

Annexe A : Calcul de la résistance latérale des attaches boulonnées selon la norme CSA-O86 Section 10.4

Méthode actuelle (CSA-O86-01)

Dans la méthode actuelle, la résistance latérale pondérée d'un assemblage boulonné P_r , Q_r , ou N_r varie en fonction du nombre de plans de cisaillement et doit être supérieure ou égale à l'effet des charges pondérées :

Pour les charges parallèles au fil

$$P_r = \phi P_u n_s n_F J_F$$

Pour les charges perpendiculaires au fil

$$Q_r = \phi Q_u n_s n_F J_R$$

Pour les charges obliques, θ , par rapport au fil

$$N_r = \frac{P_r Q_r}{P_r \sin^2 \alpha + Q_r \cos^2 \alpha}$$

Où :

$$\phi = 0,7$$

$$P_u = p_u (K_D K_{SF} K_T)$$

p_u = limite de la résistance latérale unitaire parallèle au fil (figure A.1), N

n_s = nombre de plans de cisaillement

$$J_F = J_G J_L J_R$$

J_G coefficient s'appliquant à un nombre allant de deux à un maximum de 12 boulons dans une file

$$= 0,33 \left(\frac{l}{d} \right)^{0,5} \left(\frac{s}{d} \right)^{0,2} N^{-0,3}, \text{ mais ne dépassant pas } 1,0$$

Où :

l = l'épaisseur de l'élément, mm

s = la distance entraxe des boulons dans une file, mm

d = le diamètre de boulon, mm

N = nombre des boulons dans une file

Note : $J_G = 1,0$ dans les cas où il n'y a qu'un boulon dans une file, ainsi que pour tous les assemblages constitués d'un élément en bois fixé au béton.

J_L coefficient relatif à la distance d'extrémité chargée
 = 0,75 pour la distance d'extrémité de 7d, ou 1,0 pour 10d (les valeurs intermédiaires peuvent être déterminées par interpolation linéaire)

J_R coefficient relatif au nombre des files
 = 1,0 pour une file, ou pour un boulon par file
 = 0,8 pour deux files (deux boulons et plus par file)
 = 0,6 pour trois files (deux boulons et plus par file)

$$Q_u = q_u (K_D K_{SF} K_T)$$

q_u limite de résistance latérale unitaire perpendiculaire au fil (figure A.1), N

$$F_1 = 0,8 f_1$$

d diamètre du boulon, mm

l_1 épaisseur de la pièce latérale, mm

f_2 résistance d'enfoncement de la pièce principale, MPa

l_2 épaisseur de la pièce principale, mm

f_1 résistance d'enfoncement de la pièce latérale, MPa

f_y limite d'élasticité du boulon, MPa

= 310 MPa pour les boulons de grade 2 conformes à la norme ASTM A 307

Pour la résistance à l'enfoncement de l'élément en bois :

f = 63 G (1- 0,01d), charge parallèle au fil

= 27,4 G (1- 0,01d), charge perpendiculaire au fil

G densité moyenne

Pour la résistance d'enfoncement de la plaque en acier

$$f = 3,75 \times (\phi_{\text{acier}} / \phi_{\text{bois}}) \times F_u$$

ϕ_{acier} coefficient de résistance pour un élément en acier dans un assemblage boulonné
 = 0,67

ϕ_{bois} coefficient de résistance pour un élément en bois dans un assemblage boulonné
 = 0,7

F_u contrainte de rupture en traction de l'acier

= 400 MPa pour l'acier conforme à la norme ASTM A 36

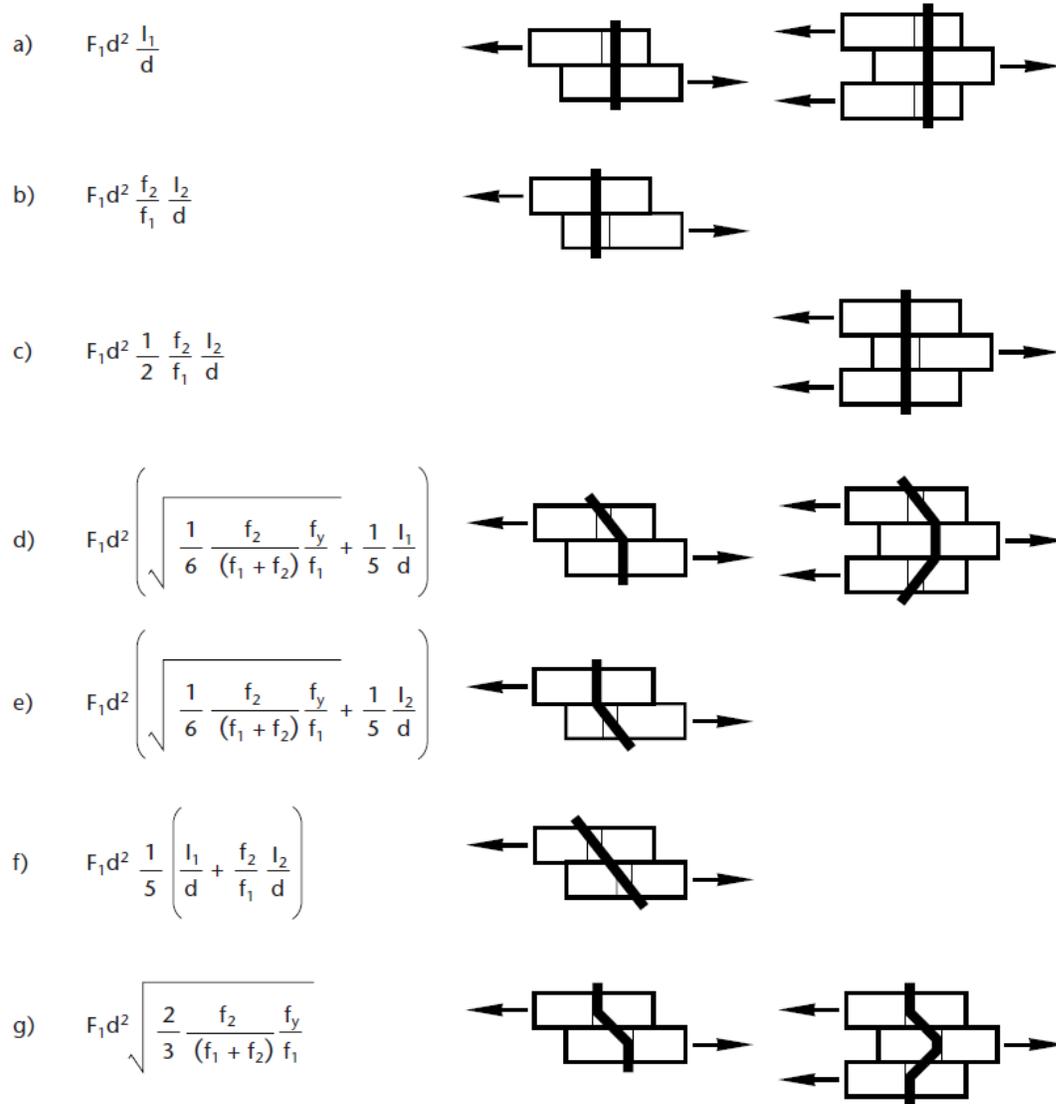
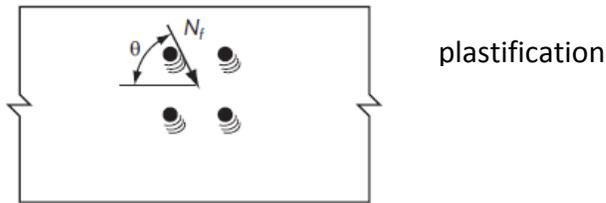


Figure A.1: Résistance latérale unitaire p_u ou q_u par plane de cisaillement (N)

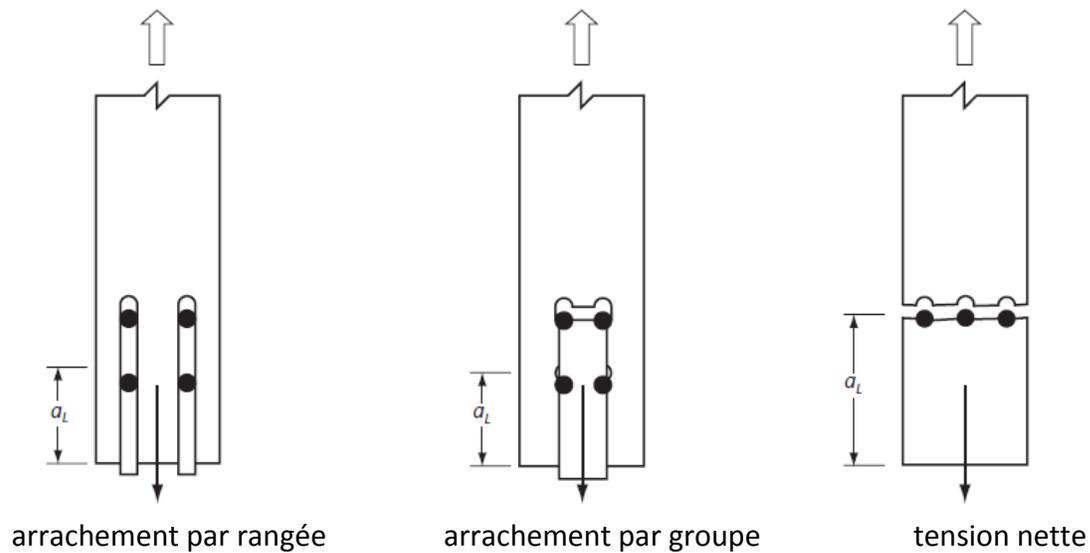
Nouvelle méthode (CSA-O86-09)

Dans la nouvelle méthode, les assemblages doivent être conçus pour résister tous les modes ductiles et fragiles de rupture possibles associés aux connecteurs et au matériau utilisés (voir figure A.2).

(a) toutes les directions de chargement :



(b) parallèle au fil :



(c) perpendiculaire au fil :

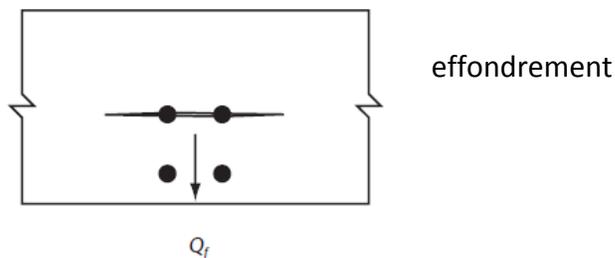


Figure A.2 Modes de rupture potentiels

La résistance latérale pondérée d'un assemblage boulonné N_r , P_r ou (et) Q_r doit être supérieure ou égale à l'effet des charges pondérées :

(a) Pour les modes de ruptures ductiles

$$N_f \leq N_r$$

Où :

N_f = charge pondérée de l'attache

N_r = résistance latérale ductile pondérée

(b) Pour les modes de ruptures fragiles parallèle au fil

$$P_f \leq P_r$$

Où :

P_f = charge pondérée parallèle au fil

P_r = résistance pondérée parallèle au fil

= le plus faible entre PR_{rT} , PG_{rT} ou T_{NrT}

PR_{rT} = résistance pondérée au cisaillement par rangée

PG_{rT} = résistance pondérée à l'arrachement par groupe

T_{NrT} = résistance pondérée à la tension nette

(c) Pour les modes de ruptures fragiles perpendiculaires au fil

$$Q_f \leq Q_r$$

Où :

Q_f = charge pondérée perpendiculaire au fil

Q_r = QS_{rT}

où :

QS_{rT} = résistance pondérée au fendage

(d) Pour les modes de ruptures fragiles à un angle, θ , du fil

$$N_f \leq \frac{P_r Q_r}{P_r \sin^2 \theta + Q_r \cos^2 \theta}$$

Où :

θ = angle entre la charge appliquée et le fil

Résistance ductile

La résistance latérale ductile pondérée d'un groupe d'attaches dans un assemblage en fonction du nombre de plans de cisaillement doit être supérieure ou égale à l'effet des charges pondérées N_f

$$N_r = \phi_y n_u n_s n_f$$

Où :

$\phi_y = 0.8$, facteur de la résistance pour une rupture ductile

$n_u =$ limite de la résistance unitaire ductile (Figure A.3), N

$n_s =$ nombre de plans de cisaillements

$n_f =$ nombre total des boulons dans l'assemblage

La résistance à l'enfoncement du bois selon l'angle par rapport à l'axe longitudinal est calculée comme suit:

$$f_{i\theta} = \frac{f_{iP} f_{iQ}}{f_{iP} \sin^2 \theta + f_{iQ} \cos^2 \theta} K_D K_{SF} K_T$$

Où :

$f_{i\theta} =$ résistance à l'enfoncement de pièce « i » pour une charge oblique d'angle θ par rapport au fil, MPa

$f_{iP} =$ résistance à l'enfoncement de pièce « i » parallèle au fil ($\theta = 0^\circ$),
 $= 50 G (1 - 0.01d_F)$

$f_{iQ} =$ résistance à l'enfoncement de pièce « i » perpendiculaire au fil ($\theta = 90^\circ$),
 $= 22 G (1 - 0.01d_F)$

$\theta =$ angle du chargement par rapport au fil

$K_D =$ coefficient de durée de chargement

$K_{SF} =$ coefficient de condition d'utilisation

$K_T =$ coefficient de traitement chimique

La résistance à l'enfoncement d'autres matériaux, MPa, est calculée comme suit :

(a) acier : $3 f_u (\phi_{acier} / \phi_y)$; et

(b) béton et maçonnerie : 125

où :

$f_u =$ résistance ultime de l'acier selon la norme correspondante, MPa

$\phi_{acier} =$ coefficient de résistance pour un élément en acier,
 $= 0.67$

$\phi_y =$ coefficient de résistance pour un élément en bois pour les modes ductiles
 $= 0.8$

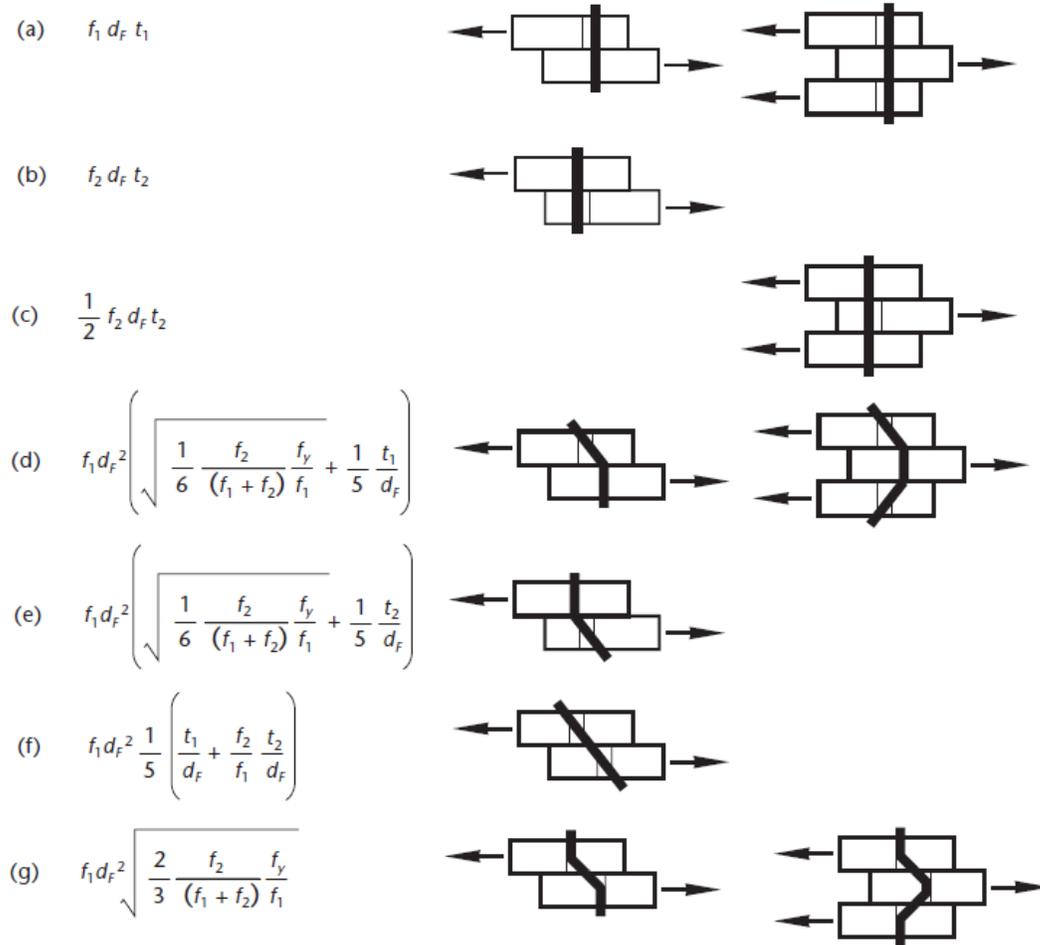


Figure A.3: Résistance unitaire ductile, n_u , par un plan de cisaillement (N)

Où :

f_1, f_2 = résistance à l'enfoncement des membrures 1 et 2, où la membrure No.1 est en position latérale, MPa

d_f = diamètre du boulon, mm

t_1, t_2 = épaisseur de la membrure, mm

f_y = limite d'élasticité du boulon en flexion, MPa

Résistance à l'arrachement par rangée

La résistance totale pondérée à l'arrachement par rangées d'une attache est calculée comme une somme des résistances pondérées en cisaillement de toutes les membrures bois qui résistent au chargement selon les équations suivantes :

$$PR_{rT} = \sum(PR_{ri})$$

La résistance totale en cisaillement pondérée dans une membrure « i » est calculée comme suit:

$$PR_{ri} = \phi_w PR_{ij \min} n_R (K_D K_{SF} K_T)$$

Où :

ϕ_w = facteur de résistance en rupture fragile,
= 0,7

$PR_{ij \min}$ = résistance minimale d'une rangée en cisaillement pour toutes les rangées de l'attache de PR_{i1} à PR_{inR}

n_R = nombre de rangées

PR_{ij} = résistance en cisaillement de la rangée "j", dans la membrure "i", N
= $1.2 f_v K_{Is} t n_C a_{cr i}$

f_v = résistance prévue au cisaillement longitudinale de la membrure "i", MPa

K_{Is} = 0.65 pour les membrures latérales

= 1 pour les membrures internes

t = épaisseur de la membrure, mm

n_C = nombre de boulons dans la rangée "j" de la membrure "i"

$a_{cr i}$ = minimum entre a_L (distance d'extrémité) et S_R (entraxe des boulons) pour la rangée "j" de la membrure "i", mm

La capacité de chaque membrure est vérifiée séparément.

Résistance à l'arrachement par groupe

La résistance totale pondérée à l'arrachement par groupe d'une attache est calculée comme une somme des résistances pondérées en arrachement par groupe de toutes les membrures bois qui résistent au chargement selon les équations suivantes :

$$PG_{r,T} = \sum(PG_{ri})$$

La résistance totale en arrachement par groupe pondérée des attaches dans une membrure en bois "i" avec n_R rangées est calculée comme suit:

$$PG_{i1} = \phi_w \left[\frac{(PR_{i1} + PR_{inR})}{2} + [(f_t)(K_D K_{SF} K_T) A_{PGi}] \right]$$

Où :

ϕ_w = facteur de résistance en rupture fragile,
= 0,7

PR_{i1} = résistance au cisaillement de la rangée "1" de la membrure "i" à la limite du groupe d'attache, N

$$= 1,2 f_v (K_D K_{SF} K_T) K_{Is} t n_C a_{cr1}$$

PR_{inR} = résistance au cisaillement le long de la rangée " n_R " de la membrure "i" à la limite du groupe d'attache, N

$$= 1,2 f_v (K_D K_{SF} K_T) K_{Is} t n_C a_{cr nr}$$

f_t = résistance prévue à la tension de la membrure "i", MPa

A_{PGi} = aire perpendiculaire critique entre la rangée 1 et n_R de la membrure "i", mm^2

L'arrachement par groupe n'est pas possible si la membrure est en compression. La capacité de chaque membrure doit être vérifiée séparément.

Résistance à la tension nette

La résistance à la tension nette est vérifiée de même façon que dans la méthode actuelle, soit selon l'article 5.5.9 pour le bois de sciage ou 6.5.11 pour le bois lamellé collé.

Résistances pondérées calculées selon les deux méthodes pour les boulons de grade 2

Note : $G = 0,42$; $d = 12,7$ mm; $f_y = 210$ MPa; $f_v = 1,5$ MPa; $f_t = 5,5$ MPa

Tableau A.1: Présérie témoin

								Sec $K_{SF}=1,00$					Humide $K_{SF}=0,67$						
								méthode actuelle		nouvelle méthode					méthode actuelle		nouvelle méthode		
n_r	n_{fi}	n_f	t_2	largeur (mm)	dimension nominale utilisée	$a_L(d)$	$S_R(d)$	résistance (kN)	cas de rupture	résistance (kN)	cas de rupture	nouvelle/ actuelle (%)	résistance (kN)	cas de rupture	résistance (kN)	cas de rupture	nouvelle/ actuelle (%)		
1	1	1	7d=89mm	89	4" x 4"	10	n/a	14,6 30,6 12,4	cas c cas d cas g	16,5 32,3 15,7 14,2 49,4	cas c cas d cas g Row Shear Net Tension	114%	9,7 20,5 8,3	cas c cas d cas g	11,1 30,9 12,9 9,5 41,5	cas c cas d cas g Row Shear Net Tension	114%		

Tableau A.2 : Conditions « HH » et « HSH » : Assemblé humide - testé humide (sans et avec cycle de séchage)

															assemblé humide - testé humide					
															méthode actuelle		nouvelle méthode			
n_r	n_{fi}	n_f	t_2	largeur (mm)	dimension nominale	$a_L(d)$	$S_R(d)$	résistance (kN)	cas de rupture	résistance (kN)	cas de rupture	nouvelle/ actuelle (%)	largeur entre les rangées les plus extrêmes	type de configuration et valeur du K_{SF}						
1	1	2	2	89	4"x 4"	10	4	18,3	cas c	22,2	cas c	49%	n/a	A: $K_{SF}=0,67$						
								38,5	cas d	61,9	cas d									
								15,5	cas g	25,8	cas g									
										7,6	Row Shear									
								41,5			Net Tension									
2				140	4"x 6"	10	4	15,6	cas c	26,8	cas c	51%	38mm	C: $K_{SF}=0,27$						
								32,4	cas d	171,7	cas d									
								13,3	cas g	49,4	cas g									
										6,8	Row Shear									
								53,6			Group Tear									
3	2	3	6	140	4"x 6"	10	4	15,6	cas c	26,8	cas c	69%	70mm	C: $K_{SF}=0,27$						
								32,4	cas d	171,7	cas d									
								13,3	cas g	49,4	cas g									
										9,2	Row Shear									
								9,8			Group Tear									
								53,6			Net Tension									
4				140	4"x 6"	10	5	16,4	cas c	26,8	cas c	78%	70mm	C: $K_{SF}=0,27$						
								34,4	cas d	171,7	cas d									
								13,9	cas g	49,4	cas g									
										11,5	Row Shear									
								10,9			Group Tear									
								53,6			Net Tension									

Tableau A.3 : Condition « HS » : Assemblé humide - testé sec

										assemblé humide - testé sec						
										méthode actuelle		nouvelle méthode				
n_r	n_{fi}	n_f	t_2	largeur (mm)	dimension nominale	$a_L(d)$	$S_R(d)$	résistance (kN)	cas de rupture	résistance (kN)	cas de rupture	nouvelle/ actuelle (%)	largeur entre les rangées les plus extrêmes	type de configuration et valeur du K_{SF}		
1	1	2	2	7d=89mm	89	4"x 4"	10	4	27,4 57,5 23,2	cas c cas d cas g	33,1 64,7 31,5 11,4 49,4	cas c cas d cas g Row Shear Net Tension	49%	n/a	A: $K_{SF}=1,00$	
2					140	4"x 6"	10	4	23,2 48,0 19,7	cas c cas d cas g	39,7 177,0 60,0 13,7 10,1 53,6	cas c cas d cas g Row Shear Group Tear Net Tension	51%	38mm	C: $K_{SF}=0,4$	
3	2	3	6						23,2 48,0 19,7	cas c cas d cas g	39,7 177,0 60,0 14,5 13,7 53,6	cas c cas d cas g Row Shear Group Tear Net Tension	70%	70mm		
4									10	5	23,3 51,0 20,6	cas c cas d cas g	39,7 177,0 60,0 17,1 16,2 53,6			cas c cas d cas g Row Shear Group Tear Net Tension

Tableau A.4 : Conditions « SS » et « STS » : Assemblé sec - testé sec et assemblé sec - testé très sec

										assemblé sec testé sec						
										méthode actuelle		nouvelle méthode				
n_r	n_{fi}	n_f	t_2	largeur (mm)	dimension nominale	$a_L(d)$	$S_R(d)$	résistance (kN)	cas de rupture	résistance (kN)	cas de rupture	nouvelle/ actuelle (%)	largeur entre les rangées les plus extrêmes	type de configuration et valeur du K_{SF}		
1	1	2	2	89	4" x 4"	10	4	27,4	cas c	33,1	cas c	49%	n/a	A: $K_{SF} = 1,00$		
								57,5	cas d	64,7	cas d					
								23,2	cas g	31,5	cas g					
										11,4	Row Shear					
2				140	4" x 6"	10	4	58,1	cas c	99,4	cas c	51%	38mm	C: $K_{SF} = 1,00$		
								120,1	cas d	194,2	cas d					
								49,2	cas g	94,4	cas g					
										25,2	Row Shear					
3	2	3	6	140	4" x 6"	10	4	58,1	cas c	99,4	cas c	70%	70mm	C: $K_{SF} = 1,00$		
								120,1	cas d	194,2	cas d					
								49,2	cas g	94,4	cas g					
										34,2	Row Shear					
4				140	4" x 6"	10	5	60,8	cas c	99,4	cas c	78%	70mm	C: $K_{SF} = 1,00$		
								127,7	cas d	194,2	cas d					
								51,5	cas g	94,4	cas g					
										42,7	Row Shear					
										40,4	Group Tear					
										63,8	Net Tension					

Tableau A.5 : Condition « SH » : Assemblé sec - testé humide

															assemblé sec testé humide					
															méthode actuelle		nouvelle méthode			
n_r	n_{fi}	n_f	t_2	largeur (mm)	dimension nominale	$a_L(d)$	$S_R(d)$	résistance (kN)	cas de rupture	résistance (kN)	cas de rupture	nouvelle/ actuelle (%)	largeur entre les rangées les plus extrêmes	type de configuration et valeur du K_{SF}						
1	1	2	2	7d=89mm	89	4"x 4"	10	4	18,3 38,5 15,5	cas c cas d cas g	22,2 61,9 25,8 7,6 41,5	cas c cas d cas g Row Shear Net Tension	49%	n/a	A: $K_{SF} = 0,67$					
2					140	4"x 6"	10	4	38,9 80,4 33,0	cas c cas d cas g	66,6 185,8 77,5 22,9 53,6	cas c cas d cas g Row Shear Group Tear Net Tension	51%	38mm	C: $K_{SF} = 0,67$					
3	2	3	6						38,9 80,4 33,0	cas c cas d cas g	66,6 185,8 77,5 22,9 24,2 53,6	cas c cas d cas g Row Shear Group Tear Net Tension	69%	70mm						
4									10	5	40,7 85,5 34,5	cas c cas d cas g	66,6 185,8 77,5 28,6 27,1 53,6			cas c cas d cas g Row Shear Group Tear Net Tension	79%			