Automne 2018

Final

Durée : 1 h30 min

Document autorisé : page format A4

Le sujet se compose de trois parties indépendantes

Ces trois parties seront à rendre dans trois dossiers différents.

Dossier 1 constitué de DR1 et DR2:

Analyse d'un montage de roulements (5 points)

Dossier 2 constitué de DR3, DR4 et DR5

Détermination de durée de vie de roulements (10 points)

Dossier 3 constitué de DR6 et DR7: (5 points)

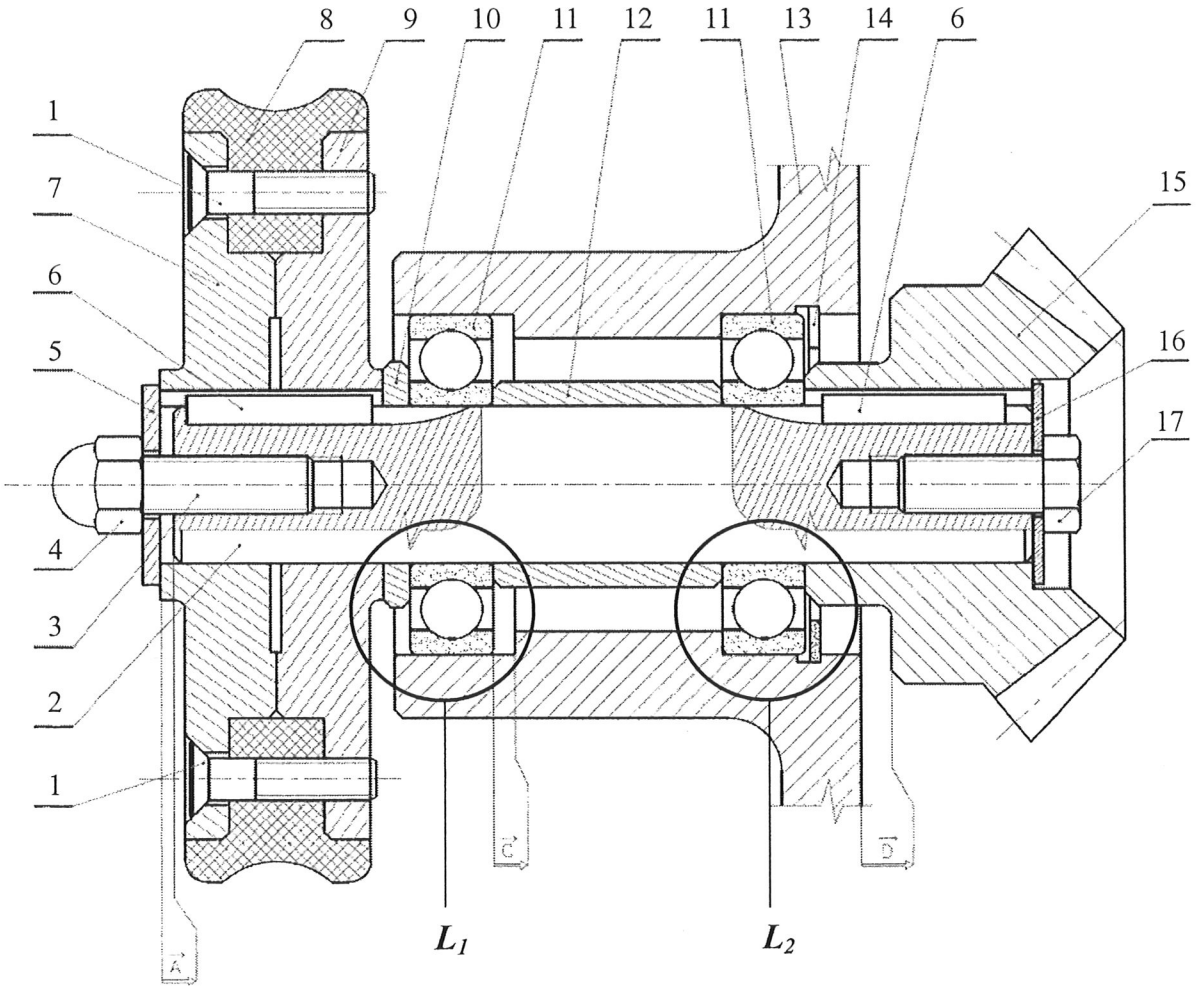
Détermination de la durée de vie de douilles à billes (5 points)

Répondre directement sur les documents réponses

1ère partie : Analyse d'un montage de roulements

Montage d'un arbre moteur

On se propose d'étudier le montage des roulements (11) qui réalisent le guidage en rotation de l'arbre (2) dans le carter fixe (13).



1- Compléter la nomenclature ci-dessous :

Repère	Nombre	Désignation
1	4	
2	1	Arbre
3	1	Vis sans tête
4	1	Ecrou borgne
5	1	Rondelle plate
6	2	
7	1	Flasque gauche
8	1	Bande de roulement
9	1	Flasque droit
10	1	Entretoise
11	2	
12	1	
13	1	Carter fixe
14	1	Circlips
15	1	Pignon conique
16	1	
17	1	

Nom :

DR1

2- Etude de la liaison entre l'arbre (2) et le carter (13)

- Donner le nom de la liaison entre l'arbre (2) et le carter (13).

- Cette liaison est réalisée techniquement au moyen de deux liaisons.
  Pour chacune d'elles, donner son nom et indiquer les solutions techniques retenues pour la réaliser.

  * Liaison « $\mathbf{L}_1$ »
    * nom :
    * solutions techniques :

  * Liaison « $\mathbf{L}_2$ »
    * nom :
    * solutions techniques :

Les charges appliquées à l'arbre étant de direction constante par rapport au carter fixe (13) et leur intensité « normale » :

- Indiquer quelle est la bague des roulements qui est montée serrée et quelle est celle qui est montée libre :

  * bague extérieure :

  * bague intérieure :

- Proposer un ajustement pour chacune des bagues :

  * bague extérieure :

  * bague intérieure :

Nom :

DR2

ANNEXES

AJUSTEMENTS RECOMMANDES POUR LES ROULEMENTS

ARBRES				LOGEMENTS		
Bague 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 $\frac{C}{P} > 5$	M 7 N 7	Poulies folles Galets tendeurs Roues
Cas général	j 6	Poulie folle Galet tendeur		Très fortes charges Fortes charges avec choc $\frac{C}{P} < 5$	N 7 P 7	Matériel ferroviaire Gros roulements à rouleaux
Charges normales $\frac{C}{P} > 5$	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 $\frac{C}{P} < 5$	m 6 / p 6	Moteurs de traction. Gros réducteurs. Matériel ferroviaire ou de travaux publics Gros compresseurs.		Bague libre sur sa portée.	H 7	Débattement axial exigé (dilatation ou réglage).
				Roulements à rouleaux cylindriques et coniques.	M 7 à P 7	
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.				

2éme partie : Détermination de durée de vie de roulements

41- Un roulement à billes à contact radial 6313 supporte une charge combinée de composante radiale $F_R = 7000$ N et de composante axiale $F_A = 5500$ N.
Calculer sa durée de vie.

$$C = 93\,kN \text{ et } C_0 = 60\,kN$$

	Expression littérale	Valeur numérique
e		
Y		
P		N
L_{10}		Mtr

Nom :

DR3

42- Une liaison pivot est réalisée au moyen de deux roulements à billes à contact oblique montés à centres de poussées rapprochés.
Calculer la durée de vie de chacun des deux roulements.

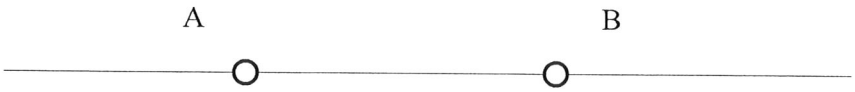
Données :

- charges :

Composante radiale F_{RA}	Composante radiale F_{RB}	Composante axiale A dirigée du Rlt_B vers le Rlt_A
5500 N	3500 N	1000 N

- Roulement Rlt_A : 7309 B – C = 58 kN, C_0 = 40 kN
- Roulement Rlt_B : 7308 B – C = 45 kN, C_0 = 30 kN

421- Identifier les roulements Rlt_1 et Rlt_2
Compléter le schéma des charges axiales



	Indice du Rlt
Rlt A	
Rlt B	

422- Calculer les charges axiales induites RQ_{A1} et RQ_{A2}

	Expression littérale	Valeur numérique (N)
RQ_{A1}		
RQ_{A2}		

423- Calculer les charges axiales F_{A1} et F_{A2}
Hypothèse de comportement

Hypothèse retenue	$A+\frac{F_{R1}}{2Y}$ $\frac{F_{R2}}{2Y}$

Nom :

DR4

En déduire les charges axiales

	Expression littérale	Valeur numérique (N)
F_{A1}		
F_{A2}		

424- Calculer les charges dynamiques équivalentes P_1 et P_2

	Expression littérale	Valeur numérique (N)
P_1		
P_2		

425- Calculer les durées de vie L_{10-1} et L_{10-2}

	Expression littérale	Valeur numérique (Mtr)
L_{10-1}		
L_{10-2}		

Nom :

DR5

ANNEXES

ROULEMENTS A UNE RANGEE DE BILLES A CONTACT RADIAL

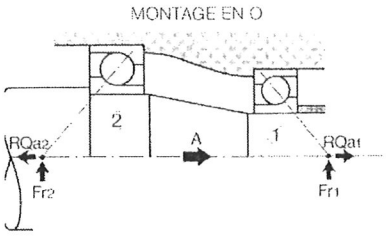
$\frac{F_A}{C_0}$	X	Y	e
0,014	0,56	2,30	0,19
0,028		1,99	0,22
0,056		1,71	0,26
0,084		1,55	0,28
0,11		1,45	0,30
0,17		1,31	0,34
0,28		1,15	0,38
0,42		1,04	0,42
0,56		1,00	0,44

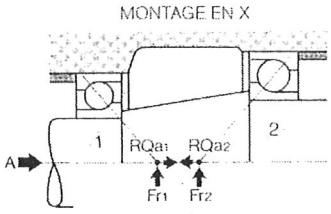
$$\ln(e) = 0{,}2329 \times \ln\left(\frac{F_A}{C_0}\right) - 0{,}6776$$

$$Y = \frac{0{,}44}{e}$$

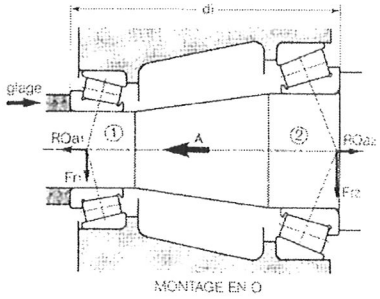
Charges sur les roulements à contact oblique

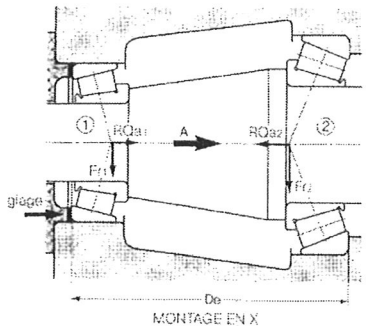
Arbre monté sur deux roulements à billes à contact oblique





Arbre monté sur deux roulements à rouleaux coniques





Roulements à billes à contact oblique ou roulements à rouleaux coniques

L'équilibre axial de l'arbre dépend non seulement des efforts extérieurs à celui-ci (Fr1, Fr2 et A) mais aussi des *forces induites* par les charges radiales appliquées sur chaque roulement.

La force induite par chacun des roulements tend à séparer la bague intérieure de la bague extérieure. Cette force se comporte vis-à-vis du roulement antagoniste comme une *force axiale supplémentaire.*

L'équilibre axial de l'arbre est assuré lorsqu'il y a équilibre du système composé des trois forces :

- A = force axiale extérieure,
- RQ_{a1} = force induite par le roulement (1)
- RQ_{a2} = force induite par le roulement (2)

On démontre que la force induite d'un roulement à contact oblique qui fonctionne avec jeu nul (ou presque nul) a une valeur déterminée sensiblement égale à $\frac{F_r}{2Y}$ d'où :

On applique la règle suivante :

Indice 1 : roulement dont la force induite a le sens de la force axiale extérieure A.

P_1 = charge dynamique équivalente du roulement (1)

P_2 = charge dynamique équivalente du roulement (2)

- Si $A + \frac{F_{r1}}{2Y_1} > \frac{F_{r2}}{2Y_2}$, le roulement (1) fonctionne avec du jeu

  Donc $P_1 = F_{r1}$ et $F_{a2} = A + \frac{F_{r1}}{2Y_1}$ d'où :

  $$P_2 = F_{r2} \quad si \ \frac{F_{a2}}{F_{r2}} \leq e$$

  $$P_2 = X \cdot F_{r2} + Y_2 \cdot F_{a2} \quad si \ \frac{F_{a2}}{F_{r2}} > e$$

- Si $A + \frac{F_{r1}}{2Y_1} < \frac{F_{r2}}{2Y_2}$, le roulement (2) fonctionne avec du jeu

  Donc $P_2 = F_{r2}$ et $F_{a1} = \frac{F_{r2}}{2Y_2} - A$ d'où :

  $$P_1 = F_{r1} \quad si \ \frac{F_{a1}}{F_{r1}} \leq e$$

  $$P_1 = X \cdot F_{r1} + Y_1 \cdot F_{a1} \quad si \ \frac{F_{a1}}{F_{r1}} > e$$

Pour les roulements à billes à contact oblique :

X = 0,35 Y = 0,57 e = 1,14

Pour les roulements à rouleaux coniques :

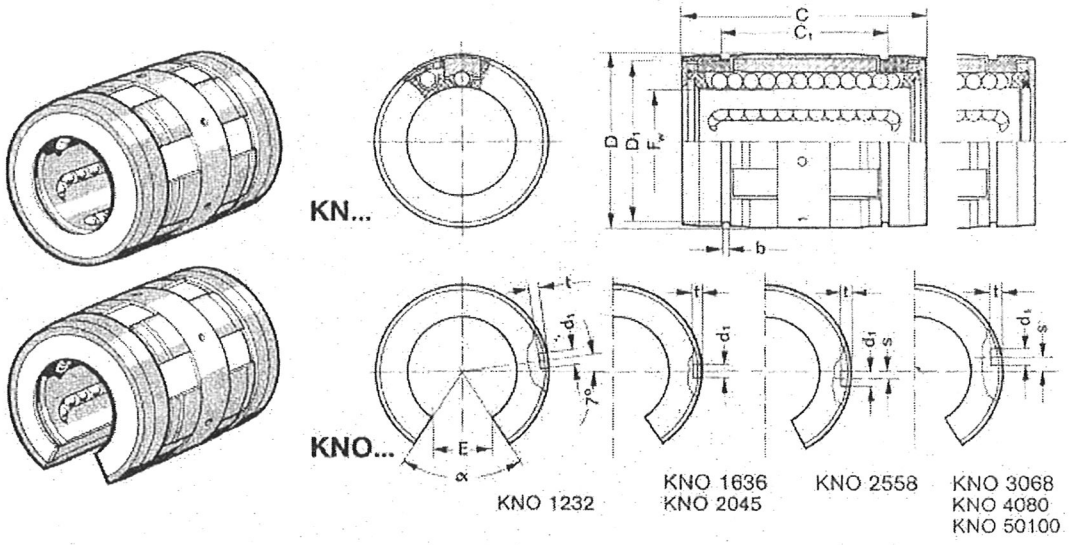
X = 0,4 Y et e : voir tableau des caractéristiques

3 ème partie : Détermination de la durée de vie de douilles à billes

On réalise une liaison glissière au moyen de douilles à billes KN 3068. Chacune d'entre elles supporte une charge radiale F = 1140 N, en statique comme en dynamique, et un couple de renversement M = 5,8 N.m. Elles se déplacent sur des arbres de dureté 600 HV.

On se propose de calculer leur durée de vie L_{10} et leur facteur de sécurité S_0 -

Extrait du catalogue INA

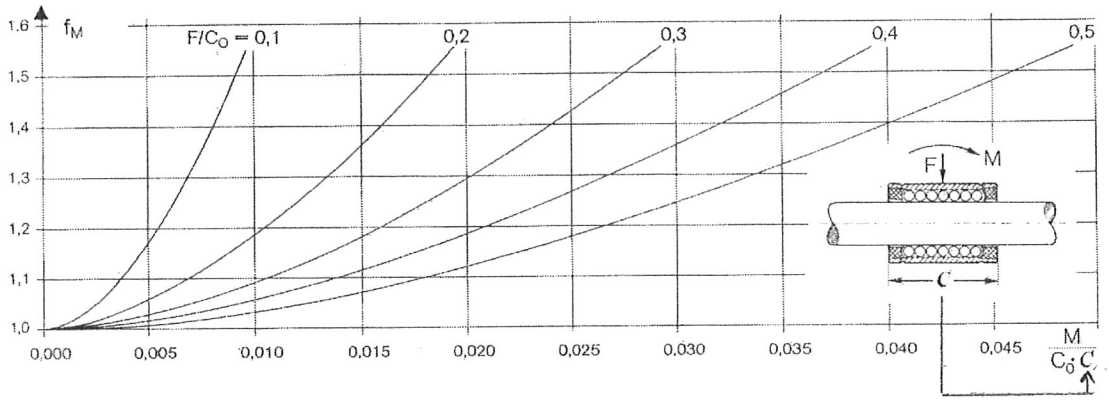


Désignation[1]	Ø arbre	Masse [kg]	Dimensions en mm										Nbre de circuits de billes	Charge de base[3]	
			D	C	D_1	C_1^{H13}	b[2]	E[4]	d_1	t	S	α [°]		dyn. C [N]	stat. C_0 [N]
KN 1232... KNO 1232...	12	0,02 0,02	22	32	21 –	22,6 –	1,3 –	– 6,5	3 3	0,7 0,7	– –	 66	5 4	800 910	510 620
KN 1636... KNO 1636...	16	0,03 0,02	26	36	25 –	24,6 –	1,3 –	– 9	3 3	0,7 0,7	– –	 68	5 4	950 1 090	620 760
KN 2045... KNO 2045...	20	0,06 0,05	32	45	30,7 –	31,2 –	1,6 –	– 9	3 3	0,9 0,9	– –	 55	6 5	1 890 1 900	1 230 1 240
KN 2558... KNO 2558...	25	0,13 0,11	40	58	38 –	43,7 –	1,85 –	– 11,5	3 3	1,4 1,4	– 1,5	 57	6 5	3 350 3 400	2 220 2 240
KN 3068... KNO 3068...	30	0,19 0,16	47	68	44,7 –	51,7 –	1,85 –	– 14	3 3	2,2 2,2	– 2	 57	6 5	4 100 4 100	2 850 2 850
KN 4080... KNO 4080...	40	0,35 0,30	62	80	59,4 –	60,3 –	2,15 –	– 19	3 3	2,2 2,2	– 1,5	 56	6 5	7 500 7 500	4 900 4 950
KN 50 100... KNO 50 100...	50	0,56 0,47	75	100	71,4 –	77,3 –	2,65 –	– 22,5	5 5	2,3 2,3	– 2,5	 54	6 5	10 900 10 900	7 200 7 300

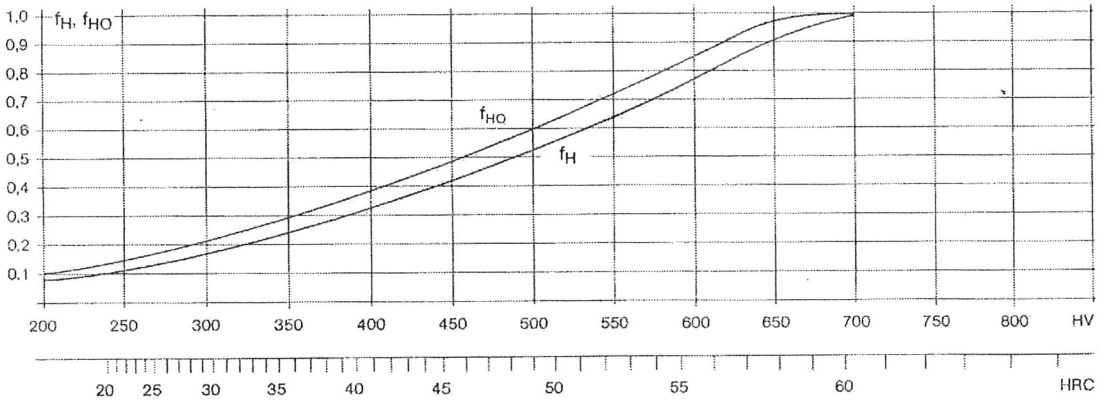
ANNEXES

Durée de vie L_{10}	Facteur de sécurité statique s_0
$L = \left(\frac{C_{eff}}{P}\right)^3$ $avec : C_{eff} = C \times \frac{f_S \times f_H}{f_M}$	$s_0 = \frac{C_{0eff}}{P_0}$ [–] $avec : C_{0eff} = C_0 \times f_{S0} \times f_{H0}$

Facteur de couple de renversement f_M.



Facteur de dureté f_H (f_{H0}).



Facteur d'orientation de charge f_S (f_{S0}).

Ø arbre	Tous types		KB.., KBS..		KH		KBO		KBO		KBO	
	f_S	f_{SO}	f_S	f_{SO}	f_S	f_{SO}	f_S	f_{SO}	f_S	f_{SO}	f_S	f_{SO}
6, 8, 10	1	1	—	—	1,15	1,40	—	—	—	—	—	—
14	1	1	—	—	1,20	1,45	—	—	—	—	—	—
12, 16	1	1	1,20	1,45	1,20	1,45	1,05	1,15	0,85	0,85	0,45	0,40
20, 25	1	1	1,05	1,30	1,05	1,30	1	1	1	1	0,55	0,55
30	1	1	1,05	1,30	1	1,15	1	1	1	1	0,55	0,55
40, 50	1	1	1,05	1,30	1	1,10	1	1	1	1	0,55	0,55

Nom

DR6

51- Calculer leur durée de vie L_{10}.

L_{10} =

52- Calculer leur facteur de sécurité s_0.

Nom :

s_0 =

DR7