

COURS STRUCTURES EN MÉTAL



TGC 10, chapitre 8: Résistance des
assemblages par boulons

Partie 2, interaction, précontrainte

Tab. 8.2: assemblages sous différents efforts intérieurs

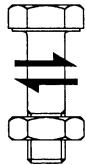
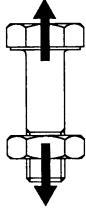
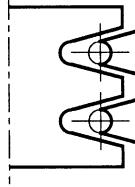
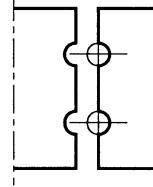
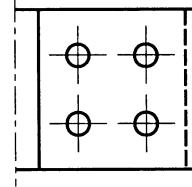
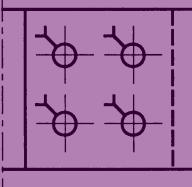
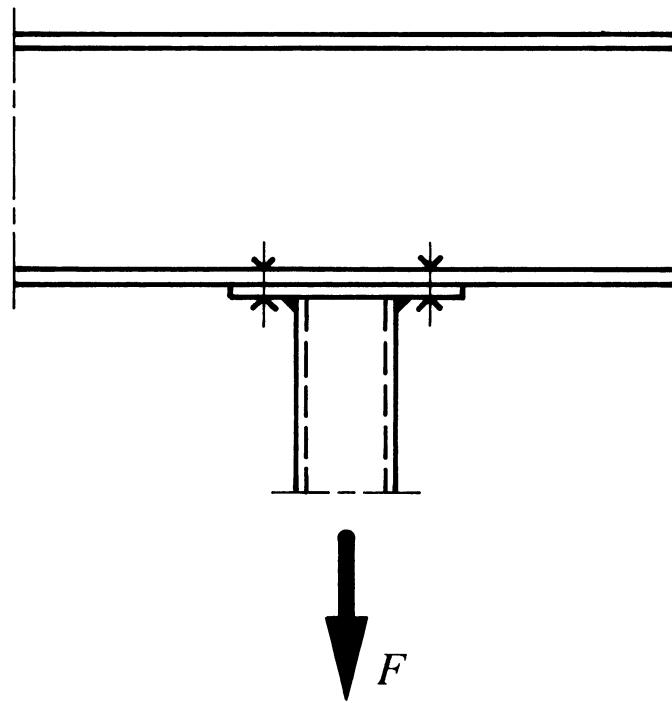
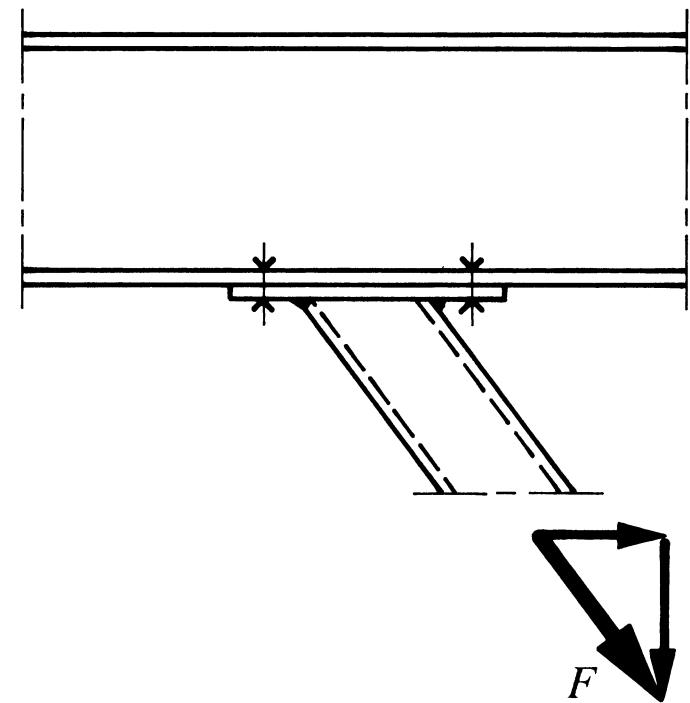
Boulons			Pièces assemblées		Assemblage	
Cisaillement	Traction	Interaction	Pression latérale	Section nette / brute	Non précontraint	Précontraint
						
§ 8.4.2	§ 8.4.3	§ 8.4.4	§ 8.5.1	§ 8.5.2	Sect. 8.6	Sect. 8.7

Fig. 8.14: Interaction, boulons en cisaillement et traction

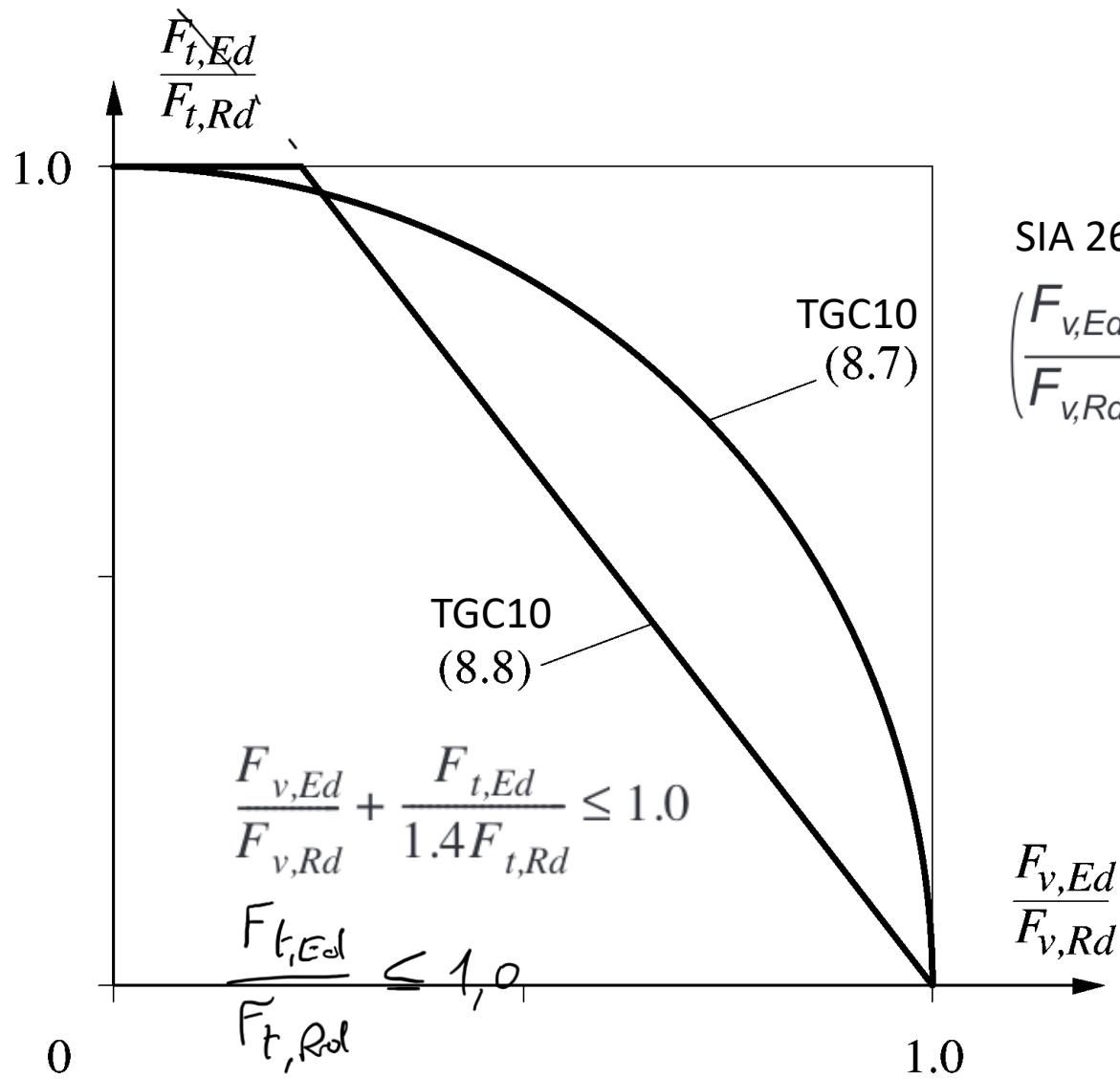


(a) Attache d'un tirant.



(b) Attache d'une diagonale.

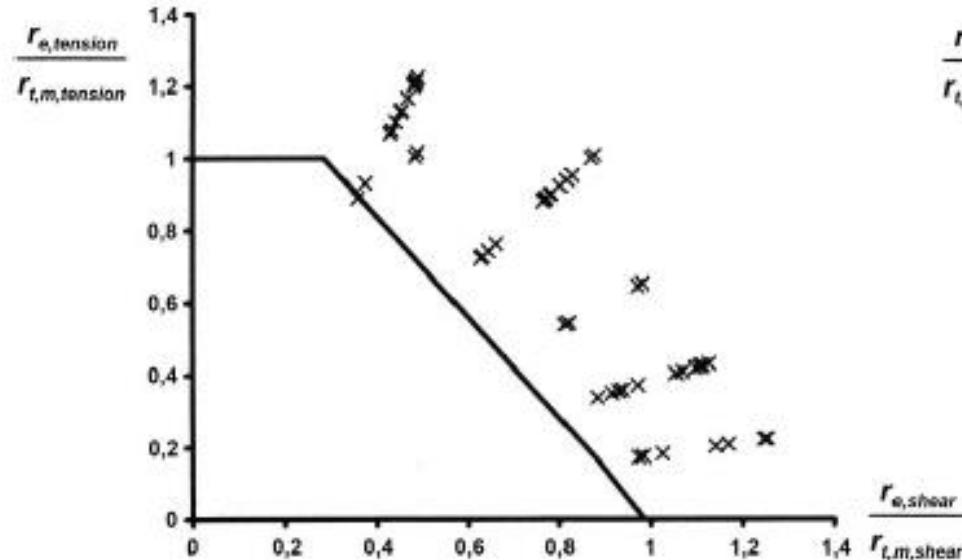
Fig. 8.15: Courbe d'interaction cisaillement-traction



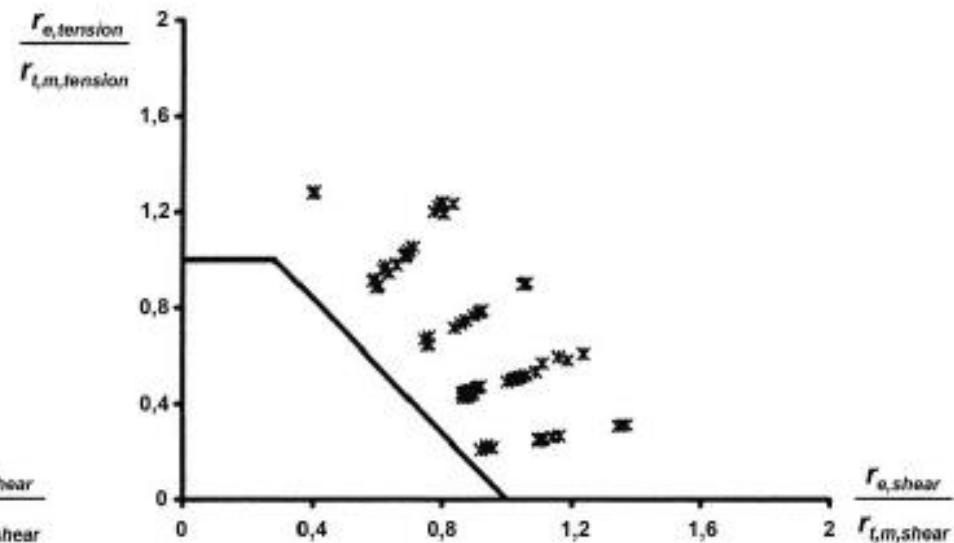
SIA 263 § 6.2.2.6 equ. (78)

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

Résultats essais interaction cisaillement-traction



Versuchsgruppe 41.00 - Gewinde in der Scherfuge



Versuchsgruppe 51.00 - Schaft in der Scherfuge

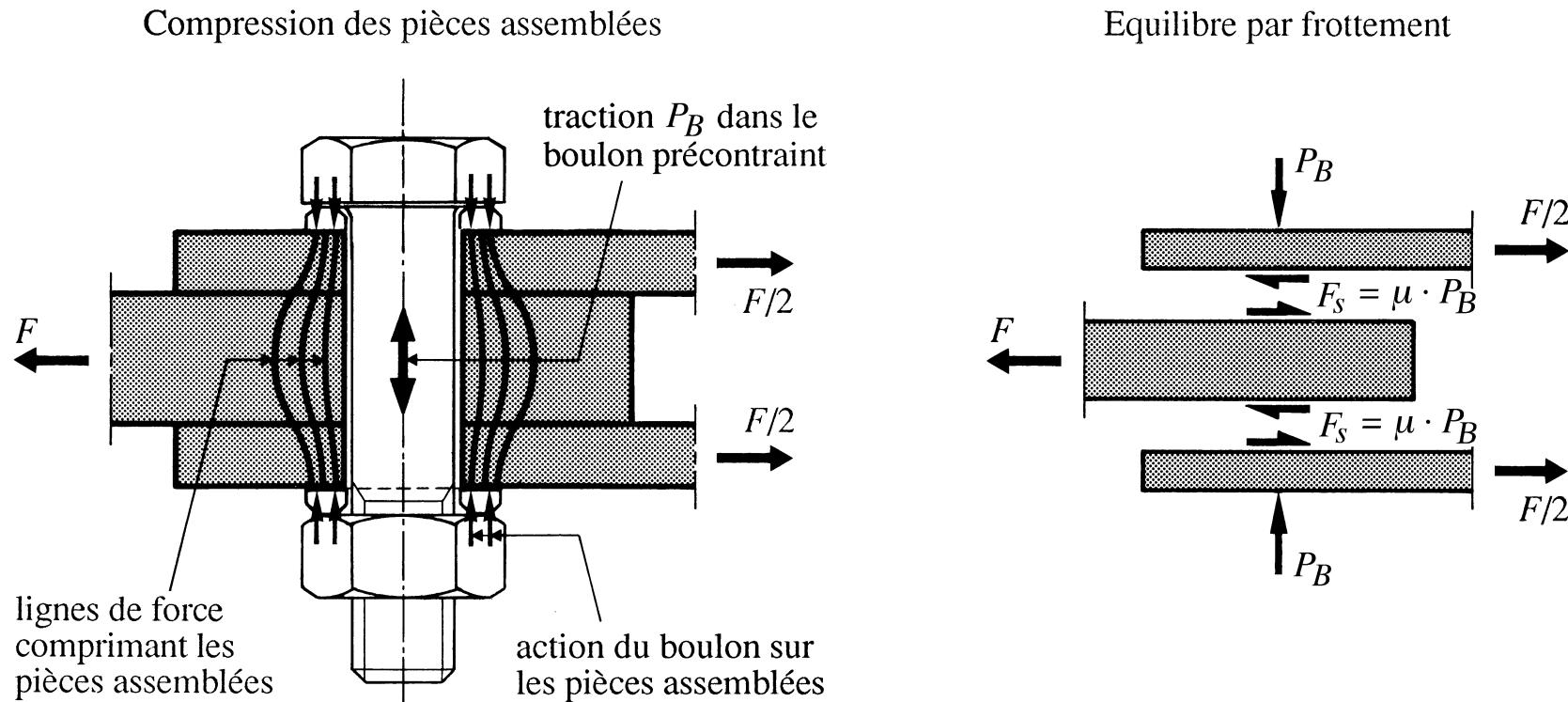
Réf. : Sedlacek, G., Schneider, R.: Background documentation to prEN 1993-1-8,
RWTH Aachen, June 4th, 2004

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.

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

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. cisaillé)

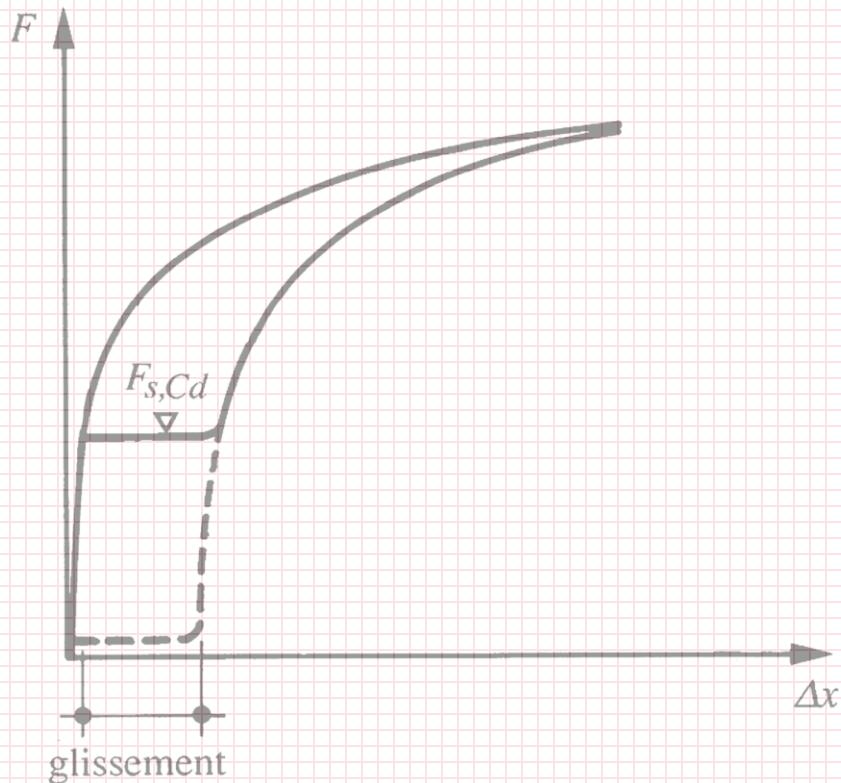


Table SZS C5: Résistance au glissement des boulons précontraints [kN]

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 ₀	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
Schaftrquerschnitt / Section de la tige			A	mm ²	19,6	28,3	50,3	79	113	201	314	452	573	707
Spannungsquerschnitt / Section résistante ② A _s			A _s	mm ²	14,2	20,1	36,6	58	84	157	245	353	459	561
widerstand pro Schraube in kN / Résistance ultime par boulon en kN (Bemessungswerte / Valeurs de calcul)	Scherwiderstand F _{v,Rd}	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		
	Résistance au cisaillement ③		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}		Abstände Entraxes, pinces ⑤	e ₁	15	20	25	30	35	40	45			
				p ₁	30	35	40	45	55	65	70			
				t = 6 mm	18,4	25,2	32,6	40,1	47,4	52,9	60,1			
				S235	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			
				S355	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			
			Abstände Entraxes, pinces ⑥	e ₁	20	25	35	40	50	55	60			
				p ₁	30	40	50	60	70	80	90			
				S235	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			
	Schrauben- und Randabstände / Entraxes et pinces num 1,82 d ₀ 1,32 d ₀		Regelfall Cas usuel	e ₁	20	25	35	40	50	55	60			
				p ₁	30	40	50	60	70	80	90			
				S235	24,5	31,5	45,7	53,4	67,8	72,7	80,1			
			kN	t = 6 mm	32,6	42,0	60,9	71,2	90,4	96,9	107			
				t = 8 mm	40,8	52,5	76,2	89,0	113	121	134			
				t = 10 mm	48,7	59,5	86,3	101	128	137	151			
			S355	t = 6 mm	34,7	44,6	64,7	75,7	96,0	103	114			
				t = 8 mm	42,5	53,3	80,1	91,0	118	127	141			
				t = 10 mm	50,3	61,1	91,9	102,8	130	139	153			
	Schrauben- und Randabstände / Entraxes et pinces num 1,82 d ₀ 1,32 d ₀		Regelfall Cas usuel	e ₁	35	40	55	65	75	85	95			
				p ₁	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			
Grenzgleitkraft Résistance limite au glissement	F _{s,Rd}	Festigkeitsklasse Classe de résist.	⑧ 10.9			μ = 0,25 ⑩	8,4	12,2	22,8	35,6	51,3	66,8		
Grenzgleitkraft Résistance limite au glissement			SHV μ = 0,4 ⑪			13,5	19,5	36,5	57,0	82,1	107	⑫		
Résistance à la traction	F _{t,Rd}	Classe de résist.	⑦ 10.9 ⑧ SHV	41,8	60,5	113	176	254	331	404				
Grenzgleitkraft Résistance limite au glissement	F _{s,Rd}	Festigkeitsklasse Classe de résist.	⑧ 10.9 SHV	μ = 0,25 ⑩	8,4	12,2	22,8	35,6	51,3	66,8	⑫			
			μ = 0,4 ⑪	13,5	19,5	36,5	57,0	82,1	107					

Le précontraindre correctement ? L'ouvrier est notre homme

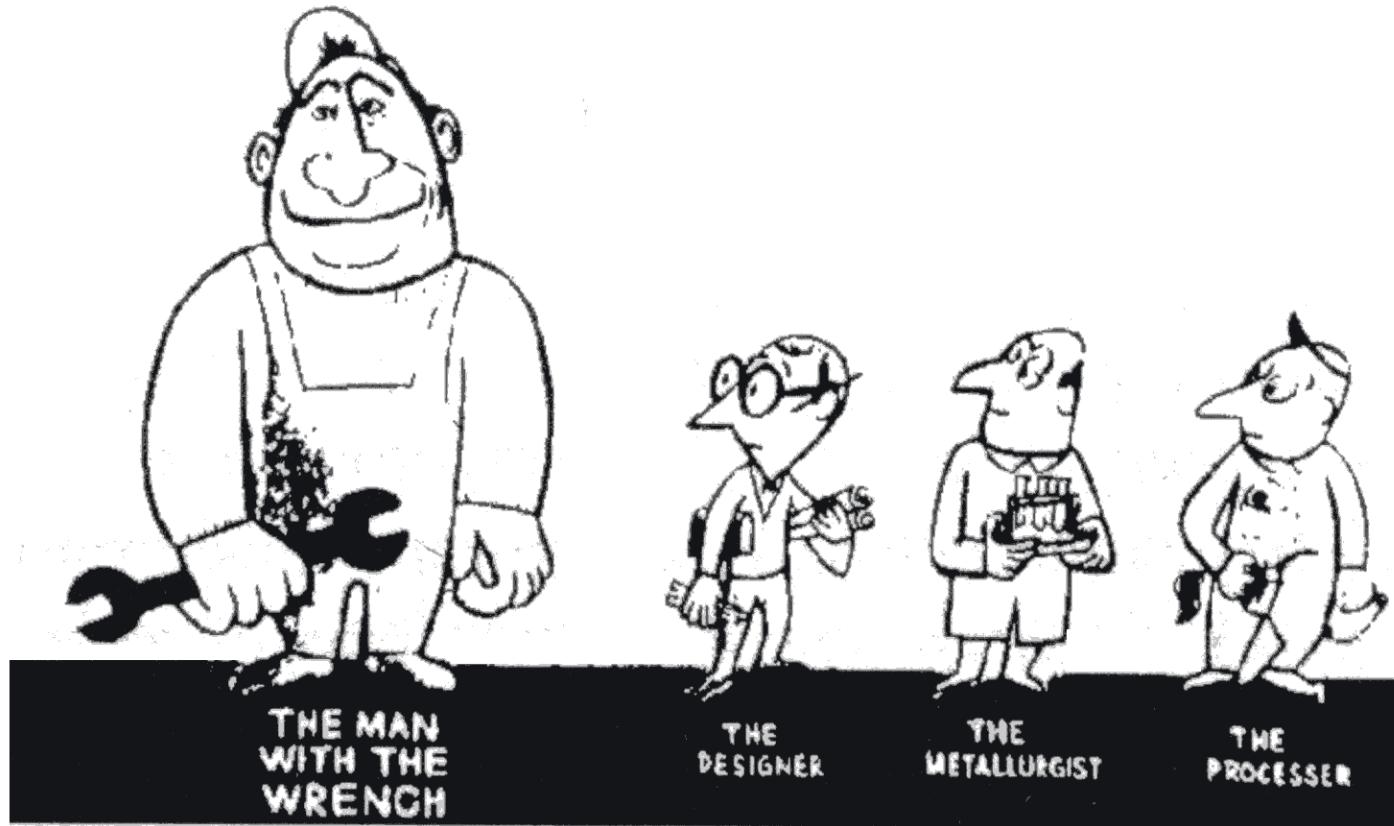


Fig. 1. Who determines the strength of a bolt? [3]

[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 légère- ment huilé	zingué à chaud et lubrifié ¹⁾	noir et légère- ment 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°)

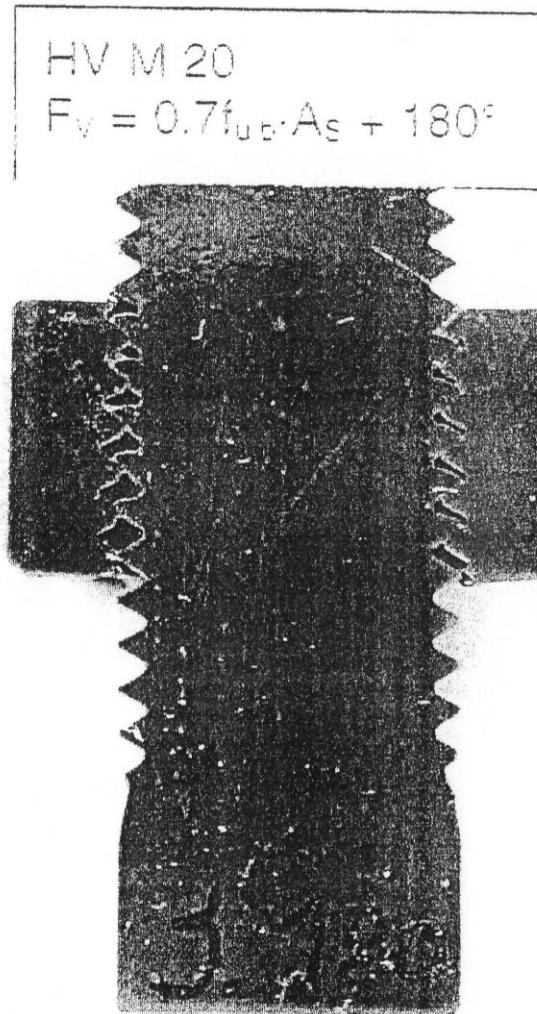
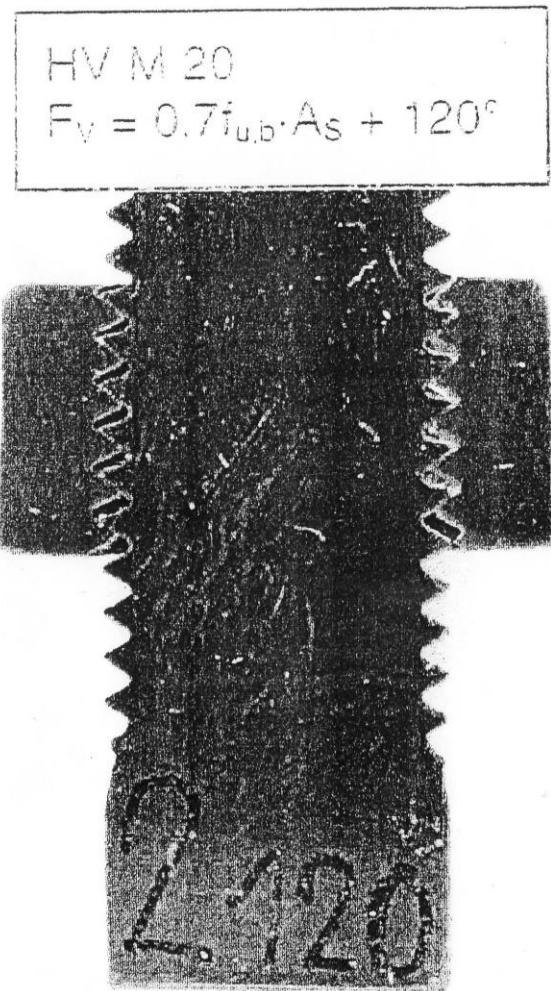


Fig. 8.27: Comportement d'un assemblage précontraint en traction

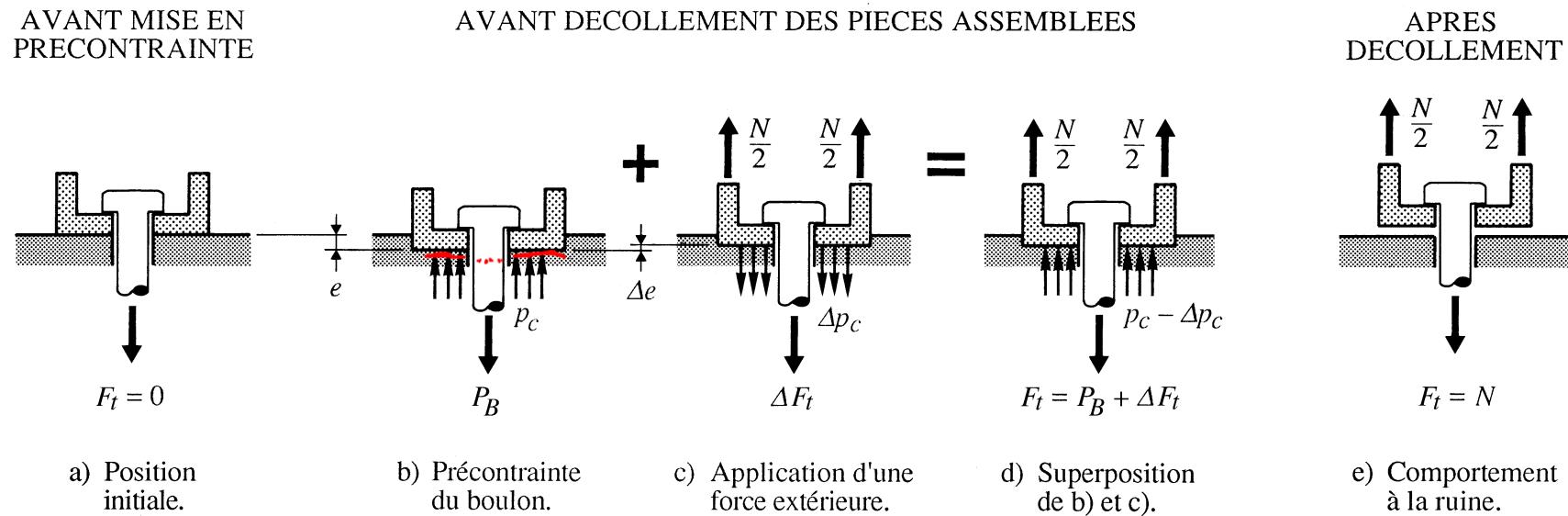


Fig. 8.28: Evolution de la force de traction en fonction force extérieure

Traction F_t dans le boulon

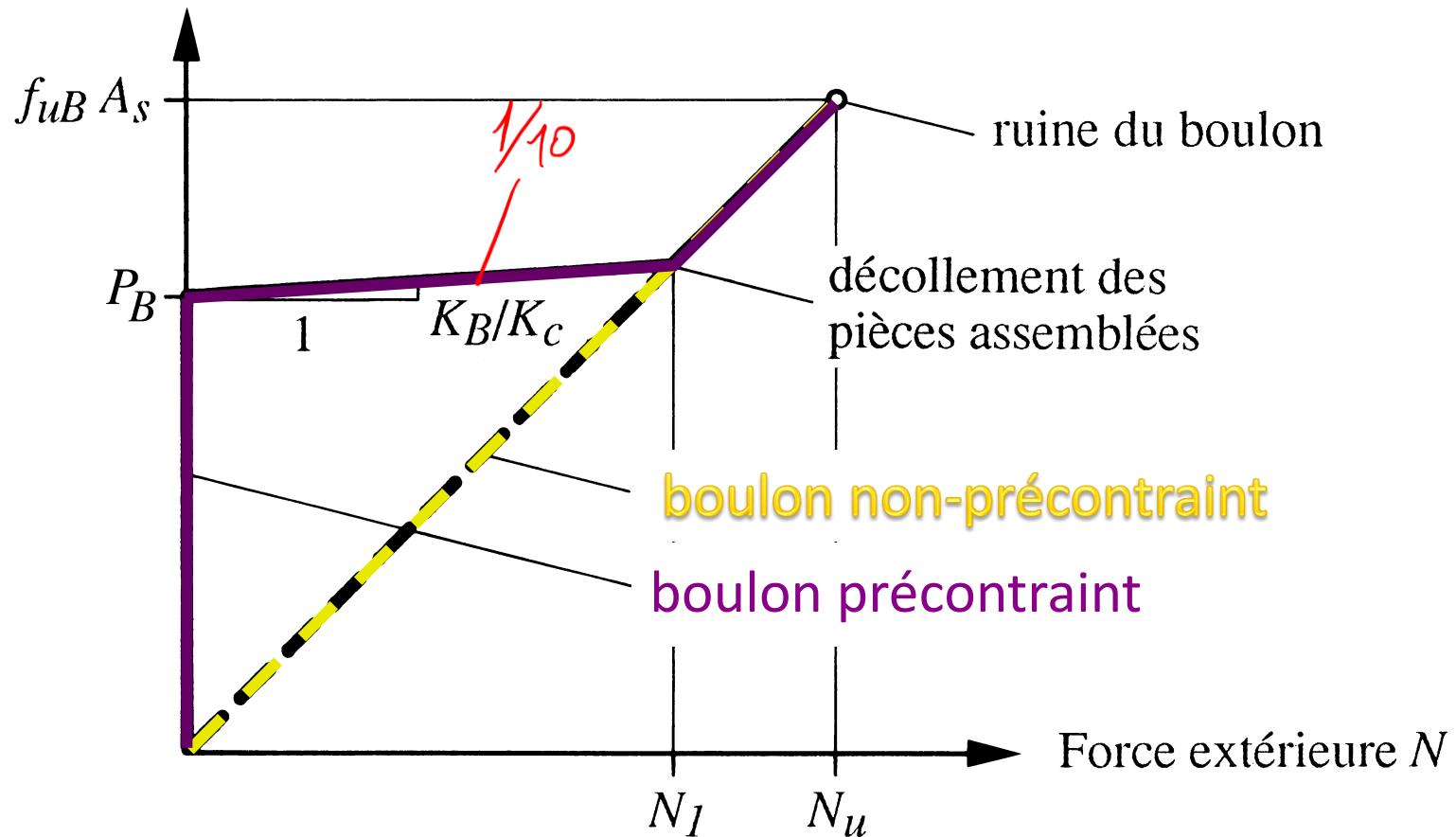


Fig. 8.28: Evolution de la force de traction en fonction force extérieure

Traction F_t dans le boulon

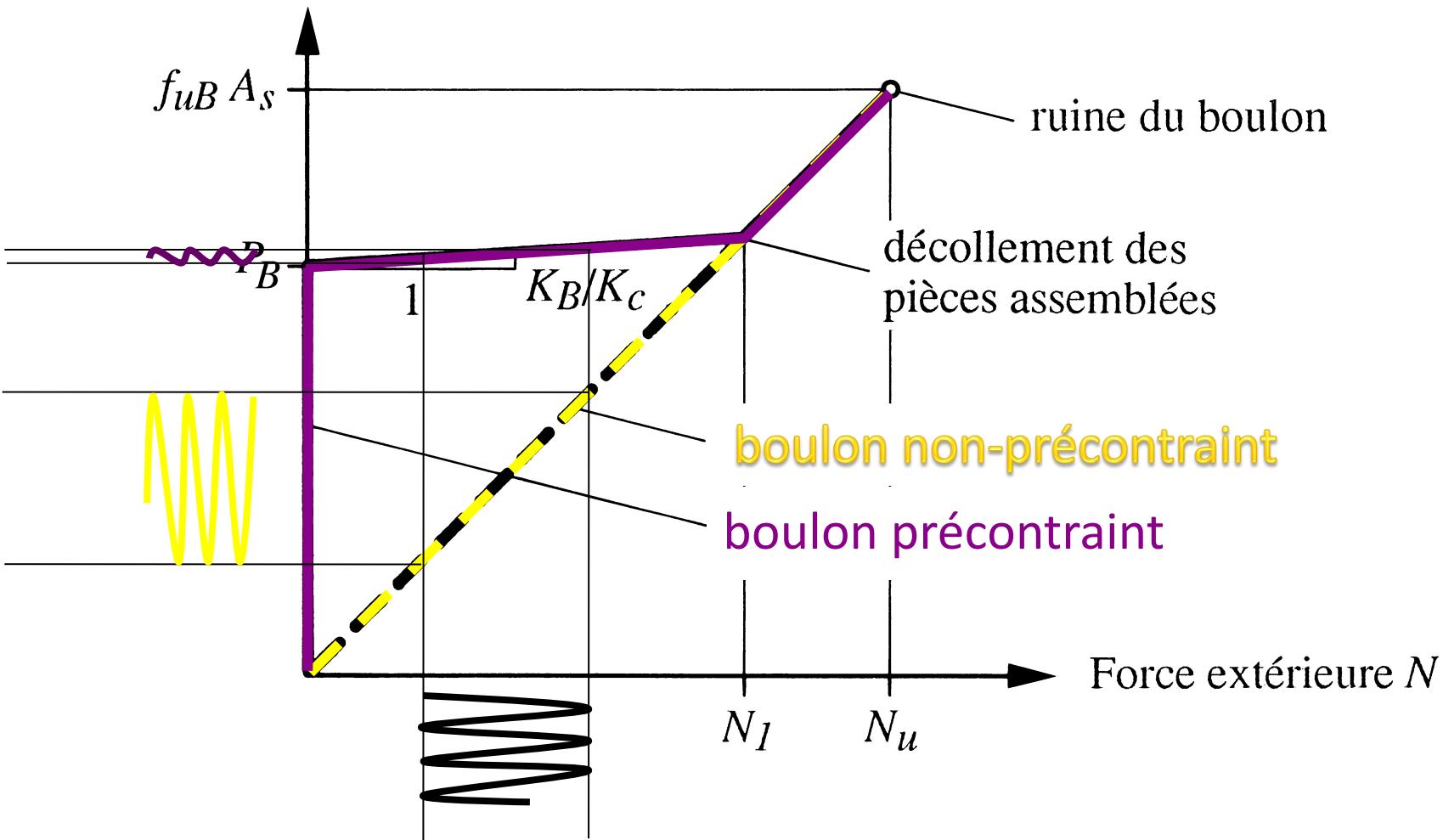
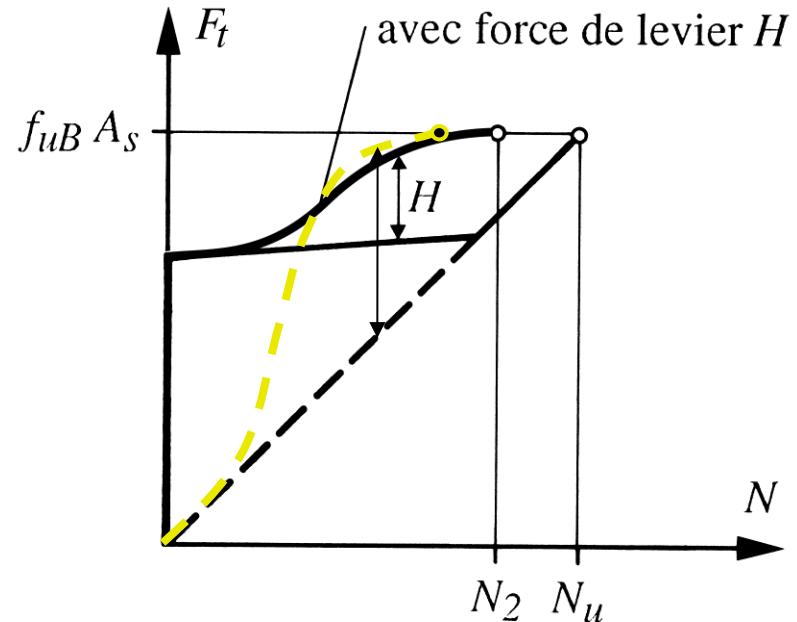
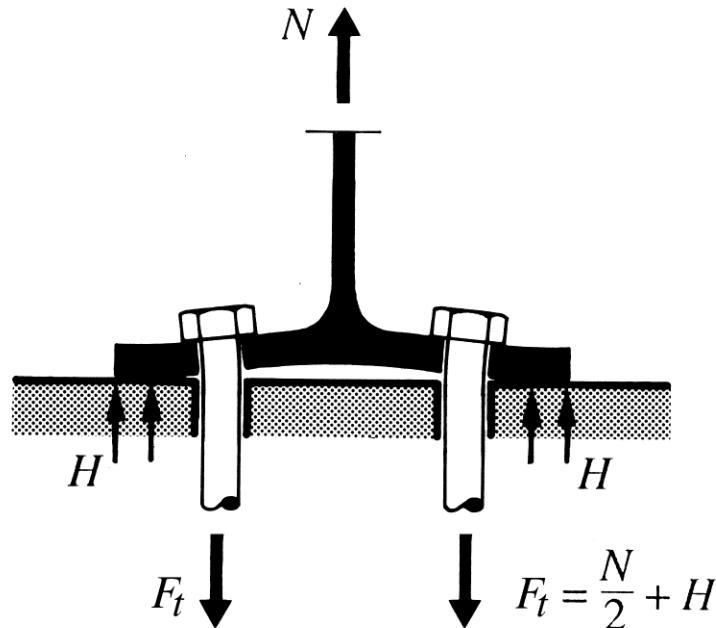


Fig. 8.27: Comportement d'un assemblage précontraint en traction

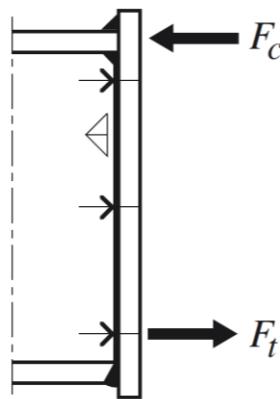
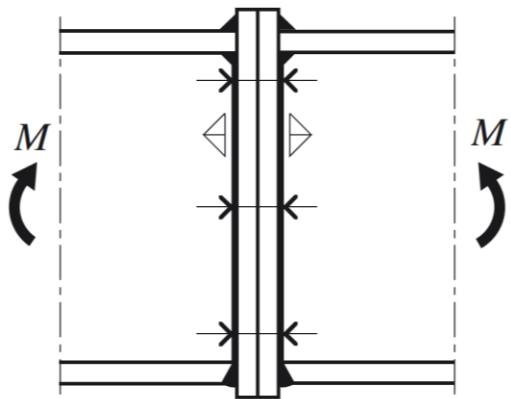


En traction, statique ou fatigue,
assemblages précontraints meilleurs
 ⇒ Toujours précontraindre
 ⇒ Et tenir compte de H si besoin suivant
assemblage
 Cas classique: plaques frontales
débordantes, $H = 30\% F_{t,Rd}$, voir exemple 9.2

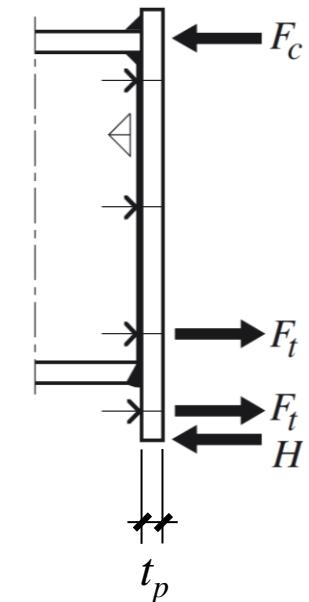
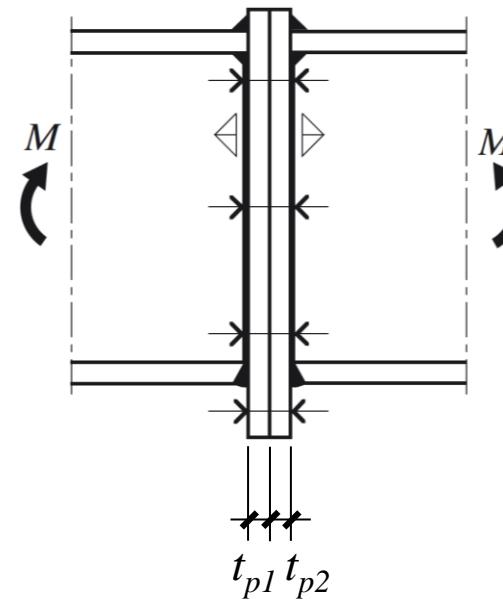
Forces de levier

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







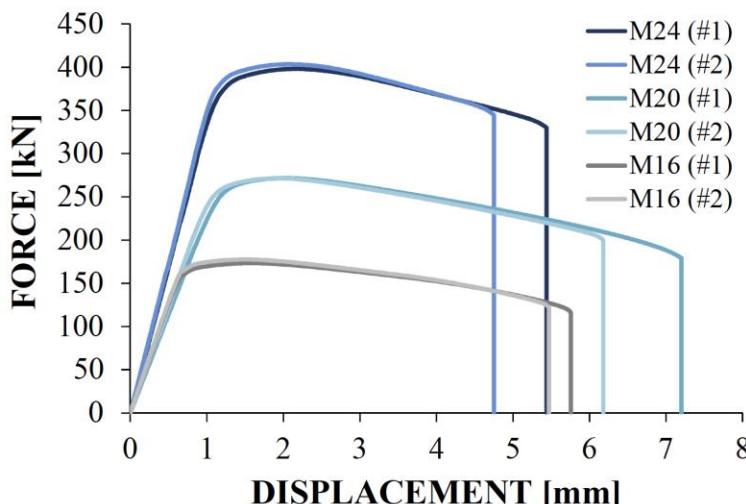
Gare d'Aveiro, Portugal

Les 2 systèmes sont agréés en Europe:

HR, meilleur comportement selon moi :



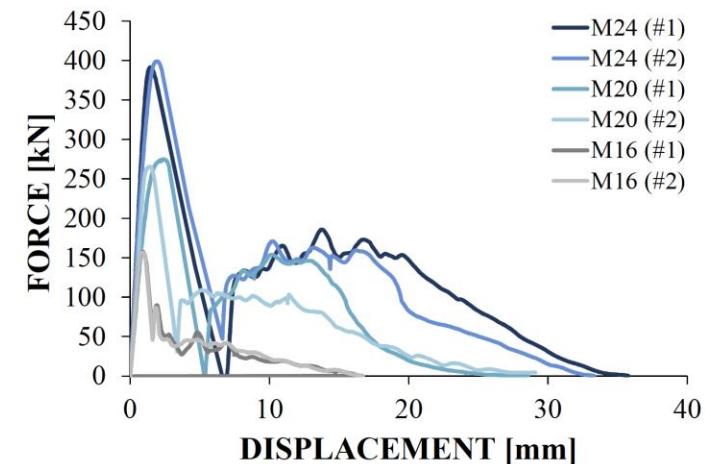
(c) M20 HR specimen after test



(e) HR monotonic force-displacement curves



(d) M20 HV specimen after test



(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