

Les feuilles que vous rendrez comporteront votre numéro d'anonymat.

Le dessin fourni - réalisé à l'échelle 1 : 4 - représente le plateau tournant d'un tour vertical (l'axe de rotation du plateau est donc vertical).

Un moteur de puissance maximum $\mathcal{P} = 80$ kW entraîne une roue dentée conique (non représentée sur le dessin fourni) qui engrenne avec la roue dentée conique (15).

La vitesse de rotation maximum de ce plateau est 200 tr/mn.

On rappelle la formule qui estime la contrainte de tension au pied d'une dent de roue dentée (les notations étant celle du cours) :

$$\sigma_{Maxi} = \frac{5.5F_t}{bm_0}$$

Cette contrainte ne devra pas excéder la valeur sécuritaire de 80 MPa.

Les modules normalisés m_0 principaux (AFNOR) des roues dentées sont :

0.5	0.6	0.8	1.0	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50
-----	-----	-----	-----	------	-----	---	-----	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

L'angle de pression des engrenages est $\alpha = 20^\circ$.

- 1) Donnez le nom des pièces (2), (4), (5), (7), (9), (10), (11) et (12) ; Utilisez le document réponse cf page 3. [2]
 Comment est réalisée l'étanchéité entre le plateau et le bâti ? [0.25]
 Comment qualifieriez vous le nom du montage des pièces (7) et (16) ? Justifiez ce montage. Vous effectuerez un schéma technologique représentant le montage de l'arbre (13) par rapport au bâti. ... [1.75]
 Comment est la direction de la charge sur chacun des paliers de ce montage ? Ces charges étant faibles ($P < 0.06C$) et sachant que l'on souhaite une exactitude de rotation, précisez alors les cotes (mini et maxi) sur l'arbre et le logement des pièces (7) et (16). [1.75]

2) Réalisez le schéma cinématique de ce réducteur de vitesse.

Calculez la vitesse de rotation de l'arbre (13).

Calculez le couple sur l'axe de rotation de l'arbre (13).

Calculez les composantes de la force sur la denture des roues dentées reliant ces 2 arbres.

Déterminez le module minimum m_0 acceptable.

Choisissez un module m_0 puis déterminez le nombre de dents des deux roues dentées et leur diamètre primitif.

Quelle contrainte de tension au pied de dent subissent elles ? Quel est le coefficient de sécurité ? ... [4]

3) Complétez le schéma FIG. 1 en représentant des distances et les efforts sur l'arbre (13) ; Pour cela, sachez que l'on donne les composantes de la force au niveau de la denture conique : $A = 2194$ N, $T = 7405$ N et $R = 4045$ N.

Déterminez les composantes radiales des efforts aux niveaux des 2 paliers supportant cet arbre ; Vous ne cherchez pas à déterminer les composantes axiales de ces efforts qui dépendent de la précontrainte effectuée sur le montage.

Tracez les diagrammes des efforts intérieurs (excepté l'effort normal) sur cet arbre. Vous préciserez les valeurs de ces efforts en différentes abscisses. [5.25]

4) On s'intéresse à la section de l'arbre munie d'une gorge précisée sur le dessin fourni. L'arbre est en acier de limite élastique $R_e = 550$ MPa.

Le module du moment fléchissant dans cette section est évalué par : $M_f = 320$ N.m

On donne les coefficients de concentration de contrainte relatifs à une telle section (FIG. 7 et FIG. 8).

L'usinage de la gorge a été effectué avec $r = 2$ mm.

Calculez les contraintes nominales maximums de tension et de cisaillement dans cette section.

Déterminez les coefficients de concentration de contrainte.

Calculez alors les contraintes réelles de tension et de cisaillement dans cette section.

Calculez enfin la contrainte maximum de Von-Mises dans cette section.

Quel est le coefficient de sécurité? [3]

5) Précisez sur la FIG. 2 les dimensions de la clavette usuelle qui permet de bloquer la rotation de la roue dentée conique de l'arbre (13).

Calculez la pression de matage subie par cette clavette. [2]

2	
4	
5	
7	

9	
10	
11	
12	

TAB. 1 – Nom des pièces.

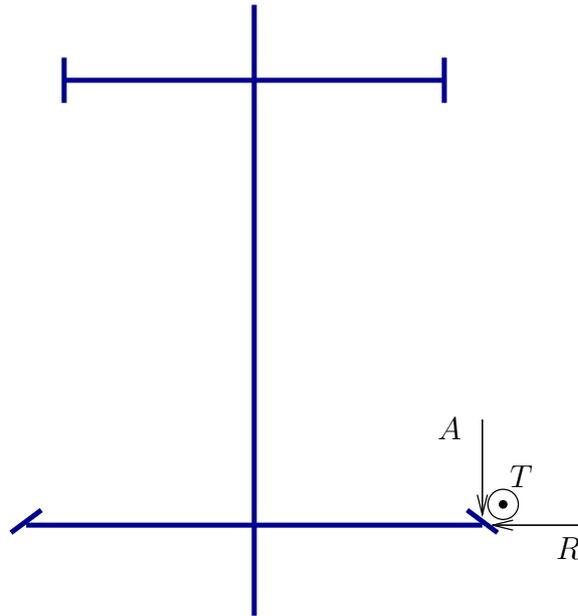


FIG. 1 – Schéma à compléter représentant l'arbre (13) et les efforts qu'il subit.

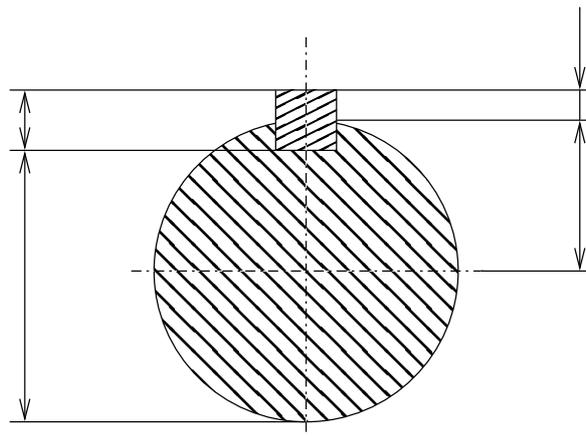


FIG. 2 – Schéma à compléter précisant les dimensions utiles.

Choix de l'ajustement sur l'arbre (arbre plein en acier)

Roulements à alésage cylindrique

Conditions d'utilisation	Exemples	Diamètre de l'arbre, mm			Tolérance
		Roulements à billes ¹⁾	Roulements à rouleaux cylindriques, à aiguilles ²⁾ ou à rouleaux coniques	Roulements à rotule sur rouleaux	
Charge tournante sur bague intérieure ou direction de charge indéterminée					
Charge faible ou variable (P ≤ 0,06 C)	Transporteurs, roulements peu chargés de réducteurs	(18) à 100	≤ 40	-	j6
		(100) à 140	(40) à 100	-	k6
Charge normale ou élevée (P > 0,06 C)	Mécanique générale, moteurs électriques, turbines, pompes, moteurs à combustion interne, réducteurs à engrenages, machines à bois	≤ 18	-	-	j5
		(18) à 100	≤ 40	≤ 40	k5 (k6) ³⁾
		(100) à 140	(40) à 100	(40) à 65	m5 (m6) ³⁾
		(140) à 200	(100) à 140	(65) à 100	m6
		(200) à 280	(140) à 200	(100) à 140	n6
		-	(200) à 400	(140) à 280	p6
Charge très élevée ou accompagnée de chocs, avec conditions de fonctionnement difficiles (P > 0,12 C)	Boîtes d'essieux pour véhicules sur rails, moteurs de traction, laminoirs	-	(50) à 140	(50) à 100	n6 ⁴⁾
		-	(140) à 200	(100) à 140	p6 ⁴⁾
		-	> 200	> 140	r6 ⁴⁾
Charge faible, grande exactitude de rotation nécessaire (P ≤ 0,06 C)	Machines-outils	≤ 18	-	-	h5 ⁵⁾
		(18) à 100	≤ 40	-	j5 ⁵⁾
		(100) à 200	(40) à 140	-	k5 ⁵⁾
		-	(140) à 200	-	m5 ⁵⁾
Charge fixe sur bague intérieure					
La bague intérieure doit pouvoir coulisser facilement sur l'arbre	Roues folles				g6 ⁶⁾
La bague intérieure ne doit pas nécessairement pouvoir coulisser sur l'arbre	Galets tendeurs, poulies à gorge				h6
Charge purement axiale					
	Toutes applications	≤ 250	≤ 250	≤ 250	j6
		> 250	> 250	> 250	js6

FIG. 3 – Cotes préconisées sur l'arbre d'un roulement.

Choix de l'ajustement dans le logement (fonte ou acier)

Logements en une pièce pour roulements

Conditions d'utilisation	Exemples	Tolérance	Déplacement de la bague extérieure
Charge tournante sur bague extérieure			
Charge élevée, logement de faible épaisseur; charge accompagnée de chocs violents ($P > 0,12 C$)	Moyeux de roues avec roulements à rouleaux, têtes de bielles	P7	impossible
Charge normale ou élevée ($P > 0,06 C$)	Moyeux de roues avec roulements à billes, têtes de bielles, galets porteurs de grues	N7	impossible
Charge faible ou variable ($P \leq 0,06 C$)	Rouleaux transporteurs, poulies à gorge, galets tendeurs	M7	impossible
Direction de charge indéterminée			
Charge élevée accompagnée de chocs	Moteurs de traction	M7	impossible
Charge élevée ou normale ($P > 0,06 C$); la bague extérieure ne doit pas nécessairement pouvoir se déplacer	Moteurs électriques, pompes, paliers de vilebrequin	K7	impossible en général
Exigences particulières de silence et de précision¹⁾			
	Petits moteurs électriques	J6 ²⁾	possible
Direction de charge indéterminée			
Charge normale ou faible ($P \leq 0,12 C$), la bague extérieure doit pouvoir se déplacer dans le logement	Machines électriques de dimensions moyennes, pompes, paliers de vilebrequin	J7	possible en général
Charge fixe sur bague extérieure			
Toutes charges	Mécanique générale, boîtes d'essieux pour véhicules sur rails	H7 ¹⁾	possible
Charge normale ou faible ($P \leq 0,12 C$) avec conditions de fonctionnement simples	Mécanique générale	H8	possible
Echauffement par l'arbre	Cylindres sécheurs, grosses machines électriques à roulements à rotule sur rouleaux	G7 ²⁾	possible
¹⁾ Pour les roulements avec $D > 250$ mm, et avec un écart de température > 10 °C entre bague extérieure et logement, utiliser G7 ²⁾ Pour les roulements avec $D > 250$ mm, et avec un écart de température > 10 °C entre bague extérieure et logement, utiliser F7			

FIG. 4 – Cotes préconisées sur le logement d'un roulement.

ÉCARTS FONDAMENTAUX

TOLÉRANCES		PALIERS DE DIAMÈTRES												
position	jusqu'à	3.	6.	10.	14.	18.	24.	30.	40.	50.	65.	80.	100.	120.
		ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
a	-270	-270	-280	-290	-300	-310	-320	-340	-360	-380	-410	-460		
b	-140	-140	-150	-160	-170	-180	-190	-200	-220	-240	-260			
c	-60	-70	-80	-95	-110	-120	-130	-140	-150	-170	-180	-200		
cd	-34	-46	-56											
d	-20	-30	-40	-50	-65	-80	-100	-120	-145					
e	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85					
ef	-10	-14	-18											
f	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43					
fg	-4	-6	-8											
g	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14					
h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
j	-2	-2	-2	-3	-4	-5	-7	-9	-11					
k	-4	-4	-5	-6	-8	-10	-12	-15	-18					
l	-6													
m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
n	+2	+4	+6	+7	+8	+9	+11	+13	+15					
p	+4	+6	+10	+12	+15	+17	+20	+23	+27					
r	+6	+12	+15	+18	+22	+26	+32	+37	+43					
s	+10	+15	+19	+23	+28	+34	+41	+43	+51	+54	+63			
t	+14	+19	+23	+28	+35	+43	+53	+59	+71	+79	+92			
u	+18	+23	+28	+33	+41	+48	+54	+66	+75	+91	+104	+122		
v	+20	+28	+34	+40	+45	+54	+64	+80	+97	+122	+146	+178	+210	
x	+26	+35	+42	+50	+60	+73	+88	+112	+136	+172	+210	+258	+310	
y	+32	+42	+52	+64	+77	+98	+116	+148	+180	+226	+274	+335	+400	
z	+40	+50	+67	+90	+108	+136	+160	+200	+242	+300	+360	+445	+525	
zc	+60	+80	+97	+130	+150	+188	+218	+274	+325	+405	+480	+585	+690	

ÉCARTS FONDAMENTAUX POUR LES ALÉSAGES

o Règle générale
 Pour les positions A à H → EI = — es (des positions a à h)
 Pour les positions J à ZC → ES = — ei (des positions j à zc)

o 1^{re} exception
 Position N, qualités 9 à 16, pour cotes nominales ≤ 3 → ES = 0

POUR LES ARBRES

TOLÉRANCES		PALIERS DE DIAMÈTRES												
position	jusqu'à	140.	160.	180.	200.	225.	250.	280.	315.	355.	400.	450.	500.	
		ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES	
a	-520	-580	-660	-740	-820	-920	-1050	-1200	-1350	-1500	-1650			
b	-280	-310	-340	-380	-420	-480	-540	-600	-680	-760	-840			
c	-210	-230	-240	-260	-280	-300	-360	-400						
cd	-145													
d	-85													
e	-43													
ef	-14													
fg	0													
g	-11													
h	-18													
i	+3													
j	0													
k	+15													
m	+27													
n	+43													
p	+65	+68	+77	+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132			
r	+100	+108	+122	+130	+140	+158	+170	+190	+206	+232	+252			
s	+134	+146	+166	+180	+196	+218	+240	+268	+294	+330	+360			
t	+190	+210	+236	+258	+284	+315	+350	+390	+435	+490	+540			
u	+228	+252	+284	+310	+340	+385	+425	+475	+530	+595	+660			
v	+280	+310	+350	+385	+425	+475	+525	+590	+660	+740	+820			
x	+340	+380	+425	+470	+520	+580	+650	+730	+820	+920	+1000			
y	+415	+465	+520	+575	+640	+710	+790	+900	+1000	+1100	+1250			
z	+535	+600	+670	+740	+820	+920	+1000	+1150	+1300	+1450	+1600			
zc	+700	+780	+880	+960	+1050	+1200	+1300	+1500	+1650	+1850	+2100			
zb	+900	+1000	+1150	+1250	+1350	+1550	+1700	+1900	+2100	+2400	+2600			

o 2^e exception
 Positions J, K, M, N, qualités 1 à 8 } pour cotes nom. > 3 → ES = — ei + Δ
 Positions P à ZC, qualités 1 à 7 }
 avec Δ = IT_n — IT_{n-1} (n = qualité considérée)
 n — 1 = qualité immédiatement plus fine)

o 3^e exception
 Si l'arbre est de qualité immédiatement plus fine que l'alésage, le système à alésage normal et le système à arbre normal donnent en général les mêmes valeurs limites de jeu (ou de serrage) par simple permutation des indices de position de la tolérance.

Exemple : 40 H7/k6 et 40 K7/h6 donnent tous deux j = — 18

FIG. 5 - Ecartes fondamentaux pour les pièces males.

TOLÉRANCES FONDAMENTALES

DIMENSION NOMINALE	INTERVALLES FONDAMENTAUX DE TOLÉRANCE														
	jusqu'à 1	1 à 3	3 à 6	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500	
01	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4	
0	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6	
1	0,8	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8	
2	1,2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
3	2	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
4	3	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
5	4	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
6	6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40	
7	10	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
8	14	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97	
9	25	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155	
10	40	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250	
11	60	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400	
12	100	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630	
13	140	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970	
14	—	250	300	360	430	520	620	740	870	1 000	1 150	1 300	1 400	1 550	
15	—	400	480	580	700	840	1 000	1 200	1 400	1 600	1 850	2 100	2 300	2 500	
16	—	600	750	900	1 100	1 300	1 600	1 900	2 200	2 500	2 900	3 200	3 600	4 000	

FIG. 6 – Tolérances fondamentales.

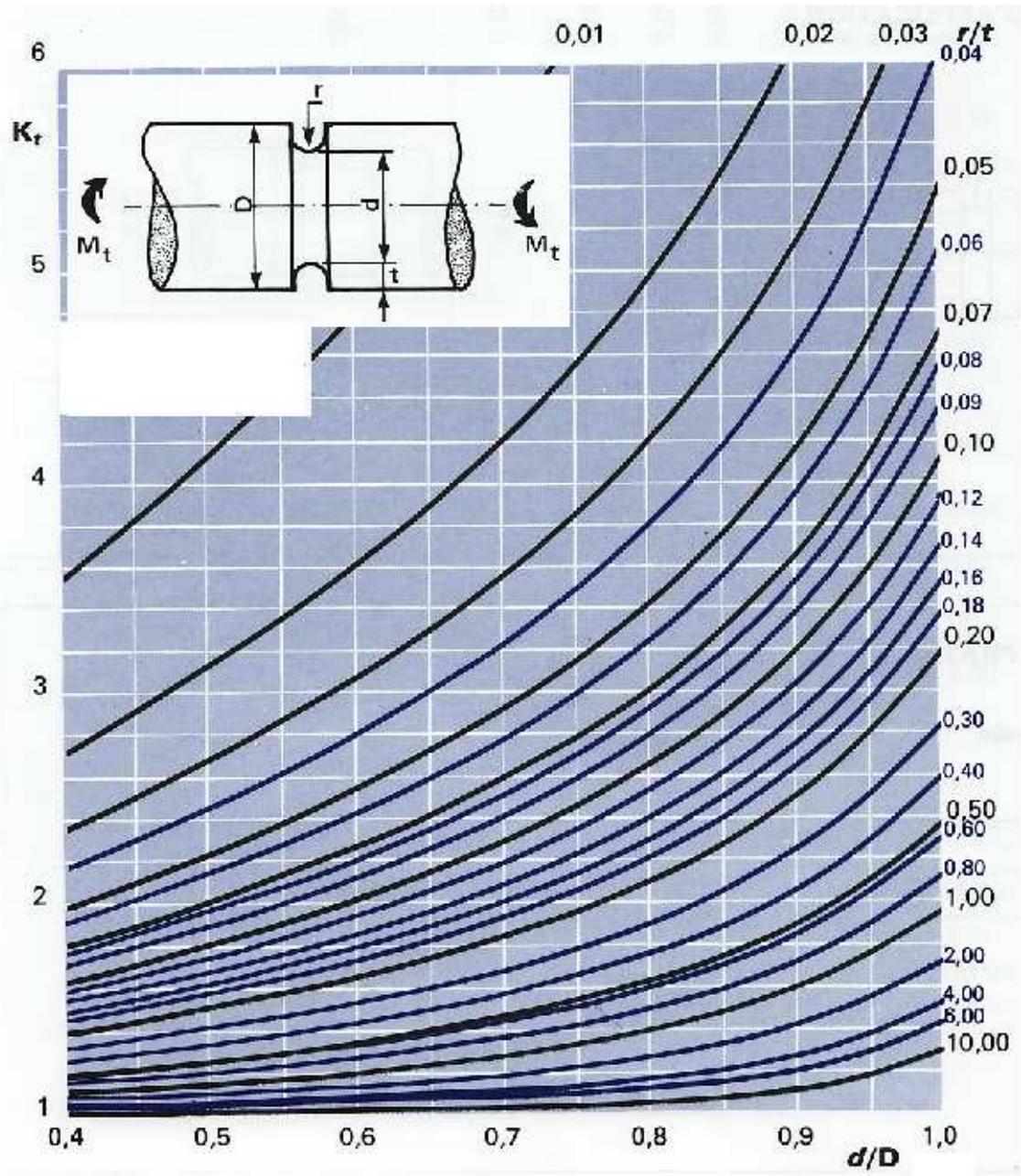


FIG. 7 – Coefficient de concentration de contrainte en torsion.

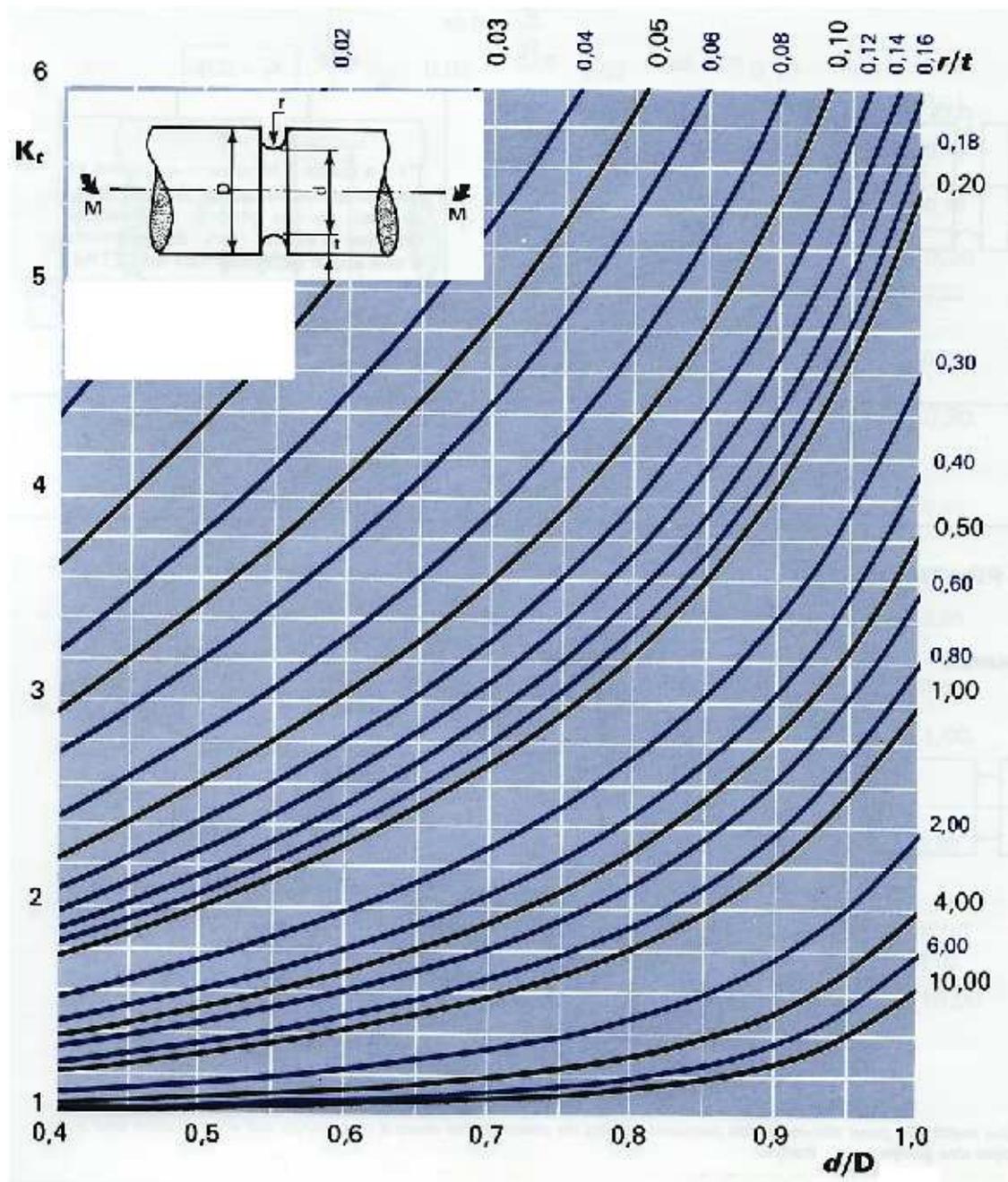
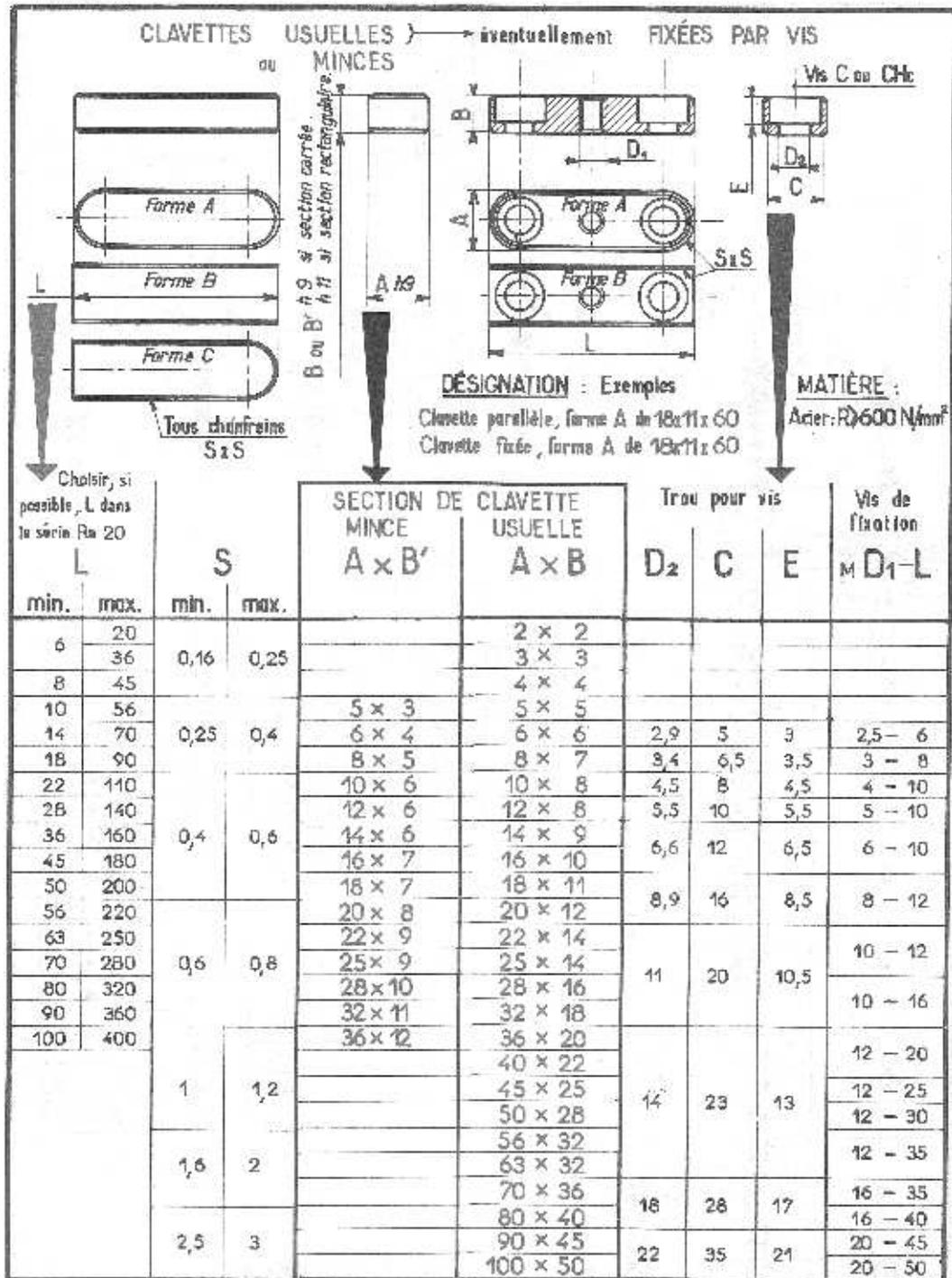


FIG. 8 – Coefficient de concentration de contrainte en flexion.

CLAVETTES PARALLÈLES

3.42b



E 27-656 (72) -658 (69)

CLAVETTES PARALLÈLES

CLAVETTES MINCES ou USUELLES MINCES

Choisir, si possible, L dans la série Ra 20

Tous chiffrés S x S

h 9 si section carrée.
h 11 si section rectangulaire.

DESIGNATION : Exemples
Clouette parallèle, forme A de 18x11x60
Clouette fileté, forme A de 18x11x60

MATÈRE :
Acer: R560 N/m²

éventuellement

FIXÉES PAR VIS

Vis C ou CHe

SECTION DE CLAVETTE MINCE A x B'

SECTION DE CLAVETTE USUELLE A x B

Trou pour vis D₂ C E

Vis de fixation M D-L

min.	max.	min.	max.	SECTION DE CLAVETTE MINCE A x B'		SECTION DE CLAVETTE USUELLE A x B		Trou pour vis			Vis de fixation	
6	20	0,16	0,25	2 x 2	2	2 x 2	2	D ₂	C	E	M	D-L
8	36	0,16	0,25	3 x 3	3	3 x 3	3					
10	45	0,25	0,4	4 x 4	4	4 x 4	4					
14	56	0,25	0,4	5 x 3	5	5 x 5	5					
18	70	0,4	0,4	6 x 4	6	6 x 6	6					
22	110	0,4	0,4	8 x 5	7	8 x 7	7					
28	140	0,6	0,6	10 x 6	8	10 x 8	8					
36	160	0,6	0,6	12 x 6	8	12 x 8	8					
45	180	0,6	0,6	14 x 6	9	14 x 9	9					
50	200	0,6	0,6	16 x 7	10	16 x 10	10					
56	220	0,6	0,6	18 x 7	11	18 x 11	11					
63	230	0,6	0,6	20 x 8	12	20 x 12	12					
70	280	0,6	0,6	22 x 9	14	22 x 14	14					
80	320	0,6	0,6	25 x 9	14	25 x 14	14					
90	360	0,6	0,6	28 x 10	16	28 x 16	16					
100	400	0,6	0,6	32 x 11	18	32 x 18	18					
		1	1,2	36 x 12	20	36 x 20	20					
		1,6	2	40 x 22	23	40 x 22	23					
		2,5	3	45 x 25	28	45 x 25	28					
				50 x 28	35	50 x 28	35					
				56 x 32	42	56 x 32	42					
				63 x 32	45	63 x 32	45					
				70 x 36	50	70 x 36	50					
				80 x 40	63	80 x 40	63					
				90 x 45	70	90 x 45	70					
				100 x 50	80	100 x 50	80					

CLAVETTES LONGITUDINAUX

RAINURES POUR CLAVETTES PARALLÈLES ou MINCES

Choisir, si possible, L dans la série Ra 20

Tous chiffrés S x S

h 9 si section carrée.
h 11 si section rectangulaire.

DESIGNATION : Exemples
Clouette parallèle, forme A de 18x11x60
Clouette fileté, forme A de 18x11x60

MATÈRE :
Acer: R560 N/m²

RAINURES POUR CLAVETTES USUELLES

USUELLES ou MINCES

RAINURES INCLINÉES

COMMUN

congé au chiffré R

D ₁ ...	tol.	D ₂ ...	tol.	D ₃ ...	tol.	D ₄ ...	tol.	D ₅ ...	tol.	D ₆ ...	tol.	D ₇ ...	tol.	D ₈ ...	tol.	D ₉ ...	tol.	D ₁₀ ...	tol.	D ₁₁ ...	tol.	D ₁₂ ...	tol.	D ₁₃ ...	tol.	D ₁₄ ...	tol.	D ₁₅ ...	tol.	D ₁₆ ...	tol.	D ₁₇ ...	tol.	D ₁₈ ...	tol.	D ₁₉ ...	tol.	D ₂₀ ...	tol.	D ₂₁ ...	tol.	D ₂₂ ...	tol.	D ₂₃ ...	tol.	D ₂₄ ...	tol.	D ₂₅ ...	tol.	D ₂₆ ...	tol.	D ₂₇ ...	tol.	D ₂₈ ...	tol.	D ₂₉ ...	tol.	D ₃₀ ...	tol.	D ₃₁ ...	tol.	D ₃₂ ...	tol.	D ₃₃ ...	tol.	D ₃₄ ...	tol.	D ₃₅ ...	tol.	D ₃₆ ...	tol.	D ₃₇ ...	tol.	D ₃₈ ...	tol.	D ₃₉ ...	tol.	D ₄₀ ...	tol.	D ₄₁ ...	tol.	D ₄₂ ...	tol.	D ₄₃ ...	tol.	D ₄₄ ...	tol.	D ₄₅ ...	tol.	D ₄₆ ...	tol.	D ₄₇ ...	tol.	D ₄₈ ...	tol.	D ₄₉ ...	tol.	D ₅₀ ...	tol.																																																																																																
6	0	8	+0,01	10	0	12	+0,01	14	0	16	-0,01	18	0	20	0	22	+0,01	24	0	26	0	28	-0,01	30	0	32	0	34	+0,01	36	0	38	0	40	-0,01	42	0	44	0	46	+0,01	48	0	50	0	52	-0,01	54	0	56	0	58	+0,01	60	0	62	0	64	-0,01	66	0	68	0	70	+0,01	72	0	74	0	76	-0,01	78	0	80	0	82	+0,01	84	0	86	0	88	-0,01	90	0	92	0	94	+0,01	96	0	98	0	100	-0,01	102	0	104	0	106	+0,01	108	0	110	0	112	-0,01	114	0	116	0	118	+0,01	120	0	122	0	124	-0,01	126	0	128	0	130	+0,01	132	0	134	0	136	-0,01	138	0	140	0	142	+0,01	144	0	146	0	148	-0,01	150	0	152	0	154	+0,01	156	0	158	0	160	-0,01	162	0	164	0	166	+0,01	168	0	170	0	172	-0,01	174	0	176	0	178	+0,01	180	0	182	0	184	-0,01	186	0	188	0	190	+0,01	192	0	194	0	196	-0,01	198	0	200	0