

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

On s'intéresse à un engrenage cylindrique à denture droite de module de taille $m_0 = 3$ présenté sur la FIG. 1. Cette figure représente le zoom de la zone de contact de cet engrenage entre les 2 roues dentées de nombres de dents $Z_1 = 19$ et $Z_2 = 57$. Sur cette figure, vous visualisez les cercles de base et primitifs de chaque roue et la ligne d'action tangente aux cercles de base.

On précise sur ces figures les déports de denture x_i des 2 roues.

La roue (1) est menante ; La roue (2) est menée.

On rappelle la formule qui estime la contrainte de tension au pied de dent (les notations étant celles du cours) :

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

Cette contrainte ne devra pas excéder 400 MPa.

Ces roues dentées sont fabriquées avec une largeur $b = 10m_0$ et avec un angle de pression $\alpha = 20^\circ$.

1) A la vue de la FIG. 1, le fonctionnement s'effectue t'il avec ou sans jeu ?

Sur cette figure, positionnez le point I à vitesse nulle dans le mouvement de la roue (2) par rapport à la roue (1). Précisez les sens de rotation des 2 roues.

Positionnez les points de début et fin de contact entre les dents.

Représentez la vitesse de glissement de (2) par rapport à (1) en ces 2 points de début et fin de contact. Comparez les intensités de ces vitesses de glissement. Le glissement est il équilibré ?

Calculez le rapport de conduite. [3.25]

2) Déterminez l'effort maxi supportable sur la denture de cet engrenage.

Déterminez les couples maxis sur chacun des 2 arbres des roues dentées.

Déterminez les diamètres minimums de ces arbres - fabriqués en acier de limite élastique $R_e = 550$ MPa - en considérant qu'il ne subissent que de la torsion issus de ces couples sans concentration de contrainte mais avec un coefficient de sécurité $s = 3$ [3.25]

La FIG. 2 présente 2 arbres qui subissent dans une section épaulée plusieurs sollicitations :

- Moment fléchissant suivant \vec{y} : $M_{fy} = 500$ N.m ;
- Moment fléchissant suivant \vec{z} : $M_{fz} = 300$ N.m ;
- Moment de torsion : $M_T = 450$ N.m
- Effort normal de compression : $N = 30$ kN

La section possède un diamètre $d = 40$, un diamètre $D = 50$ et un rayon $r = 2$ (cf FIG. 4, FIG. 5 et FIG. 6 pour ces notations).

3) Quel nom donnez vous à ce qui est indiqué par des flèches sur la FIG. 2 ? [0.5]

4) Calculez le module du moment fléchissant.

Calculez les contraintes nominales dans la section étudiée.

Relevez les coefficients de concentration de contrainte sur les FIG. 4, FIG. 5 et FIG. 6 : ces graphes seront rendus avec les points de fonctionnement indiqués.

Calculez alors les contraintes maximales.

Calculez la contrainte équivalente de Von Mises.

Déterminez une caractéristique du matériau si l'on souhaite un coefficient de sécurité $s = 1.8$ [5]

5) Réalisez la chaîne de cotes du jeu J_b du montage présenté sur la FIG. 3.

Cette chaîne de cotes permet elle d'obtenir J_{bMaxi} ou J_{bmini} ou les deux (J_{bMaxi} et J_{bmini})? [2.5]

6) Le roulement (7) est le plus chargé des roulements du montage présenté sur la FIG. 3. Il possède la référence 6006 (cf FIG. 7). Il supporte la charge axiale $F_a = 1080$ N et la charge radiale $F_r = 2500$ N. L'arbre (6) tourne à 150 tr/mn (par rapport au logement (5)).

Déterminez la charge statique équivalente P_0 par :

$$P_0 = 0.6F_r + 0.5F_a$$

si $P_0 < F_r$ prendre $P_0 = F_r$

Relevez la capacité statique du roulement C_0 .

Calculez le coefficient de sécurité statique s_0 et effectuez une vérification du roulement : quels types de fonctionnement peut il avoir ou ne pas avoir ?

	en rotation						à l'arrêt	
	exigences de fonctionnement							
	faibles		normales		élevées			
Fonctionnement	billes	rouleaux	billes	rouleaux	billes	rouleaux	billes	rouleaux
Régulier sans vibration	0.5	1	1	1.5	2	3	0.4	0.8
Normal	0.5	1	1	1.5	2	3.5	0.5	1
Chocs prononcés	≥ 1.5	≥ 2.5	≥ 1.5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

TAB. 1 – Valeurs de principe pour le coefficient de sécurité statique s_0

Déterminez le paramètre e à l'aide d'un tableau suivant.

Déterminez la charge dynamique équivalente P :

$$\text{si } \frac{F_a}{F_r} \leq e \implies P = F_r$$

$$\text{si } \frac{F_a}{F_r} > e \implies P = XF_r + YF_a$$

Relevez la capacité dynamique C du roulement et calculez les durées de vie en millions de tours pour 90% (L_{10a}) puis 99% (L_{1a}) de fiabilité donnée par :

$$L_{na} = a \left(\frac{C}{P} \right)^3 \quad \text{où } a \text{ est donné ci-après.}$$

En déduire les durées de vie en heures. [3.5]

F_a/C_0	e	X	Y
0.025	0.22	0.56	2
0.04	0.24	0.56	1.8
0.07	0.27	0.56	1.6
0.13	0.31	0.56	1.4
0.25	0.37	0.56	1.2
0.5	0.44	0.56	1

Fiabilité %	L_{na}	a
90	L_{10a}	1
95	L_{5a}	0.62
96	L_{4a}	0.53
97	L_{3a}	0.44
98	L_{2a}	0.33
99	L_{1a}	0.21

7) On envisage de remplacer les deux roulements par deux paliers lisses identiques sans changer le diamètre de l'arbre. Ces paliers possèdent les caractéristiques : $p_{Max} = 80$ MPa, $p_{vMax} = 1.2$ MPa.m.s⁻¹ et $v_{Max} = 1$ m.s⁻¹. Après avoir choisi les paliers adaptés parmi la gamme fournie, déterminez la pression conventionnelle supportée par le palier le plus chargé. Vérifiez la tenue du palier au non matage et non grippage. [2]

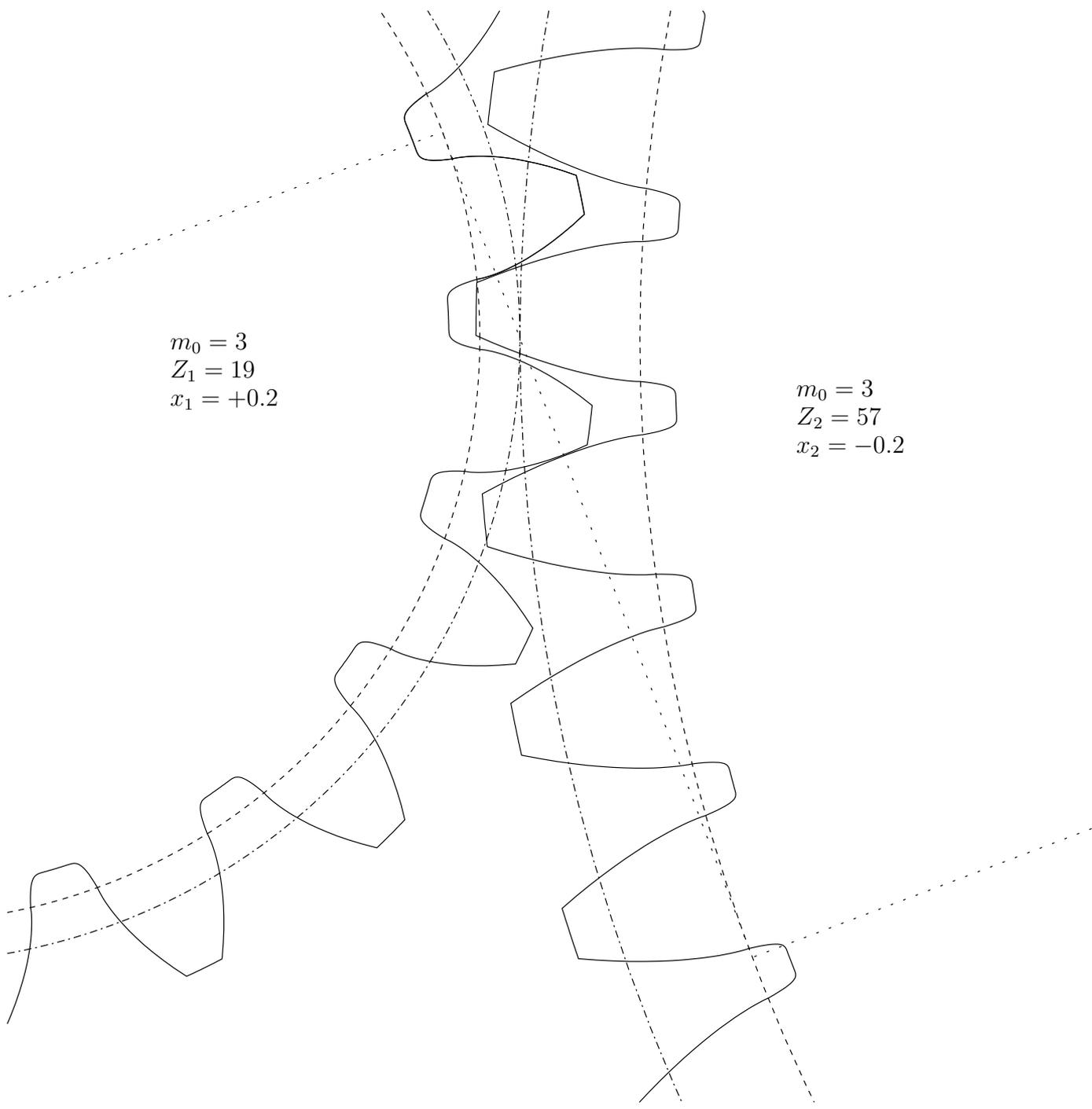


FIG. 1 – Représentation du contact au niveau d'un engrenage.

Numéro d'anonymat :



FIG. 2 – Deux arbres.

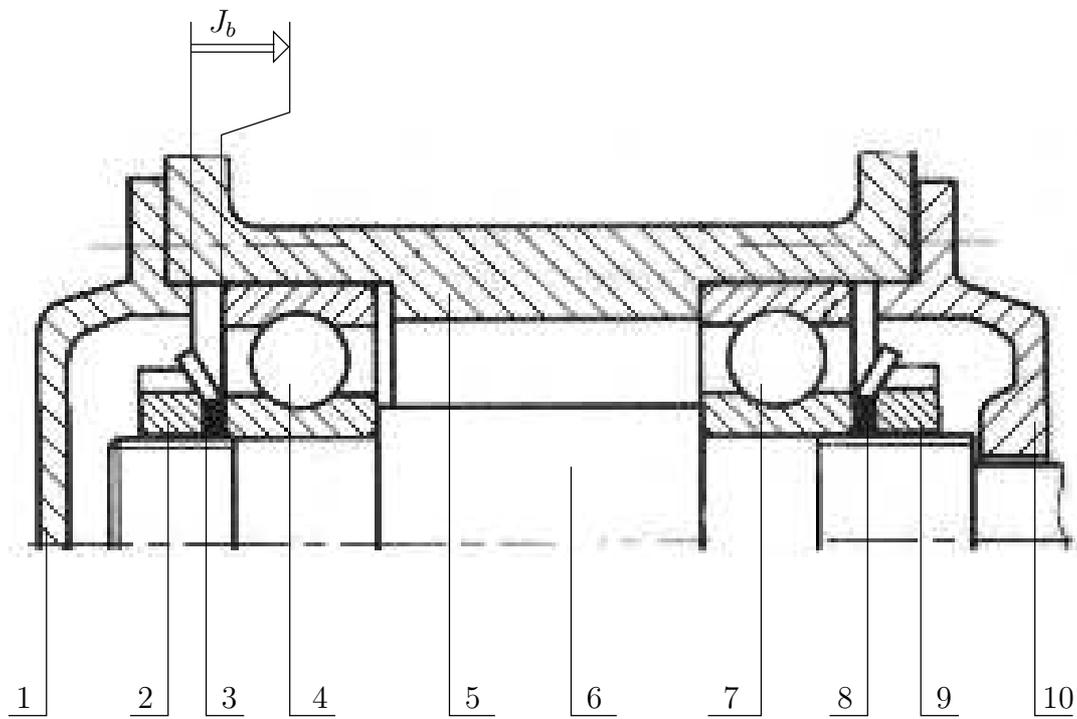
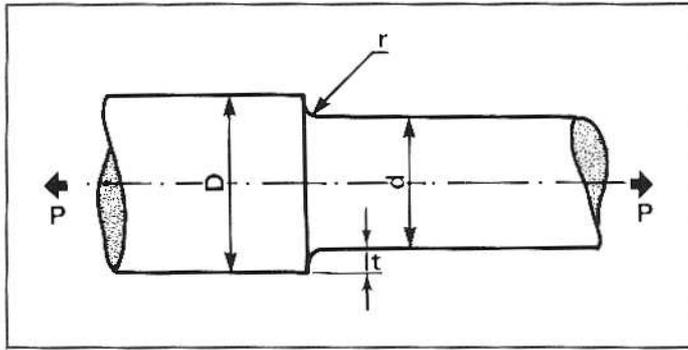


FIG. 3 – Jeu entre le chapeau (1) et le roulement (4).



Arbre épaulé

Traction

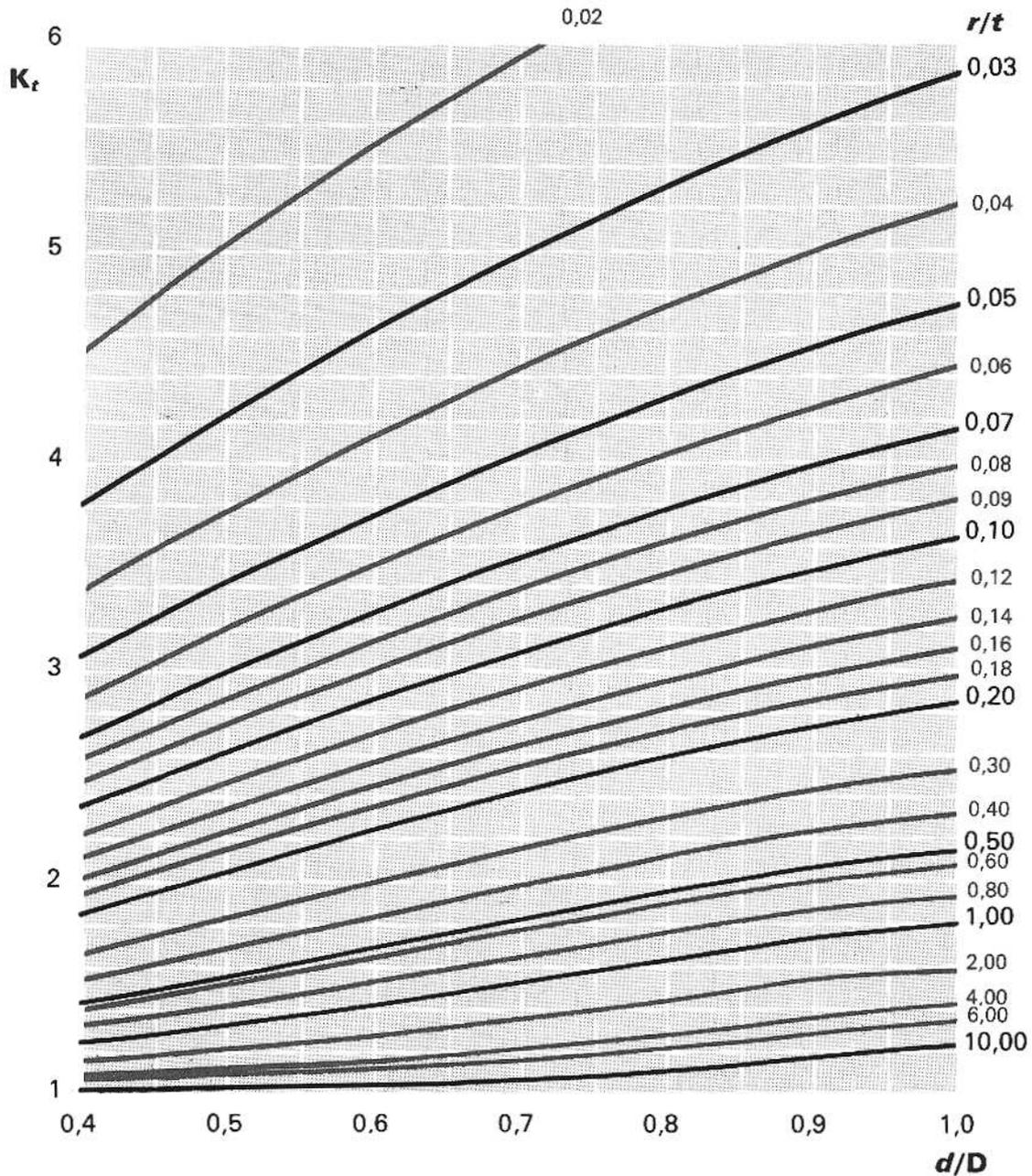
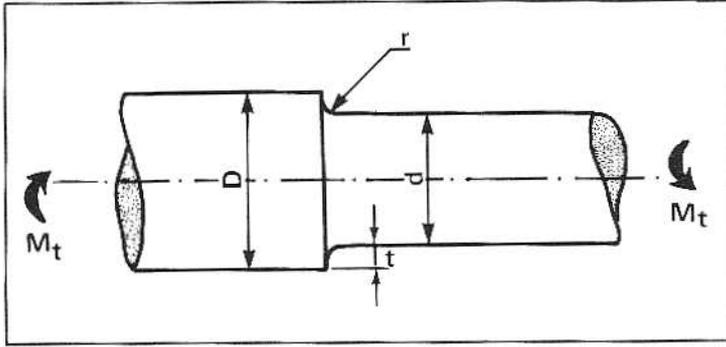


FIG. 4 – Coefficient de concentration de contrainte en traction pour un arbre épaulé.

Numéro d'anonymat :



Arbre épaulé

Torsion

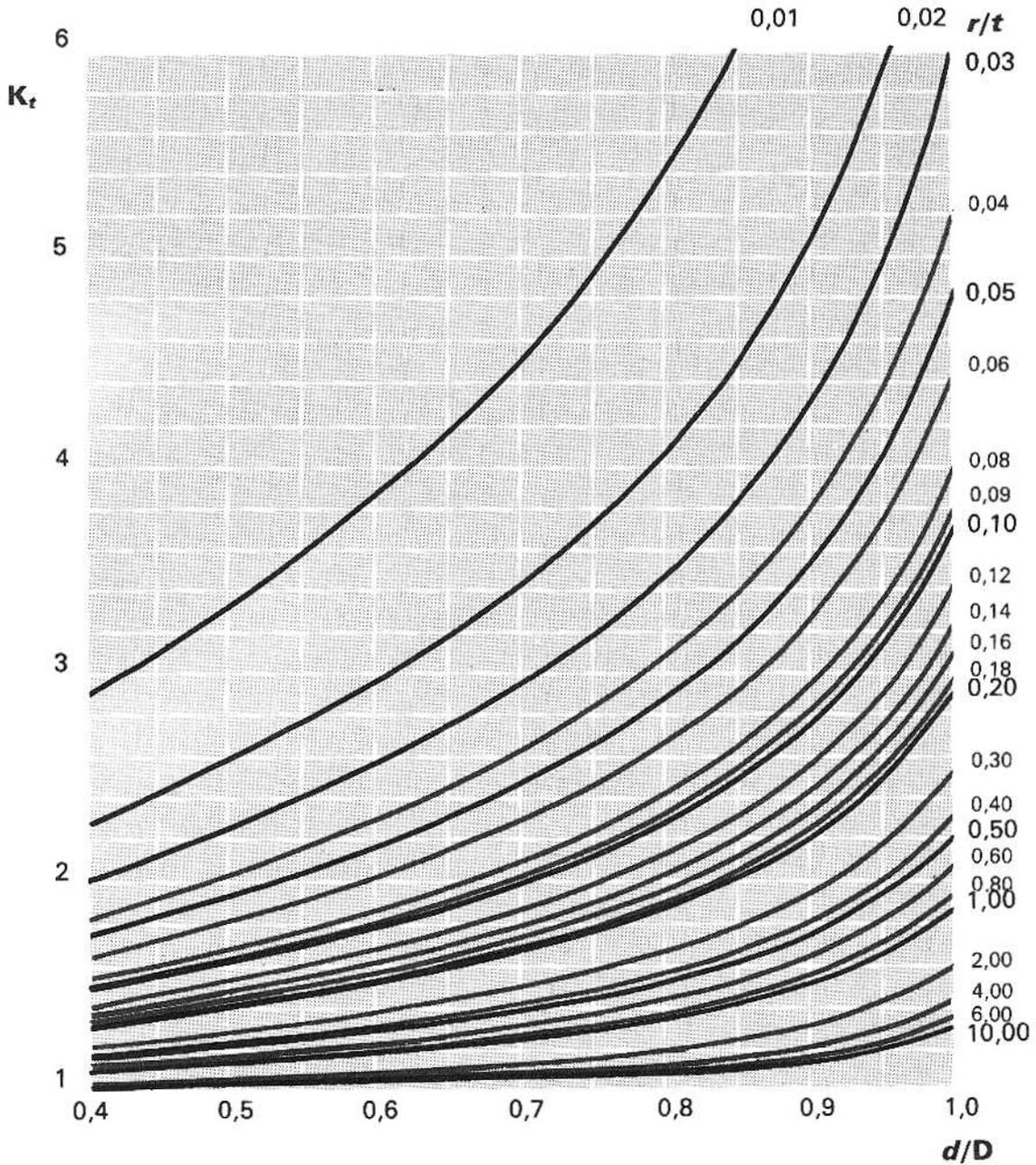
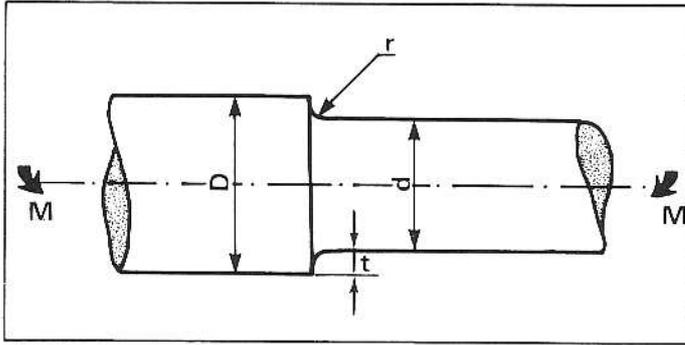


FIG. 5 – Coefficient de concentration de contrainte en torsion pour un arbre épaulé.



Arbre épaulé Flexion

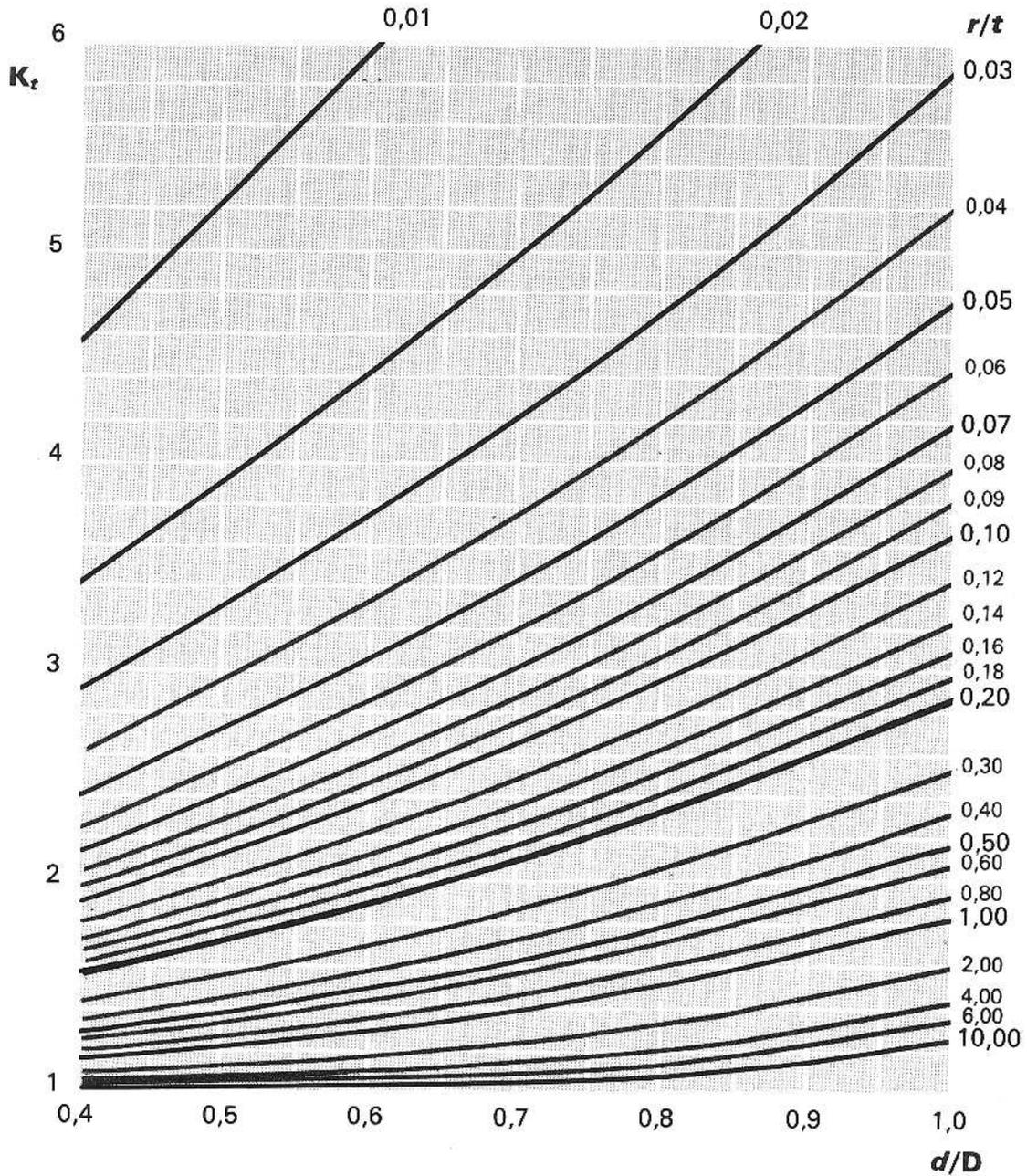
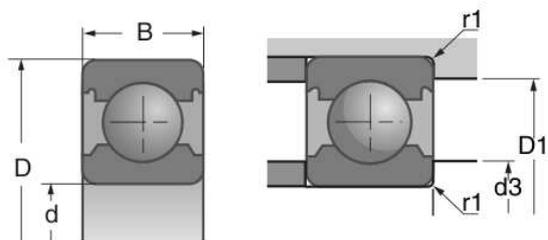


FIG. 6 – Coefficient de concentration de contrainte en flexion pour un arbre épaulé.

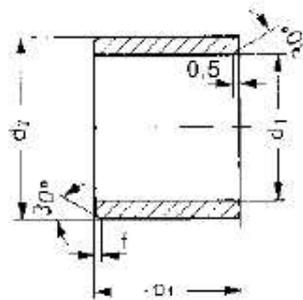
Numéro d'anonymat :



d		D	B				
17	6203	40	12	9,60	4,80	16000	19000
	6303	47	14	13,60	6,60	14000	17000
	6403	62	17	22,70	10,80	12000	14000
20	61804	32	7	2,95	1,87	19500	23500
	61904	37	9	6,40	3,70	17500	20500
	16004	42	8	6,80	4,10	17000	20000
	6004	42	12	9,40	5,00	16000	20000
	6204	47	14	12,80	6,70	13000	16000
	6304	52	15	15,90	7,90	12000	15000
	6404	72	19	29,50	15,50	9600	12000
25	61805	37	7	4,30	2,95	17000	20000
	61905	42	9	7,00	4,55	15000	18000
	16005	47	8	10,10	5,90	14000	17000
	6005	47	12	10,10	5,90	13000	17000
	6205	52	15	14,00	7,90	12000	14000
	6305	62	17	22,40	11,50	10000	13000
	6405	80	21	36,00	19,30	8600	11000
30	61806	42	7	4,55	3,40	14500	17500
	61906	47	9	7,20	4,35	13500	16000
	16006	55	9	11,20	7,40	11000	14000
	6006	55	13	13,20	8,30	11000	14000
	6206	62	16	19,50	11,30	10000	12000
	6306	72	19	28,00	15,80	8900	10000
	6406	90	23	43,50	23,80	7600	9300
35	61807	47	7	4,75	3,80	13000	15500
	61907	55	10	9,60	5,90	11500	14000
	16007	62	9	12,10	8,80	10000	12000
	6007	62	14	16,00	10,30	10000	12000
	6207	72	17	25,50	15,30	8900	10000
	6307	80	21	33,50	19,20	8000	9800
	6407	100	25	55,00	31,00	6800	8300
40	61808	52	7	4,90	4,15	11500	14000
	61908	62	12	12,20	7,70	10000	12000
	16008	68	9	13,20	10,30	9800	11000
	6008	68	15	16,80	11,50	9200	11000
	6208	80	18	29,00	17,90	7800	9100
	6308	90	23	40,50	23,90	7000	8200
	6408	110	27	63,00	36,50	6200	7600

FIG. 7 – Caractéristiques de roulements.

iglidur® G | Paliers cylindriques



- f = 0,3 ▶ d1 = 1-6
- f = 0,5 ▶ d1 = 6-12
- f = 0,8 ▶ d1 = 12-30
- f = 1,2 ▶ d1 > 30

Chanfrein en fonction de d1
Cotes selon ISO 3547-1
et cotes spéciales

Constitution de la référence :

G S M-01 03 - 02

- b1
- d2
- d1
- Métrique
- Forme
- Matériau



iglidur® G | Paliers cylindriques

Référence	d1*	Tolérance E10 où	d2	b1 h13
GSM-2021-20	20,0	F9	21,0	20,0
GSM-2022-03	20,0		22,0	3,0
GSM-2022-08	20,0		22,0	8,0
GSM-2022-105	20,0		22,0	10,5
GSM-2022-15	20,0		22,0	15,0
GSM-2022-20	20,0		22,0	20,0
GSM-2022-22	20,0		22,0	22,0
GSM-2022-30	20,0		22,0	30,0
GSM-2023-10	20,0		23,0	10,0
GSM-2023-15	20,0		23,0	15,0
GSM-2023-20	20,0		23,0	20,0
GSM-2023-23	20,0		23,0	23,0
GSM-2023-24	20,0		23,0	24,0
GSM-2023-25	20,0		23,0	25,0
GSM-2023-30	20,0		23,0	30,0
GSM-2224-10	22,0		24,0	10,0
GSM-2224-15	22,0		24,0	15,0
GSM-2224-17	22,0		24,0	17,0
GSM-2224-20	22,0		24,0	20,0
GSM-2224-30	22,0		24,0	30,0
GSM-2225-15	22,0		25,0	15,0
GSM-2225-20	22,0		25,0	20,0
GSM-2225-25	22,0		25,0	25,0
GSM-2225-30	22,0		25,0	30,0
GSM-2427-06	24,0		27,0	6,0
GSM-2427-15	24,0		27,0	15,0
GSM-2427-20	24,0		27,0	20,0

Référence	d1*	Tolérance E10 où	d2	b1 h13
GSM-2427-25	24,0		27,0	25,0
GSM-2427-30	24,0		27,0	30,0
GSM-2526-25	25,0	F9	26,0	25,0
GSM-2528-15	25,0		28,0	15,0
GSM-2528-20	25,0		28,0	20,0
GSM-2528-24	25,0		28,0	24,0
GSM-2528-25	25,0		28,0	25,0
GSM-2528-30	25,0		28,0	30,0
GSM-2528-35	25,0		28,0	35,0
GSM-2528-50	25,0		28,0	50,0
GSM-2630-16	26,0		30,0	16,0
GSM-2730-05	27,0		30,0	5,0
GSM-2832-105	28,0		32,0	10,5
GSM-2832-12	28,0		32,0	12,0
GSM-2832-15	28,0		32,0	15,0
GSM-2832-20	28,0		32,0	20,0
GSM-2832-23	28,0		32,0	23,0
GSM-2832-25	28,0		32,0	25,0
GSM-2832-30	28,0		32,0	30,0
GSM-3031-12	30,0	F9	31,0	12,0
GSM-3031-30	30,0	F9	31,0	30,0
GSM-3034-15	30,0		34,0	15,0
GSM-3034-20	30,0		34,0	20,0
GSM-3034-24	30,0		34,0	24,0
GSM-3034-25	30,0		34,0	25,0
GSM-3034-30	30,0		34,0	30,0
GSM-3034-35	30,0		34,0	35,0
GSM-3034-40	30,0		34,0	40,0
GSM-3034-525	30,0		34,0	52,5

FIG. 8 – Caractéristiques des paliers lisses.