

Assemblages arbre-moyeu

- Exemple de calcul : alésage normal

Arbre plein ; $d_i=25$ mm ; frette $d=80$ mm ; acier $E=217000$ Mpa ; $\nu=0.3$;
 $R_e=300$ Mpa ; $f=0.2$

Longueur de frette $L = 40$ mm

$R_a=1.6$ (Habituellement $1.6 \dots 3.2$)

Couple à transmettre : 100 N.m, variable ($s=1.8$), pas de flexion

- Quels sont les écarts et la qualité de l'ajustement arbre-moyeu nécessaire ?
Donner la forme normalisée ISO de l'ajustement ($\varnothing 25A_{xby}$)
- Calculer les efforts d'assemblage à la presse ($s'=1.4$)
- Calculer l'écart de température (pour un assemblage par dilatation thermique) et proposer un mode opératoire ($\alpha = 11 \cdot 10^{-6}$)

Assemblages arbre-moyeu

- Exemple de calcul : alésage normal

$$p_{min} = \frac{2 C_f}{f L \pi d_i^2} s = 22.918 \text{ Mpa}$$

$$\delta d_i = p \frac{d_i}{E} \left(\frac{d_i^2 + d_e^2}{d_e^2 - d_i^2} + 1 \right) = 5.85 \mu \text{ m}$$

$$\delta d_i^{\min} = \delta d_i + 2(R_a^e + R_a^i) = 12.252 \mu \text{ m}$$

- Valeurs limite de pression :

$$p_{\max}^1 = R \frac{r_e^2 - r_i^2}{2r_e^2} = 135.35 \text{ Mpa} \quad p_{\max}^2 = p_{\max}^3 = (R - \sigma_{\text{axiale}}) = 300 \text{ Mpa}$$

On prend donc

$$p_{\max} = 135.35 \text{ Mpa}$$

d'où

$$\delta d_i^{\max} = \left(\delta d_i^{\min} - 2(R_a^e + R_a^i) \right) \frac{p_{\max}}{p_{\min}} = 34.562 \mu \text{ m}$$

Assemblages arbre-moyeu

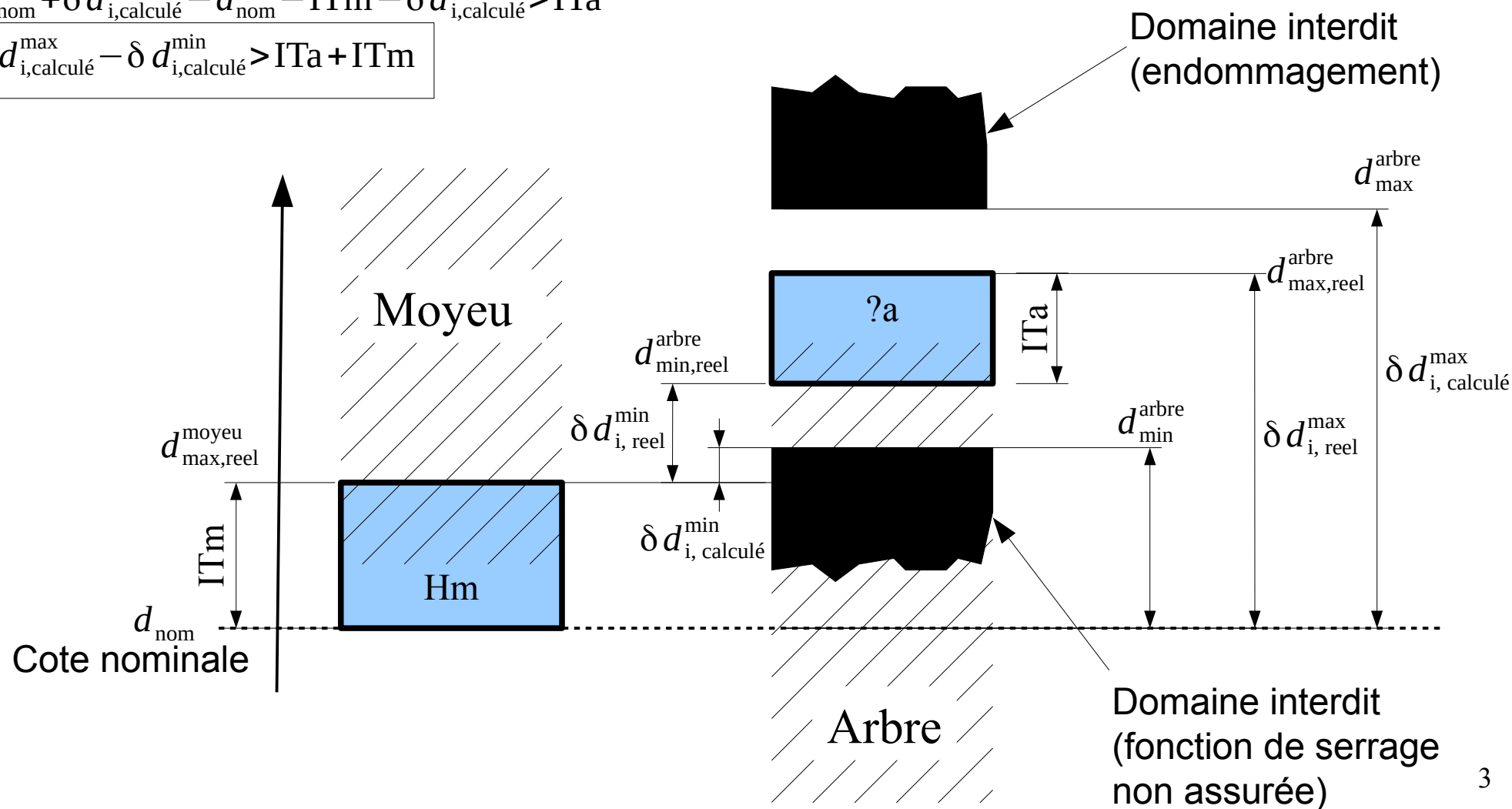
$$d_{\max}^{\text{arbre}} = d_{\text{nom}} + \delta d_{i, \text{calculé}}^{\max}$$

$$d_{\min}^{\text{arbre}} = d_{\text{nom}} + IT_m + \delta d_{i, \text{calculé}}^{\min}$$

$$d_{\max}^{\text{arbre}} - d_{\min}^{\text{arbre}} > IT_a$$

$$d_{\text{nom}} + \delta d_{i, \text{calculé}}^{\max} - d_{\text{nom}} - IT_m - \delta d_{i, \text{calculé}}^{\min} > IT_a$$

$$\delta d_{i, \text{calculé}}^{\max} - \delta d_{i, \text{calculé}}^{\min} > IT_a + IT_m$$



Assemblages arbre-moyeu

- Choix de l'ajustement pour $\delta d_i^{\min} = 12.252 \mu\text{m}$ $\delta d_i^{\max} = 34.562 \mu\text{m}$
 $IT^{\text{arbre}} + IT^{\text{moyeu}} = (\delta d_i^{\max} - \delta d_i^{\min}) = (34.562 - 12.252) \approx 23 \rightarrow Q^{\text{arbre}} = 5; Q^{\text{moyeu}} = 6$

25 mm →

paliers de dimensions en mm		qualités																	
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14*	15*	16*
≤ 3		0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
> 3 à	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
> 6 à	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
> 10 à	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
> 18 à	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
> 30 à	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
> 50 à	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
> 80 à	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
> 120 à	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
> 180 à	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
> 250 à	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
> 315 à	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
> 400 à	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
		tolérances fondamentales en microns																	
		* les qualités 14, 15, 16 ne sont prévues qu'au-delà de 1 mm																	

Assemblages arbre-moyeu

- Choix de l'ajustement pour $\delta d_i^{\min} = 12.252 \mu m$ $\delta d_i^{\max} = 34.562 \mu m$

Alésage normal $\rightarrow d^{\text{moyeu}} = 25H6$ $d_{\text{min,reel}}^{\text{moyeu}} = 25$ $d_{\text{max,reel}}^{\text{moyeu}} = 25^{+13} \mu m$

Arbre $d_{\text{max,reel}}^{\text{arbre}} < 25^{+34.562} \mu m$ $d_{\text{min,reel}}^{\text{arbre}} > 25^{+(13+12.252 \approx 26)} \mu m$

Ecart fondamental			Ecart supérieur es											Ecart inférieur ei																						
Symbole	Lettre		a*	b*	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc			
	Qualité		Toutes qualités											5 et 6	7	8	4 a 7	< 3 > 7	Toutes qualités																	
Ecart fondamental en microns	paliers de dimensions nominales en millimètres	* <3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	** Ecart limites = $\pm \frac{IT}{2}$	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	--	+18	--	+20	--	+26	+32	+40	+60			
		> 3 à 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	--	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	--	+23	--	+28	--	+35	+42	+50	+80			
		> 6 à 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	--	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	--	+28	--	+34	--	+42	+52	+67	+97			
		> 10 à 14	-290	-150	-95	--	-50	-32	--	-16	--	-6	0		-3	-6	--	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	--	+33	--	+40	--	+50	+64	+90	+130			
		> 14 à 18													--	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	--	+33	--	+40	--	+50	+64	+90	+130					
		> 18 à 24	-300	-160	-110	--	-65	-40	--	-20	--	-7	0		-4	-8	--	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	--	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188			
		> 24 à 30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
		> 30 à 40	-310	-170	-120	--	-80	-50	--	-25	--	-9	0		-5	-10	--	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	--	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274		
		> 40 à 50	-320	-180	-130	--	-80	-50	--	-25	--	-9	0		-5	-10	--	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	--	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274		
		> 50 à 65	-340	-190	-140	--	-100	-60	--	-30	--	-10	0		-7	-12	--	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	--	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325		
		> 65 à 80	-360	-200	-150	--	-100	-60	--	-30	--	-10	0		-7	-12	--	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	--	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325		
		> 80 à 100	-380	-220	-170	--	-120	-72	--	-36	--	-12	0		-9	-15	--	+3	0	+13	+23	+37	+43	+59	--	+63	+92	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
		> 100 à 120	-410	-240	-180	--	-120	-72	--	-36	--	-12	0		-9	-15	--	+3	0	+13	+23	+37	+43	+59	--	+63	+92	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
		> 120 à 140	-460	-260	-200	--	-145	-85	--	-43	--	-14	0		-11	-18	--	+3	0	+15	+27	+43	+51	+71	--	+65	+92	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
		> 140 à 160	-520	-280	-210	--	-145	-85	--	-43	--	-14	0		-11	-18	--	+3	0	+15	+27	+43	+51	+71	--	+65	+92	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
		> 160 à 180	-580	-310	-230	--	-145	-85	--	-43	--	-14	0		-11	-18	--	+3	0	+15	+27	+43	+51	+71	--	+65	+92	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405		
		> 180 à 200	-660	-340	-240	--	-170	-100	--	-50	--	-15	0		-13	-21	--	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	--	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
		> 200 à 225	-740	-380	-260	--	-170	-100	--	-50	--	-15	0		-13	-21	--	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	--	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
		> 225 à 250	-820	-420	-280	--	-190	-110	--	-56	--	-17	0		-16	-26	--	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	--	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
		> 250 à 280	-920	-480	-300	--	-190	-110	--	-56	--	-17	0		-16	-26	--	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	--	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
		> 280 à 315	-1050	-540	-330	--	-210	-125	--	-62	--	-18	0		-18	-28	--	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	--	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
		> 315 à 355	-1200	-600	-360	--	-210	-125	--	-62	--	-18	0		-18	-28	--	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	--	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
		> 355 à 400	-1350	-680	-400	--	-230	-135	--	-68	--	-20	0		-20	-32	--	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	--	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
		> 400 à 450	-1500	-760	-440	--	-230	-135	--	-68	--	-20	0		-20	-32	--	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	--	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
		> 450 à 500	-1650	-840	-480	--	-230	-135	--	-68	--	-20	0		-20	-32	--	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	--	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400

* les arbres a et b ne sont prévus qu'au-delà de 1mm.

** pour js des qualités 7 à 11, arrondir la valeur de IT en microns, si elle est impaire, à la valeur paire immédiatement inférieure

* les arbres a et b ne sont prévus qu'au-delà de 1mm.

** pour js des qualités 7 à 11, arrondir la valeur de IT en microns, si elle est impaire, à la valeur paire immédiatement inférieure

- Il faut encore vérifier $d_{\text{max,reel}}^{\text{arbre}} < 25^{+34.562} \mu m$

$Q^{\text{arbre}} = 5 \rightarrow ITa = 9$ $d_{\text{max,reel}}^{\text{arbre}} = 25^{+(9+28=37)} \mu m$... ça ne marche pas ! Il faut augmenter la qualité.

Assemblages arbre-moyeu

- Améliorons la qualité : décalage d'un cran vers la gauche

$$\rightarrow Q^{\text{arbre}} = 4; Q^{\text{moyeu}} = 5$$

25 mm →

paliers de dimensions en mm		qualités																	
		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14*	15*	16*
≤ 3		0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
> 3 à	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
> 6 à	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
> 10 à	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
> 18 à	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
> 30 à	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
> 50 à	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
> 80 à	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
> 120 à	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
> 180 à	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
> 250 à	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
> 315 à	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
> 400 à	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
		tolérances fondamentales en microns																	
		* les qualités 14, 15, 16 ne sont prévues qu'au-delà de 1 mm																	

Assemblages arbre-moyeu

- Choix de l'ajustement pour $\delta d_i^{\min} = 12.252 \mu m$ $\delta d_i^{\max} = 34.562 \mu m$

Alésage normal $\rightarrow d^{\text{moyeu}} = 25H5$ $d_{\text{min, reel}}^{\text{moyeu}} = 25$ $d_{\text{max, reel}}^{\text{moyeu}} = 25^{+9 \mu m}$

Arbre $d_{\text{max, reel}}^{\text{arbre}} < 25^{+34.562 \mu m}$ $d_{\text{min, reel}}^{\text{arbre}} > 25^{+(9+12.252 \approx 22) \mu m}$

Ecart fondamental		Ecart supérieur es											Ecart inférieur ei																				
Symbole	Lettre	a*	b*	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc	
	Qualité	Toutes qualités											5 et 6	7	8	4 a 7	3 > 7	Toutes qualités															
Ecart fondamental en microns	* <3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0		-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	--	+18	--	+20	--	+26	+32	+40	+60	
	> 3 à 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	--	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	--	+23	--	+28	--	+35	+42	+50	+80	
	> 6 à 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	--	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	--	+28	--	+34	--	+42	+52	+67	+97	
	> 10 à 14	-290	-150	-95	--	-50	-32	--	-16	--	-6	0		-3	-6	--	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	--	+33	--	+40	--	+50	+64	+90	+130	
	> 14 à 18	-290	-150	-95	--	-50	-32	--	-16	--	-6	0		-3	-6	--	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	--	+33	--	+40	--	+50	+64	+90	+130	
	> 18 à 24	-300	-160	-110	--	-65	-40	--	-20	--	-7	0		-4	-8	--	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	--	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
	> 24 à 30	-300	-160	-110	--	-65	-40	--	-20	--	-7	0		-4	-8	--	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	--	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
	> 30 à 40	-310	-170	-120	--	-80	-50	--	-25	--	-9	0		-5	-10	--	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	--	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
	> 40 à 50	-320	-180	-130	--	-80	-50	--	-25	--	-9	0		-5	-10	--	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	--	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
	> 50 à 65	-340	-190	-140	--	-100	-60	--	-30	--	-10	0		-7	-12	--	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	--	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
	> 65 à 80	-360	-200	-150	--	-100	-60	--	-30	--	-10	0		-7	-12	--	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	--	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
	> 80 à 100	-380	-220	-170	--	-120	-72	--	-36	--	-12	0		-9	-15	--	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	--	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
	> 100 à 120	-410	-240	-180	--	-120	-72	--	-36	--	-12	0		-9	-15	--	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	--	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
	> 120 à 140	-460	-260	-200	--	-145	-85	--	-43	--	-14	0		-11	-18	--	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	--	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
	> 140 à 160	-520	-280	-210	--	-145	-85	--	-43	--	-14	0		-11	-18	--	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	--	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
	> 160 à 180	-580	-310	-230	--	-145	-85	--	-43	--	-14	0		-11	-18	--	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	--	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
	> 180 à 200	-660	-340	-240	--	-170	-100	--	-50	--	-15	0		-13	-21	--	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	--	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
	> 200 à 225	-740	-380	-260	--	-170	-100	--	-50	--	-15	0		-13	-21	--	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	--	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
	> 225 à 250	-820	-420	-280	--	-190	-110	--	-56	--	-17	0		-16	-26	--	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	--	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
	> 250 à 280	-920	-480	-300	--	-190	-110	--	-56	--	-17	0		-16	-26	--	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	--	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
	> 280 à 315	-1050	-540	-330	--	-210	-125	--	-62	--	-18	0		-18	-28	--	+4	0	+21	+37	+62	+98	+170	--	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
	> 315 à 355	-1200	-600	-360	--	-210	-125	--	-62	--	-18	0		-18	-28	--	+4	0	+21	+37	+62	+98	+170	--	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
	> 355 à 400	-1350	-680	-400	--	-230	-135	--	-68	--	-20	0		-20	-32	--	+5	0	+23	+40	+68	+108	+190	--	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
	> 400 à 450	-1500	-760	-440	--	-230	-135	--	-68	--	-20	0		-20	-32	--	+5	0	+23	+40	+68	+108	+190	--	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
	> 450 à 500	-1650	-840	-480	--	-230	-135	--	-68	--	-20	0		-20	-32	--	+5	0	+23	+40	+68	+108	+190	--	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900

* les arbres a et b ne sont prévus qu'au-delà de 1mm.

** pour js des qualités 7 à 11, arrondir la valeur de IT en microns, si elle est impaire, à la valeur paire immédiatement inférieure

- Il faut encore vérifier $d_{\text{max, reel}}^{\text{arbre}} < 25^{+34.562 \mu m}$

$Q^{\text{arbre}} = 4 \rightarrow ITa = 6$ $d_{\text{max, reel}}^{\text{arbre}} = 25^{+(6+22=28) \mu m}$... ça marche ! L'ajustement est donc $\varnothing 25H5p4$

Assemblages arbre-moyeu

- Choix de l'ajustement pour $\delta d_i^{\min} = 12.252 \mu\text{m}$ $\delta d_i^{\max} = 34.562 \mu\text{m}$

$$d_{\max}^{\text{arbre}} < d_{\text{nom}} + \delta d_i^{\max} = 25^{+34.562 \mu\text{m}}$$

$$d_{\min}^{\text{arbre}} > d_{\text{nom}} + IT^{\text{moyeu}} + \delta d_i^{\min} = 25 + IT^{\text{moyeu}} + 12.252 \mu\text{m}$$

$$IT^{\text{arbre}} + IT^{\text{moyeu}} = (\delta d_i^{\max} - \delta d_i^{\min}) = (34.562 - 12.252) \approx 23 \rightarrow Q^{\text{arbre}} = Q^{\text{moyeu}} - 1 = 6 \quad (5)$$

Alésage normal $\rightarrow d^{\text{moyeu}} = 25\text{H}5$ $d_{\min}^{\text{moyeu}} = 25$ $d_{\max}^{\text{moyeu}} = 25^{+9 \mu\text{m}}$

Arbre : $d_{\max}^{\text{arbre}} < 25^{+34.562 \mu\text{m}}$ $d_{\min}^{\text{arbre}} > 25^{+(9+12.252 \approx 22) \mu\text{m}}$ \rightarrow ajustement « p »

Arbre $\rightarrow d^{\text{arbre}} = 25\text{p}4$ $d_{\min}^{\text{arbre}} = 25^{+22 \mu\text{m}}$ $d_{\max}^{\text{arbre}} = 25^{+28 \mu\text{m}}$
- L'ajustement est donc 25H5p4. La mise en place doit se faire à la presse, ou par dilatation, mais est-ce possible ? \rightarrow cf slides suivants
- L'ajustement de l'arbre est en général un peu plus précis à cause du mode de calcul qui suppose de prendre les valeurs d'ajustement dans des tables.
- On constate que $\delta d_i^{\max} \approx \frac{di}{1000}$: c'est souvent utilisé comme valeur « à la louche » pour la limite de frettage, pour des aciers de construction mécanique habituels. Si on s'en écarte significativement, il faut vérifier les calculs par deux fois !

Assemblages arbre-moyeu

- Mise en place de la frette à la presse :

$$p^{\text{reel,max}} = \frac{\delta d_i^{\text{reel,max}}}{d_i} \frac{E_e E_i}{E_i \left(\frac{d_i^2 + d_e^2}{d_e^2 - d_i^2} + \nu_e \right) + E_e \left(\frac{d_i^2 + d_0^2}{d_i^2 - d_0^2} - \nu_i \right)}$$

$$d_{\text{max}}^{\text{arbre}} = 25^{+28\mu\text{m}}$$

$$F^{\text{presse, mini}} = \pi d_i p^{\text{reel,max}} L f s' \quad s' = 1.4$$

$$p^{\text{reel,max}} = 110 \text{ MPa} \quad F^{\text{presse, mini}} \approx 97000 \text{ N}$$

Assemblages arbre-moyeu

$$\Delta T = \frac{\delta d_i^{\text{reel,max}} + J_0}{\alpha d_i} \quad T_{\text{frette}} = \frac{\delta d_i^{\text{reel,max}} + J_0}{\alpha d_i} + 25^\circ \text{C}$$

$J_0 = \text{jeu moyen Hxhy}$
ou Hxgy $d_i > 40 \text{ mm}$

- Ici on a, on a H5p4 d'où $x=5, y=4 \rightarrow J_0$ correspond au jeu dans H5h4
 $\rightarrow J_0 = 7.5 \mu\text{m}$

Au final :

$$\Delta T = 129^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{frette}} = 154^\circ \text{C}$$

On peut :

- Chauffer au chalumeau ou par induction (arbre à température ambiante)
- Chauffer au bain d'huile (idem)
- Chauffer dans l'eau bouillante et refroidir l'arbre à la glace carbonique jusque -30°C
- Refroidir l'arbre à l'azote liquide (moyeu à température ambiante)