



INITIATION A L'EUROCODE 5

EXEMPLE DE VERIFICATION D'UN ASSEMBLAGE PAR BOULON

(BOULONS ET BROCHES)





RAPPEL : PROCEDURE GENERALE

Principe général de vérification

$$E_d \leq R_d$$

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} \times n_{\text{ef}} (*) \times n_{\text{pc}}$$

- 1** DETERMINER L'EFFORT ELU, (Ed) **ex : 1.35G + 1.5S**
- 2** REFLECHIR ET DEFINIR UNE SOLUTION D'ASSEMBLAGE :
En prenant en compte : le « fonctionnement » de l'assemblage, les défaillances, les conditions spécifiques.
En estimant le nombre de tiges (si pré-dimensionnement) et leur position
- 3** CALCULER LA RESISTANCE DE L'ASSEMBLAGE R_d $R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} \times n_{\text{ef}} (*) \times n_{\text{pc}}$
- 4** EFFECTUER LES VERIFICATIONS COMPLEMENTAIRES :
CISAILLEMENT - TRACTION TRANSVERSALE – RUPTURE EN BLOC
VERIFICATIONS EC3
- 5** EFFECTUER LE PLAN DEFINITIF DE L'ASSEMBLAGE

1

DETERMINER L'EFFORT ELU, (Ed)

ex : $G + 1.5 W$

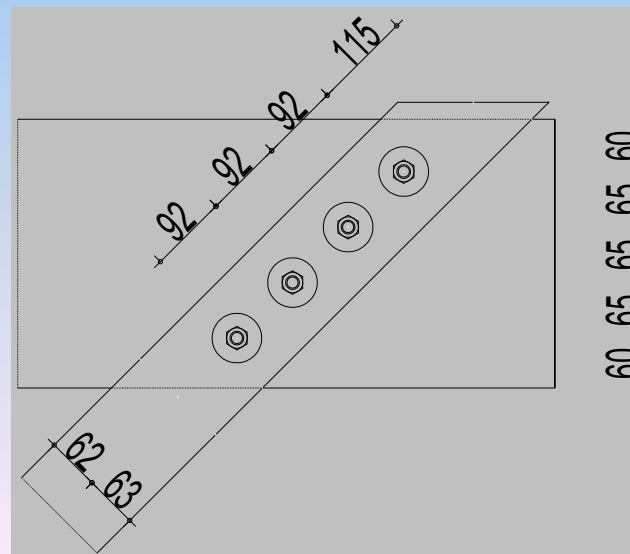
DANS NOTRE EXERCICE

F à reprendre = 27 kN en traction

Barre CV C24 , 80 x 125

Poutre C24, 100 x 315

4 boulons \varnothing 16 mm



2

REFLECHIR : à une solution d'assemblage, au « fonctionnement » de l'assemblage, aux ruptures possibles, conditions spécifiques

BOULONS

- jeu max de perçage +1mm
- \varnothing des boulons < 30 mm

BROCHES

- perçage bois $\varnothing < \text{ou} = \text{au } \varnothing \text{ de la broche}$
- perçage plaque métal $\varnothing \text{ broche} + 1 \text{ mm}$
- $6\text{mm} < \varnothing \text{ des broches} < 30 \text{ mm}$
- maintien des plaques !

Gamme commerciale boulons de charpente

\varnothing /lg	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
16	0.90	1.00	1.05	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.10	2.15	2.20
18		1.25	1.35	1.45	1.55	1.65	1.75	1.90	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.55	2.70	2.85	
20					2.35	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30	3.45	3.60					6

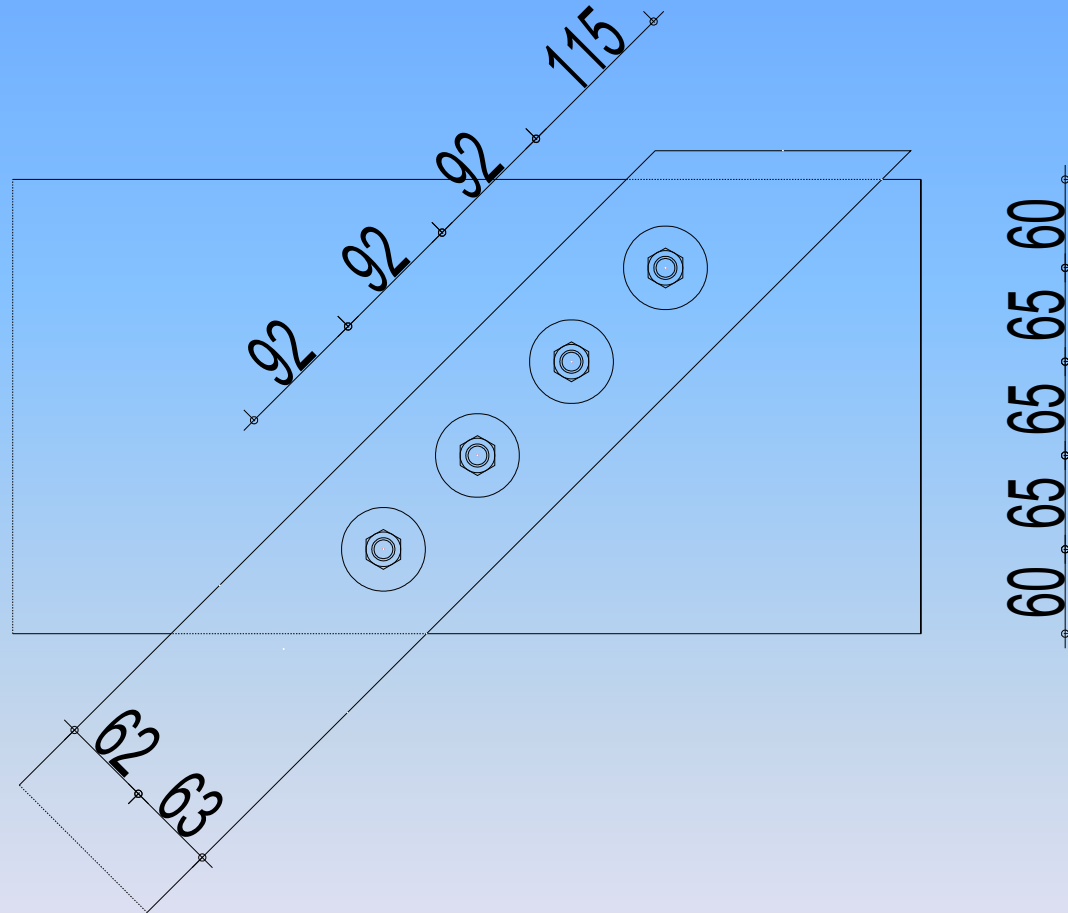
(gamme commerciale FTFI, prix HT en €, par boulon)

2

REFLECHIR : à une solution d'assemblage, au « fonctionnement » de l'assemblage, aux ruptures possibles, conditions spécifiques

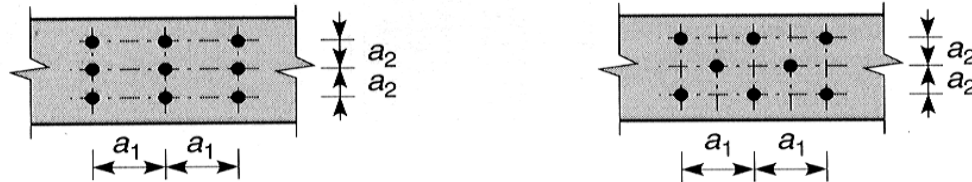
DANS NOTRE EXERCICE
F à reprendre = 27 kN en traction

Barre CV C24 , 80 x 125
Poutre C24, 100 x 315
4 boulons \varnothing 16 mm

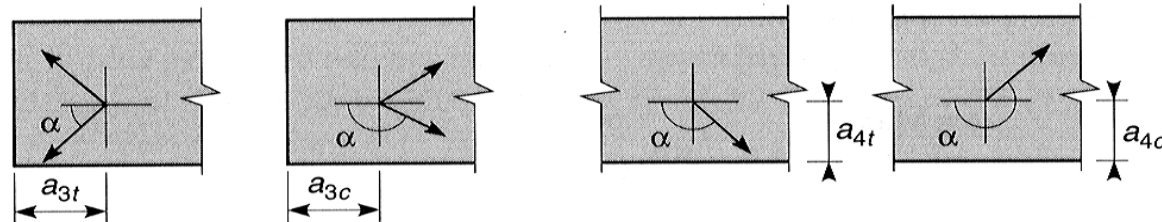


VERIFIER LE POSITIONNEMENT DES ASSEMBLEURS

Espacements parallèle et perpendiculaire au fil :



Distances aux rives :



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
Extrémité
chargée

$90^\circ < \alpha < 270^\circ$
Extrémité
non chargée

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
Rive
chargée

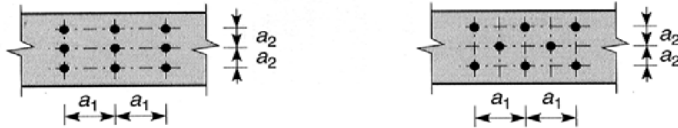
$180^\circ < \alpha < 360^\circ$
Rive
non chargée

Tableau 5.3 Positionnement des boulons

a1	// au fil	$(4 + \cos \alpha) d$
a2	\perp au fil	4d
a3,t	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	Max [7d ; 80 mm]
a3,c	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	4d
	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	Max [$1+6 \sin \alpha d$; 4d]
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	
a4,t	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	Max [$(2+2 \sin \alpha)d$; 3d]
a4,c	autres valeurs de α	3d

VERIFIER LE POSITIONNEMENT DES ASSEMBLEURS

Espacements parallèle et perpendiculaire au fil :



Distances aux rives :

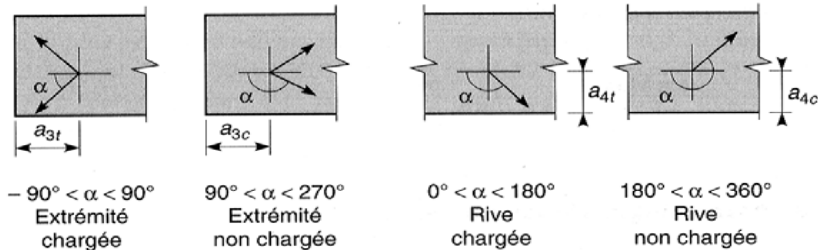


Tableau 5.3 Positionnement des boulons

a1	// au fil	$(4 + \cos \alpha) d$
a2	\perp au fil	$4d$
a3,t	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	Max [7d ; 80 mm]
a3,c	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	4d
	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	Max [$1+6 \sin \alpha d$; 4d]
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	
a4,t	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	Max [$(2+2 \sin \alpha)d$; 3d]
a4,c	autres valeurs de α	3d

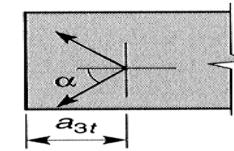
POSITIONNEMENT

Choisir le type de tige		BOULONS		
Choisir le \varnothing de la tige		16		mm
Indiquer l'angle α par rapport au fil du bois		PIECE 1	PIECE 2	
		0	45	degré
a1		80	75	mm
a2		64	64	mm
a3t	$90^\circ < \alpha < -90^\circ$	112	112	mm
a3c	$90^\circ < \alpha < 150^\circ$	64	84	mm
a3c	$150^\circ < \alpha < 210^\circ$	64	64	mm
a3c	$210^\circ < \alpha < 270^\circ$	64	84	mm
a4t	$0^\circ < \alpha < 180^\circ$	48	55	mm
a4c		48	48	mm

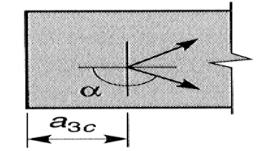
VERIFIER LE POSITIONNEMENT DES ASSEMBLEURS

$a_{3,t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	Max [7d ; 80 mm]
$a_{3,c}$	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	4d
	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$	Max [1+6 sin α d ; 4d]
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	

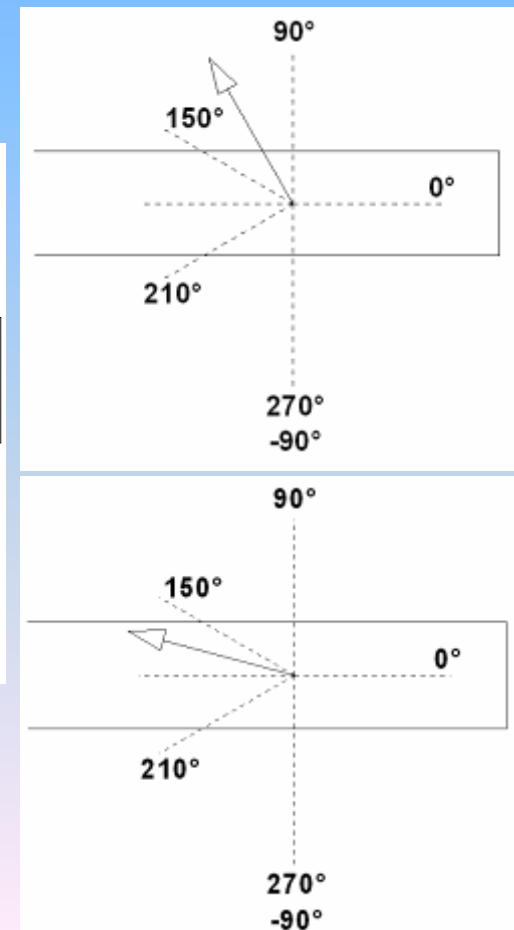
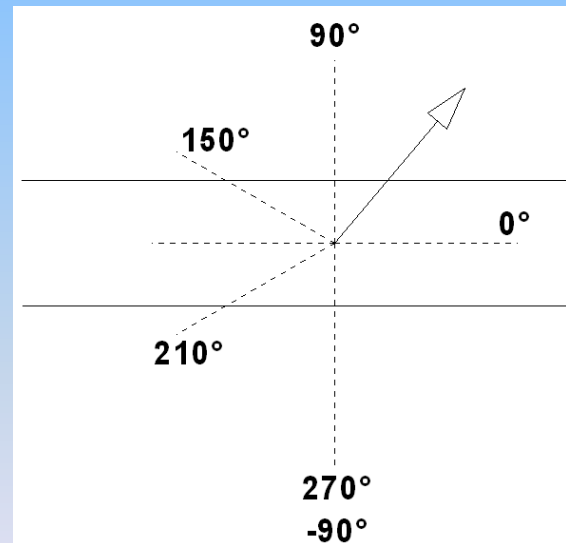
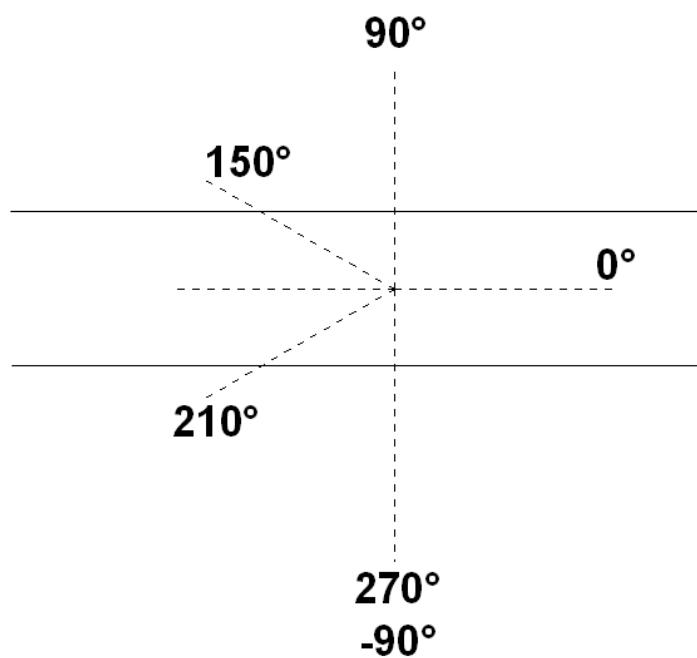
Distances aux rives :



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
Extrémité chargée

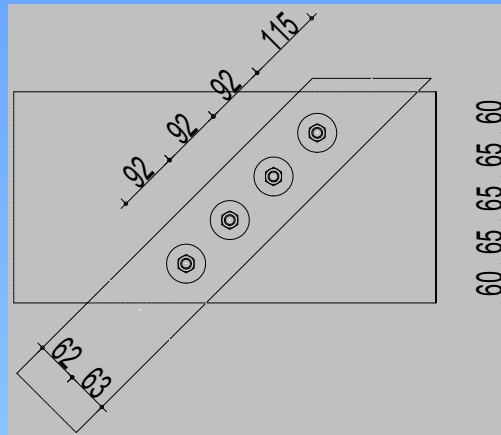


$90^\circ < \alpha < 270^\circ$
Extrémité non chargée



3

CALCULER LA RESISTANCE Rd



$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} \times n_{\text{ef}} (*) \times n_{\text{pc}}$$

ASSEMBLAGES PAR BOULONS OU PAR BROCHES BOIS / BOIS

DONNEES	Essence : Résineux ou feuillus		Résineux
	Masse volumique ρ_k du bois	ρ_k	GL24 (380 kg/m ³)
	Ep bois t_1 (- forte ep ou pièce latérale)	t_1	80 mm
	Ep bois t_2 (+ forte ep ou pièce centrale)	t_2	100 mm
	Angle effort / fil du bois par rapport à t_1	α_{t1}	0 en degré
	Angle effort / fil du bois par rapport à t_2	α_{t2}	45 en degré
	Diamètre du boulon	d	16 mm
	Coefficient K_{mod}	K_{mod}	1,1
	Résistance caractéristique du boulon	f_{uk}	600 Mpa
	Portance locale bois sur t_1	f_{h1k}	26,17 Mpa
	Portance locale bois sur t_2	f_{h2k}	20,21 Mpa
	Rapport f_{h2} / f_{h1}	β	0,77
	Moment plastique du boulon	M_{yk}	243212 N.mm
LTATS RK	Simple cisaillement MODE 1	a	33503 N
	Simple cisaillement MODE 1	b	32339 N
	Simple cisaillement MODE 1	c	13609 N
	Simple cisaillement MODE 2	d	13989 N
	Simple cisaillement MODE 2	e	14360 N
	Simple cisaillement MODE 3	f	15322 N

(a) $f_{h,1} t_1 d$

(b) $f_{h,2} t_2 d$

(c) $\frac{f_{h,1} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right) + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right]$

(d) $1,05 \frac{f_{h,1} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_y}{f_{h,1} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

(e) $1,05 \frac{f_{h,1} t_2 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_y}{f_{h,1} t_2^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

(f) $1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_y f_{h,1} d + \frac{F_{ax,Rk}^2}{4}}$

(g) $f_{h,1} t_1 d$

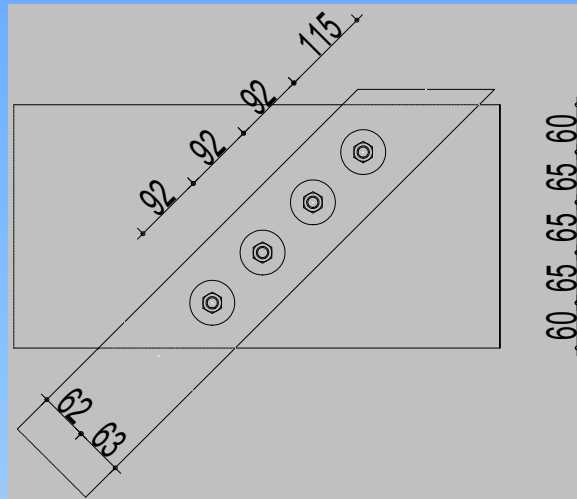
(h) $0,5 f_{h,2} t_2 d$

(j) $1,05 \frac{f_{h,1} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_y}{f_{h,1} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

(k) $1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_y f_{h,1} d + \frac{F_{ax,Rk}^2}{4}}$

3

CALCULER LA RESISTANCE Rd



Important

Rk pour 1 plan cisailé

Rk = 13,6 kN

$$(c) \quad \frac{f_{h,1} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right)} + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right]$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{h,i,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k \quad \beta = f_{h,2,k} / f_{h,1,k}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d$$

3

CALCULER LA RESISTANCE R_d

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} \times n_{\text{ef}} (*) \times n_{\text{pc}}$$

Nb plans cisailés par tige

Nb de boulons efficaces dans l'assemblage

// au fil du bois

$$n_{\text{ef}} = \min \left\{ n, n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\} \quad \text{avec } n = \text{nb de boulons dans une file // au fil}$$

⊥ au fil du bois, $n_{\text{ef}} = n$

3

CALCULER LA RESISTANCE Rd

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_M} \times n_{\text{ef}} (*) \times n_{\text{pc}}$$

1.1 13.6
 2.84 2.84 1 32.7 kN

4

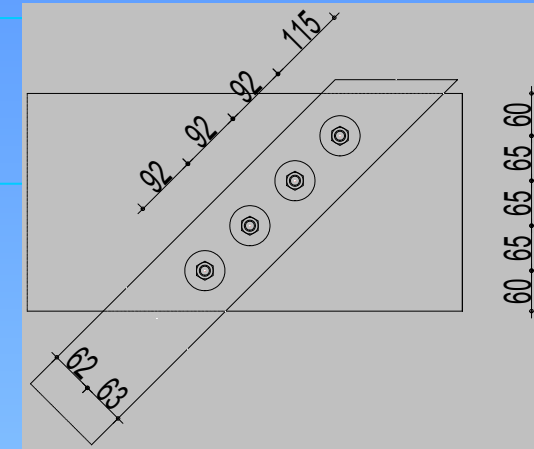
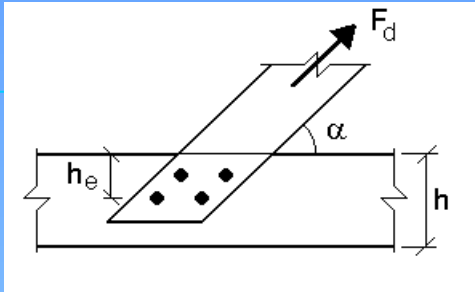
VERIFIER LE CISAILLEMENT

$$E_d \leq R_d$$

27 kN < 32.7 kN (83%)

5

VERIFIER LA TRACTION TRANSVERSALE



$$\frac{F_{V,d}}{F_{90,Rd}} \leq 1$$

$F_{V,d}$
 $F_{90,Rd}$

Effort tranchant max au niveau de l'assemblage ? aux fibres
Résistance de calcul au fendage, calculée à partir de K_{mod} , γ_m et de $F_{90,Rk}$ valeur caractéristique au fendage calculée comme ci-dessous :

$$F_{90,Rk} = 14bw \sqrt{\frac{he}{\left(1 - \frac{he}{h}\right)}}$$

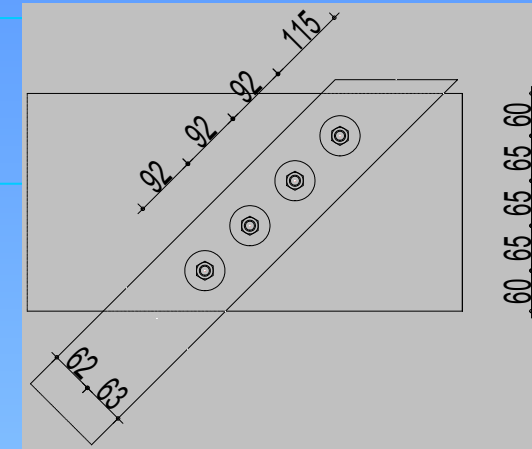
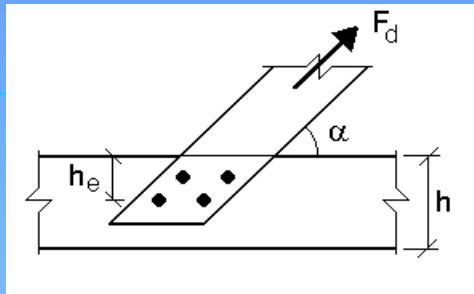
avec

$$w = \begin{cases} \max \left\{ \left(\frac{w_{pl}}{100} \right)^{0.35} \right\} & \text{Pour Plaque métalliques} \\ 1 & \text{Pour autres assemblages} \end{cases}$$

w_p , largeur plaque // au fil du bois
 b , h largeur, hauteur du bois

5

VERIFIER LA TRACTION TRANSVERSALE



$$\frac{F_{V,d}}{F_{90,Rd}} \leq 1$$

$F_{V,d}$
 $F_{90,Rd}$

Effort tranchant max au niveau de l'assemblage ? aux fibres
Résistance de calcul au fendage, calculée à partir de K_{mod} , γ_m et de $F_{90,Rk}$ valeur caractéristique au fendage calculée comme ci-dessous :

$$F_{90,Rk} = 14bw \sqrt{\frac{he}{\left(1 - \frac{he}{h}\right)}}$$

avec

$$w = \begin{cases} \max \left\{ \left(\frac{w_{pl}}{100} \right)^{0.35} \right\} & \text{Pour Plaque métalliques} \\ 1 & \text{Pour autres assemblages} \end{cases}$$

w_{pl} , largeur plaque // au fil du bois
 b , h largeur, hauteur du bois

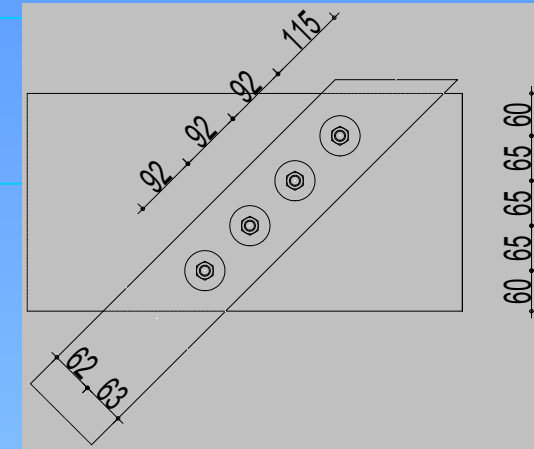
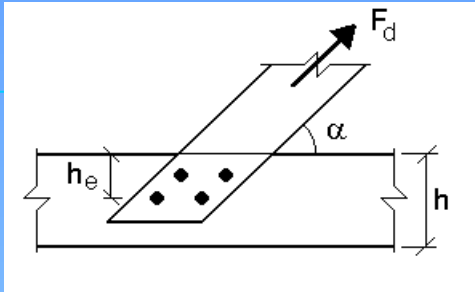
$$F_{vd} = 27 \cos 45^\circ = 19.1 \text{ kN}$$

$$he = 255, h = 315, b = 100, w = 1$$

$$F_{90,rk} = 51.2 \text{ kN} , \quad F_{90,rd} = 43.4 \text{ kN}, \quad 19.1 < 43.4 \text{ (44\%)}$$

5'

VERIFIER LE TRANCHANT



$$\tau_d \leq f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot k_v$$

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot V}{b h_e}$$

$$F_{vd} = 27 \cos 45^\circ = 19.1 \text{ kN}$$

$$h_e = 255, b = 100$$

$$f_{vk} = 2.5 \text{ MPa} \quad k_{mod} = 1.1 \quad \gamma_M = 1.3$$

$$1.12 < 2.11 \text{ (53\%)}$$



FIN

LYCEE HAROUN TAZIEFF

