

COURS STRUCTURES EN MÉTAL

TGC 10, chapitre 8: Résistance des
assemblages par boulons

Partie 2, interaction, précontrainte

Construction métallique

© Tous droits réservés, EPFL 2024

Tab. 8.2: assemblages sous différents efforts intérieurs

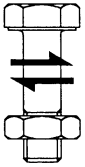
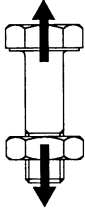

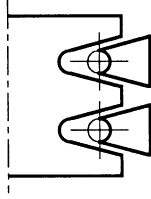
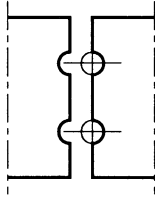
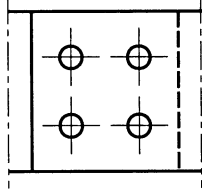
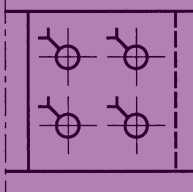
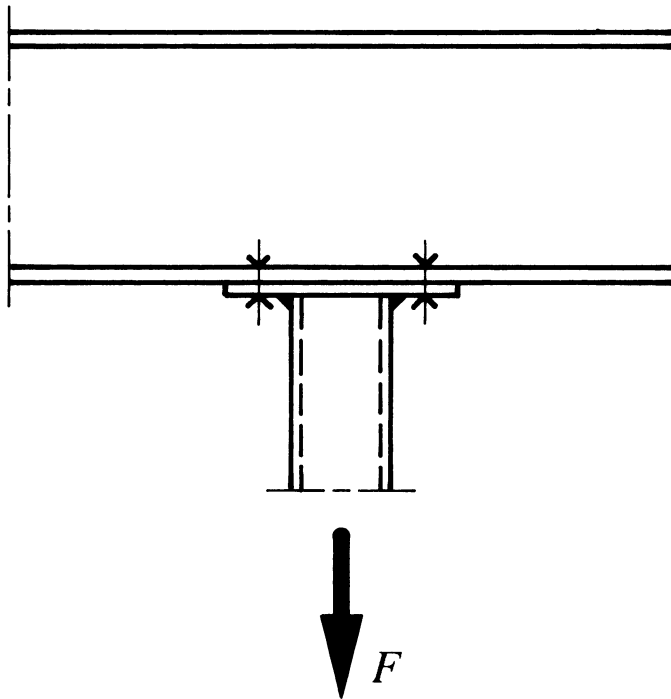
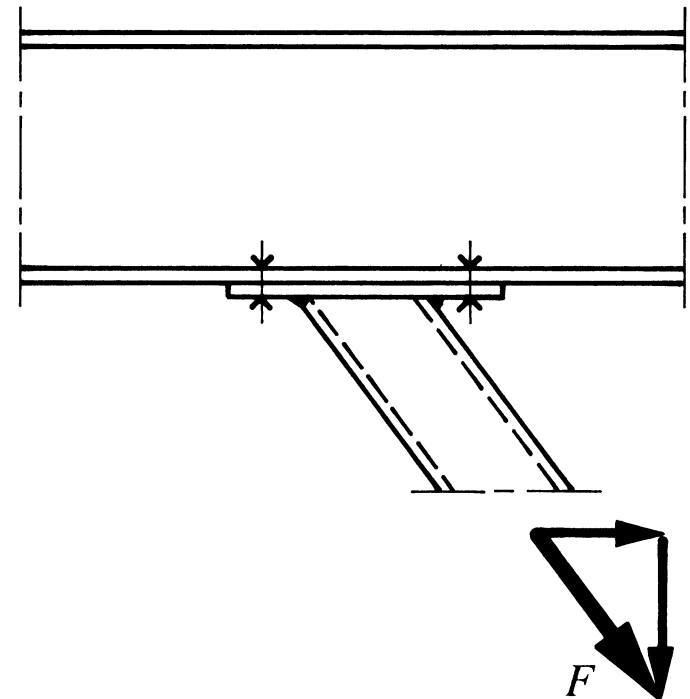
Boulons			Pièces assemblées		Assemblage	
Cisaillement	Traction	Interaction	Pression latérale	Section nette / brute	Non précontraint	Précontraint
						
§ 8.4.2	§ 8.4.3	§ 8.4.4	§ 8.5.1	§ 8.5.2	Sect. 8.6	Sect. 8.7

Fig. 8.14: Interaction, boulons en cisaillement et traction

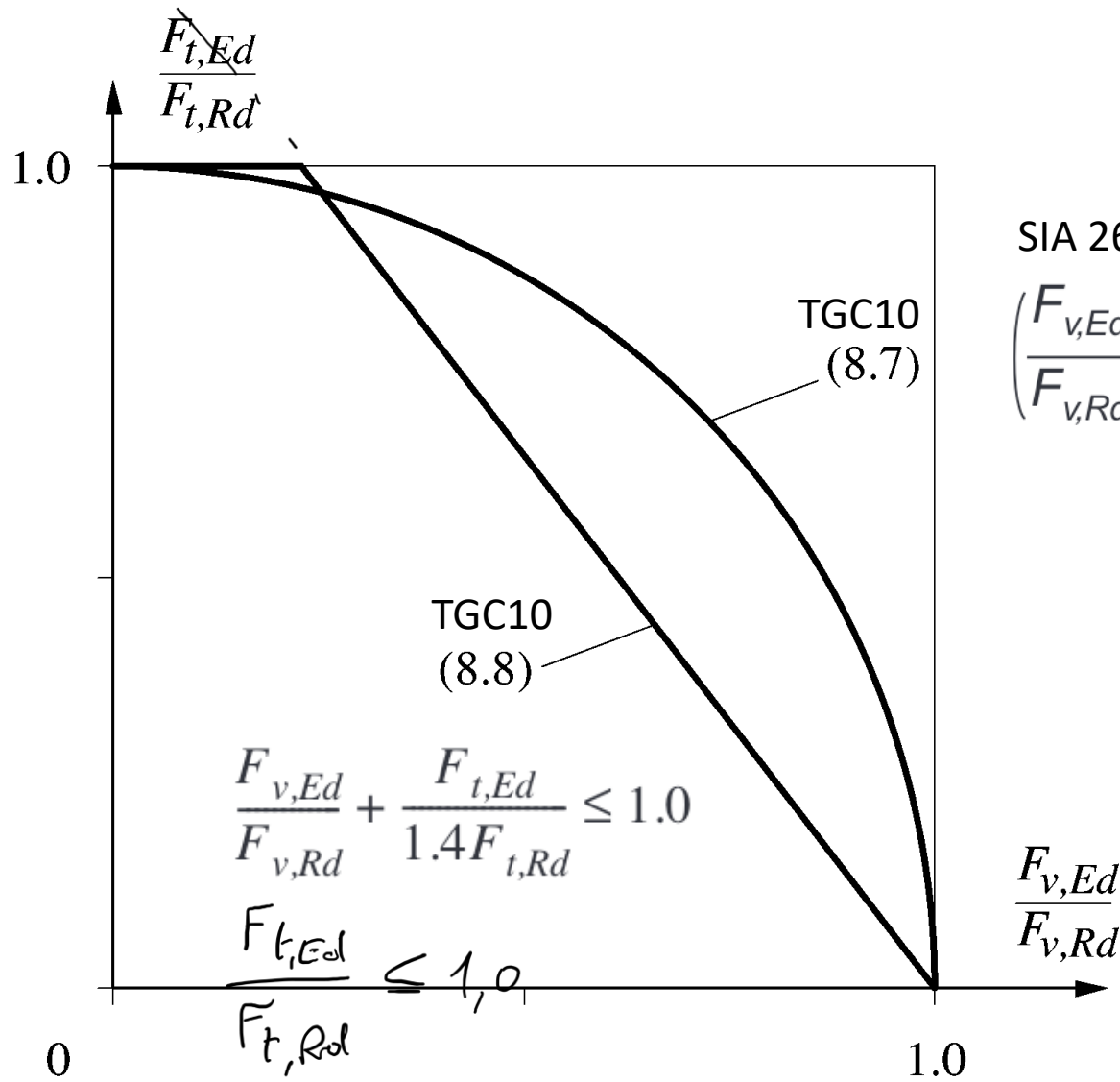


(a) Attache d'un tirant.



(b) Attache d'une diagonale.

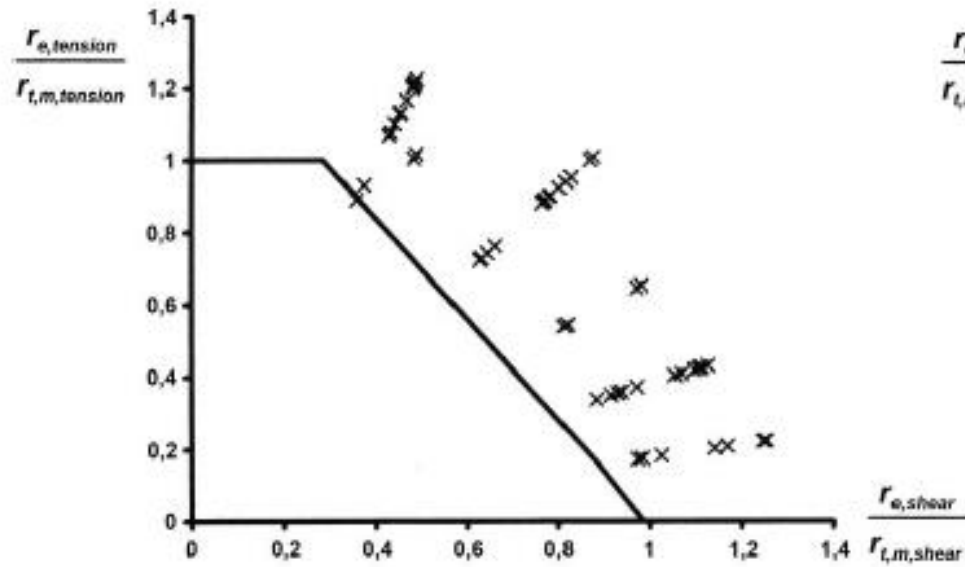
Fig. 8.15: Courbe d'interaction cisaillement-traction



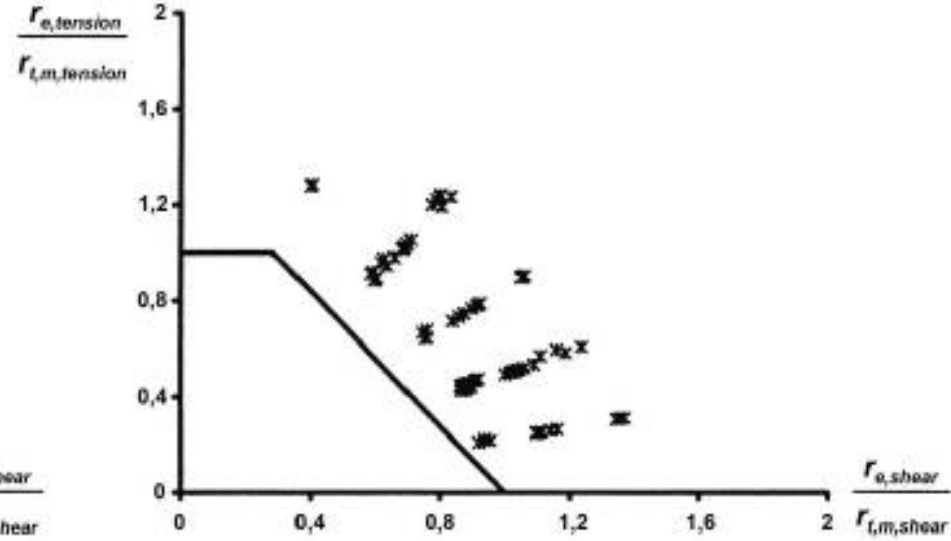
SIA 263 § 6.2.2.6 equ. (78)

$$\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}}\right)^2 \leq 1,0$$

Résultats essais interaction cisaillement-traction



Versuchsgruppe 41.00 - Gewinde in der Scherfuge



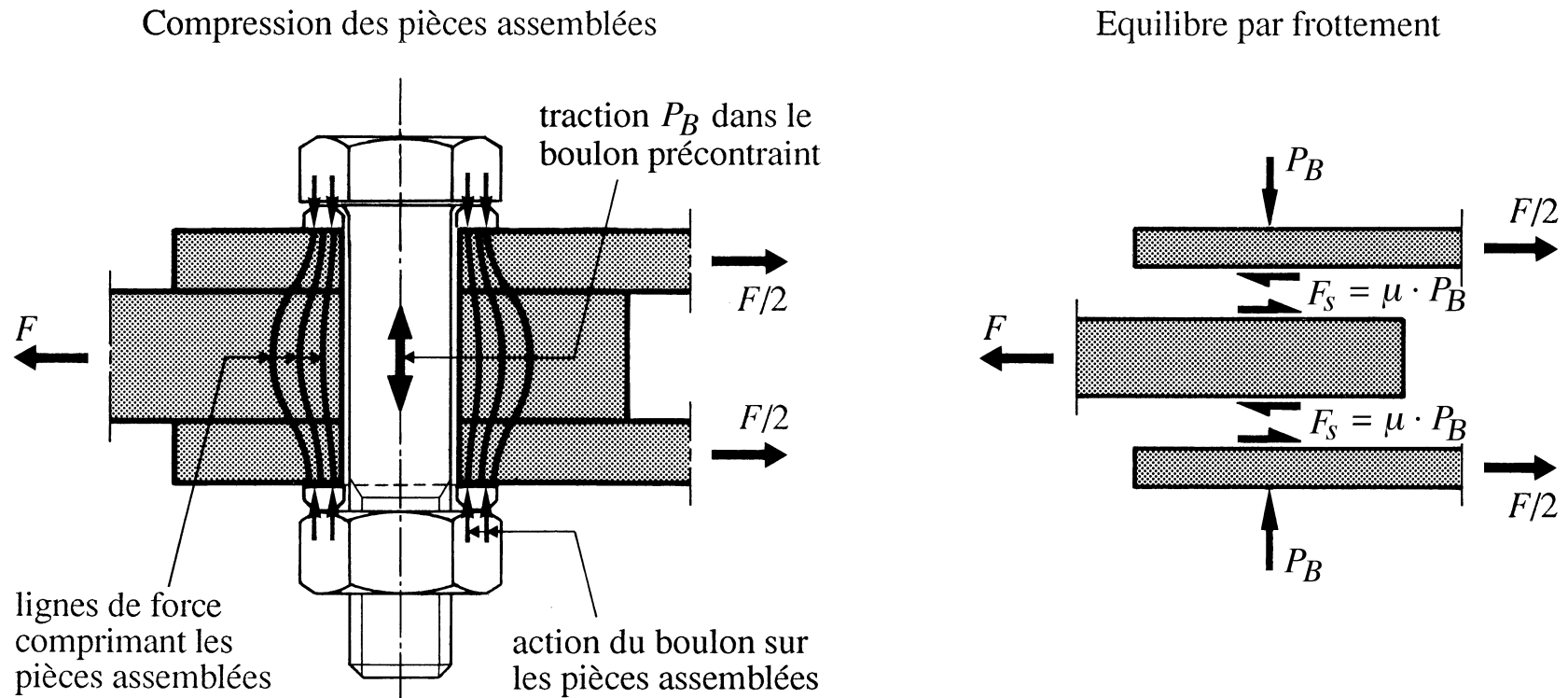
Versuchsgruppe 51.00 - Schaft in der Scherfuge

Réf. : Sedlacek, G., Schneider, R.: Background documentation to prEN 1993-1-8, RWTH Aachen, June 4th, 2004

Note: SIA 263 § 6.2.1.3

Les sollicitations en traction dans la tige des boulons ne doivent pas être prises en compte que si elles sont dues à des efforts intérieurs ou à des charges extérieures.

Fig. 8.24: Mécanisme de transmission d'un effort par frottement



Pour avoir un assemblage précontraint fiable, résistant, avec un bon comportement, il faut le précontraindre correctement
⇒ Différentes méthodes existent (force, couple de serrage)
⇒ SIA 263/1 (ou EN 1090-2), norme destinée aux entreprises

§ 8.7.2. Aptitude au service, effet de la précontrainte (assembl. cisailé)

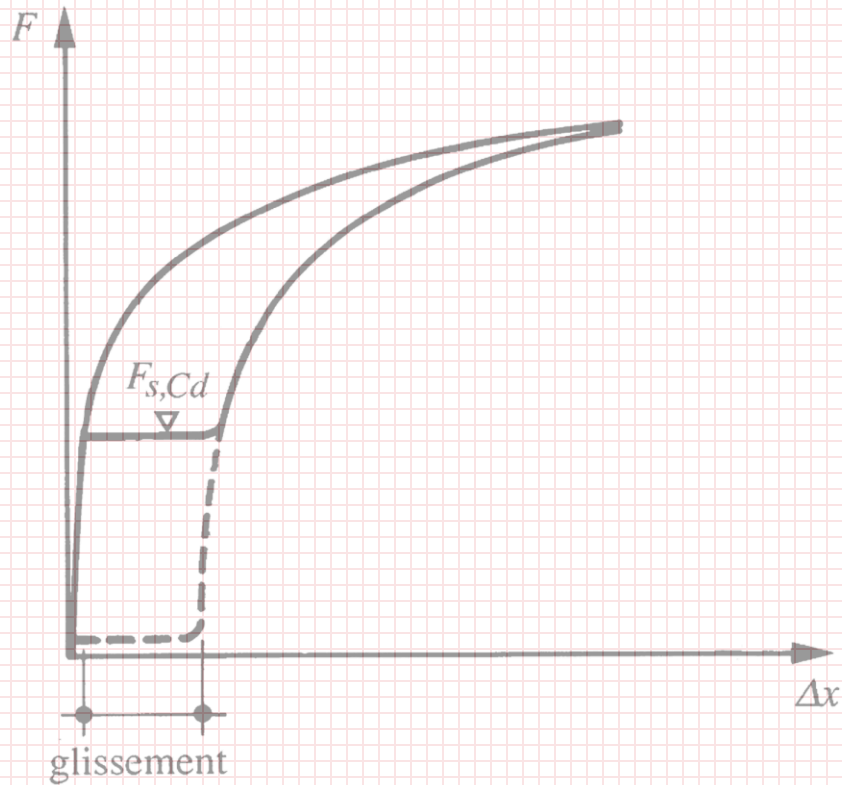


Table SZS C5: Résistance au glissement des **boulons précontraints** [kN]

Schrauben-Nenndurchmesser / \varnothing nominale 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 \varnothing / \varnothing du trou		d_0 mm	6	7	9	12	14	18	22	26	30
Schaft \varnothing / \varnothing de la tige		d mm	5	6	8	10	12	16	20	24	27
Schaftquerschnitt / Section de la tige		A mm ²	19,6	28,3	50,3	79	113	201	314	452	573
Spannungsquerschnitt / Section résistante ②		A_s mm ²	14,2	20,1	36,6	58	84	157	245	353	459

Scherwiderstand stand F_{v,Rd} Résistance au cisaillement ③	Festigkeitsklasse Classe de résist.	4.6	einschnittig / section simple	15,2	21,7	38,6	60,3	86,8	110	136
		SBS	zweischnittig / section double	30,3	43,4	77,2	121	174	220	271
		10.9	einschnittig / section simple	37,9	54,2	96,5	151	217	275	339
		SHV	zweischnittig / section double	75,8	108	193	301	434	550	679

Lochleibungs- widerstand im Grundwerkstoff F_{b,Rd} Résistance à la pression latérale des pièces assemblées		Minimum $e_2 \geq 1,0 d_0$ $p_2 \geq 2,0 d_0$	Abstände	e_1 mm	15	20	25	30	35	40	45			
			Entraxes, pincés	p_1 mm	30	35	40	45	55	65	70			
			S235	t = 6 mm	18,4	25,2	32,6	40,1	47,4	52,9	60,1			
				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			
			kN	t = 6 mm	26,0	35,7	46,2	56,7	67,2	74,9	85,1			
				t = 8 mm	24,7	47,6	61,7	75,7	89,6	99,9	114			
				t = 10 mm	43,3	59,5	77,1	94,6	112	125	142			
			Regelfall Cas usuel		⑤	Abstände	e_1 mm	20	25	35	40	50	55	60
						Entraxes, pincés	p_1 mm	30	40	50	60	70	80	90
S235	t = 6 mm	24,5				31,5	45,7	53,4	67,8	72,7	80,1			
	t = 8 mm	32,6				42,0	60,9	71,2	90,4	96,9	107			
	t = 10 mm	40,8				52,5	76,2	89,0	113	121	134			
kN	t = 6 mm	34,7				44,6	64,7	75,7	96,0	103	114			
	t = 8 mm	46,2				59,5	86,3	101	128	137	151			
	t = 10 mm	57,8				74,3	108	126	160	172	189			
④	Abstände	e_1 mm				35	40	55	65	75	85	95		
	Entraxes, pincés	p_1 mm				40	50	65	75	90	100	120		
	S235	t = 6 mm	41,5	49,8	66,4	82,9	99,5	112	124					
		t = 8 mm	55,3	66,4	88,5	111	133	149	166					

einschnittig section simple	
	zweischnittig

Grenzgleitkraft <i>Résistance limite au glissement</i>	F_{s,Rd}	Festigkeitsklasse <i>Classe de résistance</i>	$\mu = 0,25$ $\mu = 0,4$	8,4 13,5	12,2 19,5	22,8 36,5	35,6 57,0	51,3 82,1	66,8 107	
		10.9 SHV	^⑧ ^⑩ ^⑪							^⑫

Résistance à la traction	$F_{t,Rd}$	Classe de résistance	⑦ 10.9 ⑧ SHV	41,8	60,5	113	176	254	331	404
Grenzgleitkraft Résistance limite au glissement	$F_{s,Rd}$	Festigkeitsklasse ⑧ 10.9 Classe de résistance SHV	$\mu = 0,25$ ⑩ $\mu = 0,4$ ⑪	8,4 13,5	12,2 19,5	22,8 36,5	35,6 57,0	51,3 82,1	66,8 107	⑫

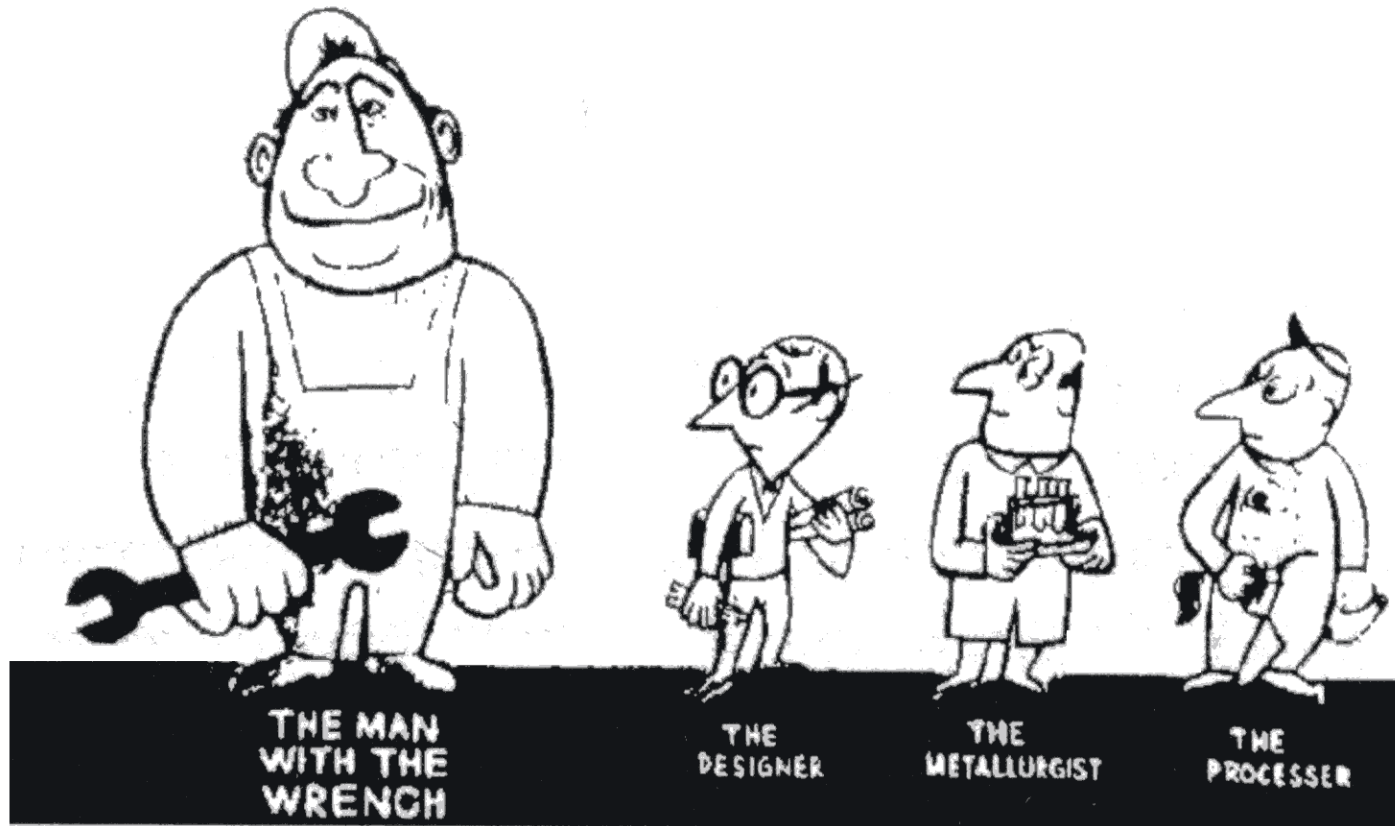


Fig. 1. Who determines the strength of a bolt? [3]

[3] Courtesy of SPS Technologies, Aerospace Fasteners Group

Force de précontrainte et couple de serrage selon SIA 263/1 § 7.5.5

Tableau 2: Force de précontrainte et couple de serrage pour les garnitures de la classe de résistance 10.9

1	2	3	4	5	6
Dimen- sion	Force de précon- trainte $F_{p,Cd}$ en kN	Procédé basé sur le couple de serrage couple de serrage à appliquer M_A , en Nm		Procédé combiné couple de serrage initial M_{VA} , en Nm	
	$\equiv P_B$	zingué à chaud et lubrifié ¹⁾	noir et légè- rement huilé	zingué à chaud et lubrifié ¹⁾	noir et légè- rement huilé
M12	54	100	120	75	90
M16	100	250	350	190	260
M20	157	450	600	340	450
M24	226	800	1100	600	800
M27	294	1250	1650	900	1200
M30	359	1600	2200	1200	1600
M36	531	2800	3800	2100	2800
¹⁾ Ecrous traités avec du bisulfite de molybdène ou avec un lubrifiant équivalent					

**75% + angle de rotation
complémentaire
(45° à 90° selon L/d)**

Etat boulons précontraints après mise en précontrainte par méthode « combinée double » (100% couple serrage + tourner x°)

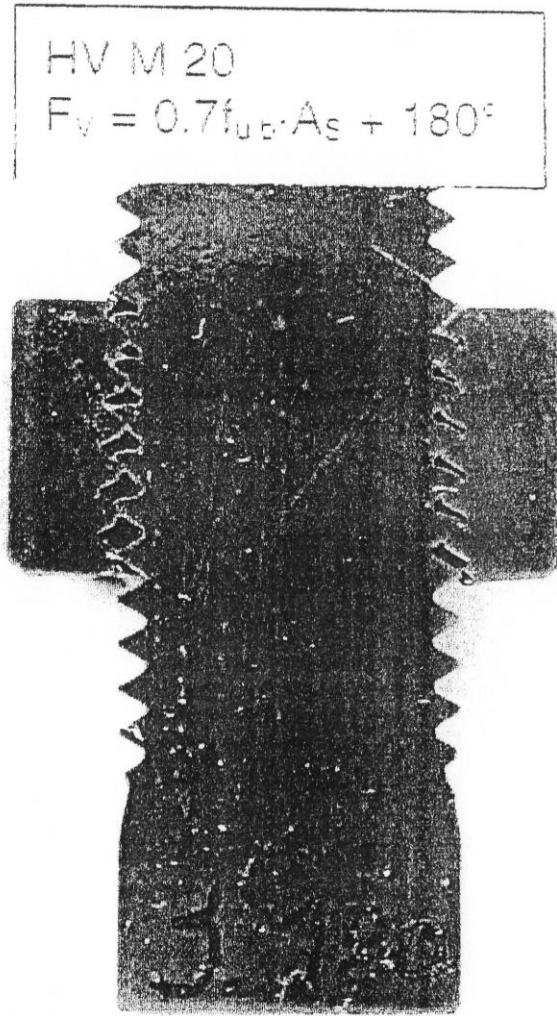
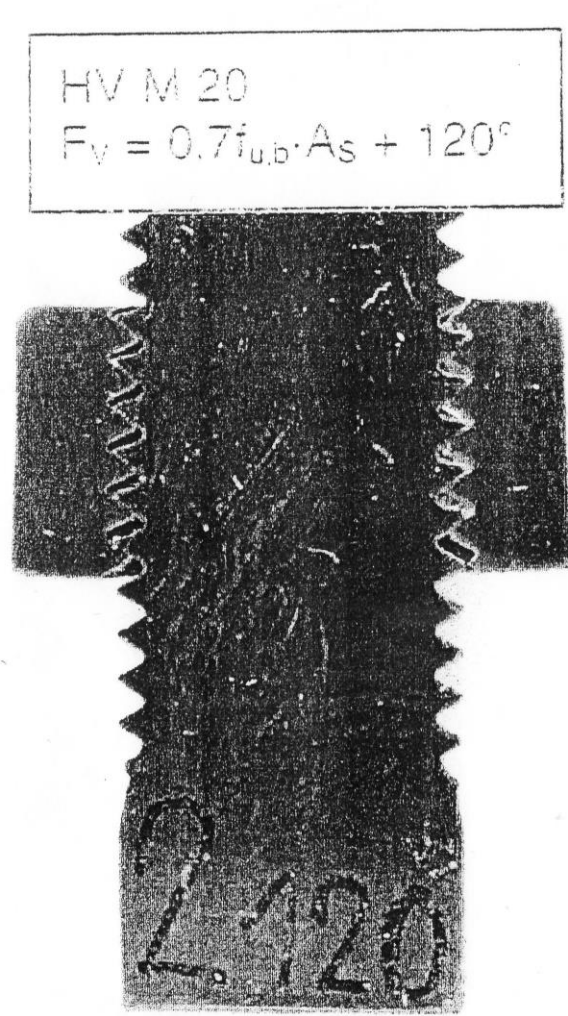


Fig. 8.27: Comportement d'un assemblage précontraint en traction

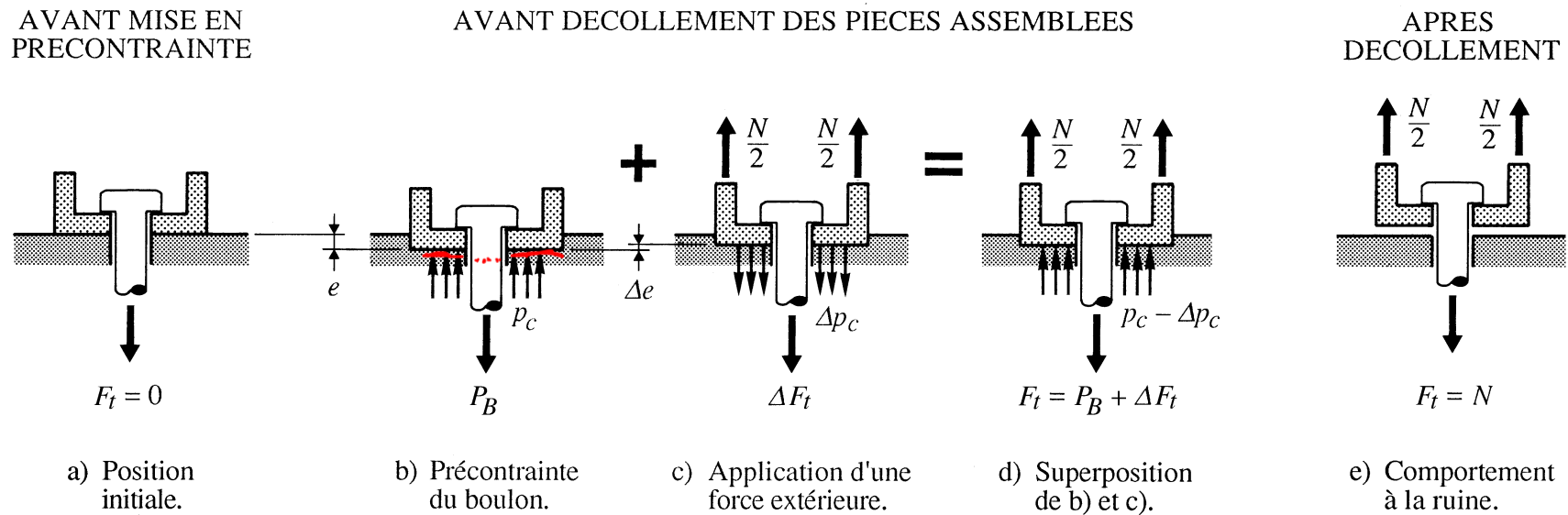


Fig. 8.28: Evolution de la force de traction en fonction force extérieure

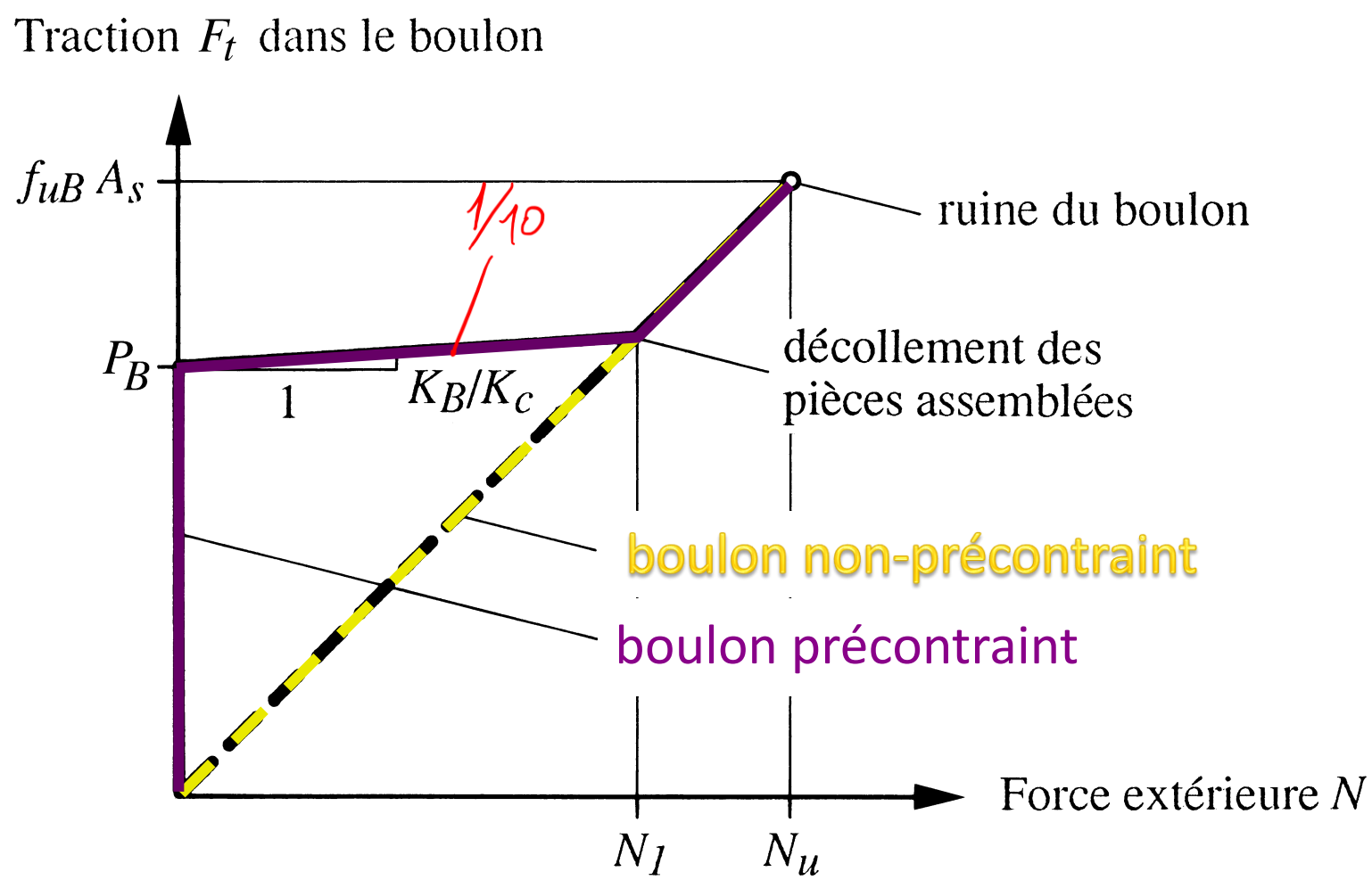


Fig. 8.28: Evolution de la force de traction en fonction force extérieure

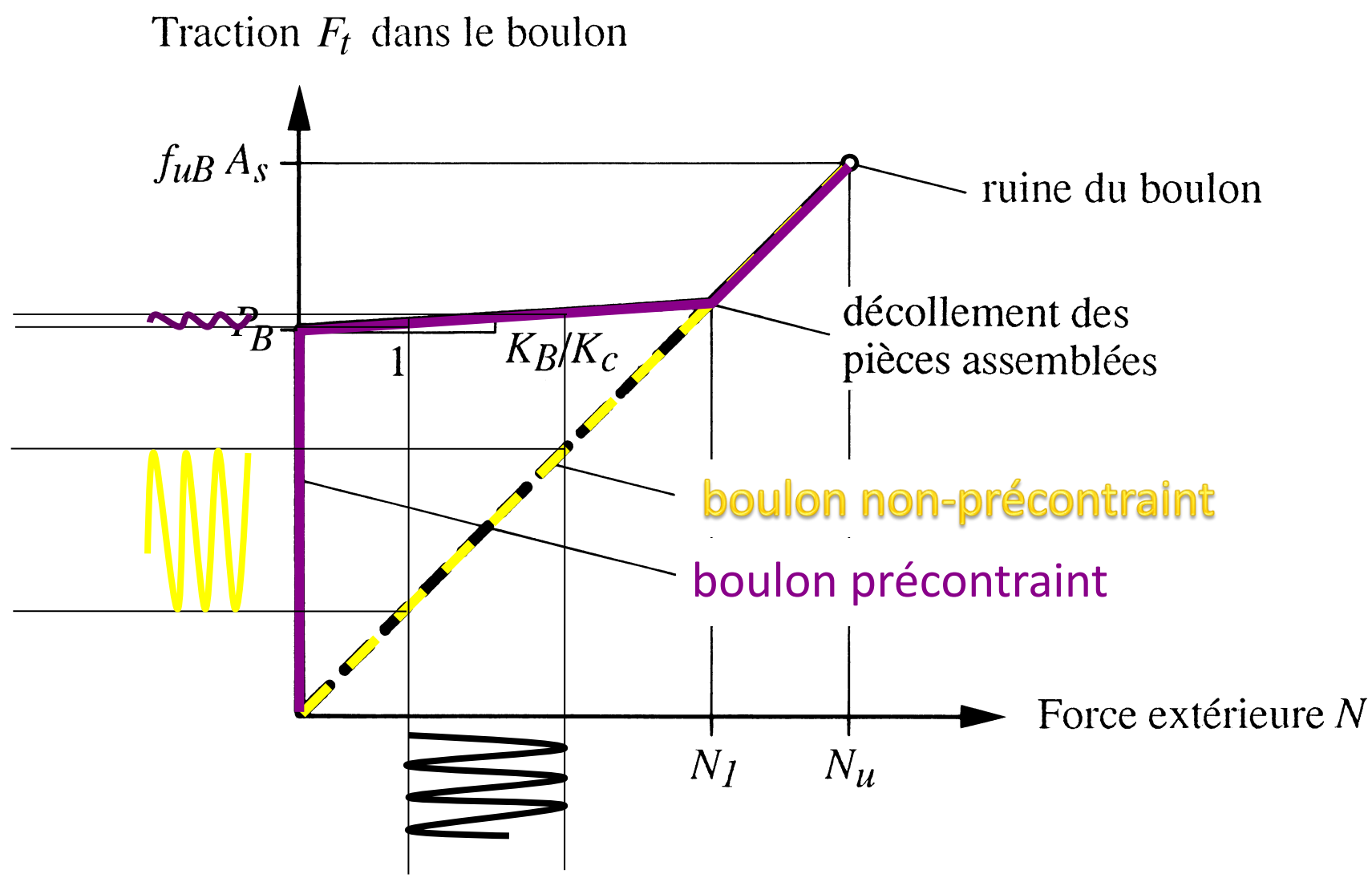
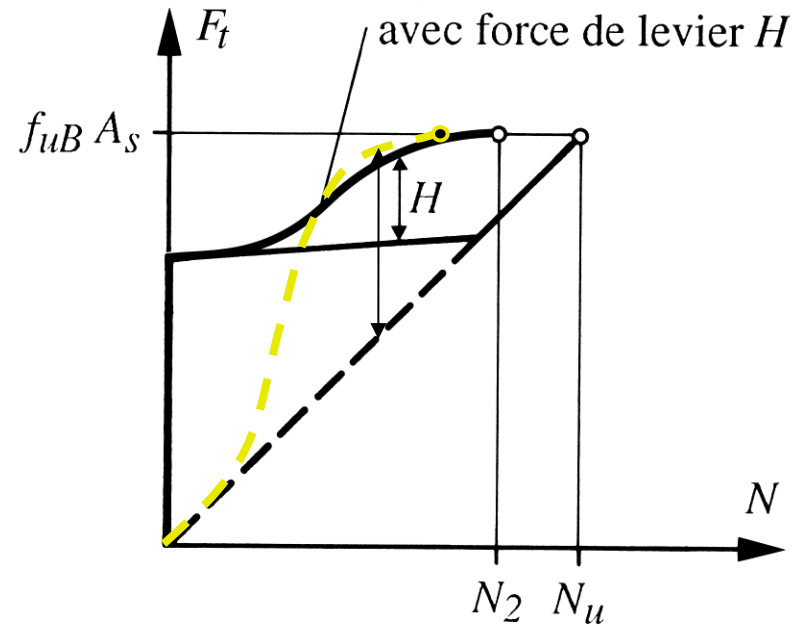
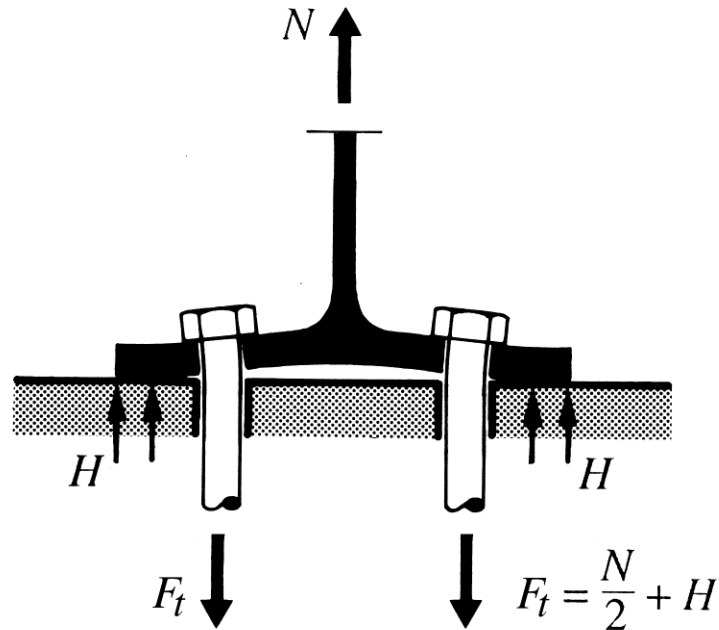


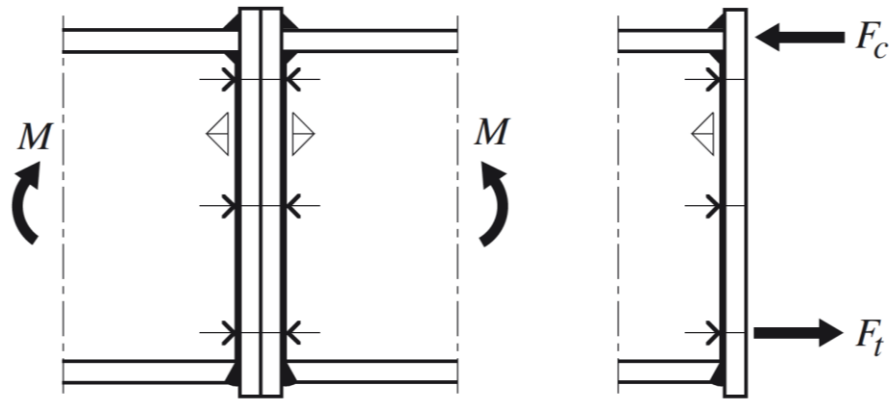
Fig. 8.27: Comportement d'un assemblage précontraint en traction



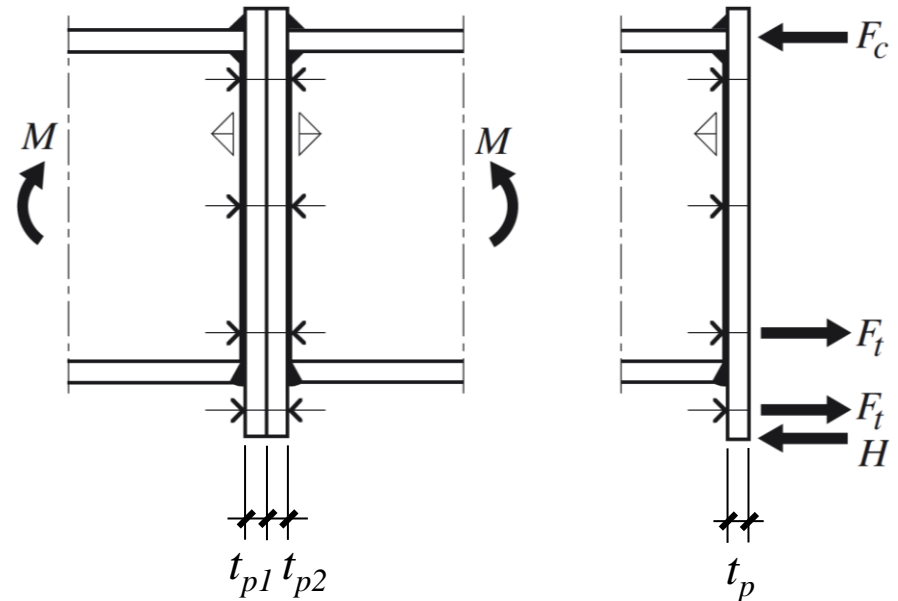
En traction, statique ou fatigue,
assemblages précontraints meilleurs
 \Rightarrow Toujours précontraindre
 \Rightarrow Et tenir compte de H si besoin suivant assemblage
 Cas classique: plaques frontales débordantes, $H = 30\% F_{t,Rd}$, voir exemple 9.2

Cas des plaques frontales débordantes:
Si $t_p < 1,5d$: $H = 30\%$ de $F_{t,Rd}$
voir exemple 9.2

Plaque frontale non-débordante



Plaque frontale débordante







Gare d'Aveiro, Portugal

ANNEXE: rupture en traction de boulons précontraints HR vs HV

Les 2 systèmes sont agréés en Europe:

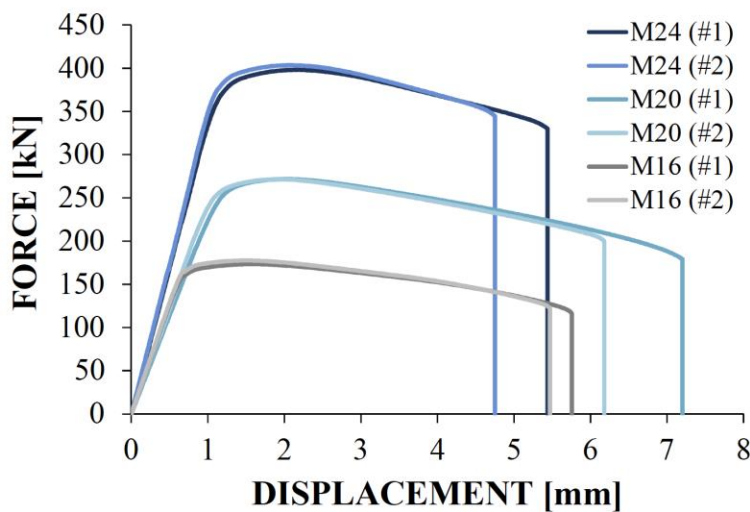
HR, meilleur comportement selon moi :



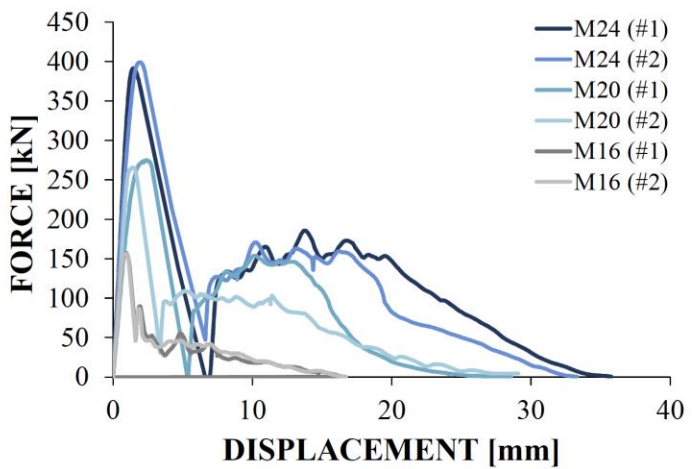
(c) M20 HR specimen after test



(d) M20 HV specimen after test



(e) HR monotonic force-displacement curves



(f) HV monotonic force-displacement curves

Source: D'Aniello et al., Simplified criteria for finite element modelling of European preloadable bolts, Steel and Composite Structures, Vol. 24, No. 6 (2017) 643-658