Tolérances & Cotation fonctionnelle

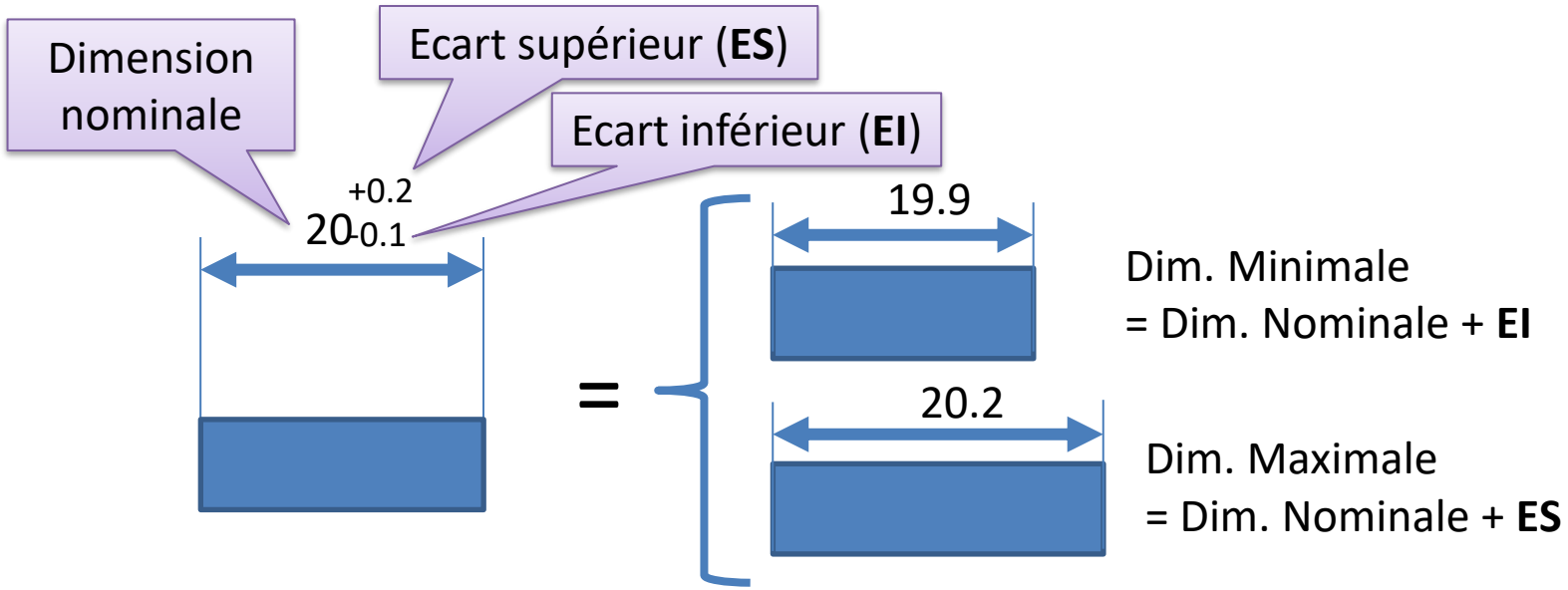
UPMeca

Ludovic Surgot, Août 2026

Source: https://www.westfieldfasteners.co.uk/

Tolérances

Définitions



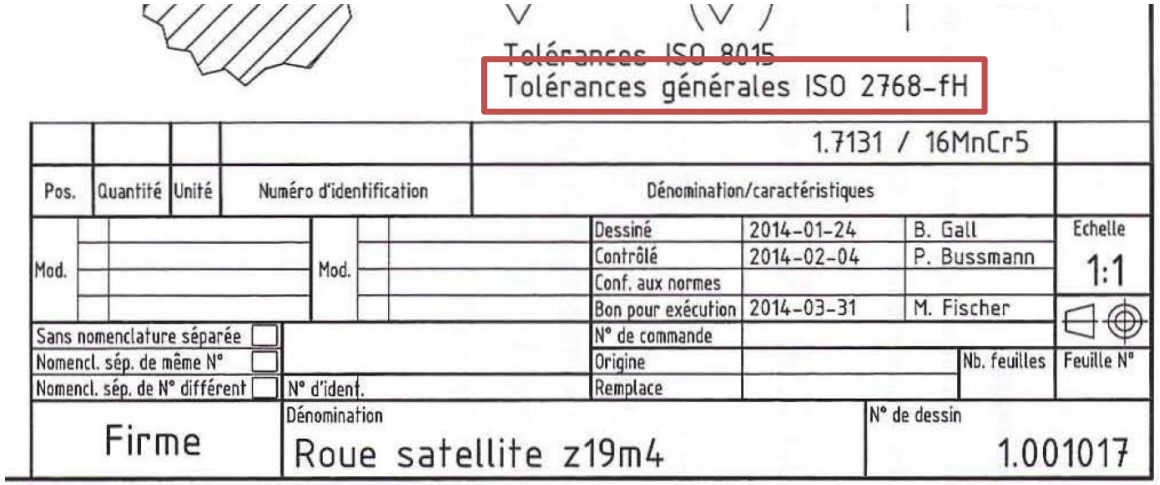
IT: *intervalle de tolérance* ou *tolérance*:

IT = ES – EI

Tolérances générales

ISO 2768-1

- Tolérances «par défaut» dans le cartouche:



- Niveaux **f / m / c / v**
- En général, TG pour les cotes non fonctionnelles ($↘)
- TG ne s'appliquent pas :
  - Cotes auxiliaires → ()
  - Cotes avec tolérances ISO ou écarts spécifiques

Tolérances générales standardisées

Cotes linéaires & angulaires

Tableau 114/1 Ecarts limites pour dimensions linéaires
(dimensions extérieures et intérieures, longueurs de portées, distances, diamètres, cotes d'usinage de pièces à assembler) Dim. en mm

Classe de tolérance	Dimension nominale [1]							
	≥ 0,5 ... 3	> 3 ... 6	> 6 ... 30	> 30 ... 120	> 120 ... 400	> 400 ... 1000	> 1000 ... 2000	> 2000 ... 4000
	Ecarts							
f (fine) [2]	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	–
m (moyenne)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c (grossière)	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v (très grossière)	–	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

Remarque: Les symboles f, m, c, et v sont dérivés de la langue anglaise (fine, medium, coarse, very coarse) et correspondent à la norme ISO 2768-1.

Tableau 115/1 Ecarts limites pour dimensions angulaires
(angles cotés ainsi que les angles généralement non cotés [p.ex. 90°], angles de polygones réguliers, divisions de cercles) Dimensions en mm

Classe de tolérance	Dimension nominale L_{KS} = longueur du plus petit côté, voir fig. 114/1							
	... 10	> 10 ... 50	> 50 ... 120	> 120 ... 400	... 10	> 10 ... 50	> 50 ... 120	> 120 ... 400
	Ecarts ± ε (en degrés et minutes)				Ecarts ± ε_R (en mm/100 mm)			
f (fine), m (moyenne)	± 1°	± 30′	± 20′	± 10′	± 1,7	± 0,9	± 0,6	± 0,3
c (grossière)	± 1° 30′	± 1°	± 30′	± 15′	± 2,5	± 1,7	± 0,9	± 0,4
v (très grossière)	± 3°	± 2°	± 1°	± 30′	± 5	± 3,5	± 1,7	± 0,9

Explications relatives aux tableaux 114/2 et 115/1

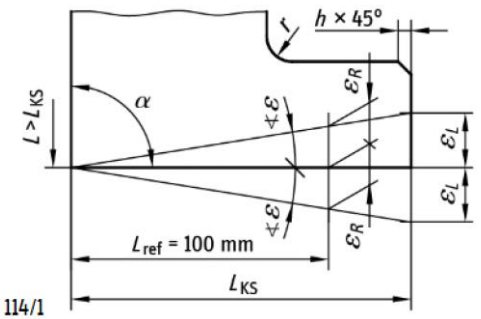
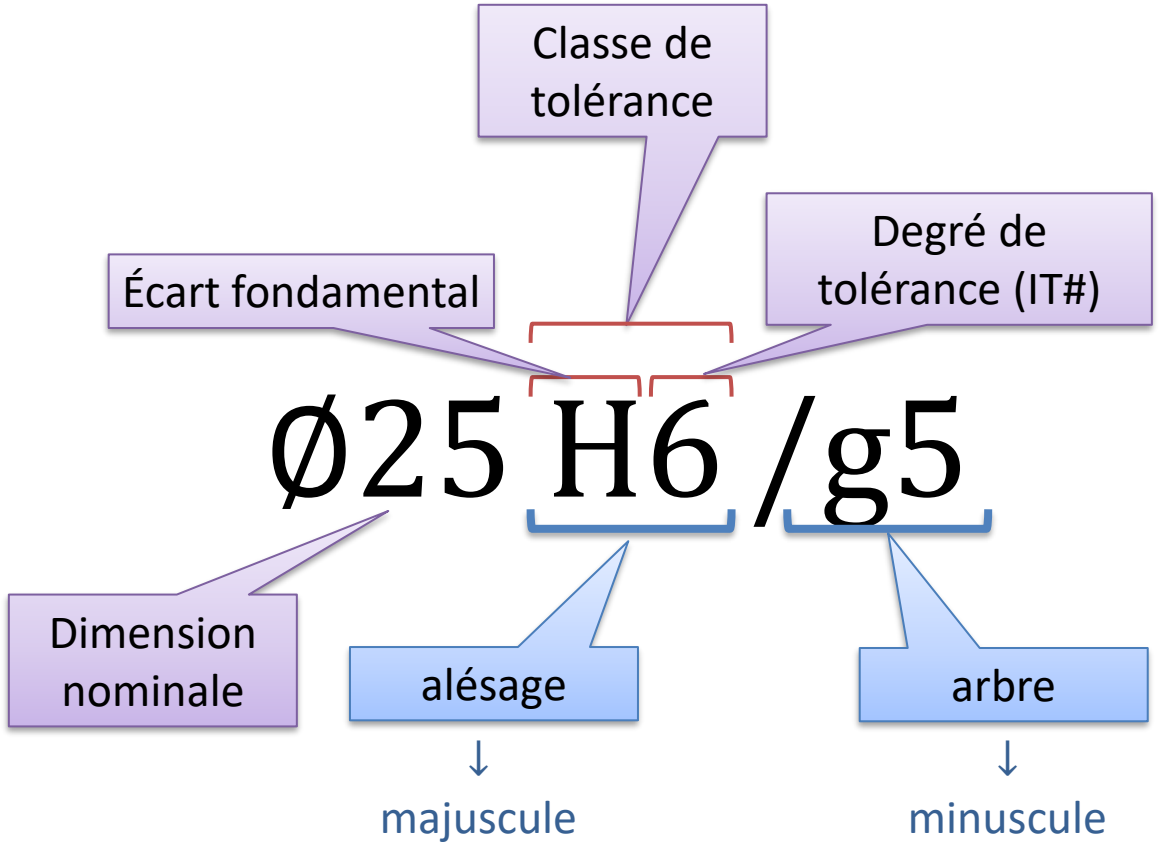


Fig. 114/1

Mention dans le cartouche: Tolérances générales ISO 2768-f/m/c/v

Source: Extrait de normes VSM 2018, Swissmem

Système ISO de tolérances



Degré de tolérance (IT)

Ø25 H6

Tableau 105/1 Valeurs numériques des tolérances fondamentales IT 01 ... IT 18

Tailles nominales en mm		Degrés de tolérance normalisés																		
		IT01	IT0	IT1 [1]	IT2 [1]	IT3 [1]	IT4 [1]	IT5 [1]	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14 [2]	IT15 [2]	IT16 [2]	IT17 [2]	IT18 [2]
au-dessus de	jusqu'à et y compris	Tolérances fondamentales																		
		µm													mm						
-	3 [2]	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630 [1]	-	-	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800 [1]	-	-	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000 [1]	-	-	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250 [1]	-	-	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600 [1]	-	-	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000 [1]	-	-	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500 [1]	-	-	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150 [1]	-	-	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Source: Extrait de normes VSM 2018, Swissmem

Ecart fondamental

Ø25 H6

Tableau 108/1 Intervalles de tolérances des alésages
(classées selon les lettres et suivant la position par rapport à la ligne zéro; représentées pour la plage de tailles nominales >30 ... 50 mm, >30 ... 40 mm pour «C»).

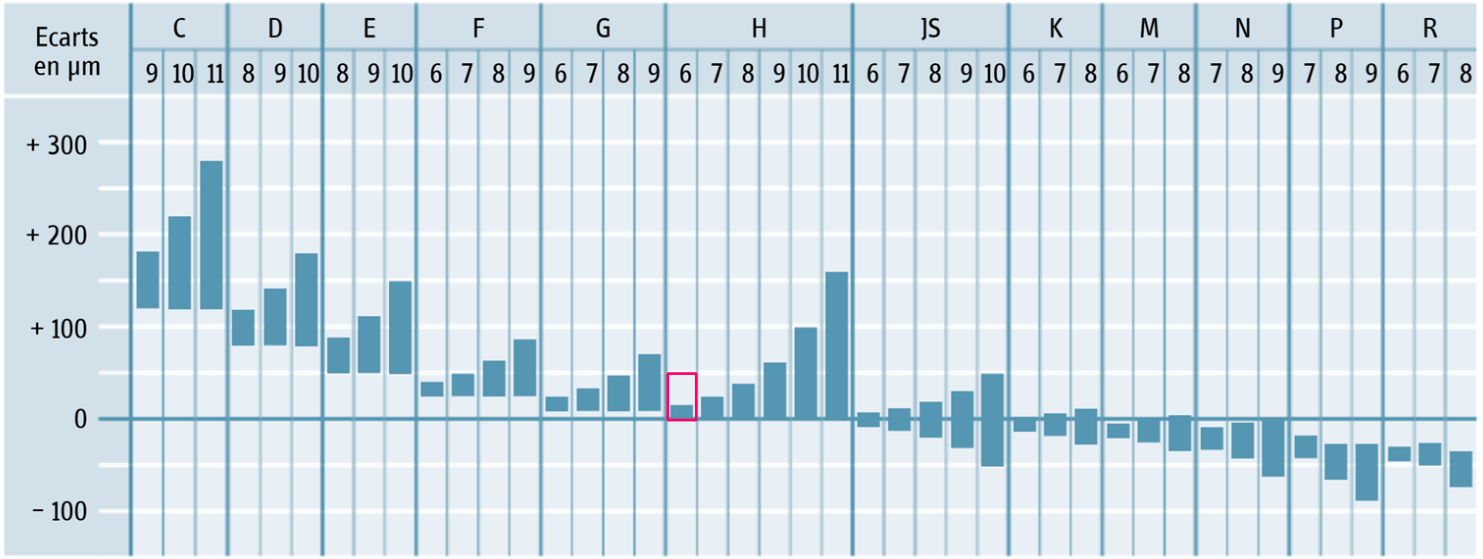
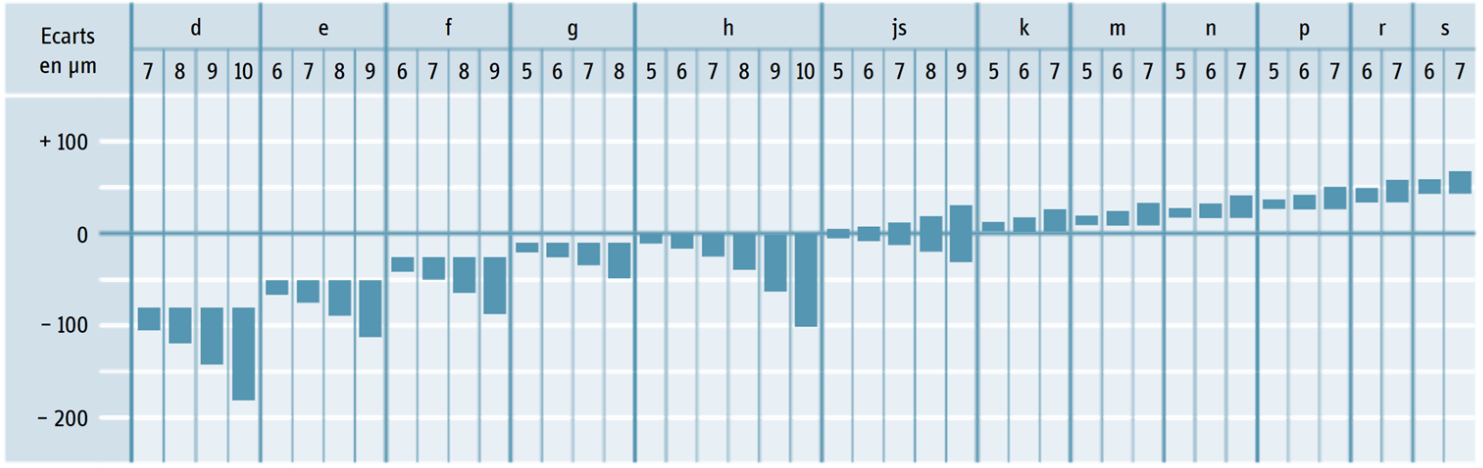


Tableau 104/2 Intervalles de tolérances des arbres
(classées selon les lettres et suivant la position par rapport à la ligne zéro; représentées pour le palier de dimensions nominales . 30 ... 50 mm)



Source: *Extrait de normes VSM 2018, Swissmem*

Classes de tolérances ISO

Tableau 106/1 Ecarts des arbres (SN EN ISO 286-2)

Tailles nominales en mm		Ecarts limites supérieurs et inférieurs (valeurs en µm; 1 µm = 0,001 mm = 1 micromètre)																						
au-dessus de	jusqu'à et y compris	d9	e8	f7	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h11	js5	js6	js13	js14	k5	k6	m5	m6	n5	n6	p6	r6	s6	s7
-	3	- 20 - 45	- 14 - 28	- 6 - 16	- 2 - 8	0 - 4	0 - 6	0 - 10	0 - 14	0 - 25	0 - 60	± 2	± 3	± 70	± 125	+ 4 0	+ 6 0	+ 6 + 2	+ 8 + 2	+ 8 + 4	+ 10 + 4	+ 12 + 6	+ 16 + 10	+ 20 + 14	+ 24 + 14
3	6	- 30 - 60	- 20 - 38	- 10 - 22	- 4 - 12	0 - 5	0 - 8	0 - 12	0 - 18	0 - 30	0 - 75	± 2,5	± 4	± 90	± 150	+ 6 + 1	+ 9 + 1	+ 9 + 4	+ 12 + 4	+ 13 + 8	+ 16 + 8	+ 20 + 12	+ 23 + 15	+ 27 + 19	+ 31 + 19
6	10	- 40 - 76	- 25 - 47	- 13 - 28	- 5 - 14	0 - 6	0 - 9	0 - 15	0 - 22	0 - 36	0 - 90	± 3	± 4,5	± 110	± 180	+ 7 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 6	+ 15 + 6	+ 16 + 10	+ 19 + 10	+ 24 + 15	+ 28 + 19	+ 32 + 23	+ 38 + 23
10	18	- 50 - 93	- 32 - 59	- 16 - 34	- 6 - 17	0 - 8	0 - 11	0 - 18	0 - 27	0 - 43	0 - 110	± 4	± 5,5	± 135	± 215	+ 9 + 1	+ 12 + 1	+ 15 + 7	+ 18 + 7	+ 20 + 12	+ 23 + 12	+ 29 + 18	+ 34 + 23	+ 39 + 28	+ 46 + 28
18	30	- 65 - 117	- 40 - 73	- 20 - 41	- 7 - 20	0 - 9	0 - 13	0 - 21	0 - 33	0 - 52	0 - 130	± 4,5	± 6,5	± 165	± 260	+ 11 + 2	+ 15 + 2	+ 17 + 8	+ 21 + 8	+ 24 + 15	+ 28 + 15	+ 35 + 22	+ 41 + 28	+ 48 + 35	+ 56 + 35
30	50	- 80 - 142	- 50 - 89	- 25 - 50	- 9 - 25	0 - 11	0 - 16	0 - 25	0 - 39	0 - 62	0 - 160	± 5,5	± 8	± 195	± 310	+ 13 + 2	+ 18 + 2	+ 20 + 9	+ 25 + 9	+ 28 + 17	+ 33 + 17	+ 42 + 26	+ 50 + 34	+ 59 + 43	+ 68 + 43
50	65	- 100	- 60	- 30	- 10	0	0	0	0	0	0	± 6,5	± 9,5	± 230	± 370	+ 15	+ 21	+ 24	+ 30	+ 33	+ 39	+ 51	+ 60 + 41	+ 72 + 53	+ 83 + 53
65	80	- 174	- 106	- 60	- 29	- 13	- 19	- 30	- 46	- 74	- 190					+ 2	+ 2	+ 11	+ 11	+ 20	+ 20	+ 32	+ 62 + 43	+ 78 + 59	+ 89 + 59
80	100	- 120	- 72	- 36	- 12	0	0	0	0	0	0	± 7,5	± 11	± 270	± 435	+ 18	+ 25	+ 28	+ 35	+ 38	+ 45	+ 59	+ 73 + 51	+ 93 + 71	+ 106 + 71
100	120	- 207	- 126	- 71	- 34	- 15	- 22	- 35	- 54	- 87	- 220					+ 3	+ 3	+ 13	+ 13	+ 23	+ 23	+ 37	+ 76 + 54	+ 101 + 79	+ 114 + 79
120	140																						+ 88 + 63	+ 117 + 92	+ 132 + 92
140	160	- 145	- 85	- 43	- 14	0	0	0	0	0	0	± 9	± 12,5	± 315	± 500	+ 21	+ 28	+ 33	+ 40	+ 45	+ 52	+ 68	+ 90 + 65	+ 125 + 100	+ 140 + 100
160	180	- 245	- 148	- 83	- 39	- 18	- 25	- 40	- 63	- 100	- 250					+ 3	+ 3	+ 15	+ 15	+ 27	+ 27	+ 43	+ 93 + 68	+ 133 + 108	+ 148 + 108
180	200																						+ 106 + 77	+ 151 + 122	+ 168 + 122
200	225	- 170	- 100	- 50	- 15	0	0	0	0	0	0	± 10	± 14,5	± 360	± 575	+ 24	+ 33	+ 37	+ 46	+ 51	+ 60	+ 79	+ 109 + 80	+ 159 + 130	+ 176 + 130
225	250	- 285	- 172	- 96	- 44	- 20	- 29	- 46	- 72	- 115	- 290					+ 4	+ 4	+ 17	+ 17	+ 31	+ 31	+ 50	+ 113 + 84	+ 169 + 140	+ 186 + 140
250	280	- 190	- 110	- 56	- 17	0	0	0	0	0	0	± 11,5	± 16	± 405	± 650	+ 27	+ 36	+ 43	+ 52	+ 57	+ 66	+ 88	+ 126 + 94	+ 190 + 158	+ 210 + 158
280	315	- 320	- 191	- 108	- 49	- 23	- 32	- 52	- 81	- 130	- 320					+ 4	+ 4	+ 20	+ 20	+ 34	+ 34	+ 56	+ 130 + 98	+ 202 + 170	+ 222 + 170
315	355	- 210	- 125	- 62	- 18	0	0	0	0	0	0	± 12,5	± 18	± 445	± 700	+ 29	+ 40	+ 46	+ 57	+ 62	+ 73	+ 98	+ 144 + 108	+ 226 + 190	+ 247 + 190
355	400	- 350	- 214	- 119	- 54	- 25	- 36	- 57	- 89	- 140	- 360					+ 4	+ 4	+ 21	+ 21	+ 37	+ 37	+ 62	+ 150 + 114	+ 244 + 208	+ 265 + 208

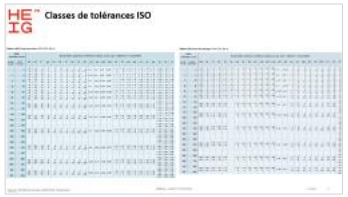
Tableau 107/1 Ecarts des alésages (SN EN ISO 286-2)

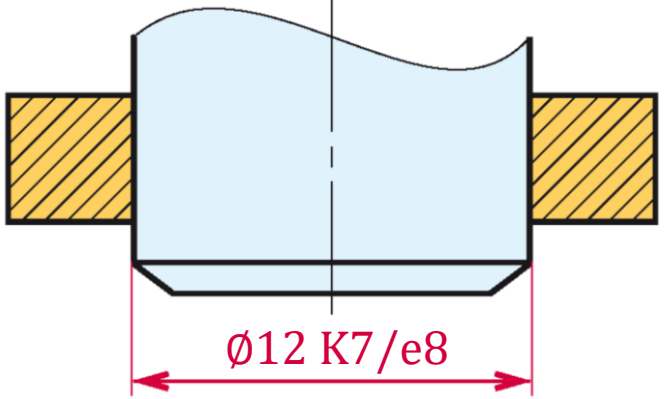
Tailles nominales en mm		Ecarts limites supérieurs et inférieurs (valeurs en µm; 1 µm = 0,001 mm = 1 micromètre)																						
au-dessus de	jusqu'à et y compris	D10	E9	F7	F8	G7	G9	H6	H7	H8	H9	H11	H12	H13	JS7	JS9	K6	K7	M6	M7	N7	N9 [1])	P7	P9	R7
-	3	+ 60 + 20	+ 39 + 14	+ 16 + 6	+ 20 + 6	+ 12 + 2	+ 27 + 2	+ 6 0	+ 10 0	+ 14 0	+ 25 0	+ 60 0	+ 100 0	+ 140 0	± 5	± 12,5	0 - 6	0 - 10	- 2 - 8	- 2 - 12	- 4 - 14	- 4 - 29	- 6 - 16	- 6 - 31	- 10 - 20
3	6	+ 78 + 30	+ 50 + 20	+ 22 + 10	+ 28 + 10	+ 16 + 4	+ 34 + 4	+ 8 0	+ 12 0	+ 18 0	+ 30 0	+ 75 0	+ 120 0	+ 180 0	± 6	± 15	+ 2 - 6	+ 3 - 9	- 1 - 9	0 - 12	- 4 - 16	0 - 30	- 8 - 20	- 12 - 42	- 11 - 23
6	10	+ 98 + 40	+ 61 + 25	+ 28 + 13	+ 35 + 13	+ 20 + 5	+ 41 + 5	+ 9 0	+ 15 0	+ 22 0	+ 36 0	+ 90 0	+ 150 0	+ 220 0	± 7,5	± 18	+ 2 - 7	+ 5 - 10	- 3 - 12	0 - 15	- 4 - 19	0 - 36	- 9 - 24	- 15 - 51	- 13 - 28
10	18	+ 120 + 50	+ 75 + 32	+ 34 + 16	+ 43 + 16	+ 24 + 6	+ 49 + 6	+ 11 0	+ 18 0	+ 27 0	+ 43 0	+ 110 0	+ 180 0	+ 270 0	± 9	± 21,5	+ 2 - 9	+ 6 - 12	- 4 - 15	0 - 18	- 5 - 23	0 - 43	- 11 - 29	- 18 - 61	- 16 - 34
18	30	+ 149 + 65	+ 92 + 40	+ 41 + 20	+ 53 + 20	+ 28 + 7	+ 59 + 7	+ 13 0	+ 21 0	+ 33 0	+ 52 0	+ 130 0	+ 210 0	+ 330 0	± 10,5	± 26	+ 2 - 11	+ 6 - 15	- 4 - 17	0 - 21	- 7 - 28	0 - 52	- 14 - 35	- 22 - 74	- 20 - 41
30	50	+ 180 + 80	+ 112 + 50	+ 50 + 25	+ 64 + 25	+ 34 + 9	+ 71 + 9	+ 16 0	+ 25 0	+ 39 0	+ 62 0	+ 160 0	+ 250 0	+ 390 0	± 12,5	± 31	+ 3 - 13	+ 7 - 18	- 4 - 20	0 - 25	- 8 - 33	0 - 62	- 17 - 42	- 26 - 88	- 25 - 50
50	65	+ 220	+ 134	+ 60	+ 76	+ 40		+ 19	+ 30	+ 46	+ 74	+ 190	+ 300	+ 460	± 15	± 37	+ 4	+ 9	- 5	0	- 9	0	- 21	- 32	- 30 - 60
65	80	+ 100	+ 60	+ 30	+ 30	+ 10		0	0	0	0	0	0	0			- 15	- 21	- 24	- 30	- 39	- 74	- 51	- 106	- 32 - 62
80	100	+ 260	+ 159	+ 71	+ 90	+ 47		+ 22	+ 35	+ 54	+ 87	+ 220	+ 350	+ 540	± 17,5	± 43,5	+ 4	+ 10	- 6	0	- 10	0	- 24	- 37	- 38 - 73
100	120	+ 120	+ 72	+ 36	+ 36	+ 12		0	0	0	0	0	0	0			- 18	- 25	- 28	- 35	- 45	- 87	- 59	- 124	- 41 - 76
120	140																								- 48 - 88
140	160	+ 305	+ 185	+ 83	+ 106	+ 54		+ 25	+ 40	+ 63	+ 100	+ 250	+ 400	+ 630	± 20	± 50	+ 4	+ 12	- 8	0	- 12	0	- 28	- 43	- 50
160	180	+ 145	+ 85	+ 43	+ 43	+ 14		0	0	0	0	0	0	0			- 21	- 28	- 33	- 40	- 52	- 100	- 68	- 143	- 90 - 53 - 93
180	200																								- 60 - 106
200	225	+ 355	+ 215	+ 96	+ 122	+ 61		+ 29	+ 46	+ 72	+ 115	+ 290	+ 460	+ 720	± 23	± 57,5	+ 5	+ 13	- 8	0	- 14	0	- 33	- 50	- 63
225	250	+ 170	+ 100	+ 50	+ 50	+ 15		0	0	0	0	0	0	0			- 24	- 33	- 37	- 46	- 60	- 115	- 79	- 165	- 109 - 67 - 113
250	280	+ 400	+ 240	+ 108	+ 137	+ 69		+ 32	+ 52	+ 81	+ 130	+ 320	+ 520	+ 810	± 26	± 65	+ 5	+ 16	- 9	0	- 14	0	- 36	- 56	- 74 - 126
280	315	+ 190	+ 110	+ 56	+ 56	+ 17		0	0	0	0	0	0	0			- 27	- 36	- 41	- 52	- 66	- 130	- 88	- 186	- 78 - 130
315	355	+ 440	+ 265	+ 119	+ 151	+ 75		+ 36	+ 57	+ 89	+ 140	+ 360	+ 570	+ 890	± 28,5	± 70	+ 7	+ 17	- 10	0	- 16	0	- 41	- 62	- 87 - 144
355	400	+ 210	+ 125	+ 62	+ 62	+ 18		0	0	0	0	0	0	0			- 29	- 40	- 46	- 57	- 73	- 140	- 98	- 202	- 93 - 150

Source: Extrait de normes VSM 2018, Swissmem

Exemple 1

Système arbre/alésage



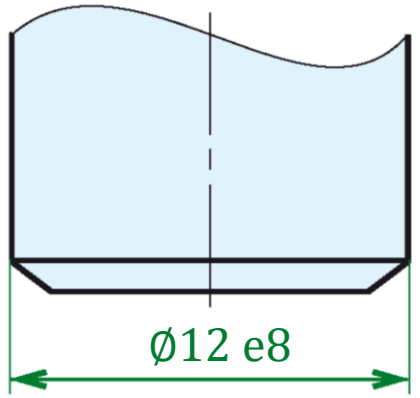


$$ES =$$
$$EI =$$

$$Ø12K7$$

Dmax =

Dmin=

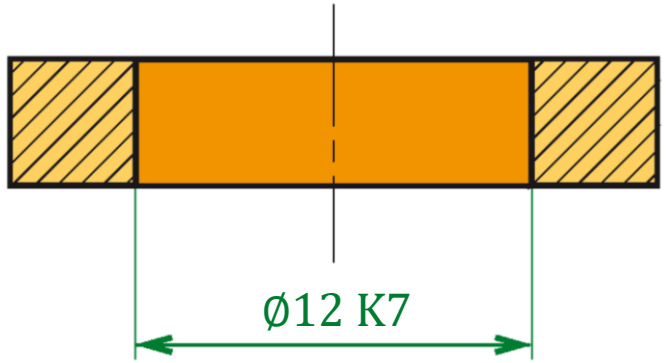


$$ES =$$
$$EI =$$

$$Ø12e8$$

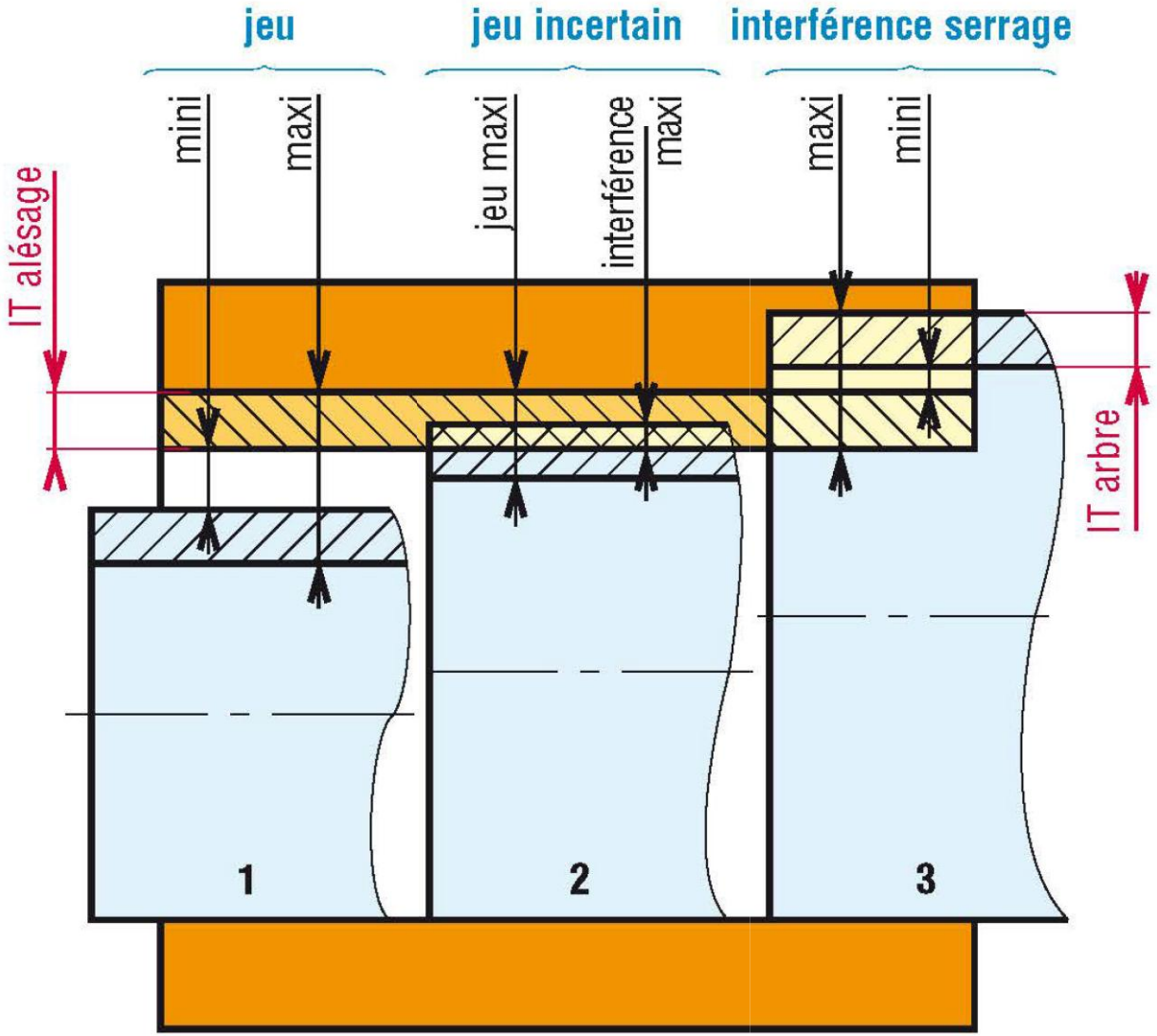
dmax =

dmin =



Tolérances ISO

Ajustements arbre-alésage



$$D_{min} = D + EI$$
$$D_{max} = D + ES$$

$$d_{min} = D + ei$$
$$d_{max} = D + es$$

$$IT_{arbre} = es - ei$$
$$IT_{alésage} = ES - EI$$

Jeu/serrage: $j = D - d$

$$j_{min} = D_{min} - d_{max}$$
$$j_{max} = D_{max} - d_{min}$$

$j > 0 \rightarrow$ jeu

$j < 0 \rightarrow$ serrage

Source: Guide des sciences et technologies industrielles, J-L Fanchon, Afnor Nathan

Exemple

- **Alésage**: $\emptyset 30\ ^{+0.015}_{0}$
- **Arbre**: $\emptyset 30\ ^{-0.005}_{-0.012}$

Dmax =

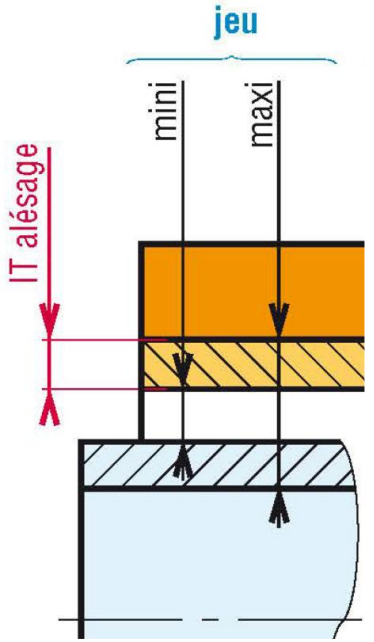
Dmin=

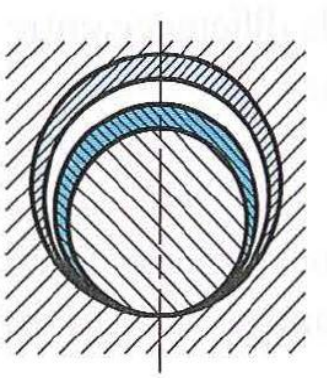
dmax =

dmin =

jmax =

jmin =





Source: Guide des sciences et technologies industrielles, J-L Fanchon, Afnor Nathan

Exemple

- **Alésage**: $\emptyset 50\ ^{+0.025}_{0}$
- **Arbre**: $\emptyset 50\ ^{+0.040}_{+0.015}$

Dmax =

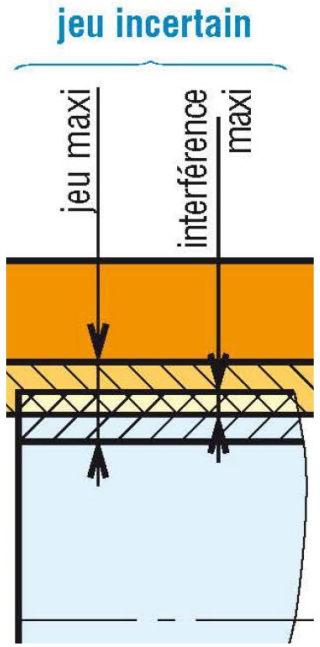
Dmin=

dmax =

dmin =

jmax =

jmin =



Source: Guide des sciences et technologies industrielles, J-L Fanchon, Afnor Nathan

Exemple

- **Alésage**: $\emptyset 16\ ^{+0.008}_{0}$
- **Arbre**: $\emptyset 16\ ^{+0.025}_{+0.010}$

Dmax =

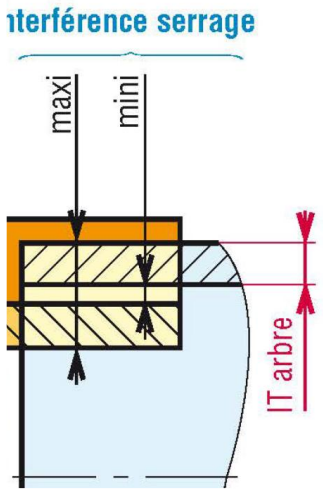
Dmin=

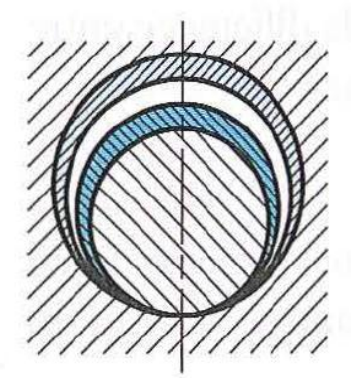
dmax =

dmin =

jmax =

jmin =



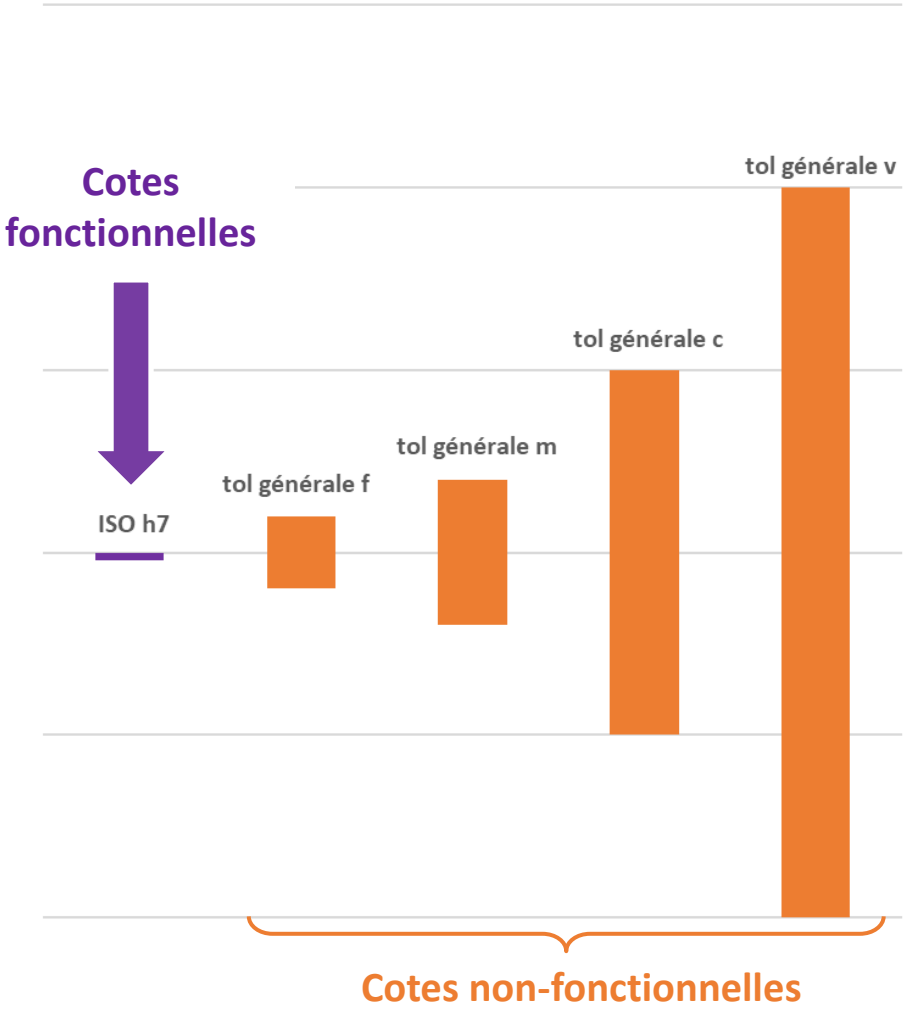


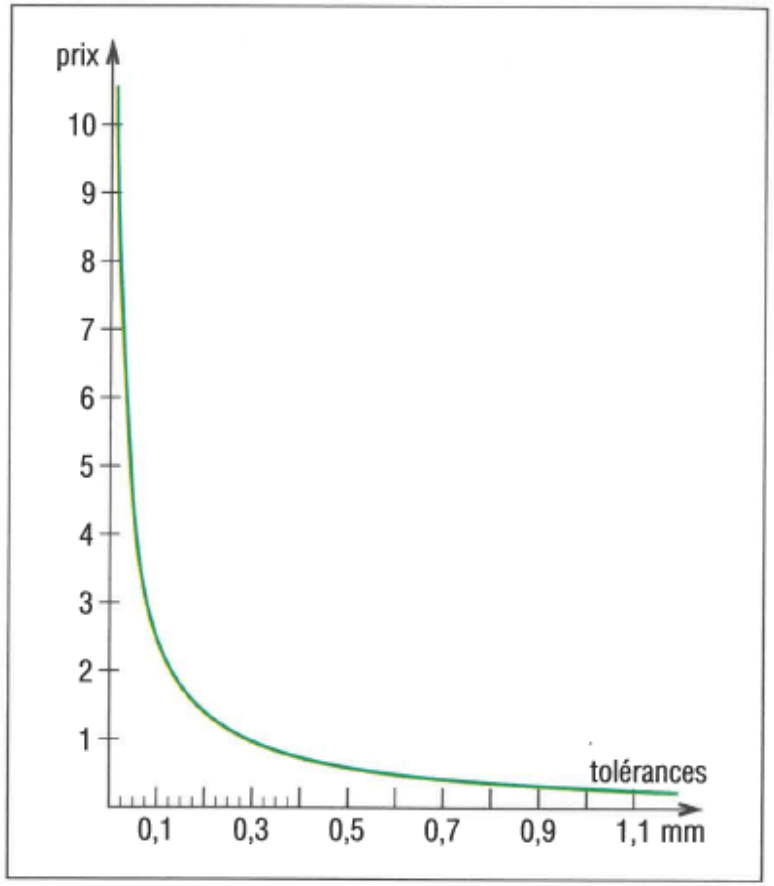
Source: Guide des sciences et technologies industrielles, J-L Fanchon, Afnor Nathan

Tolérances générales vs ISO

Exemple: pièce de longueur 20 mm

	Cote
h7	$20\ ^{0}_{-21}$
Générale **f** (fin)	20 ± 0.1
Générale **m** (moyen)	20 ± 0.2
Générale **c** (grossier)	20 ± 0.5
Générale **v** (très grossier)	20 ± 1

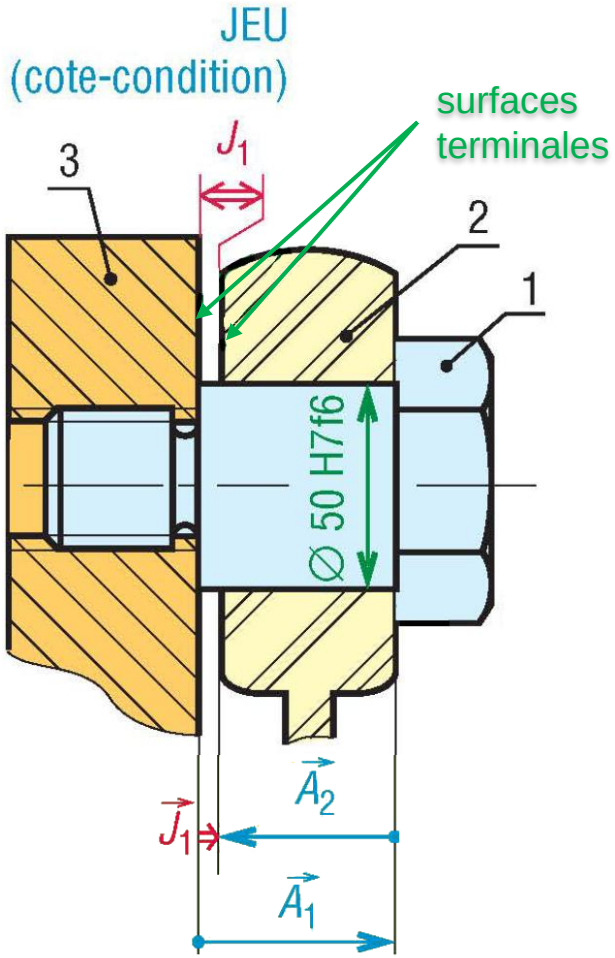




12. En production : coûts comparés indicatifs en fonction de la tolérance.

Source: Guide des sciences et technologies industrielles, J-L Fanchon, Afnor Nathan

Cotation fonctionnelle



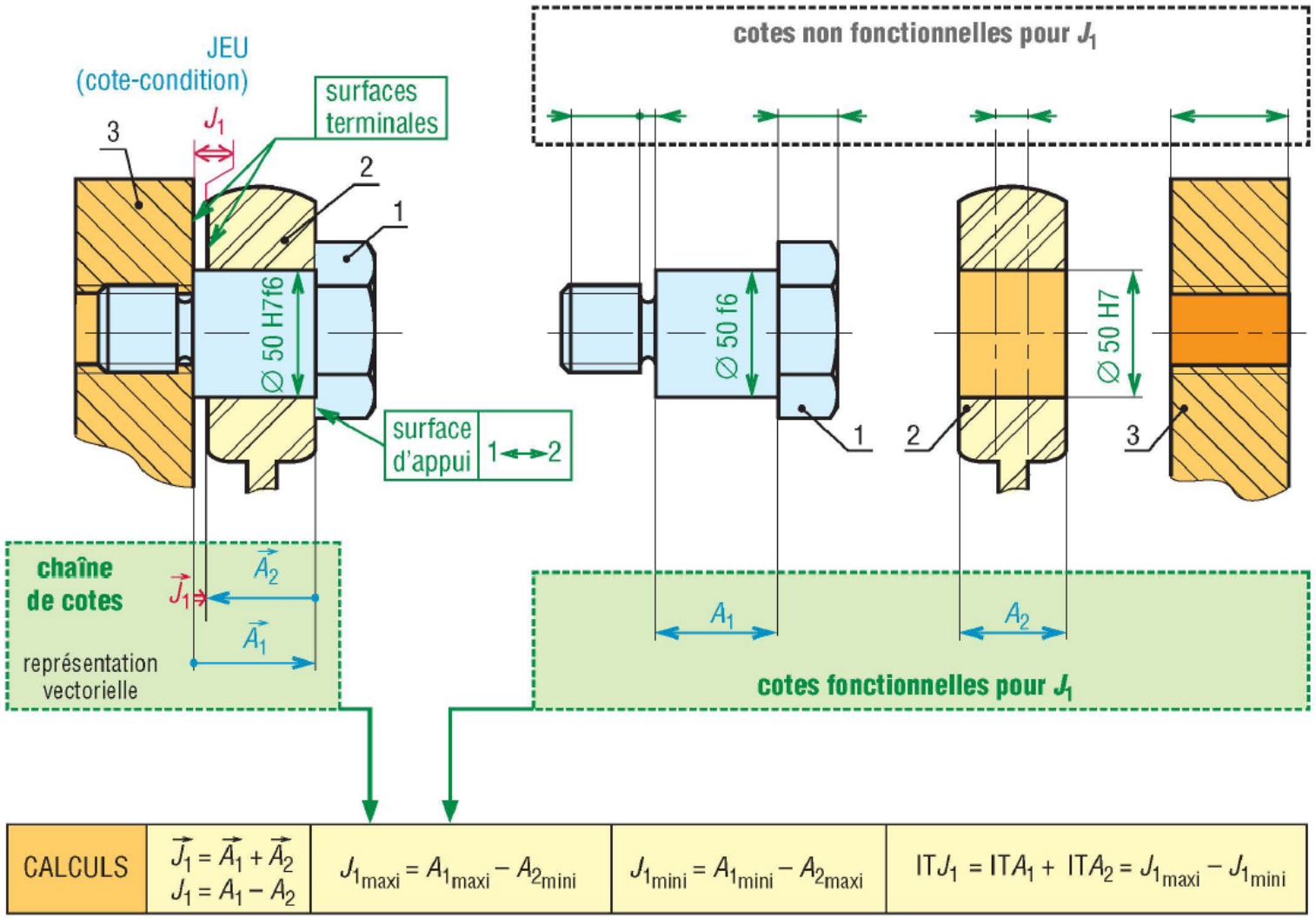
$$\vec{J}_1 = \vec{A}_1 + \vec{A}_2$$
$$J_1 = A_1 - A_2$$

$$J_{1maxi} = A_{1maxi} - A_{2mini}$$
$$J_{1mini} = A_{1mini} - A_{2maxi}$$

$$IT J_1 = IT A_1 + IT A_2 = J_{1maxi} - J_{1mini}$$

Source: Guide des sciences et technologies industrielles, J-L Fanchon, Afnor Nathan

Cotation fonctionnelle



Source: Guide des sciences et technologies industrielles, J-L Fanchon, Afnor Nathan