéristique maximale ou minimale sous l'effet des sollicitations à la fatigue

4.4.2.2 Les contraintes sont calculées élastiquement sous l'effet des actions provoquant la fatigue. Les sollicitations résultant d'encastresments, de contraintes ainsi que d'actions secondaires provoquées par des déformations ou des distorsions doivent être prises en compte de manière adéquate dans le modèle de calcul.

4.4.2.3 Une vérification à la fatigue n'est pas nécessaire si $\Delta\sigma$ est inférieure à 10% de la valeur de dimensionnement de la résistance f_d correspondante.

4.4.2.4 Pour une action périodique avec n alternances, il faut vérifier:

$$\Delta\sigma \leq k_{fat} \cdot \frac{f_d}{\gamma_{M,fat}} \quad (46)$$

$\Delta\sigma$ différence des contraintes effectives

f_d valeur de dimensionnement de la résistance. Celle-ci ne doit pas être majorée par le facteur $\eta_t = 1,4$ selon le chiffre 2.2.6

k_{fat} coefficient de réduction lors de la vérification à la fatigue

$\gamma_{M,fat}$ facteur de résistance lors de la vérification à la fatigue (généralement: $\gamma_{M,fat} = 1,0$)

Les valeurs de k_{fat} doivent être déterminées selon la figure 12. Les valeurs chiffrées correspondantes $k_{fat,\infty}$ au niveau de la limite à la fatigue sont données dans le tableau 12.

Figure 12 Coefficient de réduction lors de la vérification à la fatigue k_{fat}

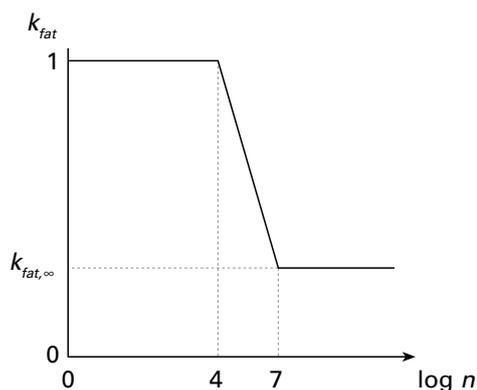


Tableau 12 Coefficient de réduction au niveau de la limite à la fatigue $k_{fat,\infty}$

Élément de construction et sollicitation	$k_{fat,\infty}$
Sollicitation	
– compression	1,0
– flexion	
– traction	0,50
– charge alternée traction – compression	
– effort tranchant	0,30
Assemblages	
– broches	0,40
– clous	0,25

4.4.2.5 En cas de différences de contraintes variables $\Delta\sigma_i$, on vérifiera que:

$$\sum \frac{n_i}{N_i} \leq 1 \quad (47)$$

n_i nombre des alternances de contraintes $\Delta\sigma_i$ pendant la durée de service prévue
 N_i nombre de charges ayant une différence de contraintes $\Delta\sigma_i$ provoquant la rupture

4.5 Situation de dimensionnement incendie

4.5.1 Généralités

4.5.1.1 Les dispositions suivantes se rapportent à la sécurité structurale sous l'effet de l'action du feu. Pour le calcul numérique, on admettra le rapport $\gamma_M/\eta_M = 1,0$.

4.5.1.2 Les dilatations du bois et des matériaux dérivés du bois peuvent normalement être négligées. Pour des considérations à ce sujet concernant des autres matériaux de construction, il faut se référer aux normes correspondantes.

4.5.2 Éléments de construction en bois

4.5.2.1 Le calcul de la résistance ultime en cas d'incendie sera mené d'une manière similaire à celui pour la température normale en prenant pour base:

- les situations de dimensionnement, selon la norme SIA 260,
- les sections résiduelles fictives selon le chiffre 4.5.2.2.

La sécurité structurale est vérifiée si, pendant la durée de résistance au feu, la condition suivante est remplie:

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi} \quad (48)$$

$E_{d,fi}$ valeur de dimensionnement de l'effet pour la situation de dimensionnement incendie, selon la norme SIA 260. Pour la construction en bois et pour simplifier, on pourra admettre pour les surfaces d'habitation (catégorie A) et les bureaux (catégorie B):

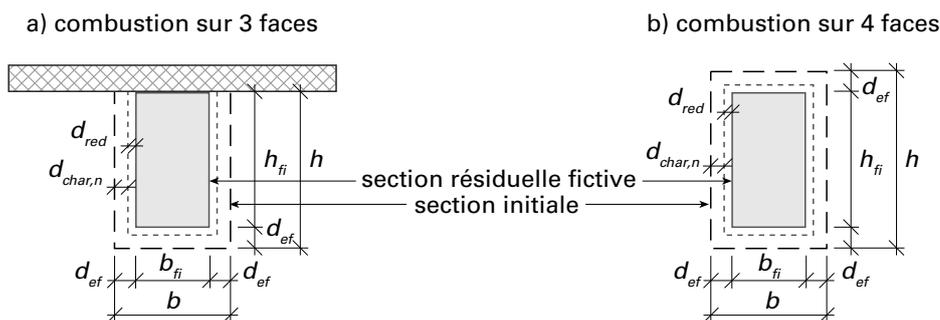
$$E_{d,fi} = 0,6 \cdot E_d$$

$R_{d,fi}$ valeur de dimensionnement de la résistance ultime des éléments de construction pour la situation de dimensionnement incendie

4.5.2.2 La section résiduelle fictive d'éléments de construction exposés dès le début de l'incendie est obtenue après perte d'épaisseur par combustion $d_{char,n}$ de la section initiale en tenant compte de la vitesse de combustion théorique selon le tableau 13. La perte de rigidité et de résistance dans les zones proches de la surface peut être prise en compte par une amplification de la perte d'épaisseur admise égale à d_{red} . Pour une durée de résistance au feu jusqu'à 90 minutes, on introduira au minimum $d_{red} = 7$ mm. La section résiduelle fictive est admise à arêtes vives. Les dimensions déterminantes de la section résiduelle fictive ($b_{fi} \times h_{fi}$) peuvent être définies selon la figure 13.

Pour les éléments de construction en bois protégés au début de l'incendie, une méthode de détermination de la section résiduelle fictive est décrite dans la *Documentation Lignum protection incendie* [3].

Figure 13 Détermination de la section résiduelle fictive en cas d'incendie



b, h largeur et hauteur de la section initiale

b_{fi}, h_{fi} largeur et hauteur de la section résiduelle fictive

d_{ef} perte d'épaisseur par combustion effective pour le calcul de la section résiduelle fictive

$$d_{ef} = d_{char,n} + d_{red} \quad (49)$$

$d_{char,n}$ perte d'épaisseur par combustion pendant une durée d'exposition au feu déterminée

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t \quad (50)$$

β_n vitesse de combustion théorique selon le tableau 13

t durée de l'exposition au feu de l'élément de construction en bois

d_{red} épaisseur de la couche permettant de tenir compte de perte de rigidité et de résistance dans les zones superficielles

4.5.2.3 Le calcul simplifié de la perte par combustion $d_{char,n}$ fait intervenir une vitesse de combustion théorique constante au cours du temps β_n selon le tableau 13. Ce calcul est valable pour une combustion sur une ou plusieurs faces, pour des éléments de construction en bois exposés dès le début de l'incendie. Il tient compte de la combustion différente dans les zones des angles et des fissures.

Tableau 13 Vitesse de combustion théorique β_n

Matériau		β_n en mm/min.
Résineux ou hêtre	Bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué ¹⁾	0,8
	Bois lamellé collé ¹⁾	0,7
Chêne ou robinier	Bois massif et bois lamellé collé ¹⁾	0,5
Revêtement en bois massif		0,9
Matériaux dérivés du bois		voir <i>Documentation Lignum protection incendie</i> [3]

¹⁾ Avec utilisation d'adhésifs résistants au feu.

4.5.2.4 Pour une action simultanée du feu sur plusieurs faces, l'épaisseur b minimale avant incendie atteindra au moins 80 mm pour R30 resp. 140 mm pour R60. Pour des sections inférieures, il faut tenir compte de l'effet de cumulation de la chaleur sur la vitesse de combustion.

4.5.2.5 Pour la vérification de la sécurité structurale avec la section résiduelle fictive, la valeur de dimensionnement de la résistance ultime d'éléments de construction en bois ou en dérivés du bois est définie comme suit:

$$R_{d,fi} \approx 1,8 \cdot R_d \quad (51)$$

$R_{d,fi}$ valeur de dimensionnement de la résistance ultime en cas d'incendie

R_d valeur de dimensionnement de la résistance ultime de la section résiduelle fictive à température normale

Les coefficients k_n selon le chiffre 3.4.2.3 et k_{sys} selon le chiffre 5.7.2.2 ne s'appliquent pas.

4.5.2.6 Lors de l'analyse structurale selon la théorie du second ordre, les rigidités des éléments de construction et les modules de glissement des assemblages seront déterminés sur la base d'un rapport γ_M/η_M selon le tableau 1. Les rigidités des parties de construction obtenues de cette manière peuvent être augmentées de 15%.

4.5.2.7 Lors de l'utilisation d'adhésifs pour la fabrication d'éléments de construction porteurs en bois, la durée de résistance au feu requise de l'adhésif à la température probable doit être assurée.

4.5.3 Assemblages

4.5.3.1 Les exigences relatives à la résistance au feu des assemblages seront garanties par:

- le respect de conditions géométriques telles que le recouvrement de bois, l'épaisseur minimale du bois, le respect des distances aux bords, les profondeurs de pénétration, les largeurs de tôles, etc.,
- l'utilisation d'assemblages testés et approuvés,
- la vérification par calcul de la résistance ultime au feu.

4.5.3.2 Les méthodes pour le calcul de la résistance ultime au feu sont données dans la *Documentation Lignum protection incendie* [3]. Pour les assemblages dimensionnés selon le chapitre 6, on peut admettre une durée de résistance au feu de 15 minutes sans contrôle supplémentaire.

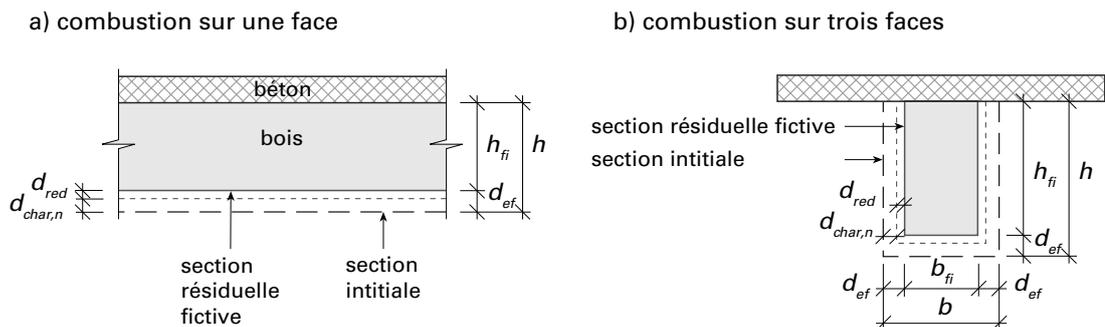
4.5.4 Éléments en construction mixte

4.5.4.1 Les propriétés mécaniques relatives au feu des éléments de construction qui entrent dans une construction mixte doivent être calculées en tenant compte des considérations spécifiques énoncées dans les normes respectives des différents matériaux.

4.5.4.2 Si le joint entre les différents matériaux s'échauffe, il est nécessaire de tenir compte de l'influence, sur l'ouvrage, des caractéristiques de résistance et de rigidité affectées par cette hausse de température.

4.5.4.3 La résistance au feu de planchers mixtes en bois – béton peut être évaluée de manière simplifiée avec la méthode de la section résiduelle fictive. Les planchers mixtes massifs en bois – béton (figure 14a) sont soumis à une combustion sur une face, les planchers mixtes sur solives (figure 14b) à une combustion sur trois faces.

Figure 14 Construction mixte bois – béton soumise au feu (sections)



4.6 Situation de dimensionnement séisme

4.6.1 Généralités

4.6.1.1 Les structures en bois seront classées en fonction de leur ductilité dans les types A à D du tableau 14. Pour des structures qui, du point de vue de leur ductilité, se comportent différemment selon les deux directions principales, il est admis de les classer différemment selon la direction envisagée.

4.6.1.2 Pour des structures en bois dimensionnées aux séismes selon un comportement non ductile, le coefficient de comportement sera admis à $q = 1,5$. Pour des éléments de construction et des assemblages comprimés, il faut en outre tenir compte du chiffre 4.6.3.2.

- 4.6.1.3 Pour des structures en bois dimensionnées aux séismes selon un comportement ductile, on utilisera le coefficient de comportement du tableau 14 (types B à D). Les conditions énoncées aux chiffres 4.6.2 et 4.6.3 doivent de plus être respectées.
- 4.6.1.4 Un comportement ductile peut être pris en compte dans des parties de structures, seulement si des déformations plastiques, des instabilités locales ou des réactions avec un caractère d'hystérese n'influencent pas la stabilité générale de la structure.
- 4.6.1.5 Les effets résultant de l'action sismique seront déterminés sur la base d'un modèle linéaire élastique avec des valeurs de rigidité moyennes à court terme des éléments de construction en bois et des assemblages selon le chiffre 2.1.5.

Tableau 14 Ductilité: coefficient de comportement et classification

Type de structure	Ductilité	Coefficient de comportement q	Classification en fonction de l'efficacité, du nombre et de la distribution des zones d'assemblages ductiles sous sollicitations cycliques	Exemples de classification ¹⁾
A	faible	1,5	Toutes les structures non classées en B, C ou D	<ul style="list-style-type: none"> - arcs - cadres avec angles collés - ouvrages avec un encastrement rigide des poteaux dans les fondations - ouvrages avec parois de contreventement pour le transfert des charges horizontales sans assemblages mécaniques
B	modérée	2,0	Ouvrages avec quelques zones d'assemblages ductiles sous sollicitations cycliques	<ul style="list-style-type: none"> - ouvrages avec peu de zones ductiles, mais par contre efficaces - structures à un étage avec des liaisons semi-rigides avec les fondations
C	moyenne	2,5	Ouvrages avec plusieurs zones d'assemblages très efficaces quant à la ductilité sous sollicitations cycliques	<ul style="list-style-type: none"> - cadres ou structures poteaux-poutres avec des liaisons semi-rigides (les raccords aux fondations peuvent être semi-rigides ou articulés) - cadres ou structures triangulés avec des moyens d'assemblages mécaniques dans les nœuds des cadres ou des triangulations - structures constituées d'éléments de parois avec revêtement collé, liaisons mécaniques entre éléments - construction hybride avec structures en cadres porteurs et remplissages non-porteurs
D	bonne	3,0	Ouvrages avec de nombreuses zones d'assemblages bien réparties et très efficaces quant à la ductilité sous sollicitations cycliques	<ul style="list-style-type: none"> - structures en parois porteuses: <ul style="list-style-type: none"> - revêtements liés mécaniquement aux cadres - éléments de parois liés mécaniquement entre eux - assemblages mécaniques

¹⁾ Le comportement lors du transfert vertical des charges horizontales est déterminant pour la classification. La constitution des diaphragmes horizontaux n'est pas prise en compte.

4.6.2 Zones ductiles dans les structures en bois

- 4.6.2.1 Les structures en bois n'ont en général un comportement ductile que dans les zones d'assemblages. Les éléments en bois ou les assemblages collés ont en général un comportement non ductile.
- 4.6.2.2 Les degrés de ductilité sous sollicitations cycliques du tableau 14 seront atteints par les assemblages intégrant des connecteurs de type tige sollicités transversalement si les exigences du tableau 15 et les exigences supplémentaires spécifiques afin d'assurer une ductilité suffisante sous sollicitations cycliques sont remplies.

Tableau 15 Exigences relatives aux connecteurs de type tige avec comportement ductile (résineux)

Type de structure	Exigences relatives aux épaisseurs du bois et aux profondeurs de pénétration	Exigences relatives aux espacements minimaux parallèles au fil des moyens d'assemblage
B	selon le tableau 20 pour un degré de ductilité $D_s > 3$ ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> – Broches et boulons selon tableau 24 – Clous selon tableau 28 resp. 33 – Vis d'après 6.5.1.2 selon tableau 33 – Vis d'après 6.5.1.3 selon tableau 38 resp. 39 – Agrafes voir SIA 265/1:2018; tableau 28
C et D	selon le tableau 20 pour un degré de ductilité $D_s > 3$ ¹⁾	1,5 fois les espacements minimaux des moyens d'assemblage parallèles au fil: <ul style="list-style-type: none"> – Broches et boulons selon tableau 24 – Clous selon tableau 28 resp. 33 – Vis d'après 6.5.1.2 selon tableau 33 – Vis d'après 6.5.1.3 selon tableau 38 resp. 39 – Agrafes voir SIA 265/1:2018; tableau 28

¹⁾ Pour des assemblages avec des matériaux dérivés du bois, la norme SIA 265/1:2018 (chiffre 7.3) s'applique simultanément. L'épaisseur des matériaux dérivés du bois doit être choisie de telle manière que l'expression (11) de la 265/1:2018 soit déterminante.

- 4.6.2.3 Une migration des moyens d'assemblages résultant d'une sollicitation cyclique doit être évitée, par exemple dans les assemblages à broches en y rajoutant des boulons, dans le cas d'assemblages cloués ou vissés en augmentant leur pénétration. Les clous lisses ne sont tolérés que pour la liaison des panneaux avec les ossatures.
- 4.6.2.4 Un comportement ductile présuppose qu'une fissuration prématurée de la zone d'assemblage est exclue. Dans le cas d'assemblages avec prédominance d'effort normal parallèle au fil, la condition ci-dessus est remplie si l'on respecte les exigences formulées dans le tableau 15. Pour une conception utilisant des cadres ou impliquant des liaisons avec des moments de flexion, un risque de rupture fragile existe en raison de sollicitations locales importantes de traction perpendiculaire au fil ou de cisaillement. Dans ce cas, il faut prendre des mesures complémentaires appropriées.
- 4.6.2.5 Les parois revêtues sont considérées comme étant ductiles sans contrôle particulier, si les conditions suivantes sont remplies:
- moyen d'assemblage diamètre $d \leq 3$ mm
 - revêtement épaisseur $t \geq 4 \cdot d$
 - liaisons exigences des classes C et D selon le tableau 15.
- 4.6.2.6 Pour les types d'assemblages non traités ici (crampons, assemblages traditionnels), et en particulier si des revêtements et des moyens d'assemblages diversifiés sont mis en œuvre, il est nécessaire de vérifier leur ductilité au moyen d'essais appropriés.

4.6.3 **Zones non ductiles dans les structures en bois ductiles**

- 4.6.3.1 Pour s'assurer de la plastification cyclique des zones ductiles, il faut surdimensionner dans une mesure appropriée tous les autres éléments de structure et les assemblages; ceci s'applique tout particulièrement:
- aux ancrages et aux autres liaisons avec des parties massives,
 - aux assemblages entre les planchers horizontaux et les parois verticales de contreventement.
- 4.6.3.2 Les éléments de construction soumis à la compression et leurs assemblages (assemblages traditionnels) doivent être conçus de manière à ne pas céder sous l'effet des séismes. Il faut en particulier vérifier que l'assise des éléments de construction est assurée en cas d'inversion des efforts.

5 ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION ET STRUCTURES

5.1 Poutres de hauteur variable et poutres courbes

5.1.1 Pour des poutres de hauteur variable, courbes ou polygonales, des contraintes transversales dues aux efforts longitudinaux se manifestent à chaque changement de direction de l'axe. Ces contraintes transversales ne doivent pas dépasser les valeurs de dimensionnement correspondant aux matériaux mis en œuvre. Des indications sur le dimensionnement des renforts se trouvent à l'annexe E.

5.1.2 Pour des poutres rectilignes de hauteur variable (poutres à simple ou double décroissance, montants de cadre biais, etc.), la résistance doit être déterminée en fonction de l'angle des contraintes par rapport au fil.

5.1.3 Pour des poutres courbes de section constante, en plus de l'influence de la courbure h/r de l'ensemble de la section, il faut aussi tenir compte de l'effet de cintrage t/r_a préalable des lamelles. Les conditions suivantes doivent ainsi être remplies:

Contraintes tangentielles (parallèles au fil):

– extrados:

$$\sigma_{ma,d} = \left| -\frac{M_{Ed}}{W} \right| \leq k_r \cdot f_{m,d} \quad (52)$$

– intrados:

$$\sigma_{mi,d} = \left| +\frac{M_{Ed}}{W} \cdot \left(1 + \frac{h}{2 \cdot r}\right) \right| \leq f_{m,d} \quad (53)$$

Le contrôle du déversement sera effectué selon le chiffre 4.2.9.

Contraintes radiales (perpendiculaires au fil):

$$\sigma_{90,d} = \left| +\frac{M_{Ed}}{W} \cdot \frac{h}{4 \cdot r} \right| \leq f_{t,90,d} \text{ resp. } f_{c,90,d} \quad (54)$$

M_{Ed} moment de dimensionnement (règles de signe selon la figure 15)

W moment de résistance de la section considérée

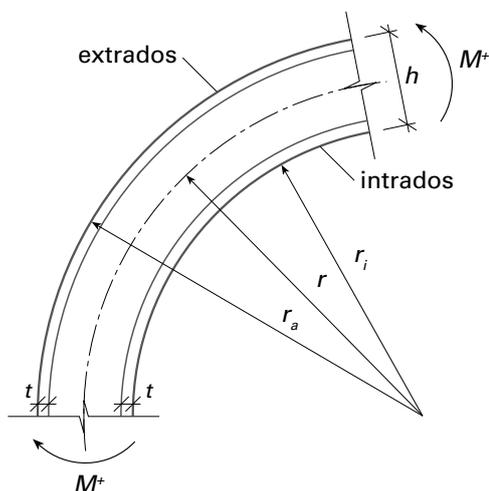
h hauteur de la poutre

r rayon de courbure de l'axe neutre

k_r coefficient de courbure selon le chiffre 5.1.5 (cintrage préalable des lames)

Les valeurs positives de σ (expression dans la valeur absolue) désignent des contraintes de traction, les valeurs négatives, des contraintes de compression.

Figure 15 Poutre courbe de section constante



5.1.4 Le coefficient de courbure k_r permet de tenir compte de l'influence sur la résistance à la flexion du cintrage préalable des lames des poutres courbes en lamellé collé et des contraintes internes qui en résultent.

5.1.5 Pour des contraintes de traction à l'extrados:

$$k_r = 1 - 40 \cdot \frac{t}{r_a} \quad (55)$$

t épaisseur des lames
 r_a rayon de courbure de l'extrados

Pour des contraintes de compression, on peut généralement admettre $k_r = 1$.

5.1.6 L'épaisseur finie t des lames d'une poutre courbe en bois lamellé collé ne dépassera pas:

$$t \leq \frac{r_i}{200} \quad (56)$$

5.2 Réductions de section, entailles et évidements

5.2.1 Généralités

5.2.1.1 Les réductions de section, les entailles et les évidements doivent être évités dans la mesure du possible.

5.2.1.2 Afin de garantir une résistance suffisante aux réductions de sections, aux entailles et aux évidements sollicités à la traction perpendiculaire, il faut mettre en œuvre le cas échéant des mesures de renforcement, en particulier lors de variation d'humidité (classe d'humidité 2 et 3), ou suppléments de sollicitations en traction perpendiculaire planifiés. Des indications quant au dimensionnement de renforts se trouvent à l'annexe E.

5.2.1.3 Les réductions de section, les entailles et les évidements provoquent des contraintes localisées élevées qui ne peuvent pas être prises en compte par un simple contrôle au travers de la section réduite. En première approximation, il est possible d'en tenir compte par un abaissement de la résistance ultime – de la section réduite – au moyen du coefficient de réduction k_{red} (cf. tableau 16).

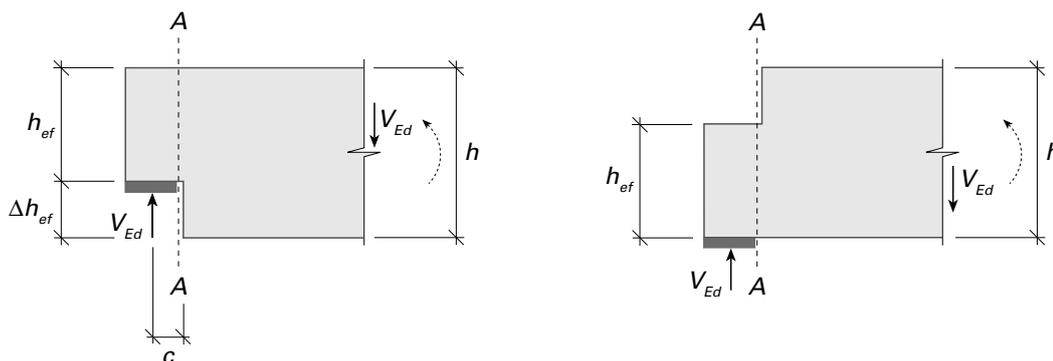
5.2.2 Réductions de section

5.2.2.1 En cas de réductions de section rectangulaires non renforcées dans la zone d'appui (figure 16), la vérification de l'effort tranchant dans la section A – A (section réduite, hauteur h_{ef}) est donnée par:

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_{Ed}}{b \cdot h_{ef}} \leq k_{red} \cdot f_{v,d} \quad (57)$$

V_{Ed} valeur de dimensionnement de l'effort tranchant
 $f_{v,d}$ valeur de dimensionnement de la résistance au cisaillement
 b largeur de la poutre
 h_{ef} hauteur réduite
 k_{red} facteur de réduction selon tableau 16

Figure 16 Sollicitations en cas de réduction de section



Effort tranchant avec traction perpendiculaire

Effort tranchant avec compression perpendiculaire

Tableau 16 Facteurs de réduction k_{red} lors de réductions de section
(valable pour $c \leq 0,4 \cdot h$ et $h_{ef} \geq 0,5 \cdot h$)

Sollicitation	Coefficient de réduction k_{red}
Effort tranchant avec traction perpendiculaire, en général	$k_{red} = \frac{\sqrt{\Delta h_0}}{\sqrt{h}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{h_{ef}}{h} - \left(\frac{h_{ef}}{h}\right)^2 + 0,8 \cdot \frac{c}{h} \cdot \sqrt{\frac{h}{h_{ef}} - \left(\frac{h_{ef}}{h}\right)^2}}} \leq 1 \quad (58)$
Effort tranchant avec traction perpendiculaire, si $c = \Delta h_{ef}$	$k_{red} = \sqrt{\frac{h_{ef}}{h} \cdot \frac{\Delta h_0}{\Delta h_{ef}}} \leq 1 \quad (59)$
Effort tranchant avec compression perpendiculaire	$k_{red} = 1 \quad (60)$

Δh_0 25 mm pour du bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué en résineux, 45 mm pour du bois lamellé collé en résineux

c distance entre la ligne d'action de la réaction d'appui et l'angle de la réduction de section en mm

b largeur de la poutre en mm

h hauteur de la poutre en mm

h_{ef} hauteur réduite de la poutre en mm

Δh_{ef} profondeur de l'entaille en mm

5.2.2.2 Lors de réductions de section biaisées avec une pente $\leq 1:10$, l'influence de la concentration de contraintes peut être négligée ($k_{red} = 1,0$).

5.2.3 Entailles

5.2.3.1 Les affaiblissements de section dus à des entailles doivent être pris en compte pour le calcul des contraintes. Si les entailles sont asymétriques, l'excentricité du centre de gravité et les contraintes supplémentaires qui en résultent doivent aussi être considérées.

5.2.3.2 Pour les entailles dans les zones tendues, il est nécessaire, en plus du calcul des contraintes effectué selon le chiffre 5.2.3.1, de prendre en compte les concentrations locales de contraintes qui peuvent se manifester.

5.2.4 Évidements

Les évidements dans des poutres peuvent être approximativement pris en compte:

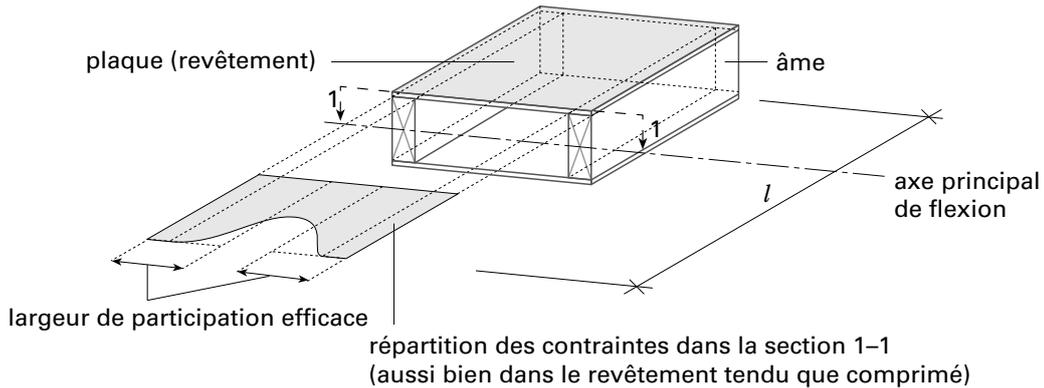
- pour un effort tranchant important (à proximité des appuis): comme une réduction de section (cf. chiffre 5.2.2),
- pour une flexion prépondérante: comme une entaille (cf. chiffre 5.2.3).

5.3 Éléments de construction composés

5.3.1 Largeur de participation dans des sections avec revêtements en forme de plaques

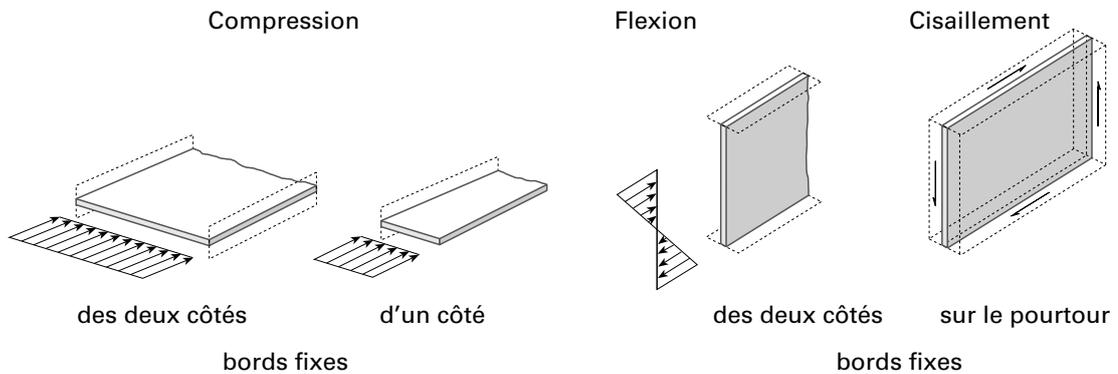
5.3.1.1 L'influence de la répartition non uniforme des contraintes – en raison des déformations dues au cisaillement, selon la figure 17 – dans le revêtement mince d'éléments porteurs soumis à un moment de flexion avec effort tranchant doit être considérée. En première approximation, il est admis de faire intervenir les largeurs de participation selon le chiffre 5.3.1.3.

Figure 17 Largeur de participation du revêtement en raison des déformations dues au cisaillement lors de flexion avec effort tranchant



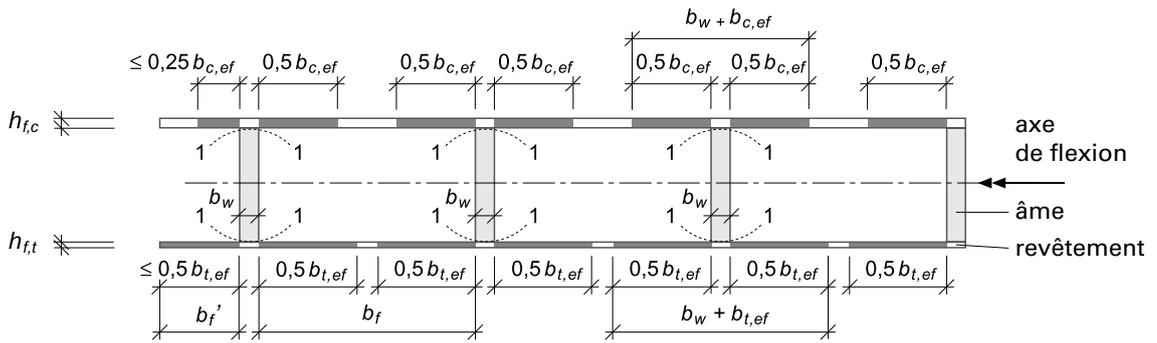
5.3.1.2 La participation réduite en raison du voilement – compression ou cisaillement – des parties de la section en forme de plaque (cf. figure 18) doit être prise en compte. En première approximation, on pourra introduire dans le calcul les largeurs de participation selon le chiffre 5.3.1.3 lors de sollicitation en compression.

Figure 18 Sollicitations diverses de sections en forme de plaque



5.3.1.3 En première approximation, les valeurs maximales b_{ef} de la largeur de participation des revêtements sont données sur la figure 19 et dans le tableau 17 (sans la largeur de l'âme b_w directement liée au revêtement).

Figure 19 Éléments de plaques avec revêtements sur les deux côtés

Tableau 17 Largeur de participation b_{ef} suite aux déformations dues au cisaillement ou suite au voilement sous l'effet de compression longitudinale (sans la largeur de l'âme b_w directement liée au revêtement)

Revêtement	Déformation due au cisaillement ¹⁾ (compression + traction)	Voilement ^{2) 3)} (conditions d'appui: ○—○)
Contreplaqué à plis avec direction du fil des plis extérieurs: – parallèle aux âmes – perpendiculaire aux âmes	0,1 · l 0,1 · l	20 · h _{f,c} 25 · h _{f,c}
Panneaux OSB	0,15 · l	25 · h _{f,c}
Panneaux de particules et de fibres (orientation des fibres quelconque)	0,2 · l	30 · h _{f,c}

¹⁾ Pour des poutres simples de portée l ou des poutres continues où l = distance entre points de moment nul. Sur les appuis, on réduira les largeurs de participation de moitié.

²⁾ Si les bords des panneaux sont libres (bord longitudinal fixé d'un côté), on ne prendra en compte qu'un quart des valeurs.

³⁾ Les largeurs de participation prennent en compte la réserve de résistance postcritique. Si l'ampleur du voilement doit être limitée, l'espace entre les raidisseurs b_f ne doit pas dépasser le double des valeurs indiquées.

5.3.2 Poutres composées avec liaison continue

5.3.2.1 Les contraintes et les déformations des poutres composées de plusieurs sections assemblées (bois ou matériaux dérivés de bois) doivent être déterminées en prenant en compte les caractéristiques de déformation respectives des composants et la rigidité des connecteurs. Il faut aussi tenir compte d'une redistribution des contraintes sous l'effet du fluage.

5.3.2.2 La rigidité des connecteurs pourra être prise en compte au moyen des modules de glissement suivants:

- vérification de la sécurité structurale: K_u
- vérification de l'aptitude au service: K_{ser}

Des valeurs pour K_{ser} sont données au chapitre 6. Le module de glissement K_u vaut:

$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser} \quad (61)$$

5.3.2.3 Si l'espacement des connecteurs s suit la courbe de l'effort tranchant de s_{min} à s_{max} (avec $s_{max} \leq 4 \cdot s_{min}$), l'espacement moyen efficace s_{ef} pourra être admis égal à:

$$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{min} + 0,25 \cdot s_{max} \quad (62)$$

5.3.2.4 Lorsqu'une membrure double est liée de part et d'autre de l'âme ou inversement (poutres en caisson), l'espacement moyen s_i entre les connecteurs est défini comme étant l'espacement moyen des connecteurs des deux joints d'assemblage projeté sur un même plan.

5.3.3 Poutres chevillées

5.3.3.1 Dans un calcul approché des poutres chevillées formées de deux ou trois équarris superposés de même section et de même propriétés mécaniques, on pourra respectivement appliquer les coefficients de réduction β et η du tableau 18 au moment de résistance et au moment d'inertie de la section totale.

Tableau 18 Poutres chevillées, coefficients de réduction du moment de résistance et du moment d'inertie

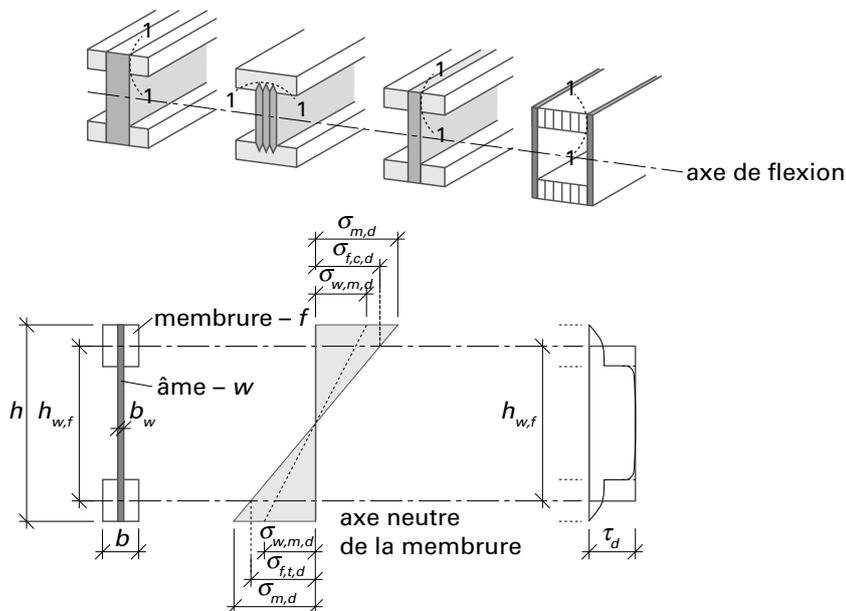
Composition de la section	Moments de résistance	Moment d'inertie
2 équarris superposés	$\beta = 0,85$	$\eta = 0,65$
3 équarris superposés	$\beta = 0,60$	$\eta = 0,33$

5.3.3.2 On calculera l'effort rasant dans les chevilles en supposant une liaison rigide et on répartira les chevilles conformément au diagramme effectif de l'effort tranchant.

5.3.4 Poutres à âme mince

5.3.4.1 Pour les poutres à âme mince selon la figure 20 (avec une âme et des membrures continues), les contraintes et les déformations seront déterminées selon le chiffre 5.3.2.1. Pour les parties de section à paroi mince, on utilisera les largeurs de participation du chiffre 5.3.1.

Figure 20 Configuration et distribution des contraintes dans les poutres à âme mince soumises à la flexion et à l'effort tranchant



5.3.4.2 La vérification des membrures sera effectuée selon le tableau 19.

Tableau 19 Double vérification des poutres à âme mince

Valeur de dimensionnement	Membrane comprimée	Membrane tendue
de la contrainte maximale à l'arrête:	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$ (63)	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$ (64)
de la contrainte à l'axe neutre de la membrure:	$\sigma_{f,c,d} \leq k_c \cdot f_{c,0,d}$ (65)	$\sigma_{f,t,d} \leq f_{t,0,d}$ (66)

k_c coefficient tenant compte du risque de flambage latéral de la membrure comprimée (cf. chiffre 4.2.8); si le flambage est empêché, $k_c = 1$.

5.3.4.3 Les vérifications suivantes seront effectuées pour l'âme:

Contraintes de flexion

– En général:

$$\sigma_{w,m,d} \leq f_{w,m,d} \quad (67)$$

– Si la résistance à la flexion du matériau de l'âme est inconnue:

$$\sigma_{w,m,d} \leq f_{w,c,d} \quad \text{vérification des contraintes de compression} \quad (68)$$

$$\sigma_{w,m,d} \leq f_{w,t,d} \quad \text{vérification des contraintes de traction} \quad (69)$$

Contrainte de cisaillement:

– Pour des âmes en contreplaqué à plis ou en lamellé croisé avec un élanement de l'âme

$$h_{w,f}/b_w \leq 50:$$

$$\tau_d = \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot h_{w,f}} \leq f_{v,d} \quad (70)$$

– Pour des élanements plus grands, ou d'autres matériaux dérivés du bois, un contrôle du voilement par cisaillement doit être effectué.

5.3.4.4 La liaison âme – membrure (coupe 1 – 1 de la figure 20) sera vérifiée au cisaillement en tenant compte, pour chaque élément de section, de la résistance au cisaillement déterminante en fonction de la direction.

5.3.4.5 On placera toujours des raidisseurs aux points d'application des charges concentrées, à moins qu'une bonne transmission des charges à l'âme soit assurée.

5.3.4.6 Dans le cas de poutres à membrures non parallèles, en forme de trapèze ou courbe, on prêtera une attention particulière aux contraintes supplémentaires engendrées par la géométrie dans l'âme ainsi que dans la liaison entre l'âme et les membrures.

5.3.5 Éléments de plaque (éléments fléchis)

5.3.5.1 Pour les éléments de plaque, les contraintes et les déformations seront déterminées selon le chiffre 5.3.2.1. Pour les parties de sections à paroi mince, on utilisera les largeurs de participation du chiffre 5.3.1.

5.3.5.2 Les contraintes normales dans le revêtement, obtenues en tenant compte des largeurs de participation, doivent respecter les valeurs de dimensionnement de la résistance en traction ou en compression des matériaux mis en œuvre.

5.3.5.3 Le calcul au cisaillement de la liaison âme – revêtement (coupe 1 – 1 de la figure 19) sera effectué en fonction de la direction de la résistance au cisaillement déterminante.

5.3.6 Poutres triangulées

5.3.6.1 Détermination des efforts internes et des déformations

5.3.6.1.1 En règle générale, on calcule les poutres triangulées en les assimilant à des cadres dans lesquels on fait intervenir les caractéristiques de flexibilité ou de rigidité des assemblages. On tiendra compte de l'influence des excentricités dans les nœuds et dans les zones d'appui ainsi que de celle des charges appliquées entre les nœuds.

5.3.6.1.2 Un calcul simplifié, avec comme hypothèse des nœuds articulés en faisant abstraction de la souplesse des assemblages, n'est admis que dans le contexte suivant:

- les membrures sont continues (les éventuels joints doivent être rigides à la flexion)
- les barres sont centrées (triangulation)
- les charges sont introduites aux nœuds (sinon, il faut tenir compte des sollicitations supplémentaires dans les barres en question)
- la hauteur de la membrure est inférieure à 1/7 de la hauteur moyenne de la poutre.

5.3.6.1.3 Pour des diagonales excentrées, on pourra procéder au calcul simplifié selon le chiffre 5.3.6.1.2, si les axes des pièces aboutissant à un nœud (montants et diagonales) se coupent à l'intérieur de la membrure continue et si l'on tient compte des sollicitations résultant des transferts de charge.

5.3.6.2 Calcul des éléments de triangulation

5.3.6.2.1 La résistance ultime des liaisons des barres ou des nœuds sera déterminée en tenant compte de l'effort normal, de l'effort tranchant ainsi que du moment dans la barre. Si l'on se contente de vérifier uniquement la résistance sous l'effet de l'effort normal, il faut réduire la résistance ultime en conséquence.

5.3.6.2.2 Pour un calcul simplifié selon le chiffre 5.3.6.1.2, les conditions suivantes doivent être respectées:

- les contraintes dans les membrures résultant de leur sollicitation dans le plan de la structure triangulée ne dépasseront pas les 2/3 des valeurs de dimensionnement de la résistance.
- lors de la vérification des assemblages des barres à l'effort normal, il convient de réduire la résistance de l'ensemble des moyens d'assemblage et, pour les diagonales et les montants, la résistance du bois dans la zone de liaison. Lors de liaisons avec une grande rigidité à la flexion, cette réduction sera fixée aux 3/4 des valeurs normales.
- les déformations calculées seront limitées aux 2/3 des valeurs admissibles.

5.3.6.2.3 La résistance ultime des barres comprimées sera déterminée selon le chiffre 4.2, en admettant un effort de compression centré ou de compression avec flexion qui tienne compte des sollicitations réelles et des conditions géométriques aux limites. En l'absence d'un calcul plus précis, la longueur de flambage l_k sera égale à la longueur théorique de la barre l entre les nœuds fixes dans le plan de flambage. Une réduction de cette longueur n'est admise que si des encastresments la justifient. Si les nœuds ne peuvent pas être considérés comme fixes (appuis élastiques), il faudra admettre des longueurs de flambage l_k plus grandes que la longueur théorique l .

5.3.7 Barres comprimées composées

5.3.7.1 Pour les barres comprimées composées, il faut vérifier aussi bien la stabilité de l'ensemble de la barre que celle des éléments la constituant.

5.3.7.2 Les barres comprimées composées des figures 21a et 21b seront vérifiées selon l'axe y comme des barres à section simple.

5.3.7.3 Pour des pièces liées de façon continue à l'aide d'assemblages déformables (figure 21a), on vérifiera le risque de flambage perpendiculairement aux joints (par rapport à l'axe z) selon le chiffre 4.2.8 en introduisant l'élanement fictif $\lambda_{z,id}$.

$$\lambda_{z,id} = \sqrt{\frac{\lambda_z^2}{\eta}} \quad \text{où} \quad \eta = \frac{I_{z,ef}}{I_z} \quad (71)$$

η degré d'efficacité de la liaison

I_z moment d'inertie, la liaison étant admise rigide

λ_z élanement de la section totale, la liaison étant admise rigide

$I_{z,ef}$ moment d'inertie effectif, compte tenu de la souplesse des moyens d'assemblage

5.3.7.4 Dans le cas de barres doublement symétriques, diaphragmées (figure 21b), l'élanement fictif selon l'axe z vaut:

$$\lambda_{z,id} = \sqrt{\frac{\lambda_z^2}{\eta} + \frac{m}{2} \cdot \lambda_1^2} \quad (72)$$

η degré d'efficacité de la liaison, en admettant une distribution continue des connecteurs sur la longueur de la barre l

m nombre de sections partielles

λ_z élanement de la section totale, la liaison étant admise rigide

λ_1 élanement de la section partielle l_1/i_1 , avec la condition: $l_1 \leq l/3$

i_1 rayon de giration de la section partielle par rapport à l'axe 1-1

Figure 21a Barres comprimées composées avec liaison continue déformable

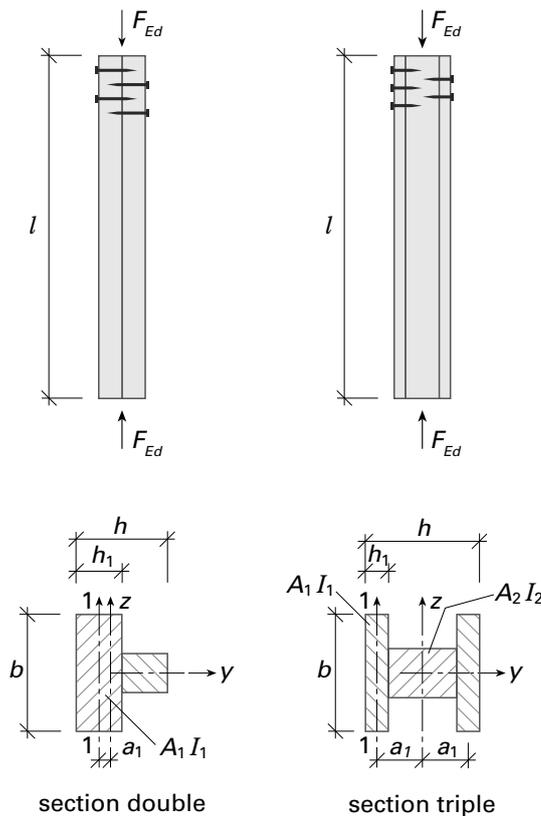
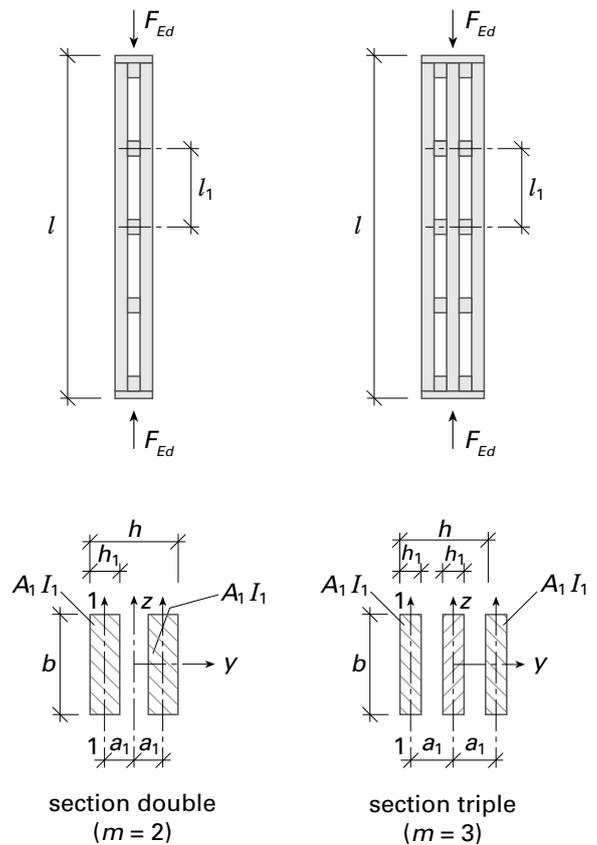


Figure 21b Barres comprimées diaphragmées



5.3.7.5 Les moyens d'assemblage doivent être calculés pour résister à un effort tranchant V_{Ed} admis constant sur toute la longueur de la barre:

$$V_{Ed} = \frac{\lambda_{z,id}}{2000} \cdot F_{Ed} \quad (73)$$

F_{Ed} valeur de dimensionnement de l'effort de compression

$\lambda_{z,id}$ élanement fictif de la section totale selon les chiffres 5.3.7.3 resp. 5.3.7.4

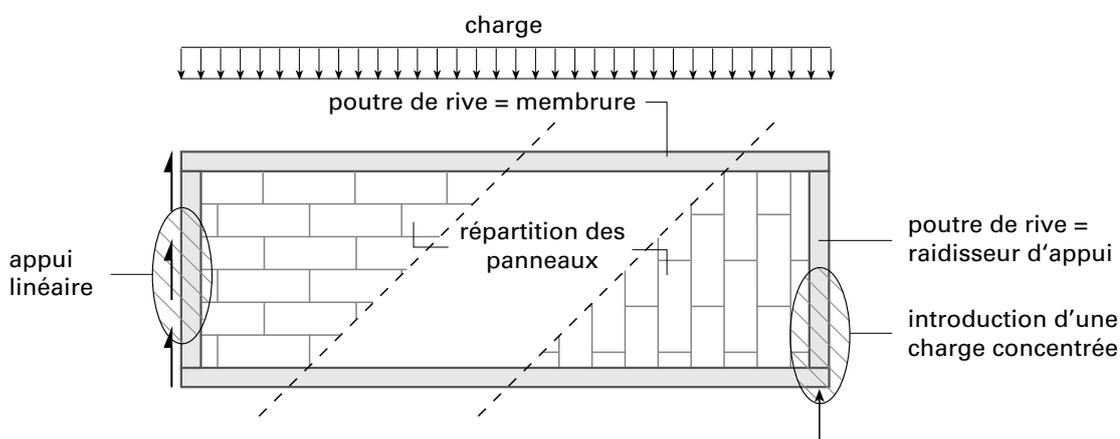
5.3.7.6 Si des charges transversales agissent simultanément, on augmentera cet effort tranchant en conséquence.

5.4 Plaques

5.4.1 Plaques de toitures et de planchers

- 5.4.1.1 Les effets des actions (moment fléchissant et effort tranchant) seront déterminés comme pour une poutre avec les conditions d'appuis correspondantes.
- 5.4.1.2 Les poutres de rive continues (membrures) doivent être dimensionnées pour supporter le moment de flexion maximal.
- 5.4.1.3 Les efforts tranchants et les efforts de cisaillement qui en résultent dans la plaque peuvent être admis comme répartis uniformément si les appuis sont linéaires. Si l'appui est ponctuel, il faudra vérifier tout particulièrement l'introduction de l'effort.
- 5.4.1.4 La transmission des efforts de cisaillement doit être garantie aussi bien entre les panneaux et la poutre de rive qu'entre les panneaux eux-mêmes. En règle générale, c'est la résistance de l'assemblage qui est déterminante que ce soit entre les panneaux ou entre les panneaux et la poutre de rive.

Figure 22 Introduction des charges dans la plaque et répartition des panneaux



- 5.4.1.5 Si l'introduction de l'effort de cisaillement est uniforme, on peut admettre que les résistances ultimes des moyens d'assemblage, telles que définies au chapitre 6, peuvent être utilisées sans réduction du fait du nombre de connecteurs alignés.
- 5.4.1.6 Les plaques de toitures et de planchers sont souvent de formes irrégulières. De plus, il est parfois nécessaire d'y inclure de grandes ouvertures. Les modifications du cheminement des efforts qui en résultent doivent être tout particulièrement étudiées.
- 5.4.1.7 Les déformations des plaques seront établies en considérant la rigidité au cisaillement des joints. Les critères de dimensionnement sont définis par les exigences du projet liées à l'aptitude au service et par les exigences de rigidité en relation à la fonction de stabilisation selon le chiffre 5.8.

5.4.2 Parois

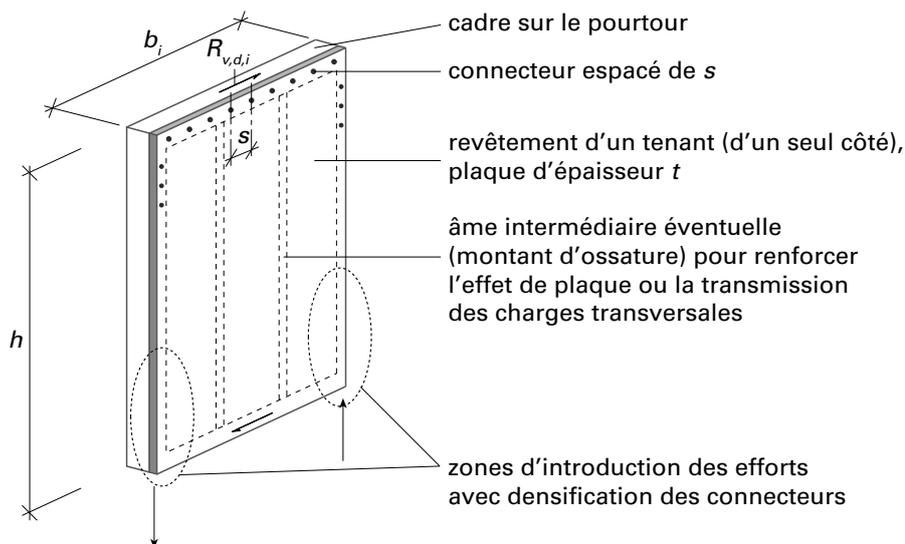
- 5.4.2.1 La résistance ultime d'une paroi R_v sera déterminée sur la base d'un modèle statique éprouvé ou sur la base d'essais.

- 5.4.2.2 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime d'un élément de paroi unique $R_{v,d,i}$ selon la figure 23 est généralement dépendante de la résistance des moyens d'assemblage. Dans ce cas, pour un revêtement d'un seul côté de l'ossature, $R_{v,d,i}$ est donné par:

$$R_{v,d,i} = R_d \cdot \frac{b_i}{s} \quad (74)$$

R_d valeur de dimensionnement de la résistance au cisaillement, par connecteur
 b_i largeur d'un élément de paroi
 s espacement des connecteurs

Figure 23 Élément de paroi unique



- 5.4.2.3 Si l'introduction de l'effort de cisaillement est uniforme, on peut admettre que les résistances ultimes des moyens d'assemblage, telles que définies au chapitre 6, peuvent être utilisées sans réduction du fait du nombre de connecteurs alignés.
- 5.4.2.4 Lors de la vérification d'une paroi constituée d'éléments de plaques de largeur variable b_i , on tiendra compte des différences de rigidité de ces éléments.
- 5.4.2.5 Les éléments de paroi uniques ayant de grosses ouvertures (portes ou fenêtres) doivent être considérés comme non porteurs.
- 5.4.2.6 Les revêtements dont l'épaisseur $t \geq b/100$ ne nécessitent pas une vérification du voilement par cisaillement, b désignant ici l'espacement entre âmes (montants d'ossature).
- 5.4.2.7 Les déformations des parois seront déterminées en faisant intervenir les déformations par cisaillement des moyens d'assemblage. Les critères de dimensionnement sont définis par les exigences du projet liées à l'aptitude au service.

5.5 Dalles

5.5.1 Généralités

- 5.5.1.1 La juxtaposition latérale d'éléments linéaires identiques en bois permet de réaliser des ouvrages en forme de dalles. Des variantes sont possibles selon le mode de liaison latéral. Des mesures complémentaires permettent d'augmenter la rigidité latérale et la stabilité dimensionnelle.

Les dalles constituées par des matériaux dérivés du bois sont traitées dans la norme SIA 265/1.

5.5.1.2 Le caractère orthotrope des dalles est dépendant de la conception des assemblages latéraux ainsi que des mesures permettant de renforcer la rigidité transversale. Les valeurs de dimensionnement doivent se baser sur des essais et prendront en compte le comportement à long terme.

5.5.1.3 L'effet système selon le chiffre 5.7 est admis si les liaisons latérales sont conçues de façon adéquate et pour autant que les éléments linéaires en bois ne comportent pas de joints longitudinaux.

5.5.2 Dalles en bois, non armées

5.5.2.1 Dans le cas de dalles en bois non armées, l'efficacité de la liaison sera influencée par les mesures éventuelles suivantes:

- liaison transversale: assemblages ponctuels par clous, vis ou boulons ou assemblage linéaire continu par rainure et languette.
- liaison rigide à la flexion: liaison par contact des surfaces par collage ou par précontrainte transversale des éléments en bois à l'aide de tirants.

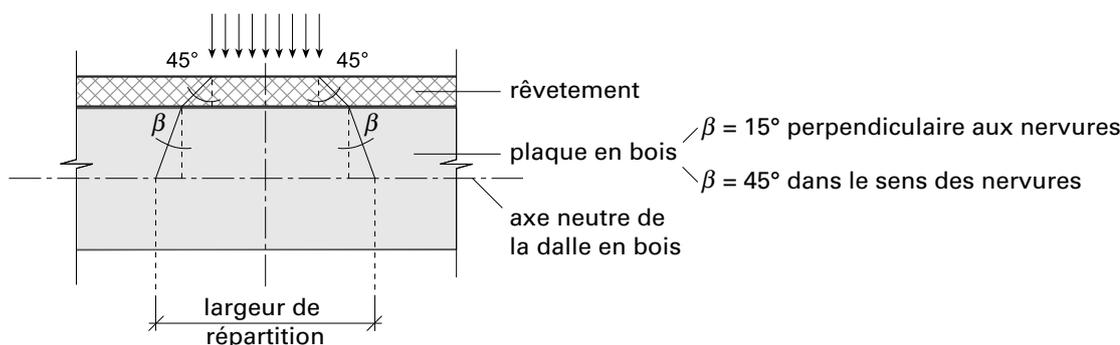
5.5.2.2 Le caractère orthotrope, le comportement de la structure et la stabilité de la forme seront déterminés sur la base des détails de construction.

5.5.2.3 Les largeurs de participation sous l'effet de charges concentrées ou de groupes de charges dépendent du caractère orthotrope et des conditions d'appui de la dalle en bois. En l'absence d'études plus précises, on admettra les largeurs de participation b_{ef} suivantes pour les calculs:

- assemblages ponctuels ou linéaires: $b_{ef} = \text{largeur de répartition} + 0,1 \text{ m}$
- liaison par contact des surfaces: $b_{ef} = \text{largeur de répartition} + 0,3 \text{ m}$

5.5.2.4 La largeur de répartition d'une charge concentrée (par rapport à l'axe neutre de la dalle en bois) sera déduite de la figure 24.

Figure 24 Détermination de la largeur de répartition



5.5.3 Dalles en bois, armées transversalement

5.5.3.1 L'armature transversale – généralement réalisée à l'aide de barres d'acier encollées – permet une amélioration de la résistance à la flexion transversale. On obtient en outre un meilleur effet système et une augmentation de la stabilité de forme.

5.5.3.2 Une liaison suffisante armature – bois devra être garantie. Les actions à long terme ainsi que les effets de la température et des variations de la teneur en eau doivent être pris en compte.

5.5.3.3 Pour des charges concentrées mobiles (ponts), la liaison latérale des éléments de dalles doit être garantie par un encollage ou par une pression transversale permanente suffisamment élevée (précontrainte). Dans les autres cas (bâtiments), des assemblages ponctuels ou linéaires suffisent.

5.6 Constructions mixtes

- 5.6.1 Si la section d'un élément de construction est composée de plusieurs parties ayant des propriétés mécaniques différentes, il est nécessaire de tenir compte de ces propriétés et du comportement différencié qui peut en résulter lors de sollicitations à long terme et de variations de la teneur en eau.
- 5.6.2 La sécurité structurale sera vérifiée au moins pour le stade initial et final. Les sollicitations en cours de montage doivent être considérées.
- 5.6.3 Si les éléments de la section sont assemblés avec des connecteurs mécaniques, il faut tenir compte de la flexibilité de la liaison. On peut admettre une relation linéaire entre les forces et les déformations.
- 5.6.4 Si l'espacement des connecteurs s suit la courbe de l'effort tranchant de s_{min} à s_{max} (avec $s_{max} \leq 4 s_{min}$), l'espacement moyen efficace s_{ef} pourra être admis égal à:
- $$s_{ef} = 0,75 \cdot s_{min} + 0,25 \cdot s_{max} \quad (75)$$
- 5.6.5 Les connecteurs de la section mixte seront dimensionnés pour le flux de cisaillement dans le joint. Une répartition des efforts entre les connecteurs ne peut être admise que si les connecteurs ont une ductilité suffisante au stade ultime et que les éléments liés permettent une redistribution des efforts.
- 5.6.6 La largeur de participation selon la norme SIA 262 ou SIA 264 sera introduite pour la vérification de la sécurité structurale des poutres en té mixtes bois – béton.
- 5.6.7 Le contrôle de la contrainte dans les zones tendues des pièces en bois doit prendre en compte l'interaction entre la flexion et l'effort normal selon le chiffre 4.2.4.1 (traction avec flexion).
- 5.6.8 Le calcul des flèches doit prendre en compte la souplesse des moyens d'assemblage ainsi que les effets à long terme (fluage).

5.7 Effet système

5.7.1 Éléments de construction avec dispositifs de compensation

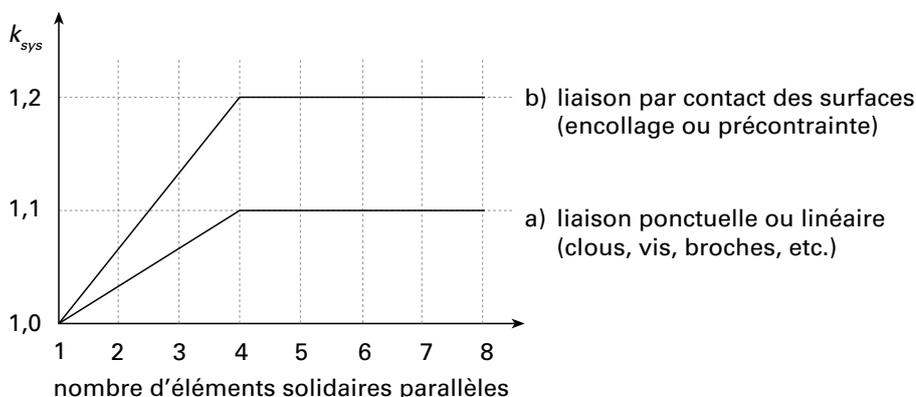
- 5.7.1.1 Lorsque des éléments de construction ou des composants, de nature similaire, chargés d'une manière identique, sont liés transversalement à la direction de la portée au moyen d'un système permettant d'uniformiser les déformations, on peut introduire un coefficient d'effet système k_{sys} pour la valeur de dimensionnement de la résistance ultime.
- 5.7.1.2 En l'absence d'études plus précises et si le système de compensation a été calculé en admettant la suppression d'un des éléments de la structure (situation de dimensionnement accidentelle), un coefficient d'effet système $k_{sys} = 1,1$ pourra être admis.

5.7.2 Éléments de construction avec liaison continue

- 5.7.2.1 Lorsque des éléments, ayant un comportement élastique similaire et chargés de manière identique, sont liés transversalement de manière à ce que l'ensemble réagisse comme un élément de construction unique, la résistance ultime en flexion et en cisaillement peut être majorée par le coefficient d'effet système k_{sys} .

- 5.7.2.2 Le coefficient d'effet système k_{sys} est fonction du nombre d'éléments solidaires, des propriétés de ceux-ci ainsi que du mode d'assemblage. En l'absence d'études plus précises, le facteur d'effet système peut être tiré de la figure 25.

Figure 25 Coefficient d'effet système k_{sys} pour des éléments de construction ayant des composants parallèles juxtaposés



5.8 Stabilisation spatiale et contreventements

5.8.1 Stabilité générale des structures

- 5.8.1.1 La stabilité spatiale des structures doit être vérifiée. Les structures dont la rigidité propre est insuffisante doivent être renforcées de façon à éviter la ruine ou de trop grandes déformations.

- 5.8.1.2 Les répercussions d'imperfections géométriques ou structurelles, de même que les déformations résultant d'effets de la théorie du second ordre (y compris la part inhérente à la déformation des assemblages) doivent être prises en compte.

5.8.2 Stabilisation à l'aide d'appuis ponctuels

- 5.8.2.1 Les appuis ponctuels fixes d'espacement a qui stabilisent un élément comprimé à ses extrémités ou à des appuis intermédiaires (figure 26) doivent en règle générale être dimensionnés pour résister à un effort unique:

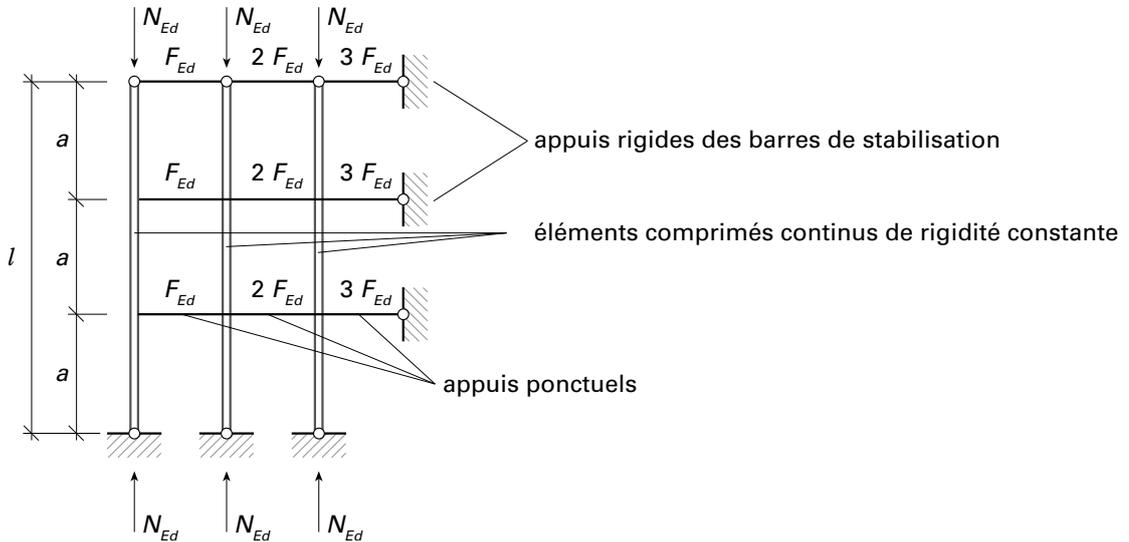
$$F_{Ed} = \pm \frac{N_{Ed}}{55} \quad \text{pour du bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué} \quad (76)$$

$$F_{Ed} = \pm \frac{N_{Ed}}{90} \quad \text{pour du bois lamellé collé} \quad (77)$$

Les valeurs susmentionnées supposent que, en l'absence de contraintes, la courbure initiale entre les nœuds fixes ne dépasse pas $a/500$ pour des barres en bois lamellé collé et $a/300$ pour les autres barres. Les autres matériaux doivent être assimilés à un de ces groupes en fonction de la rectitude effective.

- 5.8.2.2 Si un élément d'ouvrage est utilisé pour stabiliser plusieurs barres comprimées selon la figure 26, il doit pouvoir absorber les efforts de stabilisation de tous les éléments en question. Dans le cas d'appuis rigides, la longueur de flambage vaut $l_k = a$; si les appuis sont élastiques, on procédera selon le chiffre 5.8.2.5.

Figure 26 Éléments ponctuels de stabilisation de barres comprimées



- 5.8.2.3 Si d'autres forces agissent sur le système non déformé, on les superposera aux efforts de stabilisation selon les chiffres 5.8.2.1 et 5.8.2.2.
- 5.8.2.4 La valeur de dimensionnement F_{Ed} pour la stabilisation de la membrure comprimée d'une poutre rectangulaire soumise à la flexion peut être calculée selon le chiffre 5.8.2.1 en prenant:

$$N_{Ed} = (1 - k_m) \cdot \frac{M_{Ed}}{h} \quad (78)$$

Le coefficient de déversement k_m est celui de la poutre non stabilisée; il sera déterminé selon le chiffre 4.2.9.2. M_{Ed} est la valeur de dimensionnement du plus grand moment de la poutre de hauteur h .

- 5.8.2.5 Si une barre est stabilisée élastiquement avec un espacement a des appuis, la longueur de flambage l_k peut être admise, d'une manière approchée, égale à:

$$l_k = \pi \cdot \sqrt[4]{1,5 \cdot \frac{E_{m,mean} \cdot I}{C_{mean}} \cdot a} \geq a \quad (79)$$

C_{mean} constante élastique moyenne des appuis (par ex. en N/mm)
 $E_{m,mean} \cdot I$ rigidité moyenne déterminante de l'élément comprimé

À défaut d'analyse détaillée, la condition du chiffre 5.8.2.1 doit être respectée.

5.8.3 Analyse selon la théorie du second ordre

5.8.3.1 Lors de vérifications de la sécurité structurale selon la théorie du second ordre, les conditions suivantes seront respectées:

- la courbure initiale en l'absence de contrainte doit avoir une forme plausible. La courbure initiale à prendre en compte e/l doit être au moins de 1/300 pour le bois massif, bois massif à entures multiples ou bois massif reconstitué et de 1/500 pour le bois lamellé collé.
- l'angle de déviation φ , exprimé en radian, doit atteindre:

$$\varphi \approx 0,005 \cdot \sqrt{\frac{5}{h}} \quad (80)$$

h hauteur de la structure ou longueur de la barre en mètres

- le calcul est fait avec des valeurs de rigidité réduites: pour des systèmes de barres:

$$E = \frac{E_{m,mean}}{\gamma_M/\eta_M} \quad \text{resp.} \quad G = \frac{G_{mean}}{\gamma_M/\eta_M} \quad \text{resp.} \quad K = \frac{K_u}{\gamma_M/\eta_M} \quad (81)$$

pour des barres individuelles:

$$E = \frac{E_{0,05}}{\gamma_M/\eta_M} \quad \text{resp.} \quad G = \frac{G_{05}}{\gamma_M/\eta_M} \quad \text{resp.} \quad K = \frac{K_{u,05}}{\gamma_M/\eta_M} \quad (82)$$

En l'absence d'indications plus précises, on peut admettre $K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser}$ (K_{ser} voir le chapitre 6).

La valeur du fractile 5% du module de glissement $K_{u,05}$ peut être déterminée en multipliant K_u par le rapport $E_{0,05}/E_{m,mean}$. Les valeurs de γ_M/η_M peuvent être tirées du tableau 1.

- L'analyse portera aussi bien sur les cas de charges symétriques qu'asymétriques.

5.8.3.2 Le déplacement latéral du cadre doit être pris en compte pour la détermination de la longueur de flambage l_k des montants de cadres.

5.8.4 Stabilisation à l'aide de poutres, de contreventements ou de plaques

5.8.4.1 La condition d'appuis rigides n'est plus remplie si l'ouvrage est stabilisé par des poutres, des contreventements ou des plaques. Dans ce cas, il faut tenir compte à la fois des charges extérieures directement appliquées et des conséquences de la souplesse des éléments de stabilisation eux-mêmes.

5.8.4.2 Les sollicitations à admettre dépendent des conditions d'appui des éléments et de la précision constructive réalisable au montage. Les déformations ainsi que les contraintes qui en résultent seront déterminées sur la base de rigidités réduites selon l'expression (81):

En l'absence d'indications plus précises, on peut admettre $K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser}$ (K_{ser} voir le chapitre 6).

Les valeurs de γ_M/η_M peuvent être tirées du tableau 1.

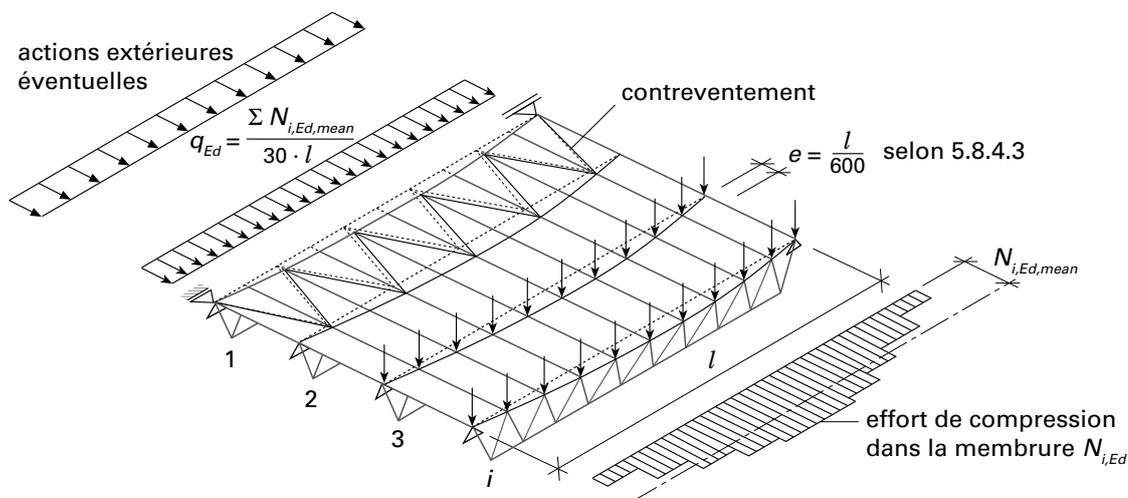
5.8.4.3 Pour les poutres fléchies, les cadres ou les arcs, on admettra un déplacement transversal minimal e égal à 1/600 de la portée, ceci pour autant que cette valeur ne soit pas dépassée en réalité. Pour des constructions en porte-à-faux, on prendra en compte le double de la longueur du porte-à-faux.

5.8.4.4 Pour une série de poutres fléchies ou de poutres triangulées parallèles, stabilisées latéralement selon la figure 27, on peut faire un calcul approché des éléments de stabilisation en ajoutant aux charges extérieures du système statique une force uniformément répartie q_{Ed} :

$$q_{Ed} = \frac{\sum N_{i,Ed,mean}}{30 \cdot l} \quad (83)$$

où $N_{i,Ed,mean}$ est la valeur de dimensionnement de l'effort de compression moyen dans l'élément i de longueur totale l . Pour des poutres triangulées, on introduira l'effort de compression N_{Ed} et pour des poutres fléchies de section rectangulaire, la valeur selon le chiffre 5.8.2.4.

Figure 27 Série de poutres stabilisées latéralement par un contreventement. L'effort de compression $N_{i,Ed}$ dans la membrure résulte des charges extérieures agissant dans le plan de la poutre i



Le système de stabilisation doit remplir les conditions suivantes de rigidité:

- déplacement latéral maximal: $\leq l/500$ sous l'effet de la charge q_{Ed} seule,
- déplacement latéral maximal: $\leq l/350$ sous l'effet de la charge q_{Ed} et des charges extérieures.

On introduira les rigidités moyennes pour les caractéristiques des matériaux.

6 ASSEMBLAGES

6.1 Bases

6.1.1 Généralités

6.1.1.1 Les assemblages doivent être conçus et dimensionnés de sorte que la structure porteuse remplisse les exigences de base du chiffre 2.1.

6.1.1.2 Les moyens d'assemblage ne doivent pas exercer d'influence défavorable sur le bois et, inversement, ne doivent pas être détériorés ou endommagés par le bois lui-même (substances contenues dans le bois, etc.) ou par d'autres matériaux (peintures et vernis, imprégnations, protections, produits chimiques, eau, etc.) pouvant compromettre leur bon comportement en termes de résistance et de déformation.

6.1.1.3 La résistance d'un assemblage avec de nombreux connecteurs est en général plus faible que la somme des résistances de chaque connecteur pris individuellement. On en tiendra compte lors de la vérification de la sécurité structurale. Le comportement d'une liaison réalisée à l'aide de plusieurs moyens d'assemblage différents sollicités simultanément dépend de la déformation de l'ensemble de l'assemblage.

6.1.1.4 Pour un assemblage réalisé par l'emploi simultané de différents types de connecteurs, on répartira les efforts proportionnellement aux rigidités respectives des moyens d'assemblage. On vérifiera la résistance en tenant compte du comportement réel de tels assemblages, en particulier de leur ductilité au stade ultime.

6.1.1.5 La disposition et les espacements des moyens d'assemblages, ainsi que leurs dimensions et les propriétés de leurs matériaux, doivent être déterminés de sorte à garantir leur résistance.

6.1.1.6 Des contrôles doivent en général être effectués:

- pour les assemblages eux-mêmes,
- pour le bois de la zone de l'assemblage.

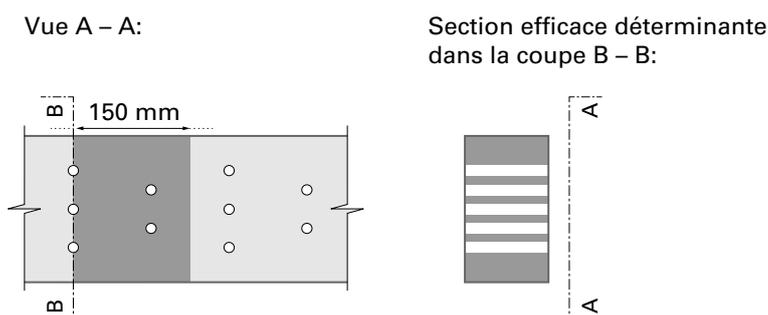
6.1.1.7 Dans les zones des assemblages, on vérifiera les sollicitations en tenant compte de l'état de contrainte général, des affaiblissements de section ainsi que des concentrations locales de contraintes spécifiques aux assemblages. À titre d'exemple, on vérifiera le cisaillement dans les nœuds de treillis sans goussets en tôle, l'effet d'entaille pour les moyens d'assemblage de grandes dimensions et la traction perpendiculaire pour des liaisons transversales ou biaises selon l'annexe D.

6.1.1.8 Lors de la détermination de la section efficace déterminante, il faut tenir compte de tous les affaiblissements de section situés dans une zone de 150 mm de longueur.

En revanche, on pourra négliger les affaiblissements de section causés par:

- les clous de diamètre jusqu'à 5 mm, si les trous ne sont pas percés préalablement,
- des percements comblés par des matériaux plus rigides que le bois dans les zones comprises.

Figure 28 Section réduite à considérer dans les assemblages

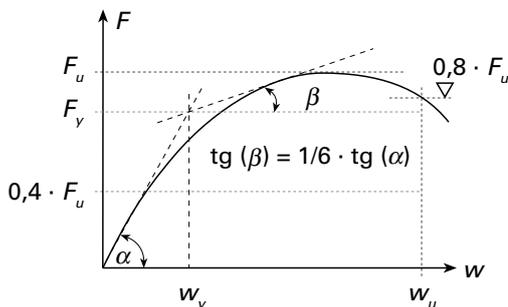


- 6.1.1.9 Des excentricités locales apparaissent dans la plupart des modes d'assemblage; il en est tenu compte, dans la présente norme, pour la détermination de la valeur de dimensionnement de la résistance ultime.
- 6.1.1.10 Lors du dimensionnement, on tiendra compte d'excentricités telles que celles qui résultent de barres triangulées non centrées, d'assemblages unilatéraux, de couvre-joints, etc.
- 6.1.1.11 Pour les modes d'assemblage non décrits dans le présent chapitre, il faudra recourir à des essais pour déterminer leur résistance ultime ainsi que leurs caractéristiques de déformation, ceci en fonction de la direction de l'effort.

6.1.2 Comportement des assemblages

- 6.1.2.1 L'indice de ductilité D_s ainsi que le module de glissement K_{ser} sont définis sur la figure 29.

Figure 29 Définition de la rigidité et de la ductilité



$$\text{Indice de ductilité } D_s = \frac{w_u}{w_y} \quad (84)$$

$$\text{Module de glissement } K_{ser} = \frac{F_y}{w_y} \quad (85)$$

- 6.1.2.2 Les exigences relatives à l'indice de ductilité d'un assemblage doivent être définies en fonction du comportement désiré sous charge et du besoin de disposer d'une redistribution plastique des efforts internes.
- 6.1.2.3 Pour des assemblages usuels, la classification de l'indice de ductilité du tableau 20 est valable.

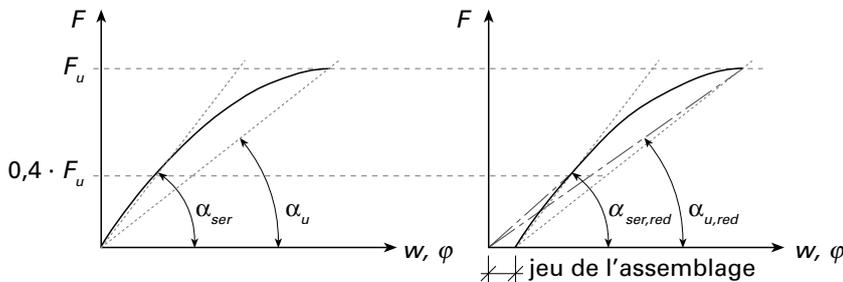
Tableau 20 Indices de ductilité d'assemblages en bois

Indice de ductilité D_s	Mode d'assemblage
$D_s = 1 \text{ à } 2$	<ul style="list-style-type: none"> - Assemblages par contact bois sur bois et bois au contact d'autres matériaux - Assemblages cisailés avec des broches et des boulons (boulons de charpente) lors d'épaisseurs des bois $t_1 < t_{1,erf}$ et $t_2 < t_{2,erf}$ selon le tableau 23, resp. $t_1 < t_{1,2}$ et $t_2 < t_{1,2}$ selon les tableaux 45 et 46 - Assemblages cloués avec pénétrations $s < 9 \cdot d$ et/ou épaisseurs des bois $t < 9 \cdot d$ - Assemblages vissés avec pénétrations $s < 9 \cdot d$ ou $s < s_{erf}$ et épaisseurs des bois $t_1 < 9 \cdot d$ ou $t_1 < t_{1,erf}$ - Clous, vis et tiges encollées sollicités à l'arrachement - Anneaux - Crampons simples ou doubles - Connecteurs métalliques à plaques embouties - Collages
$D_s > 3$	<ul style="list-style-type: none"> - Assemblages cisailés avec des broches et des boulons (boulons de charpente) avec épaisseurs des bois $t_1 \geq t_{1,erf}$ et $t_2 \geq t_{2,erf}$ selon le tableau 23 resp. $t_1 \geq t_{1,2}$ et $t_2 \geq t_{2,2}$ selon les tableaux 45 et 46 - Assemblages cloués avec pénétrations $s \geq 9 \cdot d$ et épaisseurs des bois $t \geq 9 \cdot d$ - Assemblages vissés avec pénétrations $s \geq 9 \cdot d$ ou $s \geq s_{erf}$ et épaisseurs des bois $t_1 \geq 9 \cdot d$ ou $t_1 \geq t_{1,erf}$

6.1.3 Rigidité des assemblages

Le module de glissement K_{ser} sous charge de service, le module de glissement ultime K_u (figure 30) ainsi que la déformation w_u peuvent être déterminés sur la base d'essais (par ex. selon les références de la norme SIA 265/1). Des valeurs indicatives pour K_{ser} sont données pour les moyens d'assemblage usuels. Elles sont valables pour la classe d'humidité 1 (voir le chiffre 3.2.1.2) et des sollicitations de courte durée.

Figure 30 Définition des rigidités des assemblages α et des rigidités des assemblages réduites α_{red} ainsi que du jeu en vue de la détermination de la déformation des assemblages



6.1.4 Modélisation d'assemblages au cisaillement avec connecteurs de type tige

6.1.4.1 Pour évaluer la résistance d'assemblages avec des connecteurs de type tige selon SN EN 14592+A1, on peut admettre un comportement plastique idéal aussi bien pour les connecteurs soumis à la flexion que pour le bois ou les dérivés du bois soumis à la pression latérale.

6.1.4.2 En première approximation, il sera tenu compte du comportement d'assemblages avec plusieurs connecteurs alignés dans la direction de l'effort au moyen du coefficient de réduction k_{red} .

Pour plusieurs connecteurs de type tige (broches, boulons, clous, vis) alignés dans la direction de l'effort, on appliquera le coefficient k_{red} donné par:

$$k_{red} = n^{0,1} \cdot 4 \sqrt{\frac{a_1}{10 \cdot d}} \cdot \frac{90^\circ - \alpha}{90^\circ} + \frac{\alpha}{90^\circ} \quad \text{cependant } k_{red} \leq 1,0 \quad (86)$$

n nombre de connecteurs alignés parallèlement au fil
 a_1 espacement entre connecteurs parallèlement au fil
 d diamètre du connecteur
 α angle en degrés entre l'effort et le fil

Dans les assemblages bois – bois avec différents angles entre l'effort et la direction du fil des éléments en bois, le coefficient de réduction doit être déterminé pour chaque élément. Pour déterminer la résistance de l'assemblage, on introduira la plus petite valeur de k_{red} dans les expressions (88), (98), (102) et (132).

Tableau 21 Coefficient de réduction k_{red} pour un angle $\alpha = 0^\circ$ entre l'effort et la direction du fil

Espacement a_1 des connecteurs parallèlement au fil	Nombre n de connecteurs alignés parallèlement au fil						
	1	2	3	4	5	10	15
$7 \cdot d$	1,0	0,85	0,82	0,80	0,78	0,73	0,70
$8 \cdot d$	1,0	0,88	0,85	0,82	0,81	0,75	0,72
$10 \cdot d$	1,0	0,93	0,90	0,87	0,85	0,79	0,76
$12 \cdot d$	1,0	0,98	0,94	0,91	0,89	0,83	0,80

- 6.1.4.3 Les valeurs caractéristiques de la résistance à la pression latérale $f_{h,k}$ pour des connecteurs cylindriques de type tige d'un diamètre d de 4 mm à 30 mm sont données dans le tableau 22. Les essais en vue de déterminer la résistance à la pression latérale seront effectués selon les références de la norme SIA 265/1.

Tableau 22 Valeur caractéristique de la résistance à la pression latérale $f_{h,k}$ en N/mm² en fonction de la valeur caractéristique de la densité ρ_k en kg/m³ et du diamètre de la tige d en mm (pour des tiges filetées, le diamètre nominal)

Matériau	Préperçage	Direction de l'effort par rapport au fil ¹⁾	
		au fil: $f_{h,0,k}$	⊥ au fil: $f_{h,90,k}$
Résineux: bois massif, bois massif à entures multiples, bois massif reconstitué et BLC	Prépercé	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	$\frac{f_{h,0,k}}{1,35 + 0,015 \cdot d}$
	Non prépercé	$0,082 \cdot d^{-0,3} \cdot \rho_k$	$0,082 \cdot d^{-0,3} \cdot \rho_k$
Feuillus: bois massif et BLC	Prépercé	$0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$	$\frac{f_{h,0,k}}{0,90 + 0,015 \cdot d}$

¹⁾ Pour un effort biais par rapport au fil, on peut interpoler linéairement.

- 6.1.4.4 Pour des connecteurs cylindriques de type tige en acier selon SN EN 14592+A1 avec un diamètre d de 4 mm à 30 mm, la valeur caractéristique du moment d'écoulement plastique vaut:

$$M_{u,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} \quad \text{en Nmm} \quad (87)$$

$f_{u,k}$ valeur caractéristique de la résistance à la traction du moyen d'assemblage, en N/mm²
 d connecteurs lisses: d = diamètre de la tige, en mm
 tiges filetées: d = moyenne entre le diamètre à fond de filet et le diamètre extérieur du filetage vis à bois: d = diamètre utile de calcul selon le chiffre 6.5.2.5

Les essais pour déterminer la valeur caractéristique du moment d'écoulement plastique seront réalisés selon les références de la norme SIA 265/1.

6.2 Assemblage par broches (boulons ajustés)

6.2.1 Sollicitation perpendiculaire à l'axe de la broche

- 6.2.1.1 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime $R_{d,Verb}$ d'assemblages par broches est calculée selon le chiffre 6.1.4. Pour des broches en acier selon SN EN 14592+A1 d'un diamètre d de 6 mm à 30 mm et en respectant les espacements minimaux du tableau 24, la valeur de dimensionnement de la résistance ultime $R_{d,Verb}$ d'une liaison par broches vaut pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$:

$$R_{d,Verb} = k_\alpha \cdot k_{red} \cdot n_{tot} \cdot p \cdot k_\beta \cdot \sqrt{M_{u,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} = k_\alpha \cdot k_{red} \cdot n_{tot} \cdot p \cdot k_\beta \cdot \sqrt{0,3 \cdot f_{u,k} \cdot f_{h,k} \cdot d^{1,8}} \quad (88)$$

k_α $k_\alpha = 0,73$

k_{red} coefficient de réduction selon le chiffre 6.1.4.2

n_{tot} nombre total de broches de l'assemblage

p nombre de sections cisailées; pour des assemblages bois – acier à plusieurs sections de cisaillement selon tableau 23 (resp. tableau 46), il faut considérer pour les sections cisailées A et B le nombre effectif de broches avec leur coefficient k_β correspondant:

$$p \cdot k_\beta = (p_A \cdot k_{\beta 1} + p_B \cdot k_{\beta 2})$$

k_β facteur auxiliaire fonction de la configuration, déterminé de manière simplifiée selon le tableau 23

Le facteur auxiliaire k_β peut être déterminé de manière détaillée à l'annexe A

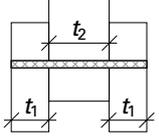
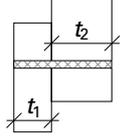
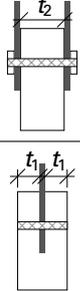
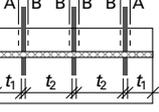
$M_{u,k}$ valeur caractéristique du moment d'écoulement plastique de la broche en Nmm selon le chiffre 6.1.4.4

$f_{u,k}$ valeur caractéristique de la résistance à la traction de la broche en N/mm² selon le chiffre 6.1.4.4

$f_{h,k}$ résistance à la pression latérale en N/mm² selon le chiffre 6.1.4.3; dans les assemblages bois – bois, on introduira la résistance du bois latéral 1 (désignée $f_{h,1,k}$ dans le tableau 23)

d diamètre de la broche en mm

Tableau 23 Épaisseurs de bois requises et facteurs k_β (par section cisailée)

Configuration		Épaisseurs de bois requises		k_β ¹⁾	
Bois – bois, MDB – bois à double section 	$\beta_f = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	$t_{1,erf} = 1,26 \cdot \left(\sqrt{\frac{\beta_f}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$	$t_{2,erf} = 2,52 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \beta_f}} \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,2,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_\beta = \min \left[\frac{t_1}{t_{1,erf}} ; \frac{t_2}{t_{2,erf}} ; 1,0 \right] \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$	(89)
		pour $\beta_f = 1$			$t_{1,erf} = 2,15 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$
Bois – bois, MDB – bois à simple section 	$\beta_f = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	$t_{1,erf} = 1,26 \cdot \left(\sqrt{\frac{\beta_f}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$	$t_{2,erf} = 1,26 \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,2,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_\beta = \min \left[\frac{t_1}{t_{1,erf}} ; \frac{t_2}{t_{2,erf}} ; 1,0 \right] \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$	(91)
		pour $\beta_f = 1$			$t_{1,erf} = 2,15 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$
Acier – bois à double section 			$t_{2,erf} = 1,78 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_\beta = \min \left[\frac{t_2}{t_{2,erf}} ; 1,0 \right] \cdot \sqrt{2}$	(93)
			$t_{1,erf} = 2,52 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_\beta = \min \left[\frac{t_1}{t_{1,erf}} ; 1,0 \right] \cdot 2$	(94)
Acier – bois à section multiple 	section cisailée A	si $t_2 \geq 2 \cdot t_1$ alors: $t_{1,erf} = 2,52 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$		$k_{\beta 1} = \min \left[\frac{t_1}{t_{1,erf}} ; 1,0 \right] \cdot 2$	(95)
	section cisailée B	si $t_1 \geq 0,35 \cdot t_2$ alors: $t_{2,erf} = 2,52 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$		$k_{\beta 2} = \min \left[\frac{t_2}{t_{2,erf}} ; 1,0 \right] \cdot 2$	(96)

¹⁾ Si les épaisseurs des bois effectives sont inférieures aux valeurs requises, on interpolera linéairement k_β dans les formules (89) à (96).

6.2.1.2 On respectera les espacements minimaux des broches du tableau 24.

Tableau 24 Espacements minimaux des broches

Espacements minimaux	∥ au fil	⊥ au fil
distance entre les broches	$7 \cdot d$	$3 \cdot d$
distance au bord chargé	$7 \cdot d$ (min. 80 mm)	$4 \cdot d$
distance au bord non chargé	$5 \cdot d$	$3 \cdot d$

6.2.1.3 Le jeu d'un assemblage par broches exécuté selon le chiffre 8.5.4 est d'environ 0,5 mm.

6.2.1.4 Le module de glissement K_{ser} par broche et par section cisailée, soumis à une sollicitation de courte durée, est donné dans le tableau 25. Pour un angle quelconque entre l'effort et le fil, on interpolera linéairement.

Tableau 25 Modules de glissement K_{ser} par broche et par section cisailée, classe d'humidité 1 (K_{ser} en N/mm, d en mm, ρ_k en kg/m³)

Angle effort – fil		Bois – bois	Acier – bois
parallèle au fil	$K_{ser,0}$	$3 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$	$6 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$
perpendiculaire au fil	$K_{ser,90}$	$1,5 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$	$3 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$

6.3 Assemblage par boulons (boulons de charpente)

6.3.1 Sollicitation perpendiculaire à l'axe du boulon

6.3.1.1 Des rondelles circulaires ou carrées devront être placées de chaque côté de l'assemblage. Leur grandeur doit être adaptée au mode de fonctionnement du boulon (cisaillement ou traction). En principe, le jeu entre le percement et le boulon ne dépassera pas 1 mm.

6.3.1.2 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime R_d d'assemblages à l'aide de boulons selon SN EN 14592+A1, sollicités perpendiculairement à leur axe et mis en place perpendiculairement au fil, est calculée selon le chiffre 6.2.1.

6.3.1.3 On respectera les espacements minimaux du tableau 24; l'espacement peut aussi être dicté par la dimension des rondelles.

6.3.1.4 Le jeu d'un assemblage par boulons est compris entre 0,5 et 1 fois le jeu d'un boulon.

6.3.1.5 Le module de glissement K_{ser} d'assemblages par boulons s'obtient par analogie au chiffre 6.2.1.4.

6.3.2 Sollicitation dans l'axe du boulon

La résistance ultime à la traction d'un boulon (boulon de charpente), ainsi que celle de la rondelle, seront vérifiées selon la norme SIA 263. Les contraintes de compression sous la rondelle seront vérifiées selon le chiffre 4.2.2.3:

$$\sigma_{c,\alpha,d} \leq f_{c,\alpha,d} \quad \text{avec} \quad \sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F_{ax,Ed}}{A} \quad (97)$$

$F_{ax,Ed}$ valeur de dimensionnement de la traction dans le boulon
 A surface de la rondelle ou d'une plaque d'appui suffisamment rigide
 $f_{c,\alpha,d}$ selon le chiffre 4.2.2.3.

6.4 Assemblages cloués

6.4.1 Généralités

6.4.1.1 Les données de la présente norme concernent des clous selon SN EN 14592+A1 et des clous des types suivants:

- clous ronds, lisses, d'une résistance à la traction minimale de 600 N/mm²,
- clous ronds, striés ou torsadés, d'une résistance à la traction minimale de 600 N/mm²
- diamètre d compris entre 1,9 mm et 8,0 mm resp. 8,5 mm pour les clous lisses,
- clous en acier clair ou zingué.

6.4.1.2 Les valeurs de dimensionnement de la résistance ultime par section cisailée R_d selon les tableaux 26 et 31 sont valables par clou. Pour un assemblage cloué comprenant plusieurs clous alignés dans la direction de l'effort, on a:

$$R_{d,Verb} = k_{red} \cdot n_{tot} \cdot p \cdot R_d \quad (98)$$

$R_{d,Verb}$ valeur de dimensionnement de la résistance ultime d'un assemblage cloué
 k_{red} coefficient de réduction selon le chiffre 6.1.4.2
 n_{tot} nombre total de clous de l'assemblage cloué
 p nombre de sections cisailées par clou
 R_d valeur de dimensionnement de la résistance ultime par clou et par section cisailée, selon le chiffre 6.4.2.1.1 resp. 6.4.3.1.1.

6.4.1.3 Les assemblages cloués sans préperçage ne sont admis que pour du bois dont la valeur caractéristique de la densité ≤ 420 kg/m³. En général, on percera préalablement les bois dont la valeur caractéristique de la densité est supérieure.

6.4.2 Assemblages cloués sans préperçage

6.4.2.1 Sollicitation perpendiculaire à l'axe

6.4.2.1.1 Le tableau 26 donne les valeurs de dimensionnement de la résistance ultime par section cisailée, pour un clou sans préperçage, sollicité perpendiculairement à son axe et enfoncé perpendiculairement au fil, lorsque les épaisseurs de bois requises (selon tableau 27) et les espacements minimaux (selon 6.4.2.1.3) sont respectés.

Tableau 26 Valeurs de dimensionnement de la résistance ultime R_d pour des clous sans préperçage pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$; Pénétration du clou $s \geq 9 \cdot d^{(1)}$ (R_d en N, d en mm)

Type de clou	Bois – bois Angle effort – fil		Acier – bois Angle effort – fil	
	∥ au fil ²⁾	⊥ au fil ²⁾	∥ au fil ²⁾	⊥ au fil ²⁾
Clous lisses	$R_d = 92 \cdot d^{1,7}$		$R_d = 104 \cdot d^{1,7}$	
Clous striés et torsadés	$R_d = 104 \cdot d^{1,7}$	$R_d = 92 \cdot d^{1,7}$	$R_d = 132 \cdot d^{1,7(3)}$	$R_d = 109 \cdot d^{1,7}$

¹⁾ La pénétration nécessaire pour des assemblages à section de cisaillement simple ou multiple est en général de $9 \cdot d$. Elle peut être réduite à $6 \cdot d$ si la résistance est réduite proportionnellement à la pénétration. Si la pénétration au-delà de la dernière section cisailée est inférieure à $s < 6 \cdot d$, on ne prendra pas en compte la résistance de cette section.

²⁾ Pour des efforts biais par rapport au fil, les valeurs peuvent être interpolées linéairement.

³⁾ Pour $s = 12 \cdot d$, il est admis d'augmenter la résistance ultime à $R_d = 161 \cdot d^{1,7}$ à condition que l'épaisseur de la plaque soit d'au moins $0,5 \cdot d$, minimum 2 mm; interpoler linéairement les valeurs intermédiaires.

6.4.2.1.2 L'épaisseur t du bois pour des éléments de construction porteurs est donnée dans le tableau 27.

Tableau 27 Épaisseurs du bois t , clouage sans préperçage

Matériau ¹⁾	Épaisseur requise t_{eff} ²⁾	Épaisseur minimale t
bois massif bois massif à entures multiples bois massif reconstitué bois lamellé collé	$9 \cdot d$	$7 \cdot d$

¹⁾ Matériaux dérivés du bois voir la norme SIA 265/1

²⁾ L'épaisseur du bois requise peut être réduite à $7 \cdot d$ si la valeur de dimensionnement de la résistance R_d selon le tableau 26 est réduite proportionnellement à l'épaisseur effective. Des épaisseurs inférieures à cette valeur ne sont pas admises. Si la pénétration s aussi bien que l'épaisseur du bois t sont réduites, la valeur de dimensionnement de la résistance ultime R_d du tableau 26 doit être réduite par le plus petit des deux rapports correspondants.

6.4.2.1.3 Pour les assemblages à section de cisaillement simple ou multiple, on choisira les espaces entre les clous de manière à satisfaire les conditions suivantes:

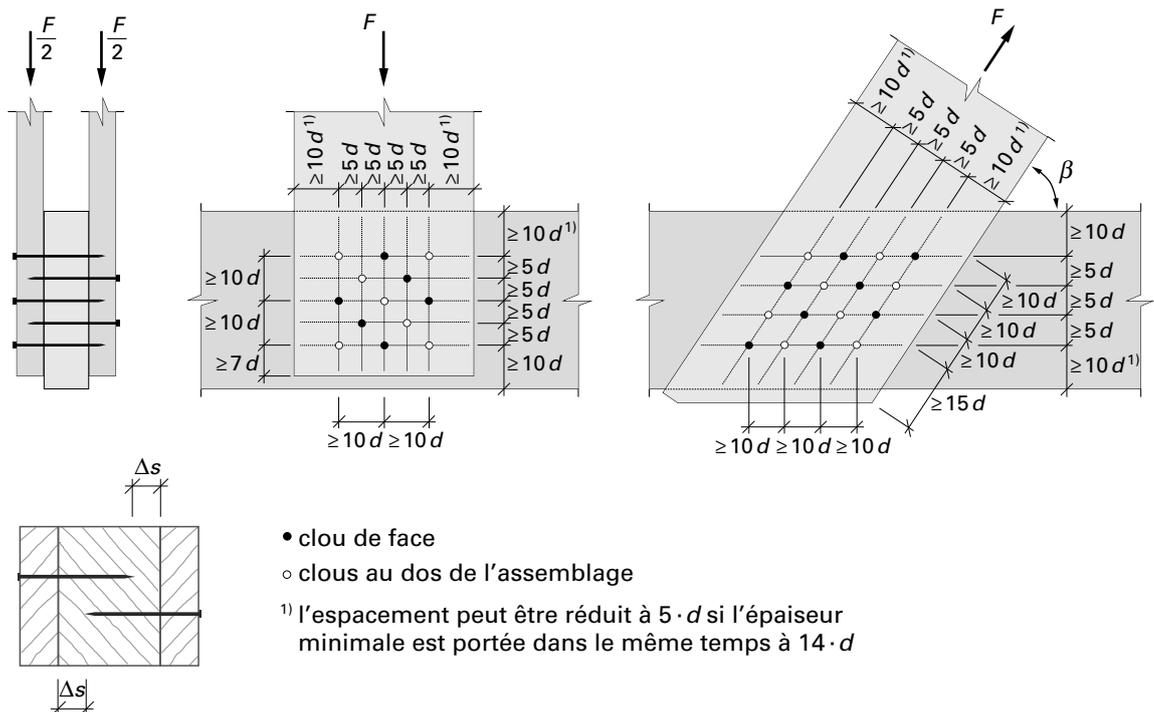
- assemblages à simple section de cisaillement dont les clous se croisent dans le bois médian avec $\Delta s \leq 5 \cdot d$ selon la figure 31, les espacements minimaux seront ceux du tableau 28,
- les espacements entre les clous ne dépasseront pas $40 \cdot d$ parallèlement au fil et $20 \cdot d$ perpendiculairement au fil.

Tableau 28 Espacements minimaux des clous sans préperçage

Espacements minimaux	au fil		⊥ au fil
	$d \leq 4 \text{ mm}$	$d > 4 \text{ mm}$	
distance entre les clous	$10 \cdot d$	$12 \cdot d$ <td>$5 \cdot d$</td>	$5 \cdot d$
distance au bord chargé	$15 \cdot d$		$10 \cdot d$
distance au bord non chargé	$7 \cdot d$	$9 \cdot d$	$10 \cdot d$ ¹⁾

¹⁾ Il est admis de réduire la distance au bord non chargé à $5 \cdot d$, pour autant que l'épaisseur du bois soit portée dans le même temps à $14 \cdot d$.

Figure 31 Espacements minimaux des clous de diamètre $d \leq 4 \text{ mm}$ (pour les assemblages à double et à simple section de cisaillement, lorsque $\Delta s \leq 5 \cdot d$)



6.4.2.1.4 Le jeu d'un assemblage cloué bois – bois atteint environ 0,5 mm à 1 mm.

6.4.2.1.5 Le module de glissement K_{ser} d'un assemblage par clous à simple section de cisaillement, sans préperçage et soumis à une sollicitation de courte durée, est donné dans le tableau 29. On interpolera linéairement pour des efforts biais par rapport au fil.

Tableau 29 Modules de glissement K_{ser} par clou et par section cisailée, assemblage sans préperçage, classe d'humidité 1 (K_{ser} en N/mm, d en mm)

Angle effort – fil		Bois – bois	Acier – bois avec clous striés ou torsadés
parallèle au fil	$K_{ser,0}$	$60 \cdot d^{1,7}$	$120 \cdot d^{1,7}$
perpendiculaire au fil	$K_{ser,90}$	$30 \cdot d^{1,7}$	$60 \cdot d^{1,7}$

6.4.2.2 Sollicitation dans l'axe du clou

6.4.2.2.1 Pour des clous sollicités dans leur axe, il faut vérifier la résistance à l'arrachement selon le chiffre 6.4.2.2.5 et la résistance au poinçonnement de la tête de clou selon le chiffre 6.4.2.2.6.

Les valeurs caractéristiques des paramètres nécessaires à déterminer la résistance de clous enfoncés perpendiculairement au fil seront fournies par le producteur sur la base d'essais.

6.4.2.2.2 Les clous lisses ne peuvent être sollicités dans leur axe que pour des charges de courte durée à l'exemple des forces de succion dues au vent. Pour des charges permanentes ou semi-permanentes dans l'axe du clou, seuls des clous striés ou torsadés doivent être utilisés.

6.4.2.2.3 La longueur adhérente efficace minimale (voir figure 32) des clous lisses doit atteindre $l_{ef}=12 \cdot d$. Pour les clous striés et torsadés, la longueur adhérente efficace minimale est de $l_{ef}=8 \cdot d$.

6.4.2.2.4 La longueur adhérente efficace l_{ef} maximale à prendre en compte est de $20 \cdot d$, y compris la pointe du clou; pour les clous striés et torsadés, elle ne dépassera cependant pas la longueur profilée de la tige l_G .

6.4.2.2.5 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime à l'arrachement de clous, perpendiculaire au fil, $R_{ax,d}$ est donnée dans le tableau 30.

Tableau 30 Valeurs de dimensionnement de la résistance ultime à l'arrachement $R_{ax,d}$ de clous sans préperçage, pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$ ($R_{ax,d}$ en N, $f_{ax,k}$ en N/mm², d et l_{ef} en mm, ρ_k en kg/m³ cependant au maximum 500 kg/m³)

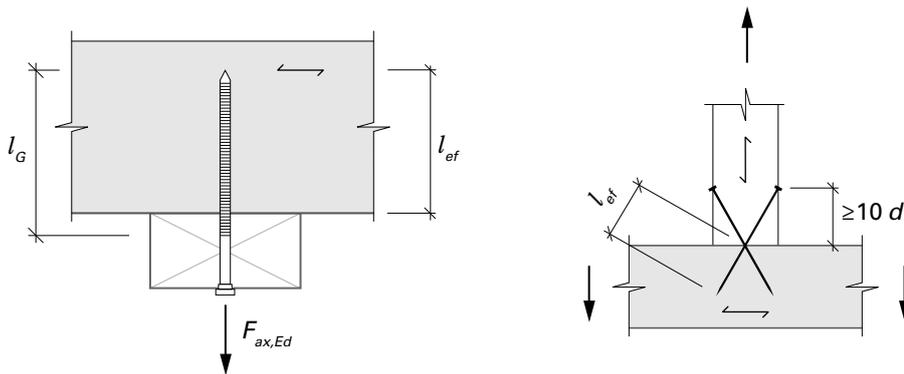
Type de clou	Résistance à l'arrachement $R_{ax,d}$	Remarque
Clous striés ou torsadés ¹⁾	$k_\alpha \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef}$ ²⁾	Résistance à l'arrachement, en général, paramètre d'arrachement $f_{ax,k}$ selon SN EN 14592+A1
	$20 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \cdot d \cdot l_{ef}$	Exigences minimales posées à la résistance à l'arrachement ³⁾
Clous lisses	$10 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \cdot d \cdot l_{ef}$	enfoncés dans du bois sec
	$5 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \cdot d \cdot l_{ef}$	enfoncés dans du bois ressuyé, après séchage de celui-ci

¹⁾ Si les clous striés ou torsadés sont enfoncés dans du bois ressuyé, seuls les 2/3 de la résistance à l'arrachement seront pris en compte après séchage de celui-ci.

²⁾ $k_\alpha = 0,62$.

³⁾ Pour des valeurs de résistance à l'arrachement de clous striés ou torsadés dépendant du produit, observer les données du fabricant.

Figure 32 Définition de la longueur adhérente efficace l_{ef} pour différents cas de clou sollicité selon son axe



6.4.2.2.6 Le poinçonnement de la tête du clou doit être vérifié séparément. La valeur de dimensionnement de la résistance au poinçonnement de la tête $R_{ax,d}$ en N est donnée par, pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$:

$$R_{ax,d} = k_\alpha \cdot f_{head,k} \cdot d_h^2 \quad (99)$$

k_α $k_\alpha = 0,62$

$f_{head,k}$ valeur caractéristique du poinçonnement de la tête selon SN EN 14592+A1 en N/mm²

En première approximation, on peut déterminer la valeur de dimensionnement de la résistance au poinçonnement de la tête $R_{ax,d}$ en N comme suit, pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$:

$$R_{ax,d} = 40 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2 \cdot d_h^2 \quad (100)$$

ρ_k valeur caractéristique de la densité en kg/m³ ≤ 500 kg/m³

d_h diamètre de la tête du clou en mm

6.4.2.3 Sollicitation combinée

Pour les clous sollicités aussi bien dans leur axe ($F_{ax,Ed}$) que perpendiculairement à celui-ci (F_{Ed}), la condition suivante devra être vérifiée:

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{R_{ax,d}} \right)^\alpha + \left(\frac{F_{Ed}}{R_d} \right)^\alpha \leq 1 \quad (101)$$

$\alpha = 1$ pour les clous lisses
 $\alpha = 2$ pour les clous striés et torsadés

$R_{ax,d}$ et R_d sont les valeurs de dimensionnement de la résistance ultime de l'assemblage dans le cas de l'arrachement seul, respectivement du cisaillement seul.

6.4.3 Assemblages cloués avec préperçage

6.4.3.1 Sollicitation perpendiculaire à l'axe du clou

6.4.3.1.1 Le tableau 31 donne les valeurs de dimensionnement de la résistance ultime par section cisailée pour un clou avec préperçage, sollicité perpendiculairement à son axe et enfoncé perpendiculairement au fil, lorsque les épaisseurs de bois requises (selon tableau 32) et les espacements minimaux (selon 6.4.3.1.3) sont respectés.

Tableau 31 Valeurs de dimensionnement de la résistance ultime R_d pour des clous avec préperçage, pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$; Pénétration $s \geq 9 \cdot d$ ¹⁾ (R_d en N, d en mm, ρ_k en kg/m³)

Type de clou	Bois – bois Angle effort – fil		Acier – bois Angle effort – fil	
	au fil ²⁾	⊥ au fil ²⁾	au fil ²⁾	⊥ au fil ²⁾
Clous lisses	$R_d = 6 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$	$R_d = 4,8 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$	$R_d = 6,6 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$	$R_d = 5,4 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$
Clous striés et torsadés	$R_d = 5,4 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$	$R_d = 4,8 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$	$R_d = 6,9 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$ ³⁾	$R_d = 5,7 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$

¹⁾ La pénétration nécessaire pour des assemblages à section de cisaillement simple ou multiple est en général de $9 \cdot d$. Elle peut être réduite à $6 \cdot d$ si la résistance est réduite proportionnellement à la pénétration. Si la pénétration au-delà de la dernière section cisailée est inférieure à $s < 6 \cdot d$, on ne tiendra pas compte de la résistance de cette section.

²⁾ Pour des efforts biais par rapport au fil, les valeurs peuvent être interpolées linéairement.

³⁾ Pour $s = 12 \cdot d$, il est admis d'augmenter la résistance ultime à $R_d = 8,4 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,7}$ à condition que l'épaisseur de la plaque soit d'au moins $0,5 \cdot d$, minimum 2 mm; interpoler linéairement les valeurs intermédiaires.

6.4.3.1.2 L'épaisseur t du bois pour des éléments de construction porteurs est donnée dans le tableau 32.

Tableau 32 Épaisseurs t du bois, clouage avec préperçage

Matériau ¹⁾	Épaisseur requise t_{erf} ²⁾	Épaisseur minimale t
bois massif, bois massif à entures multiples, bois massif reconstitué et BLC	$9 \cdot d$	$t \geq 4 \cdot d$ et $t \geq 24$ mm

¹⁾ Matériaux dérivés du bois voir SIA 265/1.

²⁾ L'épaisseur du bois requise peut être réduite à la valeur minimale, si la valeur de dimensionnement de la résistance ultime R_d du tableau 31 est réduite proportionnellement à l'épaisseur effective. Si la pénétration s aussi bien que l'épaisseur du bois t sont réduites, la valeur de dimensionnement de la résistance ultime R_d du tableau 31 doit être réduite par le plus petit des deux rapports correspondants.

6.4.3.1.3 Les espacements minimaux entre les clous sont définis dans le tableau 33. La figure 31 et le chiffre 6.4.2.1.3 s'appliquent par analogie. Dans les assemblages cloués, les espacements entre les clous ne dépasseront pas $40 \cdot d$ dans la direction du fil et $20 \cdot d$ perpendiculairement à celle-ci.

Tableau 33 Espacements minimaux des clous avec préperçage

Espacements minimaux	au fil	⊥ au fil
distance entre les clous	$7 \cdot d$	$4 \cdot d$
distance au bord chargé	$12 \cdot d$	$6 \cdot d$
distance au bord non chargé	$7 \cdot d$	$4 \cdot d$

6.4.3.1.4 Le module de glissement K_{ser} des assemblages par clou avec préperçage s'obtient par analogie au chiffre 6.2.1.4.

6.4.3.2 Sollicitation dans l'axe du clou

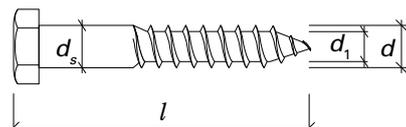
La prise en compte de la résistance à l'arrachement d'assemblages cloués avec préperçage ne peut être admise que s'il existe une vérification sur la base d'essais.

6.5 Assemblages par vis à bois

6.5.1 Généralités

- 6.5.1.1 Les indications de cette norme se réfèrent à des vis conformes à SN EN 14592+A1. Il faut distinguer les types de vis selon les chiffres 6.5.1.2 et 6.5.1.3.
- 6.5.1.2 Vis à bois à filetage usiné selon DIN 7998 (figure 33): le diamètre de la tige correspond au diamètre maximal extérieur de la section du filetage. Ces vis nécessitent un préperçage conforme au chiffre 8.5.7.

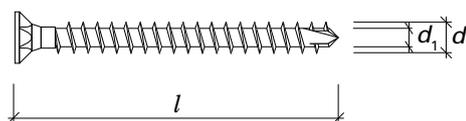
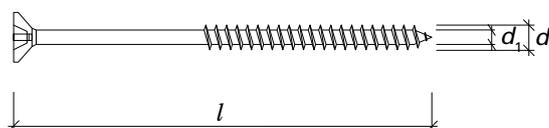
Figure 33 Vis à bois avec filetage usiné selon DIN 7998



d diamètre nominal
 d_1 diamètre à fond de filet
 d_s diamètre de la tige

- 6.5.1.3 Vis à bois à filetage forgé ou laminé (figure 34): les vis à bois entièrement filetées et les vis à bois partiellement filetées entrent dans cette catégorie pour laquelle le diamètre de la tige est plus petit que le diamètre maximal extérieur du filetage. Les assemblages vissés avec ce type de vis sont réalisés avec ou sans préperçage. Le cas échéant, le préperçage doit être effectué avec le diamètre de la tige d_1 .

Figure 34 Vis à bois à filetage forgé ou laminé



d diamètre nominal
 d_1 diamètre à fond de filet

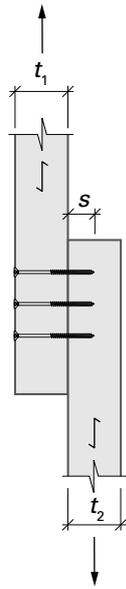
- 6.5.1.4 Des assemblages vissés sans préperçage ne sont admis que pour du bois dont la valeur caractéristique de la densité $\leq 420 \text{ kg/m}^3$. Des bois avec une densité caractéristique supérieure doivent être en général prépercés.

6.5.2 Sollicitation perpendiculaire à l'axe de la vis

- 6.5.2.1 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime $R_{d,Verb}$ d'un assemblage vissé à simple section cisailée vaut, pour un assemblage bois – bois avec des résineux de même valeur caractéristique de la densité, ainsi que pour un assemblage acier – bois avec des plaques métalliques, pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$:

$$R_{d,Verb} = k_{red} \cdot n_{tot} \cdot R_d \quad (102)$$

R_d valeur de dimensionnement de la résistance ultime par vis et section cisailée selon le chiffre 6.5.2.2 resp. 6.5.2.3.1
 k_{red} coefficient de réduction selon le chiffre 6.1.4.2
 n_{tot} nombre total de vis de l'assemblage

Figure 35 Assemblage bois – bois
à simple section cisailéeFigure 36 Assemblage acier – bois
à simple section cisailée

- t_1 épaisseur de bois du côté de la tête de vis
 t_2 épaisseur de bois du côté de la pointe de vis
 s pénétration

6.5.2.2 Assemblages vissés avec des vis à bois à filetage usiné selon DIN 7998, selon le chiffre 6.5.1.2 et figure 33.

La valeur de dimensionnement de la résistance ultime R_d par vis et section cisailée est donnée dans le tableau 34, pour une vis à bois à filetage usiné selon DIN 7998, enfoncée perpendiculairement au fil en respectant les épaisseurs de bois requises du tableau 37, les espacements du tableau 33 et les conditions suivantes:

- diamètre nominal de 6 mm à 12 mm,
- vis à bois de classe de résistance 4.6 selon SN EN ISO 4016,
- valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement $f_{ax,k} \geq 70 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$ en N/mm²,
- paramètre caractéristique du poinçonnement de la tête $f_{head,k} \geq 60 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$ en N/mm² pour des assemblages bois – bois,
- longueur efficace du filetage l_{ef} d'au moins $6 \cdot d$ selon le chiffre 6.5.3.4.

Tableau 34 Valeurs de dimensionnement de la résistance ultime R_d pour des vis à bois à filetage usiné selon DIN 7998 pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$; pénétration $s \geq 9 \cdot d$ ¹⁾ (R_d en N, d en mm, ρ_k en kg/m³)

Position de la section cisailée	Bois – bois Angle effort – fil		Acier – bois Angle effort – fil	
	au fil ²⁾	⊥ au fil ²⁾	au fil ²⁾	⊥ au fil ²⁾
Section cisailée dans la tige ³⁾	$R_d = 3,3 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 2,8 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 4,0 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 3,4 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$
Section cisailée dans le filetage	$R_d = 2,2 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 1,9 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 2,8 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 2,5 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$

¹⁾ La pénétration nécessaire s_{eff} est de $9 \cdot d$. Elle peut être réduite à $6 \cdot d$ si la résistance est réduite proportionnellement à la pénétration.

²⁾ Pour des efforts biais par rapport aux fibres, les valeurs peuvent être interpolées linéairement.

³⁾ Si la section cisailée est située à moins de $4 \cdot d$ de la partie filetée, on utilisera les valeurs de la résistance pour section cisailée dans le filetage.

6.5.2.3 Assemblages vissés avec vis à bois à filetage forgé ou laminé selon le chiffre 6.5.1.3 et figure 34.

6.5.2.3.1 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime R_d par vis et section cisailée est donnée dans le tableau 35, pour une vis à bois à filetage forgé ou laminé, enfoncée perpendiculairement au fil en respectant les épaisseurs de bois requises du tableau 36, resp. 37, les espacements du chiffre 6.5.2.3.3, et les conditions suivantes:

- diamètre nominal de 6 mm à 12 mm,
- vis à bois avec une résistance à la traction caractéristique $f_{u,k}$ d'au moins 800 N/mm² ou une valeur caractéristique du moment d'écoulement plastique $M_{u,k}$ selon SN EN 14592+A1 d'au moins $240 \cdot d_{ef}^{1,3}$, où $d_{ef}=1,1 \cdot d_1$,
- valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement $f_{ax,k}$ selon le chiffre 6.5.3.7, expression (106),
- paramètre caractéristique du poinçonnement de la tête $f_{head,k} \geq 80 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_k^2$ en N/mm² pour des assemblages bois – bois et des vis partiellement filetées,
- longueur efficace du filetage l_{ef} minimale $6 \cdot d$ selon le chiffre 6.5.3.4,
- $0,6 \leq d_1/d \leq 0,75$,
- dans les assemblages acier – bois, des vis avec une forme de tête adaptée à la reprise des efforts seront mises en œuvre.

Tableau 35 Valeurs de dimensionnement de la résistance ultime R_d pour des vis à bois à filetage forgé ou laminé pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$; pénétration $s \geq 9 \cdot d$ ¹⁾ (R_d en N, d en mm, ρ_k en kg/m³)

Type d'assemblage vissé	Bois – bois ²⁾ Angle effort – fil		Acier – bois Angle effort – fil	
	au fil ³⁾	⊥ au fil ³⁾	au fil ³⁾	⊥ au fil ³⁾
Assemblage vissé sans préperçage	$R_d = 2,9 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,65}$		$R_d = 3,6 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,65}$	
Assemblage vissé avec préperçage	$R_d = 2,5 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 2,2 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 3,0 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$	$R_d = 2,7 \cdot \rho_k^{0,5} \cdot d^{1,8}$

¹⁾ La pénétration nécessaire s_{eff} est de $9 \cdot d$. Elle peut être réduite à $6 \cdot d$ si la résistance est réduite proportionnellement à la pénétration.

²⁾ Pour une longueur efficace du filetage l_{ef} d'au moins $6 \cdot d$ de chaque côté du plan cisailé, les valeurs R_d pour une liaison acier – bois peuvent être utilisées.

³⁾ Pour des efforts biais par rapport au fil, les valeurs peuvent être interpolées linéairement.

6.5.2.3.2 Les valeurs de dimensionnement de la résistance ultime R_d du tableau 35 sont valables pour des épaisseurs de bois selon les tableaux 36 et 37.

Tableau 36 Épaisseurs de bois t_1 et t_2 pour des assemblages vissés sans préperçage

Matériau ¹⁾	Épaisseur requise $t_{1,eff}$ ²⁾	Épaisseurs minimales t_1 et t_2
Bois massif, bois massif à entures multiples, bois massif reconstitué et BLC	$9 \cdot d$	$t \geq 7 \cdot d$

¹⁾ Matériaux dérivés du bois voir SIA 265/1

²⁾ Si les épaisseurs requises ne sont pas atteintes, les valeurs de résistance ultime R_d du tableau 35 doivent être réduites proportionnellement. Il n'est pas admis d'aller en dessous de l'épaisseur minimale. Si la pénétration s aussi bien que l'épaisseur du bois t sont réduites, les valeurs de résistance ultime R_d du tableau 35 doivent être réduites par le plus petit des deux rapports correspondants.

Tableau 37 Épaisseur de bois t_1 pour des assemblages vissés avec préperçage
(valable pour les deux types de vis)

Matériau ¹⁾	Épaisseur requise $t_{1,erf}$ ²⁾	Épaisseurs minimales t_1
Bois massif, bois massif à entures multiples, bois massif reconstitué et BLC	$9 \cdot d$	$t \geq 4 \cdot d$ et $t \geq 24$ mm

¹⁾ Matériaux dérivés du bois voir SIA 265/1

²⁾ Si les épaisseurs requises ne sont pas atteintes, les valeurs de résistance ultime R_d des tableaux 34 et 35 doivent être réduites proportionnellement. Il n'est pas admis d'aller en dessous de l'épaisseur minimale. Si la pénétration s aussi bien que l'épaisseur du bois t sont réduites, les valeurs de résistance ultime R_d des tableaux 34 et 35 doivent être réduites par le plus petit des deux rapports correspondants.

6.5.2.3.3 Pour les assemblages vissés avec des vis à bois à filetage forgé ou laminé selon le chiffre 6.5.1.3, avec resp. sans préperçage, les espacements suivants doivent être respectés:

- Pour $d_1/d > 0,75$: espacements minimaux comme pour les clous non prépercés resp. prépercés (tableau 28 resp. 33)
- Pour $d_1/d \leq 0,75$: espacements minimaux selon tableaux 38 et 39.

Tableau 38 Espacements minimaux pour les assemblages vissés sans préperçage,
avec $d_1/d \leq 0,75$

Espacements minimaux ¹⁾	au fil		⊥ au fil
	$d = 4$ mm	$d > 4$ mm	
distance entre vis	$8 \cdot d$	$10 \cdot d$	$5 \cdot d$
distance au bord chargé	$13 \cdot d$		$8 \cdot d$
distance au bord non chargé	$6 \cdot d$	$7,5 \cdot d$	$8 \cdot d$ ²⁾

¹⁾ Valable pour $\rho_k \leq 420$ kg/m³, pour $\rho_k > 420$ kg/m³ il faut prépercer.

²⁾ La distance au bord non chargé peut être réduite à $4 \cdot d$, si l'épaisseur minimale est portée à $14 \cdot d$.

Tableau 39 Espacements minimaux pour les assemblages vissés avec préperçage,
avec $d_1/d \leq 0,75$

Espacements minimaux	au fil	⊥ au fil
distance entre vis	$6 \cdot d$	$3,5 \cdot d$
distance au bord chargé	$10 \cdot d$	$5 \cdot d$
distance au bord non chargé	$6 \cdot d$	$3,5 \cdot d$

6.5.2.4 Le jeu d'un assemblage vissé bois – bois atteint 0,5 mm à 1,0 mm.

6.5.2.5 Le module de glissement K_{ser} d'assemblages par vis à bois est donné par analogie au chiffre 6.4.2.1.5 pour des assemblages non prépercés, resp. au chiffre 6.2.1.4 pour des assemblages prépercés, où K_{ser} doit être déterminé à l'aide du diamètre utile de calcul de la vis.

d_{ef} diamètre utile de calcul de la vis:
si la section cisailée se situe à plus de $4 \cdot d$ de la zone filetée alors:
 $d_{ef} = d_s$ (section cisailée dans la tige)
dans le cas contraire:
 $d_{ef} = 1,1 \cdot d_1$ (section cisailée dans le filetage)

d_s diamètre de la tige de la vis
 d_1 diamètre de la vis à fond de filet.

6.5.3 Sollicitation dans l'axe de la vis

- 6.5.3.1 Des assemblages dans du bois de bout ne sont tolérés qu'en respectant les conditions suivantes:
- Vis à bois à filetage forgé ou laminé selon le chiffre 6.5.1.3 avec une pénétration minimale ≥ 100 mm et une longueur efficace du filetage l_{ef} (figure 38) d'au moins $8 \cdot d$,
 - Classe d'humidité 1 et 2 selon le chiffre 3.2.1.2, en respectant les variations tolérées de la teneur en eau du tableau 44 (chiffre 8.5.1).

- 6.5.3.2 La résistance ultime à la sollicitation dans l'axe de la vis d'un assemblage vissé ou d'un groupe de vis doit être vérifiée pour les cas de rupture suivants:
- arrachement de la zone filetée de la vis,
 - arrachement de la tête de vis,
 - poinçonnement de la tête de vis,
 - rupture à la traction de la vis,
 - flambage de la vis en cas de sollicitation en compression,
 - rupture en cisaillement d'une partie du bois.

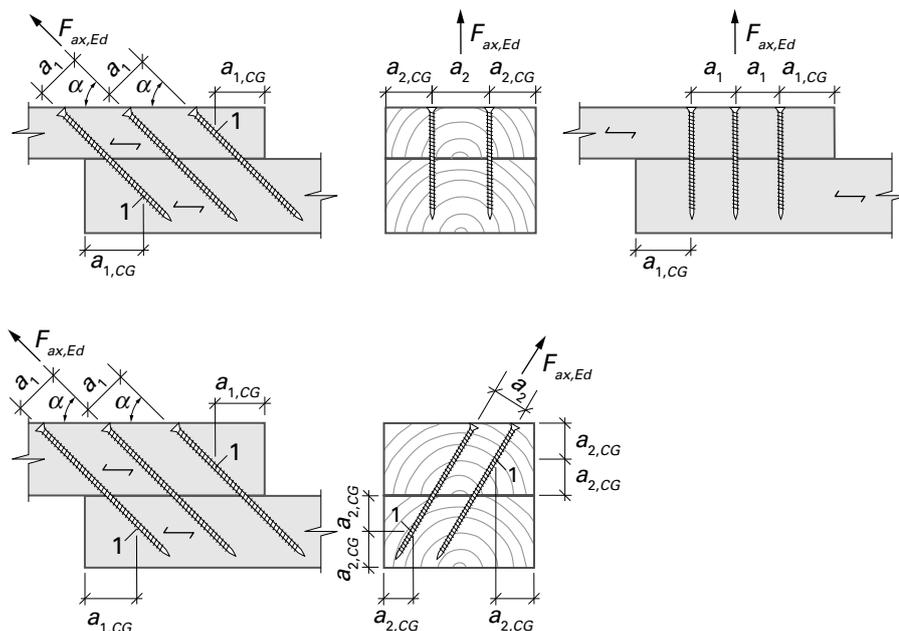
- 6.5.3.3 En cas de sollicitation dans l'axe pour des épaisseurs de bois $t \geq 12 \cdot d$, il faut respecter les espacements minimaux du tableau 40 et la figure 37. Pour des épaisseurs plus faibles, il faut respecter les espacements minimaux du chiffre 6.5.2.3.3.

Tableau 40 Espacements minimaux de vis sollicitées dans leur axe pour des épaisseurs de bois $t \geq 12 \cdot d$

Espacements minimaux entre vis dans un plan parallèle au fil	Espacements minimaux entre vis dans un plan perpendiculaire au fil	Distance au bord minimale parallèle au fil du centre de gravité de la partie filetée dans la pièce considérée	Distance au bord minimale perpendiculaire au fil du centre de gravité de la partie filetée dans la pièce considérée
a_1	a_2	$a_{1,CG}$	$a_{2,CG}$
$7 \cdot d$	$5 \cdot d$ ¹⁾	$10 \cdot d$	$4 \cdot d$

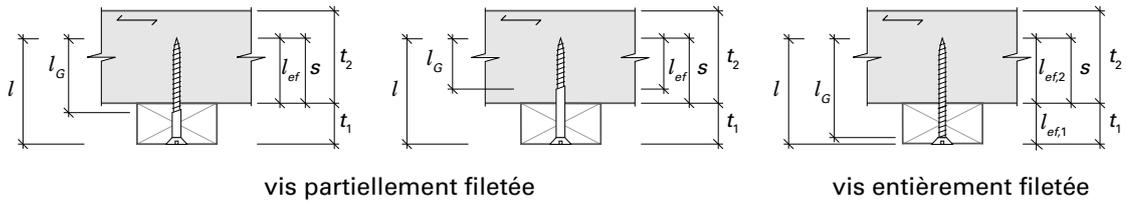
¹⁾ Les espacements dans un plan perpendiculaire au fil a_2 peuvent être réduits lors de pré-perçage jusqu'à $3 \cdot d$, si la valeur de dimensionnement de la résistance à l'arrachement resp. à l'enfoncement $R_{ax,d}$ selon l'expression (103) est réduite par le coefficient $k_{red} = (a_2/5 \cdot d)^{0,35}$.

Figure 37 Espacements minimaux des vis sollicitées dans leur axe
(1: centre de gravité de la partie filetée dans la pièce considérée)



6.5.3.4 La longueur efficace de filetage l_{ef} minimale du côté de la pointe de la vis (figure 38) est de $6 \cdot d$.

Figure 38 Longueur efficace du filetage l_{ef} du côté de la pointe de la vis



6.5.3.5 La valeur de dimensionnement de la résistance à l'arrachement ou à l'enfoncement d'un groupe de vis $R_{ax,d}$ vaut:

$$R_{ax,d} = n_{tot}^{0,9} \cdot \pi \cdot d \cdot l_{ef} \cdot f_{v,\alpha,d} \quad (103)$$

d diamètre nominal en mm selon les chiffres 6.5.1.2 et 6.5.1.3

n_{tot} nombre total de vis de l'assemblage

l_{ef} longueur efficace du filetage en mm selon le chiffre 6.5.3.4

$f_{v,\alpha,d}$ valeur de dimensionnement de la résistance au cisaillement (pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$) selon le chiffre 6.5.3.6 en considérant l'angle α entre l'effort et le fil selon à figure 39

6.5.3.6 La valeur de dimensionnement de la résistance au cisaillement par arrachement $f_{v,\alpha,d}$ vaut:

$$\text{-- pour } \alpha \geq 30^\circ: \quad f_{v,\alpha,d} = \frac{k_\alpha \cdot k_d \cdot f_{ax,k}}{\pi \cdot (\sin^2 \alpha + 1,2 \cdot \cos^2 \alpha)} \quad (104)$$

$$\text{-- pour } 0^\circ \leq \alpha < 30^\circ: \quad f_{v,\alpha,d} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot (\pi \cdot d \cdot (l_{ef} - d))^{-0,2} \cdot \rho_k \quad (105)$$

k_α $k_\alpha = 0,62$

k_d $k_d \leq d/8$ et $k_d \leq 1$

$f_{ax,k}$ valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement perpendiculaire au fil en N/mm² selon le chiffre 6.5.3.7

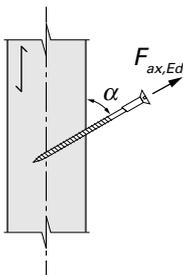
α angle entre l'effort et le fil selon la figure 39

d diamètre nominal en mm selon les chiffres 6.5.1.2 et 6.5.1.3

l_{ef} longueur efficace du filetage en mm selon le chiffre 6.5.3.4

ρ_k valeur caractéristique de la densité en kg/m³

Figure 39 Angle α entre l'effort et le fil



6.5.3.7 Pour un diamètre $6 \text{ mm} \leq d \leq 12 \text{ mm}$ et un rapport $0,6 \leq d_1/d \leq 0,75$, la valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement $f_{ax,k}$ peut être déterminée à l'aide de la formule (106). Dans les autres cas, la formule (107) s'applique avec le paramètre caractéristique d'arrachement de la vis concernée selon SN EN 14592+A1.

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} \quad (106)$$

d_1 diamètre à fond de filet en mm
 d diamètre nominal en mm selon les chiffres 6.5.1.2 et 6.5.1.3
 l_{ef} longueur efficace du filetage en mm selon le chiffre 6.5.3.4
 ρ_k valeur caractéristique de la densité en kg/m^3

$$f_{ax,k} = f_{ax,k,EN14592} \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \quad (107)$$

$f_{ax,k}$ valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement perpendiculaire au fil en N/mm^2
 $f_{ax,k,EN14592}$ paramètre caractéristique d'arrachement perpendiculaire au fil en N/mm^2 , déterminé d'après SN EN 14592+A1
 ρ_a densité en relation avec $f_{ax,k,EN14592}$ en kg/m^3
 ρ_k valeur caractéristique de la densité en kg/m^3

6.5.3.8 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime au poinçonnement de la tête perpendiculaire au fil $R_{ax,d}$ d'un groupe de vis vaut:

$$R_{ax,d} = k_\alpha \cdot n_{tot}^{0,9} \cdot f_{head,k,EN14592} \cdot d_h^2 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} \quad (108)$$

k_α $k_\alpha = 0,62$
 n_{tot} nombre de vis efficaces de l'assemblage
 $f_{head,k,EN14592}$ paramètre caractéristique du poinçonnement de la tête perpendiculaire au fil en N/mm^2 , déterminé selon SN EN 14592+A1
 d_h diamètre de la tête de vis en mm
 ρ_a densité en relation avec $f_{head,k,EN14592}$ en kg/m^3
 ρ_k valeur caractéristique de la densité en kg/m^3

6.5.4 Sollicitation combinée

Les règles pour les clous striés ou torsadés selon le chiffre 6.4.2.3 s'appliquent aux vis.

6.6 Agrafes

Les agrafes sont avant tout utilisées pour des assemblages entre le bois et les matériaux dérivés du bois. Des règles de calcul correspondantes figurent dans la norme SIA 265/1.

6.7 Assemblages par plaques métalliques embouties

6.7.1 Les conditions d'utilisation sont fixées par le fournisseur du système de plaques.

6.7.2 La vérification de la sécurité structurale définie par le fournisseur doit contenir trois éléments:

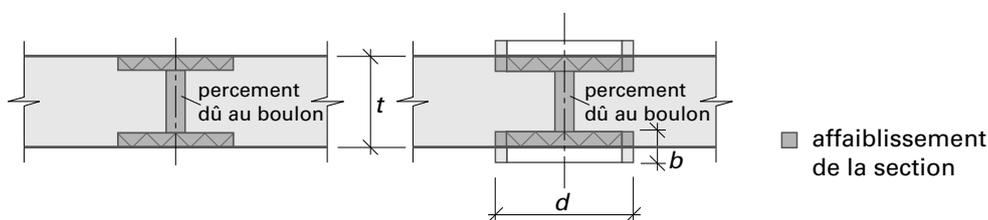
- vérification de la sollicitation des pointes,
- vérification de la sollicitation des plaques,
- vérification de la sollicitation du bois.

6.8 Crampons et goujons annulaires

6.8.1 Généralités

- 6.8.1.1 Pour les structures porteuses, on n'emploiera que des crampons ou des goujons dont la résistance et le comportement auront été vérifiés sur la base d'essais (par ex. selon les références de la norme SIA 265/1).
- 6.8.1.2 Les assemblages comportant des crampons ou des goujons doivent être assurés par des boulons avec des rondelles correspondantes (voir les chiffres 8.5.9 et 8.5.10).
- 6.8.1.3 Si plus de deux crampons ou goujons sont alignés dans la direction de l'effort, on réduira la valeur de dimensionnement de la résistance ultime de 10% dans le cas de 3 ou 4 crampons ou goujons et de 20% pour plus de 4 crampons ou goujons. On évitera plus de 4 crampons ou goujons en ligne.
- 6.8.1.4 On tiendra compte des affaiblissements de section provoqués par les crampons ou les goujons et les boulons. La surface à déduire est égale à la projection du goujon et du boulon (figure 40).

Figure 40 Affaiblissement de section provoqué par les crampons et les anneaux



6.8.2 Crampons

La résistance ultime et la déformation de ces assemblages dépendent essentiellement du nombre, de la forme, de la grandeur et de l'épaisseur des dents enfoncées dans le bois.

Les valeurs caractéristiques de la résistance ultime et les déformations correspondantes doivent être basées sur des essais (par ex. selon les références de la norme SIA 265/1).

6.8.3 Goujons annulaires (anneaux)

- 6.8.3.1 Dans le cas de résineux, la valeur de dimensionnement de la résistance ultime d'anneaux (R_d en N, d en mm) en fonte ou en acier, parallèlement au fil, peut être évaluée, pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$, au moyen de la formule:

$$R_d = 18 \cdot d^{1,5} \quad (109)$$

Cette relation implique une proportion b/d (figure 40) d'au moins 1/4. On respectera de plus les épaisseurs de bois selon le chiffre 6.8.3.3 et les espacements selon le chiffre 6.8.3.4. L'épaisseur et les propriétés mécaniques des anneaux seront définies sur la base d'essais.

- 6.8.3.2 Si l'effort fait un angle avec le fil, on déterminera $R_{\alpha,d}$ comme suit:

$$R_{\alpha,d} = R_d \cdot (1 - \alpha/180^\circ) \quad (110)$$

- 6.8.3.3 Épaisseur t minimale du bois:

- anneaux d'un seul côté: $t \geq 1,5 \cdot b$ et $t \geq 30$ mm
- anneaux de chaque côté: $t \geq 2,0 \cdot b$ et $t \geq 50$ mm.

- 6.8.3.4 Les espacements minimaux qui se réfèrent aux centres des anneaux, selon le tableau 41 et les figures 41 et 42, doivent être respectés.

Tableau 41 Espacements minimaux des anneaux

Espacements minimaux	au fil	⊥ au fil
distance entre les anneaux	$\frac{4}{3} \cdot (\frac{3}{2} - \frac{\alpha}{180^\circ}) \cdot d$	$\frac{4}{3} \cdot d$
distance au bord chargé	$1,8 \cdot d$	$0,8 \cdot d$
distance au bord non chargé	$0,8 \cdot d$	$\frac{2}{3} \cdot d$

Figure 41 Espacements des anneaux

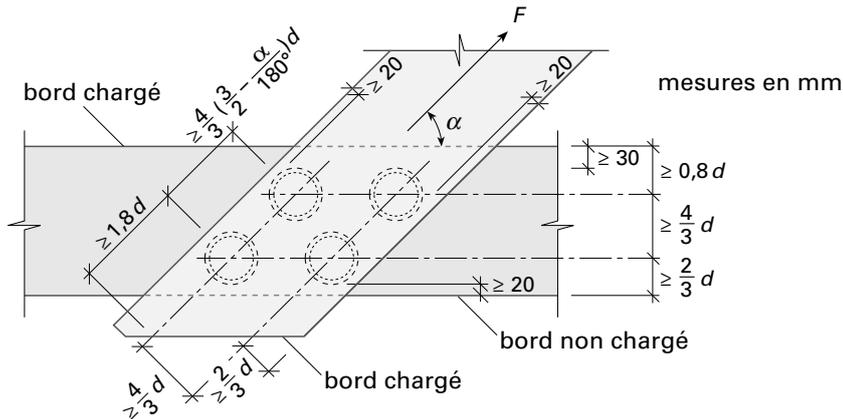
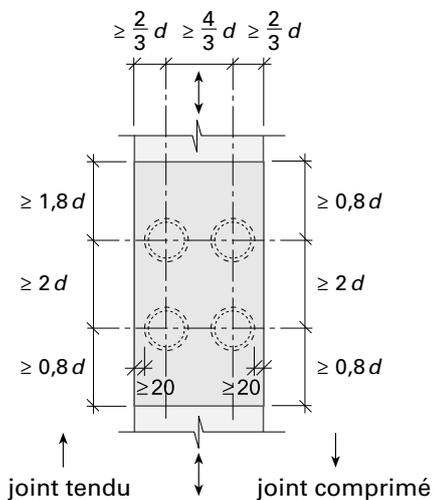


Figure 42 Espacements des anneaux pour des joints tendus ou comprimés



- 6.8.3.5 Le jeu d'un assemblage réalisé au moyen d'anneaux est d'environ 1 mm.
- 6.8.3.6 Le module de glissement K_{ser} (K_{ser} en N/mm, d en mm) par anneau soumis à une sollicitation de courte durée peut être admis égal à:

Sollicitation parallèle au fil:
$$K_{ser,0} = 1 \cdot d^2 \quad (111)$$

Sollicitation perpendiculaire au fil:
$$K_{ser,90} = 0,5 \cdot d^2 \quad (112)$$

On pourra interpoler linéairement pour d'autres orientations de la sollicitation.

6.8.4 Autres types de goujons

- 6.8.4.1 Les goujons seront calculés sur la base du couple agissant sur les goujons eux-mêmes et, pour des goujons en bois (clavettes ou chevilles), en fonction de l'orientation de leurs fibres et de celles des pièces à assembler, de telle façon que les contraintes de compression et de cisaillement selon le chapitre 4 ne soient pas dépassées.
- 6.8.4.2 On utilisera du bois dur (densité élevée) pour la confection des chevilles et des clavettes en bois.
- 6.8.4.3 Il faut mettre un boulon de liaison dans chaque intervalle entre goujons. Les dimensions de ces boulons doivent être déterminées sur la base du couple de forces tendant à faire basculer le goujon.

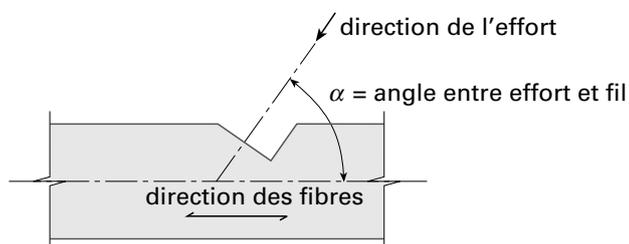
6.9 Assemblages bois sur bois

6.9.1 Joint droit ou oblique

- 6.9.1.1 Les valeurs de dimensionnement de la résistance à la compression pour des joints droits bois sur bois (surface de contact perpendiculaire au fil) seront réduites à 0,8 fois les valeurs définies au chiffre 4.2.2.1.
- 6.9.1.2 Les valeurs de dimensionnement de la résistance à la compression réduites pour des joints obliques (figure 43) peuvent être tirées du chiffre 4.2.2.3 au moyen de la formule suivante:

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{0,8 \cdot f_{c,0,d} \cdot f_{c,90,d}}{0,8 \cdot f_{c,0,d} \cdot \sin^2 \alpha + f_{c,90,d} \cdot \cos^2 \alpha} \quad (113)$$

Figure 43 Joint oblique



- 6.9.1.3 Dans le cas de joints entre le bois et un matériau rigide ou si l'on insère des cales rigides dans le joint (en acier, par ex.), il est admis de renoncer à la réduction du chiffre 6.9.1.1.
- 6.9.1.4 La déformation d'un joint droit ou oblique pourra être admise entre 1 mm et 1,5 mm.

6.9.2 Embrèvement

6.9.2.1 La transmission d'un effort de compression F_{Ed} selon la figure 44 est conditionnée par les relations:

– avant-bois:
$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \cos \beta}{b \cdot k_{red} \cdot f_{v,d}} \quad \begin{array}{l} - k_{red} = 0,6 \text{ pour le bois massif, bois massif à} \\ \text{entures multiples et bois massif reconstitué} \\ - k_{red} = 0,8 \text{ pour le bois lamellé collé} \end{array} \quad (114)$$

– entaille:
$$t \geq \frac{F_{Ed} \cdot \cos \beta}{b \cdot f_{c,\alpha,d}} \quad \begin{array}{l} - \alpha = 0,5 \cdot \beta \text{ embrèvement simple} \\ - \alpha = 0,75 \cdot \beta \text{ embrèvement double} \end{array} \quad (115)$$

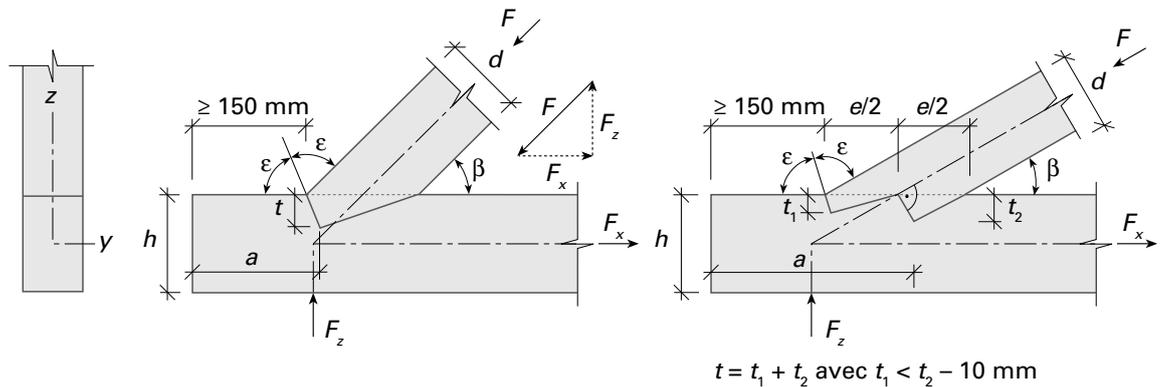
– hauteur de l'arbalétrier:
$$d \geq \frac{F_{Ed}}{b \cdot f_{c,\alpha,d}} \quad - \alpha = \beta \quad (116)$$

b largeur de l'arbalétrier

β angle entre l'effort F_{Ed} et le fil (cf. figure 44).

$f_{v,d}$ et $f_{c,\alpha,d}$ sont les valeurs de dimensionnement de la résistance, compte tenu de la teneur en eau du bois, et $f_{c,\alpha,d}$ sera déterminée selon le chiffre 6.9.1.2.

Figure 44 Embrèvements simple et double



6.9.2.2 Les entailles t de l'embrèvement sont définies dans le tableau 42.

Tableau 42 Entailles t de l'embrèvement

Embrèvement simple	Embrèvement double
$t \leq \frac{h}{4}$ pour $\beta \leq 50^\circ$	$t_1 \leq \frac{h}{6}$
$t \leq \frac{h}{6}$ pour $\beta \leq 60^\circ$	$t_2 \leq \frac{h}{4}$
Interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires.	$t_1 < t_2 - 10 \text{ mm}$

6.9.2.3 La déformation d'un assemblage par embrèvement pourra être admise entre 1 mm et 1,5 mm.

6.10 Assemblages au moyen de tiges nervurées collées

6.10.1 Généralités

- 6.10.1.1 On limitera l'utilisation d'assemblages au moyen de tiges nervurées collées aux éléments de construction des classes d'humidité 1 et 2 (voir chiffre 3.2.1.2).
- 6.10.1.2 Il faudra s'assurer que le comportement de l'adhésif (résines ou mortiers) ainsi que son adhérence avec la tige nervurée ou le bois soient garantis pendant la durée de service prévue de la construction, dans les conditions de température et d'humidité convenues.
- 6.10.1.3 L'influence des modifications de la teneur en eau du bois, y compris les tensions ou les fissures qui en résultent, doit être prise en compte.

6.10.2 Sollicitation dans l'axe des tiges

- 6.10.2.1 La vérification de la sécurité structurale des assemblages réalisés au moyen de tiges encollées sollicitées dans leur axe doit normalement considérer les cas de rupture suivants:
- rupture de la tige nervurée,
 - rupture de l'adhésif au contact avec la tige nervurée ou le bois,
 - rupture du bois autour de l'encollage,
 - rupture d'une pièce de bois dans la zone de l'assemblage.
- 6.10.2.2 Le transfert des efforts entre l'adhésif et la tige nervurée doit se faire mécaniquement; une éventuelle adhérence ne doit pas être prise en compte.
- 6.10.2.3 Pour les assemblages comportant plusieurs barres tendues, il n'est possible d'équilibrer les tensions que si la ductilité de chaque liaison de barre individuelle est garantie. Dans le cas contraire, il faudra admettre une distribution non uniforme des efforts.
- 6.10.2.4 Un comportement ductile de tiges nervurées collées est en général obtenu si la rupture intervient par allongement des tiges, avant tout autre mode de rupture.
- 6.10.2.5 La valeur caractéristique de la résistance à l'effort d'arrachement doit être déterminée sur la base d'essais représentatifs (groupe de tiges collées). Les facteurs suivants peuvent influencer le résultat: diamètre du trou, diamètre de la tige, longueur encollée, essence, classe de résistance, densité, teneur en eau du bois, qualité de l'acier, forme des nervures, propriétés de l'adhésif, angle entre la tige et la direction des fibres, espacements et distances aux bords des pièces.
- 6.10.2.6 Pour la résistance à la compression, on pourra admettre les mêmes valeurs qu'en traction.

6.10.3 Sollicitation perpendiculaire à l'axe des tiges

Les conditions applicables aux broches sollicitées perpendiculairement à leur axe, selon le chiffre 6.2.1, sont valables. Toutefois, on réduira la résistance ultime à la flexion selon le chiffre 6.1.4.4 en raison des nervures.

6.10.4 Sollicitation combinée

Dans le cas d'assemblages chargés aussi bien dans la direction des tiges ($F_{ax,Ed}$) que perpendiculairement (F_{Ed}), il faut vérifier la relation suivante:

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{R_{ax,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{Ed}}{R_d}\right)^2 \leq 1 \quad (117)$$

$R_{ax,d}$ et R_d sont les valeurs de dimensionnement de la résistance ultime de l'assemblage sous l'effet de l'arrachement seul, respectivement du cisaillement seul.

6.11 Collages

6.11.1 Généralités

6.11.1.1 Indépendamment du choix de l'adhésif, les propriétés des pièces à lier ainsi que le déroulement correct du processus de mise en œuvre sont déterminants pour assurer la qualité d'un assemblage collé.

Les directives du fabricant de l'adhésif doivent être respectées.

6.11.1.2 Le choix correct d'un assemblage collé est en règle générale déterminé sur la base d'essais normalisés reconnus. Dans le cadre de tels essais, on prendra en compte les caractéristiques de résistance des assemblages collés (traction, cisaillement, flexion, etc.) de même que leur comportement sous l'effet des modifications de l'humidité et de la température.

6.11.1.3 La justification du processus de mise en œuvre doit être confirmée par des essais. Ceux-ci doivent prendre en compte les conditions ultérieures d'utilisation.

6.11.1.4 Le collage de pièces de bois d'essences ou de matériaux dérivés du bois différents (surtout si les coefficients de retrait ou de gonflement sont inégaux) implique un processus d'essais pour vérifier leur compatibilité.

6.11.1.5 On s'efforcera d'obtenir des pièces avec une teneur en eau uniforme avant l'encollage. Il sera préférable d'adapter la valeur de cette teneur en eau à celle des conditions d'utilisation.

6.11.2 Exigences relatives aux adhésifs

6.11.2.1 Les adhésifs utilisés pour les assemblages des structures porteuses doivent présenter des qualités de résistance et de durabilité telles que leur efficacité reste garantie pour les conditions d'utilisation ainsi que la durée de service prévues.

6.11.2.2 Les critères de choix des adhésifs sont:

- la stabilité du collage sous l'effet de variations d'humidité ainsi qu'aux températures élevées,
- les exigences relatives à l'humidité, à la température et à l'état de surface concernant les pièces à assembler au moment de l'encollage,
- les exigences concernant le processus de mise en œuvre (pression, température et temps de collage, durée de prise et de durcissement de l'adhésif),
- le comportement au feu du collage. À cet effet, en fonction du type d'adhésif et de l'exposition, des vérifications particulières sont nécessaires,
- les tolérances relatives à l'épaisseur des joints (propriété de colmatage des joints).

6.11.2.3 Le tableau 43 décrit les adhésifs utilisés pour des structures porteuses compte tenu des classes d'humidité (voir chiffre 3.2.1.2).

Tableau 43 Types d'adhésif et utilisation conseillée.
Notation: a = approprié et na = non approprié.

Type d'adhésif (abréviation)	Classe d'humidité			Notes
	1	2	3	
Urée-formaldéhyde (UF) ¹⁾	a	na	na	
Mélamine-formaldéhyde (MF) ¹⁾	a	a	a	
Mélamine-urée-formaldéhyde (MUF) ¹⁾	a	a	a	
Phénol-formaldéhyde (PF) ^{2) 3)}	a ³⁾	a ³⁾	a ³⁾	surtout utilisé dans la production de MDB
Résorcine-formaldéhyde (RF) ²⁾	a	a	a	
Résorcine-phénol-formaldéhyde (RPF) ²⁾	a	a	a	
Polyuréthane mono-composant (1K PUR) ¹⁾	a	a	a	
Émulsion isocyanate-polymère (EPI) ¹⁾	a	a	na	ne colmate pas les joints
Polymère diphenylméthane-diisocyanate (PDMI) ¹⁾	a	a	a	surtout utilisé dans la production de MDB
Résines epoxy (EP) ¹⁾	a ⁴⁾	a ⁴⁾	a ⁴⁾	utilisations spéciales, possibilité de réaliser des joints épais, faible pression d'encollage
Polyuréthane bi-composant (2K PUR) ¹⁾				
Caséine ¹⁾	a	na	na	fongicide nécessaire, aujourd'hui pratiquement plus mise en œuvre

¹⁾ joint clair resp. transparent.

²⁾ joint brun foncé.

³⁾ collage à chaud seulement (110 °C à 140 °C).

⁴⁾ non adapté à des températures supérieures à 60 °C.

6.11.2.4 La compatibilité de l'adhésif, dans le cas de bois à haute teneur en résine ou en essences diverses (tanin, extraits divers, etc.) ainsi que du bois modifié chimiquement ou physiquement (par des fongicides, par d'autres substances, traité thermiquement), doit être vérifiée avant sa mise en œuvre.

6.11.3 Joints collés longitudinalement

6.11.3.1 La résistance au cisaillement (collage parallèle au fil) est généralement déterminante dans le cas des joints collés. Ces joints sont aussi fréquemment sollicités perpendiculairement à la surface encollée. De plus, selon la configuration de la section et les propriétés des pièces à assembler, il faut tenir compte des sollicitations dues à des variations d'humidité ou de température non prises en compte dans le calcul.

6.11.3.2 Si la rupture d'un joint collé intervient essentiellement dans le matériau de base (pièces de bois à assembler), il faut utiliser les valeurs de dimensionnement déterminantes des matériaux constituant les pièces à assembler.

6.11.3.3 Dans le cas où la rupture intervient dans le joint collé, on utilisera les valeurs de dimensionnement de la résistance du collage. Ces valeurs ne devront toutefois pas être supérieures à celles du chiffre 6.11.3.2.

6.11.3.4 Les joints collés comportant une surface de coupe bise formant un angle jusqu'à 10° entre le joint et le fil peuvent être assimilés à des collages de pièces à fil parallèle.

6.11.3.5 L'évaluation de la résistance ultime des assemblages réalisés avec des matériaux dérivés du bois nécessite de prendre en compte aussi bien les propriétés mécaniques des pièces à coller que la conception constructive des assemblages. En plus de la vérification faite au droit du joint, il est nécessaire de contrôler les sections avoisinantes.

6.11.4 **Entures collées à fil parallèle (entures multiples)**

6.11.4.1 Pour les joints collés par entures multiples, il est nécessaire de vérifier la performance des joints collés par des essais sur le produit fini et de mettre en place un système de contrôle permanent.

6.11.4.2 Pour une installation de production non automatisée et pour de grosses sections aboutées par des entures multiples, il faut procéder à un contrôle préalable du processus de fabrication afin de garantir les exigences requises.

6.11.4.3 Dans le cas d'entures multiples collées entre des matériaux différents, il faut tenir compte de leurs caractéristiques propres. On peut en général admettre que seules des couches orientées de manière identiques sont efficaces.

6.11.5 **Entures collées présentant un angle (entures multiples)**

Pour les entures collées où les fibres des pièces à assembler forment un certain angle, il est nécessaire de vérifier le matériau de base (dans la zone du changement de direction) en plus de la vérification normale du joint.

6.11.6 **Couvre-joints collés**

L'utilisation de couvre-joints collés parallèlement au fil doit être limitée à des pièces secondaires. Les collages de pièces biaisées (angles des fibres de plus de 10°) doivent être évités.

7 DURABILITÉ

7.1 Généralités

La durabilité des ouvrages en bois sera garantie par l'étude judicieuse de la construction et des détails, par le choix des matériaux et des techniques de mise en œuvre (cf. directive [4]), et au besoin par des traitements de surface ou des modifications physiques du matériau appropriés ou par une protection chimique.

7.2 Mesures constructives

- 7.2.1 Les mesures constructives – compte tenu d'un choix adéquat des matériaux – accompagnées d'un traitement de surface visent à diminuer les fluctuations de la teneur en eau du bois, à empêcher l'absorption de l'eau ainsi qu'à éliminer rapidement l'eau infiltrée.
- 7.2.2 Les éléments de construction en bois doivent être protégés contre les remontées d'humidité en provenance des fondations ou des murs. Pour des planchers sans vide sanitaire, il faut prendre des mesures spéciales pour éviter les zones humides. Les éléments de bois enrobés par de la maçonnerie ou du béton doivent être protégés afin de ne pas absorber d'humidité.
- 7.2.3 On évitera le risque de condensation. Si on ne peut l'exclure, il est nécessaire de prévoir une ventilation permettant un assèchement rapide.
- 7.2.4 Les parois extérieures doivent être étanches à l'eau de ruissellement. L'eau ayant pénétré accidentellement à l'intérieur de la façade doit pouvoir rapidement s'assécher. On protégera le bas des poteaux et des façades contre l'eau de rejaillissement.
- 7.2.5 La teneur en eau des éléments de bois lors de la mise en œuvre doit être adaptée à la teneur en eau en équilibre avec le milieu ambiant attendue (cf. chiffre 3.2).
- 7.2.6 Compte tenu du choix du matériau, les éléments de construction de grande surface doivent être conçus et mis en œuvre avec des joints suffisants.
- 7.2.7 Les joints et les liaisons seront, au besoin, rendus étanches à l'eau et à l'air. Ils doivent être capables de s'adapter aux mouvements dus au retrait ou au gonflement, de même qu'aux déformations normales du bois ou des éléments voisins.
- 7.2.8 S'il n'est pas possible d'éviter de grosses déformations perpendiculairement au fil, il faut que ces mouvements puissent être absorbés sans contraintes. Ceci est particulièrement valable pour les attaches métalliques importantes, en travers de grandes sections en bois lamellé collé, qui peuvent être à l'origine de fissures si le retrait est empêché.
- 7.2.9 Les déformations perpendiculaires au fil, induites par des fluctuations de la teneur en eau du bois, peuvent être sensiblement diminuées par des mesures techniques (contre-placage, armatures transversales, etc.). Les contraintes internes qui en résultent doivent être reprises de manière adéquate. Dans ce cas, il faut noter que les coefficients de retrait et de gonflement n'atteignent qu'une fraction des valeurs figurant au chiffre 3.6.2.

7.3 **Résistance du bois et des matériaux dérivés du bois contre les influences chimiques, biologiques et les intempéries**

- 7.3.1 La durabilité est fonction de l'essence, de la zone débitée dans le tronc, de la teneur en eau et de la durée pendant laquelle le bois est exposé à l'humidité. À partir d'une teneur en eau de 12 %, le bois peut être attaqué par des insectes et, dès une teneur en eau persistante supérieure à 20 %, par des champignons.
- 7.3.2 Les raisons d'une forte teneur en eau du bois sont à rechercher entre autres dans un bois insuffisamment séché, une humidité relative de l'air trop élevée, l'eau de rejaillissement ou de condensation, la pénétration d'humidité par la maçonnerie ou le sol ainsi que la diffusion de vapeur. Le contact avec le sol abrège la durée de vie du bois.
- 7.3.3 La durabilité des éléments en bois soumis aux intempéries peut être améliorée en choisissant une essence résistante aux attaques des champignons, stable au point de vue des dimensions et n'absorbant que peu d'humidité ou de vapeur d'eau par diffusion.
- 7.3.4 Les insectes qui attaquent le bois vert (bostryche, lymexylovide) ne se développent toutefois pas après son assèchement. À l'exception d'attaques par des guêpes du bois, l'impact de ces insectes n'est que d'ordre esthétique.
- 7.3.5 Les insectes qui attaquent le bois sec ou scié (par ex. capricorne, vrillette) peuvent, en cas d'attaque massive, altérer fortement les propriétés mécaniques, et par là, la résistance des éléments de construction en bois. Les larves du capricorne se développent essentiellement dans l'aubier des résineux. Les vrillettes attaquent indifféremment les résineux et les feuillus.
- 7.3.6 Le bois résiste relativement bien aux agents chimiques et cette résistance est meilleure contre les acides que contre les bases. Toutefois, des différences existent à cet égard entre les diverses essences. D'une manière générale, les résineux sont moins sensibles que les feuillus.
- 7.3.7 Les modifications de la résistance et de la rigidité suite à une élévation de température sont en général réversibles jusqu'à 120°C. C'est seulement pour des températures plus élevées qu'une altération irréversible par pyrolyse et par décomposition des composants de la paroi cellulaire se produit. Pour le bois modifié thermiquement, suivant l'intensité du traitement et le type de sollicitation, la résistance peut être réduite de manière importante.

7.4 **Assemblages collés**

- 7.4.1 La résistance des adhésifs peut être influencée négativement par la température, l'humidité, les rayons UV ainsi que par les agents chimiques contenus dans le bois. Les colles à base d'albumine sont en outre sensibles aux attaques biologiques. L'apport de produits fongicides permet d'améliorer la durabilité des matériaux dérivés du bois.
- 7.4.2 Lors de l'encollage, on veillera à une uniformisation de la teneur en eau de toutes les pièces en bois à assembler afin d'éviter des déformations provoquées par des tensions internes.
- 7.4.3 Si les fibres des pièces à assembler ne sont pas parallèles (bois contrecollé), il faut veiller à ce que la composition de la section n'engendre pas des déformations (courbures) dues aux fluctuations de la teneur en eau du bois dans les diverses couches.
- 7.4.4 Pour les éléments de construction composés qui sont liés de façon rigide par collage (éléments en caisson ou similaires), il faut éviter de soumettre les diverses couches à des fortes variations de température ou de la teneur en eau du bois qui conduisent à des déformations non souhaitées (courbures).

7.5 Assemblages et composants métalliques

- 7.5.1 Les assemblages et les composants métalliques doivent avoir une durée de vie au moins aussi longue que celle de la structure en bois. Sinon, il faut prévoir des dispositifs permettant leur remplacement.
- 7.5.2 La résistance des pièces métalliques peut être affectée par la corrosion en cas de forte humidité ou de température élevée. C'est en particulier le cas lorsque les bois sont traités chimiquement ou lors de l'utilisation d'essences à haute teneur en acide (par ex. acide tannique).

7.6 Mesures techniques lors de la mise en œuvre

- 7.6.1 Si l'on met en œuvre de grosses sections en bois massif, lesquelles n'atteindront leur état d'équilibre hygroscopique qu'après leur montage, il faut veiller à prévoir des dispositifs constructifs permettant les mouvements des pièces (retrait, torsion) qui n'engendrent pas de tensions internes.
- 7.6.2 La formation incontrôlée de fentes de retrait à la surface des pièces peut être prévenue par un fraisage préalable de rainures de relaxation des contraintes.

7.7 Surveillance et entretien

- 7.7.1 La fréquence et la teneur des contrôles périodiques seront dictées par l'importance de la structure, des sollicitations de ses éléments et des assemblages sous l'effet des influences mécaniques, chimiques, biologiques, de l'humidité et des intempéries.
- 7.7.2 Si un ouvrage ou un élément de construction doit faire l'objet d'une surveillance ou d'un entretien spécial, le constructeur doit fournir des recommandations ou des instructions écrites au moment de la mise en service.
- 7.7.3 Un changement d'affectation d'une construction peut conduire à des dégâts dus par ex. à des surcharges, à une augmentation ou une diminution de la teneur en eau du bois, etc. Le cas échéant, de nouvelles directives d'utilisation et de surveillance devront être formulées.
- 7.7.4 Pour les constructions précontraintes, il est nécessaire de contrôler l'évolution de la précontrainte. La périodicité et les critères de contrôle doivent être formulés.
- 7.7.5 La construction doit permettre un entretien aisé. Il faut pouvoir rénover périodiquement les protections appliquées sur les éléments fortement sollicités. Les éléments de construction soumis à une forte usure doivent être conçus de telle sorte que leur remplacement soit aisé.
- 7.7.6 Les boulons porteurs et les boulons de maintien des assemblages goujonnés doivent pouvoir être resserrés ultérieurement si l'on s'attend à un retrait du bois. La longueur du filetage ainsi que l'accès des boulons pendant tout le processus du retrait doivent être prévus en conséquence.
- 7.7.7 On prendra les mesures adéquates afin de prévenir d'éventuels affaiblissements inadmissibles de la résistance de constructions en bois provoqués par des fentes de retrait ultérieures.
- 7.7.8 Les constructions dont la résistance aura été affectée par une attaque d'insectes ou de champignons destructeurs du bois doivent faire l'objet de mesures de lutte contre cette agression et, le cas échéant, de renforcement ou de remplacement de parties d'ouvrage.
- 7.7.9 Lors du contrôle des déformations, en plus des déformations dues à la flexion, on veillera à considérer tout particulièrement les déviations latérales des pièces comprimées (par ex. membrures comprimées) ou des systèmes porteurs (par ex. cadres).

8 EXÉCUTION

8.1 Généralités

- 8.1.1 La mise en œuvre des constructions en bois doit être réalisée de manière à garantir la conformité de l'ouvrage avec les hypothèses de dimensionnement.
- 8.1.2 La qualité des matériaux et des produits utilisés doit correspondre à celle indiquée dans le descriptif des travaux et dans les plans. L'exécution doit être faite de telle sorte que les exigences relatives à la sécurité structurale, à l'aptitude au service et à la durabilité soient satisfaites.
- 8.1.3 La finition et la mise en œuvre doivent correspondre aux règles usuelles de l'art de construire.

8.2 Matériaux

- 8.2.1 Avant le façonnage, le bois devra être séché à la teneur en eau d'équilibre correspondant à celle de l'ouvrage terminé, exploité comme convenu. La plage de teneur en eau sera indiquée dans le descriptif des travaux, sur les plans et les listes des matériaux. Si la teneur en eau d'équilibre est supérieure à celle des produits en cours de façonnage, il faudra garantir un rééquilibrage préalable, sauf si un éventuel gonflement est considéré comme insignifiant.
- 8.2.2 Le bois et les matériaux dérivés du bois ne devraient pas être soumis, tant lors du façonnage, du transport que du montage, à des conditions climatiques plus défavorables que celles prévues en cours d'exploitation.
- 8.2.3 Le descriptif des travaux et les plans doivent contenir les indications suivantes:
- matériau (produit, essence, collage),
 - classe de résistance et d'aspect,
 - teneur en eau,
 - traitement de préservation du bois resp. anticorrosion,
 - traitement de surface.
- 8.2.4 Pour les éléments comprimés, la déformation mesurée au milieu de la pièce par rapport à la ligne théorique ne doit pas excéder la fraction de la longueur suivante:
- barres comprimées en bois lamellé collé ou en matériaux dérivés du bois: $l/500$
 - barres comprimées en bois massif (équarris), bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué: $l/300$
 - pièces fléchies: $l/600$.
- 8.2.5 On n'utilisera que des bois dont l'écorce et le liber auront été éliminés, même pour du bois rond.
- 8.2.6 Lors de l'utilisation de matériaux dérivés du bois ou d'autres matériaux, il faudra tenir compte des directives des fabricants si celles-ci sont plus contraignantes que la présente norme.

8.3 Assemblages collés

- 8.3.1 Si la résistance d'un joint collé est déterminante lors de la vérification de la sécurité structurale, il est nécessaire de soumettre le fournisseur à un contrôle de qualité pour s'assurer du respect des propriétés de l'assemblage collé par rapport aux spécifications techniques.
- 8.3.2 Les directives du fabricant de l'adhésif concernant les éléments entrant dans le processus du collage doivent être respectées.
- 8.3.3 Pour des assemblages collés très sollicités, tels que des entures multiples englobant toute la section de poutres lamellées collées, des angles de cadre, etc., il est nécessaire de procéder à des essais préalables.

8.4 Assemblages bois – bois

Les pièces en contact seront assurées contre le risque de déplacement latéral. Les surfaces de contact seront ajustées sur toute leur étendue. La précision requise pour le façonnage des surfaces de contact comprimées est de 1 % de la plus grande dimension de la section, l'écart entre les surfaces ne dépassant en outre pas 1 mm. La profondeur des entailles ne dépassera pas les dimensions strictement nécessaires (cf. chiffre 6.9). On prêtera une attention particulière à l'état de l'avant-bois (fibres biaises, fentes de retrait, etc.).

8.5 Assemblages comportant des connecteurs

8.5.1 Exigences relatives au bois dans la zone des assemblages

Les exigences relatives au bois dans la zone des assemblages (en ce qui concerne la teneur en eau, les fentes de retrait, nœuds) doivent être formulées de façon à garantir la résistance et la durabilité de l'assemblage.

Pour éviter les risques de fissuration, la teneur en eau lors du façonnage ne doit pas s'écarter hors des tolérances fixées dans le tableau 44, ceci par rapport à la moyenne de la teneur en eau prévue en service.

Tableau 44 Variations tolérées de la teneur en eau lors du façonnage, par rapport à la valeur moyenne prévue en service

Mode d'assemblage	Variation admissible de la teneur en eau
Clous avec préperçage Broches et boulons ajustés Vis à filetage forgé ou laminé dans le bois de bout Vis à filetage forgé ou laminé dans des renforts Tiges filetées collées	± 3 %
Clous sans préperçage Boulons Vis à bois à filetage usiné selon DIN 7998 Vis à bois à filetage forgé ou laminé Plaques métallique embouties Crampons Anneaux	± 5 %

8.5.2 Clous sans préperçage

Les assemblages cloués seront exécutés sur la base d'un schéma de clouage. La tête du clou affleurerà au moins le bois et ne s'enfoncera pas plus de 2 mm. Des essais préalables sont requis si l'on utilise des machines à clouer. En cas de danger de fissuration, on prendra les mesures adéquates, par ex. en effectuant un percement préalable.

8.5.3 Clous avec préperçage

On percera en général préalablement les bois feuillus ainsi que les résineux de forte densité. Le percement préalable aura un diamètre de $0,8 \cdot d$ pour les résineux et de $0,9 \cdot d$ pour les feuillus, sur toute la longueur du clou. Le choix du diamètre de forage adéquat se fera sur la base d'essais préalables.

8.5.4 Broches et boulons ajustés

La broche ou le boulon ajusté doit être chanfreiné aux extrémités. Pour les boulons ajustés, le diamètre extérieur du filetage sera inférieur à celui de la tige. L'assemblage ne doit pas avoir de jeu. Des pièces déjà fissurées ou des sections avec moelle sont prohibées. Le diamètre des percements dans les pièces métalliques ne doit pas excéder 1 mm par rapport à celui de la broche.

8.5.5 **Boulons (boulons de charpente)**

La disposition ainsi que la longueur de filetage doivent permettre de resserrer les boulons après un éventuel retrait du bois. Le jeu des percements ne dépassera pas 1 mm pour les boulons porteurs et 2 mm pour les boulons mis en place pour des raisons constructives.

8.5.6 **Vis à bois à filetage forgé ou laminé selon le chiffre 6.5.1.3 et figure 34**

Ces vis sont mises en place avec ou sans préperçage. Le cas échéant, les percements préalables doivent être effectués avec le diamètre à fond de file d_1 . Les directives du fournisseur doivent en outre être observées.

Pour les assemblages vissés dans du bois de bout, les fissures ne sont pas tolérées.

8.5.7 **Vis à bois à filetage usiné selon DIN 7998, selon le chiffre 6.5.1.2 et figure 33**

Ces vis sont mises en place avec préperçage. Le diamètre du percement préalable doit correspondre à celui de la tige et sa profondeur ne doit pas dépasser la longueur de la tige augmentée du tiers de la longueur du filetage.

Pour des vis sollicitées dans leur axe, la profondeur et le diamètre du percement préalable sera adapté au diamètre de la tige d_s et à celui à fond de file d_1 par un percement en deux phases.

8.5.8 **Plaques métalliques embouties**

L'exécution d'assemblages à l'aide de plaques métalliques embouties est soumise aux directives du fabricant sur la base de certificats émanant d'un laboratoire d'essai indépendant.

8.5.9 **Crampons**

La mise en place de crampons s'effectuera au moyen d'un outillage adéquat ne provoquant pas une détérioration supplémentaire du bois. Chaque assemblage avec crampon sera complété par un boulon pourvu de rondelles et pouvant être resserré ultérieurement. Si la tôle des crampons dépasse 2 mm d'épaisseur, elle devra être insérée dans un évidement lui correspondant.

8.5.10 **Anneaux**

La mortaise circulaire devra être exécutée au moyen d'un outil approprié correspondant à l'anneau utilisé. Les anneaux doivent pénétrer de moitié dans chaque bois à assembler. Tout assemblage à anneaux sera assuré par un boulon pourvu de ses rondelles et pouvant être resserré ultérieurement.

8.6 **Goussets en tôles d'acier et systèmes d'assemblages**

Les conditions d'exécution du fabricant sont déterminantes.

8.7 **Tolérances**

Les exigences particulières relatives au respect des dimensions et aux tolérances de fabrication des éléments de construction (raccords à des constructions annexes, éléments préfabriqués) doivent être définies lors de l'établissement du projet, en fonction des conditions de fabrication ou de montage.

8.8 Transport et montage

- 8.8.1 Les éléments de construction seront assemblés avec soin de façon à ne pas créer de tensions parasites. Les pièces défectueuses (tordues, fendues) ou s'adaptant mal doivent être remplacées.
- 8.8.2 Il faut éviter des sollicitations excessives lors de l'entreposage, du transport ou du montage. Si la construction est sollicitée d'une manière différente qu'au stade final, il faut inclure ce cas de charge dans la conception; de même si l'on s'attend à des actions dynamiques. Pour les constructions en cadre, il faut s'assurer qu'aucune distorsion n'intervienne entre la position horizontale et la position définitive verticale lors de la mise en place.

8.9 Contrôles des dimensions sur le chantier

Avant le montage, on procédera à un contrôle des principales cotes de l'ouvrage. Les éventuelles erreurs seront signalées afin que des mesures adéquates puissent être prises.

Annexe A (normative)**Calcul détaillé de la résistance d'assemblages à l'aide de broches, de boulons et de vis****A.1 Calcul détaillé du coefficient k_β d'assemblages à l'aide de broches et de boulons sollicités perpendiculairement à leur axe**

A.1.1 Lors de la détermination de la valeur de dimensionnement de la résistance $R_{d,Verb}$ d'assemblages à l'aide de broches et de boulons selon le chiffre 6.2.1.1, le facteur auxiliaire k_β peut être déterminé en alternative de manière suivante:

– pour des liaisons bois – bois resp. bois – MDB:

$$k_\beta = \min [k_{\beta 1}; k_{\beta 2}] \quad (118)$$

$k_{\beta 1}$ facteur auxiliaire pour le bois latéral 1, fonction de la configuration selon le tableau 45
 $k_{\beta 2}$ facteur auxiliaire pour le bois médian resp. le bois latéral 2, fonction de la configuration selon le tableau 45.

– pour les liaisons acier – bois:

$$k_\beta = k_{\beta 1} \quad \text{resp.} \quad k_\beta = k_{\beta 2} \quad (119)$$

$k_{\beta 1}$ facteur auxiliaire pour le bois latéral, fonction de la configuration selon le tableau 46
 $k_{\beta 2}$ facteur auxiliaire pour le bois médian, fonction de la configuration selon le tableau 46.

Pour des assemblages acier – bois à sections de cisaillement multiples selon le tableau 46, on tiendra compte dans la formule (88), pour les sections cisillées A et B, du nombre effectif de sections cisillées p avec leur facteur auxiliaire k_β correspondant:

$$p \cdot k_\beta = (p_A \cdot k_{\beta 1} + p_B \cdot k_{\beta 1})$$

A.1.2 Les formules pour les épaisseurs de bois t ($t_{1,i}$ resp. $t_{2,i}$), figurant dans le tableau 45 resp. 46 avec leur facteur k_β ($k_{\beta 1,i}$ resp. $k_{\beta 2,i}$) correspondant, définissent les transitions entre les différents modes de rupture et fixent les changements de pente dans la figure 45. Pour le bois latéral, il s'agit de la transition de la rupture en pression latérale (mode 1) vers la rupture mixte (mode 2), resp. de la rupture mixte (mode 2) vers la rupture de l'acier (mode 3). Pour le bois médian, il s'agit de la transition de la rupture en pression latérale (mode 1) vers la rupture de l'acier (mode 3).

Pour des épaisseurs plus faibles et des valeurs intermédiaires, les facteurs auxiliaires $k_{\beta 1}$ resp. $k_{\beta 2}$ seront interpolés linéairement, voir figure 45.

Figure 45 Facteur auxiliaire $k_{\beta 1}$ resp. $k_{\beta 2}$ en fonction de l'épaisseur t_1 resp. t_2 selon les tableaux 45 et 46 (schématique)

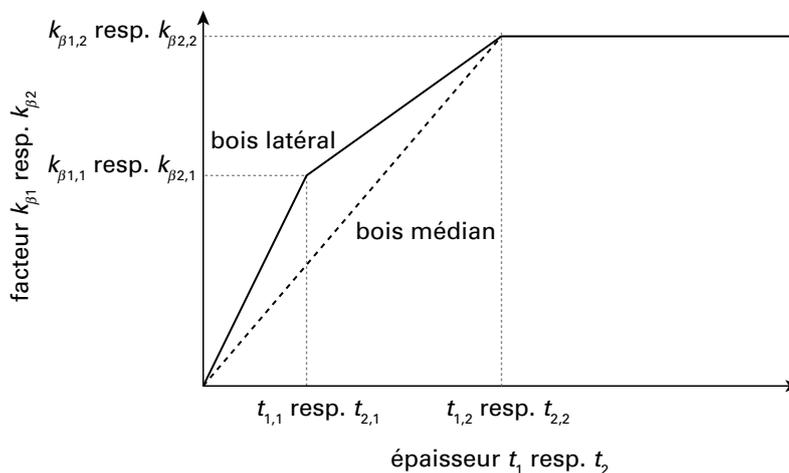
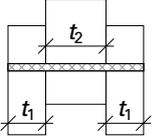
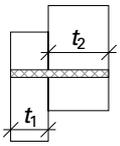


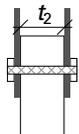
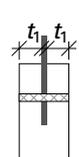
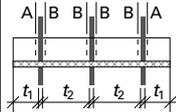
Tableau 45 Épaisseurs de bois $t_{1,i}$ resp. $t_{2,i}$ et facteurs auxiliaires $k_{\beta 1,i}$ resp. $k_{\beta 2,i}$ correspondants (par section cisailée) pour des assemblages bois – bois ou MDB – bois

Configuration		Épaisseurs $t_{1,i}$ resp. $t_{2,i}$ ¹⁾	$k_{\beta 1,i}$ resp. $k_{\beta 2,i}$ ²⁾		
Bois – bois, MDB – bois à double section 	$\beta_f = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	Bois latéral t_1 $t_{1,1} = 0,44 \cdot \left(\sqrt{\frac{\beta_f}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$ $t_{1,2} = 1,26 \cdot \left(\sqrt{\frac{\beta_f}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 1,1} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$ $k_{\beta 1,2} = \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$	(120)	
		Bois médian t_2 $t_{2,1} = 0$ $t_{2,2} = 2,52 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \beta_f}} \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,2,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 2,1} = 0$ $k_{\beta 2,2} = \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$	(121)	
	pour $\beta_f = 1$	Bois latéral t_1 $t_{1,1} = 0,75 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$ $t_{1,2} = 2,15 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 1,1} = 0,6 \cdot \sqrt{2}$ $k_{\beta 1,2} = \sqrt{2}$	(122)	
		Bois médian t_2 $t_{2,1} = 0$ $t_{2,2} = 1,78 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,2,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 2,1} = 0$ $k_{\beta 2,2} = \sqrt{2}$	(123)	
	Bois – bois, MDB – bois à simple section 	$\beta_f = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$	Bois latéral t_1 $t_{1,1} = 0,44 \cdot \left(\sqrt{\frac{\beta_f}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$ $t_{1,2} = 1,26 \cdot \left(\sqrt{\frac{\beta_f}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 1,1} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$ $k_{\beta 1,2} = \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$	(124)
			Bois latéral t_2 $t_{2,1} = 0,44 \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,2,k}}} \cdot d^{0,8}$ $t_{2,2} = 1,26 \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{1 + \beta_f}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,2,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 2,1} = 0,6 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$ $k_{\beta 2,2} = \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}}$	(125)
pour $\beta_f = 1$		Bois latéral t_1 $t_{1,1} = 0,75 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$ $t_{1,2} = 2,15 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,1,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 1,1} = 0,6 \cdot \sqrt{2}$ $k_{\beta 1,2} = \sqrt{2}$	(126)	
		Bois latéral t_2 $t_{2,1} = 0,75 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,2,k}}} \cdot d^{0,8}$ $t_{2,2} = 2,15 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,2,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 2,1} = 0,6 \cdot \sqrt{2}$ $k_{\beta 2,2} = \sqrt{2}$	(127)	

1) Les épaisseurs de bois $t_{1,2}$ resp. $t_{2,2}$ correspondent aux épaisseurs de bois requises $t_{1,erf}$ resp. $t_{2,erf}$ du tableau 23.

2) Pour des épaisseurs de bois plus faibles et des valeurs intermédiaires, on interpolera linéairement les facteurs auxiliaires $k_{\beta 1}$ resp. $k_{\beta 2}$, voir figure 45.

Tableau 46 Épaisseurs de bois $t_{1,i}$ resp. $t_{2,i}$ et facteurs auxiliaires $k_{\beta 1,i}$ resp. $k_{\beta 2,i}$ correspondants (par section cisailée) pour des assemblages acier – bois

Configuration		Épaisseurs $t_{1,i}$ resp. $t_{2,i}$ ¹⁾		$k_{\beta 1,i}$ resp. $k_{\beta 2,i}$ ²⁾	
Acier – bois à double section		Bois médian t_2	$t_{2,1} = 0$ $t_{2,2} = 1,78 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 2,1} = 0$ $k_{\beta 2,2} = \sqrt{2}$	(128)
		Bois latéral t_1	$t_{1,1} = 0,89 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$ $t_{1,2} = 2,52 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 1,1} = 1,2$ $k_{\beta 1,2} = 2$	(129)
Acier – bois à section multiple	section cisailée A 	Bois latéral t_1 si $t_2 \geq 2 \cdot t_1$ alors:	$t_{1,1} = 0,89 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$ $t_{1,2} = 2,52 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 1,1} = 1,2$ $k_{\beta 1,2} = 2$	(130)
	section cisailée B 	Bois médian t_2 si $t_1 \geq 0,35 \cdot t_2$ alors:	$t_{2,1} = 0$ $t_{2,2} = 2,52 \cdot \sqrt{\frac{f_{u,k}}{f_{h,k}}} \cdot d^{0,8}$	$k_{\beta 2,1} = 0$ $k_{\beta 2,2} = 2$	(131)

1) Les épaisseurs de bois $t_{1,2}$ resp. $t_{2,2}$ correspondent aux épaisseurs de bois requises $t_{1,erf}$ resp. $t_{2,erf}$ du tableau 23.

2) Pour des épaisseurs de bois plus faibles et des valeurs intermédiaires, on interpolera linéairement les facteurs auxiliaires $k_{\beta 1}$ resp. $k_{\beta 2}$, voir figure 45.

A.2 Calcul détaillé de la résistance ultime $R_{d,Verb}$ d'assemblages vissés à simple section de cisaillement pour des sollicitations perpendiculaires à l'axe des vis

A.2.1 La valeur de dimensionnement de la résistance ultime $R_{d,Verb}$ d'un assemblage vissé à simple section cisailée pour des vis selon SN EN 14592+A1 de diamètre nominal de 4 mm à 24 mm, en respectant les épaisseurs de bois requises, les pénétrations et les épaisseurs de bois minimales selon le chiffre A.2.2, est donnée par, avec $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$:

$$R_{d,Verb} = R_{d,Absch} + \Delta R_{d,Seilw} = k_\alpha \cdot k_{red} \cdot n_{tot} \cdot k_\beta \cdot \sqrt{M_{u,k} \cdot f_{hk} \cdot d_{ef}} + \Delta R_{d,Seilw} \quad (132)$$

$R_{d,Absch}$ valeur de dimensionnement de la résistance ultime d'un assemblage vissé à simple section de cisaillement pour des sollicitations perpendiculaires à l'axe des vis sans considérer l'effet de câble

k_α $k_\alpha = 0,73$

k_{red} coefficient de réduction selon le chiffre 6.1.4.2

n_{tot} nombre total de vis de l'assemblage

k_β facteur auxiliaire fonction de la configuration et du rapport des résistances à la pression latérale des pièces à assembler

$$k_\beta = \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_f}{1 + \beta_f}} \quad \text{assemblages bois – bois}$$

$$k_\beta = \sqrt{2} \quad \text{assemblages acier – bois avec tôles latérales et assemblages bois – bois de même résistance à la pression latérale ($\beta_f = 1$)}$$

Si les pénétrations s et/ou les épaisseurs de bois t_1 sont inférieures à s_{eff} resp. $t_{1,eff}$ selon le chiffre A.2.2, les facteurs k_β doivent être réduits proportionnellement. Si la pénétration s aussi bien que l'épaisseur du bois t_1 sont réduites, la réduction aura lieu selon le plus petit des deux rapports correspondants.

β_f	rapport des résistances à la pression latérale $f_{h,2,k}/f_{h,1,k}$
$M_{u,k}$	valeur caractéristique du moment d'écoulement plastique de la vis selon SN EN 14592+A1 (donnée du producteur) ou selon le chiffre 6.1.4.4 (avec $d = d_{ef}$)
$f_{h,k}$	résistance à la pression latérale en N/mm ² selon le chiffre 6.1.4.3 avec $d = d_{ef}$ pour les assemblages bois – bois, on introduira $f_{h,1,k}$
$f_{h,1,k}$	résistance à la pression latérale du bois du côté de la tête de la vis
$f_{h,2,k}$	résistance à la pression latérale du bois du côté de la pointe de la vis
d_{ef}	diamètre utile de calcul de la vis si la section cisailée est située à plus de $4 \cdot d$ de la zone fileté, $d_{ef} = d_s$ (section cisailée dans la tige), sinon $d_{ef} = 1,1 \cdot d_1$ (section cisailée dans le filetage)
d_s	diamètre de la tige de la vis
d_1	diamètre de la vis à fond de filet
d	diamètre nominal de la vis en mm selon le chiffre 6.5.1
$\Delta R_{d,Seilw}$	part prenant en compte l'effet de câble: $\Delta R_{d,Seilw} = \min [0,25 \cdot R_{ax,d}; 1,0 \cdot R_{d,Absch}] \quad (133)$
	Pour prendre en compte l'effet câble, la longueur efficace du filetage l_{ef} selon le chiffre 6.5.3.4 doit atteindre au moins $6 \cdot d$.
$R_{ax,d}$	valeur de dimensionnement de la résistance ultime à l'arrachement ou au poinçonnement de la tête de vis (pour les assemblages bois – bois) du groupe de vis selon les chiffres 6.5.3.5 et 6.5.3.8; pour les assemblages bois – bois, on retiendra la plus petite de ces deux valeurs.

A.2.2 L'épaisseur de bois requise $t_{1,eff}$ pour des assemblages bois – bois vaut:

$$t_{1,eff} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{\beta_f}{1 + \beta_f}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{u,k}}{f_{h,1,k} \cdot d_{ef}}} \quad (134)$$

La pénétration requise s_{eff} pour des assemblages bois – bois à simple section cisailée vaut:

$$s_{eff} = 1,15 \cdot \left(2 \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \beta_f}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{u,k}}{f_{h,2,k} \cdot d_{ef}}} \quad (135)$$

La pénétration requise s_{eff} pour les assemblages acier – bois à simple section cisailée vaut:

$$s_{eff} = 1,15 \cdot (2 + \sqrt{2}) \cdot \sqrt{\frac{M_{u,k}}{f_{h,2,k} \cdot d_{ef}}} \quad (136)$$

Il n'est pas admis d'aller en dessous d'une pénétration de $s = 6 \cdot d$ ni des épaisseurs minimales de bois selon les tableaux 36 et 37.

t_1	épaisseur du bois du côté de la tête de la vis
t_2	épaisseur du bois du côté de la pointe de la vis
β_f	rapport des résistances à la pression latérale $f_{h,2,k}/f_{h,1,k}$
$f_{h,1,k}$	résistance caractéristique à la pression latérale du bois du côté de la tête de la vis
$f_{h,2,k}$	résistance caractéristique à la pression latérale du bois du côté de la pointe de la vis
$M_{u,k}$	valeur caractéristique du moment d'écoulement plastique de la vis selon SN EN 14592+A1 (donnée du producteur) ou selon le chiffre 6.1.4.4 avec $d = d_{ef}$

A.2.3 Les espacements minimaux pour des assemblages vissés doivent être respectés:

- vis à bois à filetage usiné: selon le tableau 33
- vis à bois à filetage forgé ou laminé: selon le chiffre 6.5.2.3.3.

Annexe B (normative)**Valeurs caractéristiques de la résistance à la compression et du fractile 5 % du module d'élasticité parallèles au fil****B.1 Bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué**

Les valeurs caractéristiques de la résistance à la compression resp. celles du fractile 5 % du module élastique parallèles au fil du tableau 47 sont déduites des valeurs caractéristiques de la résistance à la flexion resp. des valeurs moyennes de modules élastiques en flexion (tableau 8).

Tableau 47 Valeurs caractéristiques de la résistance à la compression et valeurs du fractile 5 % du module élastique parallèles au fil pour le bois massif ainsi que pour le bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué en résineux, pour une teneur en eau du bois de 12 %

Classes de résistance		Résineux			Hêtre Chêne
		C16	C24	C30	D30
Résistance à la compression parallèle au fil	$f_{c,0,k}$ N/mm ²	17	21	24	24
Module d'élasticité parallèle au fil (fractile 5 %)	$E_{0,05}$ N/mm ²	5'400	7'400	8'000	9'200

B.2 Bois lamellé collé

Les valeurs caractéristiques de la résistance à la compression resp. celles du fractile 5 % du module élastique parallèles au fil du tableau 48 sont déduites des valeurs caractéristiques de la résistance à la traction des lamelles resp. des valeurs moyennes de modules élastiques en flexion (tableau 9).

Tableau 48 Valeurs caractéristiques de la résistance à la compression et valeurs du fractile 5 % du module élastique parallèles au fil pour le bois lamellé collé, pour une teneur en eau du bois de 12 %

Classes de résistance	BLC normal					BLC haute résistance ¹⁾		
	GL20h ¹⁾	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c ¹⁾	GL32h ¹⁾	
Résistance à la compression parallèle au fil	$f_{c,0,k}$ N/mm ²	20	21,5	24	24	28	24,5	32
Module d'élasticité parallèle au fil (fractile 5 %)	$E_{0,05}$ N/mm ²	7'000	9'100	9'600	10'400	10'500	11'200	11'800

¹⁾ Il faut s'assurer de la disponibilité de ces classes.

Annexe C (normative)**Méthode alternative de vérification de la sécurité structurale pour des sollicitations en compression perpendiculaire au fil**

Pour des sollicitations en compression perpendiculaire au fil, en alternative au chiffre 4.2.2, la sécurité structurale peut être vérifiée de la manière suivante, en utilisant les valeurs de dimensionnement de la résistance à la compression perpendiculaire au fil des tableaux 49 et 50:

$$F_{c,90,Ed} \leq F_{c,90,Rd} = A_{ef} \cdot k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad (137)$$

$F_{c,90,Ed}$ valeur de dimensionnement de l'effort de compression perpendiculaire au fil à transmettre
 $F_{c,90,Rd}$ valeur de dimensionnement de la résistance à la compression perpendiculaire au fil
 A_{ef} surface utile en compression perpendiculaire:
 $A_{ef} = b \cdot l_{ef}$ (138)

b largeur de la poutre ou largeur de la surface de contact perpendiculairement au fil
 l_{ef} longueur utile dans le fil:
 $l_{ef} = l + \min [30 \text{ mm}; v_{links}; l; 0,5 \cdot l_1] + \min [30 \text{ mm}; v_{rechts}; l; 0,5 \cdot l_1]$ (139)

l_1 distance entre deux surfaces de contact successives
 $k_{c,90}$ coefficient de compression perpendiculaire:
 $k_{c,90} = 1,0$ pour le bois avec $l_1 < 2 \cdot h$ ainsi que de manière générale pour le bois dur

Lorsque les déformations sont sans conséquence sur le comportement de l'élément porteur:

$k_{c,90} = 1,25$ lors d'appui sur semelle avec $l_1 \geq 2 \cdot h$ pour du bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué

$k_{c,90} = 1,5$ lors d'appui sur semelle avec $l_1 \geq 2 \cdot h$ pour du bois lamellé collé

$k_{c,90} = 1,5$ lors d'appui sur poutre avec $l_1 \geq 2 \cdot h$ pour du bois massif, bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué

$k_{c,90} = 1,75$ lors d'appui sur poutre avec $l_1 \geq 2 \cdot h$ pour du bois lamellé collé

$f_{c,90,d}$ valeur de dimensionnement de la résistance à la compression perpendiculaire au fil selon les tableaux 49 et 50.

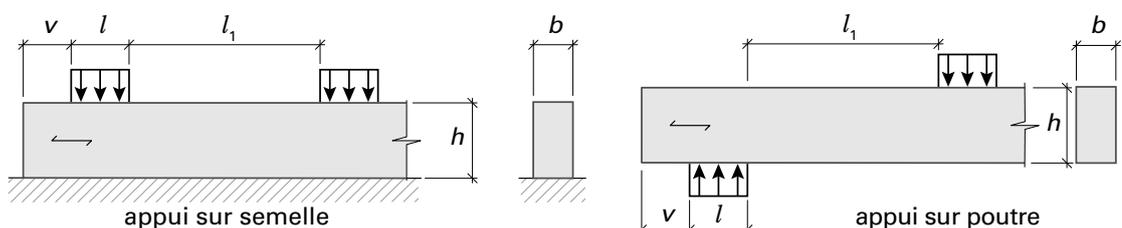
Tableau 49 Valeur de dimensionnement de la résistance à la compression perpendiculaire au fil dans la formule (137) pour le bois massif ainsi que pour le bois massif à entures multiples et bois massif reconstitué en résineux, pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$

Classes de résistance	Bois massif			Chêne / Hêtre
	C16	C24	C30	D30
$f_{c,90,d}$ N/mm ²	1,3	1,5	1,7	4,9

Tableau 50 Valeur de dimensionnement de la résistance à la compression perpendiculaire au fil dans la formule (137) pour le lamellé collé, pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$

Classes de résistance	BLC normal					BLC haute résistance	
	GL20h	GL24c	GL24h	GL28c	GL28h	GL32c	GL32h
$f_{c,90,d}$ N/mm ²	1,5	1,5	1,7	1,7	1,8	1,8	2,0

Figure 46 Compression perpendiculaire au fil



Annexe D (normative)

Liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil

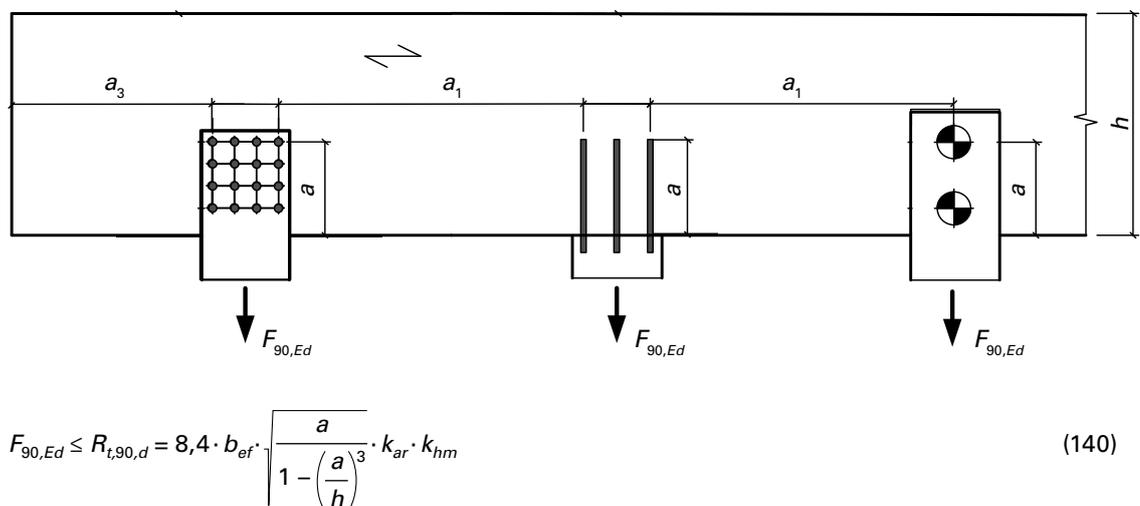
D.1 Généralités

- D.1.1 Dans les liaisons transversales ou biaisées, il peut se produire localement des contraintes de traction perpendiculaire accrues, qui ne sont pas couvertes par la vérification des moyens d'assemblage. Les liaisons avec $a/h \geq 0,7$ ne sont pas sujettes à une rupture en traction perpendiculaire, voir figure 47.
- D.1.2 Il convient en règle générale de prendre des mesures de renfort afin d'assurer une résistance suffisante des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil avec $a/h < 0,7$, particulièrement lorsqu'il faut s'attendre à des variations d'humidité ou à un séchage important avec risque de fentes de retrait. Des indications sur le calcul des renforts figurent à l'annexe E.
- D.1.3 Des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil avec $a/h < 0,7$ non renforcées ne sont admises que dans les classes d'humidité 1 et 2 selon le chiffre 3.2.1.2, pour autant que l'humidité du bois lors du façonnage ne s'écarte pas de la variation tolérée par rapport à la valeur moyenne prévue en service selon le tableau 44. La vérification des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil non renforcées avec $0,2 \leq a/h < 0,7$ sera effectuée selon le chiffre D.2. Des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil non renforcées avec $a/h < 0,2$ ne sont admises que pour des actions de courte durée (par ex. efforts de soulèvement du vent) provenant de l'ancrage d'éléments de construction secondaires.

D.2 Vérification de liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil

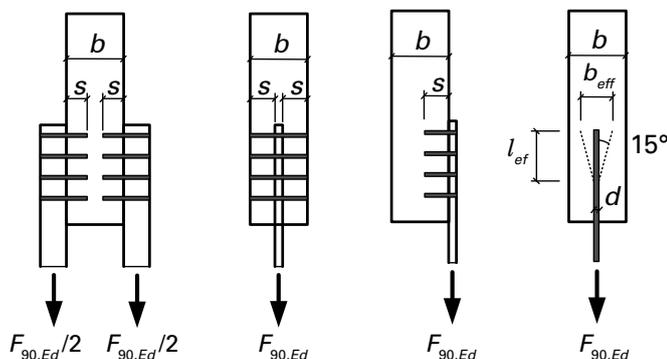
- D.2.1 La vérification de la sécurité structurale suivante s'applique aux liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil non renforcées qui respectent les trois conditions géométriques suivantes, illustrées à la figure 47:
- $0,2 \leq a/h < 0,7$, si $a/h < 0,2$ admis uniquement pour des actions de courte durée (par ex. efforts de soulèvement du vent) provenant de l'ancrage d'éléments de construction secondaires
 - $a_1 \geq h$, sinon voir le chiffre D.2.3
 - $a_3 \geq h$, sinon voir le chiffre D.2.4

Figure 47 Position et dimensions liées aux liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil



- a* plus grande distance des moyens d'assemblage de la liaison avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil au bord chargé de la poutre en mm
- h* hauteur de la poutre en mm
- a*₁ distance entre les moyens d'assemblage les plus à l'extérieur de deux liaisons successives avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil en mm
- a*₃ distance de l'extrémité de la poutre au moyen d'assemblage le plus à l'extérieur en mm
- F*_{90,Ed} valeur de dimensionnement de l'effort de liaison à introduire perpendiculairement au fil en N. Dans des assemblages avec un effort de liaison à introduire sous un angle avec le fil compris entre 0° et 90°, il convient de considérer pour *F*_{90,Ed} uniquement la composante de l'effort perpendiculaire au fil.
- R*_{t,90,d} valeur de dimensionnement de la résistance ultime en traction perpendiculaire au fil en N pour $\eta_w = 1,0$ et $\eta_t = 1,0$. Le facteur $\eta_t = 1,4$ selon le chiffre 2.2.6 ne doit pas être appliqué. Pour les pièces avec moelle (bois massif) la valeur de dimensionnement de la résistance ultime en traction perpendiculaire au fil doit être réduite de moitié.
- b*_{ef} largeur de participation en mm selon figure 48
- pour des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil avec des moyens d'assemblage en forme de tige sollicités au cisaillement:
 - pour une liaison d'un seul côté
 - en général $b_{ef} = \min\{b, s\}$
 - pour des liaisons des deux côtés ou centrales
 - en général $b_{ef} = \min\{b, 2 \cdot s\}$
 - pour des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil avec des goujons annulaires ou des crampons:
 - pour une liaison d'un seul côté
 - en général $b_{ef} = \min\{b, 0,3 \cdot d\}$
 - pour des liaisons des deux côtés
 - en général $b_{ef} = \min\{b, 0,6 \cdot d\}$
 - pour des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil avec des vis ou des tiges filetées collées sollicitées axialement:
 - en général $b_{ef} = \min\{b, l_{ef} \cdot 2 \cdot \tan 15^\circ\}$
- b* largeur de la poutre en mm
- s* pénétration du moyen d'assemblage en mm
- d* diamètre du moyen d'assemblage en mm
- l*_{ef} longueur efficace du filetage ou d'adhérence d'un moyen d'assemblage en mm
- k*_{ar} coefficient de largeur de liaison selon le chiffre D.2.2, pour simplifier on peut admettre *k*_{ar} = 1,0
- k*_{hm} coefficient de hauteur de liaison selon le chiffre D.2.2, pour simplifier on peut admettre *k*_{hm} = 1,0

Figure 48 Liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil des deux côtés, centrales ou d'un seul côté



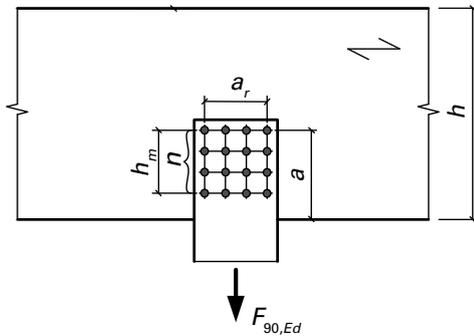
D.2.2 La largeur de la liaison a_r et sa hauteur h_m peuvent être prises en compte de la manière suivante:

$$k_{ar} = \min \left\{ 1 + 0,75 \cdot \left(\frac{a_r}{h} \right), 2,0 \right\} \quad (141)$$

$$k_{hm} = 1 + 1,75 \cdot \frac{\frac{n \cdot h_m}{1000}}{1 + \frac{n \cdot h_m}{1000}} \quad (142)$$

- a_r largeur de la liaison en mm exprimée par la distance entre les moyens d'assemblage les plus à l'extérieur
- h_m hauteur de la liaison en mm exprimée par l'écartement des moyens d'assemblage les plus à l'extérieur
- n nombre de rangs perpendiculaires au fil de moyens d'assemblage

Figure 49 Dimensions d'une liaison avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil



D.2.3 Pour des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil qui se succèdent avec une distance entre les moyens d'assemblage $a_1 < h$, la valeur de dimensionnement de la résistance en traction doit être réduite comme suit:

- pour $a_1 \leq a$ les liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil qui se succèdent seront traitées comme une liaison unique.
- pour $a < a_1 < h$ la valeur de la résistance ultime $R_{t,90,d}$ sera interpolée linéairement.

D.2.4 Pour des liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil sur des porte-à-faux avec une distance des moyens d'assemblage à l'extrémité de la poutre $a_3 < h$ la valeur de dimensionnement de la résistance ultime en traction sera réduite comme suit:

- pour $a_3 \leq a$ la valeur de la résistance ultime $R_{t,90,d}$ sera réduite de moitié.
- pour $a < a_3 < h$ la valeur de la résistance ultime $R_{t,90,d}$ sera interpolée linéairement.

Annexe E (normative)

Renforts pour la reprise de sollicitations de traction perpendiculaire au fil

E.1 Généralités

- E.1.1 L'annexe E s'applique à des éléments de construction pour lesquels la résistance est augmentée par des renforts pour la reprise de sollicitations de traction perpendiculaire au fil.
- E.1.2 Pour des renforts intérieurs, il convient de mettre en place des tiges métalliques collées (tiges filetées, barres d'armature nervurées) d'un diamètre jusqu'à 20 mm ou des vis autoforeuses entièrement filetées (sans partie lisse). La réduction de section due aux renforts intérieurs doit être prise en compte pour les zones de la section soumises à la traction parallèle au fil.
- E.1.3 Pour des renforts extérieurs, il convient de mettre en place avant tout du contreplaqué ou du lamibois selon la norme SIA 265/1 collés, des planches collées, ou des plaques métalliques embouties.
- E.1.4 On négligera la résistance à la traction perpendiculaire au fil du bois lors de la détermination de la sollicitation des renforts.
- E.1.5 Pour les renforts extérieurs collés, il convient de considérer la répartition non uniforme des contraintes dans le joint de collage et les efforts de traction dans le renfort lors de la vérification de la sécurité structurale. L'état de surface sera en outre adapté à l'adhésif et les éventuels traitements de surface ou de préservation du bois compatibles avec celui-ci.
- E.1.6 Les renforts transversaux restreignent les déformations des sections à la suite des variations d'humidité. La limitation du retrait dans la zone du renfort transversal peut conduire à la fissuration de la section. Lors de la réalisation d'un renfort transversal, il convient de respecter la variation admise de la teneur en eau du bois entre le façonnage et la teneur en eau d'équilibre attendue en service selon le tableau 44. Les effets défavorables d'éventuelles fissures de retrait seront réduits dans la mesure du possible.

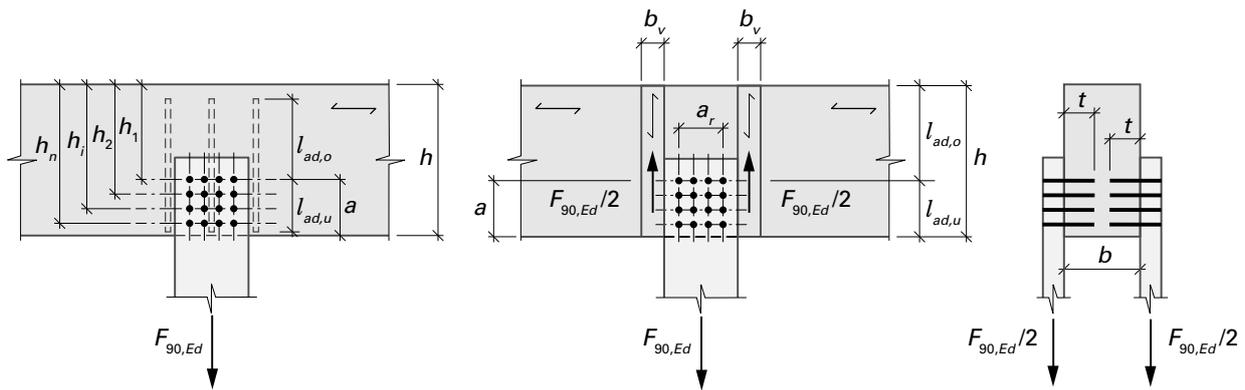
E.2 Renfort de liaisons avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil

- E.2.1 Le renfort d'une liaison avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil avec un rapport $a/h < 0,7$ doit être dimensionné pour la valeur de dimensionnement de l'effort de traction $F_{t,90,Ed}$ suivante:

$$F_{t,90,Ed} = \left[1 - 3 \cdot \left(\frac{a}{h} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{a}{h} \right)^3 \right] \cdot F_{90,Ed} \quad (143)$$

- $F_{t,90,Ed}$ valeur de dimensionnement de l'effort de traction agissant sur le renfort. Des renforts extérieurs doivent donc être dimensionnés de part et d'autre de la liaison avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil pour un effort le long de la poutre de chaque fois $F_{t,90,Ed}/2$; l'effort de traction $F_{t,90,Ed}$ agit au niveau correspondant à la distance au bord chargé a et doit être introduit sur la longueur d'ancrage $l_{ad,u}$ resp. $l_{ad,o}$ voir figure 50
- a plus grande distance des moyens d'assemblage de la liaison avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil au bord chargé de la poutre
- h hauteur de la poutre
- $F_{90,Ed}$ valeur de dimensionnement de l'effort de liaison à transmettre, perpendiculaire au fil

Figure 50 Liaison avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil et renfort



- E.2.2 Les éléments de renforts doivent être perpendiculaires au fil, répartis régulièrement et de manière symétrique par rapport à la liaison avec sollicitations de traction perpendiculaire au fil resp. directement à côté de celle-ci.

Le renfort lui-même doit respecter le rapport $l_{ad,u}/h > 0,7$.

La largeur des plaques de renfort collées b_v doit être comprise entre un quart et la moitié de la longueur d'ancrage déterminante (la plus courte) $l_{ad,o}$ resp. $l_{ad,u}$ ($0,25 \cdot l_{ad} \leq b_v \leq 0,5 \cdot l_{ad}$), voir figure 50.

- E.2.3 Pour des renforts intérieurs, seul un moyen d'assemblage de part et d'autre de la liaison dans la direction longitudinale de la poutre peut être pris en compte.

E.3 Renfort de réductions de section rectangulaires à l'appui de poutres fléchies rectangulaires

- E.3.1 Les réductions de section rectangulaires selon la figure 16 qui ne remplissent pas la vérification de la formule (57) doivent être renforcées.

Si la réduction de section est renforcée sur la base de la formule (144), sa résistance ultime sera limitée au double de la résistance ultime de la réduction de section non renforcée selon la formule (57).

- E.3.2 Le renfort d'une réduction de section rectangulaire à l'appui d'une poutre sur la face soumise à la traction perpendiculaire (voir figure 51) doit être dimensionné pour la valeur de dimensionnement de l'effort de traction $F_{t,90,Ed}$ suivant:

$$F_{t,90,Ed} = 1,3 \cdot \left[3 \cdot \left(\frac{\Delta h_{ef}}{h} \right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{\Delta h_{ef}}{h} \right)^3 \right] \cdot V_{Ed} \quad (144)$$

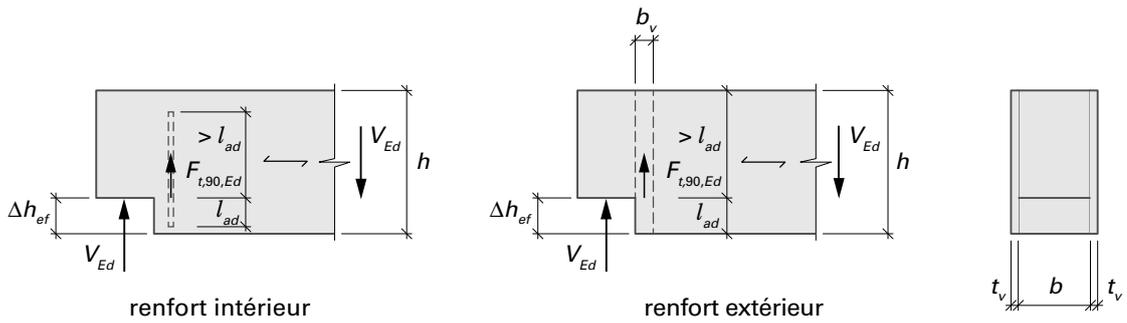
$F_{t,90,Ed}$ valeur de dimensionnement de l'effort de traction agissant sur le renfort; l'effort de traction $F_{t,90,Ed}$ agit au niveau de l'angle de la réduction de section soumis à la traction perpendiculaire et doit être réparti sur la longueur d'ancrage l_{ad} , voir figure 51

h hauteur de la poutre

Δh_{ef} hauteur de l'entaille

V_{Ed} valeur de dimensionnement de l'effort tranchant

Figure 51 Réductions de section avec renforts



E.3.3 Les éléments de renfort doivent être disposés perpendiculairement au fil à la distance la plus faible possible de l'angle de la réduction de section.

Le renfort doit s'étendre, à partir du côté soumis à la traction perpendiculaire, sur au moins 70% de la hauteur h de la poutre.

La largeur de plaque de renfort collée b_v doit être comprise entre un quart et la moitié de la hauteur de l'entaille ($0,25 \cdot \Delta h_{ef} \leq b_v \leq 0,5 \cdot \Delta h_{ef}$), voir figure 51.

E.3.4 Pour les renforts intérieurs, un seul moyen d'assemblage peut être pris en compte dans le sens longitudinal de la poutre.

E.4 Renfort d'évidements dans des poutres rectangulaires soumises à la flexion

E.4.1 Les directives pour le renfort d'évidements dans des poutres rectangulaires soumises à la flexion sont valables pour autant que les conditions géométriques suivantes soient respectées:

- l'intervalle dans la direction des fibres entre le bord de l'évidement et celui de l'appui de la poutre est au moins égal à la moitié de la hauteur de la poutre h .
- l'intervalle (distance bord à bord) entre deux évidements est au moins égal à la hauteur de la poutre, cependant pas inférieur à 300 mm.
- la longueur de l'évidement l_a est au plus égale à la hauteur de la poutre h ($l_a \leq h$) et le rapport entre hauteur et longueur de l'évidement doit respecter l'expression suivante: $l_a/h_a \leq 2,5$.
- la hauteur résiduelle h_r au-dessus et au-dessous de l'évidement est à chaque fois au moins égale au quart de la hauteur de la poutre h ($h_r \geq 0,25 \cdot h$).
- la hauteur de l'évidement ne sera pas supérieure à 30% de la hauteur de la poutre h pour des renforts intérieurs ($h_a \leq 0,3 \cdot h$) et à 40% de la hauteur de la poutre h pour des renforts extérieurs ($h_a \leq 0,4 \cdot h$).

E.4.2 Le renfort des zones à risque d'un évidement doit être dimensionné pour la valeur de dimensionnement de l'effort de traction $F_{t,90,Ed}$ suivante:

$$F_{t,90,Ed} = \frac{h_a}{4 \cdot h} \cdot \left[3 - \left(\frac{h_a}{h} \right)^2 \right] \cdot V_{Ed} + \frac{1}{125 \cdot h_r} \cdot M_{Ed} \quad (145)$$

$F_{t,90,Ed}$ valeur de dimensionnement de l'effort de traction agissant sur le renfort; l'effort de traction $F_{t,90,Ed}$ agit, pour les évidements à section rectangulaire, au niveau de l'angle sollicité à la traction perpendiculaire et pour les évidements circulaires, à une distance de 0,15 fois leur diamètre du bord de l'évidement sollicité à la traction perpendiculaire; l'effort de traction $F_{t,90,Ed}$ est introduit sur la longueur d'ancrage l_{ad} , voir figure 52

h hauteur de la poutre

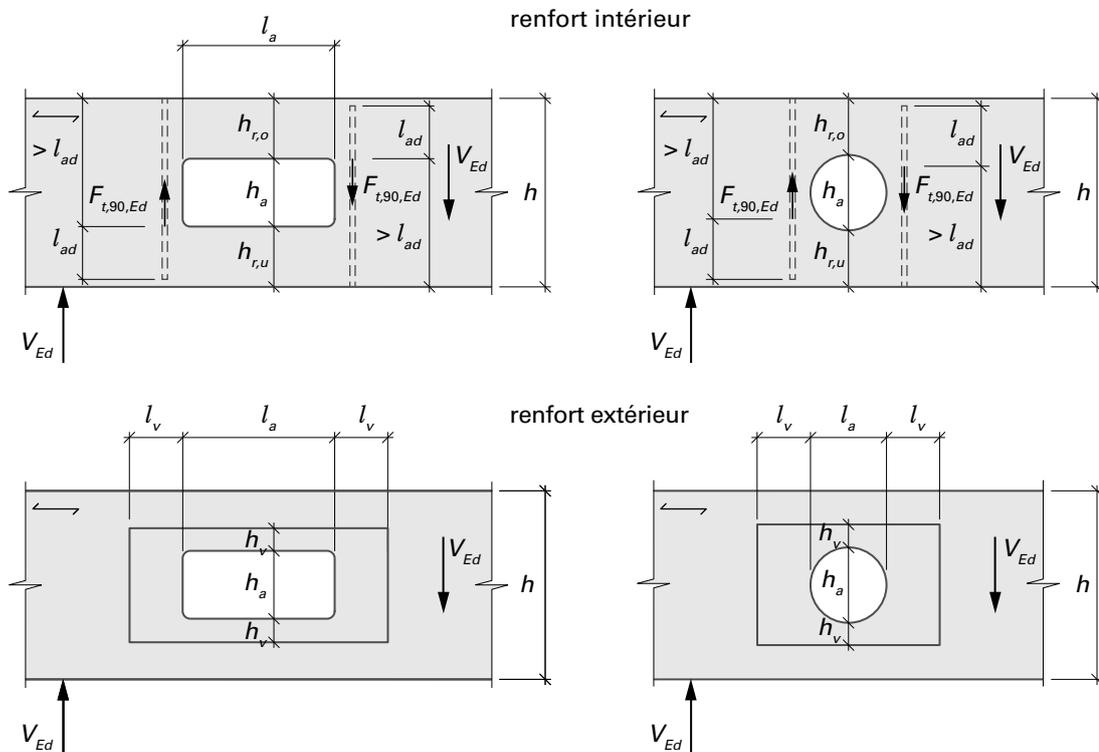
h_a hauteur de l'évidement

h_r hauteur résiduelle supérieure/inférieure. Introduire la plus petite des deux valeurs; pour les évidements circulaires, il est admis d'augmenter la hauteur résiduelle $h_{r,u}$ resp. $h_{r,o}$ de 0,15 fois le diamètre de l'évidement

V_{Ed} valeur de dimensionnement de l'effort tranchant au bord de l'évidement

M_{Ed} valeur de dimensionnement du moment de flexion au bord de l'évidement

Figure 52 Évidement avec renforts



E.4.3 Les renforts intérieurs doivent être disposés perpendiculairement au fil et le plus proche possible du bord ou de l'angle de l'évidement.

Les plaques de renfort extérieures collées doivent recouvrir la poutre de toute part de l'évidement sur un quart de la longueur de l'évidement l_a , cependant dans la direction longitudinale de la poutre, la longueur du recouvrement ne sera pas supérieure à 30% de la somme de la hauteur de la poutre h et de la hauteur de l'évidement h_a ($h_v \geq 0,25 \cdot l_a$ et $0,25 \cdot l_a \leq l_v \leq 0,3 \cdot (h + h_a)$).

E.4.4 Pour des renforts intérieurs, un seul moyen d'assemblage peut être pris en compte par côté dans la direction longitudinale de la poutre.

E.5 Renfort de poutres courbes et à inertie variable en bois lamellé collé

E.5.1 Le renfort des zones soumises à la traction perpendiculaire des poutres courbes ou à inertie variable doit être dimensionné pour la valeur de dimensionnement de l'effort de traction $F_{t,90,Ed}$ suivant:

$$F_{t,90,Ed} = k_B \cdot \frac{b \cdot a_1}{n} \cdot \sigma_{t,90,d} \quad (146)$$

$F_{t,90,Ed}$ valeur de dimensionnement de l'effort de traction agissant sur le renfort; l'effort de traction agit au niveau de l'axe de la poutre et doit être ancré de part et d'autre sur la longueur l_{ad}

$\sigma_{t,90,d}$ valeur de dimensionnement de la contrainte de traction perpendiculaire au fil maximale selon le chiffre 5.1.3

k_B coefficient pour les poutres courbes et à inertie variable pour déterminer la répartition des sollicitations en traction perpendiculaire au fil:

$k_B = 1,0$ dans les deux quarts intérieurs de la zone sollicitée en traction perpendiculaire au fil

$k_B = 0,67$ dans les deux quarts extérieurs de la zone sollicitée en traction perpendiculaire au fil

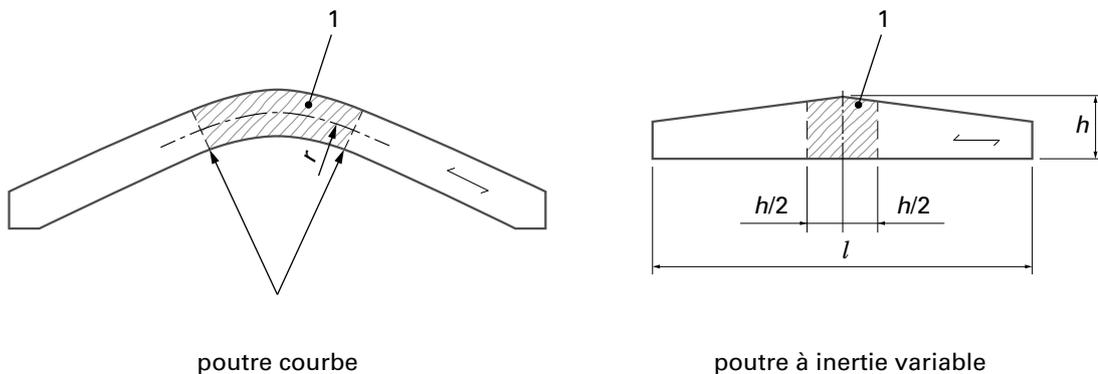
pour les poutres en arc, il faut prendre en compte le coefficient $k_B = 1,0$ et le domaine des contraintes de traction perpendiculaire au fil $\sigma_{t,90,d}$ effectif.

b largeur de la poutre

a_1 entraxe des renforts dans la direction longitudinale, à l'axe de la poutre

n nombre d'éléments de renfort sur la longueur a_1 .

Figure 53 Domaine sollicité à la traction perpendiculaire (1) de poutres courbes et de poutres à inertie variable



E.5.2 Les renforts intérieurs doivent s'étendre sur l'entier de la hauteur de la poutre, à l'exception d'une lamelle de bord. L'entraxe des moyens de renfort sur la face supérieure de la poutre doit être d'au moins 250 mm et ne pas excéder cependant 75 % de la hauteur de la poutre.

Annexe F (informative)

Publications

Cette annexe contient des références à d'autres publications portant sur des thèmes associés à la présente norme.

- [1] Bois et panneaux à base de bois. Critères de qualité dans la construction et l'aménagement intérieur – Usages du commerce: document d'application nationale basé sur les normes européennes, Lignum 2021, ISBN: 978-3-906703-53-4
- [2] Charakteristische Werte für mechanische Eigenschaften und Rohdichte von visuell nach DIN 4074-1 sortierten Brettern aus Fichte und Tanne mit Schweizer Herkunft, Sortierbericht gemäss EN 14081-1:2016. Holzindustrie Schweiz (HIS), 2017
- [3] Dimensionnement de la résistance au feu – Eléments de construction et assemblages, Documentation Lignum protection incendie 3.1, Lignum, 2019
- [4] Préservation du bois dans le bâtiment, Lignatec 1, directive Empa/Lignum, 1995

Annexe G (informative)

Index des termes

Tableau 51 Index alphabétique des termes définis au chapitre 1

Français	Allemand	Italien	Anglais	chiffre
À arêtes vives	scharfkantig	A spigoli vivi	Sharp-edged	1.1.25
Aboutage à entures multiples de grandes dimensions	Universal-Keilzinkenverbindung	Legno lamellare incollato con giunti a pettine grandi	Glulam with large finger-joints	1.1.7
Adhésifs	Klebstoffe	Adesivi	Glues, adhesives	1.1.40
Assemblage à entures multiples	Keilzinkenverbindung	Giunto a pettine	Finger joint	1.1.6
Aubier, bois d'aubier	Splint, Splintholz	Alburno	Sapwood	1.1.23
Bois	Holz	Legno	Timber	1.1.1
Bois lamellé	Brettstapel	Legno lamellare	Laminated timber	1.1.10
Bois lamellé collé en bloc	Verbundbauteil aus Brettschichtholz	Blocco incollato lamellare	Block-glued glulam	1.1.8
Bois lamellé croisé	Brettsperrholz	Legno lamellare incollato	Cross-laminated timber	1.1.14
Bois lamellé collé	Brettschichtholz	Lamellare incollato	Glued laminated timber	1.1.5
Bois massif	Vollholz	Legno massiccio, segato	Solid timber	1.1.2
Bois massif à entures multiples	Keilgezinktes Vollholz	Legno massiccio, segato, con giunti a pettine	Finger-jointed solid timber	1.1.3
Bois massif reconstitué	Balkenschichtholz	Legno massiccio ricostituito	Glued solid timber	1.1.4
Bois panneau à une couche	Einlagige Massivholzplatte	Pannello massiccio monostrato	Single layer solid wood panel	1.1.12
Bois panneau multicouche	Mehrlagige Massivholzplatte	Legno massiccio a strati incrociati	Solid wood panel with multiple layers (SWP)	1.1.13
Bois parfait	Kern, Kernholz	Durame	Heartwood	1.1.22
Boulon	Bolzen	Bulloni (bulloni di carpenteria)	Bolts	1.1.37
Broche	Stabdübel (früher Passbolzen)	Spinotto calibrato	Dowel-type fastener	1.1.36
Classe de résistance	Festigkeitsklasse	Classe di resistenza	Strength class	1.1.28
Classement mécanique	Maschinelle Sortierung	Classificazione a macchina	Machine grading	1.1.27
Contreplaqué (à plis)	Furniersperrholz	Legno compensato impiallacciato	Plywood	1.1.16
Crampons et goujons annulaires	Einpress- und Einlassdübel	Anelli di congiunzione	Toothed-plate and ring connectors	1.1.38
Densité	Rohdichte	Densità	Bulk density	1.1.33
Dérivés du bois	Holzwerkstoffe	Derivati di legno	Derived wood products	1.1.11
Embrèvement	Versatz	Giunto a dente	Bevel shoulder, step joint	1.1.39

Tableau 51 Index alphabétique des termes définis au chapitre 1 (suite)

Français	Allemand	Italien	Anglais	chiffre
Équilibre hygrosopique	Ausgleichsfeuchte	Equilibrio igroscopico	Equilibrium moisture content	1.1.31
Flache	Baumkante	Smusso	Wane	1.1.24
Fluage	Kriechen	Scorrimento viscoso	Creep	1.1.34
Lame	Lamelle	Lamella	Lamination	1.1.9
Lamibois	Furnierschichtholz	Legno impiallacciato	Laminated veneer lumber	1.1.15
Liber	Bast	Libro	Bast	1.1.21
Panneau de fibre	Faserplatte	Pannello di fibre	Fibre board	1.1.20
Panneau de fibres liées au ciment	Zementgebundene Spanplatte	Pannello di trucioli legati con cemento	Cement-bonded particle board	1.1.18
Panneau de particules liées à la résine synthétique	Kunstharzgebundene Spanplatte	Pannello di trucioli	Particle board	1.1.17
Panneau OSB	OSB-Platte	Pannello OSB	Oriented strand board (OSB)	1.1.19
Résistance à la pression latérale	Lochleibungsfestigkeit	Pressione laterale ultima sul cotorno del foro	Embedment strength	1.1.35
Saturation des fibres	Fasersättigung	Saturazione delle fibre	Fibre saturation point	1.1.32
Température normale	Normaltemperatur	Temperatura normale	Normal temperature	1.1.29
Teneur en eau du bois	Holzfeuchte	Umidità del legno	Moisture content	1.1.30
Triage visuel	Visuelle Sortierung	Classificazione visuale	Visual grading	1.1.26

Organisations représentées dans la commission SIA 265

Empa	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche
EPF Zurich	École polytechnique fédérale de Zurich
HESB-ABGC	Haute école spécialisée bernoise – Architecture, bois et génie civil
Holzbau CH	Holzbau schweiz
IBS	Industrie du bois Suisse
Lignum	Lignum, Économie suisse du bois

Commission SIA 265, Construction en bois

		Représentant de
Président	Andrea Frangi, Prof. Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Zurich	ETH Zurich
Membres	Christoph Fuhrmann, dipl. Holzbau Ing. HTL/SIA, Unterseen Rico Kaufmann, dipl. Ing. Holzbau HTL/SIA, Roggwil Wolfram Kübler, dipl. Bau-Ing. FH/SIA, Zurich Beat Lauber, dipl. Holzbau Ing. FH/SIA, Lucerne Urs Christian Luginbühl, Ing. HTL, Bienne Peter Makiol, dipl. Holzbau Ing. HTL/SIA, Beinwil am See Pedro Palma, Dr. Sc. ETH Zurich, Eng. Civil IST, Dübendorf Denis Pflug, ing. civil dipl. HES, Le Mont-sur-Lausanne Silvio Pizio, Dr. sc. techn., dipl. Ing. ETH, Wolfhalden Gunther Ratsch, MSc Ing. BFH/SIA, Zurich Stephan Schilling, MSc ETH Bau-Ing., Zurich Christophe Sigrist, Dr. Ph. D., ing. civil dipl. EPF/SIA, Bienne Gordian Stapf, dipl. (Holz) Bau-Ing. (FH)/Univ., Sempach Station René Steiger, Dr. sc. techn., dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Dübendorf Thomas Strahm, dipl. Holzbau Ing. HTL, Lungern Niklaus Wirz, dipl. Holzbau Ing. FH/SIA, Rain	Bureau d'études Entreprise, Holzbau CH Bureau d'études Bureau d'études Bureau d'études, IBS Bureau d'études Empa Lignum Bureau d'études Lignum ETH Zurich HESB-ABGC Entreprise Empa Entreprise Bureau d'études

Responsable Bureau SIA Heike Mini, dipl. Bau-Ing. TU/SIA, Zurich

Adoption et validité

La Commission centrale des normes de la SIA a adopté la présente norme SIA 265 le 10 novembre 2020.

Elle est valable à partir du 1^{er} mai 2021.

Elle remplace la norme SIA 265 *Construction en bois*, édition 2012.

Copyright © 2021 by SIA Zurich

Tous les droits de reproduction, même partielle, de copie intégrale ou partielle, d'enregistrement ainsi que de traduction sont réservés.