

Le dessin d'ensemble, réalisé à l'échelle **1:2**, représente un variateur à friction accouplé à un engrenage à denture droite.

La rotation du volant (19) entraîne la translation des pièces (M2+6+M3) et les contacts de la pièce (8) se réalisent à des rayons différents sur les pièces (1), (2), (3) et (4) réalisant une variation de vitesse entre les arbres (A) et (16). On voit sur ce dessin d'ensemble les 2 positions extrêmes de la pièce (8).

L'acier des arbres (A), (16) et (17) possède une limite élastique $R_e = 500$ MPa. On prendra un coefficient de sécurité pour le dimensionnement de ces arbres égal à 2.

La concentration de contrainte en cisaillement occasionnée par une clavette dans une section pleine ou creuse est $K_t = 5$.

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

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

Cette contrainte ne devra pas excéder 100 MPa.

Les modules m_0 normalisés principaux (AFNOR) 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
-----	-----	-----	-----	------	-----	---	-----	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

Les roues dentées sont fabriquées en général avec une largeur $b \in [5m_0; 16m_0]$.

L'angle de pression de l'engrenage est $\alpha = 20^\circ$.

On rappelle les relations relatives aux éléments filetés de diamètre nominal d et de pas p .

Le diamètre équivalent est calculé par :

$$d_{eq} = d - 0.9382p$$

Dans la liaison hélicoïdale de coefficient de frottement f , le couple axial C_1 est relié à la force axiale F_0 par :

$$C_1 = F_0 \left(\frac{p}{2\pi} + \frac{fd_2}{2 \cos \beta} \right) \quad \text{où } \beta = 30^\circ \quad \text{et } d_2 = d - 0.6495p$$

1) Citez le nom des pièces (13) et (15).

Quelle est le nom de la liaison entre l'arbre (16) et la pièce (3). Par quel moyen est-elle réalisée ?

Par quel moyen est réalisée la lubrification ? Quelles sont les pièces à lubrifier ? [1.5]

2) Réalisez les chaines de cotes des 2 jeux (cf FIG. 1 et FIG. 2 **qui ne sont pas à l'échelle 1:2**).

Précisez les ajustements au niveau des 2 roulements sur l'une de ces 2 figures. [3]

3) Effectuez un schéma cinématique de la partie engrenage uniquement (inutile de représenter la partie variateur).

Vous noterez Ω_1 et C_1 (respectivement Ω_2 et C_2) la vitesse de rotation et le couple sur l'axe de l'arbre (16) (respectivement (17)). Vous négligerez la perte de puissance dans cet engrenage.

Après avoir relevé des cotes sur le dessin, donnez la relation entre Ω_1 et Ω_2 puis celle entre C_1 et C_2

En supposant que les arbres (16) et (17) ne subissent qu'une sollicitation de torsion dans leurs sections situées dans le plan médian de l'engrenage, déterminez le couple C_1 ou C_2 à ne pas dépasser. [3]

Par la suite le couple maximum sur l'axe de l'arbre (17) est 50 N.m.

4) Déterminez les cotes de la clavette qui réalise la liaison par obstacle entre l'arbre (17) et le roue dentée. Calculez la pression conventionnelle subie par cette clavette. [2.5]

5) Déterminez les efforts sur la denture de l'engrenage.
Déterminez le module minimum acceptable.
Effectuez un choix de module et déterminez le nombre de dents des 2 roues. [2.5]

6) Après avoir effectué un schéma coté représentant l'arbre (17), ses 2 roulements et la roue dentée, déterminez les efforts radiaux sur les 2 roulements.
Relevez la charge de base statique C_0 de chaque roulement (désignations 6303 et 6306)
En déduire le coefficient de sécurité statique pour chaque roulement.
Relevez la charge de base dynamique C et calculez la durée de vie en millions de tours L_{10} de chaque roulement à partir de la formule :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

..... [2.5]

7) La FIG. 7 représente le zoom de l'engrenage. Sur cette figure, vous visualisez, entre autres, les cercles de base et primitifs de chaque roue, la ligne d'action tangente aux cercles de base et 2 droites perpendiculaire à la ligne d'action passant par les centres des roues.

Les déports de denture de chacune des 2 roues est nul.

Le fonctionnement s'effectue avec un léger jeu.

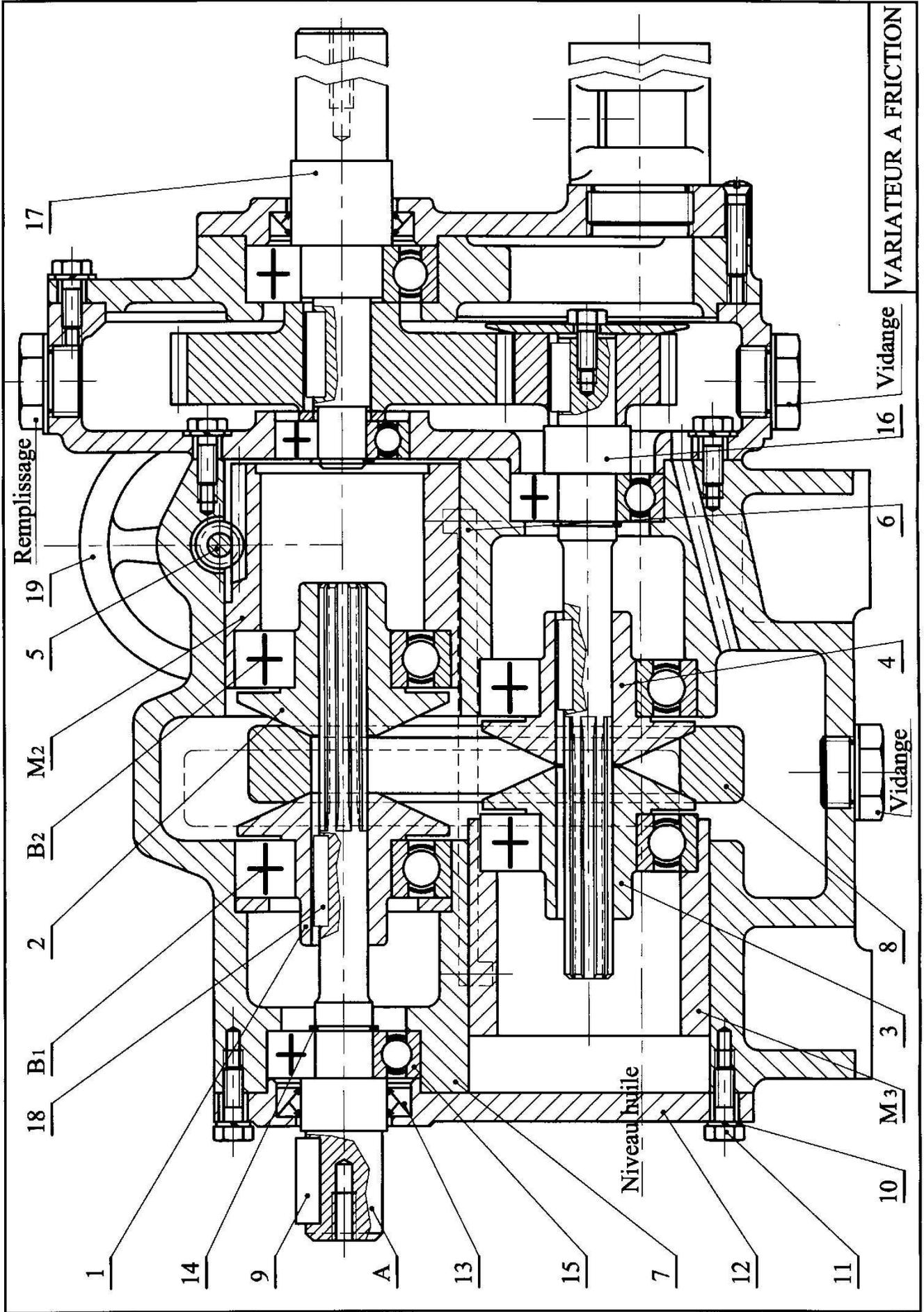
Sur la FIG. 7 qui sera rendue :

- Positionnez le point I à vitesse nulle dans le mouvement d'une roue par rapport à l'autre ;
- Positionnez les points de début et fin de contact entre les dents et en déduire le rapport de conduite ;
- Représentez alors la répartition de vitesse de glissement au point de contact entre les dents au fur et à mesure du mouvement.

Aux affirmations présentes dans le TAB. 1, laquelle ou lesquelles est ou sont possibles (dans ces questions "n contact(s)" signifie "n ligne(s) de contact perpendiculaire au dessin) ? [2.5]

8) On souhaite déterminer la force axiale maximum supportable par les vis (11) M8*1.25 (diamètre nominale $d = 8$, pas $p = 1.25$) de classe 5.8 (résistance à la traction $R_m = 490$ MPa; limite apparente d'élasticité $R_e = 392$ MPa, résistance à la charge d'épreuve $S_p = 356$ MPa).

Après avoir exprimé la contrainte équivalente de Von-Mises supportée par une de ces vis en fonction de la charge axiale F_0 , calculez la force axiale maximum supportable par ces vis lors de leur serrage. [2.5]



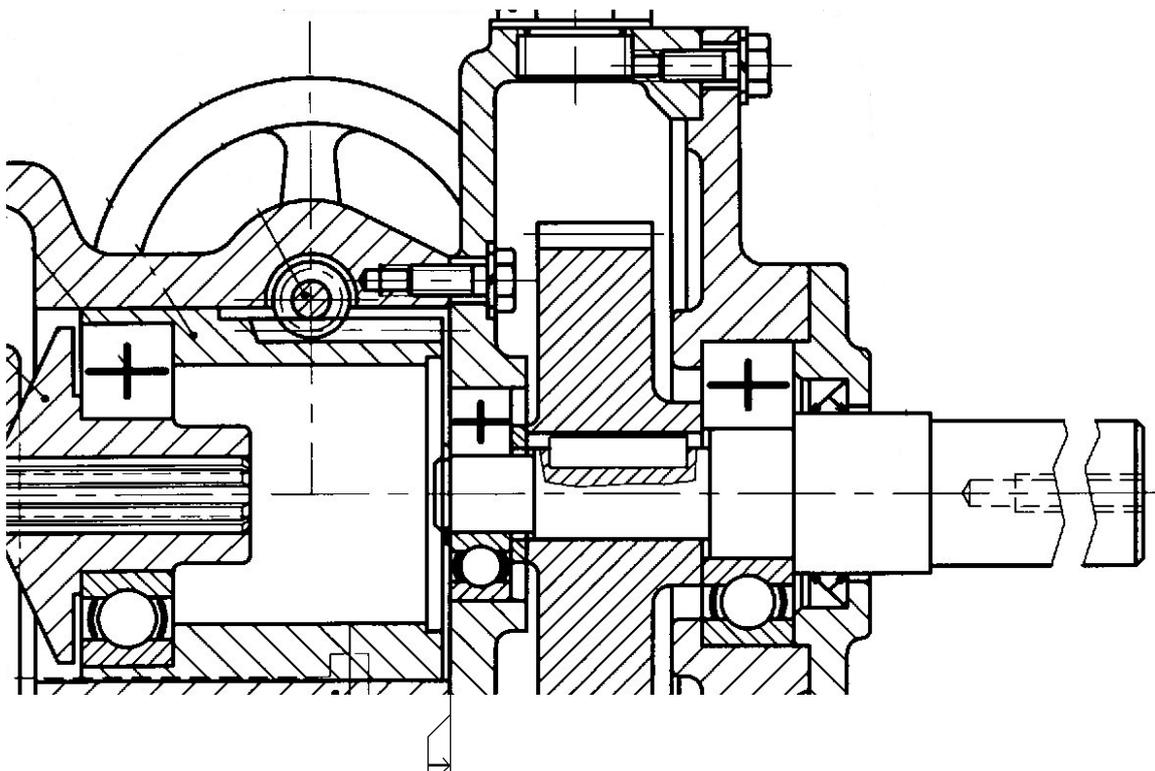


FIG. 1 – Jeu présent en l'anneau élastique et la bague intérieure du roulement.

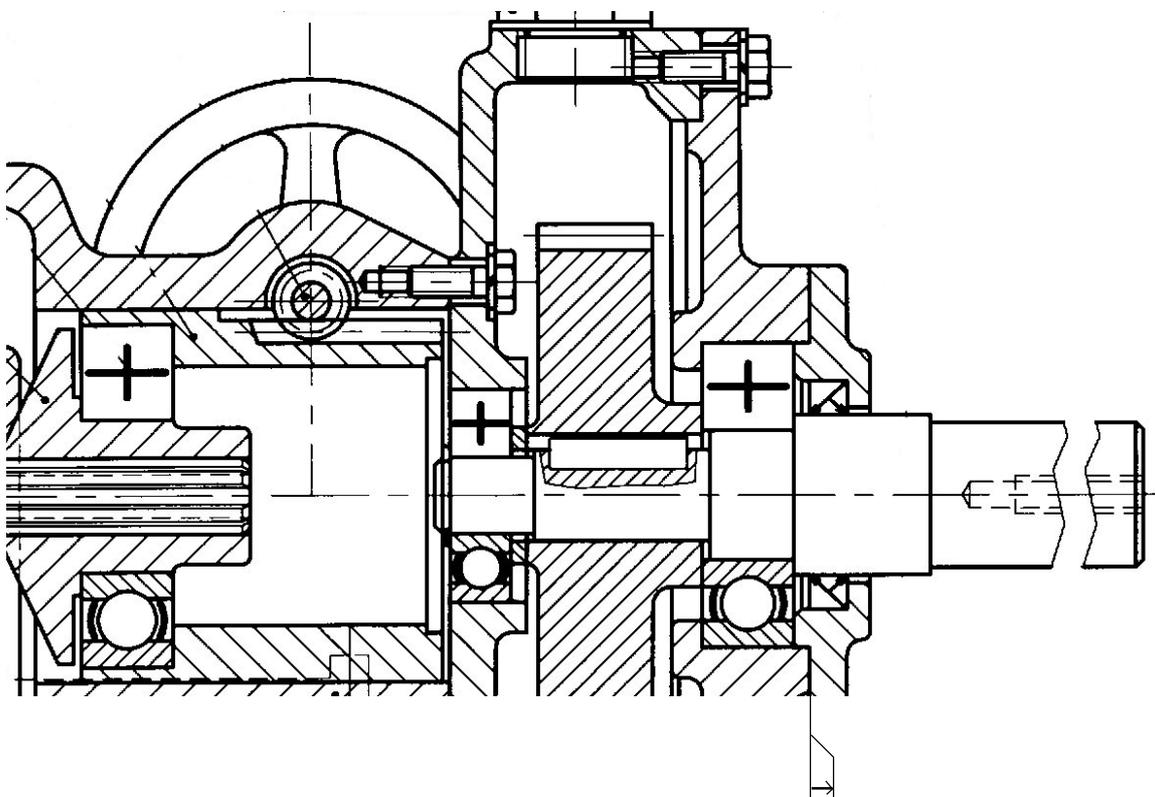


FIG. 2 – Jeu présent entre le chapeau et le bâti.

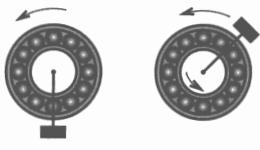
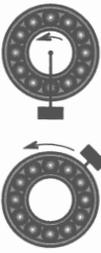
Arbres			Logements			
bagues libre sur sa portée	g 6	roues débattement axial exigé (dilatation, réglage)	direction de la charge fixe par rapport à la bague intérieure 	charges normales $\frac{L}{P} > 5$	M 7 N 7	poulies folles galets tendeurs roues
cas général	j 6	poulie folle galet tendeur		très fortes charges Fortes charges avec choc $\frac{L}{P} < 5$	N 7 P 7	matériel ferroviaire gros roulements à rou- leaux
charges normales $\frac{L}{P} > 5$	j 6/k 6	petits moteurs électriques, broches broches mach.-outils pompes ventilateurs moteurs moyens réducteurs de vitesse	direction de la charge fixe par rapport à la bague extérieure 	cas général	J 7	moteurs électriques de moyenne puissance poulies, broches de machines-outils transmissions applications générales
charges élevées $\frac{L}{P} < 5$	m 6/p 6	moteurs de traction gros réducteurs matériel ferroviaire ou de travaux publics gros compresseurs		bague libre sur sa portée roulements à rouleaux cylindriques et coniques	H 7 M 7 à P 7	débattement axial exigé (dilatation ou réglage)
charges purement axiales	j 6	roulements et butées	autres cas	charges purement axiales	H 7	roulements et butées
manchons de serrage	h 9	transmissions matériel agricole				

Tableau 5. Montage « serré » ou « glissant » des bagues (doc. SNR).

FIG. 3 – Document roulement.

Au cours du mouvement de l'engrenage :

1. Il n'y a jamais plus d'1 point de contact entre les roues..... Oui Non
2. Il peut y avoir 1 ou 2 points de contact entre les roues..... Oui Non
3. Il peut y avoir 2 ou 3 points de contact entre les roues..... Oui Non
4. Il peut y avoir 1 ou 2 ou 3 points de contact entre les roues..... Oui Non
5. Il peut y avoir 1 ou 2 ou 3 ou 4 points de contact entre les roues. Oui Non

TAB. 1 – Questionnaire à choix multiple à rendre avec la copie : entourez la bonne réponse ou barrez la mauvaise.

CLAVETAGES LONGITUDINAUX

3.41

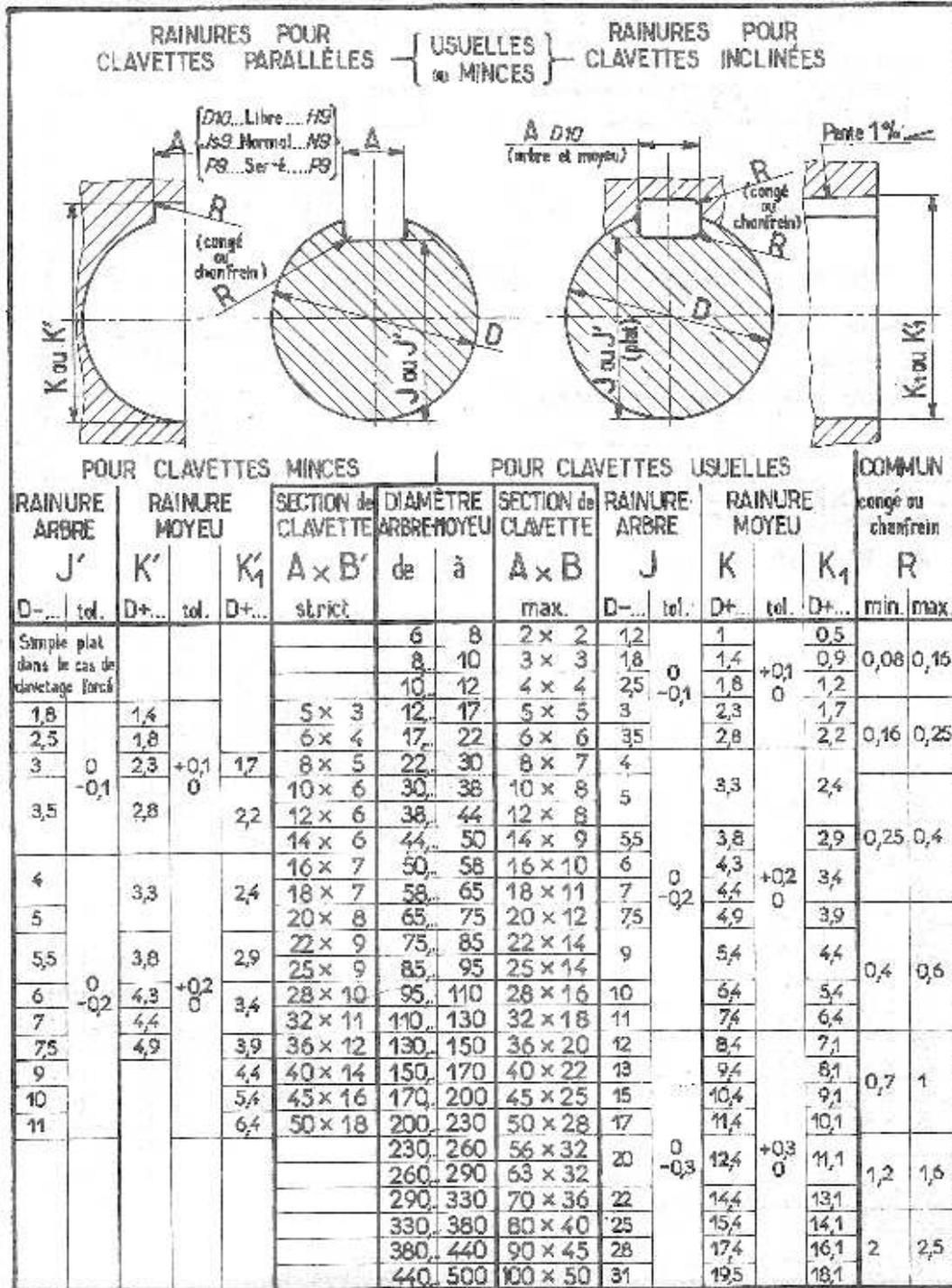


FIG. 4 - Clavette.

CLAVETTES PARALLÈLES

3.42b

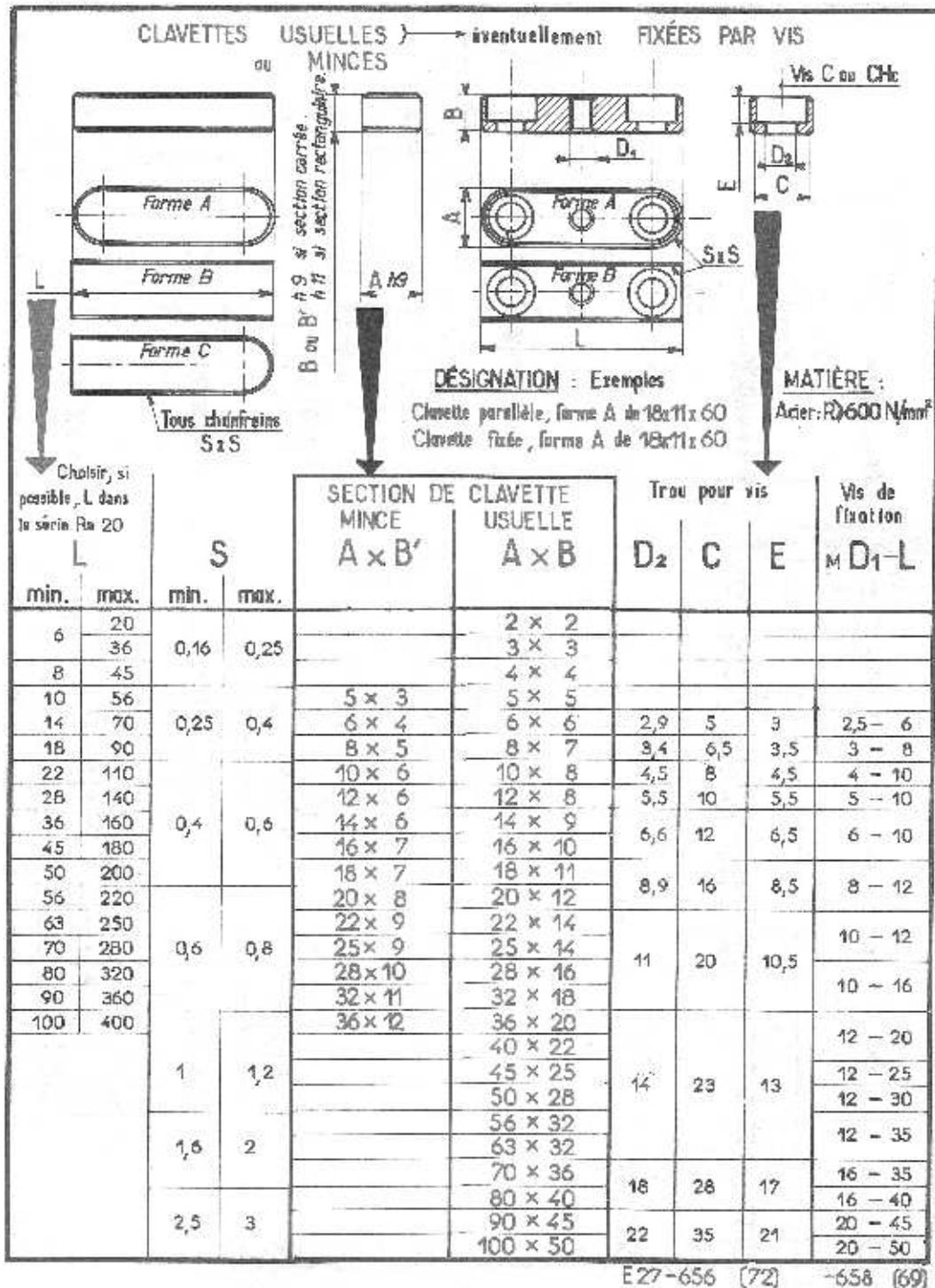
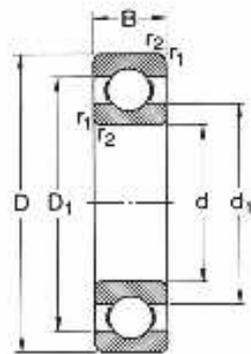
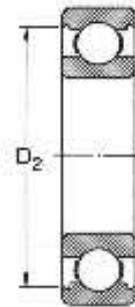


FIG. 5 - Clavette.



Sans embrèvements



Avec embrèvements

Dimensions d'embrèvement			Charges de base dyn. stat.		Limite de fatigue P_u	Vitesses de base		Masse	Désignation
d	D	B	C	C_0		Lubrification graisse	huile		
mm			N		N	tr/min		kg	-
15	24	5	1 560	800	34	28 000	34 000	0,0074	61802
	28	7	4 030	2 040	85	24 000	30 000	0,016	61902
	32	8	5 590	2 850	120	22 000	28 000	0,025	16002
	32	9	5 590	2 850	120	22 000	28 000	0,030	6002
	35	11	7 800	3 750	160	19 000	24 000	0,045	6202
	42	13	11 400	5 400	228	17 000	20 000	0,082	6302
17	26	5	1 680	930	39	24 000	30 000	0,0082	61803
	30	7	4 360	2 320	98	22 000	28 000	0,018	61903
	35	8	6 050	3 250	137	19 000	24 000	0,032	16003
	35	10	6 050	3 250	137	19 000	24 000	0,039	6003
	40	12	9 560	4 750	200	17 000	20 000	0,065	6203
	47	14	13 500	6 550	275	16 000	19 000	0,12	6303
	62	17	22 900	10 800	455	12 000	15 000	0,27	6403
20	32	7	2 700	1 500	63	19 000	24 000	0,018	61804
	37	9	6 370	3 650	156	18 000	22 000	0,038	61904
	42	8	6 890	4 050	173	17 000	20 000	0,050	16004
	42	12	9 360	5 000	212	17 000	20 000	0,069	6004
	47	14	12 700	6 550	280	15 000	18 000	0,11	6204
	52	15	15 900	7 800	335	13 000	16 000	0,14	6304
	72	19	30 700	15 000	640	10 000	13 000	0,40	6404
	25	37	7	4 360	2 600	125	17 000	20 000	0,022
42		9	6 630	4 000	178	16 000	19 000	0,045	61905
47		8	7 610	4 750	212	14 000	17 000	0,060	16005
47		12	11 200	6 550	275	15 000	18 000	0,080	6005
52		15	14 000	7 800	335	12 000	15 000	0,13	6205
62		17	22 500	11 600	490	11 000	14 000	0,23	6305
80		21	35 800	19 300	815	9 000	11 000	0,53	6405
30	42	7	4 480	2 900	146	15 000	18 000	0,027	61806
	47	9	7 280	4 550	212	14 000	17 000	0,051	61906
	55	9	11 200	7 350	310	12 000	15 000	0,085	16006
	55	13	13 300	8 300	355	12 000	15 000	0,12	6006
	62	16	19 500	11 200	475	10 000	13 000	0,20	6206
	72	19	28 100	16 000	670	9 000	11 000	0,35	6306
	90	23	43 600	23 600	1 000	8 500	10 000	0,74	6406

FIG. 6 – Documentation roulements.

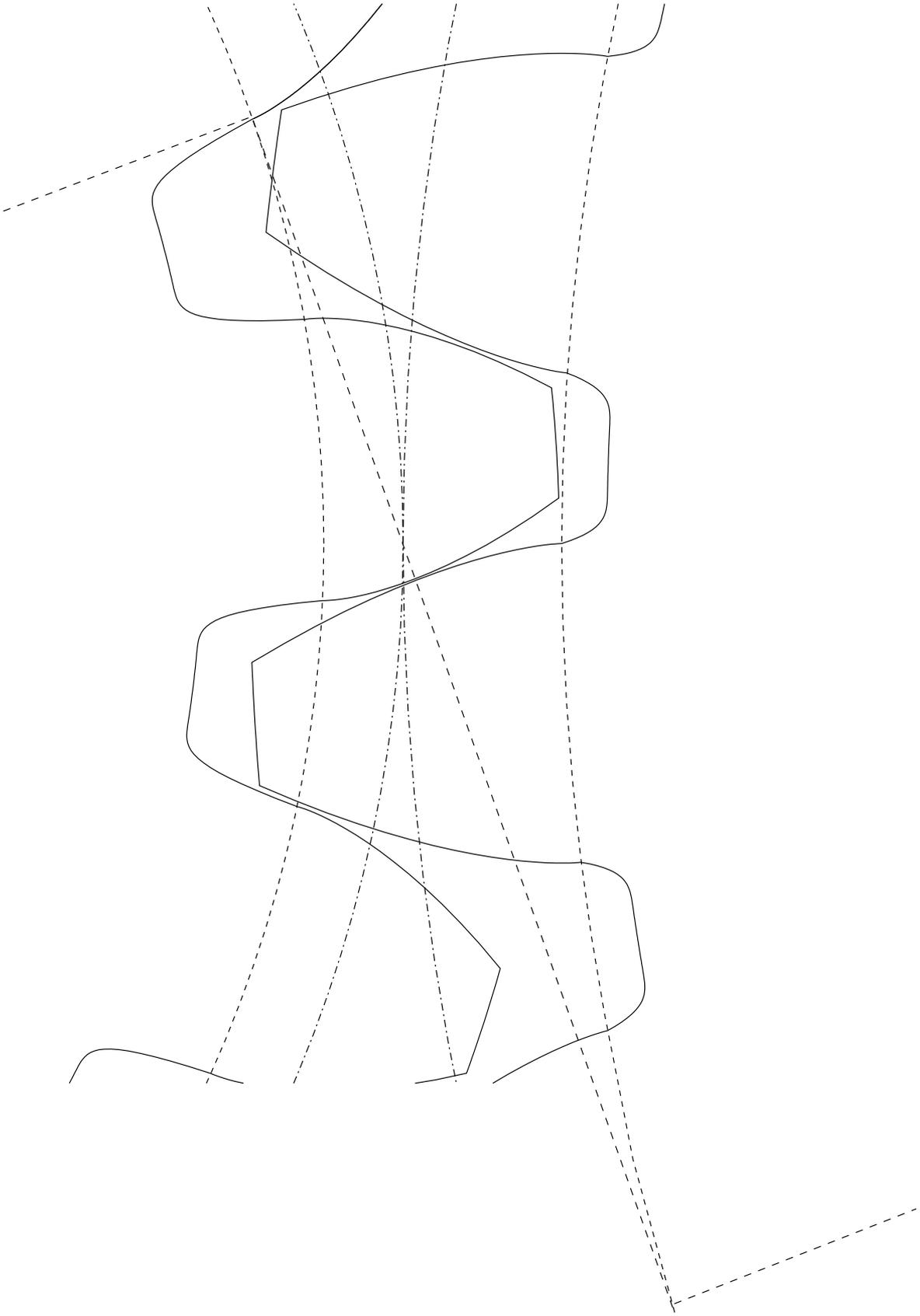


FIG. 7 – Représentation du contact au niveau de l'engrenage.