

Corrigé Exercices : Durée de Vie des Roulements

Etude de cas 1 : Roulement à 1 rangée des billes à contact radial

1.1/ Données de l'étude:

Roulement à billes à contact radial de dimensions :

- $d = 20 \text{ mm}$
- $D = 47 \text{ mm}$
- $B = 14 \text{ mm}$

De capacité :

- $C = 12\ 800 \text{ N}$ $C_0 = 6\ 600 \text{ N}$

Supporte la charge combinée F :

- $F_a = 2\ 000 \text{ N}$
- $F_r = 4\ 000 \text{ N}$

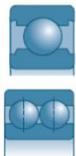
La vitesse de rotation est de 200 tr/min

1.2/ Durée de vie L_{10} et L_{h10} du roulement :

Détermination des charges équivalentes :

- Recherche de « e » :

○ $\frac{F_a}{C_0} = \frac{2\ 000}{6\ 600} = 0,30$ soit d'après le tableau constructeur :

Type	Coupe	Série	Angle de contact	F_a/C_0	e	$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$	
						X	Y	X	Y
Roulements à billes à contact radial à 1 ou 2 rangées de billes		60-62-63-64 160-618-619 622-623 42-43		0,014	0,19	1	0	0,56	2,30
				0,028	0,22				1,99
				0,056	0,26				1,71
				0,084	0,28				1,55
				0,110	0,30				1,45
				0,170	0,34				1,31
				0,280	0,38				1,15
0,420	0,42	1,04							
		0,560	0,44		1,00				
Roulements à billes à contact oblique à 1 rangée de billes		72-73 QJ2-QJ3	40° 30° 35°		1,14	1	0	0,35	0,57
					0,80	1	0	0,39	0,76
					0,95	1	0	0,37	0,66
Roulements à rouleaux coniques		302-303-313 320-322-322..B 323-323..B 330-331-332			voir liste des Roulements	1	0	0,40	voir liste des Roulements

$$e = 0,38 + (0,30 - 0,28) \frac{0,42 - 0,38}{0,42 - 0,28} = 0,38 + 0,02 \frac{0,04}{0,14} = 0,39$$
 (on considère une répartition linéaire entre deux valeurs de « e »).

- Calcul de P :

○ Nous avons $\frac{F_a}{F_r} = \frac{2\ 000}{4\ 000} = 0,5$ supérieur à e ,

soit $P = 0,56F_r + 1,15F_a = 0,56 \times 4\ 000 + 1,15 \times 2\ 000 = 4\ 540 \text{ N}$

Calcul des durées de vies :

○ $L_{1.10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{12\ 800}{4\ 540}\right)^3 = 22,4 \cdot 10^6 \text{ tours}$

○ $L_{1.h10} = \frac{L_{1.10}}{60N} = \frac{22,4 \cdot 10^6}{60 \times 200} = 1\ 867 \text{ h}$

Calcul de la durée de vie pour le second état de charge :

La charge combinée F devient :

- $F_a = 2\ 000\ \text{N}$
- $F_r = 6\ 000\ \text{N}$

- Recherche de « e » :

La valeur e ne change pas car F_a est identique au 1^{er} cas de charge, soit $e=0,39$

- Calcul de P :

- Nous avons $\frac{F_a}{F_r} = \frac{2\ 000}{6\ 000} = 0,33$ inférieur à e,
soit $P = F_r = 6\ 000\ \text{N}$

Calcul des durées de vies :

- $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{12\ 800}{6\ 000}\right)^3 = 9,7 \cdot 10^6$ tours
- $L_{h10} = \frac{L_{1.10}}{60N} = \frac{9,7 \cdot 10^6}{60 \times 200} = 808\ \text{h}$

Etude de cas 2 : Roulement à rouleaux cylindriques

2.1/ Données de l'étude:

Roulement à billes à contact radial de dimensions :

- $d = 20\ \text{mm}$
- $D = 47\ \text{mm}$
- $B = 14\ \text{mm}$

De capacité :

- $C = 28\ 000\ \text{N}$ $C_0 = 24\ 500\ \text{N}$

Supporte la charge radiale :

- $F_r = 6\ 000\ \text{N}$

La vitesse de rotation est de **200 tr/min**

2.2/ Durée de vie L_{10} et L_{h10} du roulement :

Calcul des durées de vies :

- $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{28\ 000}{6\ 000}\right)^{10/3} = 170 \cdot 10^6$ tours
- $L_{h10} = \frac{L_{1.10}}{60N} = \frac{170 \cdot 10^6}{60 \times 200} = 14\ 153\ \text{h}$

3.1/ Données de l'étude:

Roulement à billes à contact radial :

- $d = 40 \text{ mm}$

Supporte la charge combinée :

- $F_a = 4\ 000 \text{ N}$
- $F_r = 8\ 000 \text{ N}$

La vitesse de rotation est de **600 tr/min**

La durée de vie souhaitée : $L_{h10}=1\ 000 \text{ h}$

3.2/ Recherche du roulement :

On connaît la charge appliquée, mais on ne peut pas déterminer la charge équivalente P car son calcul dépend de la charge statique de base C_0 qui dépend du roulement. Il faut donc procéder par itération si l'on désire trouver un roulement qui soit optimisé aux conditions de fonctionnement. Mais on peut éliminer les roulements totalement inappropriés en faisant un pré calcul des rapports F_a/C_0 pour éliminer les roulements qui auraient un rapport qui sort des valeurs admissibles dans la liste de roulements $d=40 \text{ mm}$.

d		D	B				
mm	Références	mm	mm	10°N	10°N	tr/mn*	tr/mn*
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

1^{ère} élimination par calcul des rapports F_a/C_0 :

		$F_a = 4\ 000\ \text{N}$						
C_0		4 150	7 700	10 300	11 500	17 900	23 900	36 500
F_a/C_0		0,96	0,52	0,39	0,35	0,22	0,17	0,11

Le 1^{er} roulement est donc inadapté.

2^e élimination par estimation de la charge équivalente P :

Nous savons que la durée de vie est donnée par la formule : $L_{1,h10} = \frac{L_{1,10}}{60N}$ avec $L_{1,10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n$ soit

$$L_{1,h10} = \frac{\left(\frac{C}{P}\right)^n \cdot 10^6}{60N}. \text{ Or nous devons avoir } L_{h10} = 1\ 000\ \text{h, soit } 1000 = \frac{\left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 10^6}{60 \times 600}$$

$$\text{Donc } \frac{C}{P} = \sqrt[3]{\frac{1000 \times 60 \times 600}{10^6}} = 3,3 \text{ et } C = 3,3 \times P$$

Or $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$, on ne connaît pas encore les valeurs X et Y mais on connaît leurs valeurs limites, on peut donc estimer la valeur maxi et mini P :

- $P_{\text{maxi}} = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,56 \times 8\ 000 + 2,3 \times 4\ 000 = 13\ 680\ \text{N}$
- $P_{\text{mini}} = F_r = 8\ 000\ \text{N}$

Avec la relation $C = 3,3 \times P$ on peut estimer la valeur minimal de C soit $3,3 \times 8\ 000 < C_{\text{mini}} < 3,3 \times 13\ 680$ soit $26\ 400 < C_{\text{mini}} < 45\ 144$

Donc il ne reste que 3 roulements : 6208 ; 6308 et 6408 sur lesquels on va calculer la durée de vie exactes pour qualifier le plus optimisé par rapport au cahier des charges.

Calcul de la charge équivalente :

Type	Coupe	Série	Angle de contact	F_a/C_0	e	$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$	
						X	Y	X	Y
Roulements à billes à contact radial à 1 ou 2 rangées de billes		60-62-63-64 160-618-619 622-623 42-43		0,014	0,19				2,30
				0,028	0,22				1,99
				0,056	0,26				1,71
				0,084	0,28				1,55
				0,110	0,30	1	0	0,56	1,45
				0,170	0,34				1,31
				0,280	0,38				1,15
			0,420	0,42				1,04	
			0,560	0,44				1,00	
Roulements à billes à contact oblique à 1 rangée de billes		72-73 QJ2-QJ3	40°		1,14	1	0	0,35	0,57
			30°		0,80	1	0	0,39	0,76
			35°		0,95	1	0	0,37	0,66
Roulements à rouleaux coniques		302-303-313 320-322-322..B 323-323..B 330-331-332			voir liste des Roulements	1	0	0,40	voir liste des Roulements

- Recherche de « e » :

- Cas du 6208 :

- $\frac{F_a}{C_0} = \frac{4\,000}{17\,900} = 0,223$

- On interpole à partir des 2 valeurs du tableau du constructeur pour déterminer e : $e = 0,34 + (0,223 - 0,17) \frac{0,38-0,34}{0,28-0,17} = 0,34 + 0,053 \frac{0,04}{0,11} = \mathbf{0,36}$

- Cas du 6308 :

- $\frac{F_a}{C_0} = \frac{4\,000}{23\,900} = 0,167$

- On prend $e=0,34$

- Cas du 6408 :

- $\frac{F_a}{C_0} = \frac{4\,000}{36\,500} = 0,110$

- On prend $e=0,30$

- Calcul de la charge équivalente P :

- Cas du 6208 :

- Nous avons $\frac{F_a}{F_r} = \frac{4000}{8000} > e$, soit $X=0,56$ et on prend la valeur médiane de Y, soit $Y=1,23$

- soit $P = 0,56F_r + 1,23F_a = 0,56 \times 8\,000 + 1,23 \times 4\,000 = 9\,400\text{ N}$

- Cas du 6308 :

- Nous avons $\frac{F_a}{F_r} = \frac{4000}{8000} > e$, soit $X=0,56$ et on prend la valeur médiane de Y, soit $Y=1,31$

- soit $P = 0,56F_r + 1,31F_a = 0,56 \times 8\,000 + 1,31 \times 4\,000 = 9\,720\text{ N}$

- Cas du 6408 :

- Nous avons $\frac{F_a}{F_r} = \frac{4000}{8000} > e$, soit $X=0,56$ et $Y=1,45$

- soit $P = 0,56F_r + 1,45F_a = 0,56 \times 8\,000 + 1,45 \times 4\,000 = 10\,280\text{ N}$

Calcul des durées de vies :

- Cas du 6208 :

- $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{29\,000}{9\,400}\right)^3 = 29,4 \cdot 10^6\text{ tours}$

- $L_{h10} = \frac{L_{1.10}}{60N} = \frac{29,4 \cdot 10^6}{60 \times 600} = 817\text{ h}$ donc insuffisant

- Cas du 6308 :

- $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{40\,500}{9\,720}\right)^3 = 72,3 \cdot 10^6\text{ tours}$

- $L_{h10} = \frac{L_{1.10}}{60N} = \frac{72,3 \cdot 10^6}{60 \times 600} = 2\,008\text{ h}$ donc suffisant

- Cas du 6408 :

- $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{63\,000}{10\,280}\right)^3 = 230,2 \cdot 10^6\text{ tours}$

- $L_{h10} = \frac{L_{1.10}}{60N} = \frac{230,2 \cdot 10^6}{60 \times 600} = 6\,394\text{ h}$ donc suffisant

4.1/ Données de l'étude:

Roulement à billes à contact oblique :

- $d = 30 \text{ mm}$
- $D = 72 \text{ mm}$
- $B = 19 \text{ mm}$

De capacité :

- $C = 32\,500 \text{ N}$ $C_0 = 20\,100 \text{ N}$

Coefficients : $X=0,35$ et $Y=0,57$

La vitesse de rotation est de $1\,200 \text{ tr/min}$

La durée de vie souhaitée : $L_{h10}=1\,000 \text{ h}$

4.2/ Durée de vie des roulements :

Calcul des charges axiales et radiales des roulements R_1 et R_2 :

Bilan des A.M.E. appliqués à l'arbre S :

- L'action de la pesanteur qui est négligée ;
- Action de la charge au point F ;
- Action du roulement R_1 au point O_1 ;
- Action du roulement R_2 au point O_2 ;

Modélisation des A.M. :

$$\{T(\text{Charge}/S)\} = \begin{Bmatrix} 3\,000 & 0 \\ -5\,000 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{F, XYZ} \quad \{T(R_1/S)\} = \begin{Bmatrix} F_{a1} & 0 \\ F_{r1} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{O_1, XYZ} \quad \{T(R_2/S)\} = \begin{Bmatrix} F_{a2} & 0 \\ F_{r2} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{O_2, XYZ}$$

Application du P.F.S :

$$\underline{\text{T.R.S.}} : \overrightarrow{F(\text{charge}/S)} + \overrightarrow{O_1(R_1/S)} + \overrightarrow{O_2(R_2/S)} = \vec{0}$$

$$/\vec{x} \quad 3\,000 + F_{a1} + F_{a2} = 0 \quad (1)$$

$$/\vec{y} \quad -5\,000 + F_{r1} + F_{r2} = 0 \quad (2)$$

$$\underline{\text{T.M.S.}} : \overrightarrow{M_{O_1}(\text{charge}/S)} + \overrightarrow{M_{O_1}(R_1/S)} + \overrightarrow{M_{O_1}(R_2/S)} = \vec{0}$$

$$/\vec{z} \quad 200 + 0 + 0,1 F_{r2} = 0 \quad (3)$$

Résolution :

$$(3) \quad F_{r2} = -\frac{200}{0,1} = -2\,000 \text{ N}$$

$$(3) \rightarrow (2) \quad F_{r1} = 5\,000 + 2\,000 = 7\,000 \text{ N}$$

L'équation (1) ne peut être exploitée en raison de l'hyperstatisme, qui plus est l'effet de cône induit une charge axiale Q_a avec $Q_a = \frac{F_r}{2Y}$

- $Q_{a1} = \frac{|F_{r1}|}{2Y} = \frac{7\,000}{2 \times 0,57} = 6\,140\text{ N}$
- $Q_{a2} = -\frac{|F_{r2}|}{2Y} = -\frac{2\,000}{2 \times 0,57} = -1\,754\text{ N}$

Nous avons : $\overrightarrow{F(\text{charge}/S)} \cdot \vec{x} + Q_{a1} \gg |Q_{a2}|$,

donc $F_{a1} = Q_{a1} = 6\,140\text{ N}$ et $F_{a2} = -|\overrightarrow{F(\text{charge}/S)} \cdot \vec{x} + Q_{a1}| = -9\,140\text{ N}$

Calcul de la durée de vie :

d		D	B	a		
mm	Références	mm	mm	mm	10°N	10°N
15	7202 BA	35	11	16,0	8,0	4,4
17	7203 B	40	12	18,0	9,9	5,5
	7203 BGA	40	12	18,0	16,1	11,0
20	7204 BA	47	14	21,0	13,3	7,6
	7204 BGA	47	14	21,0	21,6	15,3
	7304 B	52	15	22,5	17,3	9,7
	7304 BGA	52	15	22,6	30,5	20,9
25	7205 BGA	52	15	24,0	15,8	9,4
	7305 BGA	62	17	26,8	42,5	30,0
30	7206 BGA	62	16	27,0	20,5	13,5
	7306 BGA	72	19	31,0	32,5	20,1
35	7207 BGA	72	17	31,0	27,0	18,4
	7307 BA	80	21	35,0	39,5	25,0
	7307 BGA	80	21	35,0	39,5	25,0

Type	Coupe	Série	Angle de contact	F_a / C_0	e	$F_a / F_r \leq e$		$F_a / F_r > e$	
						X	Y	X	Y
Roulements à billes à contact radial à 1 ou 2 rangées de billes		60-62-63-64 160-618-619 622-623 42-43		0,014	0,19	1	0	0,56	2,30
				0,028	0,22				1,99
				0,056	0,26				1,71
				0,084	0,28				1,55
				0,110	0,30				1,45
				0,170	0,34				1,31
				0,280	0,38				1,15
				0,420	0,42				1,04
				0,560	0,44				1,00
				Roulements à billes à contact oblique à 1 rangée de billes					72-73
QJ2-QJ3	30°		0,80			1	0	0,39	0,76
	35°		0,95			1	0	0,37	0,66

Roulement R₁:

- $e=1,14$ et $\frac{F_{a1}}{F_{r1}} = \frac{6\,140}{7\,000} = 0,88$ donc $\frac{F_{a1}}{F_{r1}} < e$ soit $X=1$ et $Y=0$ et $P = F_r = 7\,000$ N
 - $L_{1.10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{32\,500}{7\,000}\right)^3 = 100 \cdot 10^6$ tours
 - $L_{1.h10} = \frac{L_{1.10}}{60N} = \frac{100 \cdot 10^6}{60 \times 1\,200} = 1\,389$ h

Roulement R₂:

- $e=1,14$ et $\frac{F_{a2}}{F_{r2}} = \frac{9\,140}{2\,000} = 4,57$ donc $\frac{F_{a2}}{F_{r2}} > e$ soit $X=0,35$ et $Y=0,57$
- $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,35 \times 2\,000 + 0,57 \times 9\,140 = 5\,910$ N
 - $L_{2.10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{32\,500}{5\,910}\right)^3 = 166,3 \cdot 10^6$ tours
 - $L_{2.h10} = \frac{L_{2.10}}{60N} = \frac{166,3 \cdot 10^6}{60 \times 1\,200} = 2\,309$ h

Etude de cas 5 : Roulement à rouleaux coniques montage en « O »

4.1/ Données de l'étude:

Roulement à rouleaux coniques série 30306A:

d		D	B	C	T	a			e	Y	Yo		
mm	Réf.	mm	mm	mm	mm	mm	10 ³ N	10 ³ N				tr/mn*	tr/mn*
15	30202A	35	11	10,0	11,75	8,40	15,80	14,50	0,32	1,88	1,03	10000	15000
17	30203A	40	12	11,0	13,25	9,90	21,2	21,3	0,35	1,74	0,96	9500	13000
	32203A	40	16	14,0	17,25	11,25	31,0	31,0	0,31	1,92	1,06	9200	12000
	30303A	47	14	12,0	15,25	10,40	29,7	27,2	0,29	2,11	1,16	8400	11000
20	30204A	47	14	12,0	15,25	11,20	28,2	30,6	0,35	1,74	0,96	8000	11000
	30304A	52	15	13,0	16,25	11,20	34,7	33,2	0,30	2,00	1,10	7500	10000
	32304A	52	21	18,0	22,25	13,60	44,6	46,3	0,30	2,00	1,10	7700	10000
25	32005V	47	15	11,5	15,00	11,50	28,5	31,5	0,43	1,39	0,77	7600	10000
	30205A	52	15	13,0	16,25	12,60	35,4	39,4	0,37	1,60	0,88	7100	10000
	32205B	52	18	15,0	19,25	16,75	41,5	49,0	0,58	1,03	0,57	7200	9500
	33205A	52	22	18,0	22,00	14,00	52,5	57,5	0,35	1,71	0,94	7300	9800
	30305A	62	17	15,0	18,25	13,00	49,2	48,1	0,30	2,00	1,10	6200	8600
	32305A	62	24	20,0	25,25	15,90	64,6	68,8	0,30	2,00	1,10	6300	8200
30	32006C	55	17	13,0	17,00	13,50	38,5	45,0	0,43	1,39	0,77	6400	8000
	30206A	62	16	14,0	17,25	13,80	45,4	50,5	0,37	1,60	0,88	5900	8400
	32206C	62	20	17,0	21,25	14,75	50,0	55,0	0,37	1,60	0,88	5800	8100
	33206A	62	25	19,5	25,00	16,00	71,9	77,0	0,34	1,76	0,97	6300	8400
	30306A	72	19	16,0	20,75	15,30	61,7	63,1	0,31	1,90	1,05	5300	7400
	31306A	72	19	14,0	20,75	23,10	52,5	60,3	0,83	0,73	0,40	5100	7000
32306A	72	27	23,0	28,75	18,90	85,5	96,4	0,32	1,90	1,05	5400	7000	

De capacité :

- $C = 61\,700$ N $C_0 = 63\,100$ N

Coefficients : $e=0,31$; $Y=1,90$

La vitesse de rotation est de **600 tr/min**

4.2/ Durée de vie des roulements :

Calcul des charges axiales et radiales des roulements R₁ et R₂:

Bilan des A.M.E. appliqués à l'arbre S :

- L'action de la pesanteur qui est négligée ;
- Action de la charge au point F ;
- Action du roulement R₁ au point O₁ ;
- Action du roulement R₂ au point O₂ ;

Modélisation des A.M. :

$$\{T(\text{Charge}/S)\}_F = \begin{Bmatrix} 4\,000 & 0 \\ -6\,000 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{XYZ} \quad \{T(R_1/S)\}_{O_1} = \begin{Bmatrix} F_{a1} & 0 \\ F_{r1} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{XYZ} \quad \{T(R_2/S)\}_{O_2} = \begin{Bmatrix} F_{a2} & 0 \\ F_{r2} & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{XYZ}$$

Application du P.F.S :

$$\underline{\text{T.R.S.}} : \overrightarrow{F(\text{charge}/S)} + \overrightarrow{O_1(R_1/S)} + \overrightarrow{O_2(R_2/S)} = \vec{0}$$

$$/\vec{x} \quad 4\,000 + F_{a1} + F_{a2} = 0 \quad (1)$$

$$/\vec{y} \quad -6\,000 + F_{r1} + F_{r2} = 0 \quad (2)$$

$$\underline{\text{T.M.S.}} : \overrightarrow{M_{O_1}(\text{charge}/S)} + \overrightarrow{M_{O_1}(R_1/S)} + \overrightarrow{M_{O_1}(R_2/S)} = \vec{0}$$

$$/\vec{z} \quad 240 + 0 + 0,12 F_{r2} = 0 \quad (3)$$

Résolution :

$$(3) \quad F_{r2} = -\frac{240}{0,12} = -2\,000 \text{ N}$$

$$(3) \rightarrow (2) \quad F_{r1} = 6\,000 + 2\,000 = 8\,000 \text{ N}$$

L'équation (1) ne peut être exploitée en raison de l'hyperstatisme, qui plus est l'effet de cône induit une charge axiale Q_a avec $Q_a = \frac{F_r}{2Y}$

- $Q_{a1} = -\frac{|F_{r1}|}{2Y} = -\frac{8\,000}{2 \times 1,90} = -2\,105 \text{ N}$
- $Q_{a2} = \frac{|F_{r2}|}{2Y} = \frac{2\,000}{2 \times 1,90} = 526 \text{ N}$

Nous avons : $\overrightarrow{F(\text{charge}/S)} \cdot \vec{x} + Q_{a2} \gg |Q_{a1}|$,

donc $F_{a2} = Q_{a2} = 526 \text{ N}$ et $F_{a1} = -|\overrightarrow{F(\text{charge}/S)} \cdot \vec{x} + Q_{a2}| = -4\,526 \text{ N}$

Calcul de la durée de vie :

Roulement R₁ :

- $e=0,31$ et $\frac{F_{a1}}{F_{r1}} = \frac{4\,526}{8\,000} = 0,57$ donc $\frac{F_{a1}}{F_{r1}} > e$ soit $X=0,40$ et $Y=1,90$
- $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,40 \times 8\,000 + 1,9 \times 4\,526 = 11\,799 \text{ N}$
 - $L_{1.10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{61\,700}{11\,799}\right)^{10/3} = 248 \cdot 10^6 \text{ tours}$
 - $L_{1.h10} = \frac{L_{1.10}}{60N} = \frac{248 \cdot 10^6}{60 \times 600} = 6\,889 \text{ h}$

Roulement R₂ :

- $e=0,31$ et $\frac{F_{a2}}{F_{r2}} = \frac{526}{2\,000} = 0,263$ donc $\frac{F_{a2}}{F_{r2}} < e$ soit $X=1$ et $Y=0$
- $P = F_a = 2\,000 \text{ N}$
 - $L_{2.10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n = \left(\frac{61\,700}{2\,000}\right)^{10/3} = 92\,084 \cdot 10^6 \text{ tours}$
 - $L_{2.h10} = \frac{L_{2.10}}{60N} = \frac{92\,084 \cdot 10^6}{60 \times 600} = 2,6 \cdot 10^6 \text{ h}$

On remarque que les durées de vies des 2 roulements ne sont pas équilibrées.