

Document d'aide à la justification d'assemblages d'éléments de charpente par goussets à base de bois

Mars 2018

Christophe Merz

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Institut technologique FCBA :

Forêt, Cellulose, Bois – Construction,
Ameublement

Avec le soutien

CODIFAB

comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	4
2.	METHODE SIMPLIFIEE	5
	2.1 Domaine de validité.....	5
	2.1.1 Types d'assemblage.....	5
	2.1.2 Eléments à assembler	5
	2.1.3 Goussets.....	5
	2.1.4 Organes de fixation.....	6
	2.1.5 Dispositions d'assemblage	6
	2.2 Démarche de la méthode simplifiée.....	7
	2.3 Application pratique n°1 : Assemblage Poinçon / Arbalétrier	9
	2.3.1 Définition des éléments de structure à assembler	9
	2.3.2 Choix du gousset.....	9
	2.3.3 Efforts à reprendre.....	9
	2.3.4 Choix de l'organe d'assemblage	10
	2.3.5 Détermination de la résistance caractéristique de l'assemblage	11
	2.3.6 Disposition des organes :	11
	2.4 Application pratique n°2 : Assemblage Entrait / Arbalétrier	14
	2.4.1 Définition des éléments de structure à assembler	14
	2.4.2 Choix du gousset.....	14
	2.4.3 Efforts à reprendre.....	14
	2.4.4 Choix de l'organe d'assemblage	15
	2.4.5 Détermination de la résistance caractéristique de l'assemblage	16
	2.4.6 Disposition des organes :	17
3.	DEFINITIONS ET EXIGENCES SUR LES MATERIAUX	20
	3.1 Matériaux en bois.....	20
	3.1.1 Eléments de structure en bois.....	20
	3.1.2 Panneaux à base de bois : caractéristiques pour utilisation en goussets.....	22
	3.1.3 Durabilité.....	24
	3.2 Organes de fixation	24
	3.2.1 Pointes.....	25
	3.2.2 Vis.....	25
4.	PRINCIPES ET METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT.....	27
	4.1 Principes de fonctionnement des assemblages par goussets.....	27
	4.1.1 Résistance aux efforts latéraux (cisaillement).....	27
	4.1.2 Résistance aux efforts axiaux (traction)	28
	4.2 Dimensionnement des assemblages suivant l'Eurocode 5	29
	4.2.1 Méthodologie	29
	4.2.2 Dispositions minimales	30
	4.2.3 Portance locale	33
	4.2.4 Moment d'écoulement plastique ($M_{y,Rk}$).....	33
	4.2.5 Résistance caractéristique en simple cisaillement par organe ($F_{v,R,k}$).....	34
	4.2.6 Effet de nombre	36
	4.2.7 Résistance caractéristique au cisaillement de l'assemblage	37
	4.2.8 Résistance de calcul au cisaillement de l'assemblage.....	37
5.	APPLICATIONS PRATIQUES.....	40

5.1	EXEMPLE n°1 – Assemblage Poinçon / Arbalétrier d'une ferme latine avec goussets en complément de l'embrèvement.....	40
5.1.1	Définition des éléments de structure à assembler	40
5.1.2	Efforts à reprendre	41
5.1.3	Choix du gousset	42
5.1.4	Choix des organes d'assemblage	42
5.1.5	Disposition des organes	43
5.1.6	Résistance caractéristique en cisaillement par organe	44
5.1.7	Nombre d'organes d'assemblage.....	46
5.1.8	Dimensionnement du gousset.....	47
5.2	EXEMPLE n°2 – Assemblage Entrait / Arbalétrier d'une ferme latine avec goussets en complément de l'embrèvement.....	49
5.2.1	Efforts à reprendre.....	50
5.2.2	Choix du gousset.....	51
5.2.3	Choix des organes d'assemblage	51
5.2.4	Disposition des organes	52
5.2.5	Résistance caractéristique en cisaillement par organe	53
5.2.6	Nombre d'organes d'assemblage.....	54
5.2.7	Dimensionnement du gousset.....	56
6.	ANNEXE 1 - PLAGES DE PERFORMANCE D'ASSEMBLAGES PAR GOUSSETS	58
6.1	Assemblages panneau/bois par pointes	58
6.1.1	Résistance en simple cisaillement par pointe.....	58
6.1.2	Résistance en simple cisaillement d'assemblage par pointes	63
6.2	Assemblages panneau/bois par vis en simple cisaillement.....	73
6.2.1	Résistance en simple cisaillement par vis	74
6.2.2	Résistance en simple cisaillement d'assemblage par vis.....	79
7.	ANNEXE 2 – MODELISATION DES ASSEMBLAGES	90
7.1	Lignes d'épure et excentricités	90
7.2	Rigidité des assemblages.....	90

1. INTRODUCTION

L'objectif du document est de présenter les principaux points de conception et dimensionnement à froid des assemblages par goussets à base de bois, conformément à l'Eurocode 5.

Il est principalement destiné à la réalisation de complément ou renfort d'assemblages de charpente traditionnelle, c'est-à-dire relevant du DTU 31.1.

La conception d'ouvrages de charpente uniquement assemblés par goussets, relevant du DTU 31.3, n'est pas traitée ici.

Il s'applique aux travaux neufs dans toutes les zones climatiques ou naturelles françaises. Les principes décrits peuvent également être appliqués en rénovation d'existants. Toutefois, ce type d'opération nécessite une étude préalable de faisabilité, basée sur un diagnostic de l'existant, dont la démarche et le contenu ne sont pas abordés ici.

Ce document vise uniquement la fixation des goussets par organes métalliques de type tige (pointes ou vis). Le collage préalable des goussets peut permettre de faciliter leur mise en place mais sa contribution à la résistance et à la rigidité des assemblages n'est pas prise en compte dans les justifications présentées.

L'épaisseur minimale des éléments de charpente en bois à assembler est de 35 mm (à un taux d'humidité du bois de 12%).

Seuls les assemblages symétriques, c'est-à-dire identiques sur chaque face, sont considérés.

Une méthode simplifiée de dimensionnement est présentée au §2.

Les propriétés et caractéristiques des matériaux sont définies au §3.

Les principes et la démarche de justification sont détaillés au §4.

Leur application pratique est décrite dans deux exemples au §5.

Des abaques et tableaux de valeurs de résistance d'assemblage sont donnés au §6.

2. METHODE SIMPLIFIEE

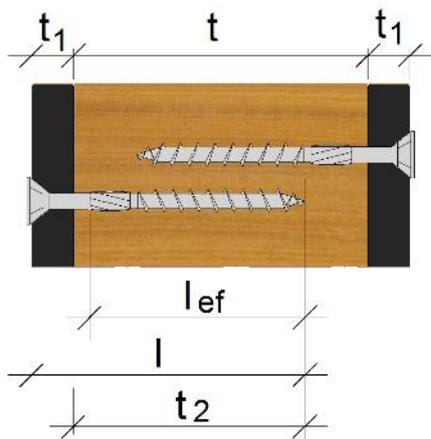
La méthode simplifiée présentée ici est basée sur l'utilisation de valeurs tabulées, correspondant à des configurations déterminées.

Cette approche conduit nécessairement à des résultats moins optimisés que ceux obtenus en menant une justification détaillée suivant les § 4 et 5 de ce document.

2.1 Domaine de validité

2.1.1 Types d'assemblage

- Assemblages bois/panneaux par goussets uniquement soumis à des efforts dans le plan des éléments de structure à assembler
- Assemblages symétriques et identiques sur les deux faces de l'élément central à assembler
- Organes de fixation (pointes ou vis) perpendiculaires au fil du bois
- Organes en simple cisaillement, avec recouvrement dans l'élément central
- Longueur d'organe sans recouvrement dans l'élément central supérieure à $4d$



- t : épaisseur de l'élément central à assembler
- t_1 : épaisseur du gousset
- t_2 : longueur de pénétration de l'organe dans l'élément central
- l_{ef} : longueur de pénétration de la partie filetée dans l'élément central
- $t-t_2$: longueur sans recouvrement

Figure 1 - Assemblage bois/panneau par pointe ou vis en simple cisaillement, symétrique, avec recouvrement dans l'élément central

2.1.2 Eléments à assembler

- Bois massif ou reconstitué : résineux C18, C24 et C30, feuillus D24, D30
- Bois lamellé-collé : résineux homogène GL24h et GL28h

2.1.3 Goussets

- Contreplaqué : 6 à 18 mm d'épaisseur
- OSB : 6 à 18 mm d'épaisseur
- Panneaux de particules : 6 à 18 mm d'épaisseur

2.1.4 Organes de fixation

✓ Pointes

- Tiges lisses et profilées (crantées, annelées, torsadées)
- Section circulaire
- Diamètre de la tige, d : 2,1 à 3,5 mm
- Diamètre de la tête, $d_h \geq 2d$
- Nuance fil d'acier : résistance à la traction du fil d'acier $f_{u,k} \geq 600 \text{ N/mm}^2$
- Longueur de pénétration de la pointe dans l'élément central à assembler, $t_2 \geq 12 d$

✓ Vis

- Diamètre nominal (extérieur filetage), d : 3 à 6 mm
- Diamètre de la tête, $d_h \geq 2d$
- Caractéristiques minimales (issues des valeurs déclarées par les principaux fabricants) :

Diamètre nominal	d	mm	3	3,5	4	4,5	5	6
Résistance caractéristique d'arrachement	$f_{ax,k}^*$	N/mm ²	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,5
Moment d'écoulement plastique caractéristique	$M_{y,Rk}$	N.mm	1435	1800	3033	3700	5417	9494
Résistance caractéristique en traction de la tige	$F_{tens,k}$	N	2800	3000	5000	5300	7900	11000
Résistance caractéristique à la traversée de tête	$f_{head,k}^*$	N/mm ²	8	8	8	8	8	8

* valeurs associées à une masse volumique $\rho_a = 350 \text{ kg/m}^3$

Tableau 1 – caractéristiques mécaniques minimales des vis

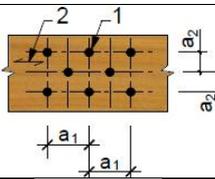
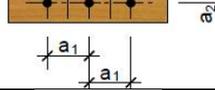
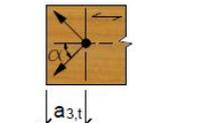
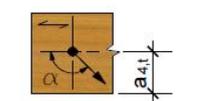
- Longueur de pénétration de la vis dans l'élément central à assembler $t_2 \geq 12 d$
- Longueur de pénétration de la partie filetée dans l'élément central à assembler, $l_{ef} \geq 4 d$

2.1.5 Dispositions d'assemblage

✓ Pré-perçage

- Pré-perçage pour D30 avec des pointes
- Pré-perçage pour D24 et D30 avec des vis

✓ Espacements et distances aux bords

Repérage		Espacements et distances minimaux					
1 Organe d'assemblage	Espacements et distances	C18, C24, C30, GL24h sans pré-perçage		D24*, GL28h sans pré-perçage		D24, D30 avec pré-perçage	
2 Direction du fil du bois		d < 5 mm	8,5 d	12,8 d		4,3 d	
	a₁ (espacement parallèle au fil)	d < 5 mm	8,5 d	12,8 d		4,3 d	
		d ≥ 5 mm	10,2 d				
	a₂ (espacement perpendiculaire au fil)	4,3 d		6 d		2,6 d	
	a₃ (distance extrémité)	15 d		20 d		12 d	
		7 d pour contreplaqué					
	a₄ (distance rive)	d < 5 mm	7 d	d < 5 mm	9 d	d < 5 mm	5 d
		d ≥ 5 mm	10 d	d ≥ 5 mm	12 d	d ≥ 5 mm	7 d
		7d pour contreplaqué					

* avec pointes uniquement

Tableau 2 - Espacements minimaux entre organes et distances aux bords minimales

2.2 Démarche de la méthode simplifiée

1. Définition des éléments de structure à assembler :
 - Classe de service de l'ouvrage : 1, 2 ou 3
 - Classe mécanique des éléments de structure à assembler
 - Géométrie :
 - o Section : hauteur h x épaisseur t
 - o Angle des éléments, position relative
2. Choix du gousset :
 - Type de panneau : Contreplaqué ou OSB/Panneau de Particules
 - Epaisseur de panneau t_1
3. Définition des efforts à reprendre :
 - Valeur de l'effort de calcul de combinaison (ELU) : F_d
 - Valeur de l'effort caractéristique de combinaison : $F_k = F_d \gamma_M / k_{mod}$

γ_M / k_{mod} dépend de la classe de durée de chargement, de la classe de service et des matériaux :

Assemblage	Classe de service	Classe de durée de chargement				
		Action permanente Poids propre (G)	Action long terme Stockage	Action moyen terme Exploitation (Q) Neige (S) $H \geq 1000m$	Action court terme Neige (S) $H < 1000m$	Action instantanée Vent (W)
Contreplaqué / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	2,167	1,857	1,625	1,444	1,182
	2	2,167	1,857	1,625	1,444	1,182
	3	2,600	2,364	2,000	1,857	1,444
OSB, panneau de particules / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	3,095	2,321	1,806	1,494	1,182
	2	3,714	2,826	2,167	1,781	1,383

Tableau 3 – Valeurs du rapport γ_M / k_{mod} d'assemblages

4. Choix de l'organe d'assemblage :
 - Type d'organe : pointes ou vis
 - Pointes
 - Diamètre : d
 - Longueur de la tige : L
 - o Longueur minimale pour assurer l'ancrage, $L \geq t_1 + 12d$
 - o Longueur maximale pour limiter le recouvrement, $L < t_1 + t - 4d$
 - Vis
 - Diamètre nominal : d
 - Longueur totale de la vis : L
 - o Longueur minimale pour assurer l'ancrage, $L \geq t_1 + 7d$
 - o Longueur maxi pour limiter le recouvrement, $L < t_1 + t - 4d$
 - Longueur de la partie filetée : L_g
 - o Longueur minimale de pénétration de la partie filetée dans l'élément à assembler, $L_{ef} \geq 4d$, avec
 - $L_{ef} = L_g$ si $L_g \leq L - t_1$
 - $L_{ef} = L - t_1$ si $L_g > L - t_1$
5. Détermination de la résistance caractéristique de l'assemblage :

- Utilisation des valeurs tabulées de l'Annexe 1 (§6).

La référence du tableau à utiliser suivant le type de gousset (contreplaqué ou OSB/Panneau de particules) et la classe mécanique du bois massif/massif reconstitué ou lamellé-collé est indiquée ci-dessous :

- Pointes (§6.1.2)

Gousset \ Classe	BM ou BMR					BLC	
	C18	C24	C30	D24	D30	GL24h	GL28h
Contreplaqué	Tab.P1	Tab.P2	Tab.P3	Tab.P4	Tab.P5	Tab.P6	Tab.P7
OSB ou Panneau de particules	Tab.P8	Tab.P9	Tab.P10	Tab.P11	Tab.P12	Tab.P13	Tab.P14

Tableau 4 – Référence des tableaux de valeurs de résistance d'assemblage panneaux/bois par pointes

- Vis (§6.2.2)

Gousset \ Classe	BM ou BMR					BLC	
	C18	C24	C30	D24	D30	GL24h	GL28h
Contreplaqué	Tab.V1	Tab.V2	Tab.V3	Tab.V4	Tab.V5	Tab.V6	Tab.V7
OSB ou Panneau de particules	Tab.V8	Tab.V9	Tab.V10	Tab.V11	Tab.V12	Tab.V13	Tab.V14

Tableau 5 – Référence des tableaux de valeurs de résistance d'assemblage panneaux/bois par vis

Ces tableaux donnent directement la résistance caractéristique d'un assemblage en cisaillement pour une file de n organes suivant le fil du bois sur chaque face, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$.

- Résistance caractéristique de l'assemblage :
 $F_{v,Ass,Rk,0} = F_{v,Ass\ m=1,Rk,0} \times m$
 avec m : nombre de files de n organes suivant le fil du bois

6. Disposition des organes :

- Choix du nombre d'organes :
 Il faut vérifier $F_{v,Ass,Rk,0} > F_k$
 ce qui revient à retenir $m > F_k / F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$, arrondi à l'entier supérieur
- Respect des espacements minimaux entre organes et des distances minimales aux bords :
 Pour chaque élément à assembler, suivant sa classe mécanique et le diamètre des organes, on déduit du Tableau 2 :
 - Espacement minimal entre organes d'une file suivant le fil du bois, a_{1min}
 - Espacement minimal entre files, a_{2min}
 - Distance minimale des organes par rapport aux extrémités, a_{3min}
 - Distance minimale des organes par rapport aux rives a_{4min} .

Compte tenu de ces valeurs minimales à respecter Il faut s'assurer que le nombre retenu de files d'organes suivant le fil du bois, m, peut être disposé sur la hauteur de l'élément à assembler. Il faut donc vérifier $h_u > h_m$, avec

- h_u , hauteur utile maximale pour disposer les files d'organes dans l'élément, $h_u = h - 2 \times a_{4min}$
- h_m , distance minimale entre files extrêmes d'organes sur la hauteur de l'élément, $h_m = (m-1) \times a_{2min}$

Cela revient à vérifier :

$$m \leq m_{\max} = \text{entier} (1 + h_u / a_{2\min}) = \text{entier} (1 + (h - 2 \times a_{4\min}) / a_{2\min})$$

Si cette condition n'est pas vérifiée, il faut réduire le nombre de files, m et donc augmenter en conséquence n, le nombre d'organes par files suivant le fil du bois.

Pour la valeur de m retenue, l'espacement a_2 entre files doit être compris entre $a_{2\min}$ et $a_{2\max} = h_u / (m-1)$.

2.3 Application pratique n°1 : Assemblage Poinçon / Arbalétrier

La description de cet exemple avec sa justification détaillée figure au § 5.1.

2.3.1 Définition des éléments de structure à assembler

- Assemblage Poinçon / Arbalétrier d'une ferme latine
- Classe de service 2
 - Arbalétriers (1) et (2)
 - classe mécanique C18
 - hauteur $h=160$ mm, épaisseur $t=75$ mm, angle $\alpha =30^\circ$
 - Poinçon (3) :
 - classe mécanique C18
 - hauteur $h=120$ mm, hauteur réduite par l'entaille $h_e = 80$ mm, épaisseur $t = 75$ mm

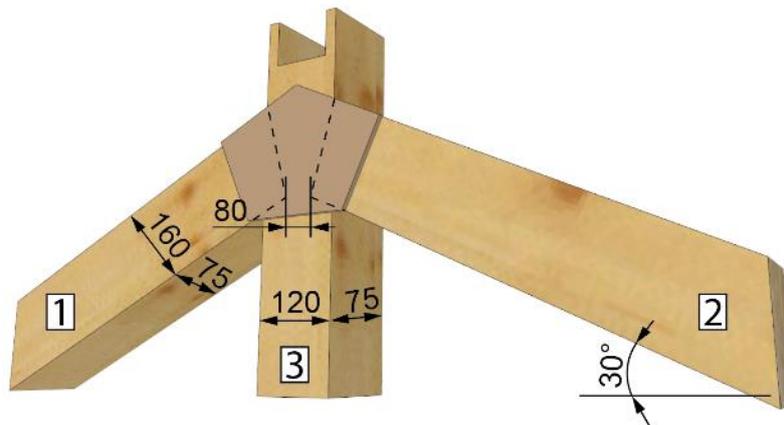


Figure 2 Exemple n°1 : Assemblage poinçon/Arbalétriers

2.3.2 Choix du gousset

- Gousset contreplaqué
- Epaisseur, $t_1 = 12$ mm

2.3.3 Efforts à reprendre

✓ Efforts de calcul

- Combinaison ELU (charge permanente+ neige) : $1,35G+1,5 S$

- Classe de durée de chargement : court terme
- Efforts à reprendre :
 - Soulèvement arbalétriers : $F_{1,2,d} = 600 \text{ daN}$
 - Réaction poinçon : $F_{3,d} = 1039 \text{ daN}$

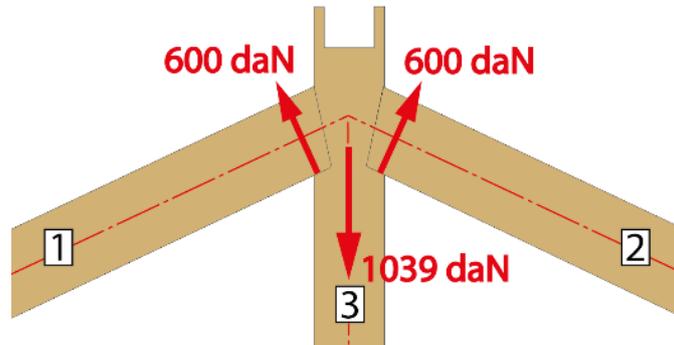


Figure 3 - Exemple n°1 : Efforts à reprendre par l'assemblage avec goussets

✓ Efforts caractéristiques

$$F_k = F_d \gamma_M / k_{mod}$$

Avec γ_M / k_{mod} , tiré du Tableau 3, dont un extrait est reproduit-ci-dessous

Assemblage	Classe de service	Classe de durée de chargement				
		Action permanente	Action long terme	Action moyen terme	Action court terme	Action instantanée
		Poids propre (G)	Stockage	Exploitation (Q) Neige (S) $H \geq 1000\text{m}$	Neige (S) $H < 1000\text{m}$	Vent (W)
Contreplaqué / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	2,167	1,857	1,625	1,444	1,182
	2	2,167	1,857	1,625	1,444	1,182
	3	2,600	2,364	2,000	1,857	1,444

Figure 4 - Extrait Tableau 3 – Valeurs du rapport γ_M / k_{mod} d'assemblages

- Soulèvement arbalétriers : $F_{1,2,k} = 600 \times 1,444 = 866 \text{ daN}$
- Réaction poinçon : $F_{3,k} = 1039 \times 1,444 = 1500 \text{ daN}$

2.3.4 Choix de l'organe d'assemblage

- Pointes
 - Diamètre : $d = 3,1 \text{ mm}$
 - Longueur de la tige : L
 - Longueur mini pour respecter l'ancrage mini, $L \geq t_1 + 12d = 12 + 12 \times 3,1 = 49,2 \text{ mm}$
 - Longueur maxi pour limiter le recouvrement, $L < t_1 + t - 4d = 12 + 75 - 4 \times 3,1 = 74,6 \text{ mm}$
- ⇒ On retient $L = 50 \text{ mm}$

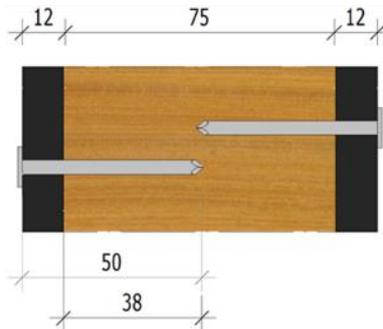


Figure 5 – Longueur d’ancrage et recouvrement des pointes

2.3.5 Détermination de la résistance caractéristique de l’assemblage

- La classe mécanique du bois massif des arbalétriers et du poinçon étant C18, le tableau de valeurs de résistance d’assemblage par pointes figurant au §6.1.2 de l’Annexe 1 à utiliser est le tableau Tab.P1

Gousset	Classe	BM ou BMR					BLC	
		C18	C24	C30	D24	D30	GL24h	GL28h
Contreplaqué		Tab.P1	Tab.P2	Tab.P3	Tab.P4	Tab.P5	Tab.P6	Tab.P7

L’extrait du tableau Tab.P1 pour une épaisseur de gousset de 12mm est reproduit ci-dessous :

Contreplaqué sur C18 par pointes, $t_2 \geq 12d$ Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a_1 = a_{1min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
12	1	1,0	32	102	114	130	148	172
	2	1,7	156	173	194	221	252	292
	3	2,3	212	235	262	299	340	396
	4	2,9	267	296	331	377	429	499
	5	3,5	322	357	399	455	518	602
	6	4,0	368	408	456	520	592	688

Figure 6 - Extrait tableau Tab. P1

- Pour une file suivant le fil du bois d’une seule pointe ($n=1$) de 3,1 mm de diamètre,
 - o la résistance caractéristique d’une file sur chaque face est $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0} = 148$ daN
 - o la résistance caractéristique de l’assemblage est $F_{v,Ass,Rk,0} = 148 \times m$ avec m, nombre de file d’organes suivant le fil du bois

2.3.6 Disposition des organes :

✓ Arbalétriers

- Choix du nombre d’organes :

Le nombre de files d'organes parallèles au fil, m , doit être supérieur au rapport $F_k / F_{v,Ass,Rk,0}$, arrondi à l'entier supérieur, soit pour $n=1$:

$$m > F_{1,2,k} / F_{v,Ass\ m=1,Rk,0} = 866/148 = 5,9 \Rightarrow m = 6$$

- Respect des espacements minimaux entre organes et des distances minimales aux bords :

On déduit du Tableau 2

- $a_{1min} = 8,5 d = 26 \text{ mm}$
- $a_{2min} = 4,3 d = 13 \text{ mm}$
- $a_{3min} = 15 d = 47 \text{ mm}$
- $a_{4min} = 7 d = 22 \text{ mm}$

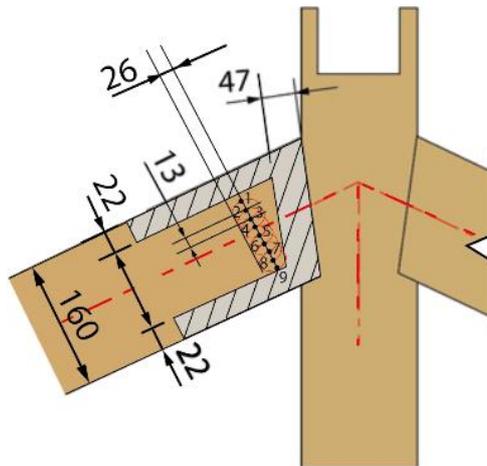


Figure 7 - Exemple n°1 : Distances et espacements mini des pointes dans l'arbalétrier

- Hauteur utile pour disposer les organes :

$$h_u = h - 2 \times a_{2min} = 160 - 2 \times 22 = 116 \text{ mm}$$

Nombre maximal de files pouvant être disposées sur la hauteur :

$$m_{max} = \text{entier} (1 + h_u / a_{2min}) = \text{entier} (1 + 116/13) = \text{entier} (9,9) = 9$$

avec $m = 6$, on vérifie bien $m \leq m_{max}$.

Espacement maximal des files :

$$a_{2max} = h_u / (m-1) = 116/5 = 23 \text{ mm}$$

⇒ On retient donc, pour la fixation du gousset sur chaque arbalétrier, 1 rangée de 6 pointes de 3,1 mm de diamètre, avec un espacement a_2 compris entre 13 et 23 mm.

✓ Poinçon

- Choix du nombre d'organes :

Le nombre de files d'organes parallèles au fil, m , doit être supérieur au rapport $F_k / F_{v,Ass,Rk,0}$, arrondi à l'entier supérieur, soit pour $n=1$:

$$m > F_{3,k} / F_{v,Ass\ m=1,Rk,0} = 1500/148 = 10,1 \Rightarrow m = 11$$

- Respect des espacements minimaux entre organes et des distances minimales aux bords :

On déduit du Tableau 2

- $a_{1min} = 8,5 d = 26 \text{ mm}$

- $a_{2min} = 4,3 d = 13 \text{ mm}$
- $a_{3min} = 15 d = 47 \text{ mm}$
- $a_{4min} = 7 d = 22 \text{ mm}$

- Hauteur utile pour disposer les organes :

$$h_u = h_e - 2x a_{4min} = 80 - 2x22 = 36 \text{ mm}$$

Nombre maximal de files pouvant être disposées sur la hauteur :

$$m_{max} = \text{entier} (1 + h_u/a_{2min}) = \text{entier} (1 + 36/13) = \text{entier} (3,8) = 3$$

avec $m = 11$, $m > m_{max}$,

Le nombre maximal de files, m , étant limité à 3, il faut augmenter le nombre d'organes par files, n .

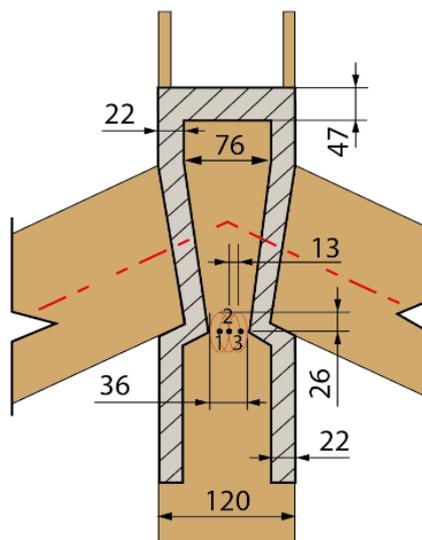


Figure 8 - Exemple n°2 : Distances et espacements mini des pointes dans le poinçon

- Pour 3 files d'organes suivant le fil du bois sur chaque face, le nombre n d'organes par file sur chaque face doit permettre de vérifier :

$$F_{v,Ass m=1,Rk,0} \times m > F_{3,k}$$

$$F_{v,Ass m=1,Rk,0} > / m = 1500/3 = 500$$

On lit sur l'extrait du tableau Tab.P1 que cette valeur minimale est obtenue pour un nombre d'organes $n \geq 5$.

Contreplaqué sur C18 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n _{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
12	1	1,0	92	102	114	130	148	172
	2	1,7	156	173	194	221	252	292
	3	2,3	212	235	262	299	340	396
	4	2,9	267	296	331	377	429	499
	5	3,5	322	357	399	455	518	602
	6	4,0	368	408	456	520	592	688

Figure 9 - Extrait tableau Tab. P1

Espacement maximal des files :

$$a_{2\max} = h_u / (m-1) = 36,6/2 = 18,3 \text{ mm}$$

- ⇒ On retient donc, pour la fixation du gousset sur l'entrait, 3 files de 5 pointes de 3,1 mm de diamètre, avec des espacements entre organes :
- $a_1 \geq 26 \text{ mm}$, dans le sens du fil
 - $13,2 \leq a_2 \leq 18,2$ entre les files d'organes.

2.4 Application pratique n°2 : Assemblage Entrait / Arbalétrier

La description de cet exemple avec sa justification détaillée figure au § 5.2.

2.4.1 Définition des éléments de structure à assembler

- Assemblage Entrait / Arbalétrier d'une ferme latine
- Classe de service 2
 - Entrait (1) :
 - classe mécanique C18
 - hauteur $h=160 \text{ mm}$, hauteur réduite par l'entaille $h_e = 128 \text{ mm}$, épaisseur $t = 75 \text{ mm}$
 - Arbalétrier (2)
 - classe mécanique C18
 - hauteur $h=160 \text{ mm}$, épaisseur $t= 75 \text{ mm}$, angle $\alpha = 30^\circ$

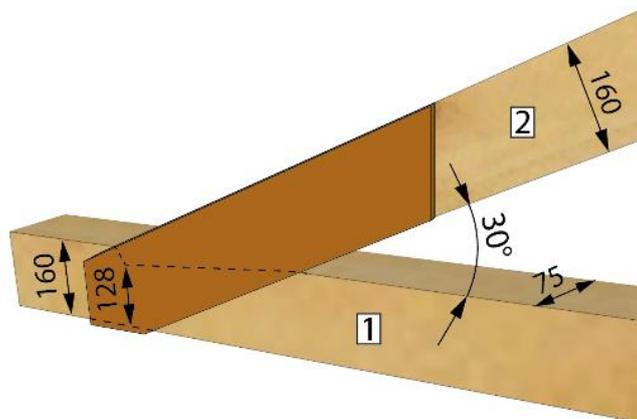


Figure 10 - Exemple n°2 : Assemblage Entrait/Arbalétrier

2.4.2 Choix du gousset

- Gousset contreplaqué
- Epaisseur, $t_1 = 12 \text{ mm}$

2.4.3 Efforts à reprendre

✓ Efforts de calcul

- Combinaison ELU (charge permanente+ vent en soulèvement) : G+1,5 W2
- Classe de durée de chargement : instantanée

- Efforts à reprendre :
 - o Soulèvement arbalétrier : $F_{2,d} = 1466 \text{ daN}$
 - o Réaction entrain : $F_{1,d} = F_{2,d} = 1466 \text{ daN}$

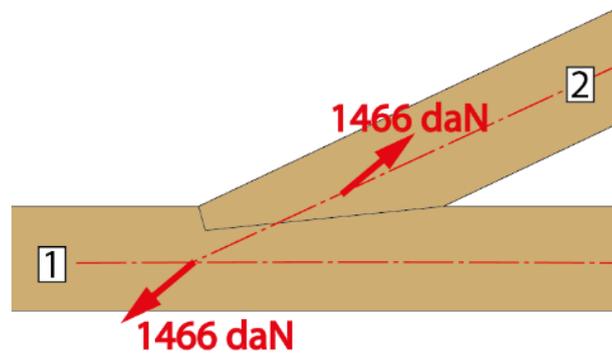


Figure 11 - Exemple n°2 : Efforts à reprendre par l'assemblage avec goussets

✓ Efforts caractéristiques

$$F_k = F_d \gamma_M / k_{mod}$$

Avec γ_M / k_{mod} , tiré du Tableau 3, dont un extrait est reproduit-ci-dessous

Assemblage	Classe de service	Classe de durée de chargement				
		Action permanente Poids propre (G)	Action long terme Stockage	Action moyen terme Exploitation (Q) Neige (S) H ≥ 1000m	Action court terme Neige (S) H < 1000m	Action instantanée Vent (W)
Contreplaqué / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	2,167	1,857	1,625	1,444	1,182
	2	2,167	1,857	1,625	1,444	1,182
	3	2,600	2,364	2,000	1,857	1,444
OSB, panneau de particules / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	3,095	2,321	1,806	1,494	1,182
	2	3,714	2,826	2,167	1,781	1,383

Figure 12 - Extrait Tableau 3 – Valeurs du rapport γ_M / k_{mod} d'assemblages

- o $F_{1,k} = F_{2,k} = 1466 \times 1,182 = 1733 \text{ daN}$

2.4.4 Choix de l'organe d'assemblage

- Vis
 - Diamètre : $d = 4,5 \text{ mm}$
 - Longueur de la tige : L
 - o Longueur mini pour respecter l'ancrage mini, $L \geq t_1 + 7d = 12 + 7 \times 4,5 = 43,5 \text{ mm}$
 - o Longueur maxi pour limiter le recouvrement, $L < t_1 + t - 4d = 12 + 75 - 4 \times 4,5 = 69 \text{ mm}$
 - ⇒ On retient $L = 45 \text{ mm}$
 - Longueur de la partie filetée : L_g
 - o Longueur minimale de pénétration de la partie filetée dans l'élément à assembler, $L_{ef} \geq 4d = 18 \text{ mm}$, avec $L_{ef} = L_g$ si $L_g \leq L - t_1 = 45 - 12 = 33 \text{ mm}$
 - ⇒ On retient $L_g = 26 \text{ mm}$

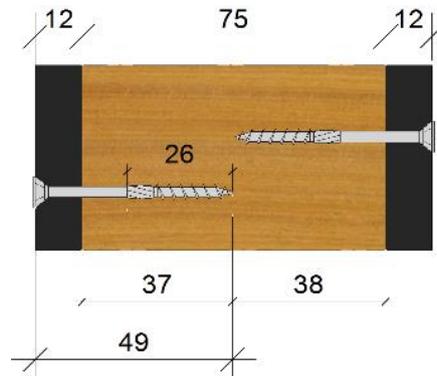


Figure 13 – Longueur d'ancrage des vis

2.4.5 Détermination de la résistance caractéristique de l'assemblage

- La classe mécanique du bois massif des arbalétriers et du poinçon étant C18, le tableau de valeurs de résistance d'assemblage par vis figurant au §6.2.2 de l'Annexe 1 à utiliser est le tableau Tab.V1

Gousset	Classe	BM ou BMR					BLC	
		C18	C24	C30	D24	D30	GL24h	GL28h
Contreplaqué		Tab.V1	Tab.V2	Tab.V3	Tab.V4	Tab.V5	Tab.V6	Tab.V7

L'extrait du tableau Tab.V1 pour une épaisseur de gousset de 12mm est reproduit ci-dessous :

Contreplaqué sur C18 par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm	n_{ef}	d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}							
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	$a1 = 10,2d$	51mm	61 mm
12	1	1,0	124	146	176	202	1,0	240	318
	2	1,7	211	248	303	343	1,6	384	509
	3	2,3	285	336	409	465	2,0	480	636
	4	2,9	360	423	516	586	2,5	600	795
	5	3,5	434	511	623	707	2,9	696	922
	6	4,0	496	584	712	808	3,3	792	1049

Figure 14 - Extrait tableau Tab. V1

- Pour une file suivant le fil du bois d'une seule vis ($n=1$) de 4,5 mm de diamètre,
 - o la résistance caractéristique d'une file sur chaque face est $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0} = 202$ daN
 - o la résistance caractéristique de l'assemblage est $F_{v,Ass,Rk,0} = 202 \times m$ avec m, nombre de file d'organes suivant le fil du bois

2.4.6 Disposition des organes :

✓ Entrait

- Choix du nombre d'organes :
Le nombre de files d'organes parallèles au fil, m , doit être supérieur au rapport $F_k / F_{v,Ass,Rk,0}$, arrondi à l'entier supérieur, soit pour $n=1$: $m > F_{1,k} / F_{v,Ass m=1,Rk,0} = 1733/202 = 8,6 \Rightarrow m = 9$
- Respect des espacements minimaux entre organes et des distances minimales aux bords :
On déduit du Tableau 2
 - $a_{1min} = 8,5 d = 38 \text{ mm}$
 - $a_{2min} = 4,3 d = 19 \text{ mm}$
 - $a_{3min} = 15 d = 68 \text{ mm}$
 - $a_{4min} = 7 d = 32 \text{ mm}$
- Hauteur utile pour disposer les organes :
 $h_u = h_e - 2x a_{4min} = 128 - 2x32 = 64 \text{ mm}$
Nombre maximal de files pouvant être disposées sur la hauteur :
 $m_{max} = \text{entier} (1 + h_u/a_{2min}) = \text{entier} (1 + 64/19) = \text{entier} (4,4) = 4$
avec $m=9$, $m > m_{max}$.
Le nombre maximal de files, m , étant limité à 4, il faut augmenter le nombre d'organes par files, n .

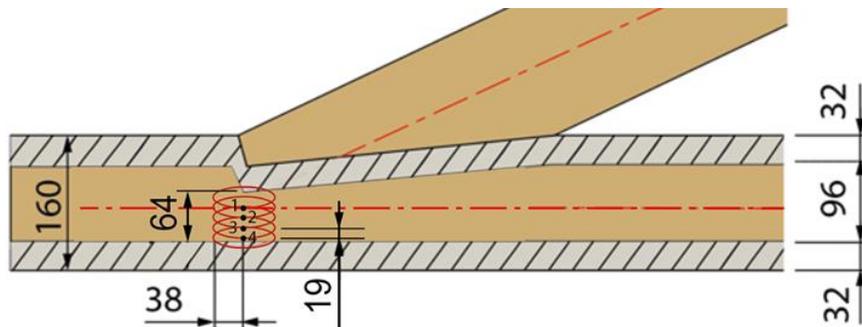


Figure 15 - Exemple n°2 : Distances et espacements mini des vis dans l'entrait

- Pour 4 files d'organes suivant le fil du bois sur chaque face, le nombre n d'organes par file sur chaque doit permettre de vérifier :
 $F_{v,Ass m=1,Rk,0} \times m > F_{3,k}$
 $F_{v,Ass m=1,Rk,0} > / m = 1733/4 = 433 \text{ daN}$
On lit sur l'extrait du tableau Tab.P1 reproduit ci-dessous que cette résistance minimale est obtenue pour un nombre d'organes $n \geq 3$.

Contreplaqué sur C18 par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm		d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}					n_{ef}		
	$a_1 = a_{1min} = 8,5d$		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	$a_1 = 10,2d$	51mm	61 mm
12	1	1,0	124	146	178	202	1,0	240	318
	2	1,7	211	248	303	343	1,6	384	509

3	2,3	285	336	409	465	2,0	480	636
4	2,9	360	423	516	586	2,5	600	795
5	3,5	434	511	623	707	2,9	696	922

Figure 16 - Extrait tableau Tab. V1

Espacement maximal des files :
 $a_{2\max} = h_u / (m-1) = 64/3 = 21 \text{ mm}$

- ⇒ On retient donc pour la fixation du gousset sur l'entrait 4 files de 3 vis de 4,5 mm de diamètre, avec des espacements entre organes :
- $a_1 \geq 38 \text{ mm}$, dans le sens du fil
 - $19 \leq a_2 \leq 21 \text{ mm}$ entre les files d'organes.

✓ Arbalétrier

- Choix du nombre d'organes :
 Le nombre de files d'organes parallèles au fil, m , doit être supérieur au rapport $F_k / F_{v,Ass,Rk,0}$, arrondi à l'entier supérieur, soit pour $n=1$:
 $m > F_{1,k} / F_{v,Ass,m=1,Rk,0} = 1733/202 = 8,6 \Rightarrow m = 9$
- Respect des espacements minimaux entre organes et des distances minimales aux bords :
 On déduit du Tableau 2
 - $a_{1\min} = 8,5 d = 38 \text{ mm}$
 - $a_{2\min} = 4,3 d = 19 \text{ mm}$
 - $a_{3\min} = 15 d = 68 \text{ mm}$
 - $a_{4\min} = 7 d = 32 \text{ mm}$
- Hauteur utile pour disposer les organes :
 $h_u = h - 2x a_{2\min} = 160 - 2 \times 32 = 96 \text{ mm}$
 Nombre maximal de files pouvant être disposées sur la hauteur :
 $m_{\max} = \text{entier} (1 + h_u / a_{2\min}) = \text{entier} (1 + 96/19) = \text{entier} (6,1) = 6$
 avec $m = 9, m > m_{\max}$.
 Le nombre maximal de files, m , étant limité à 6, il faut augmenter le nombre d'organes par files, n .

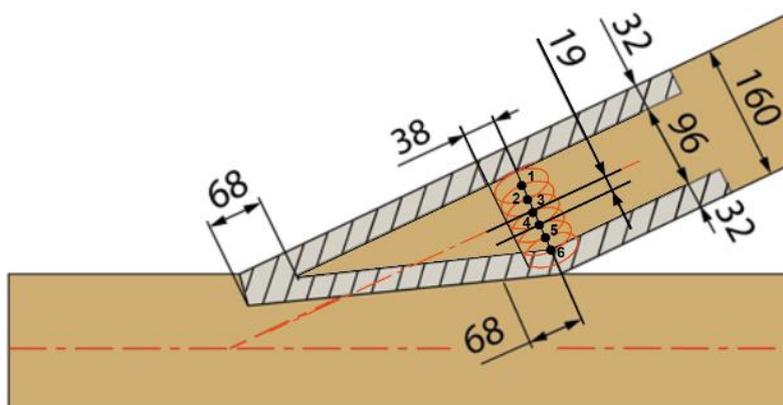


Figure 17 - Exemple n°2 : Distances et espacements mini des vis dans l'arbalétrier

- Pour 6 files d'organes suivant le fil du bois sur chaque face, le nombre n d'organes par file sur chaque doit permettre de vérifier :

$$F_{v,Ass\ m=1,Rk,0} \times m > F_{3,k}$$

$$F_{v,Ass\ m=1,Rk,0} > / m = 1733/6 = 289\ daN$$

On lit sur l'extrait du tableau Tab.V1 reproduit ci-dessous que cette résistance minimale est obtenue pour un nombre d'organes $n \geq 2$.

Contreplaqué sur C18 par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm		d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}					n_{ef}		
	$a_1 = a_{1min} = 8,5d$		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	$a_1 = 10,2d$	51mm	61 mm
12	1	1,0	124	146	178	202	1,0	240	318
	2	1,7	211	246	303	343	1,6	384	509
	3	2,3	285	336	409	465	2,0	480	636
	4	2,9	360	423	516	586	2,5	600	795
	5	3,5	434	511	623	707	2,9	696	922
	6	4,0	496	584	712	808	3,3	792	1049

Figure 18 - Extrait tableau Tab. V1

Espacement maximal des files :

$$a_{2max} = h_u / (m-1) = 96/5 = 19\ mm$$

- ⇒ On retient donc, pour la fixation du gousset sur l'arbalétrier, 6 files de 2 vis de 4,5 mm de diamètre, avec des espacements entre organes :
- $a_1 \geq 38\ mm$, dans le sens du fil
 - $a_2 = 19\ mm$ entre les files d'organes.

3. DEFINITIONS ET EXIGENCES SUR LES MATERIAUX

Les exigences sur les matériaux employés en travaux neufs et aux parties neuves des travaux de rénovation sont définies dans le DTU 31.1.

3.1 Matériaux en bois

3.1.1 Eléments de structure en bois

✓ Bois massifs structuraux

Les bois massifs structuraux, issus du sciage des grumes, doivent être classés selon leur résistance mécanique.

Le classement mécanique est à établir en référence aux classes définies dans la norme NF EN 338.

En travaux neufs, les éléments de bois massif employés doivent être conformes à la norme NF EN 14081-1 qui distingue les bois classés visuellement et les bois classés par machine pour lesquels les exigences complémentaires des normes NF EN 14081-2 à 4 s'appliquent.

Le classement visuel, basé sur des critères liés aux singularités du bois, permet d'affecter une classe de résistance mécanique aux essences et classes visuelles répertoriées par la norme NF EN 1912.

Dans le cas de travaux de rénovation, on pourra utiliser les critères de classement visuel pour évaluer la classe mécanique des éléments existants, en l'absence de données précises.

Le tableau suivant présente certaines propriétés de résistance, rigidité et masses volumiques définies dans la norme EN 338 pour les classes C18, C24 et C30 pour les résineux et D24 et D30 pour les feuillus.

Extrait de NF EN 338		Résineux			Feuillus	
		C18	C24	C30	D24	D30
Propriétés de résistance caractéristique (N/mm²)						
Flexion	$f_{m,k}$	18	24	30	24	30
Traction axiale	$f_{t,0,k}$	11	14	18	14	18
Compression axiale	$f_{c,0,k}$	18	21	23	21	23
Cisaillement	$f_{v,k}$	3,2	4,0	4,0	4,0	4,0
Propriétés de rigidité (N/mm²)						
Module moyen d'élasticité axiale	$E_{0,mean}$	9000	11000	12000	10000	11000
Masses volumiques (kg/m³)						
Masse volumique caractéristique	ρ_k	320	350	380	485	530
Masse volumique moyenne	ρ_{mean}	380	420	460	580	640

Tableau 6 Propriétés de résistance, rigidité et masses volumiques de bois massif définies dans la norme EN 338

✓ Bois massifs aboutés (BMA)

Les bois massifs aboutés, constitués d'éléments de bois massif assemblés bout à bout par entures multiples, doivent être conformes à la norme NF EN 15497.

La classe mécanique du bois massif abouté est celle du bois massif utilisé qui doit être classé selon la résistance conformément à NF EN 14081-1, en référence aux classes définies dans la norme NF EN 338.

✓ **Bois Lamellé-Collé (BLC)**

Les éléments de bois lamellé-collé doivent être conformes à la norme NF EN 14080 et classés mécaniquement suivant cette norme.

Les caractéristiques mécaniques, à prendre en compte pour les calculs, sont généralement déclarées par référence aux classes de résistance du bois lamellé collé définies dans cette norme, en fonction de la composition des lamelles et de leur classe de résistance. Ces classes sont désignées « GL XX, h ou c », où « GL » signifie bois lamellé-collé (Glued Laminated Timber en anglais), « XX » est la résistance caractéristique en flexion et la lettre « h » ou « c » indique le type de composition des lamelles :

- « h », désigne un bois lamellé-collé homogène, constitué de lamelles de bois massif de classe mécanique identique ;
- « c » désigne un bois lamellé-collé panaché, constitué de lamelles de bois massif de classes mécaniques différentes.

Le tableau suivant présente certaines propriétés de résistance, rigidité et masses volumiques définies dans la norme EN 14080 pour les classes GL24 et GL28 des bois lamellé-collé homogène et panaché.

Extrait de NF EN 14080		BLC homogène		BLC panaché	
		GL24h	GL28h	GL24c	GL28c
Propriétés de résistance caractéristique (N/mm²)					
Flexion	$f_{m,g,k}$	24	28	24	28
Traction axiale	$f_{t,0,g,k}$	19,2	22,4	17	19,5
Compression axiale	$f_{c,0,g,k}$	24	28	21,5	24
Cisaillement	$f_{v,g,k}$	3,5	3,5	3,5	3,5
Propriétés de rigidité (N/mm²)					
Module moyen d'élasticité axiale	$E_{0,g,mean}$	11500	12600	11000	12500
Masses volumiques (kg/m³)					
Masse volumique caractéristique	$\rho_{g,k}$	385	425	365	390
Masse volumique moyenne	$\rho_{g,mean}$	420	460	400	420

Tableau 7 Propriétés de résistance, rigidité et masses volumiques de bois lamellé-collé définies dans la norme EN 14080

✓ **Bois Massifs Reconstitués (BMR)**

Les bois massifs reconstitués, constitués par collage de lames (2 à 5 lames) de bois massif d'épaisseur supérieurs à 45 mm, doivent être conformes à la norme NF EN 14080 et classés mécaniquement suivant cette norme.

Les caractéristiques mécaniques du bois massif reconstitué, à prendre en compte pour les calculs, sont généralement déclarées par référence aux classes de résistance du bois massif utilisé pour les lamelles, définies dans la norme NF EN 338.

✓ **Lamibois (LVL)**

Les éléments structuraux en lamibois (LVL), constitués de couches de placages de bois dont les fibres sont principalement orientées dans la même direction, doivent être conformes à la norme NF EN 14374.

Les propriétés de résistance et rigidité et les valeurs de masse volumique, à prendre en compte pour les calculs, sont déclarées par le fabricant.

3.1.2 Panneaux à base de bois : caractéristiques pour utilisation en goussets

Les panneaux à base de bois doivent être conformes à la norme EN 13986.

✓ **Panneaux de contreplaqué**

Les panneaux de contreplaqué, composé d'un empilage croisé de plis de bois liés entre eux par un collage organique, sont définis dans les normes NF EN 313-1 et 2.

Les exigences sur les panneaux sont définies dans la norme NF EN 636 qui distingue 3 types de panneaux destinés aux emplois travaillants, en fonction de la classe de service :

- type EN 636-1S : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 1 (milieu sec) ;
- type EN 636-2S : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 2 (milieu humide) ;
- type EN 636-3S : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 3 (milieu extérieur ou milieu humide confiné) :

Les propriétés de résistance et rigidité et les valeurs de masse volumique, à prendre en compte pour les calculs, sont déclarées par le fabricant. Elles peuvent être déduites des valeurs données dans la norme NF EN 12369-2. Elles dépendent de la composition du panneau (essence des placages, nombre de couches et épaisseur).

Des valeurs sont données à titre d'exemple dans le tableau suivant :

		Epaisseur (mm)	6,5	9	12	15	18	
		Nombre de plis	3	3	5	6	7	
Propriétés de résistance caractéristique (N/mm²)								
Flexion	fil du bois parallèle	$f_{m,0,k}$	30,3	31,7	23,2	24,4	24	
	fil du bois perpendiculaire	$f_{m,90,k}$	7,2	4,9	14,8	13,7	9,6	
Traction	fil du bois parallèle	$f_{t,0,k}$	14,9	17,1	15,2	15,7	18,2	
	fil du bois perpendiculaire	$f_{t,90,k}$	12,8	10,6	12,5	12	9,5	
Compression	fil du bois parallèle	$f_{c,0,k}$	25,5	29,3	26	26,9	31,1	
	fil du bois perpendiculaire	$f_{c,90,k}$	22	18,2	21,5	20,6	16,4	
Cisaillement	de voile	parallèle	$f_{v,0,k}$	5,9	5,9	5,9	5,9	7,9
		perpendiculaire	$f_{v,90,k}$	5,9	5,9	5,9	5,9	7,9
	roulant	parallèle	$f_{r,0,k}$	2,1	2,1	2,1	0,5	2,1
		perpendiculaire	$f_{r,90,k}$	0,5	0,5	0,5	0,5	2,1
Propriétés de rigidité (N/mm²)								
Module moyen d'élasticité axiale	fil du bois parallèle	$E_{m,0}$	6690	7685	5619	7052	8161	
	fil du bois perpendiculaire	$E_{m,90}$	5760	4765	6831	5398	4289	

Tableau 8 Exemples de propriétés de résistance et rigidité de panneaux CTBX en pin

✓ **Panneaux OSB**

Les panneaux OSB (Oriented Strand Board), constitués de grandes lamelles orientées et liées entre elles par un collage organique, sont définis dans la norme NF EN 300.

Cette norme distingue 3 types de panneaux destinés aux emplois travaillants, en fonction de la classe de service :

- OSB 2 : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 1 (milieu sec) ;
- OSB 3 : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 2 (milieu humide) ;

- OSB 4 : panneaux destinés aux emplois travaillants sous contrainte élevée en milieu humide

Les valeurs caractéristiques minimales à prendre en compte pour les calculs sont données dans la norme NF EN 12369-1.

Le tableau suivant présente certaines propriétés de résistance, rigidité et masses volumiques définies dans la norme NF EN 12369-1 pour les différents types de panneaux OSB destinés aux emplois travaillants conformes à la norme EN 300.

Extrait de NF EN 12369-1			OSB 2 et OSB 3			OSB 4		
			6<e ≤10	10<e ≤18	18<e ≤25	6<e ≤10	10<e ≤18	18<e ≤25
Propriétés de résistance caractéristique (N/mm²)								
Flexion	fil du bois parallèle	f _{m,0,k}	18,0	16,4	14,8	24,5	23,0	21,0
	fil du bois perpendiculaire	f _{m,90,k}	9,0	8,2	7,4	13,0	12,2	11,4
Traction	fil du bois parallèle	f _{t,0,k}	9,9	9,4	9,0	11,9	11,4	10,9
	fil du bois perpendiculaire	f _{t,90,k}	7,2	7,0	6,8	8,5	8,2	8,0
Compression	fil du bois parallèle	f _{c,0,k}	15,9	15,4	14,8	18,1	17,6	17,0
	fil du bois perpendiculaire	f _{c,90,k}	12,9	12,7	12,4	14,3	14,0	13,7
Cisaillement	de voile	f _{v,k}	6,8	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9
	roulant	f _{r,k}	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
Propriétés de rigidité (N/mm²)								
Module moyen d'élasticité axiale	fil du bois parallèle	E _{m,0}	4930	4930	4930	6780	6780	6780
	fil du bois perpendiculaire	E _{m,90}	1980	1980	1980	2680	2680	2680
Masse volumique (kg/m ³)								
Masse volumique caractéristique		ρ _k	550	550	550	550	550	550

Tableau 9 Propriétés de résistance, rigidité et masses volumiques de panneaux OSB définies dans la norme EN 12369-1

1.1.1.1 Panneaux en lamibois (LVL)

Les panneaux en lamibois sont définis dans la norme NF EN 14279.

Les valeurs caractéristiques des propriétés à prendre en compte pour les calculs sont déclarées par le fabricant. Elles dépendent de la composition du panneau.

1.1.1.2 Bois panneautés (SWP)

Les bois panneautés, constitués de pièces de bois collés sur chant, soit en une seule couche, soit en plusieurs couches collées sur leur face, sont définis dans la norme NF EN 12775 et doivent répondre aux exigences de la norme NF EN 13353.

Les propriétés de résistance et rigidité et les valeurs de masse volumique, à prendre en compte pour les calculs, sont déclarées par le fabricant.

Le tableau suivant présente les valeurs caractéristiques minimales, extraites de la norme NF EN 13353 pour des épaisseurs de panneaux n'excédant pas 30 mm.

Extrait de NF EN 13353			Bois panneautés monocouche		Bois panneautés multicouches	
			20≤e ≤30	12<e ≤20	20<e ≤30	
Propriétés de résistance caractéristique (N/mm²)						
Flexion	parallèle fil du bois face extérieure	f _{m,0,k}	40	35	30	
	perpendiculaire fil du bois face extérieure	f _{m,90,k}		5	5	

Propriétés de rigidité (N/mm ²)					
Module moyen d'élasticité axiale	parallèle fil du bois face extérieure	$E_{m,0}$	8500	8500	7000
	perpendiculaire fil du bois face extérieure	$E_{m,90}$		470	470
Masse volumique (kg/m ³)					
Masse volumique caractéristique		ρ_{k}	410	410	410

Tableau 10 Propriétés de résistance, rigidité et masse volumique de bois panneautés définies dans la norme EN 13353

3.1.3 Durabilité

La durabilité des éléments en bois vis-à-vis des agents biologiques (champignons, insectes à larves xylophages et termites) pour la classe d'emploi prévue telle que définie dans la NF EN 335 est basée soit :

- sur la durabilité naturelle de l'essence conformément à la NF EN 350-2 ;
- sur un traitement de préservation dont les caractéristiques doivent être déclarées conformément à la NF EN 15228.

En France, les éléments structuraux en bois doivent répondre aux exigences de protection réglementaire vis-à-vis des détériorations par les insectes à larves xylophages et les termites, suivant le décret n°2006-591 du 23 mai 2006, précisé par l'arrêté du 27 juin 2006.

Si un traitement de préservation est nécessaire, il conviendra de s'assurer du traitement des coupes et usinage.

La compatibilité avec l'adhésif et l'influence du traitement sur les performances de l'adhésif devra être vérifiée selon les exigences des normes EN 301 et EN 15425.

3.2 Organes de fixation

Les organes de fixation métalliques de type tige doivent être marqués CE conformément à la norme NF EN 14592 ou suivant une Evaluation Technique Européenne (anciennement Agrément Technique Européen).

Ils doivent présenter une résistance à la corrosion adaptée à la classe de service.

Le tableau suivant reproduit ci-dessous les exemples de protection minimale à la corrosion (en relation avec ISO 2081) données dans l'Eurocode 5, pour les pointes et les vis en fonction de la classe de service :

Organe métallique d'assemblage	Classe de service ^{b)}		
	1	2	3
Pointes et vis de diamètre ≤ 4 mm	Rien	Fe/Zn 12c ^{a)}	Fe/Zn 25c ^{a)}
Pointes et vis de diamètre > 4 mm	Rien	Rien	Fe/Zn 25c ^{a)}

a) Si un revêtement par galvanisation à chaud est utilisé, il convient de remplacer Fe/Zn 12c par Z275 et Fe/Zn 25c par Z350 conformément à EN 10147
b) Pour des conditions particulièrement corrosives, il convient d'envisager le FE/Zn 40, un revêtement par galvanisation à chaud ou de l'acier inoxydable

Tableau 11 Protection des organes d'assemblage vis-à-vis de la corrosion (EC5, Tableau 4.1)

3.2.1 Pointes

Les pointes peuvent être à tige lisse ou profilée.

- Les pointes lisses ont une section transversale constante sur toute la longueur de la tige. Ce sont les pointes rondes, carrées ou cannelées.
- Les pointes profilées ont une tige profilée ou déformée sur une partie de leur longueur (au moins 4,5 fois le diamètre). Ce sont les pointes crantées, annelées ou torsadées.

La norme NF EN 14592 spécifie les exigences géométriques suivantes :

- Le diamètre nominal des pointes, d , est compris entre 1,9 mm et 8 mm.
- L'aire de la tête, A_h , doit être supérieure ou égale à $2,5 d^2$, soit pour une tête circulaire, $d_h > 1,7 d$
- La longueur de la pointe, l_p , doit être comprise entre $0,5 d$ et $2,5 d$.

Les pointes permettent de reprendre à la fois des efforts de cisaillement et d'arrachement. Les caractéristiques à prendre en compte pour le dimensionnement des assemblages suivant l'Eurocode 5 sont :

- le moment d'écoulement plastique (moment de flexion maximal que peut reprendre la tige déformée au-delà du domaine élastique) : $M_{y,Rk}$
- la valeur caractéristique de résistance à l'arrachement de l'organe dans le bois : $f_{ax,k}$;
- la valeur caractéristique de résistance à la traversée de la tête dans le bois : $f_{head,k}$;
- la capacité caractéristique de traction de l'organe (tige ou tête) : $f_{tens,k}$

Ces propriétés sont déclarées par le fabricant suivant la norme NF EN 14592.

Pour les pointes lisses, les valeurs caractéristiques peuvent être déterminées suivant les formules données dans l'Eurocode 5, en fonction de la résistance en traction du fil d'acier et de la masse volumique du bois.

Pour les pointes profilées, les valeurs caractéristiques sont nécessairement déterminées par essais. Les pointes profilées doivent avoir une résistance caractéristique à l'arrachement $f_{ax,k}$ supérieure ou égale à $4,5 \text{ N/mm}^2$.

3.2.2 Vis

Les vis sont fabriquées :

- soit par usinage, avec un diamètre maximal du filetage égal à celui de la tige lisse correspondant au fil machine ;
- soit par déformation, avec un diamètre de tige lisse inférieur au diamètre de section maximale du fil.

La norme NF EN 14592 spécifie les exigences géométriques suivantes :

- Le diamètre nominal des vis (diamètre externe du filet), d , doit être compris entre 2,4 et 24 mm.
- Le diamètre interne du filetage, d_1 , doit être compris entre $0,6 d$ et $0,9 d$.
- La longueur filetée, l_f , doit être d'au moins $4d$.

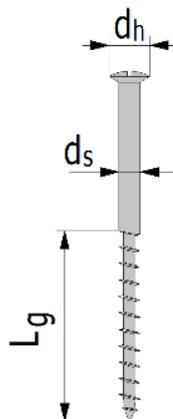


Figure 19 - Vis à filetage obtenu par usinage,
 $d=d_s$

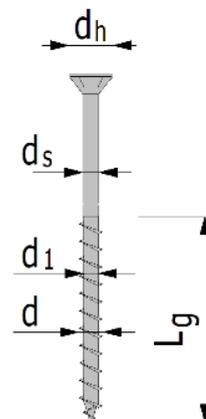


Figure 20 - Vis à filetage obtenu par déformation, $d>d_s$

Les vis permettent de reprendre à la fois des efforts de cisaillement et d'arrachement. Les caractéristiques à prendre en compte pour le dimensionnement des assemblages suivant l'Eurocode 5 sont :

- le moment d'écoulement plastique : $M_{y,Rk}$
- la valeur caractéristique de résistance à l'arrachement de l'organe dans le bois : $f_{ax,k}$;
- la valeur caractéristique de résistance à la traversée de la tête dans le bois : $f_{head,k}$;
- la capacité caractéristique de traction de l'organe (tige ou tête) : $f_{tens,k}$

Ces propriétés sont déclarées par le fabricant suivant la norme NF EN 14592 ou suivant une Evaluation Technique Européenne (anciennement Agrément Technique Européen).

Pour l'application visée, on se limite dans ce document aux vis de diamètre ≤ 6 mm.

Pour les vis avec partie lisse, marquées CE selon NF EN 14592, la détermination de la capacité résistante à l'effort latéral peut être menée suivant les formules données dans l'Eurocode 5 pour les pointes, l'effet de la partie filetée étant pris en compte en considérant le diamètre efficace, d_{ef} .

- $d_{ef}=d$, pour les vis à partie lisse de diamètre, d_s , égal au diamètre externe de la partie filetée, d , (cf. Figure 19 ci-dessus) et à condition que la partie lisse pénètre d'au moins $4d$ dans l'élément côté pointe ;
- $d_{ef}= 1,1 d_1$, si l'exigence de pénétration de la partie lisse dans l'élément côté pointe est inférieure à $4d$ ou si le diamètre de la partie lisse est inférieur au diamètre externe de la partie filetée (cf. Figure 20 ci-dessus), d_1 étant le diamètre interne du filetage.

Pour les vis marquées CE suivant une Evaluation Technique Européenne (anciennement Agrément Technique Européen), la détermination de la capacité résistante est généralement menée avec le diamètre nominal, d .

Pour la détermination des dispositions géométriques (espacements, distances, longueurs de pénétration), on considère le diamètre externe de la partie filetée, d , quel que soit le type de vis.

4. PRINCIPES ET METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT

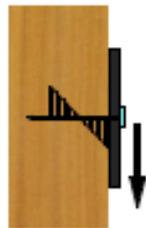
4.1 Principes de fonctionnement des assemblages par goussets

Les assemblages par goussets à base de bois fixés par pointes ou vis sont utilisés pour transmettre des efforts dans le plan des éléments de structure à assembler.

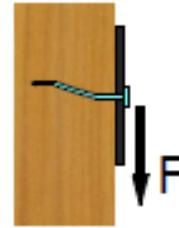
Si les fixations par pointes ou vis permettent de reprendre à la fois des efforts latéraux (cisaillement) et des efforts axiaux (traction), c'est principalement la résistance aux efforts latéraux qui est recherchée ici. Mais le comportement vis-à-vis du cisaillement d'un assemblage par tige cylindrique peut mobiliser en partie la résistance en traction de l'assemblage par effet-corde. Il est donc intéressant de prendre en compte la capacité résistante à la traction de la fixation.

4.1.1 Résistance aux efforts latéraux (cisaillement)

La résistance aux efforts latéraux (cisaillement) d'un assemblage par tige métallique ancrée dans le bois dépend de la résistance à l'écrasement du bois sous la pression diamétrale de l'organe (portance locale du bois) et de la résistance à la flexion de la tige plastifiée.



Ecrasement du bois

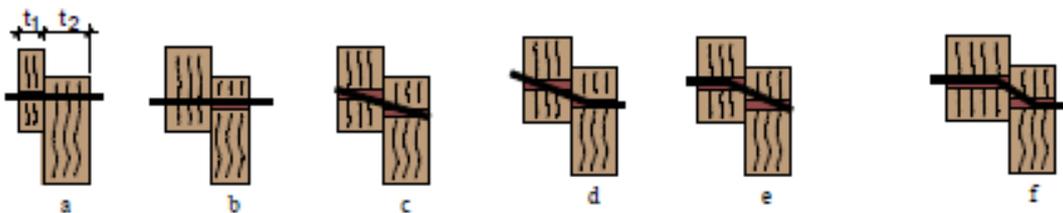


Plastification de l'acier en flexion

Figure 21 Résistance à l'effort latéral d'un organe de type tige métallique ancrée dans le bois

En simple cisaillement (un seul plan de cisaillement), la mobilisation de ces deux résistances permet de considérer trois principaux modes de rupture qui peuvent intervenir :

- Mode 1 : écrasement du bois, soit dans l'élément 1 (a), soit dans l'élément 2 (b), soit dans les deux (c)
- Mode 2 : formation d'une rotule plastique, soit dans l'élément 1 (e), soit dans l'élément 2 (d)
- Mode 3 : formation d'une rotule plastique dans les deux éléments (f)



Mode 1

Mode 2

Mode 3

Figure 22 - Modes de rupture d'un assemblage bois/bois en simple cisaillement

Pour les modes de ruptures 1c, 2 et 3, la déformation sous l'effort de cisaillement engendre un effort de traction dans la tige (lié au frottement entre le bois et la tige et amplifié par le blocage

sous la tête de l'organe). Cet « effet corde » vient majorer la résistance à l'effort latéral de manière plus ou moins importante en fonction du type d'organe et de sa capacité de résistance à l'effort axial.

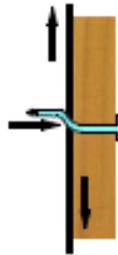


Figure 23 - Effet corde

Les principaux paramètres influents sur la performance de ce type d'assemblage vis-à-vis d'un effort latéral sont :

- **les caractéristiques de l'organe de fixation** : la géométrie (diamètre et élancement des tiges) et les propriétés caractéristiques de résistance associées citées au §3.2;
- **les caractéristiques des pièces assemblées** : la portance locale dans le bois ou le panneau à base de bois dépend directement de sa masse volumique ;
- **l'épaisseur des pièces et la longueur de pénétration des organes** : la résistance à l'écrasement dépend directement de la longueur de pénétration de l'organe dans le bois ou le panneau à base de bois ;
- **la disposition des organes dans les pièces de bois suivant la direction de l'effort** : la capacité résistante maximale d'un organe ne peut être mobilisée qu'en pleine masse, sans risque de fissuration du bois. Des distances aux bords minimales en fonction de la direction de l'effort par rapport au fil du bois doivent donc être respectées. Lorsque plusieurs organes sont disposés sur une même ligne, un espacement minimal entre organes est à respecter. Le long des files d'organes dans le sens du fil du bois, la résistance globale de l'assemblage dépend de l'espacement entre organes (effet de nombre).
- **le pré-perçage** : il limite le risque de fissuration et augmente la portance locale.

4.1.2 Résistance aux efforts axiaux (traction)

La résistance aux efforts axiaux (traction) dépend de la résistance à l'arrachement de l'organe dans le bois, de la résistance à la traversée de la tête et de la résistance en traction de l'organe.

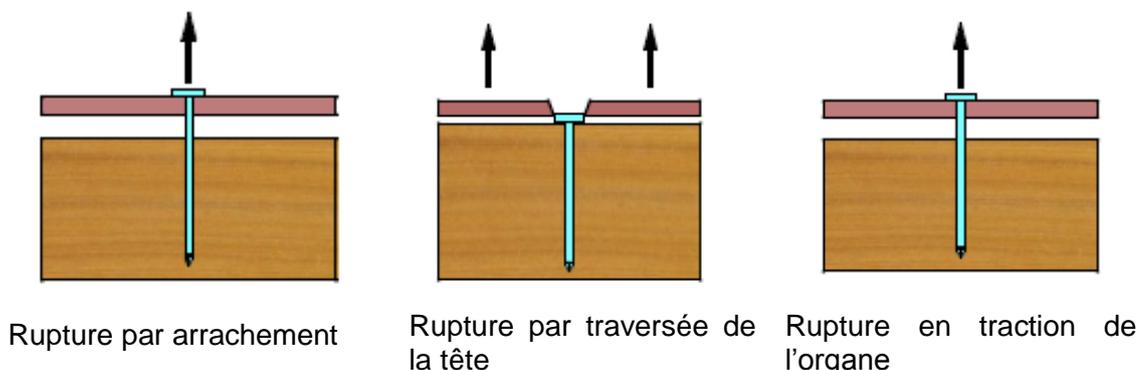


Figure 24 Modes de rupture d'un assemblage par tige métallique en traction

Les principaux paramètres influents sur la performance de ce type d'assemblage vis-à-vis d'un effort de traction sont :

- **les caractéristiques de l'organe de fixation** : la géométrie (diamètre et longueur de la partie filetée des tiges, diamètre de la tête) et les propriétés caractéristiques de résistance associées citées au §3.2;
- **les caractéristiques des pièces assemblées** : la résistance à l'extraction de l'organe et la résistance à la traversée de tête dépendent directement de la masse volumique du bois.

4.2 Dimensionnement des assemblages suivant l'Eurocode 5

4.2.1 Méthodologie

Compte tenu des nombreux paramètres influents sur la résistance au cisaillement de ce type d'assemblage, le dimensionnement suivant l'Eurocode 5 ne peut être justifié de manière directe et aisée. La démarche d'analyse comprend nécessairement les étapes suivantes :

1. Définition des éléments de structure à assembler :
 - Géométrie (dimensions des sections, angle des éléments, position relative...)
 - Classe mécanique (cf. §3.1.1)
2. Définition des efforts à reprendre :
 - Direction de l'effort
 - Intensité
 - Classes de durée de chargement
3. Choix du gousset :
 - Type de panneau
 - Epaisseur de panneau
 - Caractéristiques associées (cf. §3.1.2)
4. Choix de l'organe d'assemblage :
 - Type d'organe : pointes lisses, pointes non lisses, vis
 - Géométrie : diamètre de la tige et de la tête, longueur totale, longueur filetée
 - Caractéristiques associées (cf. §3.2)
5. Disposition des organes :
 - Choix du nombre d'organes et de leur distribution (maillage rectangulaire, parallélogramme, en quinconce ou non...)
 - Vérification du respect des distances minimales aux bords et des espacements minimaux entre organes en fonction de la direction de l'effort dans le gousset et dans l'élément central à assembler
6. Détermination de la résistance caractéristique de l'organe chargé latéralement :
 - détermination de la portance locale, suivant pré-perçage ou non dans le bois et suivant type de panneau
 - détermination du moment d'écoulement plastique
 - détermination de la résistance à la traction de l'organe pour prise en compte de l'effet de corde
 - valeur minimale donnée par les six équations correspondant aux modes de rupture (a) à (f)

7. Détermination de la résistance caractéristique de l'assemblage :
 - prise en compte de l'effet de nombre
8. Détermination de la résistance de calcul de l'assemblage
 - coefficient partiel pour les propriétés des matériaux
 - facteurs de modification de résistance

4.2.2 Dispositions minimales

✓ Généralités

On ne considère ici que des assemblages à un seul plan de cisaillement bois/panneau entre l'élément structural à assembler et le gousset sur chaque face.

On note :

t : l'épaisseur de l'élément central à assembler

t_1 : l'épaisseur du panneau

t_2 : la longueur de pénétration de l'organe dans l'élément central

l_{ef} : la longueur de pénétration de la partie fileté dans l'élément central

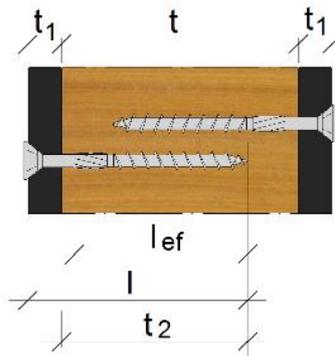


Figure 25 - Assemblage par vis en simple cisaillement avec recouvrement dans l'élément central

Pour les pointes, la longueur de pénétration dans l'élément central doit être au minimum :

- $t_2 \geq 8d$ pour les pointes lisses
- $t_2 \geq 6d$ pour les pointes non lisses

Pour les vis, la longueur de pénétration dans l'élément central doit être au minimum $t_2 \geq 6d$.

La longueur de pénétration de la partie fileté dans l'élément central, l_{ef} , doit être au minimum de $6d$.

Cette exigence est fréquemment ramenée à $l_{ef} \geq 4d$ pour les vis marquées CE suivant une Evaluation Technique Européenne

Le recouvrement des organes (pointes ou vis) dans l'élément central à assembler doit être limité afin de respecter une longueur minimale sans recouvrement, $(t - t_2)$ supérieure à $4d$.

✓ Pré-perçage

Avec des pointes, il est nécessaire de pré-percer le bois lorsque :

- le recouvrement dans l'élément central à assembler ne permet pas de respecter une longueur $(t - t_2)$ supérieure à $4d$;
- la masse volumique caractéristique du bois est supérieure ou égale à 500 kg/m^3 ;
- le diamètre d de la pointe est supérieur à 6 mm ;

- l'épaisseur des éléments est inférieure aux valeurs suivantes :

	Cas général	Essences particulièrement sensibles à la fissuration (Douglas, Pin maritime)
$t < \max$	7d	14 d
	$(13d - 30) \times \rho_k / 400$	$(13d - 30) \times \rho_k / 200$

Equation(s) 4.1 (EC5, (8.18) et (8.19))

avec

t : épaisseur minimale des éléments de bois

d : diamètre nominal de la pointe ou diamètre efficace de la vis

ρ_k : masse volumique caractéristique du bois

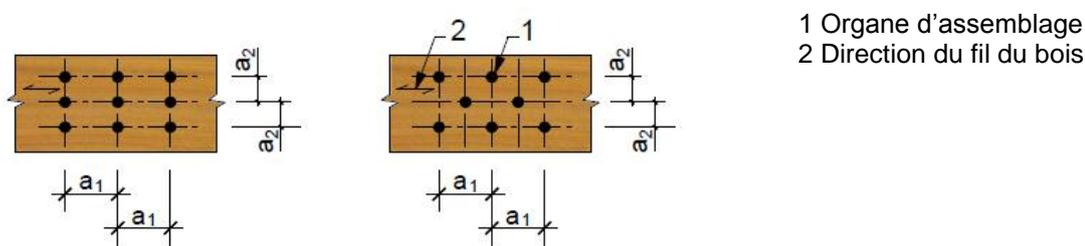
Le diamètre des avant-trous ne doit pas être supérieur à 0,8 d.

Pour les vis de diamètre inférieur ou égal à 6 mm, sauf indication particulière du fabricant dans son ATE ou ETE le pré-perçage est nécessaire :

- dans les bois feuillus ;
- lorsque la masse volumique caractéristique du bois résineux est supérieure ou égale à 500 kg/m³.

✓ Distances aux bords et espacements entre organes

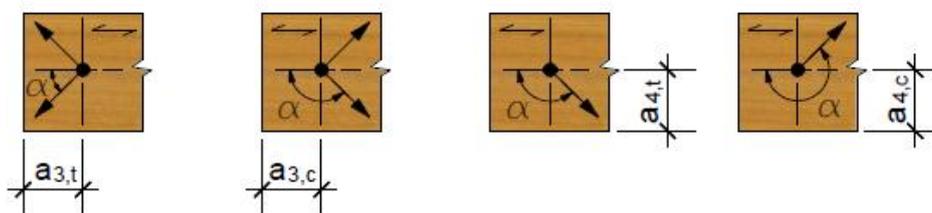
Pour la distribution des organes, les distances aux bords à considérer en fonction de la direction de l'effort et les espacements entre organes définis par l'Eurocode 5 sont représentés sur les schémas suivants :



1 Organe d'assemblage
2 Direction du fil du bois

a_1 : espacement entre organes suivant le fil du bois

a_2 : espacement entre organes perpendiculairement au fil du bois



α : angle entre la direction de l'effort et le fil du bois

$a_{3,t}$: distance d'extrémité chargée

$a_{4,t}$: distance de rive chargée

$a_{3,c}$: distance d'extrémité non chargée

$a_{4,c}$: distance de rive non chargée

Figure 26 - Distances aux bords et espacements entre organes (EC5, Figure 8.7)

Les valeurs minimales d'espacement entre organes et de distances aux bords définies dans l'Eurocode 5 pour les assemblages bois/panneaux par pointes et vis (de diamètre nominal inférieur ou égal à 6 mm) sont reproduites dans le tableau ci-dessous.

Espacements distances	et	Angle effort / fil du bois	Sans pré-perçage		Avec pré-perçage
			$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
a_1 (parallèle au fil)		$0 \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm} :$ $0,85x(5+5 \cos \alpha) d$	$0,85x(7+8 \cos \alpha) d$	$0,85x(4+ \cos \alpha) d$
			$d \geq 5 \text{ mm} :$ $0,85x(5+7 \cos \alpha) d$		
a_2 (perpendiculaire au fil)			$0,85 \times 5 d = 4,25 d$	$0,85 \times 7 d = 5,95 d$	$0,85x(3+ \sin \alpha) d$
$a_{3,t}$ (distance d'extrémité chargée)		$-90 \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+5 \cos \alpha) d$	$(15+5 \cos \alpha) d$	$(7+5 \cos \alpha) d$
			Contreplaqué* : $(3+4 \sin \alpha) d$		
$a_{3,c}$ (distance d'extrémité non chargée)		$90 \leq \alpha \leq 270^\circ$	10 d	15 d	7d
			Contreplaqué : 3d		
$a_{4,t}$ (distance de rive chargée)		$0 \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm} :$ $(5+2 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm} :$ $(7+2 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm} :$ $(3+2 \sin \alpha) d$
			$d \geq 5 \text{ mm} :$ $(5+5 \sin \alpha) d$	$d \geq 5 \text{ mm} :$ $(7+5 \sin \alpha) d$	$d \geq 5 \text{ mm} :$ $(3+4 \sin \alpha) d$
			Contreplaqué* : $(3+4 \sin \alpha) d$		
$a_{4,c}$ (distance de rive non chargée)		$180 \leq \alpha \leq 360^\circ$	5 d	7d	3d
			Contreplaqué : 3d		

* pour le contreplaqué, α est l'angle entre la direction de l'effort et la rive ou l'extrémité chargée.

Tableau 12 - Espacements entre organes et distances aux bords (EC5, Tableau 8.2)

Pour les principales classes mécaniques de bois massif résineux et feuillus et classes de bois lamellé-collé, les espacements et distances aux bords minimales à respecter, sont donnés en fonction de l'angle entre l'effort et le fil du bois, dans le tableau suivant :

Angle effort / fil du bois		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$, sans pré-perçage (C18, C24, C30, GL24h)								
a_{1min}	$d < 5 \text{ mm}$	8,5d	8,4 d	7,9 d	7,3 d	6,4 d	5,3 d	4,3 d
	$d \geq 5 \text{ mm}$	10,2 d	10 d	9,4 d	8,5 d	7,2 d	5,8 d	4,3 d
a_{2min}		4,3 d						
$a_{3,tmin}$		15 d	14,8 d	14,3 d	13,5 d	12,5 d	11,3 d	10 d
$a_{3,Cmin}$		10 d						
$a_{4,tmin}$	$d < 5 \text{ mm}$	5 d	5,5 d	6 d	6,4 d	6,7 d	6,9 d	7 d
	$d \geq 5 \text{ mm}$	5 d	6,3 d	7,5 d	8,5 d	9,3 d	9,8 d	10 d
$a_{4,Cmin}$		5d						
$420 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$, sans pré-perçage (D24*, GL28h)								
a_{1min}		12,8 d	12,5 d	11,8 d	10,8 d	9,4 d	7,7 d	6 d
a_{2min}		6,0d						
$a_{3,tmin}$		20 d	19,8 d	19,3 d	18,5 d	17,5 d	16,3 d	15 d
$a_{3,Cmin}$		15,0d						
$a_{4,tmin}$	$d < 5 \text{ mm}$	7 d	7,5 d	8,0 d	8,4 d	8,7 d	8,9 d	9 d
	$d \geq 5 \text{ mm}$	7 d	8,3 d	9,5 d	10,5 d	11,3 d	11,8 d	12 d
$a_{4,Cmin}$		7,0d						
avec pré-perçage (D24, D30)								
a_{1min}		4,3 d	4,2 d	4,1 d	4,0d	3,8d	3,6 d	3,4 d
a_{2min}		2,6 d	2,8 d	3 d	3,2d	3,3d	3,4 d	3,4 d
$a_{3,tmin}$		12 d	11,8 d	11,3 d	10,5 d	9,5d	8,3 d	7 d

Angle effort / fil du bois	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
$a_{3,Cmin}$	7,0 d						
$a_{4,tmin}$	$d < 5$ mm	3 d	3,5 d	4 d	4,4 d	4,7 d	4,9 d
	$d \geq 5$ mm	3 d	4 d	5 d	5,8 d	6,5 d	6,9 d
$a_{4,Cmin}$	3,0 d						

* avec pointes uniquement

Tableau 13 - Espacement entre organes et distances aux bords

4.2.3 Portance locale

✓ Portance locale dans le panneau ($f_{h,1,k}$)

	Contreplaqué	OSB
$f_{h,1,k} =$	$0,11 \rho_k d^{-0,3}$	$65 d^{-0,7} t_1^{-0,1}$

Equation(s) 4.2 (EC5, (8.20) et (8.22))

avec

$f_{h,1,k}$: portance locale dans le panneau (en N/mm²)

d : diamètre nominal de la pointe (en mm), défini au §3.2.1

ou diamètre efficace de la vis, d_{ef} , (en mm), défini au §3.2.2, dans le cas d'un marquage CE établi selon NF EN 14592

ou diamètre nominal de la vis, d (en mm) défini, lorsque spécifié par le fabricant dans le cas d'un marquage CE suivant ETE ou ATE

ρ_k : masse volumique caractéristique du panneau (en kg/m³)

t_1 : épaisseur du panneau (en mm)

✓ Portance locale dans l'élément en bois ($f_{h,2,k}$)

	Sans pré-perçage :	Avec pré-perçage
$f_{h,2,k} =$	$0,082 \rho_k d^{-0,3}$	$0,082 (1-0,01 d) \rho_k$

Equation(s) 4.3 (EC5, (8.15) et (8.16))

avec

$f_{h,2,k}$: portance locale dans l'élément en bois (en N/mm²)

d : diamètre nominal de la pointe (en mm), défini au §3.2.1

ou diamètre efficace de la vis, d_{ef} , (en mm) défini au §3.2.2

ρ_k : masse volumique caractéristique du bois (en kg/m³)

4.2.4 Moment d'écoulement plastique ($M_{y,Rk}$)

	pointes de section circulaire, vis	pointes de section carrée
$M_{y,Rk} =$	$0,3 f_{u,k} d^{2,6}$	$0,45 f_{u,k} d^{2,6}$

Equation(s) 4.4 (EC5, (8.14))

avec

$M_{y,Rk}$: moment d'écoulement plastique (en N.mm)

d : diamètre nominal de la pointe (en mm), défini au §3.2.1

ou diamètre efficace de la vis, d_{ef} , (en mm), défini au §3.2.2,

$f_{u,k}$: résistance à la traction du fil d'acier (en N/mm²)

- ou valeur déclarée par le fabricant.

4.2.5 Résistance caractéristique en simple cisaillement par organe ($F_{v,R,k}$)

✓ **Jeu d'équations correspondant à l'assemblage bois/panneau en simple cisaillement**

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (f) \end{array} \right.$$

Equation(s) 4.5 (EC5, (8.6))

avec

$F_{v,R,k}$: Résistance caractéristique par plan de cisaillement et par organe (en N)

t_1 : épaisseur du panneau (en mm)

t_2 : longueur de pénétration de l'organe dans l'élément de structure à assembler (en mm)

d : diamètre nominal de la pointe ou diamètre efficace de la vis (en mm)

$\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$

$f_{h,1,k}$: Portance locale dans le panneau, défini au §□ (en N/mm²)

$f_{h,2,k}$: Portance locale dans le bois, défini au §□ (en N/mm²)

$M_{y,Rk}$: Moment d'écoulement plastique, défini au §4.2.4 (en N.mm)

$F_{ax,R,k}$: Résistance caractéristique à l'arrachement de l'organe, défini au §□ ci-dessous (en N)

Dans les équations (c),(d),(e),(f) ci-dessus, le premier terme est la capacité résistante en cisaillement par écrasement du bois et/ou plastification de l'acier (cf. §4.1.1), appelée partie de Johansen. Le second terme $F_{ax,R,k}/4$ correspond à la résistance supplémentaire apportée par l'effet corde. Cette contribution est plafonnée aux pourcentages suivant de la partie de Johansen :

- Pointes lisses de section circulaire : 15%
- Pointes lisses de section carrée ou cannelée : 25%
- Pointes profilées : 50%
- Vis : 100%

✓ **Résistance caractéristique à l'arrachement de l'organe ($F_{ax,R,k}$)**

Pour les pointes :

	pointes lisses	pointes non lisses	
$F_{ax,Rk} = \min$	$f_{ax,k} d t_{pen}$		<i>Résistance à l'arrachement</i>
	$f_{ax,k} d t_1 + f_{head,k} d_h^2$	$f_{head,k} d_h^2$	<i>Résistance à la traversée de tête</i>

Equation(s) 4.6 (EC5 (8.23) et (8.24))

avec :

$F_{ax,Rk}$: résistance à la traction de l'organe (en N)

d : diamètre nominal de la pointe (en mm)

d_h : diamètre de la tête (en mm)

t_1 : épaisseur de l'élément du côté de la tête (en mm)

t_2 : longueur de pénétration de l'organe dans l'élément de structure à assembler (en mm)

$f_{ax,k}$: résistance caractéristique à l'arrachement (en N/mm²)

Pour les pointes lisses :

- calculée à partir de la masse volumique caractéristique du bois ρ_k (kg/m³), par la relation : $f_{ax,k} = 20 \times 10^{-6} \rho_k^2$ (Equation 4.7 (EC5 (8.25))); la pleine capacité nécessite un ancrage minimal côté pointe de 12d.

si $t_2 \geq 12d$	$f_{ax,k}$
si $t_2 < 12d$	$f_{ax,k} \times (t_2/4d-2)$

- ou valeur déclarée par le fabricant.

Pour les pointes non lisses, valeur déclarée par le fabricant, devant respecter $f_{ax,k} \geq 4,5$ N/mm² (cf. §3.2.1) ;

la pleine capacité nécessitant un ancrage minimal côté pointe de 8d.

si $t_2 \geq 8d$	$f_{ax,k}$
si $t_2 < 8d$	$f_{ax,k} \times (t_2/2d-3)$

$f_{head,k}$: résistance caractéristique à la traversée de la tête

- calculée à partir de la masse volumique caractéristique du bois ρ_k (en kg/m³): $f_{head,k} = 70 \times 10^{-6} \rho_k^2$ (Equation 4.8 (EC5 (8.26)));
- ou valeur déclarée par le fabricant.

Pour les vis :

$F_{ax,Rk} = \min$	$f_{ax,k} d l_{ef} k_{ax} \times (\rho_k/\rho_a)^{0,8}$	Résistance à l'arrachement
	$f_{head,k} d_h^2 \times (\rho_k/\rho_a)^{0,8}$	Résistance à la traversée de tête
	$f_{tens,k}$	Résistance à la traction de la vis

Equation(s) 4.9 (EC5 (8.40))

avec :

$F_{ax,Rk}$: résistance caractéristique à l'arrachement de l'organe (en N)

d : diamètre nominal de la vis (en mm)

l_{ef} : longueur de pénétration de la partie filetée (en mm)

$f_{ax,k}$: résistance caractéristique à l'arrachement (en N/mm²), déclarée par le fabricant suivant EN 14592, associée à la masse volumique ρ_a

k_{ax} : coefficient qui dépend de l'angle α entre l'axe de la vis et le fil du bois, avec $\alpha \geq 30^\circ$,

- calculée par la relation suivante : $k_{ax} = 1/(1,2\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha)$,
- ou déclarée par le fabricant dans son ETE ou ATE

$k_{ax}=1$, dans le cas général des assemblages par goussets où les vis sont insérées perpendiculairement aux pièces de bois ($\alpha = 90^\circ$).

d_h : diamètre de la tête (en mm)

$f_{head,k}$: résistance caractéristique à la traversée de tête (en N/mm²),

- déclarée par le fabricant suivant EN 14592, associée à la masse volumique ρ_a
- ou déclarée par le fabricant dans son ETE ou ATE.

$f_{tens,k}$: capacité de traction caractéristique de la vis (en N),

- déclarée par le fabricant suivant EN 14592, associée à la masse volumique ρ_a
- ou déclarée par le fabricant dans son ETE ou ATE.

4.2.6 Effet de nombre

Dans une file d'organes suivant le fil du bois, pour pouvoir considérer que tous les organes travaillent à pleine capacité en cisaillement parallèle au fil, il faut les disposer en quinconces, d'une distance d'au moins $1d$ perpendiculairement au fil.

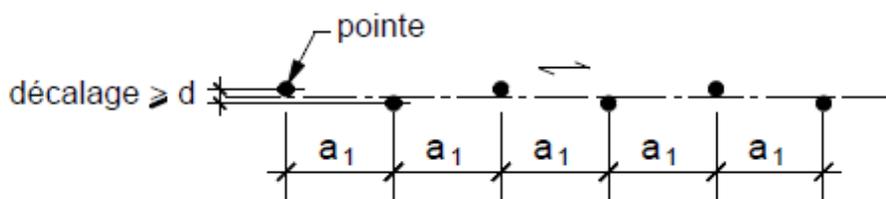


Figure 27 Décalage des organes d'une file parallèle au fil du bois

Dans le cas contraire, le nombre efficace d'organes en cisaillement à prendre en compte dans une file suivant le fil du bois est déterminé en fonction du nombre d'organes dans la file suivant la relation :

$$n_{ef} = n^{k_{ef}}$$

Equation(s) 4.10 (EC5 (8.17))

avec

n : nombre d'organes dans une file parallèle au fil du bois

k_{ef} : coefficient donné dans le graphique ci-dessous, en fonction de l'espacement entre organes a_1

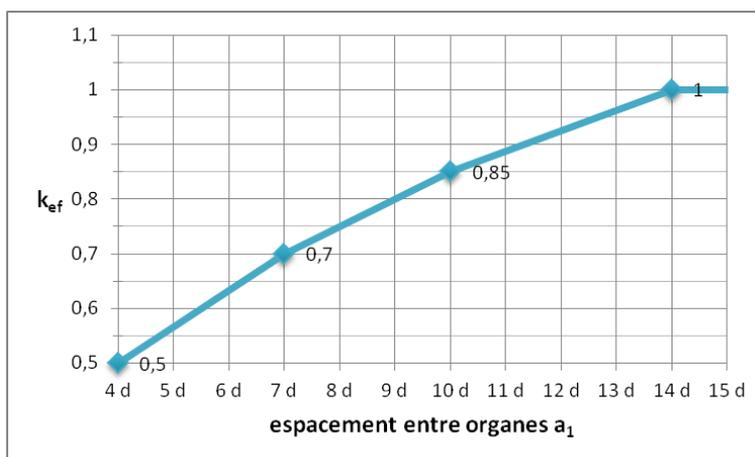


Figure 28 – Evolution du coefficient k_{ef} en fonction de l'espacement entre organes a_1

Le nombre efficace d'organes dans une file parallèle au fil du bois, en fonction de l'espacement entre organes dans la file, est donné dans le tableau suivant :

a_1	k_{ef}	$n_{ef} = n^{k_{ef}}$								
		$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$	$n=6$	$n=7$	$n=8$	$n=9$	$n=10$
$4,3d^{(1)}$	0,52	1,4	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	2,9	3,1	3,3
$8,5 d^{(2)}$	0,78	1,7	2,3	2,9	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
$9d$	0,80	1,7	2,4	3,0	3,6	4,2	4,7	5,3	5,8	6,3

10d	0,85	1,8	2,5	3,2	3,9	4,6	5,2	5,9	6,5	7,1
10,2 d ⁽³⁾	0,86	1,8	2,6	3,3	4,0	4,6	5,3	5,9	6,6	7,2
11d	0,89	1,8	2,7	3,4	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7
12d	0,93	1,9	2,8	3,6	4,4	5,2	6,0	6,8	7,6	8,4
12,8 d ⁽⁴⁾	0,96	1,9	2,9	3,8	4,7	5,5	6,4	7,3	8,2	9,0
14 d	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

(1) espacement mini avec pré-perçage

(2) espacement mini pour C18, C24, C30, GL24h sans pré-perçage, d<5 mm

(3) espacement mini pour C18, C24, C30, GL24h sans pré-perçage, d≥5 mm

(4) espacement mini pour D24, GL28h sans pré-perçage

Tableau 14 – Valeurs du nombre efficace n_{ef} suivant l'espacement entre organes a_1

La résistance caractéristique efficace en cisaillement d'une file d'organes suivant le fil du bois est :

$$F_{v,ef,Rk} = n_{ef} F_{v,Rk}$$

Equation(s) 4.11 (EC5 (8.1))

avec

$F_{v,R,k}$: résistance caractéristique en cisaillement par organe

n_{ef} : nombre efficace d'une file de n organes (pointes ou vis) suivant le fil du bois

4.2.7 Résistance caractéristique au cisaillement de l'assemblage

✓ Vis à vis d'un effort parallèle au fil du bois

L'assemblage du gousset étant identique sur chaque face, la résistance caractéristique au cisaillement de l'assemblage suivant le fil du bois est :

$$F_{v,Ass,Rk,0} = m F_{v,ef,Rk} \times 2$$

Equation(s) 4.12

avec

$F_{v,ef,Rk}$: résistance caractéristique efficace en cisaillement d'une file d'organes suivant le fil du bois

m : nombre de files d'organes parallèles au fil du bois sur une face

✓ Vis à vis d'un effort faisant un angle α par rapport au fil du bois

La résistance caractéristique au cisaillement de l'assemblage vis-à-vis d'un effort faisant un angle α par rapport au fil du bois est :

$$F_{v,Rk,Ass,\alpha} \ll \min \begin{cases} F_{v,AssRk,0} / \cos \alpha \\ m \cdot n \cdot F_{vRk} \cdot 2 \end{cases}$$

Equation(s) 4.13

$F_{v,Ass, Rk,0}$: résistance caractéristique au cisaillement de l'assemblage suivant le fil du bois

$F_{v,R,k}$: résistance caractéristique en cisaillement par organe

m : nombre de files d'organes parallèles au fil du bois sur une face

n : nombre d'organes dans une file parallèle au fil du bois

4.2.8 Résistance de calcul au cisaillement de l'assemblage

La résistance de calcul au cisaillement de l'assemblage s'obtient, à partir de la résistance caractéristique au cisaillement de l'assemblage, par application du facteur de modification de résistance et du coefficient partiel pour les propriétés des matériaux définis dans l'Eurocode5.

$$F_{v,R,d,ass} = F_{v,R,k,ass} \frac{k_{mod,ass}}{\gamma_{M_{ass}}}$$

Equation(s) 4.14

Avec,

$F_{v,Ass,Rk}$: résistance caractéristique de l'assemblage en simple cisaillement

$k_{mod,ass}$: facteur de modification de résistance de l'assemblage,

$$k_{mod,ass} = \sqrt{k_{mod,1} k_{mod,2}}$$

Equation(s) 4.15 (EC5(2.6))

$k_{mod,1}$ et $k_{mod,2}$: facteurs de modification de résistance des matériaux assemblés, définis au dans l'EC5 (§3.1.4) suivant la classe de service et la durée de chargement.

Matériau	Classe de service	Classe de durée de chargement				
		Action permanente	Action long terme	Action moyen terme	Action court terme	Action instantanée
		Poids propre (G)	Stockage	Exploitation (Q) Neige (S) H≥1000m	Neige (S) H<1000m	Vent (W)
Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Contreplaqué	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB, panneau de particules	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80

Tableau 15 – Valeurs de k_{mod} de matériaux

Assemblage	Classe de service	Classe de durée de chargement				
		Action permanente	Action long terme	Action moyen terme	Action court terme	Action instantanée
		Poids propre (G)	Stockage	Exploitation (Q) Neige (S) H≥1000m	Neige (S) H<1000m	Vent (W)
Contreplaqué / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB, panneau de particules / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	0,42	0,56	0,72	0,87	1,10
	2	0,35	0,46	0,60	0,73	0,94

Tableau 16 – Valeurs de k_{mod} d'assemblages

γ_M : coefficient partiel pour les propriétés des matériaux,

$\gamma_M = 1,3$ pour le bois massif ;

$\gamma_M = 1,25$ pour le bois lamellé-collé ;

$\gamma_M = 1,2$ pour le LVL, le contreplaqué et l'OSB ;

$\gamma_M = 1,3$ pour les assemblages.

Le tableau suivant donne directement les valeurs du rapport $k_{mod}/\gamma_{M,ass}$ à prendre en compte pour la résistance de calcul de l'assemblage en fonction des matériaux assemblés et de la classe de durée de chargement.

Assemblage	Classe de service	Classe de durée de chargement				
		Action permanente	Action long terme	Action moyen terme	Action court terme	Action instantanée
		Poids propre (G)	Stockage	Exploitation (Q) Neige (S) H \geq 1000m	Neige (S) H<1000m	Vent (W)
Contreplaqué / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	0,462	0,538	0,615	0,692	0,846
	2	0,462	0,538	0,615	0,692	0,846
	3	0,385	0,423	0,500	0,538	0,692
OSB, panneau de particules / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	0,323	0,431	0,554	0,669	0,846
	2	0,269	0,354	0,462	0,562	0,723

Tableau 17 – Valeurs du rapport k_{mod}/γ_M d'assemblages

Il peut être intéressant d'exprimer les efforts agissant sur l'assemblage en valeurs caractéristiques pour les différentes combinaisons d'action :

- Cela facilite l'identification des cas de charges dimensionnants.
- Ces valeurs caractéristiques d'effort peuvent être directement comparées aux valeurs de résistance caractéristique d'assemblage présentées au paragraphe suivant (§6 Plages de performance d'assemblages types).

On utilise pour cela la relation suivante, inverse de la précédente : $F_{v,k,ass} = F_{v,d,ass} \frac{\gamma_M}{k_{mod,ass}}$

Avec,

$F_{v,d,ass}$: valeur de calcul de l'effort agissant sur l'assemblage pour la combinaison d'action étudiée

$F_{v,k,ass}$: valeur caractéristique de l'effort agissant sur l'assemblage pour la combinaison d'action étudiée.

Le tableau suivant donne directement les valeurs du rapport $\gamma_M/k_{mod,ass}$ à utiliser pour la détermination de la valeur caractéristique de l'effort agissant sur l'assemblage, à partir de l'effort de calcul de combinaison, en fonction des matériaux assemblés et de la classe de durée de chargement.

Assemblage	Classe de service	Classe de durée de chargement				
		Action permanente	Action long terme	Action moyen terme	Action court terme	Action instantanée
		Poids propre (G)	Stockage	Exploitation (Q) Neige (S) H \geq 1000m	Neige (S) H<1000m	Vent (W)
Contreplaqué / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	2,167	1,857	1,625	1,444	1,182
	2	2,167	1,857	1,625	1,444	1,182
	3	2,600	2,364	2,000	1,857	1,444
OSB, panneau de particules / Bois massif, bois lamellé-collé, LVL	1	3,095	2,321	1,806	1,494	1,182
	2	3,714	2,826	2,167	1,781	1,383

Tableau 18 – Valeurs du rapport γ_M/k_{mod} d'assemblages

5. APPLICATIONS PRATIQUES

5.1 EXEMPLE n°1 – Assemblage Poinçon / Arbalétrier d'une ferme latine avec goussets en complément de l'embrèvement

5.1.1 Définition des éléments de structure à assembler

✓ Ouvrage étudié

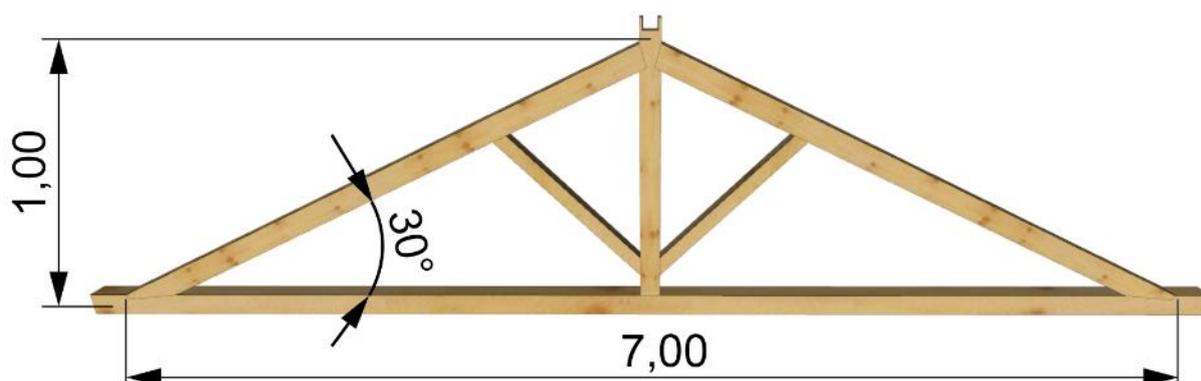


Figure 29 - Ferme latine

Elément	Section (cm x cm)
Poinçon	R 7,5x12
Arbalétrier droite	R 7,5x16
Arbalétrier gauche	R 7,5x16
Entrait	R 7,5x16
Contrefiche 1 droite	R 7,5x7,5
Contrefiche 1 gauche	R 7,5x7,5

- ✓ Entraxe des fermes : 2 m
- ✓ Classe de bois : bois massif résineux **C18**, dont les caractéristiques sont données par la norme NF EN 338
- Masse volumique caractéristique $\rho_k = 320 \text{ kg/m}^3$
- ✓ Classe de service : 2
- ✓ Cas de charge :
 - Charges permanentes (G) :
 - Couverture tuile : 50 daN/m²
 - Plafond sous entrain : 10 daN/m²
 - Charge de neige (S):
 - Région A1, Altitude 100 m : charge normale au sol $s_k = 45 \text{ daN/m}^2$
 - Charge de vent (W):
 - Région de vent 2 : Valeur de base de la vitesse du vent = 24 m/s
 - Bâtiment fermé
 - Hauteur maximale de la construction 7 m
 - Catégorie de terrain : IIIa

- Type d'obstacles constituant l'orographie : aucun, terrain plat

Charges ponctuelles sur arbalétriers par 2 pannes intermédiaires.

✓ **Configuration de l'assemblage à renforcer**

On considère un assemblage par emboîtement pleine section dont la géométrie est représentée sur la figure suivante :

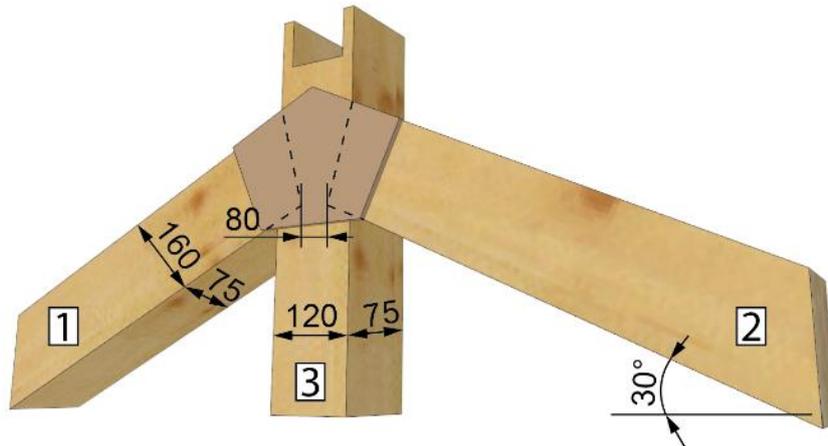


Figure 30 - Exemple n°1 : Assemblage poinçon/Arbalétriers

5.1.2 Efforts à reprendre

✓ **Efforts dans les pièces**

Les efforts de calcul au droit de l'assemblage sont déterminés à l'aide d'un logiciel de modélisation, sous les différentes combinaisons de charge, conformément aux Eurocodes.

Les résultats obtenus, sous le cas de charge le plus défavorable (1,35G+1,5S) sont les suivants :

Nom de la combinaison	Effort normal à gauche : N1d	Effort tranchant à gauche : V1d	Effort normal à droite : N2d	Effort tranchant à droite : V2d
-	daN	daN	daN	daN
1,35G+1,5S	-1294,8	37,1	-1294,8	37,1

✓ **Efforts dans l'assemblage**

✓ Direction des efforts

La projection de ces efforts perpendiculairement à l'about (N_{ad}) et au flanc (F_{fd}) d'arbalétrier montre que l'assemblage doit être renforcé vis-à-vis du soulèvement.

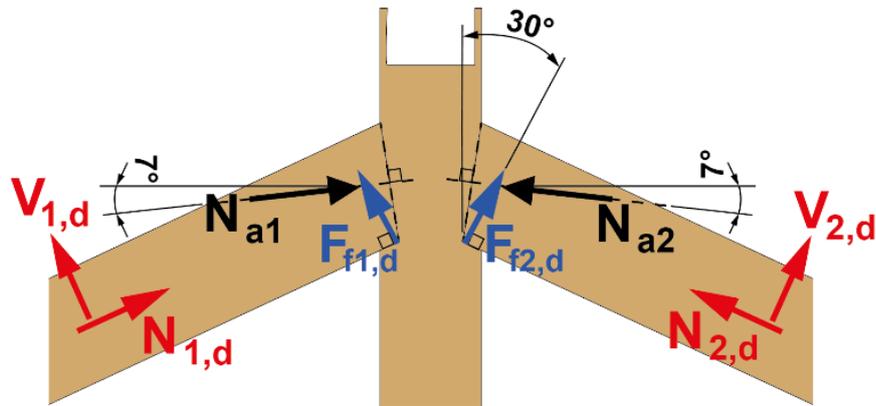


Figure 31 - Exemple n°1 : Efforts dans l'assemblage

L'effort de soulèvement à reprendre par le complément d'assemblage, perpendiculaire au flanc de l'arbalétrier, F_{fd} , fait un angle par rapport au fil du bois des arbalétriers $\alpha_{1,2} = 90^\circ$.

Ces efforts de soulèvement $F_{f,1,2,d}$ dans les arbalétriers conduisent à un effort résultant à reprendre par le complément d'assemblage dans le poinçon, de direction verticale, suivant le fil du bois, $\alpha_3 = 0^\circ$.

✓ Intensité des efforts

Sous la combinaison 1,35G+1,5S, la valeur de calcul des efforts en cisaillement à reprendre par le complément d'assemblage avec goussets sont :

$F_{f1,2,d} = 600 \text{ daN}$ dans les arbalétriers

$F_{d,3} = 2 \times F_{fd} \times \cos 30^\circ = 1039 \text{ daN}$ dans le poinçon

✓ **Durée de chargement**

Avec une altitude du site inférieure à 1000 m, la classe de durée de chargement de la charge due à la combinaison 1,35G+1,5S est **court terme** (cf. §4.2.8).

5.1.3 Choix du gousset

✓ Type de panneau : **Contreplaqué**

Masse volumique caractéristique $\rho_k = 550 \text{ kg/m}^3$

✓ Epaisseur, $t_1 = 12 \text{ mm}$

5.1.4 Choix des organes d'assemblage

✓ Type d'organe : pointe lisse

✓ Diamètre nominal, $d = 3,1 \text{ mm}$

Longueur de la pointe pour respecter les exigences d'ancrage suffisant et de recouvrement limité dans l'élément central:

- $t_2 \geq 12d = 37,2 \text{ mm}$, soit $l = t_1 + t_2 \geq t_1 + 12d = 12 + 37,2 = 49,2 \text{ mm}$

- $t_2 > 4d = 12,4 \text{ mm}$, soit $l = t_1 + t_2 < t_1 + t_2 - 4d = 12 + 75 - 12,4 = 74,6 \text{ mm}$

on retient **L = 50 mm**

d'où $t_2 = L - t_1 = 50 - 12 = 38 \text{ mm}$

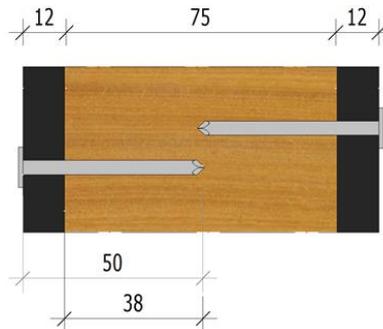


Figure 32 – Longueur d'ancrage et recouvrement des pointes

5.1.5 Disposition des organes

✓ Arbalétriers

Vis-à-vis de l'effort à reprendre, perpendiculaire au fil du bois ($\alpha_{1,2} = 90^\circ$), les distances et espacements mini à respecter sont (cf. * pour le contreplaqué, α est l'angle entre la direction de l'effort et la rive ou l'extrémité chargée).

Tableau 12 §□ :

- ✓ Espacement suivant le fil du bois, $a_{1min} = 4,3d = 13,2$ mm
- ✓ Espacement perpendiculaire au fil du bois, $a_{2min} = 4,3d = 13,2$ mm
- ✓ Distance extrémité, $a_{3,tmin} = a_{3,cmin} = 10d = 31$ mm
- ✓ Distance rive chargée, $a_{4,tmin} = 7d = 21,7$ mm
- ✓ Distance rive non chargée, $a_{4,Cmin} = 5d = 15,5$ mm

Sur la hauteur d'arbalétrier $h=160$ mm, la hauteur utile pour disposer les pointes est $h_u = h - a_{4,tmin} - a_{4,Cmin} = 160 - 21,7 - 15,5 = 122,8$ mm.

Avec un espacement minimal $a_{2,min} = 13,2$ mm, on peut donc disposer au maximum 10 files de pointes parallèles au fil du bois ($\text{entier}(122,8/13,2+1)=10$)

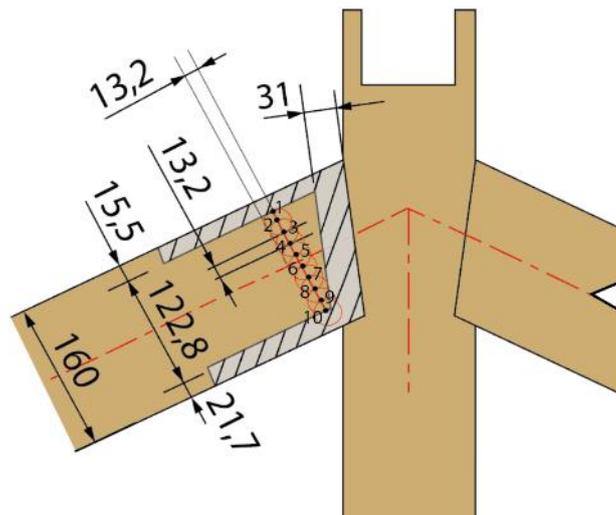


Figure 33 - Exemple n°1 : Distances et espacements mini des pointes dans l'arbalétrier

✓ **Poinçon**

Vis-à-vis de l'effort à reprendre, parallèle au fil du bois ($\alpha_3=0^\circ$), les distances et espacements mini à respecter sont (cf. * pour le contreplaqué, α est l'angle entre la direction de l'effort et la rive ou l'extrémité chargée).

Tableau 12 §□ :

- ✓ Espacement suivant le fil du bois, $a_{1min} = 8,5d = 26,4$ mm
- ✓ Espacement perpendiculaire au fil du bois, $a_{2min} = 4,3d = 13,2$ mm
- ✓ Distance extrémité chargée, $a_{3,tmin} = 10d = 31$ mm
- ✓ Distance rives $a_{4,tmin} = a_{4,cmin} = 5d = 15,5$ mm

Sur la plus faible hauteur de poinçon entaillée $h_e=80$ mm, la hauteur utile pour disposer les vis est $h_u = h_e - a_{4,tmin} - a_{4,cmin} = 80 - 2 \times 15,5 = 49$ mm.

Avec un entraxe minimal $a_{2,min} = 13,2$ mm, on peut disposer 4 files de vis parallèle au fil du bois (entier($49/13,2+1$)=4)

Sur la pleine hauteur du poinçon $h_e=120$ mm, la hauteur utile pour disposer les vis est $h_u = h_e - a_{4,tmin} - a_{4,cmin} = 120 - 2 \times 15,5 = 89$ mm.

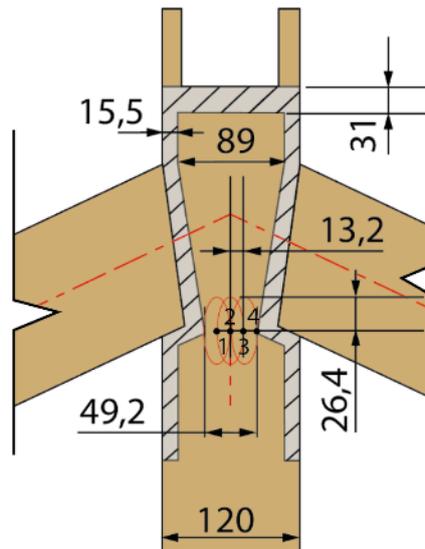


Figure 34 - Exemple n°1 : Distances et espacements mini des pointes dans le poinçon

5.1.6 Résistance caractéristique en cisaillement par organe

✓ **Portance locale (cf. §4.2.3)**

✓ Portance locale dans le panneau contreplaqué
 $f_{h,1,k} = 0,11 \rho_k d^{-0,3} = 0,11 \times 550 \times 3,1^{-0,3} = 43,1$ N/mm²

✓ Portance locale dans les pièces de bois C18
 $f_{h,2,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} = 0,082 \times 320 \times 3,1^{-0,3} = 18,7$ N/mm²

✓ Rapport des portances locales
 $\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k} = 0,43$

✓ **Moment d'écoulement plastique (cf. §4.2.4)**

✓ Diamètre nominal, $d = 3,1$ mm

- ✓ Résistance à la traction du fil d'acier : $f_{u,k} = 600 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Moment d'écoulement plastique
 $M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} = 0,3 \times 600 \times 3,1^{2,6} = \mathbf{3410 \text{ N.mm}}$

- ✓ **Résistance caractéristique au cisaillement par organe (F_v, R, k)**
- ✓ Jeu d'équations correspondant à l'assemblage bois/panneau en simple cisaillement (cf. §□)

$$f_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d = \mathbf{1603 \text{ N}} \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_2 d = \mathbf{2201 \text{ N}} \quad (b) \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{f_{ax,Rk}}{4} = \mathbf{850 \text{ N}} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{f_{ax,Rk}}{4} = \mathbf{676 \text{ N}} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{f_{ax,Rk}}{4} = \mathbf{967 \text{ N}} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} \quad (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} = \mathbf{854 \text{ N}} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} \quad (f) \end{array} \right.$$

- ✓ Résistance à la traction de l'organe (cf. §□)

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,k,2} d t_{pen} \\ f_{ax,k,1} d t_1 + f_{head,k} d_h^2 \end{array} \right.$$

avec

$$\begin{aligned} f_{ax,k,2} &= 20 \times 10^{-6} \rho_k^2 = 20 \times 10^{-6} \times 320^2 = 2,05 \text{ N/mm}^2 \\ f_{ax,k,1} &= 20 \times 10^{-6} \rho_k^2 = 20 \times 10^{-6} \times 550^2 = 6,05 \text{ N/mm}^2 \\ f_{head,k} &= 70 \times 10^{-6} \rho_k^2 = 70 \times 10^{-6} \times 550^2 = 21,2 \text{ N/mm}^2 \\ t_1 &= 12 \text{ mm} \\ t_{pen} = t_2 &= 38 \text{ mm} \\ d_h = 2x_d &= 6,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,05 \times 3,1 \times 38 = 241 \text{ N} \\ 6,05 \times 3,1 \times 12 + 21,2 \times 6,2^2 = 1039 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \mathbf{F_{ax,Rk} = 241 \text{ N}}$$

- ✓ Effet de corde
 $F_{ax,Rk} / 4 = 60,3 \text{ N}$, plafonné à 15% de la partie de Johansen des équations pour les pointes lisses (cf. §□)
- ✓ Résistance caractéristique au cisaillement par organe

$$f_{v,Rk} = \min \begin{cases} 1603 \text{ N} & (a) \\ 2201 \text{ N} & (b) \\ 850 + \min(60,3; 0,15 \times 850) = 910 \text{ N} & (c) \\ 676 + \min(60,3; 0,15 \times 676) = \mathbf{736 \text{ N}} & (d) \\ 967 + \min(60,3; 0,15 \times 967) = 1027 \text{ N} & (e) \\ 854 + \min(60,3; 0,15 \times 854) = 914 \text{ N} & (f) \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_{v,Rk} = 736 \text{ N} = 74 \text{ daN}$$

L'utilisation de l'abaque correspondant à la configuration étudiée (Contreplaqué sur C18, pointe lisse circulaire $t \geq 12d$), figurant au §6.1.1, permet de lire directement sur le graphique pour une pointe de 3,1 mm de diamètre et une épaisseur de panneau de 12 mm la valeur de $F_{v,Rk} = 74 \text{ daN}$.

5.1.7 Nombre d'organes d'assemblage

✓ Valeurs d'efforts caractéristiques

Pour un assemblage Contreplaqué / Bois massif en classe de service 2, soumis à un effort de court terme, les facteurs de modification de résistance et coefficient sur les matériaux à prendre en compte sont (cf. §4.2.8) :

$$k_{mod,ass} = 0,9$$

$$\gamma_M = 1,3$$

soit,

$$k_{mod,ass} / \gamma_M = 0,692$$

$$\gamma_M / k_{mod,ass} = 1,444$$

L'utilisation du Tableau 15 et du Tableau 16 du §4.2.8 permet la détermination directe de ces coefficients.

Ce qui conduit à considérer les valeurs d'effort caractéristique sur assemblage suivant :

✓ Dans les arbalétriers, $F_{fk1,2} = 600 \times 1,444 = 866 \text{ daN}$

✓ Dans le poinçon, $F_{fk3} = 1039 \times 1,444 = 1500 \text{ daN}$

✓ Arbalétriers

La résistance caractéristique de l'assemblage vis-à-vis du cisaillement, $F_{v,Ass,Rk}$, doit être supérieur ou égal à 866 daN.

L'effort étant perpendiculaire au fil du bois, il n'y a pas d'effet de nombre, les organes des files parallèles au fil du bois travaillent en pleine capacité :

$$F_{v,Ass,Rk} = m \times n \times F_{v,Rk} \times 2$$

m : nombre de files parallèles au fil du bois sur chaque face

n : nombre d'organes dans la file parallèle au fil du bois

$$F_{v,Ass,Rk} / F_{v,Rk} = m \times n \times 2 \geq 866 / 74 = 11,7$$

Le nombre minimal nécessaire de pointes par face sur les arbalétriers est : $m \times n \geq 5,9$

⇒ **On retient 6 pointes par face.**

✓ Poinçon

La résistance caractéristique en cisaillement de l'assemblage, $F_{v,Ass,Rk}$, doit être supérieur ou égal à 1500 daN.

L'effort étant parallèle au fil du bois, il faut prendre en compte le nombre efficace d'organes dans une file suivant la direction de l'effort.

$$F_{v,Ass,Rk} = m n_{ef} F_{v,Rk} \times 2$$

m : nombre de files parallèles au fil du bois sur chaque face

n_{ef} : nombre efficace d'organes dans la file parallèle au fil du bois

$$F_{v,Ass,Rk} / F_{v,Rk} = m \times n_{ef} \times 2 \geq 1500/74 = 20,3$$

Le nombre efficace minimal nécessaire de pointes par face sur les arbalétriers est :
 $m \times n_{ef} \geq 10,1$

Si on répartit les pointes suivant 4 files parallèles au fil du bois ($m=4$), le nombre efficace minimal de pointes par files est $n_{ef} > 10,1/4 = 2,5$

La relation liant le nombre de pointes et le nombre efficace de pointes est (cf.§4.2.6) :

$$n_{ef} = n^{k_{ef}}$$

avec k_{ef} , coefficient qui dépend de l'espacement des organes dans la file.

L'utilisation du Tableau 14 du §4.2.6 permet la lecture directe du nombre efficace en fonction du nombre d'organes pour différentes valeurs d'espacements.

- ✓ Pour l'espacement minimal $a_{1min} = 8,5d = 26,4$ mm, la valeur de k_{ef} est 0,78.
Le nombre minimal de pointes dans la file nécessaire pour un nombre efficace $n_{ef} > 2,5$ est $n=4$.
- ✓ Pour éliminer l'effet de nombre ($k_{ef}=1$) sur les files parallèles à l'effort suivant le fil du bois, il faut retenir un espacement $a_1=14d=43,4$ mm
Dans ce cas, le nombre minimal nécessaire de pointes dans la file est $n > 2,5=3$.
- ✓ Pour un nombre de pointes dans la file $n=3$, un nombre efficace $n_{ef} > 2,5$ est obtenu avec un espacement $a_1 > 10d=31$ mm.

⇒ **On retient 12 pointes par face, réparties sur 3 files de 4 pointes, avec un espacement $a_1 > 31$ mm.**

5.1.8 Dimensionnement du gousset

✓ Géométrie du gousset

Afin de limiter son emprise et faciliter sa mise en œuvre, on choisit une géométrie de gousset suivant les flancs des arbalétriers.

Les espacements entre organes et les distances aux bords ayant été définis pour les éléments à assembler, la délimitation du gousset doit respecter les distances minimales des organes aux bords du panneau (cf.§□).

- ✓ Distance extrémité non chargée du gousset sur l'arbalétrier, $a_{3,tmin} = 3 d = 9,3$ mm
- ✓ Distance rive chargée du gousset sur le poinçon, $a_{4,tmin} = 3+4\sin \alpha_g d = 20,0$ mm
avec α_g , angle entre la rive du contreplaqué et la direction de l'effort dans l'entrait, $\alpha_g = 60^\circ$
- ✓ Distance rive non chargée du gousset sur le poinçon, $a_{4,Cmin} = 3 d = 9,3$ mm

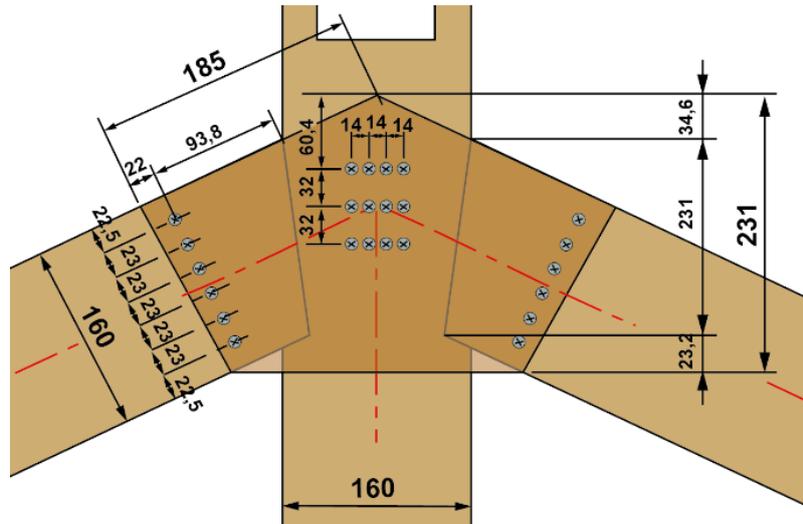


Figure 35 - Exemple n°1 : Plan de fixation du gousset

✓ **Vérification du gousset**

Le gousset est soumis aux efforts suivants :

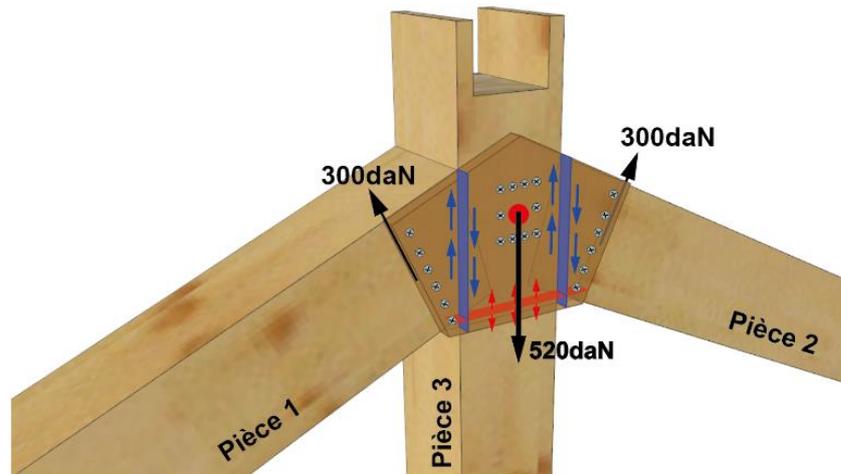


Figure 36 - Exemple n°1 : Efforts dans le gousset

- ✓ Les composantes verticales des efforts provoquent un effort de cisaillement dans le gousset au droit du joint arbalétrier/poinçon sensiblement vertical, $V_d = 300 \times \sin 60^\circ = 260 \text{ daN}$.

La contrainte de cisaillement dans le gousset contreplaqué est :

$$\tau_d = 1,5 V_d / A$$

$$A, \text{ section cisailée} = (173,2 + 23,2) \times 12 = 2357 \text{ mm}^2$$

$$\tau_d = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

La résistance de calcul au cisaillement de voile du panneau est (cf. § 4.2.8) :

$$f_{v,d,pann} = f_{v,k,pann} \frac{k_{mod,pann}}{\gamma_{Mpann}}$$

avec

$$f_{v,k,pann} = 5,9 \text{ N/mm}^2, \text{ pour un panneau contreplaqué de 12 mm d'épaisseur (cf. § 4.2.8)}$$

$$k_{mod, Pann} = 0,9 \text{ pour le contreplaqué}$$

$$\gamma_{MPann} = 1,2 \text{ pour le contreplaqué}$$

$$f_{v,d,pann} = 5,9 \times 0,9 / 1,2 = 4,4 \text{ N/mm}^2 > \tau_d,$$

$$\tau_d / f_{v,d,pann} = 1,7 / 4,4 = 39\%$$

⇒ **Le gousset est vérifié en cisaillement.**

- ✓ Les composantes horizontales au droit des assemblages arbalétriers /gousset provoquent un effort de traction parallèle au fil du bois dans le gousset $N_d = 300 \times \cos 60^\circ = 150 \text{ daN}$
La contrainte de traction dans le gousset contreplaqué est :

$$\sigma_{t,o,d} = N_d / A$$

On prend à titre conservateur la section efficace du gousset en traction au droit de la projection verticale de la file d'organes,

$$A_{tef} = (h - a_4t - a_4c) \times \cos 30^\circ \times t = (160 - 2 \times 22,5) \times \cos 30^\circ \times 12 = 1195 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,o,d} = 1,3 \text{ N/mm}^2$$

La résistance de calcul en traction du panneau est (cf. § 4.2.8) :

$$f_{t,0,d,pann} = f_{t,0,k,pann} \frac{k_{mod,pann}}{\gamma_{Mpann}}$$

avec

$$f_{t,0,k,pann} = 15,2 \text{ N/mm}^2, \text{ pour un panneau contreplaqué de 12 mm d'épaisseur (cf. § 4.2.8)}$$

$$k_{mod,pann} = 0,9 \text{ pour le contreplaqué}$$

$$\gamma_{Mpann} = 1,2 \text{ pour le contreplaqué}$$

$$f_{t,0,d,pann} = 15,2 \times 0,9 / 1,2 = 11,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d,pann} = 1,3 / 11,4 = 11\%$$

⇒ **Le gousset est vérifié en traction.**

5.2 EXEMPLE n°2 – Assemblage Entrait / Arbalétrier d'une ferme latine avec goussets en complément de l'embranchement

On reprend l'exemple de la ferme latine précédent, en modifiant les hypothèses de charge suivantes :

- Charges permanentes (G) :
 - Couverture légère : 20 daN/m²
 - Charge de vent (W):
 - Région de vent 3 : Valeur de base de la vitesse du vent = 26 m/s
 - Bâtiment ouvert sur trois côtés
 - Hauteur maximale de la construction 7 m
 - Catégorie de terrain : IIIa
 - Type d'obstacles constituant l'orographie : aucun, terrain plat
- W2, vent en soulèvement

✓ Configuration de l'assemblage à renforcer

On considère un assemblage par embranchement simple, correctement dimensionné pour reprendre toutes les charges descendantes, mais qui doit être renforcé vis-à-vis du soulèvement.

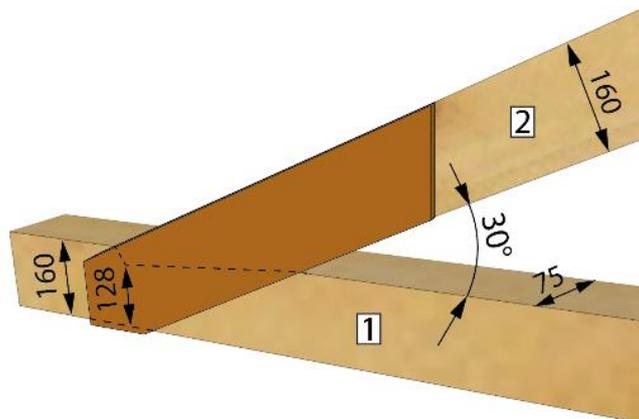


Figure 37 - Exemple n°2 : Assemblage Entrait/Arbalétrier

5.2.1 Efforts à reprendre

✓ Efforts dans les pièces

Les efforts de calcul au droit de l'assemblage déterminés à l'aide d'un logiciel montrent la nécessité de renforcer l'assemblage vis à vis du soulèvement sous le cas de charge le plus défavorable (G+1,5W2) :

Nom de combinaison	la	Effort normal N2	Effort tranchant V2	Effort normal N1	Effort tranchant V1	Moment fléchissant : M1
-		daN	daN	daN	daN	daN*m
G+1,5W2		1459,3	137,9	0	-773,4	171,1

✓ Efforts dans l'assemblage

L'équilibre des efforts dans le nœud conduit aux efforts suivants à reprendre par les organes d'assemblage du gousset :

✓ dans l'arbalétrier :

- suivant le fil du bois, $F_{2,0} = N_2 = 1459,3$ daN
- perpendiculairement au fil du bois, $F_{2,90} = V_2 = 137,9$ daN
- résultante de l'effort,

$$F_2 = \sqrt{N_2^2 + V_2^2} = 1466 \text{ daN}$$

- direction de l'effort par rapport au fil du bois,

$$\alpha_2 = \arctan\left(\frac{137,9}{1459,3}\right) = 5,4^\circ$$

✓ dans l'entrait :

- résultante de l'effort, $F_1 = F_2 = 1466$ daN

- direction de l'effort par rapport au fil du bois, $\alpha_1 = \alpha_2 + 30 = 35,4^\circ$
- suivant le fil du bois, $F_{1,0} = 1466 \cos 35,4^\circ = 1195 \text{ daN}$
- perpendiculairement au fil du bois, $F_{1,90} = 1466 \sin 35,4^\circ = 849 \text{ daN}$

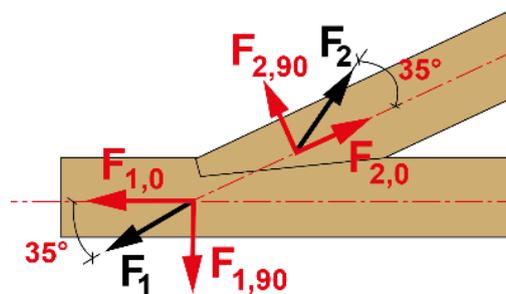


Figure 38 - Exemple n°2 : Efforts dans l'assemblage

✓ **Durée de chargement**

La classe de durée de chargement d'une combinaison avec du vent (G+1,5W2) est **instantanée** (cf. §4.2.8).

5.2.2 Choix du gousset

- ✓ Type de panneau : **Contreplaqué**
Masse volumique caractéristique $\rho_k = 550 \text{ kg/m}^3$
- ✓ Epaisseur, $t_1 = 12 \text{ mm}$

5.2.3 Choix des organes d'assemblage

- ✓ Type d'organe : **vis**
- ✓ Diamètre nominal, **d= 4,5 mm**
On considère une vis présentant les caractéristiques minimales suivantes (cf.§6.2.1) :
 - $F_{\text{tens},k} = 5300 \text{ N}$
 - $M_{y,Rk} = 3700 \text{ N.mm}$
 - $f_{\text{head},k} = 8 \text{ N/mm}^2$
 - $f_{\text{ax},k} = 11,7 \text{ N/mm}^2$, valeur associée à la masse volumique $\rho_a = 350 \text{ kg/m}^3$

Diamètre de la tête, $d_h = 2d = 9 \text{ mm}$

- ✓ Longueur totale de la vis pour respecter les exigences d'ancrage suffisant et de recouvrement limité dans l'élément central:
 - $t_2 \geq 7d = 31,5 \text{ mm}$, soit $l = t_1 + t_2 \geq t_1 + 7d = 12 + 31,5 = 43,5 \text{ mm}$
 - $t_2 > 4d = 18 \text{ mm}$, soit $l = t_1 + t_2 < t_1 + t_2 - 4d = 12 + 75 - 18 = 69 \text{ mm}$

on retient **l= 45 mm**

d'où **t₂ = l - t₁ = 45 - 12 = 33 mm**

Longueur minimale de la partie filetée pour respecter l'exigence de pénétration de la partie filetée dans l'élément central en bois, $l_{ef} \geq 4d = 18 \text{ mm}$,
 $l_{ef} = l_g = \text{longueur filetée pour } l_1 < t_2 = 33 \text{ mm}$

on retient $I_g = 26 \text{ mm}$

5.2.4 Disposition des organes

✓ Arbalétrier

Vis-à-vis de l'effort à reprendre, de direction faisant un angle par rapport au fil du bois $\alpha_2 = 5^\circ$, les distances et espacements mini à respecter sont (cf. * pour le contreplaqué, α est l'angle entre la direction de l'effort et la rive ou l'extrémité chargée).

Tableau 12 §□ :

- ✓ Espacement suivant le fil du bois, $a_{1\min} = 0,85 (5+5\cos(5^\circ))d = 38,2 \text{ mm}$
- ✓ Espacement perpendiculaire au fil du bois, $a_{2\min} = 4,25d = 19,1 \text{ mm}$
- ✓ Distance extrémité chargée, $a_{3,t\min} = (10+5\cos(5^\circ))d = 67,4 \text{ mm}$
- ✓ Distance extrémité non chargée, $a_{3,C\min} = 10d = 45 \text{ mm}$
- ✓ Distance rive chargée, $a_{4,t\min} = (5+2\sin(5^\circ))d = 23,3 \text{ mm}$
- ✓ Distance rive non chargée, $a_{4,C\min} = 5d = 22,5 \text{ mm}$

Sur la hauteur d'arbalétrier $h=160 \text{ mm}$, la hauteur utile pour disposer les vis est $h_u = h - a_{4,t\min} - a_{4,C\min} = 160 - 23,3 - 22,5 = 114,2 \text{ mm}$.

Avec un espacement minimal $a_{2,\min} = 19,1 \text{ mm}$, on peut donc disposer au maximum 6 files de vis parallèles au fil du bois (entier($114,2/19,1+1$)=6).

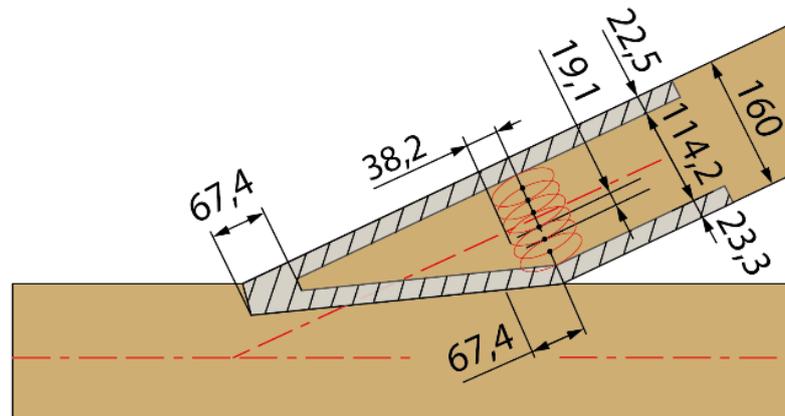


Figure 39 - Exemple n°2 : Distances minimales à respecter pour les vis dans l'arbalétrier

✓ Entrait

Vis-à-vis de l'effort à reprendre, de direction par rapport au fil du bois faisant un angle $\alpha_1=35^\circ$, les distances et espacements mini à respecter sont (cf. * pour le contreplaqué, α est l'angle entre la direction de l'effort et la rive ou l'extrémité chargée).

Tableau 12 §□ :

- ✓ Espacement suivant le fil du bois, $a_{1\min} = 0,85 (5+5\cos(35^\circ))d = 34,8 \text{ mm}$
- ✓ Espacement perpendiculaire au fil du bois, $a_{2\min} = 4,3d = 13,2 \text{ mm}$
- ✓ Distance rive chargée, $a_{4,t\min} = (5+2\sin(35^\circ))d = 27,7 \text{ mm}$
- ✓ Distance rive non chargée, $a_{4,C\min} = 5d = 22,5 \text{ mm}$

Sur la plus faible hauteur d'entrait entaillée $h_e=128 \text{ mm}$, la hauteur utile pour disposer les vis est $h_u = h_e - a_{4,t\min} - a_{4,C\min} = 128 - 27,7 - 22,5 = 77,8 \text{ mm}$.

Avec un espacement minimal $a_{2,\min} = 13,2 \text{ mm}$, on peut disposer 6 files de vis parallèle au fil du bois (entier($77,8/13,2+1$)=6)

Sur la pleine hauteur de l'entrait, $h_e=160$ mm, la hauteur utile pour disposer les vis est $h_u = h_e - a_4 t_{\min} - a_{4,C\min} = 160 - 27,7 - 22,5 = 109,8$ mm.

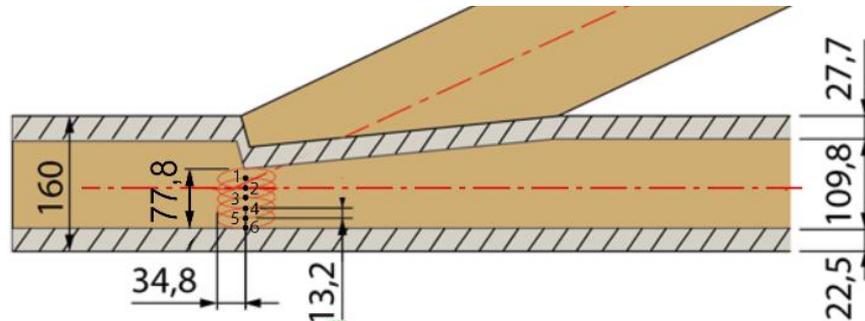


Figure 40 - Exemple n°2 : Distances minimales à respecter pour les vis dans l'entrait

5.2.5 Résistance caractéristique en cisaillement par organe

✓ Portance locale (cf. §4.2.3)

- ✓ Portance locale dans le panneau contreplaqué
 $f_{h,1,k} = 0,11 \rho_k d^{-0,3} = 0,11 \times 550 \times 4,5^{-0,3} = 28,7 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Portance locale dans les pièces de bois C18
 $f_{h,2,k} = 0,082 \rho_k d^{-0,3} = 0,082 \times 320 \times 4,5^{-0,3} = 16,7 \text{ N/mm}^2$
- ✓ Rapport des portances locales
 $\beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k} = 0,43$

✓ Moment d'écoulement plastique (cf. §4.2.4)

$M_{y,Rk} = 3700 \text{ N.mm}$, valeur déclarée

✓ Résistance caractéristique au cisaillement par organe (F_v, R, k)

- ✓ Jeu d'équations correspondant à l'assemblage bois/panneau en simple cisaillement (cf. §□)

$f_{v,Rk}$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d = 2081 \text{ N (a)} \\ f_{h,2,k} t_2 d = 2858 \text{ N (b)} \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{f_{ax,Rk}}{4} = 1103 \text{ N} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{f_{ax,Rk}}{4} = 838 \text{ N} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{f_{ax,Rk}}{4} = 1232 \text{ N} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} \quad (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} = 1013 \text{ N} + \frac{f_{ax,Rk}}{4} \quad (f) \end{array} \right.$$

- ✓ Résistance à la traction de l'organe (cf.§□)

$$F_{ax,Rk} = \min \begin{cases} f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_{ax} \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right)^{0,8} = 11,7 \times 4,5 \times 26 \times \left(\frac{320}{350}\right)^{0,8} = 1274 \text{ N} \\ f_{head,k} \cdot d_h^2 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right)^{0,8} = 8 \times 9^2 \times \left(\frac{380}{350}\right)^{0,8} = 704 \text{ N} \\ f_{ten,k} = 5300 \text{ N} \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_{ax,Rk} = 704 \text{ N}$$

- ✓ Effet de corde

$F_{ax,Rk} / 4 = 176 \text{ N}$, plafonné pour les vis à 100% de la partie de Johansen des équations (cf.3.2.5.1)

- ✓ Résistance caractéristique au cisaillement par organe

$$f_{v,Rk} = \min \begin{cases} 2081 \text{ N} & (a) \\ 2858 \text{ N} & (b) \\ 1103 + \min(176; 1103) = 1279 \text{ N} & (c) \\ 838 + \min(176; 838) = \mathbf{1014 \text{ N}} & (d) \\ 1232 + \min(176; 1232) = 1408 \text{ N} & (e) \\ 1013 + \min(176; 1013) = 1189 \text{ N} & (f) \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_{v,Rk} = 1014 \text{ N} = 101 \text{ daN}$$

L'utilisation de l'abaque correspondant à la configuration étudiée (Contreplaqué sur C18, vis, $t \geq 7d$), figurant au §6.2.1, permet de lire directement sur le graphe pour une vis de 4,5 mm de diamètre et une épaisseur de panneau de 12 mm la valeur de $F_{v,R,k} = 101 \text{ daN}$.

5.2.6 Nombre d'organes d'assemblage

✓ Valeurs d'efforts caractéristiques

Pour un assemblage Contreplaqué / Bois massif en classe de service 2, soumis à un effort de classe de durée instantanée, les facteurs de modification de résistance et coefficient sur les matériaux à prendre en compte sont (cf. §4.2.8) :

$$k_{mod,ass} = 1,1$$

$$\gamma_M = 1,3$$

soit,

$$k_{mod,ass} / \gamma_M = 0,846$$

$$\gamma_M / k_{mod,ass} = 1,182$$

L'utilisation du Tableau 15 et du Tableau 16 du §4.2.8 permet la détermination directe de ces coefficients.

Ce qui conduit à considérer les valeurs d'effort caractéristique sur assemblage suivant :

- ✓ Dans l'arbalétrier, $F_{1k} = 1466 \times 1,182 = 1733 \text{ daN}$
 Suivant le fil du bois, $F_{1k,0} = 1733 \times \cos(5,4^\circ) = 1725 \text{ daN}$
 Perpendiculairement au fil du bois $F_{1k,90} = 1733 \times \sin(5,4^\circ) = 163 \text{ daN}$
- ✓ Dans l'entrait, $F_{2k} = F_{1k} = 1733 \text{ daN}$
 Suivant le fil du bois, $F_{2k,0} = 1733 \times \cos(35,4^\circ) = 1412 \text{ daN}$
 Perpendiculairement au fil du bois $F_{1k,90} = 1733 \times \sin(35,4^\circ) = 1004 \text{ daN}$

✓ **Arbalétrier**

La résistance caractéristique en cisaillement de l'assemblage, $F_{v,Ass,Rk}$, doit être supérieur ou égal à 1733 daN.

Sans effet de nombre, avec des organes des files parallèles au fil du bois suffisamment espacés pour travailler en pleine capacité, le nombre minimal d'organes par face est $m \times n$ avec,

$$F_{v,Ass,Rk} = m \times n \times F_{v,Rk} \times 2$$

m : nombre de files parallèles au fil du bois sur chaque face

n : nombre d'organes dans la file parallèle au fil du bois

$$F_{v,Ass,Rk} / F_{v,Rk} = m \times n \times 2 \geq 1733/101 = 17,2$$

$$\text{Soit } m \times n > 8,6 = 9$$

Pour la résistance au cisaillement parallèlement au fil du bois, il faut prendre en compte le nombre efficace d'organes dans une file,

$$F_{v,Ass,Rk,0} = F_{v,ef,Rk} \times 2 = m \times n_{ef} \times F_{v,Rk} \times 2$$

m : nombre de files parallèles au fil du bois sur chaque face

n : nombre d'organes dans la file parallèle au fil du bois

$$F_{v,Ass,Rk,0} / F_{v,Rk} = m \times n_{ef} \times 2 \geq 1725/101 = 17,1$$

Le nombre efficace minimal nécessaire de vis par face sur l'arbalétrier est, $m \times n_{ef} \geq 8,5$.

Si on répartit les vis suivant 5 files parallèles au fil du bois ($m=5$), le nombre efficace minimal de pointes par files est $n_{ef} > 8,5/5 = 1,7$.

Pour un nombre de vis par file $n=2$, un nombre efficace $n_{ef} > 1,7$ est obtenu avec un espacement $a_1 > 9d = 40,5$ mm.

⇒ **On retient 10 vis par face, réparties sur 5 files de 2 vis, avec un espacement $a_1 \geq 41$ mm.**

✓ **Entrait**

Comme pour l'entrait, la résistance caractéristique en cisaillement de l'assemblage, $F_{v,Ass,Rk}$, devant être supérieur ou égal à 1733 daN, le nombre minimal d'organes par face travaillant en pleine capacité est $m \times n > 8,6 = 9$.

Pour la résistance au cisaillement parallèlement au fil du bois, il faut prendre en compte le nombre efficace d'organes dans une file

$$F_{v,Ass,Rk,0} = F_{v,ef,Rk,0} \times 2 = m \times n_{ef} \times F_{v,Rk} \times 2$$

m : nombre de files parallèles au fil du bois sur chaque face

n : nombre d'organes dans la file parallèle au fil du bois

La résistance au cisaillement parallèlement au fil du bois $F_{v,Ass,Rk,0}$ doit être supérieur à la composante parallèle au bois de l'effort caractéristique $F_{2k,0} = 1733 \times \cos(35,4^\circ) = 1412$ daN

$$F_{v,Ass,Rk,0} / F_{v,Rk} = m \times n_{ef} \times 2 \geq 1412/101 = 14,0$$

Le nombre efficace minimal nécessaire de vis par face sur l'arbalétrier est, $m \times n_{ef} \geq 7$

Si on répartit les vis suivant 3 files parallèles au fil du bois ($m=3$), le nombre efficace minimal de pointes par files est $n_{ef} > 7/3 = 2,3$.

Pour un nombre de vis par file $n=3$, un nombre efficace $n_{ef} > 2,3$ est obtenu avec l'espacement $a_{1min} > 9d = 40,5$ mm.

⇒ **On retient 9 vis par face, réparties sur 3 files de 3 vis, avec un espacement $a_1 \geq 41$ mm.**

5.2.7 Dimensionnement du gousset

✓ Géométrie du gousset

Afin de limiter son emprise et faciliter sa mise en œuvre, on choisit une géométrie de gousset suivant le flanc de l'arbalétrier.

Les espacements entre organes et les distances aux bords ayant été définis pour les éléments à assembler, la délimitation du gousset doit respecter les distances minimales des organes aux bords du panneau (cf. §□).

- ✓ Distance extrémité non chargée du gousset, $a_{3,t_{min}} = 3 d = 13,5 \text{ mm}$

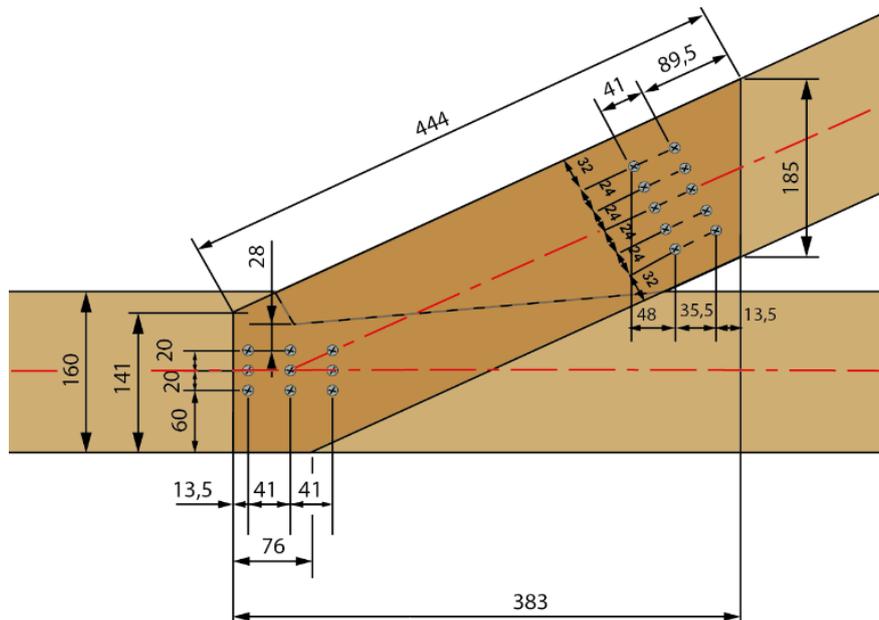


Figure 41 - Exemple n°2 : Plan de fixation du gousset

✓ Vérification du gousset

Le gousset est soumis aux efforts suivants :

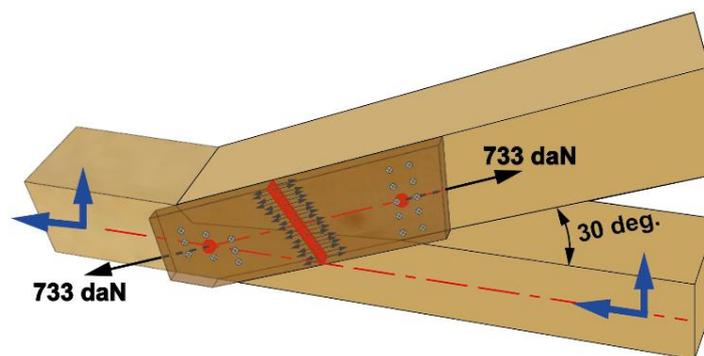


Figure 42 - Exemple n°1 : Efforts dans le gousset

- ✓ Les résultantes des efforts au droit des assemblages arbalétriers /gousset provoquent un effort de traction sensiblement parallèle au fil du bois dans le contreplaqué, $N_d = 733 \text{ daN}$
La contrainte de traction dans le gousset contreplaqué est :

$$\sigma_{t,0,d} = N_d / A$$

La section du gousset est, $A = 160 \times 12 = 1920 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{t,0,d} = 3,8 \text{ N/mm}^2$$

La résistance de calcul en traction perpendiculaire au fil du contreplaqué est (cf. § 4.2.8):

$$f_{t,90,d,pann} = f_{t,90,k,pann} \frac{k_{mod,pann}}{\gamma_{Mpann}}$$

avec

$f_{t,0,k,pann} = 15,2 \text{ N/mm}^2$, pour un panneau de 12 mm d'épaisseur (cf. □)

$k_{modPann} = 1,1$ pour le contreplaqué sous charge instantanée,

$\gamma_{MPann} = 1,2$ pour le contreplaqué

$$f_{t,0,d,pann} = 15,2 \times 1,1 / 1,2 = 13,9 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{t,0,d}$$

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d,pann} = 3,8 / 13,9 = 16\%$$

⇒ Le gousset est vérifié en traction.

6. ANNEXE 1 - PLAGES DE PERFORMANCE D'ASSEMBLAGES PAR GOUSSETS

6.1 Assemblages panneau/bois par pointes

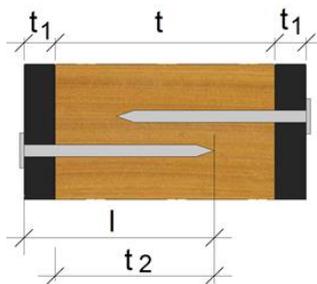


Figure 43 – Assemblage panneau/bois par pointes en simple cisaillement avec recouvrement dans l'élément central

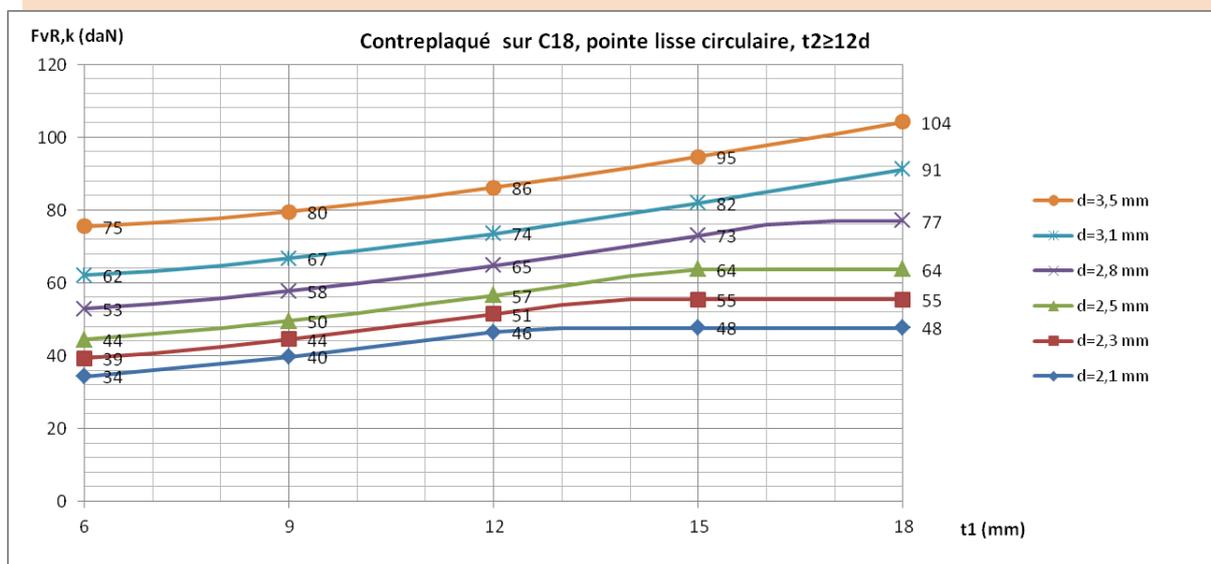
Les valeurs de résistance caractéristique d'assemblage bois/panneau par pointes en simple cisaillement, données ci-dessous sont valables à condition de respecter les exigences suivantes :

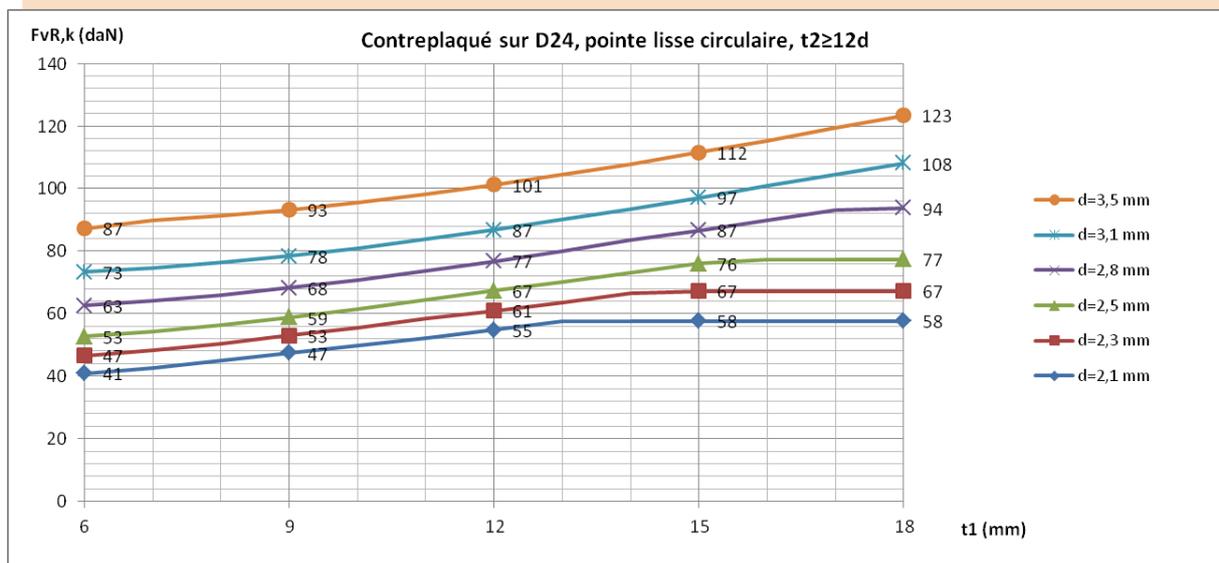
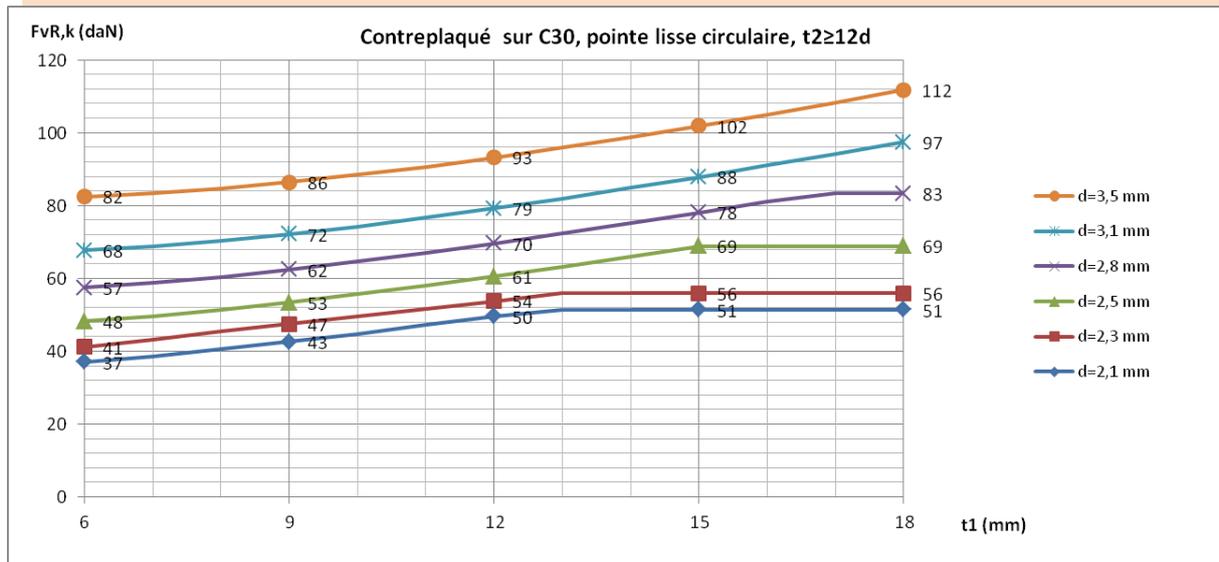
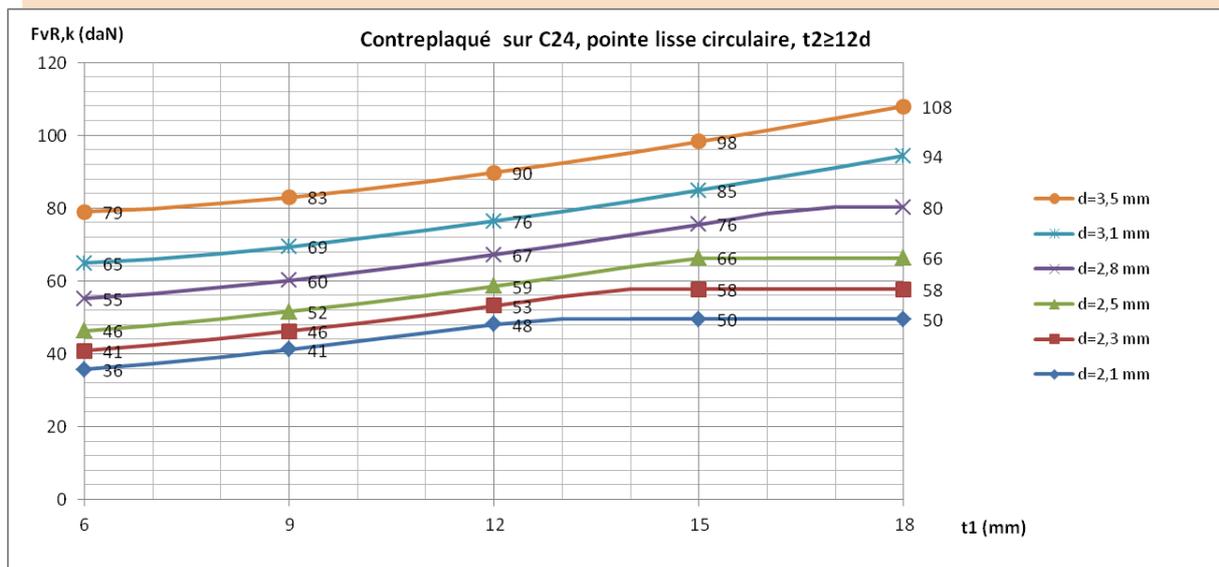
- t_1 : épaisseur du panneau, exprimée en mm, compris entre 6 et 18 mm
- t_2 : longueur de pénétration de la pointe dans le bois exprimée en mm, $t_2 \geq 12d$
- $t-t_2$: longueur d'organe sans recouvrement dans l'élément central, $t-t_2 > 4d$
- d : diamètre nominal de la pointe, compris entre 2,1 mm et 3,5 mm
- d_h : diamètre de la tête, $d_h \geq 2d$
- f_u : résistance en traction du fil d'acier, $f_u \geq 600 \text{ N/mm}^2$
- pré-perçage pour D30

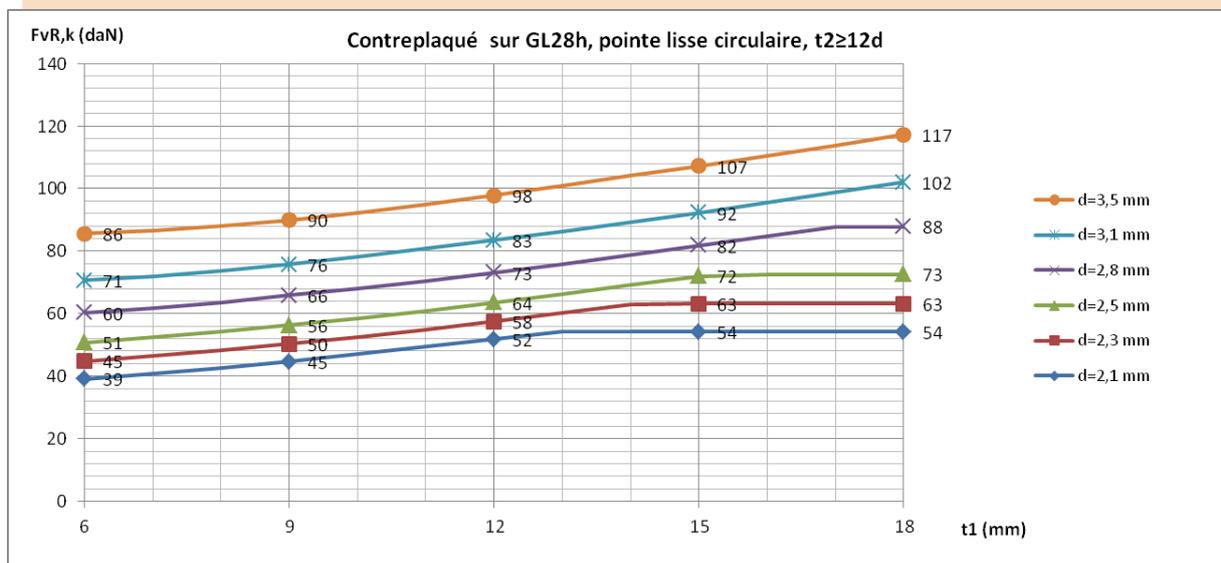
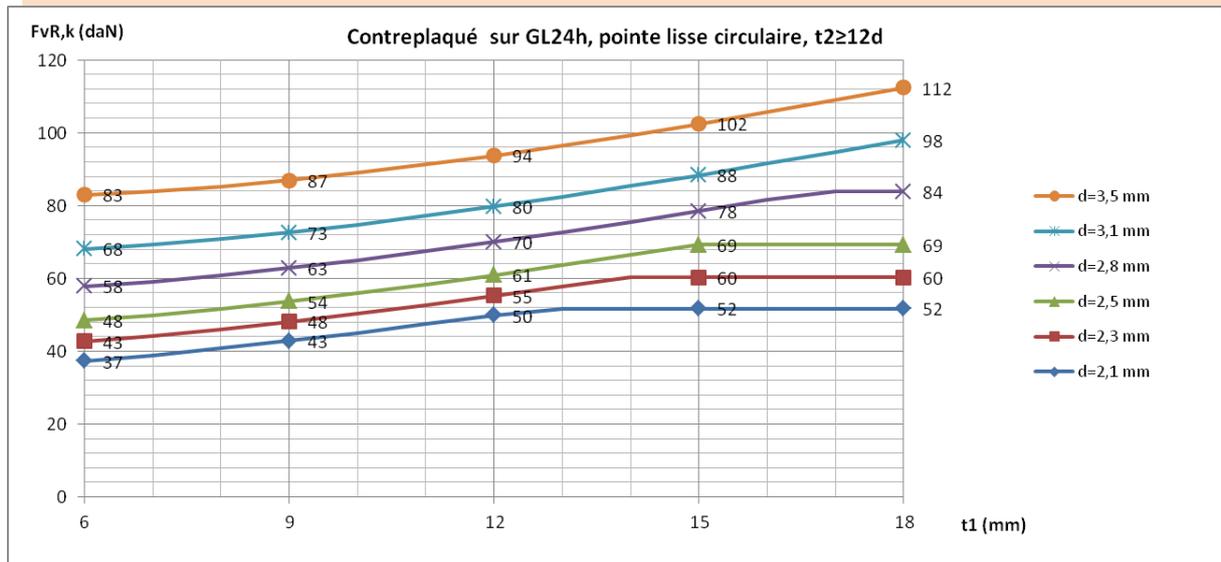
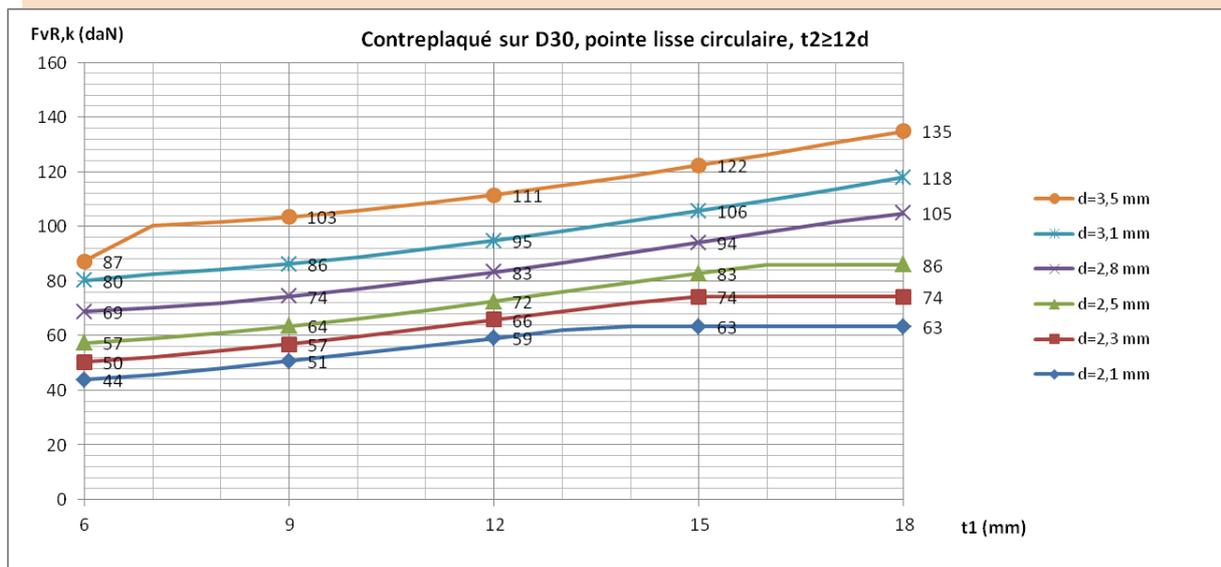
6.1.1 Résistance en simple cisaillement par pointe

Les valeurs de résistance caractéristique par pointe ($F_{v,R,k}$ exprimée en daN) d'un assemblage bois/panneau en simple cisaillement sont données sous forme graphique dans les abaques ci-dessous.

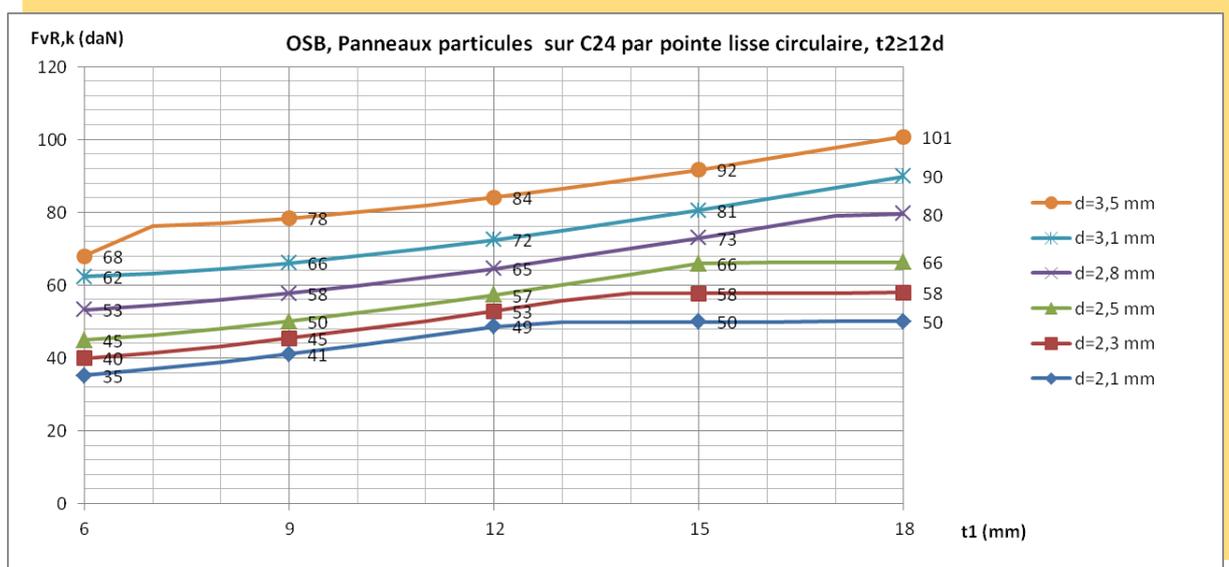
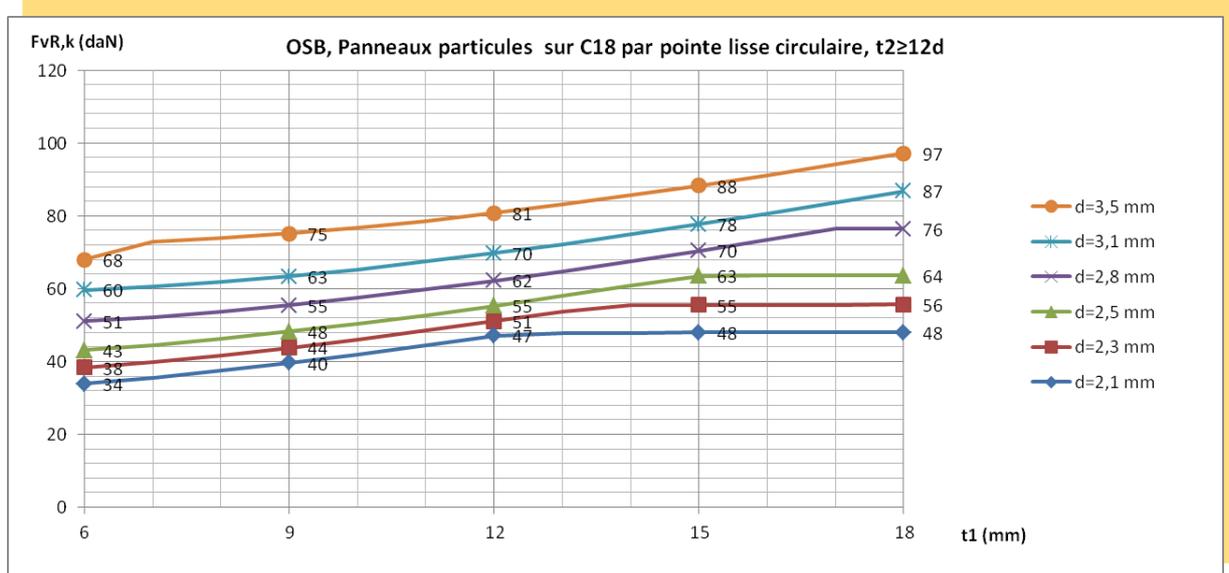
✓ **Contreplaqué ($\rho_k \geq 550 \text{ kg/m}^3$; $t_1 \geq 6 \text{ mm}$)**

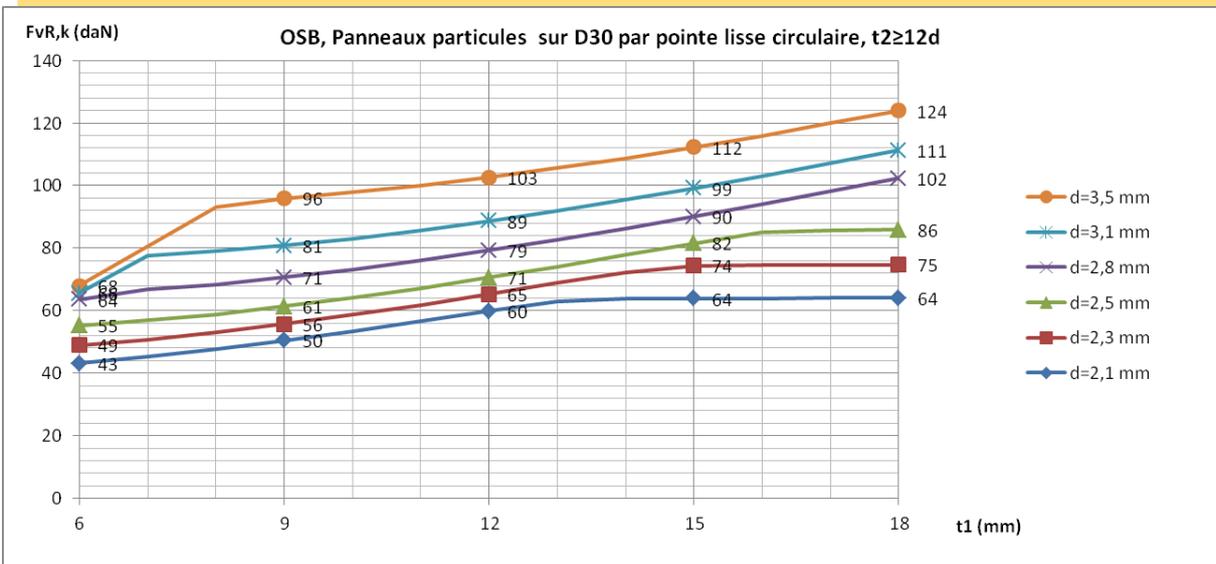
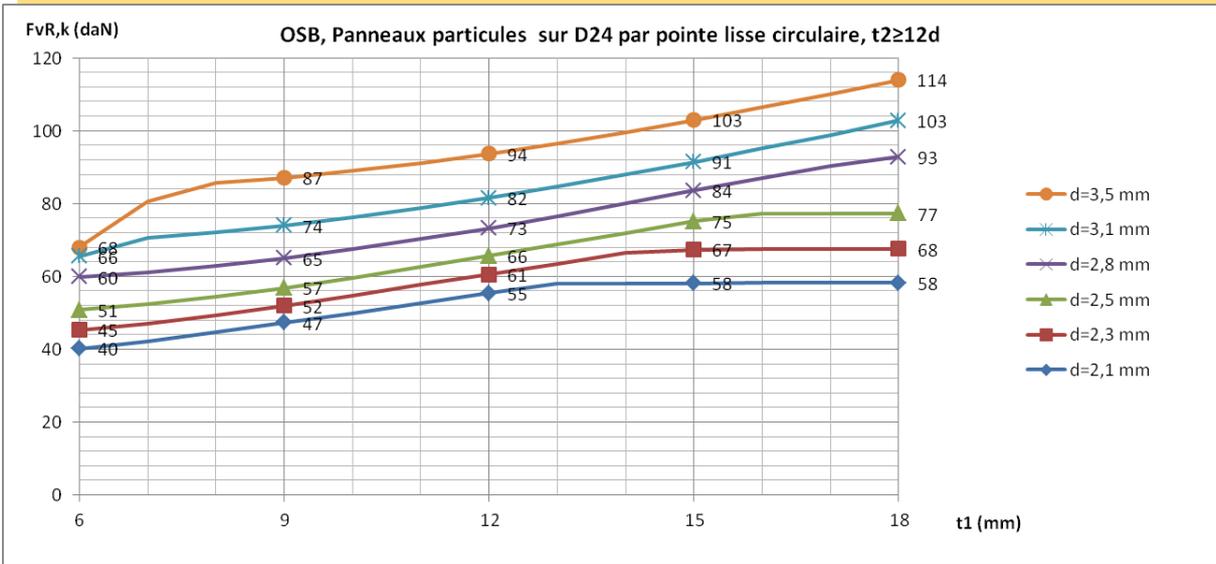
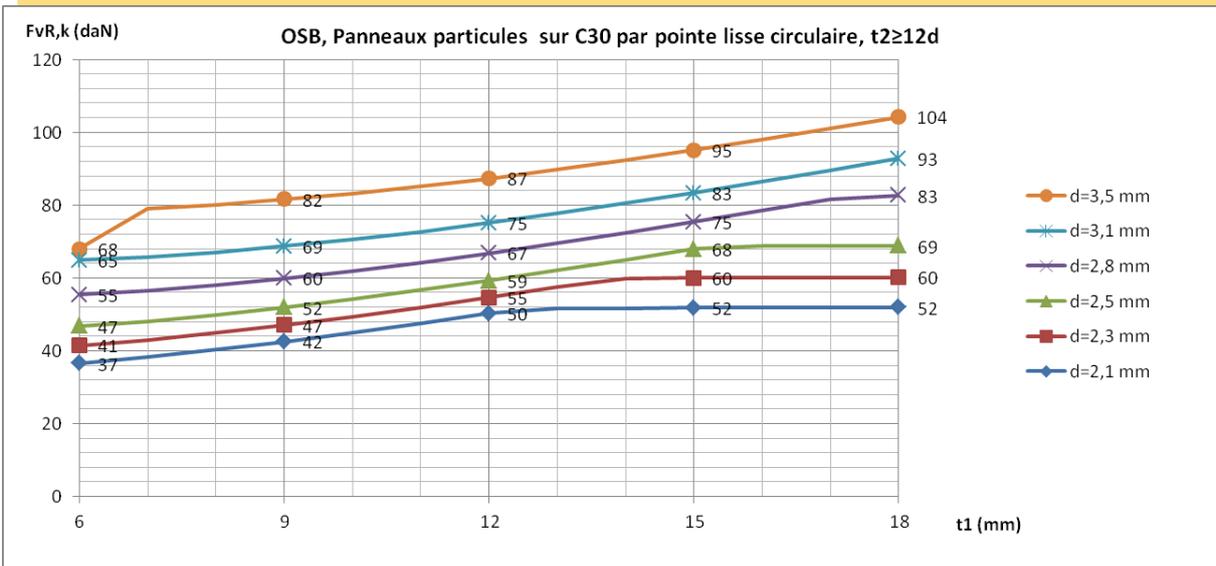


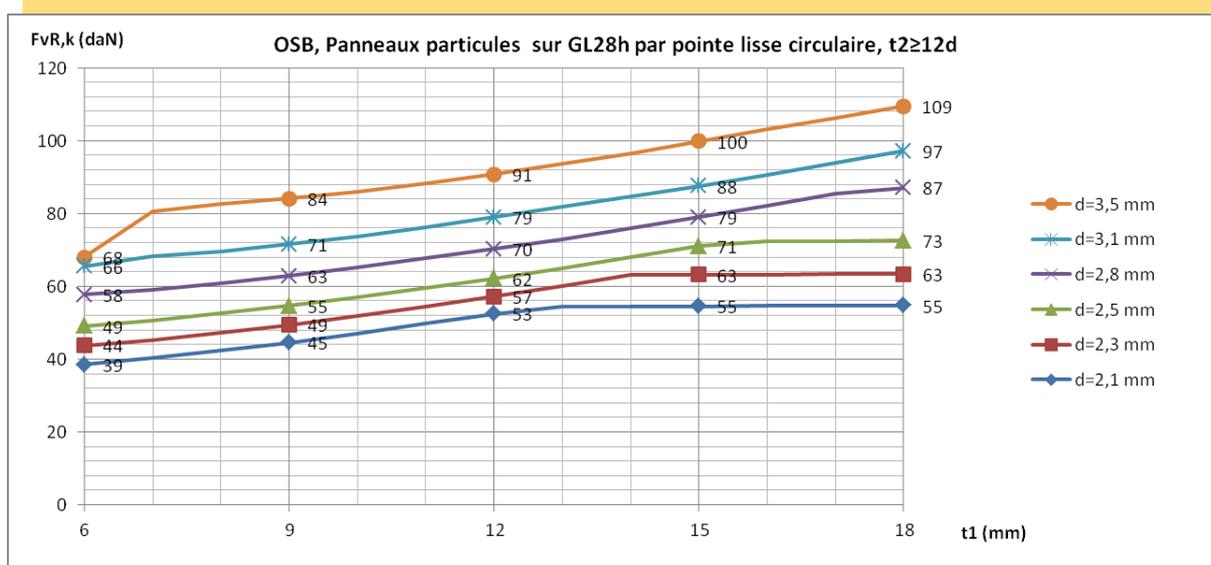
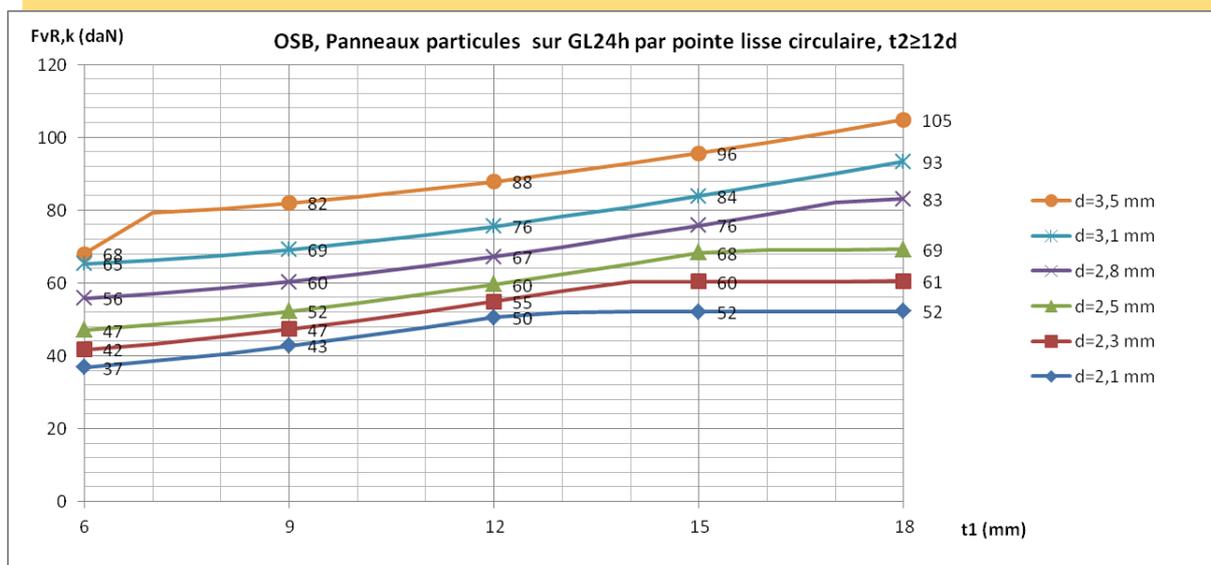




✓ **OSB ou Panneau de Particules ($\rho_k \geq 600 \text{ kg/m}^3$; $t_1 \geq 6 \text{ mm}$)**







6.1.2 Résistance en simple cisaillement d'assemblage par pointes

Des valeurs tabulées de résistance caractéristique d'assemblage pour un nombre de pointes, n , suivant le fil du bois sur chaque face sont données ci-dessous, à partir de la résistance caractéristique par pointe de l'assemblage bois/panneau en simple cisaillement, suivant la relation :

$$F_{v,Ass,Rk,0,m=1} = F_{v,Rk} \times n_{ef} \times 2$$

Avec

$F_{v,R,k}$: résistance caractéristique par pointe de l'assemblage bois/panneau en simple cisaillement, valeur tirée des abaques du §6.1.1

n_{ef} : nombre efficace d'organes en cisaillement à prendre en compte dans une file parallèle au fil du bois, pour un nombre n d'organes espacés de $a_1 = a_{1min}$ (cf.§4.2.6).

La résistance caractéristique de l'assemblage est ensuite directement déduite en multipliant la valeur tirée dans le tableau par le nombre de files d'organes parallèles au fil du bois :

$$F_{v,Ass,Rk,0} = F_{v,Ass m=1,Rk,0} \times m$$

m : nombre de files d'organes suivant le fil du bois

✓ **Contreplaqué ($\rho_k \geq 550 \text{ kg/m}^3$; $t_1 \geq 6 \text{ mm}$)**

Contreplaqué sur C18 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a_1 = a_{1min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
6	1	1,0	68	78	88	106	124	150
	2	1,7	116	133	150	180	211	255
	3	2,3	156	179	202	244	285	345
	4	2,9	197	226	255	307	360	435
	5	3,5	238	273	308	371	434	525
	6	4,0	272	312	352	424	496	600
9	1	1,0	80	88	100	116	134	160
	2	1,7	136	150	170	197	228	272
	3	2,3	184	202	230	267	308	368
	4	2,9	232	255	290	336	389	464
	5	3,5	280	308	350	406	469	560
	6	4,0	320	352	400	464	536	640
12	1	1,0	92	102	114	130	148	172
	2	1,7	156	173	194	221	252	292
	3	2,3	212	235	262	299	340	396
	4	2,9	267	296	331	377	429	499
	5	3,5	322	357	399	455	518	602
	6	4,0	368	408	456	520	592	688
15	1	1,0	96	110	128	146	164	190
	2	1,7	163	187	218	248	279	323
	3	2,3	221	253	294	336	377	437
	4	2,9	278	319	371	423	476	551
	5	3,5	336	385	448	511	574	665
	6	4,0	384	440	512	584	656	760
18	1	1,0	96	110	128	154	182	208
	2	1,7	163	187	218	262	309	354
	3	2,3	221	253	294	354	419	478
	4	2,9	278	319	371	447	528	603
	5	3,5	336	385	448	539	637	728
	6	4,0	384	440	512	616	728	832

Tab P 1

Contreplaqué sur C24 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a_1 = a_{1min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
6	1	1,0	96	110	128	154	182	208
	2	1,7	163	187	218	262	309	354
	3	2,3	221	253	294	354	419	478
	4	2,9	278	319	371	447	528	603
	5	3,5	336	385	448	539	637	728
	6	4,0	384	440	512	616	728	832

Contreplaqué sur C30 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
6	1	1,0	74	84	96	114	136	164
	2	1,7	126	143	163	194	231	279
	3	2,3	170	193	221	262	313	377
	4	2,9	215	244	278	331	394	476
	5	3,5	259	294	336	399	476	574
	6	4,0	296	336	384	456	544	656
9	1	1,0	86	96	106	124	144	172
	2	1,7	146	163	180	211	245	292
	3	2,3	198	221	244	285	331	396
	4	2,9	249	278	307	360	418	499
	5	3,5	301	336	371	434	504	602
	6	4,0	344	384	424	496	576	688
12	1	1,0	100	110	122	140	158	186
	2	1,7	170	187	207	238	269	316
	3	2,3	230	253	281	322	363	428
	4	2,9	290	319	354	406	458	539
	5	3,5	350	385	427	490	553	651
	6	4,0	400	440	488	560	632	744
15	1	1,0	102	120	138	156	176	204
	2	1,7	173	204	235	265	299	347
	3	2,3	235	276	317	359	405	469
	4	2,9	296	348	400	452	510	592
	5	3,5	357	420	483	546	616	714
	6	4,0	408	480	552	624	704	816
18	1	1,0	102	120	138	166	194	224
	2	1,7	173	204	235	282	330	381
	3	2,3	235	276	317	382	446	515
	4	2,9	296	348	400	481	563	650
	5	3,5	357	420	483	581	679	784
	6	4,0	408	480	552	664	776	896

Tab P 2

Contreplaqué sur D24 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 12,8d$		27 mm	29 mm	32 mm	36 mm	40 mm	45 mm
6	1	1,0	82	94	106	126	146	174
	2	1,7	156	179	201	239	277	331
	3	2,3	230	263	297	353	409	487
	4	2,9	303	348	392	466	540	644
	5	3,5	377	432	488	580	672	800
	6	4,0	451	517	583	693	803	957
9	1	1,0	94	106	118	136	156	186
	2	1,7	179	201	224	258	296	353
	3	2,3	263	297	330	381	437	521

	4	2,9	348	392	437	503	577	688
	5	3,5	432	488	543	626	718	856
	6	4,0	517	583	649	748	858	1023
12	1	1,0	110	122	134	154	174	202
	2	1,7	209	232	255	293	331	384
	3	2,3	308	342	375	431	487	566
	4	2,9	407	451	496	570	644	747
	5	3,5	506	561	616	708	800	929
	6	4,0	605	671	737	847	957	1111
15	1	1,0	116	134	152	174	194	224
	2	1,7	220	255	289	331	369	426
	3	2,3	325	375	426	487	543	627
	4	2,9	429	496	562	644	718	829
	5	3,5	534	616	699	800	892	1030
	6	4,0	638	737	836	957	1067	1232
18	1	1,0	116	134	154	188	216	246
	2	1,7	220	255	293	357	410	467
	3	2,3	325	375	431	526	605	689
	4	2,9	429	496	570	696	799	910
	5	3,5	534	616	708	865	994	1132
	6	4,0	638	737	847	1034	1188	1353

Tab P 3

Contreplaqué sur D30 par pointes, $t_2 \geq 12d$ avec pré-perçage								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 4,3d$		9 mm	10 mm	11 mm	12 mm	13 mm	15 mm
6	1	1,0	88	100	114	138	160	174
	2	1,7	123	140	160	193	224	244
	3	2,3	158	180	205	248	288	313
	4	2,9	185	210	239	290	336	365
	5	3,5	202	230	262	317	368	400
	6	4,0	220	250	285	345	400	435
9	1	1,0	102	114	128	148	172	206
	2	1,7	143	160	179	207	241	288
	3	2,3	184	205	230	266	310	371
	4	2,9	214	239	269	311	361	433
	5	3,5	235	262	294	340	396	474
	6	4,0	255	285	320	370	430	515
12	1	1,0	118	132	144	166	190	222
	2	1,7	165	185	202	232	266	311
	3	2,3	212	238	259	299	342	400
	4	2,9	248	277	302	349	399	466
	5	3,5	271	304	331	382	437	511
	6	4,0	295	330	360	415	475	555
15	1	1,0	126	148	166	188	212	244
	2	1,7	176	207	232	263	297	342
	3	2,3	227	266	299	338	382	439
	4	2,9	265	311	349	395	445	512
	5	3,5	290	340	382	432	488	561
	6	4,0	315	370	415	470	530	610
18	1	1,0	126	148	172	210	236	270

2	1,7	176	207	241	294	330	378
3	2,3	227	266	310	378	425	486
4	2,9	265	311	361	441	496	567
5	3,5	290	340	396	483	543	621
6	4,0	315	370	430	525	590	675

Tab P 4

Contreplaqué sur GL24h par pointes lisses circulaires, $t_2 \geq 12d$ Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
6	1	1,0	74	86	96	116	136	166
	2	1,7	126	146	163	197	231	282
	3	2,3	170	198	221	267	313	382
	4	2,9	215	249	278	336	394	481
	5	3,5	259	301	336	406	476	581
	6	4,0	296	344	384	464	544	664
9	1	1,0	86	96	108	126	146	174
	2	1,7	146	163	184	214	248	296
	3	2,3	198	221	248	290	336	400
	4	2,9	249	278	313	365	423	505
	5	3,5	301	336	378	441	511	609
	6	4,0	344	384	432	504	584	696
12	1	1,0	100	110	122	140	160	188
	2	1,7	170	187	207	238	272	320
	3	2,3	230	253	281	322	368	432
	4	2,9	290	319	354	406	464	545
	5	3,5	350	385	427	490	560	658
	6	4,0	400	440	488	560	640	752
15	1	1,0	104	120	138	156	176	204
	2	1,7	177	204	235	265	299	347
	3	2,3	239	276	317	359	405	469
	4	2,9	302	348	400	452	510	592
	5	3,5	364	420	483	546	616	714
	6	4,0	416	480	552	624	704	816
18	1	1,0	104	120	138	168	196	224
	2	1,7	177	204	235	286	333	381
	3	2,3	239	276	317	386	451	515
	4	2,9	302	348	400	487	568	650
	5	3,5	364	420	483	588	686	784
	6	4,0	416	480	552	672	784	896

Tab P 5

Contreplaqué sur GL28h par pointes, $t_2 \geq 12d$ Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 12,8d$		27 mm	29 mm	32 mm	36 mm	40 mm	45 mm
6	1	1,0	78	90	102	120	142	172
	2	1,7	148	171	194	228	270	327

	3	2,3	218	252	286	336	398	482	
	4	2,9	289	333	377	444	525	636	
	5	3,5	359	414	469	552	653	791	
	6	4,0	429	495	561	660	781	946	
	9	1	1,0	90	100	112	132	152	180
		2	1,7	171	190	213	251	289	342
3		2,3	252	280	314	370	426	504	
4		2,9	333	370	414	488	562	666	
5		3,5	414	460	515	607	699	828	
6		4,0	495	550	616	726	836	990	
12	1	1,0	104	116	128	146	166	196	
	2	1,7	198	220	243	277	315	372	
	3	2,3	291	325	358	409	465	549	
	4	2,9	385	429	474	540	614	725	
	5	3,5	478	534	589	672	764	902	
	6	4,0	572	638	704	803	913	1078	
15	1	1,0	108	126	144	164	184	214	
	2	1,7	205	239	274	312	350	407	
	3	2,3	302	353	403	459	515	599	
	4	2,9	400	466	533	607	681	792	
	5	3,5	497	580	662	754	846	984	
	6	4,0	594	693	792	902	1012	1177	
18	1	1,0	108	126	146	176	204	234	
	2	1,7	205	239	277	334	388	445	
	3	2,3	302	353	409	493	571	655	
	4	2,9	400	466	540	651	755	866	
	5	3,5	497	580	672	810	938	1076	
	6	4,0	594	693	803	968	1122	1287	

Tab P 6

✓ OSB ou Panneau de Particules ($\rho_k \geq 600 \text{ kg/m}^3$; $t \geq 6 \text{ mm}$)

OSB ou Panneau de Particules sur C18 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
6	1	1,0	68	78	88	106	124	150
	2	1,7	116	133	150	180	211	255
	3	2,3	156	179	202	244	285	345
	4	2,9	197	226	255	307	360	435
	5	3,5	238	273	308	371	434	525
	6	4,0	272	312	352	424	496	600
9	1	1,0	80	88	100	116	134	160
	2	1,7	136	150	170	197	228	272
	3	2,3	184	202	230	267	308	368
	4	2,9	232	255	290	336	389	464
	5	3,5	280	308	350	406	469	560
	6	4,0	320	352	400	464	536	640
12	1	1,0	92	102	114	130	148	172
	2	1,7	156	173	194	221	252	292
	3	2,3	212	235	262	299	340	396
	4	2,9	267	296	331	377	429	499

	5	3,5	322	357	399	455	518	602
	6	4,0	368	408	456	520	592	688
15	1	1,0	96	110	128	146	164	190
	2	1,7	163	187	218	248	279	323
	3	2,3	221	253	294	336	377	437
	4	2,9	278	319	371	423	476	551
	5	3,5	336	385	448	511	574	665
	6	4,0	384	440	512	584	656	760
18	1	1,0	96	110	128	154	182	208
	2	1,7	163	187	218	262	309	354
	3	2,3	221	253	294	354	419	478
	4	2,9	278	319	371	447	528	603
	5	3,5	336	385	448	539	637	728
	6	4,0	384	440	512	616	728	832

Tab P 7

OSB ou Panneau de Particules sur C24 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Épaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
6	1	1,0	70	80	90	106	124	136
	2	1,7	119	136	153	180	211	231
	3	2,3	161	184	207	244	285	313
	4	2,9	203	232	261	307	360	394
	5	3,5	245	280	315	371	434	476
	6	4,0	280	320	360	424	496	544
9	1	1,0	82	90	100	116	132	156
	2	1,7	139	153	170	197	224	265
	3	2,3	189	207	230	267	304	359
	4	2,9	238	261	290	336	383	452
	5	3,5	287	315	350	406	462	546
	6	4,0	328	360	400	464	528	624
12	1	1,0	98	106	114	130	144	168
	2	1,7	167	180	194	221	245	286
	3	2,3	225	244	262	299	331	386
	4	2,9	284	307	331	377	418	487
	5	3,5	343	371	399	455	504	588
	6	4,0	392	424	456	520	576	672
15	1	1,0	100	116	132	146	162	184
	2	1,7	170	197	224	248	275	313
	3	2,3	230	267	304	336	373	423
	4	2,9	290	336	383	423	470	534
	5	3,5	350	406	462	511	567	644
	6	4,0	400	464	528	584	648	736
18	1	1,0	100	116	132	160	180	202
	2	1,7	170	197	224	272	306	343
	3	2,3	230	267	304	368	414	465
	4	2,9	290	336	383	464	522	586
	5	3,5	350	406	462	560	630	707
	6	4,0	400	464	528	640	720	808

Tab P 8

OSB ou Panneau de Particules sur C30 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a_1 = a_{1min} = 8,5d$		18 mm	20 mm	21 mm	24 mm	26 mm	30 mm
6	1	1,0	74	82	94	110	130	136
	2	1,7	126	139	160	187	221	231
	3	2,3	170	189	216	253	299	313
	4	2,9	215	238	273	319	377	394
	5	3,5	259	287	329	385	455	476
	6	4,0	296	328	376	440	520	544
9	1	1,0	84	94	104	120	138	164
	2	1,7	143	160	177	204	235	279
	3	2,3	193	216	239	276	317	377
	4	2,9	244	273	302	348	400	476
	5	3,5	294	329	364	420	483	574
	6	4,0	336	376	416	480	552	656
12	1	1,0	100	110	118	134	150	174
	2	1,7	170	187	201	228	255	296
	3	2,3	230	253	271	308	345	400
	4	2,9	290	319	342	389	435	505
	5	3,5	350	385	413	469	525	609
	6	4,0	400	440	472	536	600	696
15	1	1,0	104	120	136	150	166	190
	2	1,7	177	204	231	255	282	323
	3	2,3	239	276	313	345	382	437
	4	2,9	302	348	394	435	481	551
	5	3,5	364	420	476	525	581	665
	6	4,0	416	480	544	600	664	760
18	1	1,0	104	120	138	166	186	208
	2	1,7	177	204	235	282	316	354
	3	2,3	239	276	317	382	428	478
	4	2,9	302	348	400	481	539	603
	5	3,5	364	420	483	581	651	728
	6	4,0	416	480	552	664	744	832

Tab P 9

OSB ou Panneau de Particules sur D24 par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a_1 = a_{1min} = 12,8d$		27 mm	29 mm	32 mm	36 mm	40 mm	45 mm
6	1	1,0	80	90	102	120	132	136
	2	1,7	152	171	194	228	251	258
	3	2,3	224	252	286	336	370	381
	4	2,9	296	333	377	444	488	503
	5	3,5	368	414	469	552	607	626
	6	4,0	440	495	561	660	726	748
9	1	1,0	94	104	114	130	148	174
	2	1,7	179	198	217	247	281	331
	3	2,3	263	291	319	364	414	487

	4	2,9	348	385	422	481	548	644
	5	3,5	432	478	524	598	681	800
	6	4,0	517	572	627	715	814	957
12	1	1,0	110	122	132	146	164	188
	2	1,7	209	232	251	277	312	357
	3	2,3	308	342	370	409	459	526
	4	2,9	407	451	488	540	607	696
	5	3,5	506	561	607	672	754	865
	6	4,0	605	671	726	803	902	1034
15	1	1,0	116	134	150	168	182	206
	2	1,7	220	255	285	319	346	391
	3	2,3	325	375	420	470	510	577
	4	2,9	429	496	555	622	673	762
	5	3,5	534	616	690	773	837	948
	6	4,0	638	737	825	924	1001	1133
18	1	1,0	116	136	154	186	206	228
	2	1,7	220	258	293	353	391	433
	3	2,3	325	381	431	521	577	638
	4	2,9	429	503	570	688	762	844
	5	3,5	534	626	708	856	948	1049
	6	4,0	638	748	847	1023	1133	1254

Tab P 10

OSB ou Panneau de Particules sur D30 par pointes, $t_2 \geq 12d$ avec pré-perçage								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 4,3d$		9 mm	10 mm	11 mm	12 mm	13 mm	15 mm
6	1	1,0	86	98	110	128	132	136
	2	1,7	120	137	154	179	185	190
	3	2,3	155	176	198	230	238	245
	4	2,9	181	206	231	269	277	286
	5	3,5	198	225	253	294	304	313
	6	4,0	215	245	275	320	330	340
9	1	1,0	100	112	122	142	162	192
	2	1,7	140	157	171	199	227	269
	3	2,3	180	202	220	256	292	346
	4	2,9	210	235	256	298	340	403
	5	3,5	230	258	281	327	373	442
	6	4,0	250	280	305	355	405	480
12	1	1,0	120	130	142	158	178	206
	2	1,7	168	182	199	221	249	288
	3	2,3	216	234	256	284	320	371
	4	2,9	252	273	298	332	374	433
	5	3,5	276	299	327	363	409	474
	6	4,0	300	325	355	395	445	515
15	1	1,0	128	148	164	180	198	224
	2	1,7	179	207	230	252	277	314
	3	2,3	230	266	295	324	356	403
	4	2,9	269	311	344	378	416	470
	5	3,5	294	340	377	414	455	515
	6	4,0	320	370	410	450	495	560
18	1	1,0	128	150	172	204	222	248

2	1,7	179	210	241	286	311	347
3	2,3	230	270	310	367	400	446
4	2,9	269	315	361	428	466	521
5	3,5	294	345	396	469	511	570
6	4,0	320	375	430	510	555	620

Tab P 11

OSB ou Panneau de Particules sur GL24h par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$							
6	1	1,0	74	84	94	112	130	136
	2	1,7	126	143	160	190	221	231
	3	2,3	170	193	216	258	299	313
	4	2,9	215	244	273	325	377	394
	5	3,5	259	294	329	392	455	476
	6	4,0	296	336	376	448	520	544
9	1	1,0	86	94	104	120	138	164
	2	1,7	146	160	177	204	235	279
	3	2,3	198	216	239	276	317	377
	4	2,9	249	273	302	348	400	476
	5	3,5	301	329	364	420	483	574
	6	4,0	344	376	416	480	552	656
12	1	1,0	100	110	120	134	152	176
	2	1,7	170	187	204	228	258	299
	3	2,3	230	253	276	308	350	405
	4	2,9	290	319	348	389	441	510
	5	3,5	350	385	420	469	532	616
	6	4,0	400	440	480	536	608	704
15	1	1,0	104	120	136	152	168	192
	2	1,7	177	204	231	258	286	326
	3	2,3	239	276	313	350	386	442
	4	2,9	302	348	394	441	487	557
	5	3,5	364	420	476	532	588	672
	6	4,0	416	480	544	608	672	768
18	1	1,0	104	122	138	166	186	210
	2	1,7	177	207	235	282	316	357
	3	2,3	239	281	317	382	428	483
	4	2,9	302	354	400	481	539	609
	5	3,5	364	427	483	581	651	735
	6	4,0	416	488	552	664	744	840

Tab P 12

OSB ou Panneau de Particules sur GL28h par pointes, $t_2 \geq 12d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=2,1 mm	d=2,3 mm	d=2,5 mm	d=2,8 mm	d=3,1 mm	d=3,5 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$							
6	1	1,0	78	88	98	116	132	136
	2	1,7	148	167	186	220	251	258

	3	2,3	218	246	274	325	370	381	
	4	2,9	289	326	363	429	488	503	
	5	3,5	359	405	451	534	607	626	
	6	4,0	429	484	539	638	726	748	
	9	1	1,0	90	98	110	126	142	168
		2	1,7	171	186	209	239	270	319
3		2,3	252	274	308	353	398	470	
4		2,9	333	363	407	466	525	622	
5		3,5	414	451	506	580	653	773	
6		4,0	495	539	605	693	781	924	
12	1	1,0	106	114	124	140	158	182	
	2	1,7	201	217	236	266	300	346	
	3	2,3	297	319	347	392	442	510	
	4	2,9	392	422	459	518	585	673	
	5	3,5	488	524	570	644	727	837	
	6	4,0	583	627	682	770	869	1001	
15	1	1,0	110	126	142	158	176	200	
	2	1,7	209	239	270	300	334	380	
	3	2,3	308	353	398	442	493	560	
	4	2,9	407	466	525	585	651	740	
	5	3,5	506	580	653	727	810	920	
	6	4,0	605	693	781	869	968	1100	
18	1	1,0	110	126	146	174	194	218	
	2	1,7	209	239	277	331	369	414	
	3	2,3	308	353	409	487	543	610	
	4	2,9	407	466	540	644	718	807	
	5	3,5	506	580	672	800	892	1003	
	6	4,0	605	693	803	957	1067	1199	

Tab P 13

6.2 Assemblages panneau/bois par vis en simple cisaillement

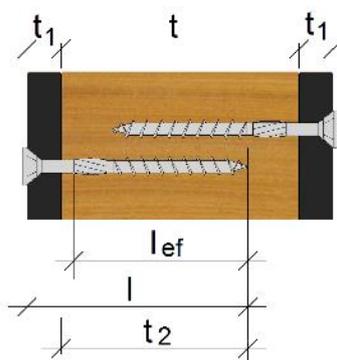


Figure 44 – Assemblage panneau/bois par vis en simple cisaillement avec recouvrement dans l'élément central

Les valeurs de résistance caractéristique dans un assemblage bois/panneau en simple cisaillement par vis ($F_{v,R,k}$ exprimée en daN) données dans les abaques ci-dessous sont valables à condition de respecter les exigences suivantes :

t_1 : épaisseur du panneau, exprimée en mm, $t_1 \geq 1,2d$ et compris entre 6 et 18 mm pour le contreplaqué

8 à 18 mm pour l'OSB et le panneau de particules

t_2 : longueur de pénétration de la vis dans l'élément central en bois, $t_2 \geq 7d$

$t-t_2$: longueur d'organe sans recouvrement dans l'élément central, $t-t_2 > 4d$

l_{ef} : longueur de pénétration de la partie filetée dans l'élément central en bois, $l_{ef} \geq 4d$

d : diamètre nominal de la vis, compris entre 3 mm et 6 mm

d_h : diamètre de la tête, $d_h \geq 2d$

pré-perçage pour D24 et D30

Les caractéristiques retenues pour les vis, issues des valeurs minimales déclarées par les fabricants dans les ATE, sont présentées ci-dessous :

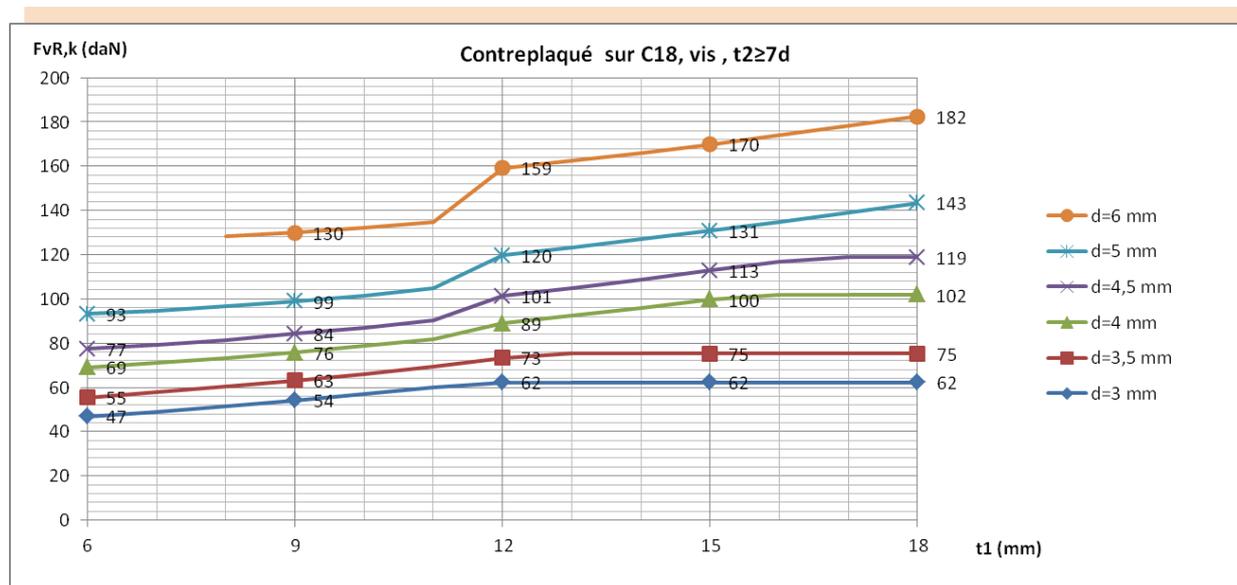
d	mm	3	3,5	4	4,5	5	6
$F_{tens,k}$	N	2800	3000	5000	5300	7900	11000
$M_{y,Rk}$	N.mm	1435	1800	3033	3700	5417	9494
$f_{head,k}^*$	N/mm ²	8 avec FaxR,k limité à 400 N pour $t_1 < 12$ mm					
$f_{ax,k}^*$	N/mm ²	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,5

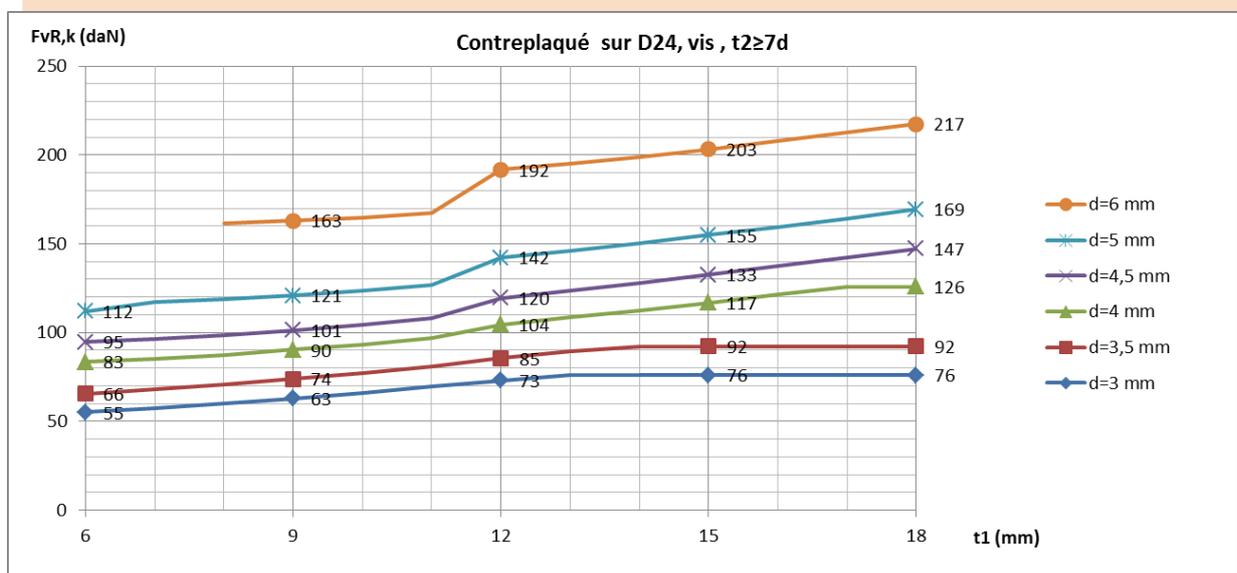
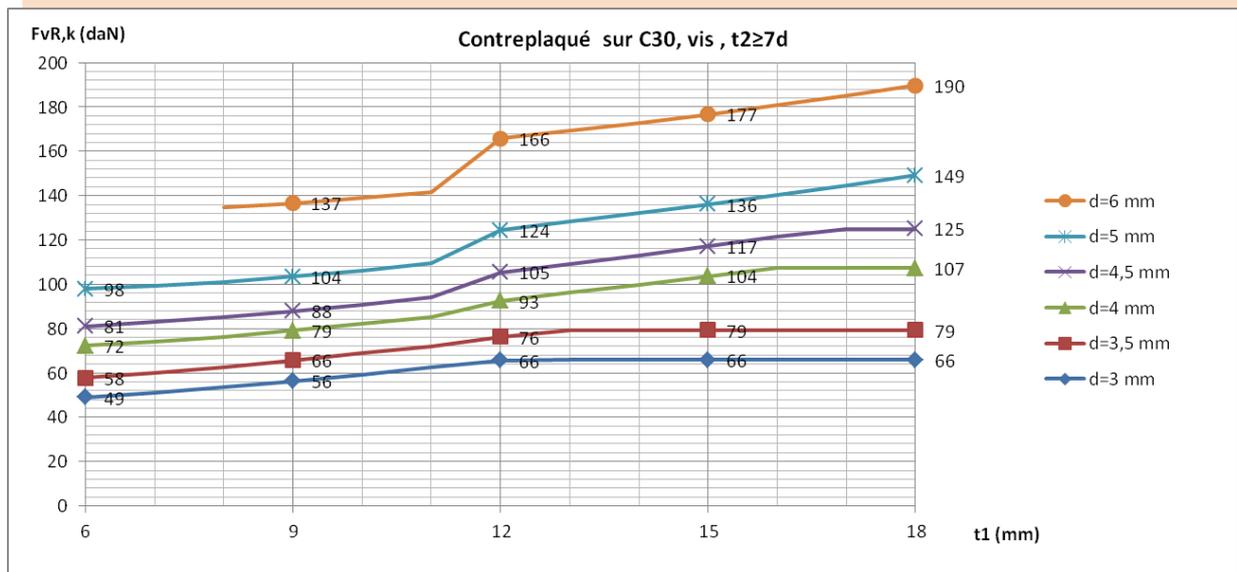
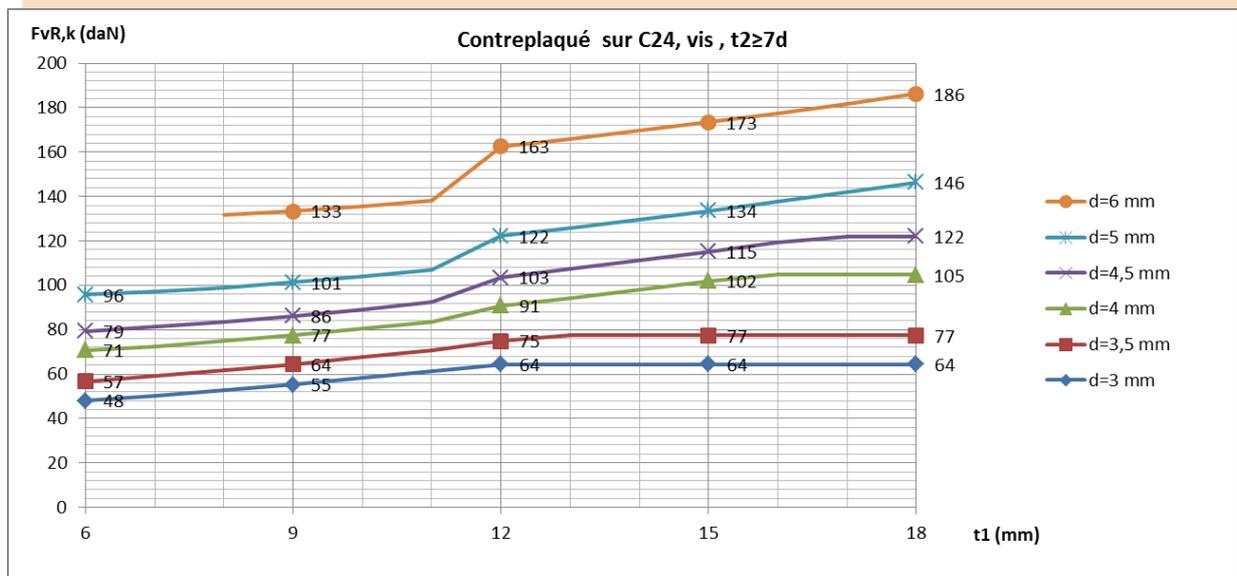
* valeurs associées à une masse volumique $\rho_a = 350 \text{ kg/m}^3$

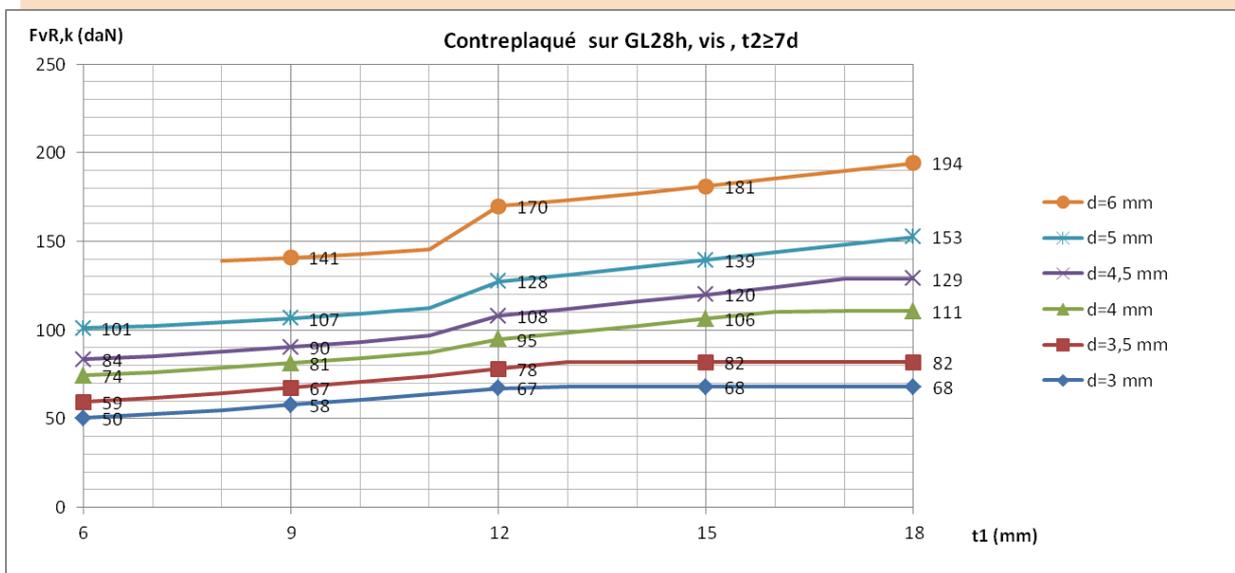
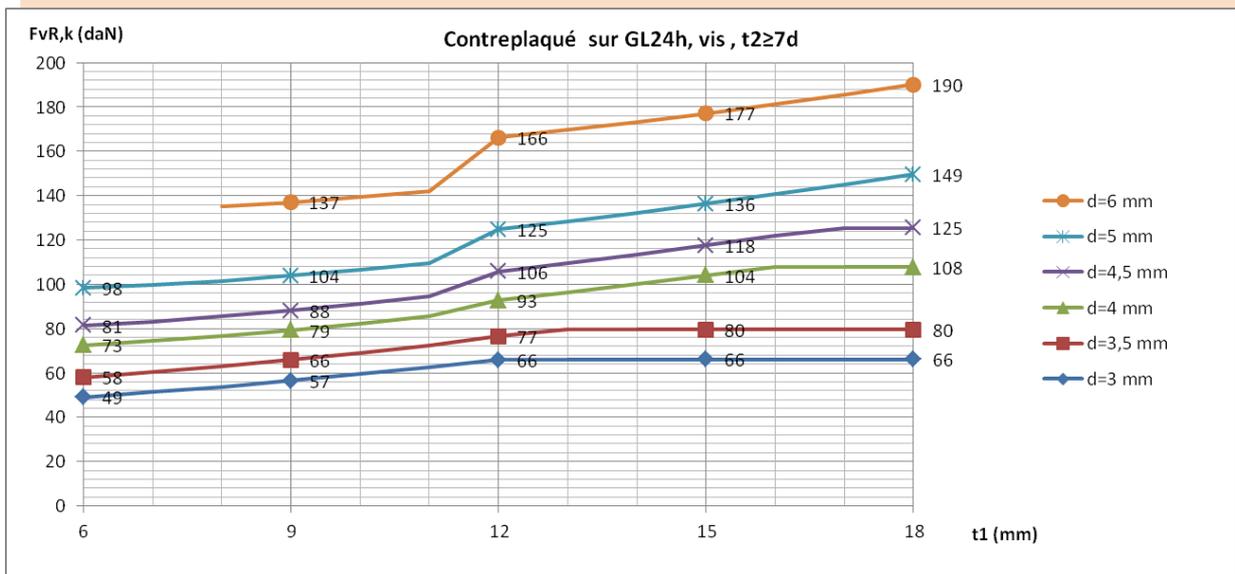
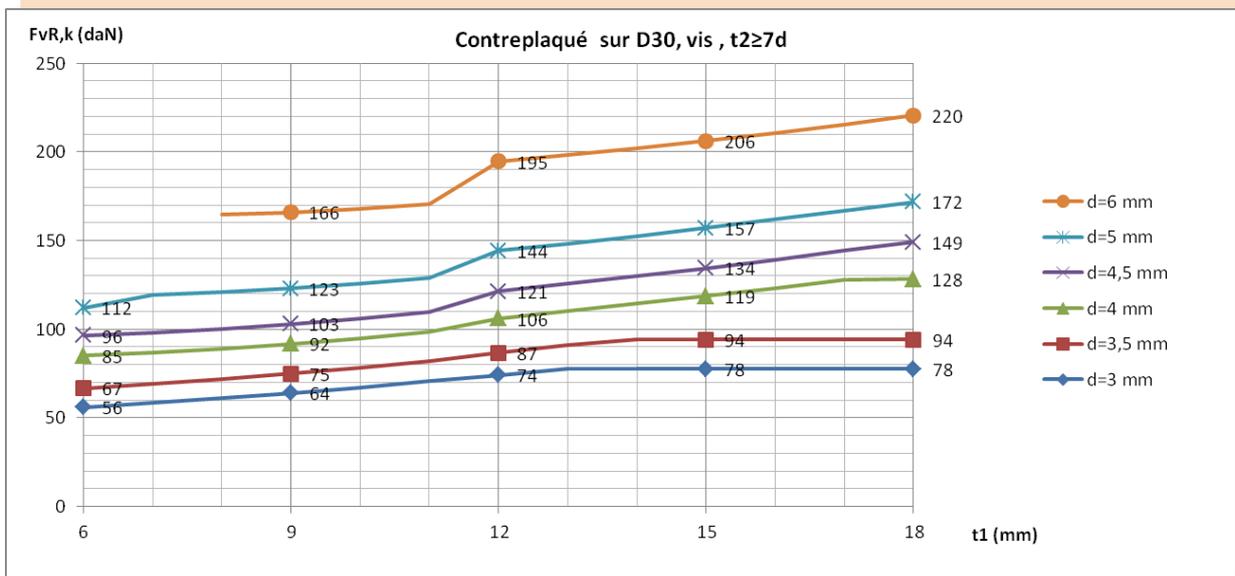
6.2.1 Résistance en simple cisaillement par vis

Les valeurs de résistance caractéristique par vis ($F_{v,R,k}$ exprimée en daN) d'un assemblage bois/panneau en simple cisaillement sont données sous forme graphique dans les abaques ci-dessous.

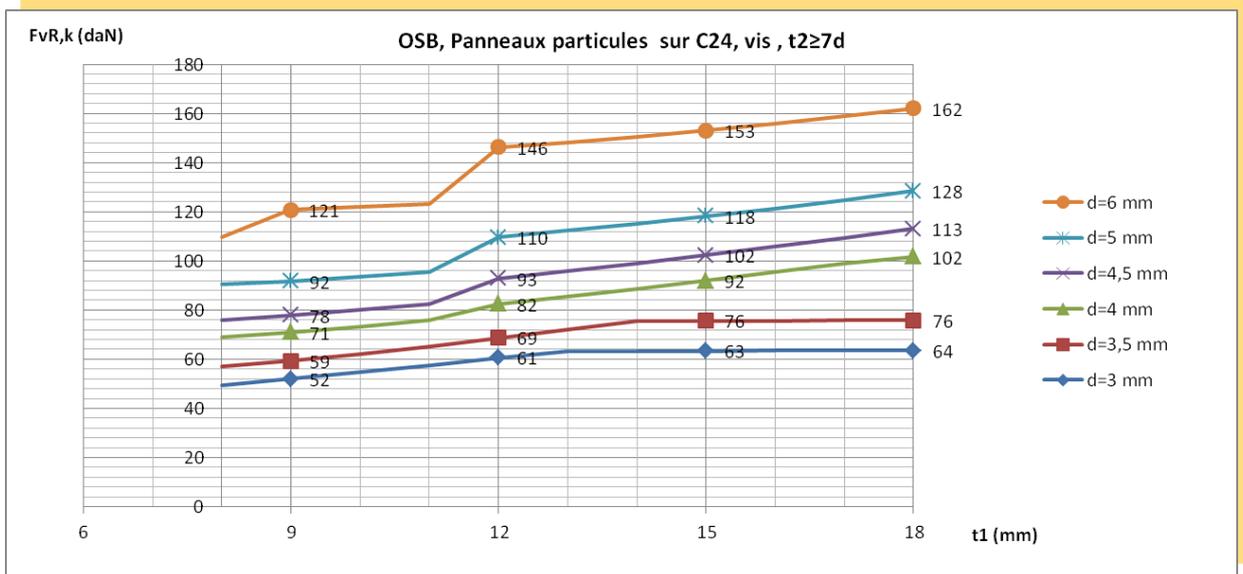
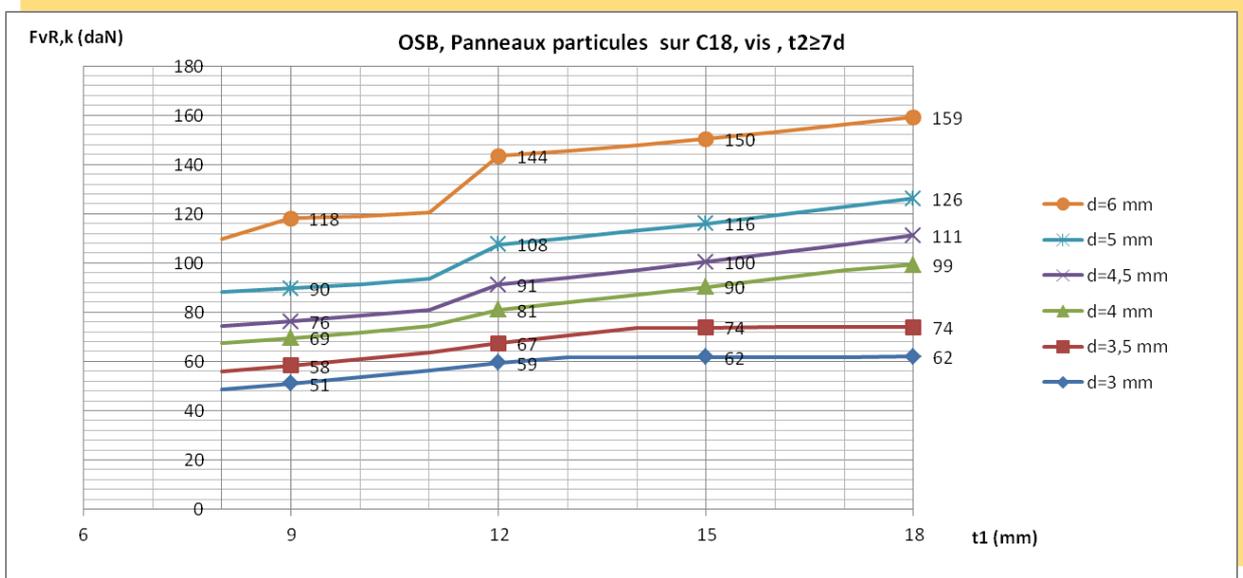
✓ Contreplaqué ($\rho_k \geq 550 \text{ kg/m}^3$; $t_1 \geq 6 \text{ mm}$)

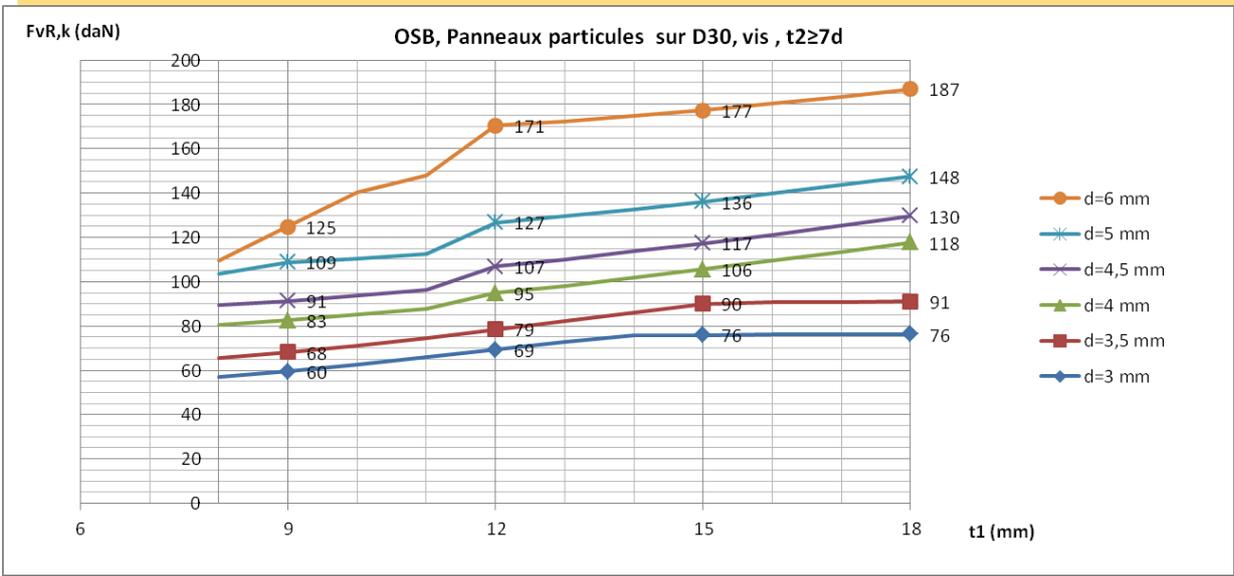
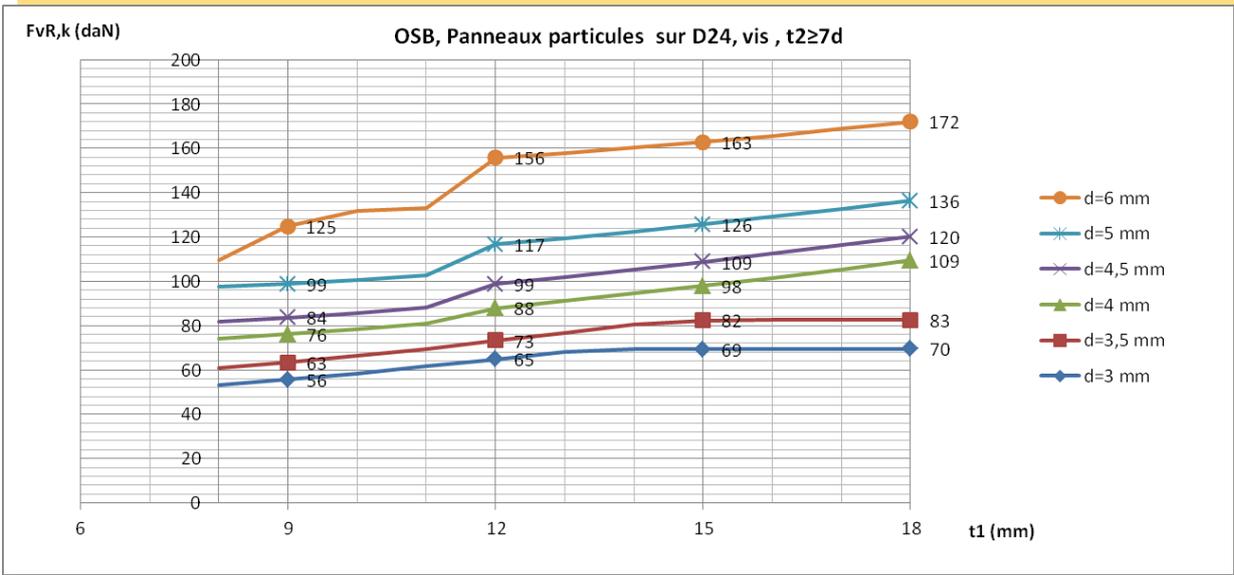
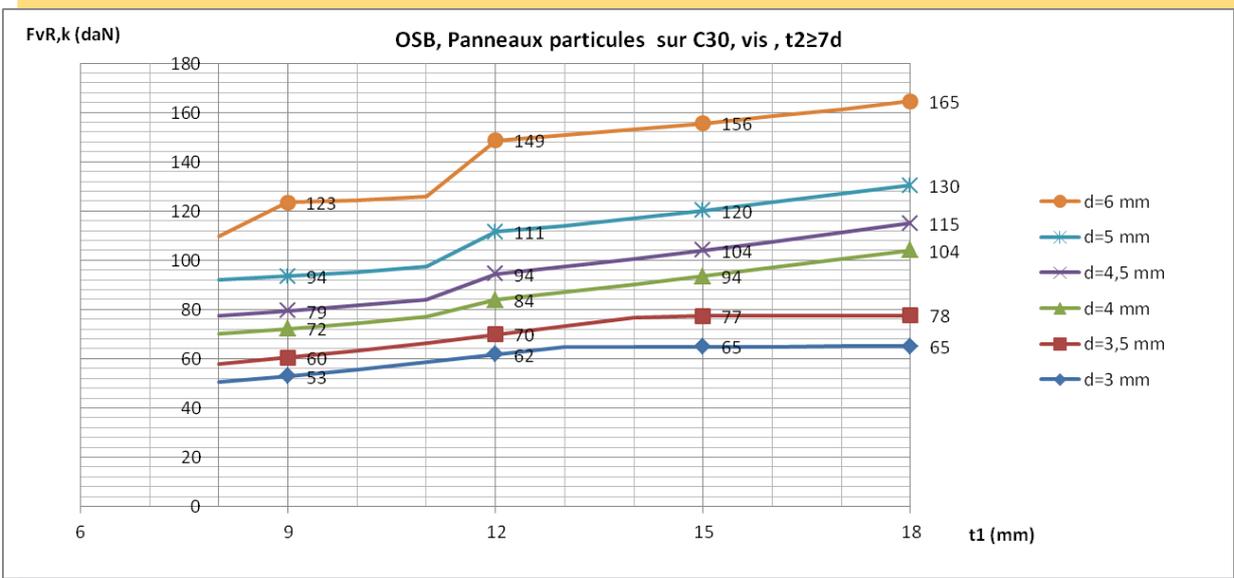


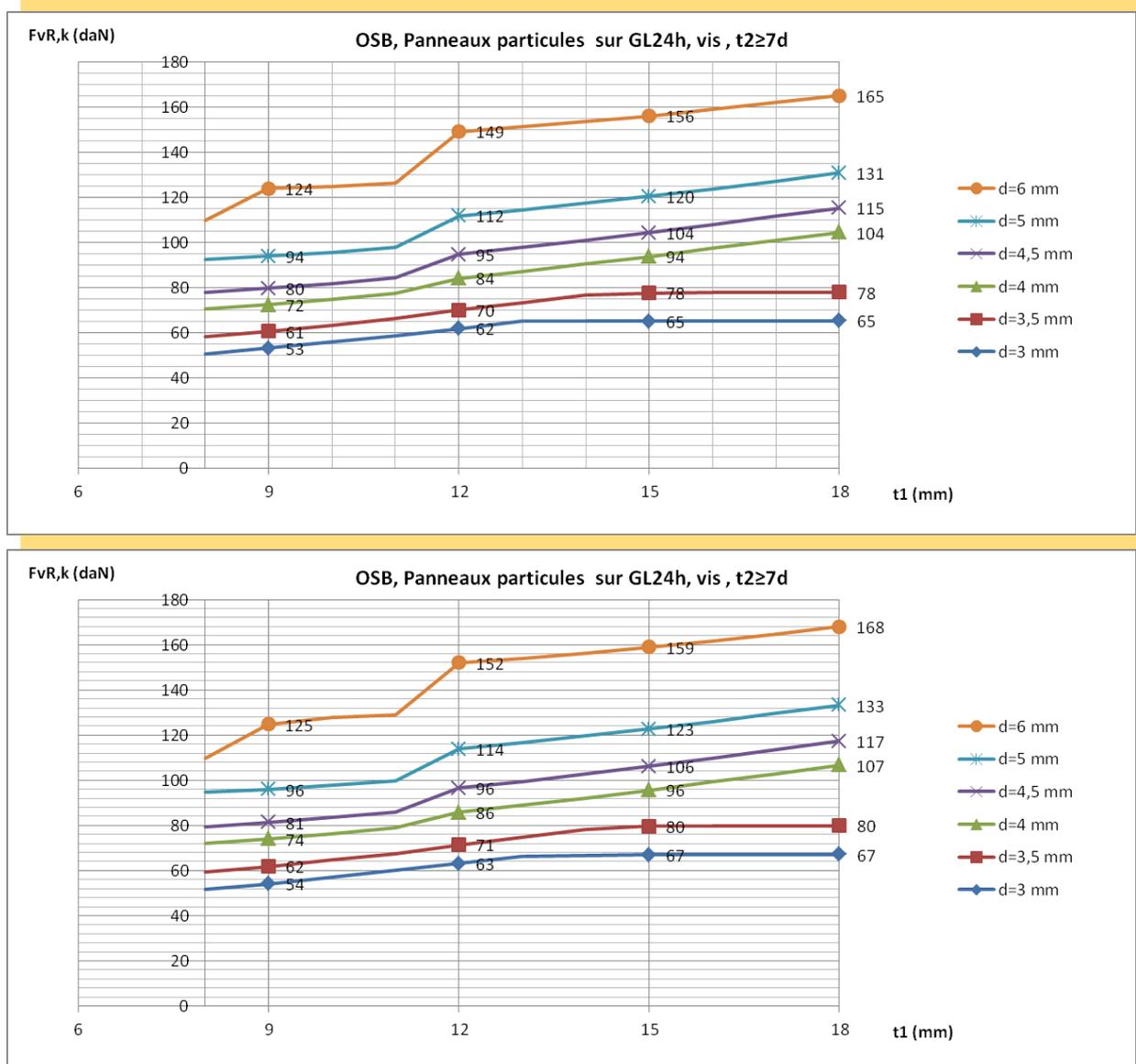




✓ **OSB ou Panneau de Particules ($\rho_k \geq 600 \text{ kg/m}^3$; $t_1 \geq 8 \text{ mm}$)**







6.2.2 Résistance en simple cisaillement d'assemblage par vis

Des valeurs tabulées de résistance caractéristique d'assemblage pour un nombre de vis, n , suivant le fil du bois sur chaque face sont données ci-dessous, à partir de la résistance caractéristique par vis de l'assemblage bois/panneau en simple cisaillement, suivant la relation : $F_{v,Ass\ m=1,Rk,0} = F_{v,Rk} \times n_{ef} \times 2$

Avec

$F_{v,R,k}$: résistance caractéristique par vis de l'assemblage bois/panneau en simple cisaillement, valeur tirée des abaques du §6.2.1

n_{ef} : nombre efficace d'organes en cisaillement à prendre en compte dans une file parallèle au fil du bois, pour un nombre n d'organes espacés de $a_1 = a_{1min}$ (cf. §4.2.6).

La résistance caractéristique de l'assemblage est ensuite directement déduite en multipliant la valeur tirée dans le tableau par le nombre de files d'organes parallèles au fil du bois :

$$F_{v,Ass,Rk,0} = F_{v,Ass m=1,Rk,0} \cdot X_m$$

m : nombre de files d'organes suivant le fil du bois

✓ **Contreplaqué ($\rho_k \geq 550 \text{ kg/m}^3$; $t_1 \geq 6 \text{ mm}$)**

Contreplaqué sur C18 par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm	n _{ef}	d=5 mm	d=6 mm
	n	n _{ef}							
	a1 = a1 _{min} = 8,5d		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	a1=10,2d	51mm	61 mm
6	1	1,0	94	110	138	154	1,0	186	0
	2	1,7	160	187	235	262	1,6	298	0
	3	2,3	216	253	317	354	2,0	372	0
	4	2,9	273	319	400	447	2,5	465	0
	5	3,5	329	385	483	539	2,9	539	0
	6	4,0	376	440	552	616	3,3	614	0
9	1	1,0	108	126	152	168	1,0	198	260
	2	1,7	184	214	258	286	1,6	317	416
	3	2,3	248	290	350	386	2,0	396	520
	4	2,9	313	365	441	487	2,5	495	650
	5	3,5	378	441	532	588	2,9	574	754
	6	4,0	432	504	608	672	3,3	653	858
12	1	1,0	124	146	178	202	1,0	240	318
	2	1,7	211	248	303	343	1,6	384	509
	3	2,3	285	336	409	465	2,0	480	636
	4	2,9	360	423	516	586	2,5	600	795
	5	3,5	434	511	623	707	2,9	696	922
	6	4,0	496	584	712	808	3,3	792	1049
15	1	1,0	124	150	200	226	1,0	262	340
	2	1,7	211	255	340	384	1,6	419	544
	3	2,3	285	345	460	520	2,0	524	680
	4	2,9	360	435	580	655	2,5	655	850
	5	3,5	434	525	700	791	2,9	760	986
	6	4,0	496	600	800	904	3,3	865	1122
18	1	1,0	124	150	204	238	1,0	286	364
	2	1,7	211	255	347	405	1,6	458	582
	3	2,3	285	345	469	547	2,0	572	728
	4	2,9	360	435	592	690	2,5	715	910
	5	3,5	434	525	714	833	2,9	829	1056
	6	4,0	496	600	816	952	3,3	944	1201

Tab V 1

Contreplaqué sur C24 par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm	n _{ef}	d=5 mm	d=6 mm
	n	n _{ef}							
	a1 = a1 _{min} = 8,5d		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	a1=10,2d	51mm	61 mm
6	1	1,0	96	114	142	158	1,0	192	0
	2	1,7	163	194	241	269	1,6	307	0
	3	2,3	221	262	327	363	2,0	384	0

	4	2,9	278	331	412	458	2,5	480	0
	5	3,5	336	399	497	553	2,9	557	0
	6	4,0	384	456	568	632	3,3	634	0
9	1	1,0	110	128	154	172	1,0	202	266
	2	1,7	187	218	262	292	1,6	323	426
	3	2,3	253	294	354	396	2,0	404	532
	4	2,9	319	371	447	499	2,5	505	665
	5	3,5	385	448	539	602	2,9	586	771
	6	4,0	440	512	616	688	3,3	667	878
12	1	1,0	128	150	182	206	1,0	244	326
	2	1,7	218	255	309	350	1,6	390	522
	3	2,3	294	345	419	474	2,0	488	652
	4	2,9	371	435	528	597	2,5	610	815
	5	3,5	448	525	637	721	2,9	708	945
	6	4,0	512	600	728	824	3,3	805	1076
15	1	1,0	128	154	204	230	1,0	268	346
	2	1,7	218	262	347	391	1,6	429	554
	3	2,3	294	354	469	529	2,0	536	692
	4	2,9	371	447	592	667	2,5	670	865
	5	3,5	448	539	714	805	2,9	777	1003
	6	4,0	512	616	816	920	3,3	884	1142
18	1	1,0	128	154	210	244	1,0	292	372
	2	1,7	218	262	357	415	1,6	467	595
	3	2,3	294	354	483	561	2,0	584	744
	4	2,9	371	447	609	708	2,5	730	930
	5	3,5	448	539	735	854	2,9	847	1079
	6	4,0	512	616	840	976	3,3	964	1228

Tab V 2

Contreplaqué sur C30 par vis, $t_2 \geq 7d$ Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm		d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}					n_{ef}		
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	$a1 = 10,2d$	51mm	61 mm
6	1	1,0	98	116	144	162	1,0	196	0
	2	1,7	167	197	245	275	1,6	314	0
	3	2,3	225	267	331	373	2,0	392	0
	4	2,9	284	336	418	470	2,5	490	0
	5	3,5	343	406	504	567	2,9	568	0
	6	4,0	392	464	576	648	3,3	647	0
9	1	1,0	112	132	158	176	1,0	208	274
	2	1,7	190	224	269	299	1,6	333	438
	3	2,3	258	304	363	405	2,0	416	548
	4	2,9	325	383	458	510	2,5	520	685
	5	3,5	392	462	553	616	2,9	603	795
	6	4,0	448	528	632	704	3,3	686	904
12	1	1,0	132	152	186	210	1,0	248	332
	2	1,7	224	258	316	357	1,6	397	531
	3	2,3	304	350	428	483	2,0	496	664
	4	2,9	383	441	539	609	2,5	620	830
	5	3,5	462	532	651	735	2,9	719	963
	6	4,0	528	608	744	840	3,3	818	1096
15	1	1,0	132	158	208	234	1,0	272	354
	2	1,7	224	269	354	398	1,6	435	566

	n	n _{ef}						
	a1 = a1 _{min} = 4,3d		13 mm	15 mm	17 mm	19 mm	22 mm	26 mm
6	1	1,0	112	134	170	192	224	0
	2	1,4	157	188	238	269	314	0
	3	1,8	202	241	306	346	403	0
	4	2,1	235	281	357	403	470	0
	5	2,3	258	308	391	442	515	0
	6	2,5	280	335	425	480	560	0
9	1	1,0	128	150	184	206	246	332
	2	1,4	179	210	258	288	344	465
	3	1,8	230	270	331	371	443	598
	4	2,1	269	315	386	433	517	697
	5	2,3	294	345	423	474	566	764
	6	2,5	320	375	460	515	615	830
12	1	1,0	148	174	212	242	288	390
	2	1,4	207	244	297	339	403	546
	3	1,8	266	313	382	436	518	702
	4	2,1	311	365	445	508	605	819
	5	2,3	340	400	488	557	662	897
	6	2,5	370	435	530	605	720	975
15	1	1,0	156	188	238	268	314	412
	2	1,4	218	263	333	375	440	577
	3	1,8	281	338	428	482	565	742
	4	2,1	328	395	500	563	659	865
	5	2,3	359	432	547	616	722	948
	6	2,5	390	470	595	670	785	1030
18	1	1,0	156	188	256	298	344	440
	2	1,4	218	263	358	417	482	616
	3	1,8	281	338	461	536	619	792
	4	2,1	328	395	538	626	722	924
	5	2,3	359	432	589	685	791	1012
	6	2,5	390	470	640	745	860	1100

Tab V 5

Contreplaqué sur GL24h par vis, $t_2 \geq 7d$ Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm		d=5 mm	d=6 mm
	n	n _{ef}					n _{ef}		
	a1 = a1 _{min} = 8,5d		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	a1=10,2d	51mm	61 mm
6	1	1,0	98	116	146	162	1,0	196	0
	2	1,7	167	197	248	275	1,6	314	0
	3	2,3	225	267	336	373	2,0	392	0
	4	2,9	284	336	423	470	2,5	490	0
	5	3,5	343	406	511	567	2,9	568	0
	6	4,0	392	464	584	648	3,3	647	0
9	1	1,0	114	132	158	176	1,0	208	274
	2	1,7	194	224	269	299	1,6	333	438
	3	2,3	262	304	363	405	2,0	416	548
	4	2,9	331	383	458	510	2,5	520	685
	5	3,5	399	462	553	616	2,9	603	795
	6	4,0	456	528	632	704	3,3	686	904
12	1	1,0	132	154	186	212	1,0	250	332
	2	1,7	224	262	316	360	1,6	400	531

	3	2,3	304	354	428	488	2,0	500	664	
	4	2,9	383	447	539	615	2,5	625	830	
	5	3,5	462	539	651	742	2,9	725	963	
	6	4,0	528	616	744	848	3,3	825	1096	
	15	1	1,0	132	160	208	236	1,0	272	354
		2	1,7	224	272	354	401	1,6	435	566
3		2,3	304	368	478	543	2,0	544	708	
4		2,9	383	464	603	684	2,5	680	885	
5		3,5	462	560	728	826	2,9	789	1027	
6		4,0	528	640	832	944	3,3	898	1168	
18	1	1,0	132	160	216	250	1,0	298	380	
	2	1,7	224	272	367	425	1,6	477	608	
	3	2,3	304	368	497	575	2,0	596	760	
	4	2,9	383	464	626	725	2,5	745	950	
	5	3,5	462	560	756	875	2,9	864	1102	
	6	4,0	528	640	864	1000	3,3	983	1254	

Tab V 6

Contreplaqué sur GL28h par vis, $t_2 \geq 7d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file//fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm	d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 12,8d$		38 mm	45 mm	51 mm	58 mm	64 mm	77 mm
6	1	1,0	100	118	148	168	202	0
	2	1,9	190	224	281	319	384	0
	3	2,9	290	342	429	487	586	0
	4	3,8	380	448	562	638	768	0
	5	4,7	470	555	696	790	949	0
	6	5,5	550	649	814	924	1111	0
9	1	1,0	116	134	162	180	214	282
	2	1,9	220	255	308	342	407	536
	3	2,9	336	389	470	522	621	818
	4	3,8	441	509	616	684	813	1072
	5	4,7	545	630	761	846	1006	1325
	6	5,5	638	737	891	990	1177	1551
12	1	1,0	134	156	190	216	256	340
	2	1,9	255	296	361	410	486	646
	3	2,9	389	452	551	626	742	986
	4	3,8	509	593	722	821	973	1292
	5	4,7	630	733	893	1015	1203	1598
	6	5,5	737	858	1045	1188	1408	1870
15	1	1,0	136	164	212	240	278	362
	2	1,9	258	312	403	456	528	688
	3	2,9	394	476	615	696	806	1050
	4	3,8	517	623	806	912	1056	1376
	5	4,7	639	771	996	1128	1307	1701
	6	5,5	748	902	1166	1320	1529	1991
18	1	1,0	136	164	222	258	306	388
	2	1,9	258	312	422	490	581	737
	3	2,9	394	476	644	748	887	1125
	4	3,8	517	623	844	980	1163	1474
	5	4,7	639	771	1043	1213	1438	1824
	6	5,5	748	902	1221	1419	1683	2134

Tab V 7

✓ **OSB ou Panneau de Particules ($\rho_k \geq 600 \text{ kg/m}^3$; $t_1 \geq 6 \text{ mm}$)**

OSB ou Panneau de Particules sur C18 par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm		d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}					n_{ef}		
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	$a1 = 10,2d$	51mm	61 mm
9	1	1,0	102	116	138	152	1,0	180	236
	2	1,7	173	197	235	258	1,6	288	378
	3	2,3	235	267	317	350	2,0	360	472
	4	2,9	296	336	400	441	2,5	450	590
	5	3,5	357	406	483	532	2,9	522	684
	6	4,0	408	464	552	608	3,3	594	779
12	1	1,0	118	134	162	182	1,0	216	288
	2	1,7	201	228	275	309	1,6	346	461
	3	2,3	271	308	373	419	2,0	432	576
	4	2,9	342	389	470	528	2,5	540	720
	5	3,5	413	469	567	637	2,9	626	835
	6	4,0	472	536	648	728	3,3	713	950
15	1	1,0	124	148	180	200	1,0	232	300
	2	1,7	211	252	306	340	1,6	371	480
	3	2,3	285	340	414	460	2,0	464	600
	4	2,9	360	429	522	580	2,5	580	750
	5	3,5	434	518	630	700	2,9	673	870
	6	4,0	496	592	720	800	3,3	766	990
18	1	1,0	124	148	198	222	1,0	252	318
	2	1,7	211	252	337	377	1,6	403	509
	3	2,3	285	340	455	511	2,0	504	636
	4	2,9	360	429	574	644	2,5	630	795
	5	3,5	434	518	693	777	2,9	731	922
	6	4,0	496	592	792	888	3,3	832	1049

Tab V 8

OSB ou Panneau de Particules sur C24 par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm		d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}					n_{ef}		
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	$a1 = 10,2d$	51mm	61 mm
9	1	1,0	104	118	142	156	1,0	184	242
	2	1,7	177	201	241	265	1,6	294	387
	3	2,3	239	271	327	359	2,0	368	484
	4	2,9	302	342	412	452	2,5	460	605
	5	3,5	364	413	497	546	2,9	534	702
	6	4,0	416	472	568	624	3,3	607	799
12	1	1,0	122	138	164	186	1,0	220	292
	2	1,7	207	235	279	316	1,6	352	467
	3	2,3	281	317	377	428	2,0	440	584
	4	2,9	354	400	476	539	2,5	550	730
	5	3,5	427	483	574	651	2,9	638	847
	6	4,0	488	552	656	744	3,3	726	964

15	1	1,0	126	152	184	204	1,0	236	306
	2	1,7	214	258	313	347	1,6	378	490
	3	2,3	290	350	423	469	2,0	472	612
	4	2,9	365	441	534	592	2,5	590	765
	5	3,5	441	532	644	714	2,9	684	887
	6	4,0	504	608	736	816	3,3	779	1010
18	1	1,0	128	152	204	226	1,0	256	324
	2	1,7	218	258	347	384	1,6	410	518
	3	2,3	294	350	469	520	2,0	512	648
	4	2,9	371	441	592	655	2,5	640	810
	5	3,5	448	532	714	791	2,9	742	940
	6	4,0	512	608	816	904	3,3	845	1069

Tab V 9

OSB ou Panneau de Particules sur C30 par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm		d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}					n_{ef}		
	$a1 = a1_{min} = 8,5d$		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	$a1=10,2d$	51mm	61 mm
9	1	1,0	106	120	144	158	1,0	188	246
	2	1,7	180	204	245	269	1,6	301	394
	3	2,3	244	276	331	363	2,0	376	492
	4	2,9	307	348	418	458	2,5	470	615
	5	3,5	371	420	504	553	2,9	545	713
	6	4,0	424	480	576	632	3,3	620	812
12	1	1,0	124	140	168	188	1,0	222	298
	2	1,7	211	238	286	320	1,6	355	477
	3	2,3	285	322	386	432	2,0	444	596
	4	2,9	360	406	487	545	2,5	555	745
	5	3,5	434	490	588	658	2,9	644	864
	6	4,0	496	560	672	752	3,3	733	983
15	1	1,0	130	154	188	208	1,0	240	312
	2	1,7	221	262	320	354	1,6	384	499
	3	2,3	299	354	432	478	2,0	480	624
	4	2,9	377	447	545	603	2,5	600	780
	5	3,5	455	539	658	728	2,9	696	905
	6	4,0	520	616	752	832	3,3	792	1030
18	1	1,0	130	156	208	230	1,0	260	330
	2	1,7	221	265	354	391	1,6	416	528
	3	2,3	299	359	478	529	2,0	520	660
	4	2,9	377	452	603	667	2,5	650	825
	5	3,5	455	546	728	805	2,9	754	957
	6	4,0	520	624	832	920	3,3	858	1089

Tab V 10

OSB ou Panneau de Particules sur D24 par vis, $t_2 \geq 7d$ avec pré-perçage								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm	d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 4,3d$		13 mm	15 mm	17 mm	19 mm	22 mm	26 mm
9	1	1,0	112	126	152	168	198	250

	2	1,4	157	176	213	235	277	350
	3	1,8	202	227	274	302	356	450
	4	2,1	235	265	319	353	416	525
	5	2,3	258	290	350	386	455	575
	6	2,5	280	315	380	420	495	625
	12	1	1,0	130	146	176	198	234
2		1,4	182	204	246	277	328	437
3		1,8	234	263	317	356	421	562
4		2,1	273	307	370	416	491	655
5		2,3	299	336	405	455	538	718
6		2,5	325	365	440	495	585	780
15	1	1,0	138	164	196	218	252	326
	2	1,4	193	230	274	305	353	456
	3	1,8	248	295	353	392	454	587
	4	2,1	290	344	412	458	529	685
	5	2,3	317	377	451	501	580	750
	6	2,5	345	410	490	545	630	815
18	1	1,0	140	166	218	240	272	344
	2	1,4	196	232	305	336	381	482
	3	1,8	252	299	392	432	490	619
	4	2,1	294	349	458	504	571	722
	5	2,3	322	382	501	552	626	791
	6	2,5	350	415	545	600	680	860

Tab V 11

OSB ou Panneau de Particules sur D30 par vis, $t_2 \geq 7d$ avec pré-perçage								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{V,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm	d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}						
	$a1 = a1_{min} = 4,3d$							
9	1	1,0	120	136	166	182	218	250
	2	1,4	168	190	232	255	305	350
	3	1,8	216	245	299	328	392	450
	4	2,1	252	286	349	382	458	525
	5	2,3	276	313	382	419	501	575
	6	2,5	300	340	415	455	545	625
12	1	1,0	138	158	190	214	254	342
	2	1,4	193	221	266	300	356	479
	3	1,8	248	284	342	385	457	616
	4	2,1	290	332	399	449	533	718
	5	2,3	317	363	437	492	584	787
	6	2,5	345	395	475	535	635	855
15	1	1,0	152	180	212	234	272	354
	2	1,4	213	252	297	328	381	496
	3	1,8	274	324	382	421	490	637
	4	2,1	319	378	445	491	571	743
	5	2,3	350	414	488	538	626	814
	6	2,5	380	450	530	585	680	885
18	1	1,0	152	182	236	260	296	374
	2	1,4	213	255	330	364	414	524
	3	1,8	274	328	425	468	533	673
	4	2,1	319	382	496	546	622	785
	5	2,3	350	419	543	598	681	860

6	2,5	380	455	590	650	740	935
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tab V 12

OSB ou Panneau de Particules sur GL24h par vis, $t_2 \geq 7d$									
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)									
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm		d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}					n_{ef}		
	$a1=a1_{min}=8,5d$		26 mm	30 mm	34 mm	38 mm	$a1=10,2d$	51mm	61 mm
9	1	1,0	106	122	144	160	1,0	188	248
	2	1,7	180	207	245	272	1,6	301	397
	3	2,3	244	281	331	368	2,0	376	496
	4	2,9	307	354	418	464	2,5	470	620
	5	3,5	371	427	504	560	2,9	545	719
	6	4,0	424	488	576	640	3,3	620	818
12	1	1,0	124	140	168	190	1,0	224	298
	2	1,7	211	238	286	323	1,6	358	477
	3	2,3	285	322	386	437	2,0	448	596
	4	2,9	360	406	487	551	2,5	560	745
	5	3,5	434	490	588	665	2,9	650	864
	6	4,0	496	560	672	760	3,3	739	983
15	1	1,0	130	156	188	208	1,0	240	312
	2	1,7	221	265	320	354	1,6	384	499
	3	2,3	299	359	432	478	2,0	480	624
	4	2,9	377	452	545	603	2,5	600	780
	5	3,5	455	546	658	728	2,9	696	905
	6	4,0	520	624	752	832	3,3	792	1030
18	1	1,0	130	156	208	230	1,0	262	330
	2	1,7	221	265	354	391	1,6	419	528
	3	2,3	299	359	478	529	2,0	524	660
	4	2,9	377	452	603	667	2,5	655	825
	5	3,5	455	546	728	805	2,9	760	957
	6	4,0	520	624	832	920	3,3	865	1089

Tab V 13

OSB ou Panneau de Particules sur GL28h par vis, $t_2 \geq 7d$								
Résistance caractéristique assemblage en cisaillement pour une file suivant le fil du bois, $F_{v,Ass m=1,Rk,0}$ (daN)								
Epaisseur gousset t_1 (mm)	Nombre de pointes par file/fil du bois		d=3 mm	d=3,5 mm	d=4 mm	d=4,5 mm	d=5 mm	d=6 mm
	n	n_{ef}						
	$a1=a1_{min}=12,8d$		38 mm	45 mm	51 mm	58 mm	64 mm	77 mm
9	1	1,0	108	124	148	162	192	250
	2	1,9	205	236	281	308	365	475
	3	2,9	313	360	429	470	557	725
	4	3,8	410	471	562	616	730	950
	5	4,7	508	583	696	761	902	1175
	6	5,5	594	682	814	891	1056	1375
12	1	1,0	126	142	172	192	228	304
	2	1,9	239	270	327	365	433	578
	3	2,9	365	412	499	557	661	882
	4	3,8	479	540	654	730	866	1155
	5	4,7	592	667	808	902	1072	1429
	6	5,5	693	781	946	1056	1254	1672

15	1	1,0	134	160	192	212	246	318
	2	1,9	255	304	365	403	467	604
	3	2,9	389	464	557	615	713	922
	4	3,8	509	608	730	806	935	1208
	5	4,7	630	752	902	996	1156	1495
	6	5,5	737	880	1056	1166	1353	1749
18	1	1,0	134	160	214	234	266	336
	2	1,9	255	304	407	445	505	638
	3	2,9	389	464	621	679	771	974
	4	3,8	509	608	813	889	1011	1277
	5	4,7	630	752	1006	1100	1250	1579
	6	5,5	737	880	1177	1287	1463	1848

Tab V 14

7. ANNEXE 2 – MODELISATION DES ASSEMBLAGES

7.1 Lignes d'épure et excentricités

Dans les exemples décrits précédemment, les lignes d'épure des éléments pour la modélisation coïncident avec les axes principaux d'inertie des pièces et sont concourantes aux nœuds (nœuds canoniques).

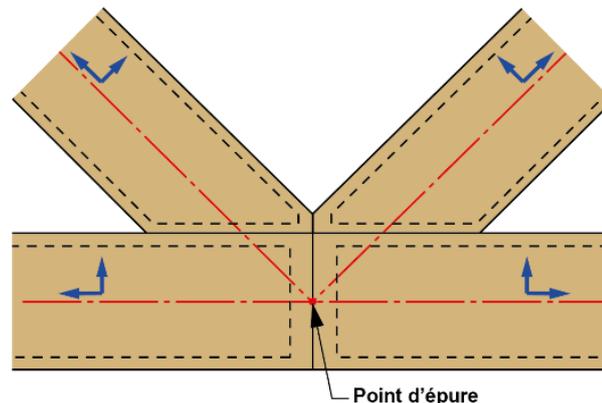


Figure 45 – Lignes d'épures concourantes au nœud

Les assemblages par goussets ont été dimensionnés ici en renforts d'assemblages traditionnels, vis à vis de sollicitations particulières, avec les efforts résultant de la modélisation sans considérer d'excentricités d'assemblage.

La forme du gousset et la disposition des fixations sont choisies de façon à éviter ou réduire au minimum l'excentricité des efforts. La distance entre le point d'épure et le centre de gravité des fixations doit être la plus faible possible.

Pour prendre en compte l'influence de l'excentricité, conformément au § 5.4.2 de l'EC5, il faudrait introduire dans le modèle des barres fictives reliant le nœud d'assemblage et le centre de raideur des organes de fixation des goussets.

7.2 Rigidité des assemblages

Dans les exemples décrits précédemment, les nœuds d'assemblage sont considérés comme des rotules.

La disposition des organes de fixation des goussets est choisie de façon à réduire au minimum la rigidité en rotation de l'assemblage.

La prise en compte de la rigidité des liaisons, c'est-à-dire leur déformabilité en rotation ou translation influe sur l'intensité et la distribution des efforts dans les éléments de la structure.

On rappelle que l'Annexe Nationale de l'EC5 (§5.1 EC5-NA) permet de considérer une liaison comme articulée ou encastree suivant la valeur du rapport entre la rigidité en rotation de la liaison et la rigidité en flexion de la barre, exprimé par sous la forme du coefficient β :

$$\beta = \frac{K_w}{E \frac{I}{L}}$$

Equation(s) 7.1 (EC5-AN §5.1)

Avec

K_w : rigidité en rotation de la liaison

I : moment d'inertie de la barre pris à une distance de $L/3$ par rapport au nœud d'assemblage

L : longueur de la barre entre le nœud d'assemblage considéré et la liaison suivante.

- si $\beta \leq 0,5$, la liaison peut être considérée comme articulée ;
- si $\beta \geq 8$, la liaison peut être considérée comme encastree ;
- si $0,5 < \beta < 8$, la liaison est semi-rigide.

Pour modéliser un assemblage semi-rigide, on introduit un élément ressort entre le nœud et le centre de raideur de de l'assemblage.

La raideur en rotation ou translation du ressort caractérise la rigidité de l'assemblage.

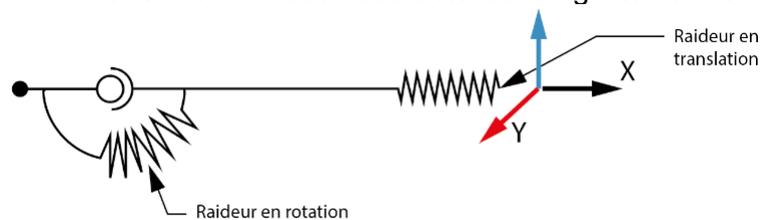


Figure 46 Modélisation d'un assemblage semi-rigide

La raideur en translation de l'assemblage est déduite du module de glissement K_{ser} par plan de cisaillement et par organe donné par l'Eurocode 5 (§ 7.1 EC5) pour les assemblages bois-bois et bois panneaux.

Pointes et vis sans avant-trou	Pointes et vis avec avant-trou
$K_{ser} = \rho_m^{1,5} d^{0,8} / 30$	$K_{ser} = \rho_m^{1,5} d / 23$

Equation(s) 7.2 (EC5 §7.1)

Avec

K_{ser} , module de glissement (en N/mm)

ρ_m , masse volumique moyenne de l'élément à base de bois (en kg/m^3),

Dans le cas d'assemblage deux éléments de deux éléments de masse volumique différente,

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m1} \cdot \rho_{m2}}$$

Le module de glissement de l'assemblage est la somme des modules par plan de cisaillement et par organe.

$$K_{ser} = \sum_{i=1}^n K_{ser,i}$$

La raideur en translation d'un assemblage par goussets, comportant n organes identiques par face est :

$$K_{ser,Ass} = 2 \cdot n \cdot K_{ser}$$

- La rigidité en rotation de l'assemblage est déduite du module de rigidité par plan de cisaillement et par organe suivant la relation :

$$K_w = \sum_{i=1}^n K_{ser,i} \rho_i^2$$

$K_{ser,i}$, module de glissement par plan de cisaillement et par organe (en N/mm)

ρ_i , distance radiale entre l'organe i est le centre de rotation de l'assemblage.

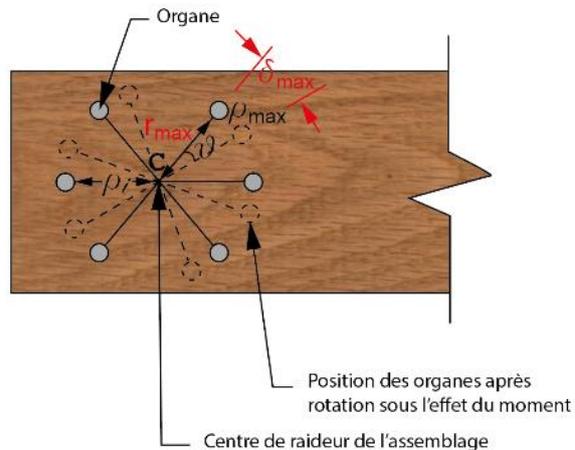


Figure 47 Rotation des organes autour du centre de raideur

La prise en compte de la semi-rigidité des assemblages est facilitée par les logiciels de modélisation de structure qui permettent d'introduire les propriétés de raideur des liaisons. Cela implique cependant une démarche de dimensionnement itérative puisque la distribution des efforts dans les éléments et aux nœuds d'assemblage va dépendre des propriétés de raideur des liaisons, directement liées au dimensionnement des assemblages, comme illustré ci-dessous :

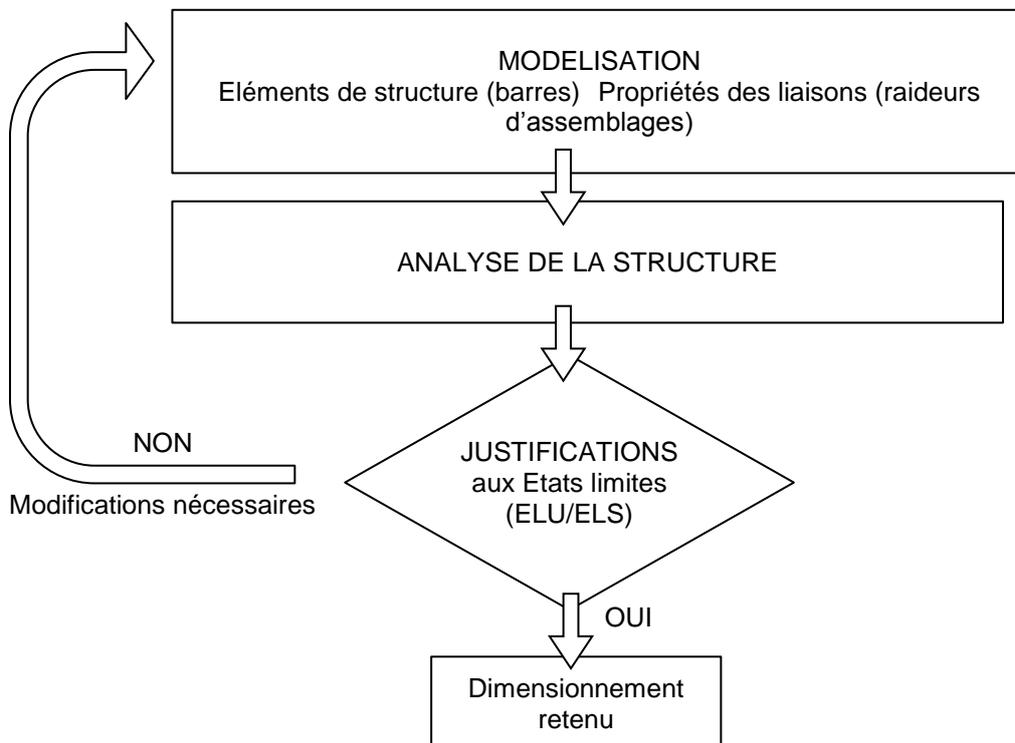


Figure 48 Démarche itérative de dimensionnement avec assemblages semi-rigides