

# COURS STRUCTURES EN MÉTAL



TGC 10, chapitres 8 et 9:  
Résistance des assemblages  
Assemblages par boulons  
partie 1, cisaillés, tendus

# Fig 9.1: Assemblages dans un cadre métallique

Assemblages traités  
dans ce chapitre :

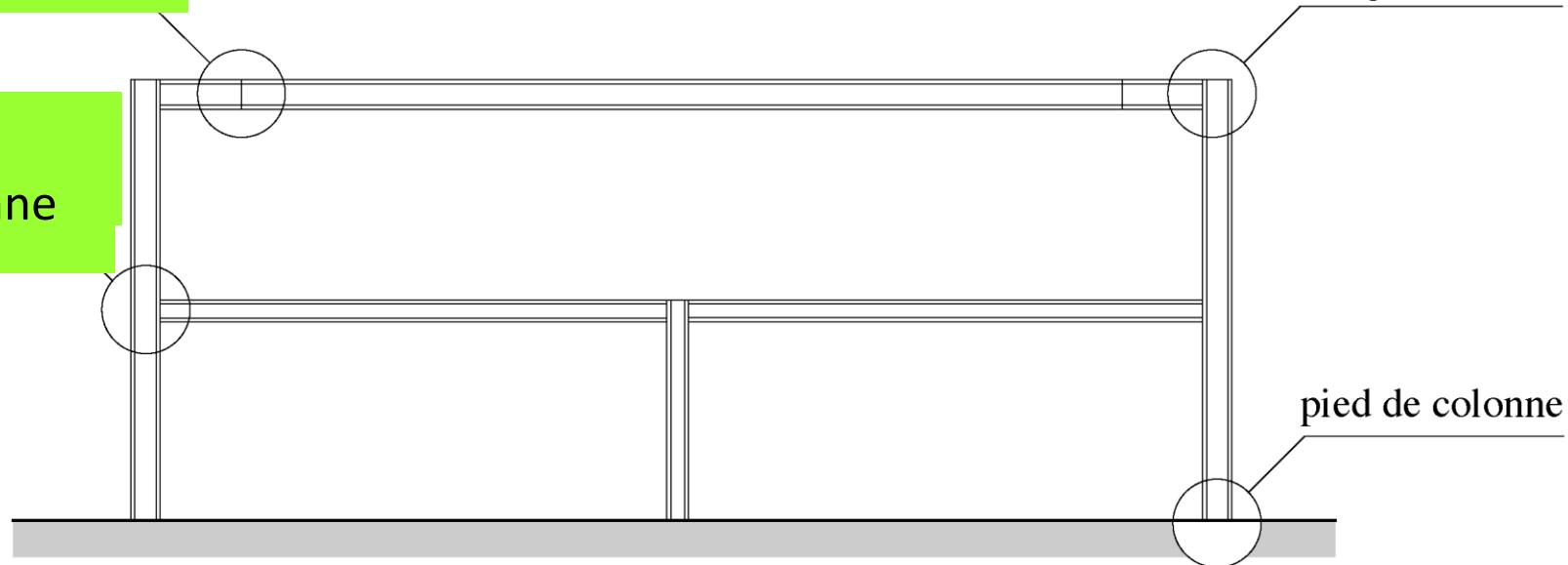
Joint de poutres

Liaison  
Poutre-colonne

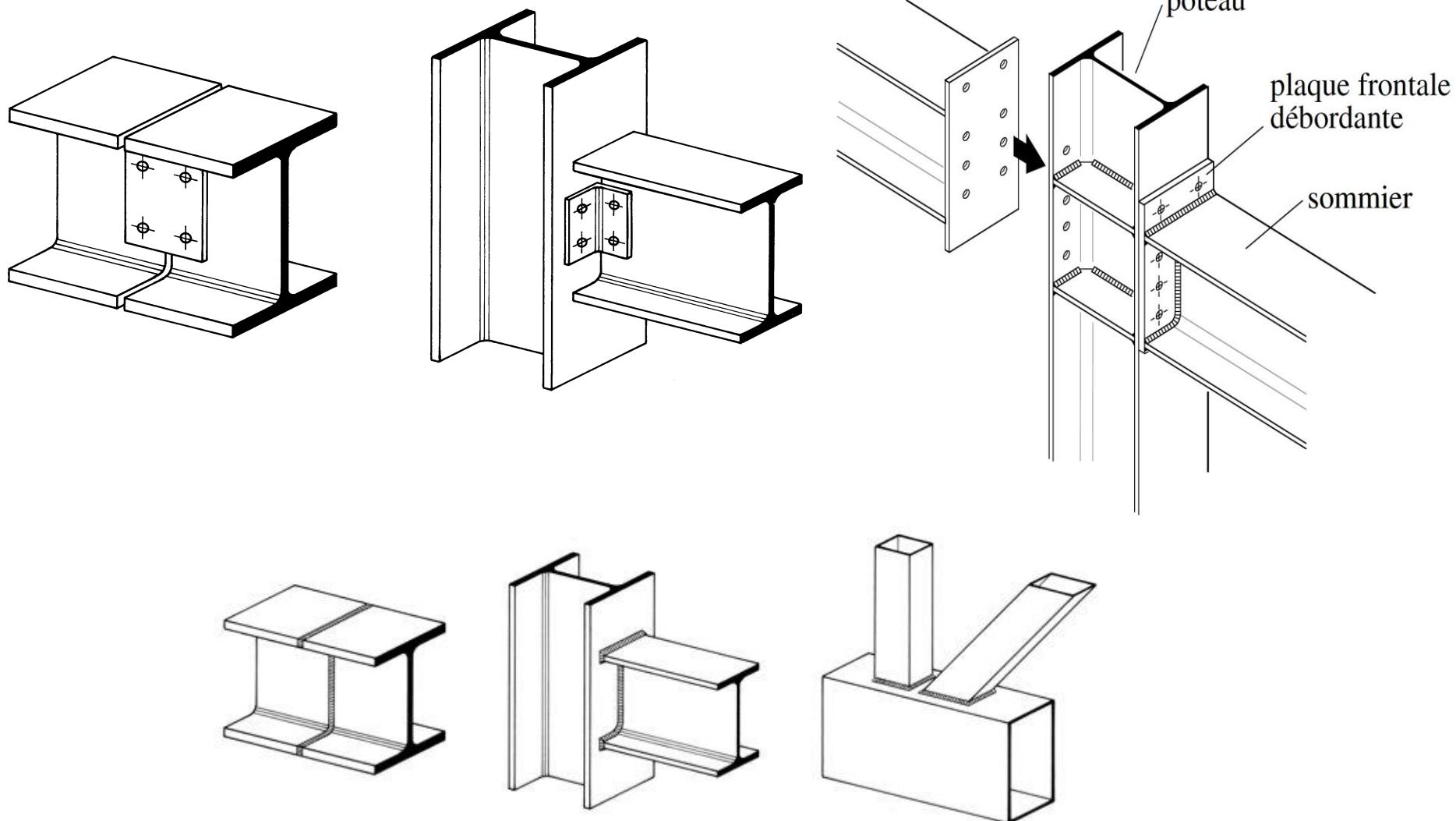
Assemblages traités  
dans le volume 11 :

angle de cadre

pied de colonne

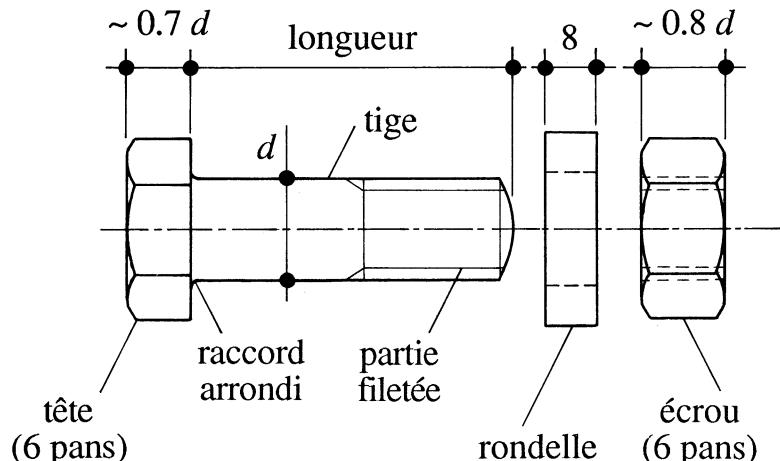


# Fig 8.1: Assemblages boulonnés types

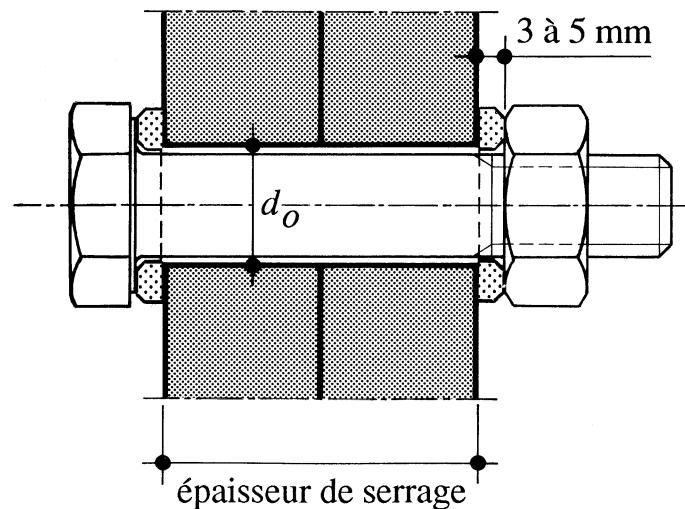


# Fig 8.4: Assemblages boulonnés, notations

Boulon de charpente métallique



Boulon à haute résistance



$e_i, p_i$  pinces et entraxes entre les boulons selon la figure 38

$A$  aire de la section de la tige du boulon:  $\pi d^2/4$

$A_s$  aire de la section résistante du boulon:  $\pi d_s^2/4$ ;  $d_s = 0,5(d_f + d_k)$  Valeurs, voir Szs C5 p. 105

$d$  diamètre de la tige du boulon

$d_f$  diamètre extérieur du filetage

$d_k$  diamètre intérieur du filetage

$d_0$  diamètre du trou

$f_{ub}$  résistance à la traction des boulons

$f_u$  résistance à la traction des éléments de construction à assembler

$t$  épaisseur de l'élément à assembler

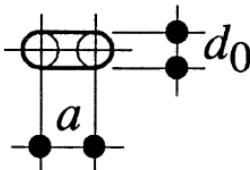
# Fig 8.5: Résumé des dimensions des boulons

Jeu normal, 2 mm (M27 et sup. 3 mm)

	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27
Diamètre de la tige $d$ [mm]	12	16	20	24	27
Diamètre du trou $d_0$ [mm]	14	18	22	26	30
Section de la tige $A$ [mm <sup>2</sup> ]	113	201	314	452	573
Section résistante $A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	84	157	245	353	459
Symbol boulon de charpente					30
Symbol HR non précontraint					30
Symbol HR précontraint					30

Boulons ajustés: jeu réduit à 0.3 mm

Trou oblong ( $a > d_0$ ):

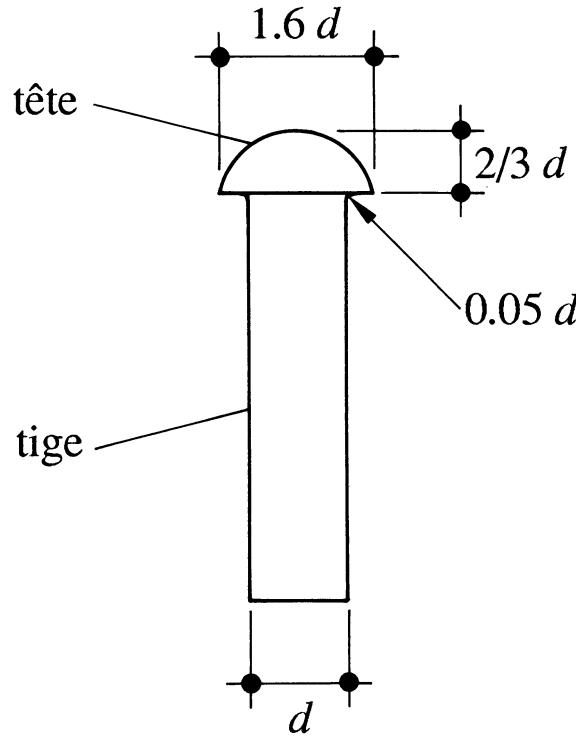


\*En Europe, 2 systèmes boulons précontraints standardisés:  
 - HR (high resistance), EN 14399-3 (2005)  
 - HV (Hochfest Bolzen mit Vorspannung), EN 14399-4 (2005).

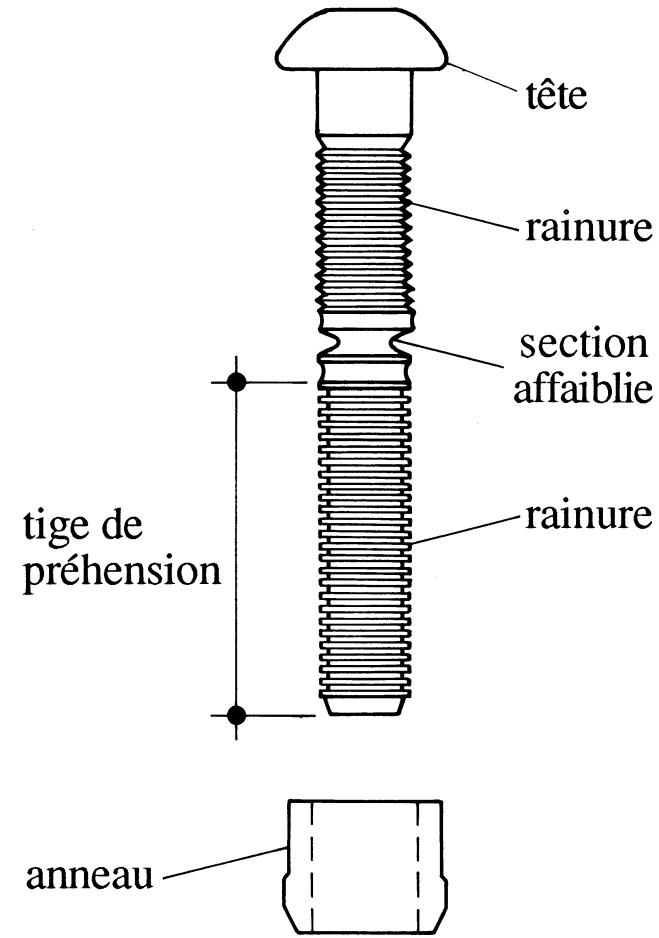
# Avant les boulons précontraints: Les rivets

Fig 8.6: rivet ancien et moderne

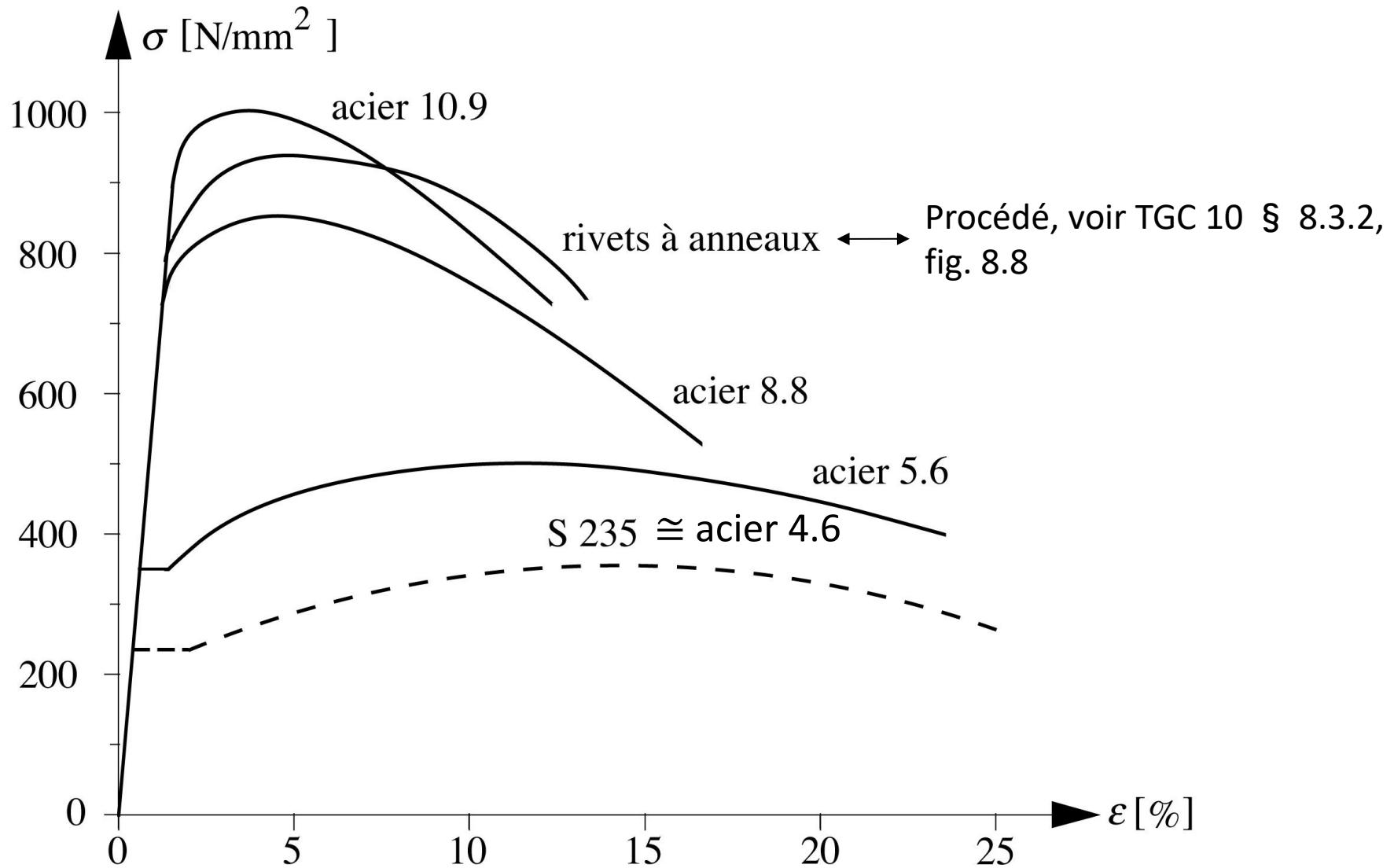
Rivet



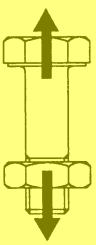
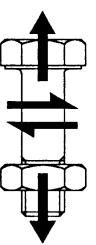
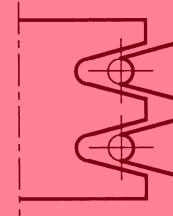
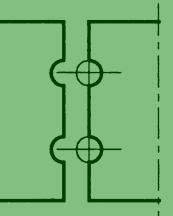
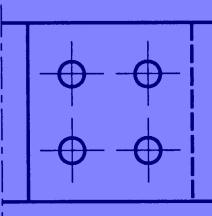
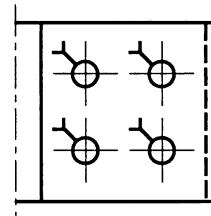
Rivet à anneau



# Fig 3.29: Courbes déformation spécifique - contrainte



# Tab. 8.2: assemblages sous différents efforts intérieurs

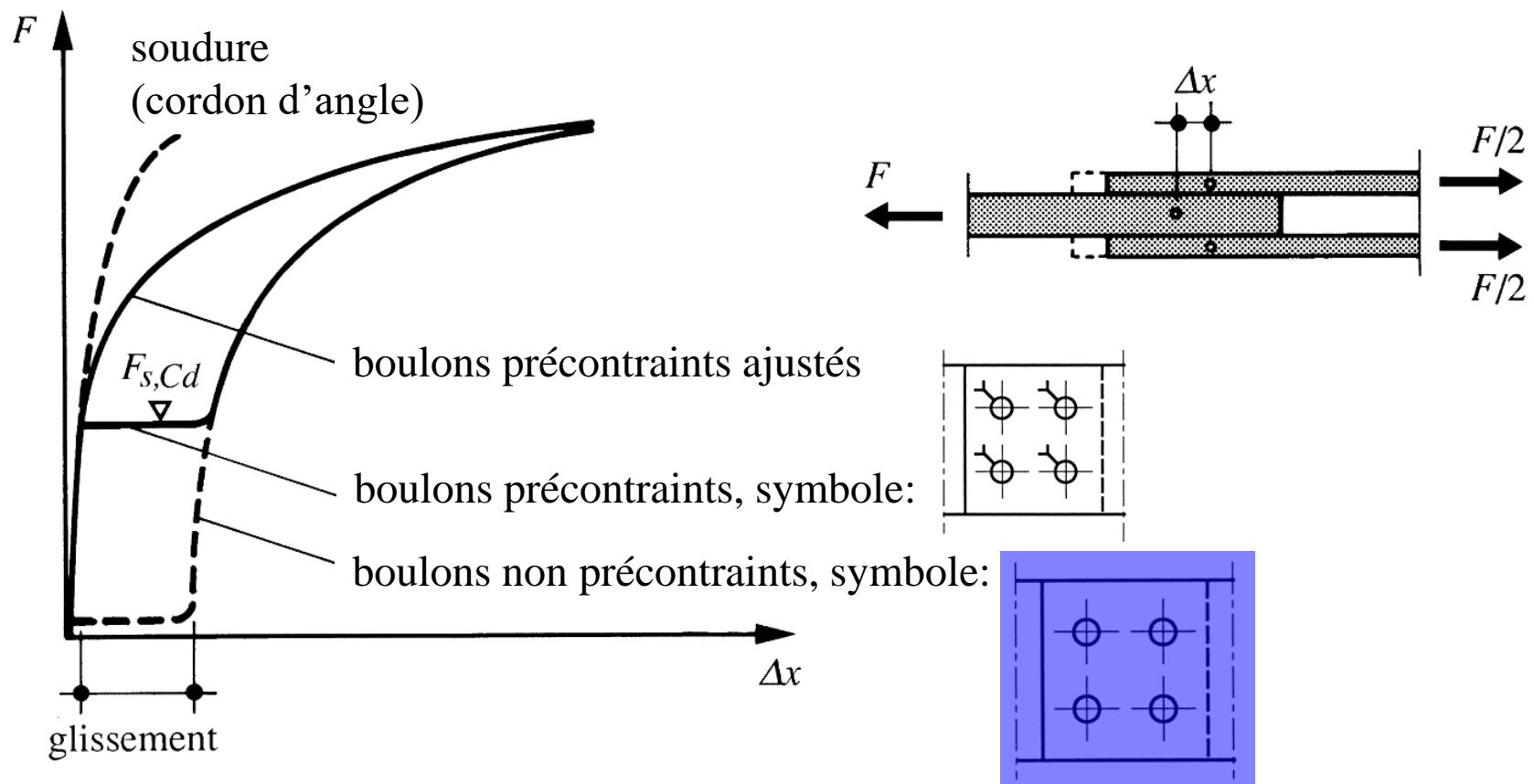
Boulons			Pièces assemblées		Assemblage	
Cisaillement	Traction	Interaction	Pression latérale	Section nette / brute	Non précontraint	Précontraint
						
§ 8.4.2	§ 8.4.3	§ 8.4.4	§ 8.5.1	§ 8.5.2	Sect. 8.6	Sect. 8.7

Les efforts intérieurs et la résistance peuvent être exprimés comme force dans un boulon ou une pièce assemblée.



Exemple:  
Pièces en traction Rupture par pression latérale

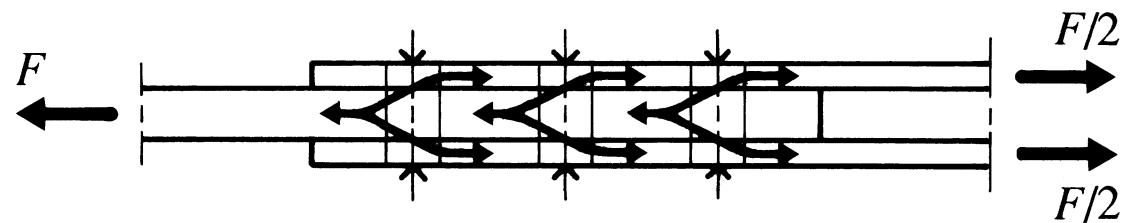
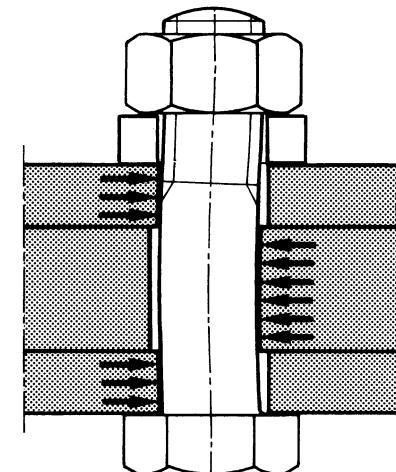
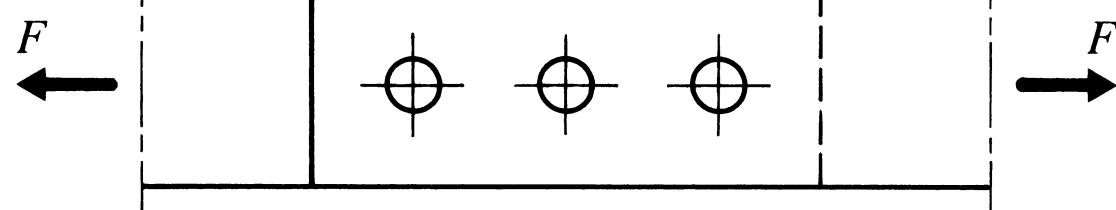
Fig 8.25: Courbes charge-déplacement, rigidité, des assembl.



# Fig 8.12: assemblage boulonné avec couvre-joints

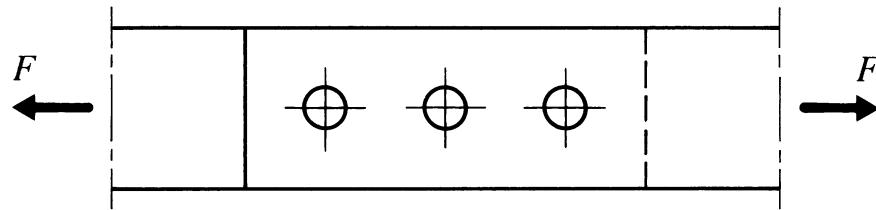
Sollicitation d'un boulon

Joint boulonné

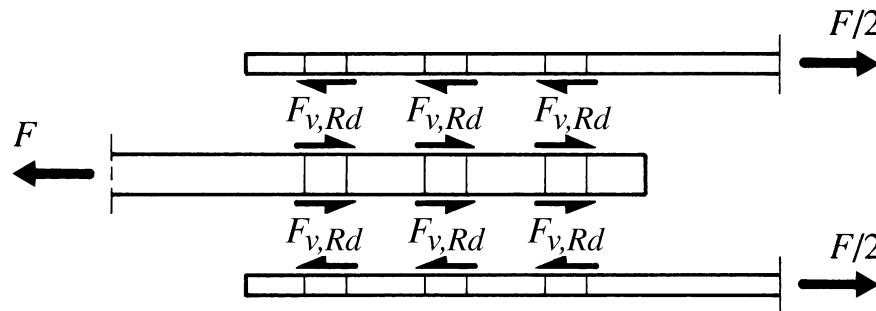


# Fig 8.13 et 8.17: Equilibre assemblage boulonné

## ETUDIONS D'ABORD LES BOULONS



Equilibre par cisaillement

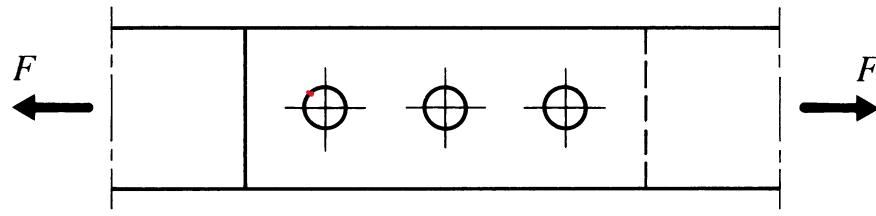


$$F_{v,Rd} = \frac{1}{\gamma_{M2}} \tau_{uB} A \quad \text{ou } A_s$$

$$F_{v,Rd} = 0.6 \frac{f_{uB}}{\gamma_{M2}} A \quad (8.5a)$$

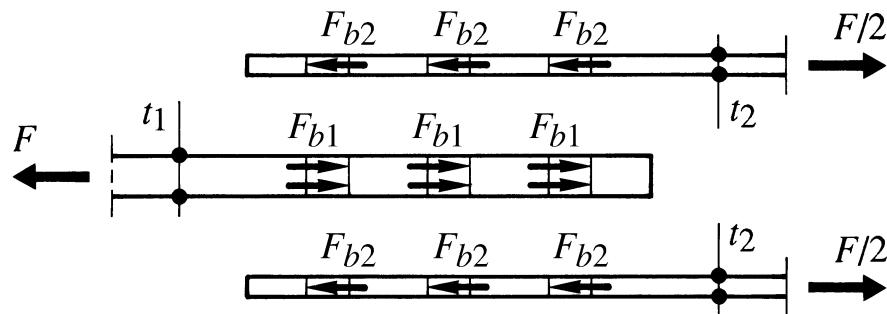
Fig 8.13 et 8.17: Equilibre assemblage boulonné

## CONTACT ENTRE BOULONS & PIECES

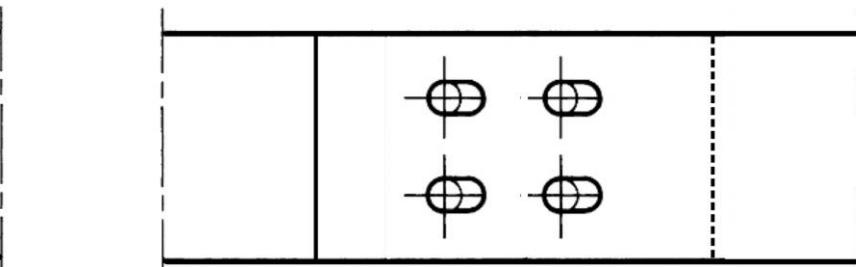
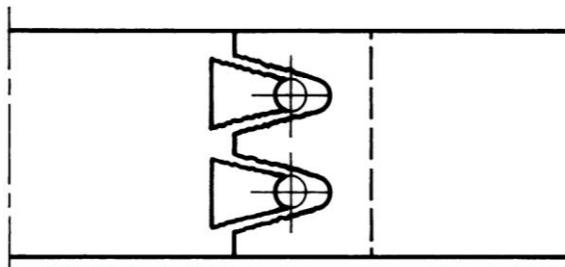


Hyp.:  
Acier plaque  $\leq$  Acier boulons  
 $f_u$  déterminant

### Equilibre par pression latérale



$$F_{b,Rd} = 0.85 \frac{e_1}{d_0} \frac{f_u}{\gamma_{M2}} dt \leq 2.4 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} dt \quad (8.9a)$$



# Résistance assemblages boulonnés: SIA 263, § 6.2, Tableau 16

Valeur de calcul de la résistance pour chaque plan de cisaillement

Le plan de cisaillement passe par la partie filetée de la tige

– Boulons des classes de résistance 4.6, 5.6 et 8.8:  $F_{v,Rd} = 0,6 \frac{f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$  (68)

– Boulons des classes de résistance 4.8, 5.8 et 10.9:  $F_{v,Rd} = 0,5 \frac{f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$  (69)

→ Le plan de cisaillement passe par la partie lisse de la tige:  $F_{v,Rd} = 0,6 \frac{f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$  (70)

Valeur de calcul de la pression latérale

Si la distance entre les boulons, mesurée perpendiculairement à la direction des efforts, répond aux conditions suivantes:

$$e_2 \geq 1,0 d_0 \text{ et } p_2 \geq 2,0 d_0$$

alors

$$F_{b,Rd} = 0,85 \frac{e_1}{d_0} \frac{f_u}{\gamma_{M2}} dt \text{ mais } F_{b,Rd} \leq 2,4 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} dt \quad (71)$$

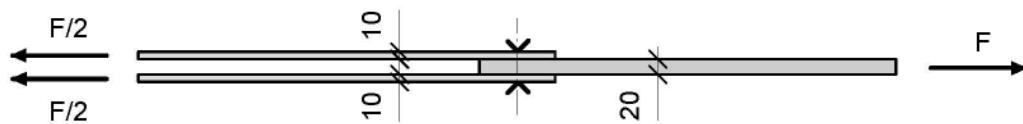
Pour des trous oblongs perpendiculaires à la direction des efforts, la pression latérale ultime doit être réduite à 60%.

Au cas où la distance entre les boulons, mesurée dans la direction des efforts, est réduite:  $p_1 < e_1 + d_0/2$ , il faut remplacer  $e_1$  par la valeur  $(p_1 - d_0/2)$  dans la formule (71).

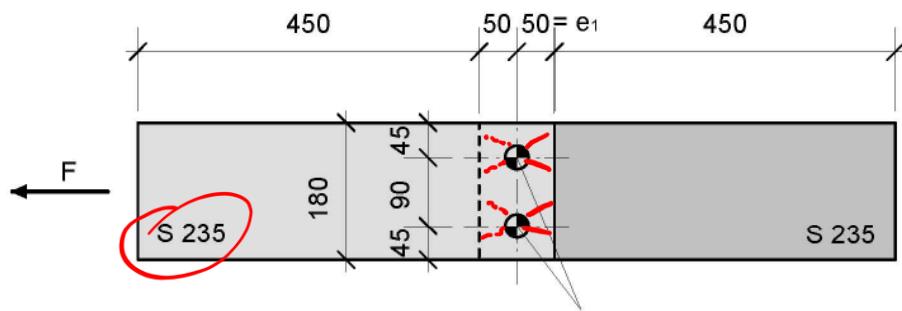
Valeur de calcul de la résistance en traction

$$F_{t,Rd} = 0,9 \frac{f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (72)$$

# Exemple de calcul, assemblage d'essai



*Essai 1*



$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{M24 4.6}$$

$$f_u = 360 \text{ N/mm}^2$$

*Cisaillement :*

$$F_{v,Rd,tot} = 2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot \frac{400}{1,25}$$

$$\cdot \pi \cdot \frac{24^2}{4} = 4 \cdot 86,9 \text{ kN}$$

$$= \underline{\underline{347,4 \text{ kN}}}$$

(CS: 348 kN)

Pression latérale: 2 surfaces (20 mm)  
 $e_1$ ,  $f_u$ ,  $d$  tirant

$$F_{b,Rd,tot} = 2 \cdot \frac{0,85 \cdot 50 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20}{26 \cdot 1,25}$$

$$= 452 \text{ kN} \quad (\text{CS: } 452 \text{ kN})$$

# Table SZS C5 p. 105

## Tragwiderstände von Schrauben [kN] Résistance des boulons [kN]

Bemessungswerte (Grundlage: Norm SIA 263 mit  $\gamma_{M2} = 1,25$ )

Valeurs de calcul (Base: Norme SIA 263 avec  $\gamma_{M2} = 1,25$ )

Schrauben-Nenndurchmesser / ø nominal du boulon		M 5 ①	M 6 ①	M 8 ①	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27	M 30		
Loch ø / ø du trou	d <sub>0</sub> mm	6	7	9	12	14	18	22	26	30	33		
Schaft ø / ø de la tige	d mm	5	6	8	10	12	16	20	24	27	30		
Schaftquerschnitt / Section de la tige	A mm <sup>2</sup>	19,6	28,3	50,3	78,5	113	201	314	452	573	707		
Spannungsquerschnitt / Section résistante ②	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	14,2	20,1	36,6	58,0	84,3	157	245	353	459	561		
<b>Scherwiderstand F<sub>v,Rd</sub> ③</b>	Festigkeitsklasse Classe de résist.	<b>4.6 einschnittig / section simple</b>		<b>15,2</b>	<b>21,7</b>	<b>38,6</b>	<b>60,3</b>	<b>86,8</b>	<b>110</b>	<b>136</b>			
		<b>SBS zweischnittig / section double</b>		<b>30,3</b>	<b>43,4</b>	<b>77,2</b>	<b>121</b>	<b>174</b>	<b>220</b>	<b>271</b>			
<b>Résistance au cisaillement ③</b>		<b>10.9 einschnittig / section simple</b>		<b>37,9</b>	<b>54,2</b>	<b>96,5</b>	<b>151</b>	<b>217</b>	<b>275</b>	<b>339</b>			
		<b>SHV zweischnittig / section double</b>		<b>75,8</b>	<b>108</b>	<b>193</b>	<b>301</b>	<b>434</b>	<b>550</b>	<b>679</b>			
<b>Tragwiderstand pro Schraube in kN / Résistance par boulon en kN (Bemessungswerte / Valeurs de calcul)</b>		Lochleibungs-widerstand im Grundwerkstoff F <sub>b,Rd</sub>		Abstände Entraxes, pinces Minimum ⑤ $e_1 \geq 1,0 d_0$ $p_1 \geq 2,0 d_0$	e <sub>1</sub> mm	15	20	25	30	35	40	45	
		S235			t = 8 mm	24,5	33,6	43,5	53,4	63,3	70,5	80,1	
		t = 10 mm			30,6	42,0	54,4	66,8	79,1	88,1	100		
		S355 kN			t = 8 mm	34,7	47,6	61,7	75,7	89,6	99,9	113	
		t = 10 mm			43,4	59,5	77,1	94,6	112	125	142		
		S460			t = 8 mm	37,4	51,3	66,5	81,6	96,7	108	122	
		t = 10 mm			46,8	64,1	83,1	102	121	135	153		
		Abstände Entraxes, pinces			e <sub>1</sub> mm	20	25	35	40	50	55	60	
		S235			p <sub>1</sub> mm	30	40	50	60	70	80	90	
		t = 8 mm			32,6	<b>42,0</b>	<b>60,9</b>	<b>71,2</b>	<b>90,4</b>	<b>96,9</b>	<b>107</b>		
<b>Regelfall Cas usuel</b>		t = 10 mm			40,8	<b>52,5</b>	<b>76,2</b>	<b>89,0</b>	<b>113</b>	<b>121</b>	<b>134</b>		
		S355 kN			t = 8 mm	46,2	<b>59,5</b>	<b>86,3</b>	<b>101</b>	<b>128</b>	<b>137</b>	<b>151</b>	
		t = 10 mm			57,8	<b>74,3</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>160</b>	<b>172</b>	<b>189</b>		
		S460			t = 8 mm	49,9	<b>64,1</b>	<b>93,1</b>	<b>109</b>	<b>138</b>	<b>148</b>	<b>163</b>	
		t = 10 mm			62,3	<b>80,1</b>	<b>116</b>	<b>136</b>	<b>173</b>	<b>185</b>	<b>204</b>		
		Abstände Entraxes, pinces			e <sub>1</sub> mm	20	25	35	40	50	55	60	
		S235			p <sub>1</sub> mm	30	40	50	60	70	80	90	
		t = 8 mm			32,6	<b>42,0</b>	<b>60,9</b>	<b>71,2</b>	<b>90,4</b>	<b>96,9</b>	<b>107</b>		
		t = 10 mm			40,8	<b>52,5</b>	<b>76,2</b>	<b>89,0</b>	<b>113</b>	<b>121</b>	<b>134</b>		
		S355 kN			t = 8 mm	46,2	<b>59,5</b>	<b>86,3</b>	<b>101</b>	<b>128</b>	<b>137</b>	<b>151</b>	
<b>Schrauben- und Randabstände / Entraxes et pinces</b>		t = 10 mm			57,8	<b>74,3</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>160</b>	<b>172</b>	<b>189</b>		
		S460			t = 8 mm	49,9	<b>64,1</b>	<b>93,1</b>	<b>109</b>	<b>138</b>	<b>148</b>	<b>163</b>	
		t = 10 mm			62,3	<b>80,1</b>	<b>116</b>	<b>136</b>	<b>173</b>	<b>185</b>	<b>204</b>		
		Abstände Entraxes, pinces			e <sub>1</sub> mm	20	25	35	40	50	55	60	
		S235			p <sub>1</sub> mm	30	40	50	60	70	80	90	
		t = 8 mm			32,6	<b>42,0</b>	<b>60,9</b>	<b>71,2</b>	<b>90,4</b>	<b>96,9</b>	<b>107</b>		
		t = 10 mm			40,8	<b>52,5</b>	<b>76,2</b>	<b>89,0</b>	<b>113</b>	<b>121</b>	<b>134</b>		
		S355 kN			t = 8 mm	46,2	<b>59,5</b>	<b>86,3</b>	<b>101</b>	<b>128</b>	<b>137</b>	<b>151</b>	
		t = 10 mm			57,8	<b>74,3</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>160</b>	<b>172</b>	<b>189</b>		
		S460			t = 8 mm	49,9	<b>64,1</b>	<b>93,1</b>	<b>109</b>	<b>138</b>	<b>148</b>	<b>163</b>	
<b>Zugwiderstand F<sub>t,Rd</sub></b>		Abstände Entraxes, pinces			e <sub>1</sub> mm	35	40	55	65	75	85	95	
		S235			p <sub>1</sub> mm	40	50	65	75	90	100	120	
		t = 8 mm			55,3	<b>66,4</b>	<b>88,5</b>	<b>111</b>	<b>133</b>	<b>149</b>	<b>166</b>		
		t = 10 mm			69,1	<b>82,9</b>	<b>111</b>	<b>138</b>	<b>166</b>	<b>187</b>	<b>207</b>		
		S355 kN			t = 8 mm	78,3	<b>94,0</b>	<b>125</b>	<b>157</b>	<b>188</b>	<b>212</b>	<b>235</b>	
		t = 10 mm			97,9	<b>118</b>	<b>157</b>	<b>196</b>	<b>235</b>	<b>264</b>	<b>294</b>		
		S460			t = 8 mm	84,5	<b>101</b>	<b>135</b>	<b>169</b>	<b>203</b>	<b>228</b>	<b>253</b>	
		t = 10 mm			106	<b>127</b>	<b>169</b>	<b>211</b>	<b>253</b>	<b>285</b>	<b>317</b>		
		Abstände Entraxes, pinces			e <sub>1</sub> mm	35	40	55	65	75	85	95	
		S235			p <sub>1</sub> mm	40	50	65	75	90	100	120	
<b>Grenzgleitkraft F<sub>s,Rd</sub> ⑨</b>		t = 8 mm			55,3	<b>66,4</b>	<b>88,5</b>	<b>111</b>	<b>133</b>	<b>149</b>	<b>166</b>		
		t = 10 mm			69,1	<b>82,9</b>	<b>111</b>	<b>138</b>	<b>166</b>	<b>187</b>	<b>207</b>		
		S355 kN			t = 8 mm	78,3	<b>94,0</b>	<b>125</b>	<b>157</b>	<b>188</b>	<b>212</b>	<b>235</b>	
		t = 10 mm			97,9	<b>118</b>	<b>157</b>	<b>196</b>	<b>235</b>	<b>264</b>	<b>294</b>		
<b>Festigkeitsklasse Classe de résistance</b>		t = 8 mm			84,5	<b>101</b>	<b>135</b>	<b>169</b>	<b>203</b>	<b>228</b>	<b>253</b>		
		t = 10 mm			106	<b>127</b>	<b>169</b>	<b>211</b>	<b>253</b>	<b>285</b>	<b>317</b>		
		S235			t = 8 mm	84,5	<b>101</b>	<b>135</b>	<b>169</b>	<b>203</b>	<b>228</b>	<b>253</b>	
		t = 10 mm			106	<b>127</b>	<b>169</b>	<b>211</b>	<b>253</b>	<b>285</b>	<b>317</b>		
<b>μ = 0,25 ⑩</b>		t = 8 mm			8,4	<b>12,2</b>	<b>22,8</b>	<b>35,6</b>	<b>51,3</b>	<b>66,8</b>	<b>85</b>		
		t = 10 mm			13,5	<b>19,5</b>	<b>36,5</b>	<b>57,0</b>	<b>82,1</b>	<b>107</b>	<b>125</b>		
		S355			t = 8 mm	8,4	<b>12,2</b>	<b>22,8</b>	<b>35,6</b>	<b>51,3</b>	<b>66,8</b>		
		t = 10 mm			13,5	<b>19,5</b>	<b>36,5</b>	<b>57,0</b>	<b>82,1</b>	<b>107</b>	<b>125</b>		
<b>μ = 0,4 ⑪</b>		t = 8 mm			13,5	<b>19,5</b>	<b>36,5</b>	<b>57,0</b>	<b>82,1</b>	<b>107</b>	<b>125</b>		
		t = 10 mm			19,5	<b>36,5</b>	<b>57,0</b>	<b>82,1</b>	<b>107</b>	<b>125</b>	<b>143</b>		
		S355			t = 8 mm	13,5	<b>19,5</b>	<b>36,5</b>	<b>57,0</b>	<b>82,1</b>	<b>107</b>		
		t = 10 mm			19,5	<b>36,5</b>	<b>57,0</b>	<b>82,1</b>	<b>107</b>	<b>125</b>	<b>143</b>		

Anmerkungen:

Remarques:

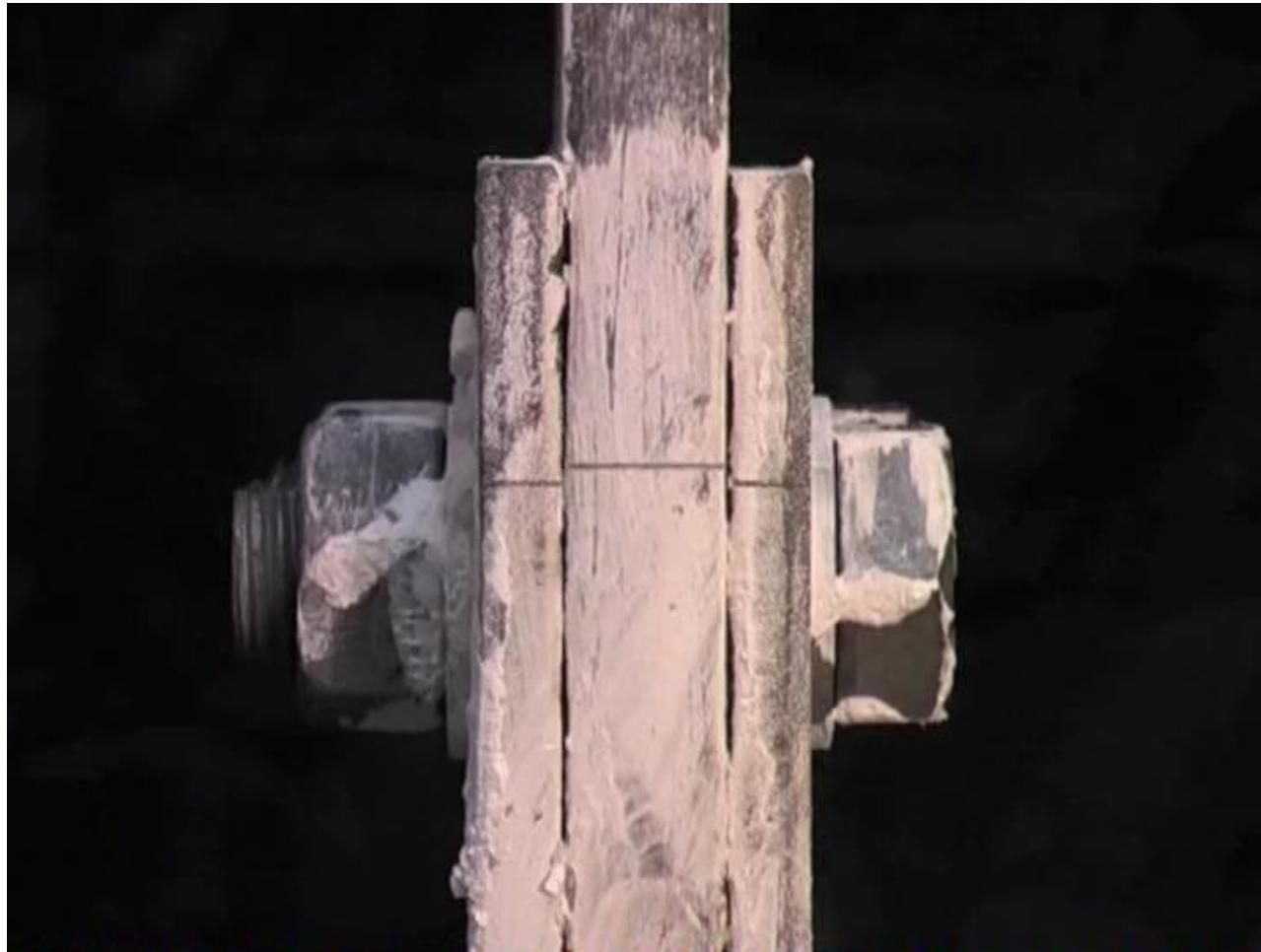
## Machine d'essai et placement tirant



# Vidéos d'essais sur tirant & couvre-joint avec 2 boulons

Glissement puis  
rupture par cisaillement des boulons

Plaques S235  
2 boulons M24, 4.6  
 $e_1 = 50 \text{ mm}$



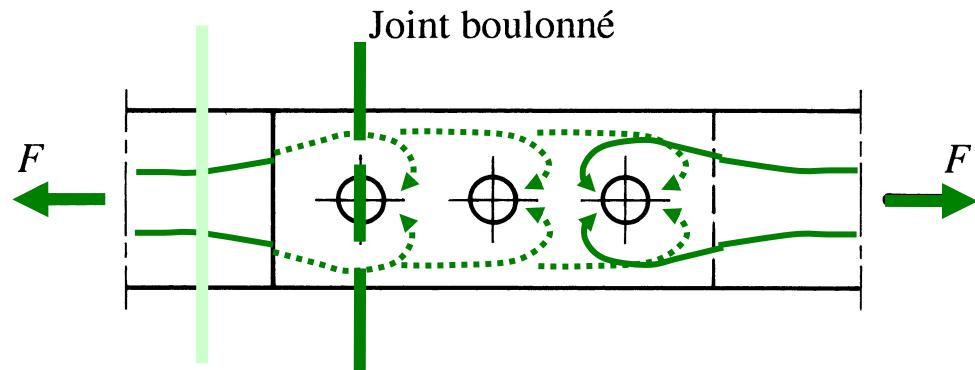
# Vidéos d'essais sur tirant & couvre-joint avec 2 boulons

Glissements à l'ELS, puis  
rupture par pression latérale (tôle)

Plaques S235  
2 boulons M24, 10.9 précontraints  
 $e_1 = 30 \text{ mm}$



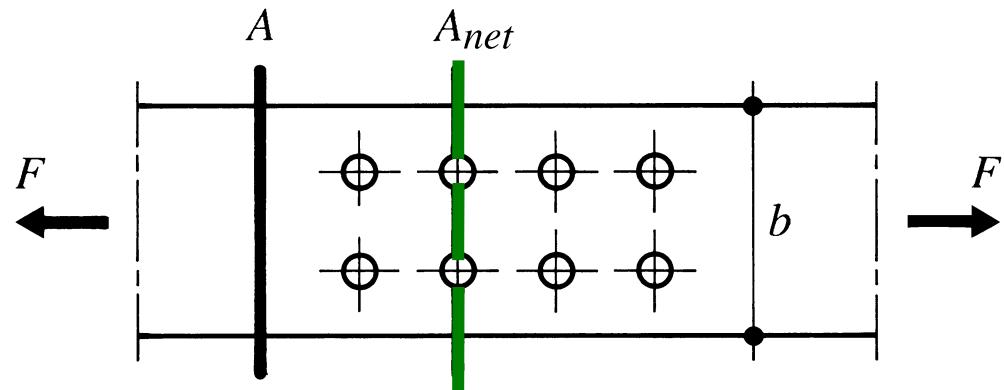
Fig 8.18: Détermination sections brute et nette (en traction)



$$F_{Rd} = \frac{f_y \times A}{g_{M1}}$$

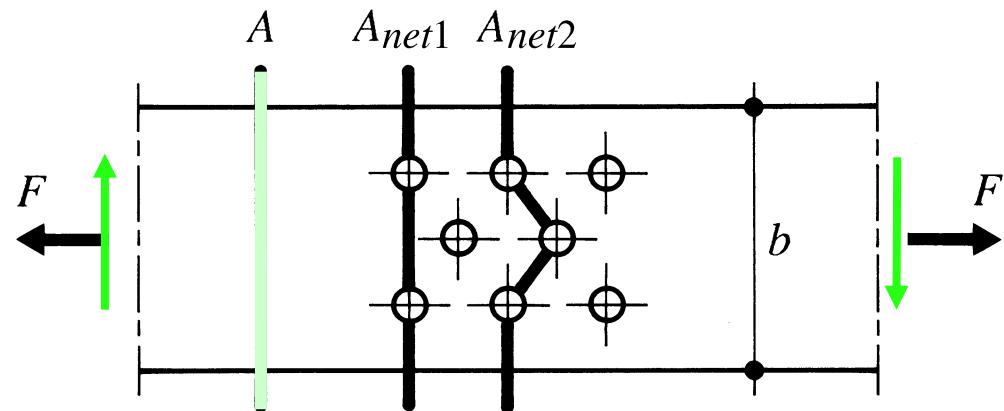
$$F_{Rd,net} = \frac{0.9 f_u \times A_{net}}{g_{M2}}$$

Fig 8.18: Détermination sections brute et nette (en traction)



$$A = b \cdot t$$

$$A_{net} = (b - 2d_0) \cdot t$$



$t$  : épaisseur de la pièce  
 $d_0$  : diamètre des trous

$$A = b \cdot t$$

$$A_{net} = \min(A_{net1}; A_{net2}) \cdot t$$

$$F_{Rd} = \frac{f_y \times A}{g_{M1}}$$

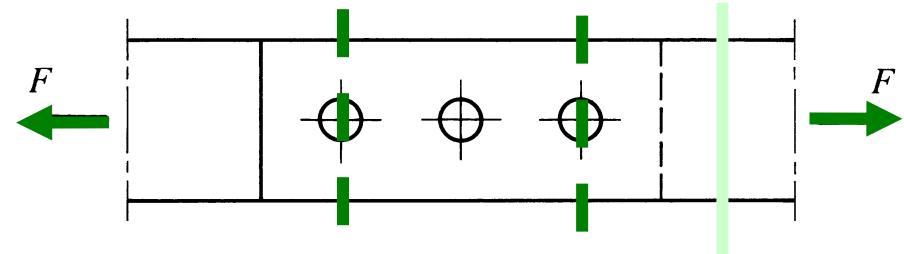
$$F_{Rd,net} = \frac{0.9 f_u \times A_{net}}{g_{M2}}$$

Note: en cisaillement,  
remplacer  $f_u$  par  $f_u / \sqrt{3}$

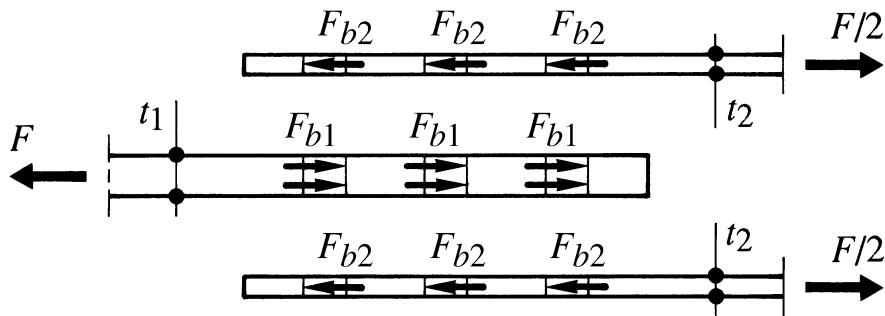
# Vérification assemblage boulonné

Note: tirant déjà dimensionné avant assemblage

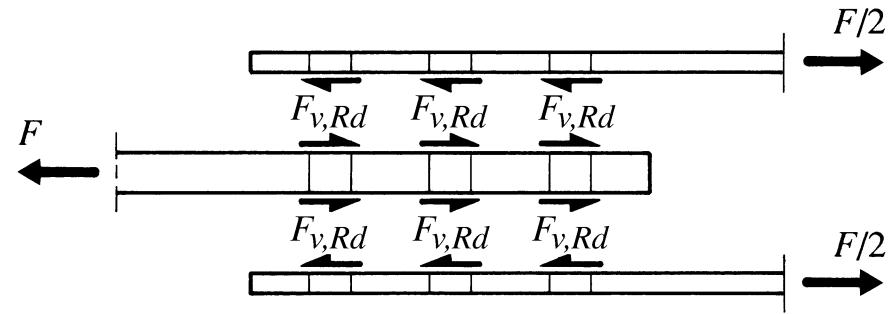
## Sections nettes, brute (Couver-Joint)



## Equilibre par pression latérale

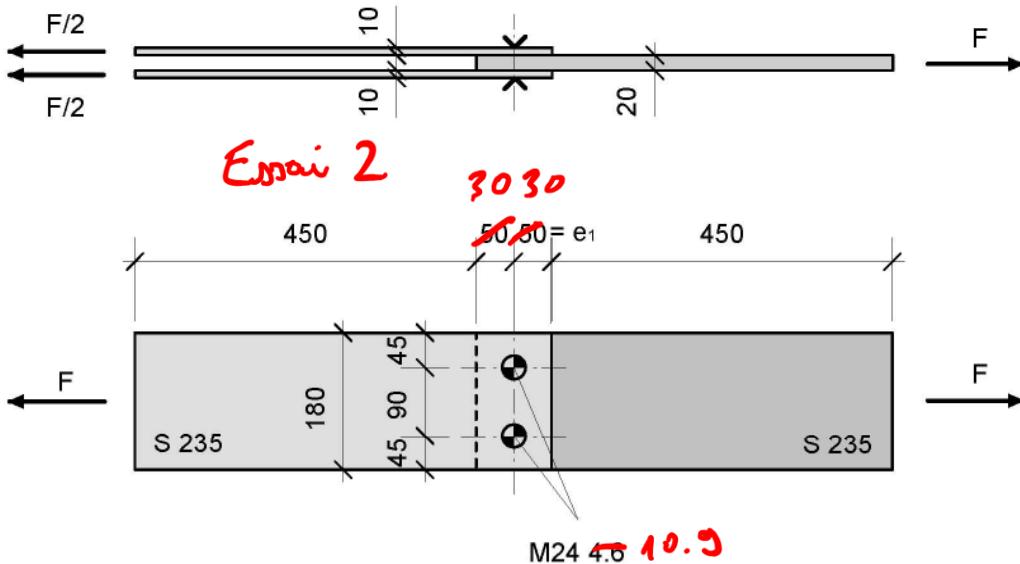


## Equilibre par cisaillement



$$F_{Ed} \leq \min \left[ F_{net,tirant,Rd}; 3F_{b1,Rd}; 6F_{v,Rd}; 6F_{b2,Rd}; 2F_{net,CJ,Rd}; 2F_{CJ,Rd} \right]$$

# Exemple de calcul, assemblage d'essai (suite)



$$F_{v,Rd} = 867 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 2 \cdot \frac{0.85 \cdot 30 \cdot 360 \cdot 26 \cdot 20}{26 \cdot 1,25}, e_1$$

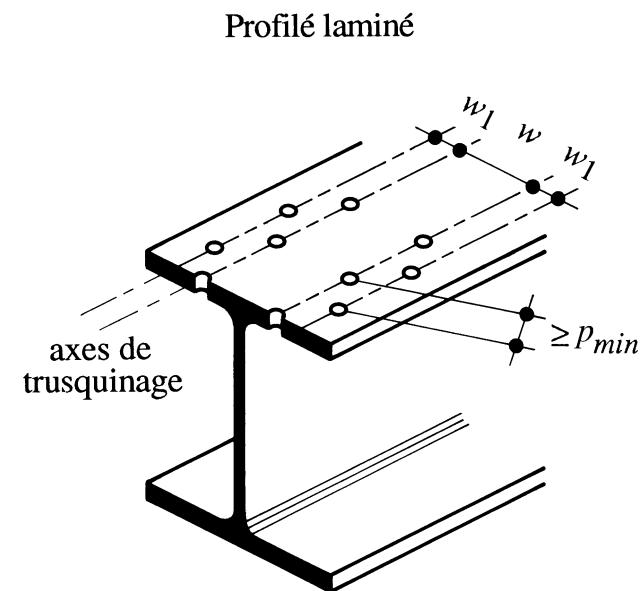
= 271 kN

## Exemple: système « Crocs » à Malley

- Importance de l'écartement, des pinces, des axes de trusquinage pour le placement des boulons, pour la mise en œuvre
- Importance de l'accessibilité des assemblages
- Tolérances de montage



- Taille boulons:
  - tôle < 10 mm (M12) M16
  - tôle 10 à 25 mm M16, M20, M24
  - tôle > 25 mm M24, M27 (M30)
- Pinces et écartements entre boulons:
- Valeurs min. à cause des outils serrage, de l'arrachement de la pince
- Valeurs max. pour garantir un bon contact, une bonne répartition des efforts, des assemblages compacts
- Valeurs usuelles:  $e_1 = 2d$   
 $p_1, p_2 = 3d$
- Pour chaque profilés, informations données dans SZS C5:
  - Axes de trusquinage (y.c. distance par rapport âme 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> rang de boulons)
  - Diamètre maximal des boulons



Bemessungswerte (Grundlage: Norm SIA 263 mit  $\gamma_{M2} = 1,25$ )

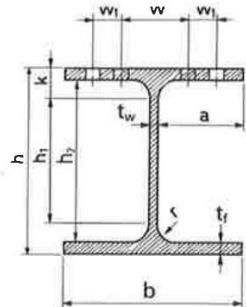
Valeurs de calcul (Base: Norme SIA 263 avec  $\gamma_{M2} = 1,25$ )

Schrauben-Nenndurchmesser / ø nominal du boulon		M 5 ①	M 6 ①	M 8 ①	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27	M 30
Loch ø / ø du trou	d <sub>0</sub> mm	6	7	9	12	14	18	22	26	30	33
Schaft ø / ø de la tige	d mm	5	6	8	10	12	16	20	24	27	30
Schaftquerschnitt / Section de la tige	A mm <sup>2</sup>	19,6	28,3	50,3	78,5	113	201	314	452	573	707
Spannungsquerschnitt / Section résistante ②	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	14,2	20,1	36,6	58,0	84,3	157	245	353	459	561
Scherwiderstand F <sub>v,Rd</sub> Résistance au cisaillement ③	Festigkeitsklasse Classe de résist.	<b>4.6</b> einschnittig / section simple		15,2	<b>21,7</b>	<b>38,6</b>	<b>60,3</b>	<b>86,8</b>	<b>110</b>	136	
		SBS zweisehnittig / section double		30,3	<b>43,4</b>	<b>77,2</b>	<b>121</b>	<b>174</b>	<b>220</b>	271	
Lochleibungs-widerstand im Grundwerkstoff F <sub>b,Rd</sub> Résistance à la pression latérale des pièces assemblées	5	<b>10.9</b> einschnittig / section simple		37,9	<b>54,2</b>	<b>96,5</b>	<b>151</b>	<b>217</b>	<b>275</b>	339	
		SHV zweisehnittig / section double		75,8	<b>108</b>	<b>193</b>	<b>301</b>	<b>434</b>	<b>550</b>	679	
Tragwiderstand pro Schraube in kN / Résistance par boulon en kN (Bemessungswerte / Valeurs de calcul)	5	Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	15	20	25	30	35	40	45
		p <sub>1</sub> mm		30	35	40	45	55	65	70	
		S235 t = 8 mm		24,5	33,6	43,5	53,4	63,3	70,5	80,1	
		t = 10 mm		30,6	42,0	54,4	66,8	79,1	88,1	100	
		S355 kN t = 8 mm		34,7	47,6	61,7	75,7	89,6	99,9	113	
		t = 10 mm		43,4	59,5	77,1	94,6	112	125	142	
		S460 t = 8 mm		37,4	51,3	66,5	81,6	96,7	108	122	
		t = 10 mm		46,8	64,1	83,1	102	121	135	153	
		Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	20	25	35	40	50	55	60
		p <sub>1</sub> mm		30	40	50	60	70	80	90	
		S235 t = 8 mm		32,6	<b>42,0</b>	<b>60,9</b>	<b>71,2</b>	<b>90,4</b>	<b>96,9</b>	107	
		t = 10 mm		40,8	<b>52,5</b>	<b>76,2</b>	<b>89,0</b>	<b>113</b>	<b>121</b>	134	
Schrauben- und Randabstände / Entraxes et pinces et pince	5	S355 kN t = 8 mm		46,2	<b>59,5</b>	<b>86,3</b>	<b>101</b>	<b>128</b>	<b>137</b>	151	
		t = 10 mm		57,8	<b>74,3</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>160</b>	<b>172</b>	189	
		S460 t = 8 mm		49,9	<b>64,1</b>	<b>93,1</b>	<b>109</b>	<b>138</b>	<b>148</b>	163	
		t = 10 mm		62,3	<b>80,1</b>	<b>116</b>	<b>136</b>	<b>173</b>	<b>185</b>	204	
		Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	20	25	35	40	50	55	60
		p <sub>1</sub> mm		30	40	50	60	70	80	90	
		S235 t = 8 mm		32,6	<b>42,0</b>	<b>60,9</b>	<b>71,2</b>	<b>90,4</b>	<b>96,9</b>	107	
		t = 10 mm		40,8	<b>52,5</b>	<b>76,2</b>	<b>89,0</b>	<b>113</b>	<b>121</b>	134	
		S355 kN t = 8 mm		46,2	<b>59,5</b>	<b>86,3</b>	<b>101</b>	<b>128</b>	<b>137</b>	151	
		t = 10 mm		57,8	<b>74,3</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>160</b>	<b>172</b>	189	
		S460 t = 8 mm		49,9	<b>64,1</b>	<b>93,1</b>	<b>109</b>	<b>138</b>	<b>148</b>	163	
		t = 10 mm		62,3	<b>80,1</b>	<b>116</b>	<b>136</b>	<b>173</b>	<b>185</b>	204	
Zugwiderstand F <sub>t,Rd</sub> Résistance à la traction	4	Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	35	40	55	65	75	85	95
		p <sub>1</sub> mm		40	50	65	75	90	100	120	
		S235 t = 8 mm		55,3	<b>66,4</b>	<b>88,5</b>	<b>111</b>	<b>133</b>	<b>149</b>	166	
		t = 10 mm		69,1	<b>82,9</b>	<b>111</b>	<b>138</b>	<b>166</b>	<b>187</b>	207	
		S355 kN t = 8 mm		78,3	<b>94,0</b>	<b>125</b>	<b>157</b>	<b>188</b>	<b>212</b>	235	
		t = 10 mm		97,9	<b>118</b>	<b>157</b>	<b>196</b>	<b>235</b>	<b>264</b>	294	
		S460 t = 8 mm		84,5	<b>101</b>	<b>135</b>	<b>169</b>	<b>203</b>	<b>228</b>	253	
		t = 10 mm		106	<b>127</b>	<b>169</b>	<b>211</b>	<b>253</b>	<b>285</b>	317	
		Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	35	40	55	65	75	85	95
		p <sub>1</sub> mm		40	50	65	75	90	100	120	
		S235 t = 8 mm		55,3	<b>66,4</b>	<b>88,5</b>	<b>111</b>	<b>133</b>	<b>149</b>	166	
		t = 10 mm		69,1	<b>82,9</b>	<b>111</b>	<b>138</b>	<b>166</b>	<b>187</b>	207	
Grenzgleitkraft F <sub>s,Rd</sub> Résistance limite au glissement	8	Festigkeitsklasse Classe de résistance		<b>4.6</b> ⑥ SBS	16,7	<b>24,2</b>	<b>45,2</b>	<b>70,6</b>	<b>102</b>	<b>132</b>	162
		⑦ 10.9 ⑧ SHV		41,8	<b>60,5</b>	<b>113</b>	<b>176</b>	<b>254</b>	<b>331</b>	404	
		Festigkeitsklasse Classe de résistance		10.9 SHV	$\mu = 0,25$ ⑩	8,4	12,2	22,8	35,6	51,3	66,8
		$\mu = 0,4$ ⑪		13,5	19,5	36,5	57,0	82,1	107	127	142

Anmerkungen:

Remarques:

## HEA



HEA	m kg/m	Profilmasse Dimensions de la section					Konstruktionsmasse Dimensions de construction							Oberfläche Surface	HEA	
		h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	r mm	h <sub>1</sub> mm	k mm	a mm	h <sub>2</sub> mm	w mm	w <sub>1</sub> mm	Ø <sub>max</sub>	U <sub>m</sub> m <sup>2</sup> /m	U <sub>t</sub> m <sup>2</sup> /t	
100	16,7	96	100	5	8	12	56	20	47	80	56		M12	0,561	33,6	100
120	19,9	114	120	5	8	12	74	20	57	98	66		M16	0,677	34,0	120
140	24,7	133	140	5,5	8,5	12	91	21	67	116	76		M20	0,794	32,1	140
160	30,4	152	160	6	9	15	104	24	77	134	86		M20	0,906	29,8	160
180	35,5	171	180	6	9,5	15	121	25	87	152	100		M24	1,02	28,7	180
200	42,3	190	200	6,5	10	18	134	28	96	170	110		M24	1,14	26,9	200
220	50,5	210	220	7	11	18	152	29	106	188	120		M24	1,26	24,9	220
240	60,3	230	240	7,5	12	21	164	33	116	206	94	35	M24	1,37	22,7	240
260	68,2	250	260	7,5	12,5	24	176	37	126	225	100	40	M24	1,48	21,7	260
280	76,4	270	280	8	13	24	196	37	136	244	110	45	M24	1,60	21,0	280
300	88,3	290	300	8,5	14	27	208	41	145	262	120	45	M27	1,72	19,5	300
320	97,6	310	300	9	15,5	27	224	43	145	279	120	45	M27	1,76	18,0	320
340	105	330	300	9,5	16,5	27	242	44	145	297	120	45	M27	1,79	17,1	340
360	112	350	300	10	17,5	27	260	45	145	315	120	45	M27	1,83	16,4	360
400	125	390	300	11	19	27	298	46	144	352	120	45	M27	1,91	15,3	400
450	140	440	300	11,5	21	27	344	48	144	398	120	45	M27	2,01	14,4	450
500	155	490	300	12	23	27	390	50	144	444	120	45	M27	2,11	13,6	500
550	166	540	300	12,5	24	27	438	51	143	492	120	45	M27	2,21	13,3	550
600	178	590	300	13	25	27	486	52	143	540	120	45	M27	2,31	13,0	600
650	190	640	300	13,5	26	27	534	53	143	588	120	45	M27	2,41	12,7	650
700	204	690	300	14,5	27	27	582	54	142	636	120	45	M27	2,50	12,3	700
800	224	790	300	15	28	30	674	58	142	734	130	40	M27	2,70	12,0	800
900	252	890	300	16	30	30	770	60	142	830	130	40	M27	2,90	11,5	900
1000	272	990	300	16,5	31	30	868	61	141	928	130	40	M27	3,10	11,4	1000

# Prise en compte de la longueur de l'assemblage, nb de boulons

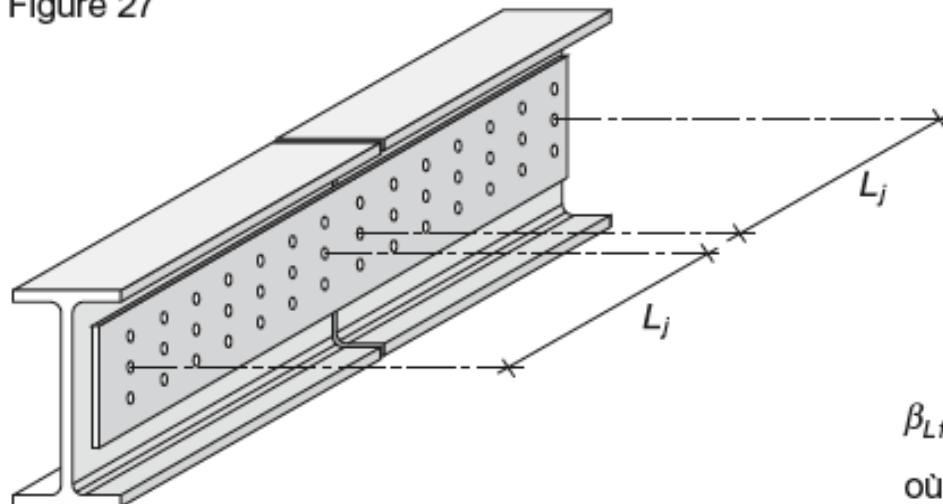
## Pour assemblages avec couvre-joints (TGC 10 § 8.6.2)

SIA 263

6.2.2.2

Si la transmission des efforts est répartie sur une distance supérieure à  $15d$ , la résistance ultime au cisaillement  $F_{v,Rd}$  doit être diminuée par un facteur de réduction  $\beta_{Lf}$ .

Figure 27



$$\beta_{Lf} = 1 - (L_j - 15d) / (200d); \quad 0,75 \leq \beta_{Lf} \leq 1,0$$

où:  $L_j$  longueur de la transmission des efforts

Cette réduction n'est pas nécessaire si une répartition uniforme de la transmission des efforts sur toute la longueur de l'assemblage est garantie.

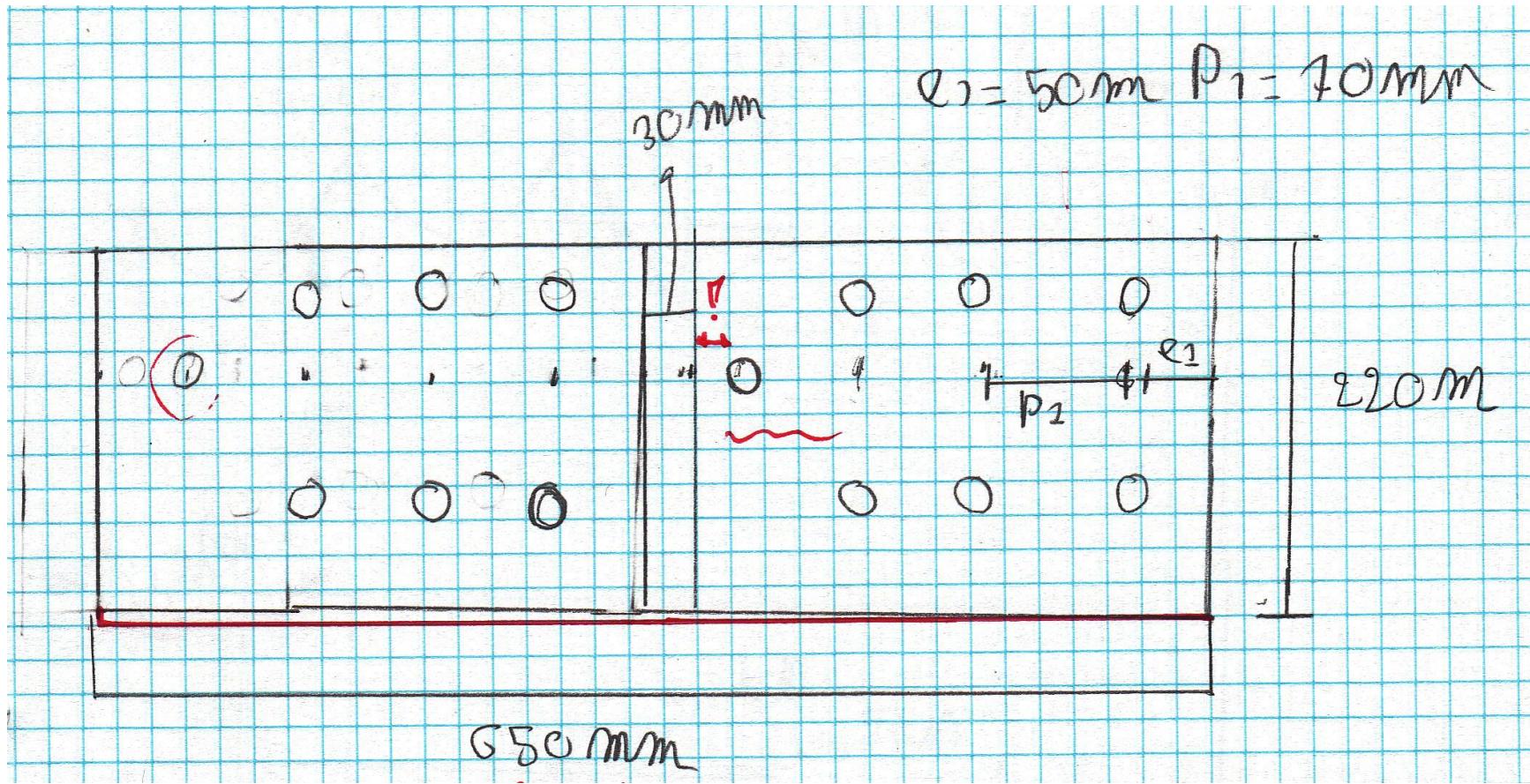
6.2.4.5

Pour les assemblages avec un seul boulon, la valeur de calcul de la résistance ultime de l'assemblage est limitée, en raison de l'excentricité, à la valeur suivante:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 f_u (2 e_2 - d_0) t}{\gamma_{M2}} \quad (79)$$

# DESSIN, EXEMPLE A NE PAS SUIVRE:

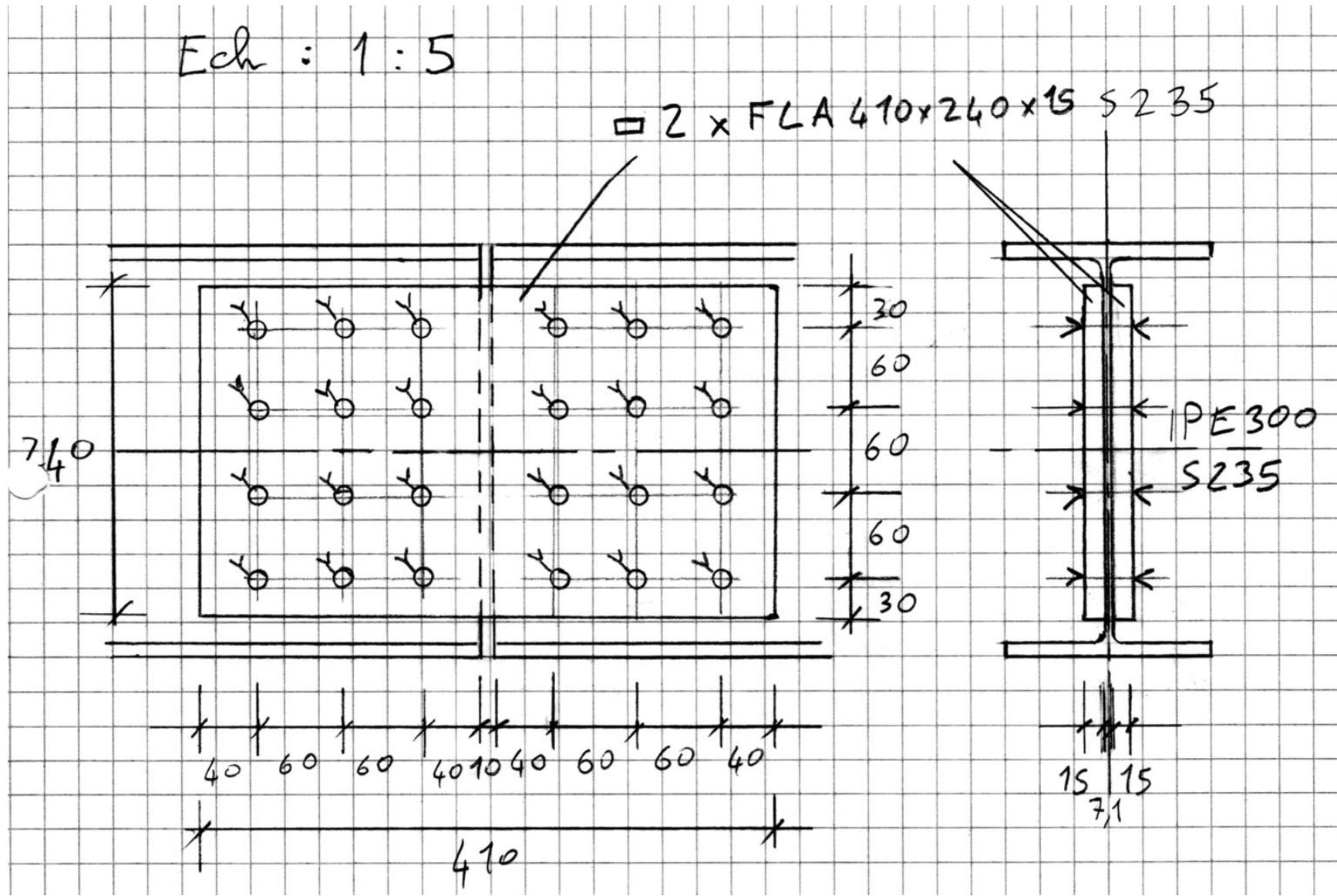
## Horrible « plan » de couvre-joint



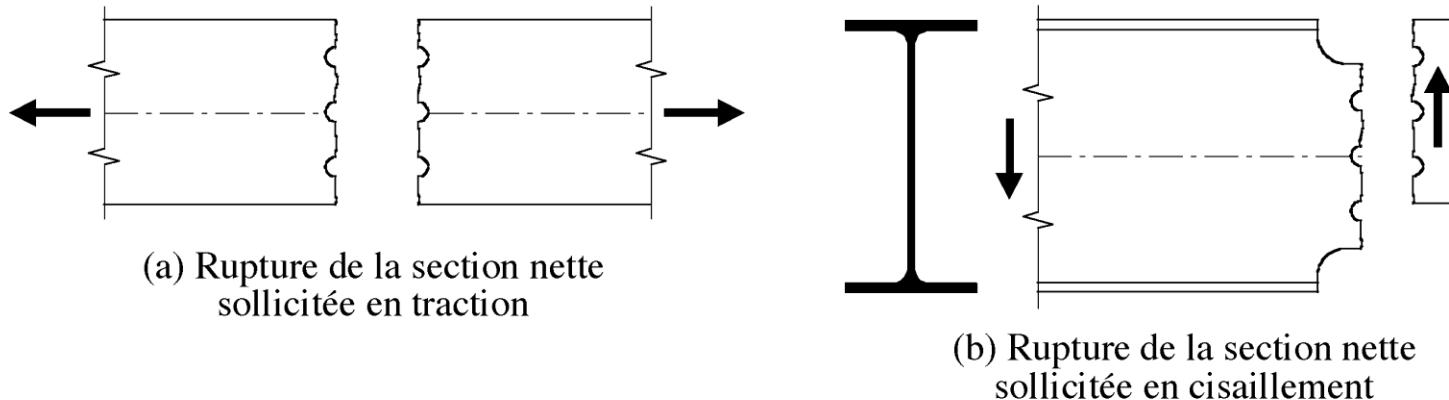
# EXEMPLE de plan de couvre-joint (d'âme)

Ech : 1 : 5

□ 2 x FLA 410x240x15 S235



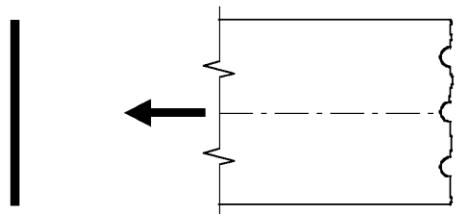
# Différenciation entre sollicitation assemblage et boulons



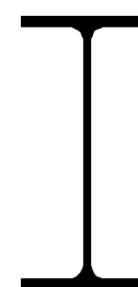
- (a) Assemblage en traction, boulons en cisaillement
- (b) Assemblage en cisaillement, boulons en cisaillement
- (c) Assemblage en traction, boulons en traction (plus tard)

Assemblages en cisaillement, formules pour section nette:  
TGC 10 § 8.5.3 ou SIA 263 § 6.2.4.3

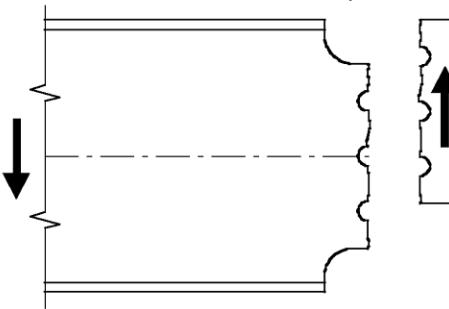
# Fig. 8.19: Rupture par arrachement en bloc de sections nette et SIA 263 § 6.2.4 et Figs. 28, 29, 30



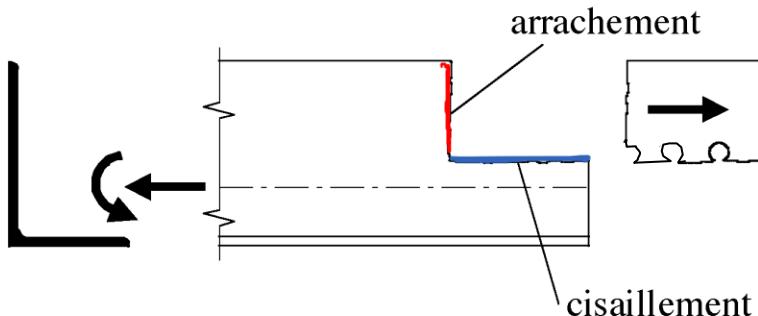
(a) Rupture de la section nette sollicitée en traction



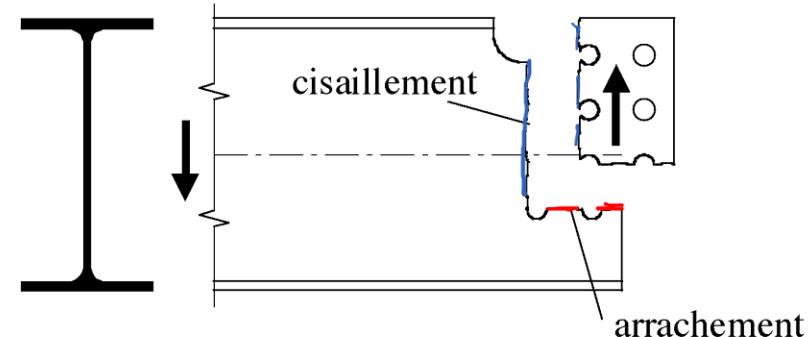
$$V_{eff,Rd} = \frac{1}{\gamma_{M2}} \frac{0.9 f_u}{\sqrt{3}} A_{v,net}$$



(b) Rupture de la section nette sollicitée en cisaillement



(c) Rupture par combinaison de cisaillement et d'arrachement

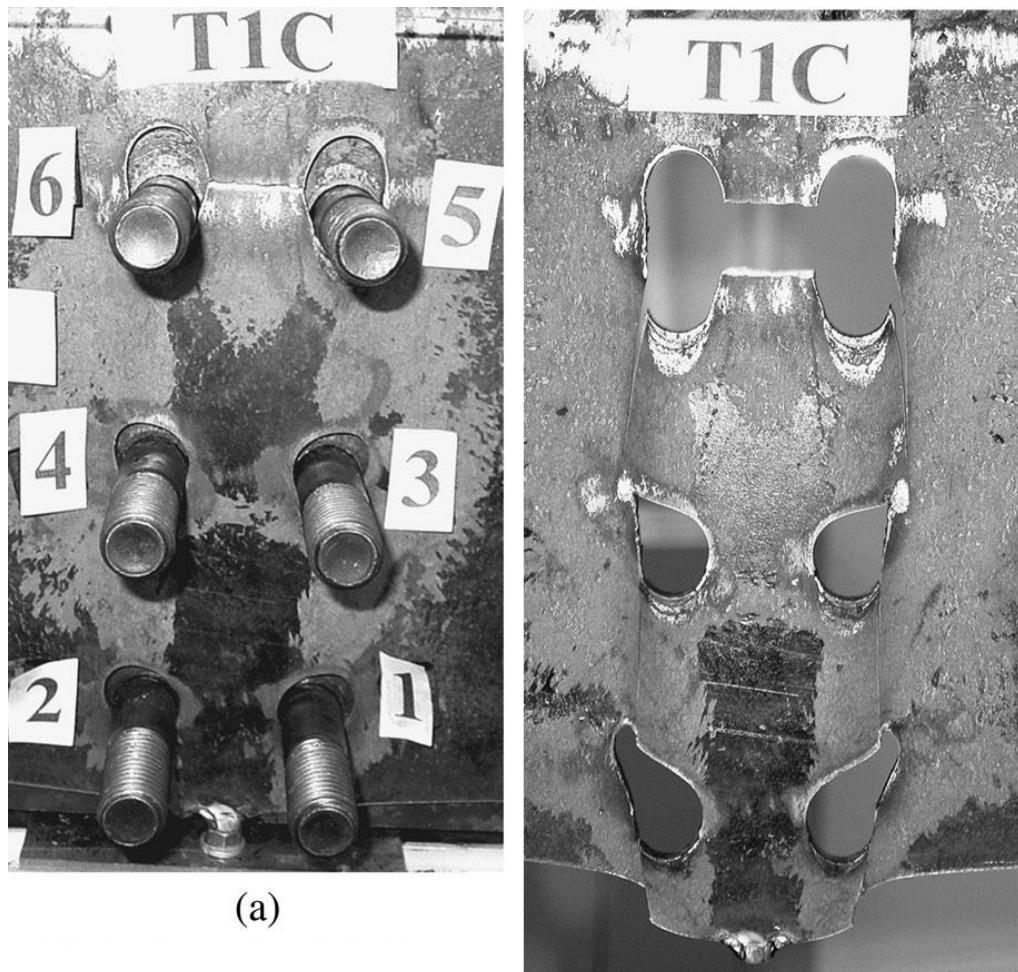
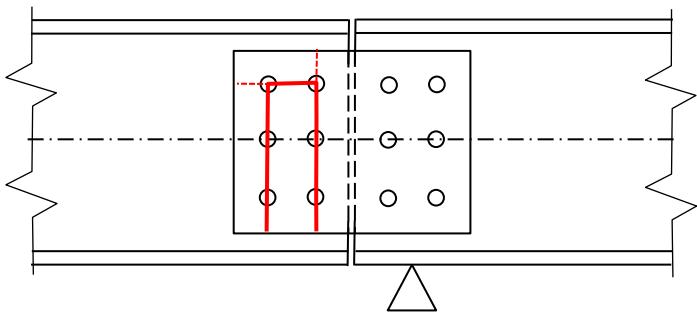


$$V_{eff,Rd} = \frac{1}{\gamma_{M2}} \left( 0.9 f_u A_{t,net} + \frac{f_y}{\sqrt{3}} A_{v,brut} \right)$$

# Rupture par arrachement en bloc d'un couvre-joint

## Couvre-joint

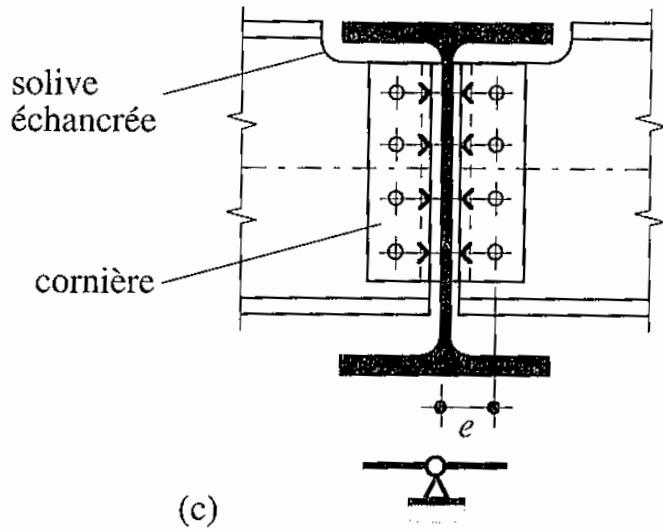
--- Alternatives possibles



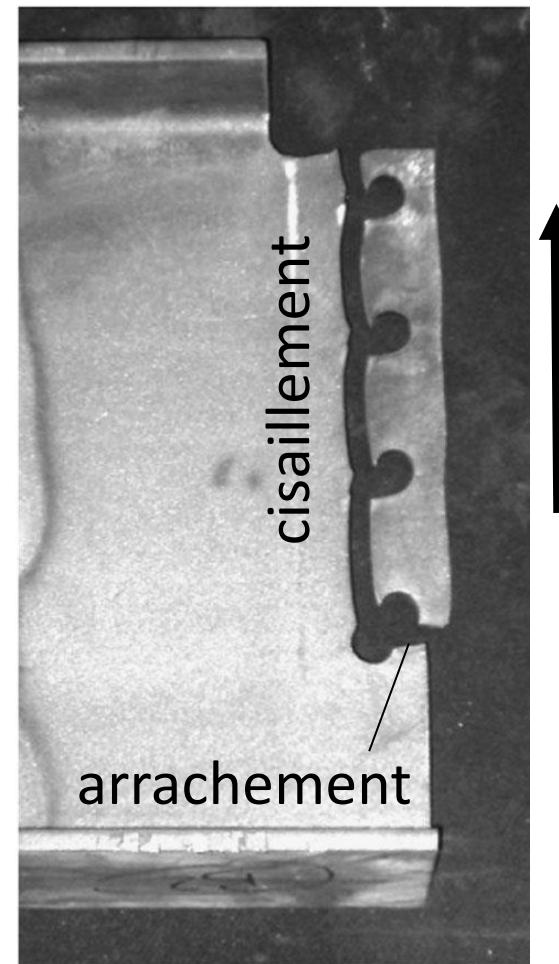
(a)

(c)

# Rupture par arrachement en bloc d'un profilé avec découpe



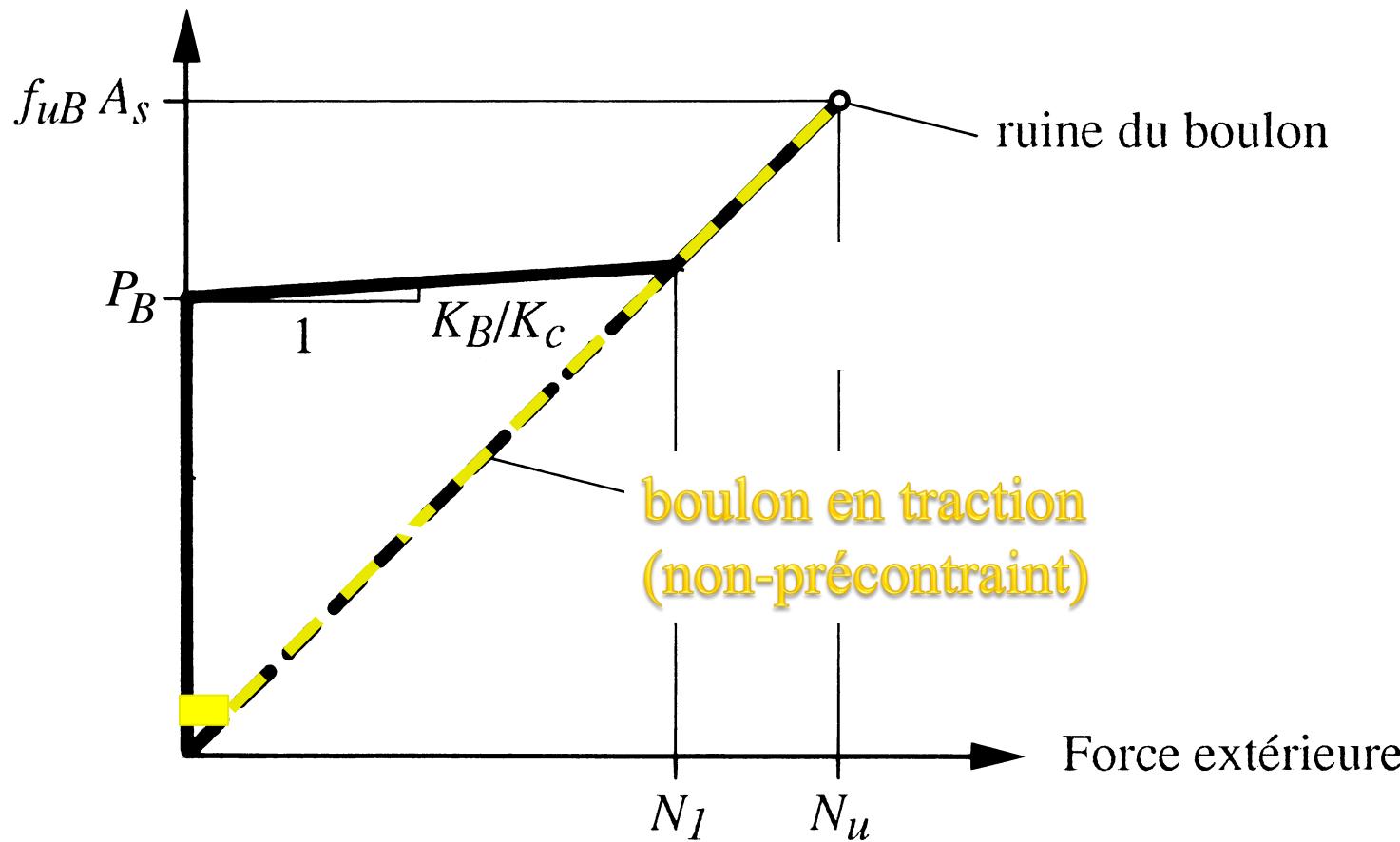
(b)



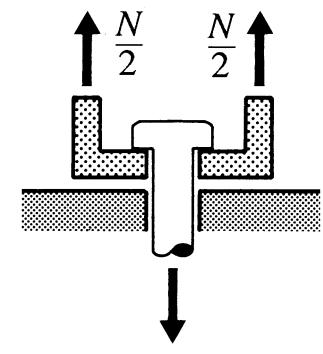
(d)

# Comportement boulon en traction

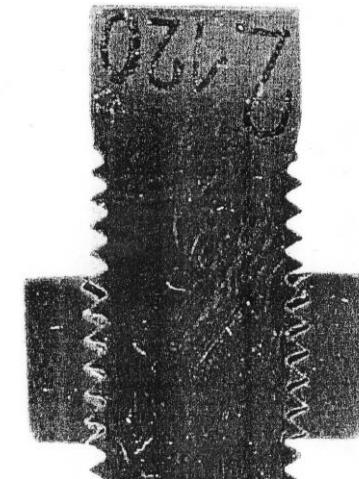
Traction  $F_t$  dans le boulon



APRES  
DECOLLEMENT



$$F_t = N$$



# Résistance assemblages boulonnés: SIA 263, Tableau 16

Valeur de calcul de la résistance pour chaque plan de cisaillement

Le plan de cisaillement passe par la partie filetée de la tige

– Boulons des classes de résistance 4.6, 5.6 et 8.8:  $F_{v,Rd} = 0,6 \frac{f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$  (68)

– Boulons des classes de résistance 4.8, 5.8 et 10.9:  $F_{v,Rd} = 0,5 \frac{f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$  (69)

Le plan de cisaillement passe par la partie lisse de la tige:  $F_{v,Rd} = 0,6 \frac{f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$  (70)

Valeur de calcul de la pression latérale

Si la distance entre les boulons, mesurée perpendiculairement à la direction des efforts, répond aux conditions suivantes:

$$e_2 \geq 1,0 d_0 \text{ et } p_2 \geq 2,0 d_0$$

alors

$$F_{b,Rd} = 0,85 \frac{e_1}{d_0} \frac{f_u}{\gamma_{M2}} dt \text{ mais } F_{b,Rd} \leq 2,4 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} dt \quad (71)$$

Pour des trous oblongs perpendiculaires à la direction des efforts, la pression latérale ultime doit être réduite à 60%.

Au cas où la distance entre les boulons, mesurée dans la direction des efforts, est réduite:  $p_1 < e_1 + d_0/2$ , il faut remplacer  $e_1$  par la valeur  $(p_1 - d_0/2)$  dans la formule (71).

Valeur de calcul de la résistance en traction

$$F_{t,Rd} = 0,9 \frac{f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (72)$$

Bemessungswerte (Grundlage: Norm SIA 263 mit  $\gamma_{M2} = 1,25$ )

Valeurs de calcul (Base: Norme SIA 263 avec  $\gamma_{M2} = 1,25$ )

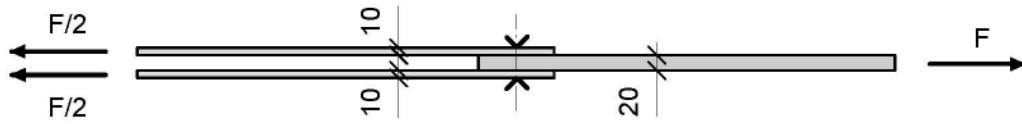
Schrauben-Nenndurchmesser / ø nominal du boulon		M 5 ①	M 6 ①	M 8 ①	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 27	M 30
Loch ø / ø du trou	d <sub>0</sub> mm	6	7	9	12	14	18	22	26	30	33
Schaft ø / ø de la tige	d mm	5	6	8	10	12	16	20	24	27	30
Schaftquerschnitt / Section de la tige	A mm <sup>2</sup>	19,6	28,3	50,3	78,5	113	201	314	452	573	707
Spannungsquerschnitt / Section résistante ②	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	14,2	20,1	36,6	58,0	84,3	157	245	353	459	561
Scherwiderstand F <sub>v,Rd</sub> Résistance au cisaillement ③	Festigkeitsklasse Classe de résist.	<b>4.6</b> einschnittig / section simple		15,2	<b>21,7</b>	<b>38,6</b>	<b>60,3</b>	<b>86,8</b>	<b>110</b>	136	
		SBS zweisehnittig / section double		30,3	<b>43,4</b>	<b>77,2</b>	<b>121</b>	<b>174</b>	<b>220</b>	271	
Lochleibungs-widerstand im Grundwerkstoff F <sub>b,Rd</sub> Résistance à la pression latérale des pièces assemblées	Abstände Entraxes, pinces	<b>10.9</b> einschnittig / section simple		37,9	<b>54,2</b>	<b>96,5</b>	<b>151</b>	<b>217</b>	<b>275</b>	339	
		SHV zweisehnittig / section double		75,8	<b>108</b>	<b>193</b>	<b>301</b>	<b>434</b>	<b>550</b>	679	
Tragwiderstand pro Schraube in kN / Résistance par boulon en kN (Bemessungswerte / Valeurs de calcul)	Minimum ⑤ $e_1 \geq 1,0 d_0$ $p_1 \geq 2,0 d_0$	Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	15 30	20 35	25 40	30 45	35 55	40 65	45 70
		S235		t = 8 mm	24,5	33,6	43,5	53,4	63,3	70,5	80,1
		t = 10 mm		30,6	42,0	54,4	66,8	79,1	88,1	100	
		S355 kN		t = 8 mm	34,7	47,6	61,7	75,7	89,6	99,9	113
		t = 10 mm		43,4	59,5	77,1	94,6	112	125	142	
		S460		t = 8 mm	37,4	51,3	66,5	81,6	96,7	108	122
		t = 10 mm		46,8	64,1	83,1	102	121	135	153	
		Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	20 30	25 40	35 50	40 60	50 70	55 80	60 90
		S235		t = 8 mm	32,6	<b>42,0</b>	<b>60,9</b>	<b>71,2</b>	<b>90,4</b>	<b>96,9</b>	107
		t = 10 mm		40,8	<b>52,5</b>	<b>76,2</b>	<b>89,0</b>	<b>113</b>	<b>121</b>	<b>134</b>	
		S355 kN		t = 8 mm	46,2	<b>59,5</b>	<b>86,3</b>	<b>101</b>	<b>128</b>	<b>137</b>	151
		t = 10 mm		57,8	<b>74,3</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>160</b>	<b>172</b>	<b>189</b>	
Schrauben- und Randabstände / Entraxes et pinces et pince	Regelfall Cas usuel ⑥	S460		t = 8 mm	49,9	<b>64,1</b>	<b>93,1</b>	<b>109</b>	<b>138</b>	<b>148</b>	163
		t = 10 mm		62,3	<b>80,1</b>	<b>116</b>	<b>136</b>	<b>173</b>	<b>185</b>	<b>204</b>	
		Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	20 30	25 40	35 50	40 60	50 70	55 80	60 90
		S235		t = 8 mm	32,6	<b>42,0</b>	<b>60,9</b>	<b>71,2</b>	<b>90,4</b>	<b>96,9</b>	107
		t = 10 mm		40,8	<b>52,5</b>	<b>76,2</b>	<b>89,0</b>	<b>113</b>	<b>121</b>	<b>134</b>	
		S355 kN		t = 8 mm	46,2	<b>59,5</b>	<b>86,3</b>	<b>101</b>	<b>128</b>	<b>137</b>	151
		t = 10 mm		57,8	<b>74,3</b>	<b>108</b>	<b>126</b>	<b>160</b>	<b>172</b>	<b>189</b>	
		S460		t = 8 mm	49,9	<b>64,1</b>	<b>93,1</b>	<b>109</b>	<b>138</b>	<b>148</b>	163
		t = 10 mm		62,3	<b>80,1</b>	<b>116</b>	<b>136</b>	<b>173</b>	<b>185</b>	<b>204</b>	
		Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	20 30	25 40	35 50	40 60	50 70	55 80	60 90
		S235		t = 8 mm	55,3	<b>66,4</b>	<b>88,5</b>	<b>111</b>	<b>133</b>	<b>149</b>	166
		t = 10 mm		69,1	<b>82,9</b>	<b>111</b>	<b>138</b>	<b>166</b>	<b>187</b>	<b>207</b>	
Grenzgleitkraft F <sub>s,Rd</sub> Résistance limite au glissement ⑨	Festigkeitsklasse Classe de résistance ⑩	S355 kN		t = 8 mm	78,3	<b>94,0</b>	<b>125</b>	<b>157</b>	<b>188</b>	<b>212</b>	235
		t = 10 mm		97,9	<b>118</b>	<b>157</b>	<b>196</b>	<b>235</b>	<b>264</b>	<b>294</b>	
		S460		t = 8 mm	84,5	<b>101</b>	<b>135</b>	<b>169</b>	<b>203</b>	<b>228</b>	253
		t = 10 mm		106	<b>127</b>	<b>169</b>	<b>211</b>	<b>253</b>	<b>285</b>	<b>317</b>	
		Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	35 40	40 50	55 65	65 75	75 90	85 100	95 120
		S235		t = 8 mm	55,3	<b>66,4</b>	<b>88,5</b>	<b>111</b>	<b>133</b>	<b>149</b>	166
		t = 10 mm		69,1	<b>82,9</b>	<b>111</b>	<b>138</b>	<b>166</b>	<b>187</b>	<b>207</b>	
		S355 kN		t = 8 mm	78,3	<b>94,0</b>	<b>125</b>	<b>157</b>	<b>188</b>	<b>212</b>	235
		t = 10 mm		97,9	<b>118</b>	<b>157</b>	<b>196</b>	<b>235</b>	<b>264</b>	<b>294</b>	
		S460		t = 8 mm	84,5	<b>101</b>	<b>135</b>	<b>169</b>	<b>203</b>	<b>228</b>	253
		t = 10 mm		106	<b>127</b>	<b>169</b>	<b>211</b>	<b>253</b>	<b>285</b>	<b>317</b>	
Zugwiderstand F <sub>t,Rd</sub> Résistance à la traction ⑪	Festigkeitsklasse Classe de résistance ⑫	Abstände Entraxes, pinces		e <sub>1</sub> mm	35 40	40 50	55 65	65 75	75 90	85 100	95 120
		S235		t = 8 mm	16,7	<b>24,2</b>	<b>45,2</b>	<b>70,6</b>	<b>102</b>	<b>132</b>	162
Grenzgleitkraft F <sub>s,Rd</sub> Résistance limite au glissement ⑬	Festigkeitsklasse Classe de résistance ⑭	t = 10 mm		41,8	<b>60,5</b>	<b>113</b>	<b>176</b>	<b>254</b>	<b>331</b>	<b>404</b>	
		S355 kN		t = 8 mm	13,5	<b>19,5</b>	<b>36,5</b>	<b>57,0</b>	<b>82,1</b>	<b>107</b>	

Anmerkungen:

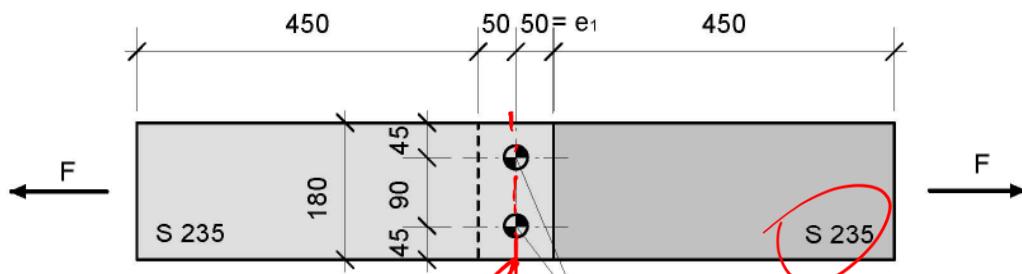
Remarques:

- ⑥ Admis que pour sollicitation statique; il est recommandé de limiter le taux d'utilisation des valeurs données à 75%
- ⑦ Les boulons doivent être précontraints (voir SIA 263 ch. 6.2.2.3)
- ⑧ Procédés de précontrainte et forces de précontrainte nécessaires, voir page 104
- ⑨ Valeurs de calcul par surface de frottement, pour le glissement empêché à l'état de service, trous avec jeu normal,  $\gamma_{Mi} = 1,1$  selon la norme SIA 263 chiffre 6.2.3.2
- ⑩ Coefficient de frottement pour revêtements usuels
- ⑪ Applicable seulement si le coefficient de frottement est justifié par l'entrepreneur
- ⑫ déconseillé

# Exemple de calcul, assemblage d'essai (suite)



Section nette :



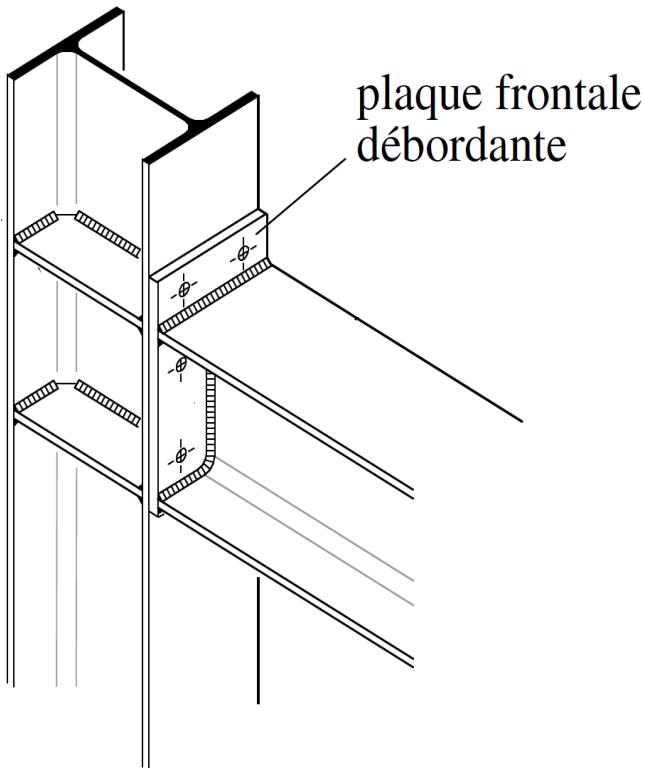
Essai 1:  
" Z "

$$A_{\text{net}} = (180 - 2 \cdot 26) \cdot 20$$

$$F_{\text{net}, R_d} = \frac{0,9 \cdot f_u \cdot A_{\text{net}}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot A_{\text{net}}}{1,25}$$
$$= 663 \text{ kN}$$

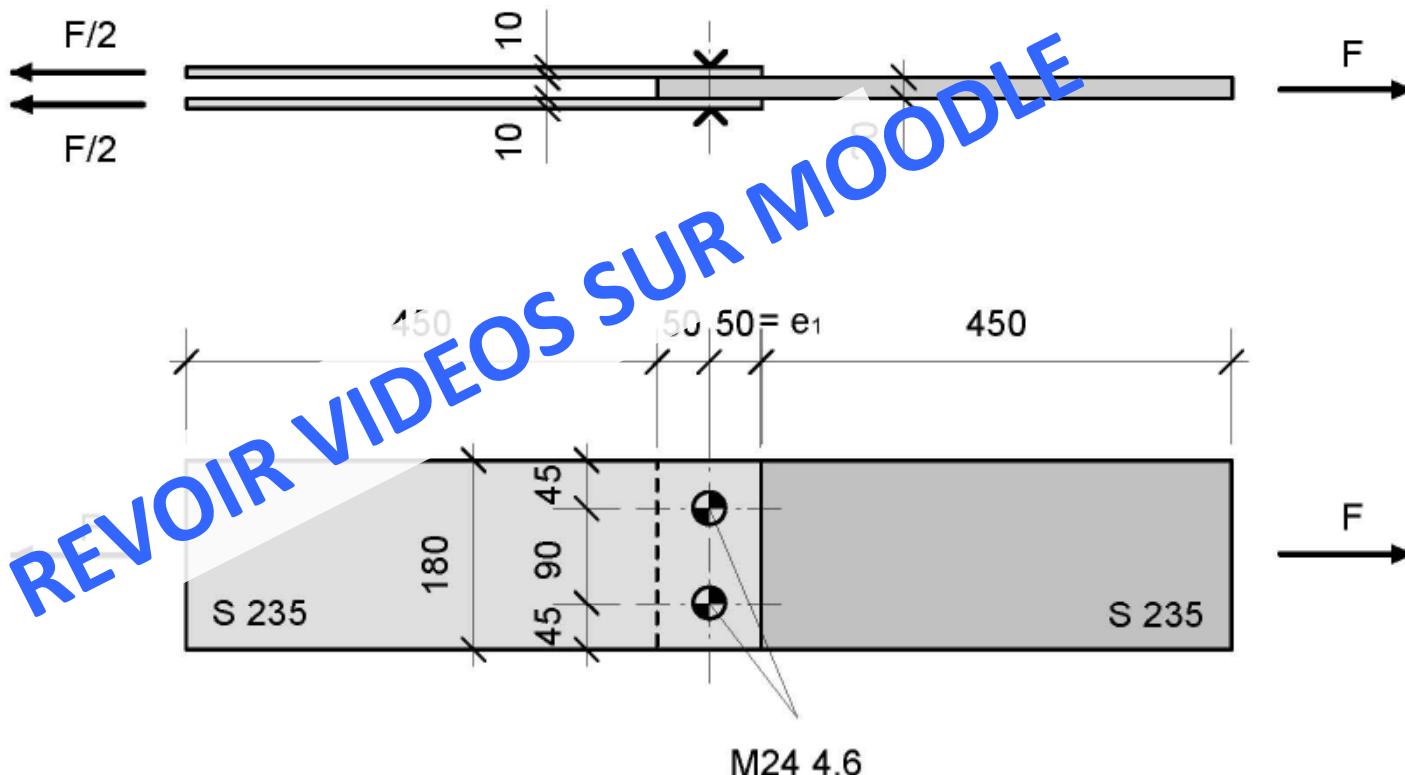
# Suite dispositions constructives (SIA 263 Tab. 17)

- Cas des plaques frontales: épaisseur plaque  $\approx 1.5d$
- Règles spécifiques pour trous agrandis, oblongs
- Si assemblages longs, réduction de la résistance



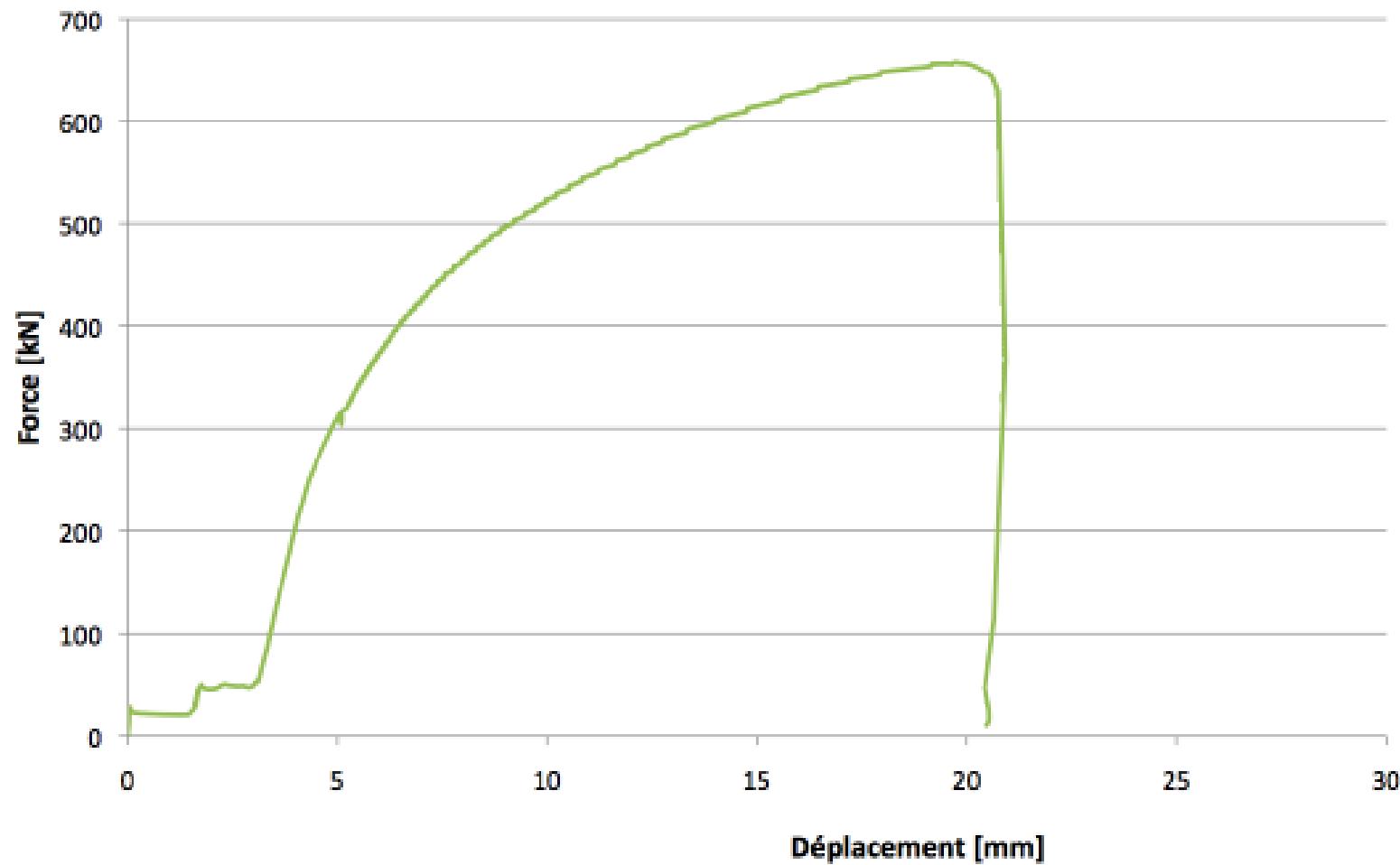


# ANNEXE: Essais d'assemblage boulonné



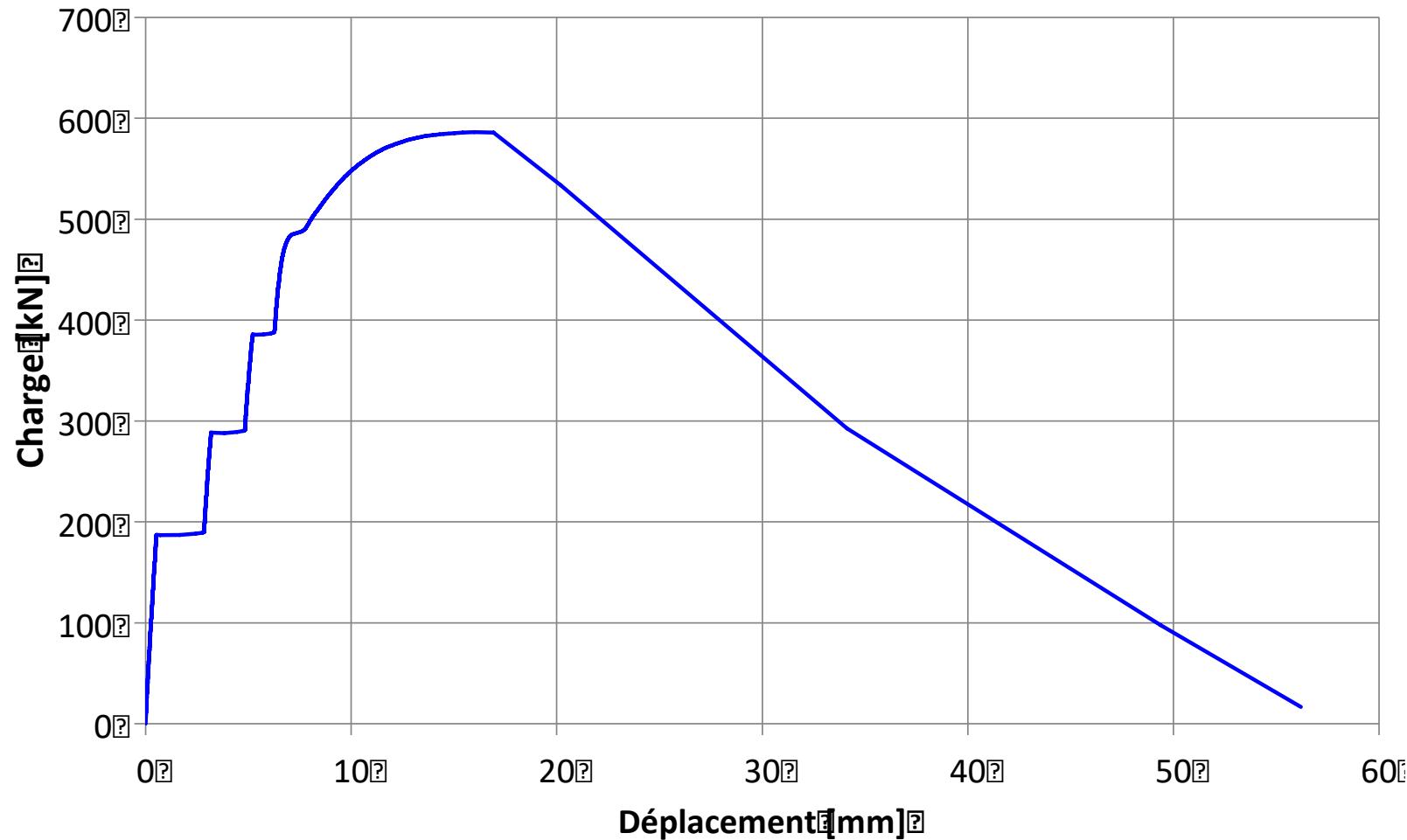
- Pour l'essai 1a, des boulons M24, acier 4.6, sont utilisés.
- Pour l'essai 1b, les boulons (M24) sont à haute résistance (acier 10.9), précontraints, et la pince  $e_1$  est réduite à 30 mm.

# Annexe: Exemple de comportement pour l'essai 1a: rupture par cisaillement des boulons



Dépouillement essai du 17 décembre 2008

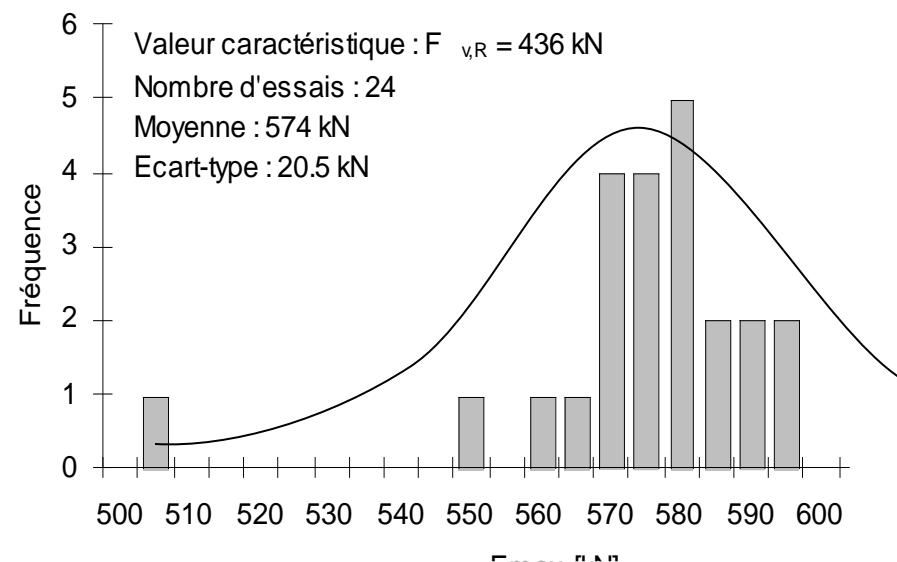
# Annexe: Exemple de comportement pour l'essai 1b: rupture par pression latérale



Dépouillement essai du 14 mars 2011

# Annexe: Dépouillement statistique des résultats des essais

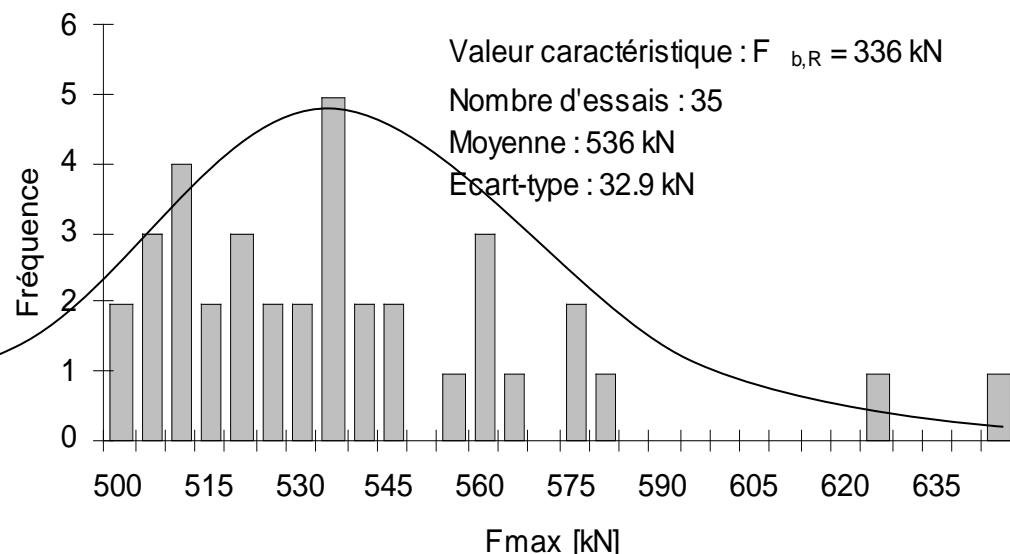
## ESSAI 1a Cisaillement des boulons



1a) val. caractéristique min. à partir Szs C5 (boulons M24):  
 $F_{R,\min} = F_{v,R} = 2 * 174 * 1.25 = 436 \text{ kN}$   
(déduite des essais:  $F_{R,5\%} = 533 \text{ kN}$ )

1b) val. caractéristique min. à partir Szs C5 (mais pour pince  $e_1 = 35 \text{ mm}$ ):  
 $F_{R,\min} = F_{b,R} = 2 * 2 * 79.1 * 1.25 = 395 \text{ kN}$   
Pour pince de 30 mm:  
 $F_{b,R} = 339 \text{ kN}$   
(déduite des essais:  $F_{R,5\%} = 470 \text{ kN}$ )

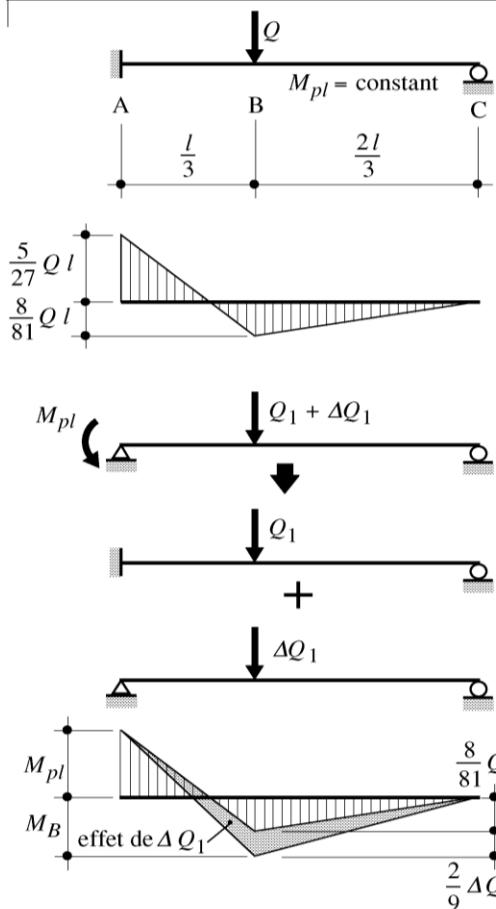
## ESSAI 1b Pression latérale des tôles



# TGC 11, Fig. 11.17: analyse d'une poutre hyperstatique

TGC 11 p. 454

Aides SZSC 4



Système statique de départ

Hyperstaticité :  $n_0 = 1$

Première rotule en A quand :

$$M_A = \frac{5}{27} Q_1 l = M_{pl} \text{ d'où } Q_1 = \frac{27}{5} \frac{M_{pl}}{l} = 5.4 \frac{M_{pl}}{l}$$

Flèche verticale en B :  $w_1 = 0.00503 \frac{Q_1 l^3}{EI} = 0.0271 \frac{M_{pl} l^2}{EI}$

Nouveau système statique

Hyperstaticité :  $n_1 = n_0 - 1 = 0 \Rightarrow$  Système isostatique

Deuxième rotule en B quand :

$$M_B = \frac{8}{81} Q_1 l + \frac{2}{9} \Delta Q_1 l = M_{pl} \text{ d'où } \Delta Q_1 = 2.1 \frac{M_{pl}}{l}$$

Augmentation de flèche :  $\Delta w_1 = 0.0165 \frac{\Delta Q_1 l^3}{EI} = 0.0346 \frac{M_{pl} l^2}{EI}$

Pour exemple : HEA 180 SZ35  $l = 6,5 \text{ m}$

$$\theta_{tot} = 0,0115 + 0,0146 = 0,026 \text{ rad} \approx 1,5^\circ$$

Angles typiques (fac système statique) :  $0,2 \text{ à } 6,4^\circ$

Détermination des rotations  
Modèle simplifié rigide-plastique

