



ISTIA
Ecole d'Ingénieurs de l'Université
d'Angers
Année : EI2



Contrôle continu de
Dimensionnement de Systèmes Mécaniques
Sylvain CLOUPET, Sylvain VERRON

Date : 16/01/14

Durée : 3H00

Documents autorisés : Cours

Motoréducteur à denture hélicoïdale

Données

L'étude porte sur le motoréducteur dont le dessin de définition est donné en annexe. Ce motoréducteur est utilisé sur un ventilateur. Suite à un changement de ce mécanisme, le cahier des charges est revu et certaines contraintes ont été modifiées. Le but de l'étude est de s'assurer que le motoréducteur résiste correctement aux nouvelles spécifications techniques.

On doit dorénavant pouvoir fournir sur l'arbre de sortie (arbre n°9) un couple maximum $C_s=81\text{Nm}$ à une vitesse $N_s=138\text{ tr/min}$.

Concernant les roulements, la durée de vie souhaitée pour l'ensemble est de 2500 heures pour une fiabilité de 95%.

Dans un souci de réduction sonore, la réduction est assurée par un enchaînement d'engrenages cylindriques à denture hélicoïdale. Le rendement d'un étage d'engrènement est de $\eta = 0,98$ (98%).

L'étude comporte 4 parties, chaque partie peut être traitée indépendamment des autres.

On précise que les angles de pression et d'hélice valent respectivement :

- $\alpha_n = 20^\circ$
- $\beta = 10^\circ$

1^{ère} partie : Généralités et Dimensionnement du moteur

Q1 – Retrouver dans le tableau suivant le moteur électrique à courant continu « minimal » permettant de respecter les conditions voulues. Justifier.

Référence	Puissance (W)	Vitesse nominale (tr/min)
MOT1	1000	1515
MOT2	1300	1400
MOT3	1750	1320
MOT4	2475	1215
MOT5	2975	1150
MOT6	3450	1025

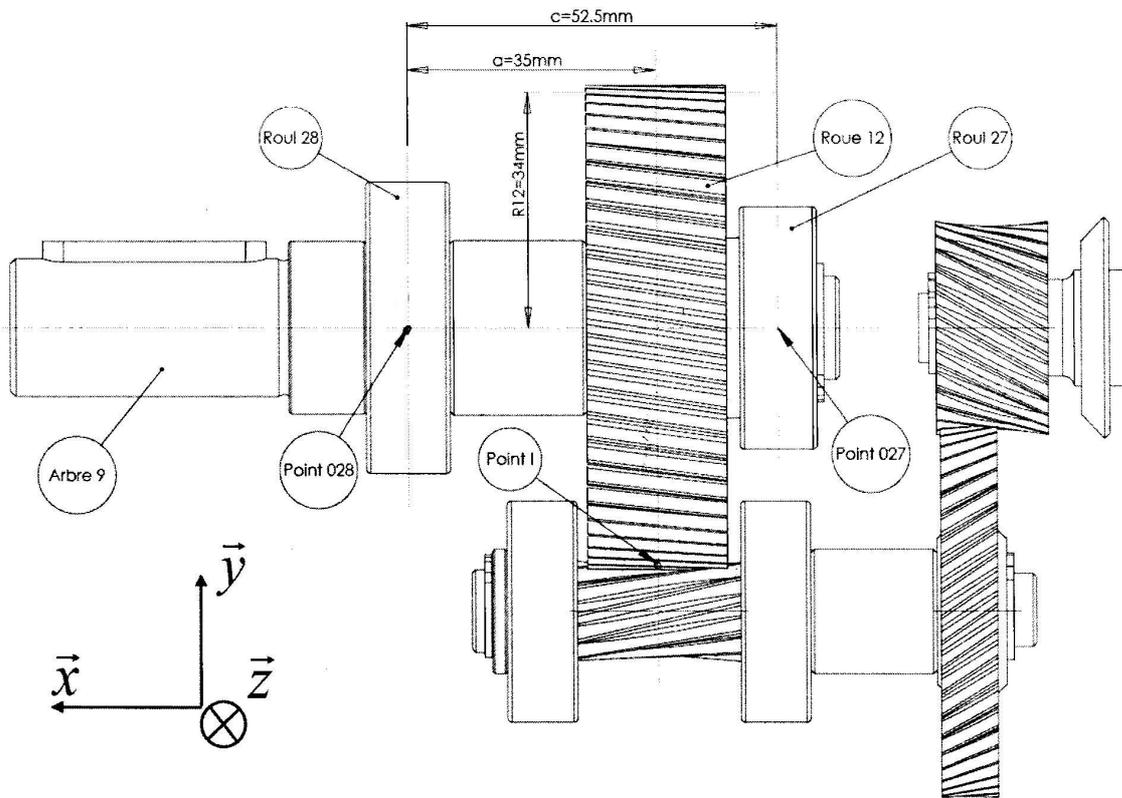
Q2 – Suite à ce choix, retrouver le rapport global de réduction i_{gl} de la partie réducteur, puis en déduire le nombre de dent Z_{12} que doit posséder la roue 12 pour assurer cette contrainte.

2^{ème} partie : Etude du guidage en rotation de l'arbre de sortie

Q3 – Grâce à deux schémas, correctement choisis et surtout correctement orientés (repères obligatoires), représenter clairement les composantes de l'effort de contact $F_{8 \rightarrow 12}$ du pignon arbré n°8 sur la roue dentée n°12 au point de contact I. Le but est de retrouver graphiquement le résultat ci-dessous. On rappelle que le moteur tourne dans le sens positif. L'arbre de sortie fournit un couple $C_{s_{arbre9 \rightarrow ext}} = C_s x$ au récepteur.

$$T_{8 \rightarrow 12} = \begin{matrix} F_A = -F \cos \alpha_n \cdot \sin \beta & 0 \\ F_R = F \sin \alpha_n & 0 \\ F_T = -F \cos \alpha_n \cdot \cos \beta & 0 \end{matrix} \quad I, x, y, z$$

Q4 – Aux niveaux des roulements de l'arbre de sortie, on se base sur le schéma suivant, où O27 et O28 sont respectivement les points d'application des roulements 27 et 28, et où I est le point de contact entre la roue 12 et le pignon arbré 8. Comment modéliser les roulements et pourquoi ce choix ? Quel est l'avantage de ce type de modélisation ?



Q5 – Déterminer analytiquement (fonction de F_A , F_R , F_T , a , c et R_{12}) les composantes des actions de liaisons aux niveaux de chacun des roulements (on pourra les exprimer sous la forme de torseurs) puis effectuer l'application numérique. Donner alors les valeurs des charges radiales et axiales s'appliquant sur les roulements 27 et 28.

3^{ème} partie : Calcul de la durée de vie des éléments de guidage

Dans cette partie, et quels que soient les résultats de la première partie, les valeurs des charges radiales et axiales sont :

$F_{a_{R27}} = 0\text{N}$	$F_{a_{R28}} = 420\text{N}$
$F_{r_{R27}} = 1805\text{N}$	$F_{r_{R28}} = 795\text{N}$

On souhaite maintenant vérifier que les roulements réalisant le guidage de l'arbre de sortie 9 (tournant à 138tr/min) vont permettre de respecter les spécifications demandées. On sait que les durées de vie (pour une fiabilité à 90%) des 4 autres roulements sont respectivement : 15000h et 18000h pour l'arbre moteur, et 16000h et 17000h pour l'arbre intermédiaire.

Q6 – Calculer, pour une fiabilité de 95%, la durée de vie de l'ensemble des roulements du motoréducteur (indice : passer par le calcul des L_{10h} individuels puis calculer L_{10eh}). Conclure.

On rappelle la formule suivante:
$$L_x = L_{10} \left(\frac{\text{Log} X}{\text{Log} 0,9} \right)^{\frac{1}{3}}$$
.

Q7 – Calculer la probabilité d'avoir une panne du motoréducteur (dû à un roulement défectueux) lors des 1000 premières heures de fonctionnement.

4^{ème} partie : Dimensionnement du pignon

Par la suite, on fera l'hypothèse des dentures droites ($\beta=0$).

Pour prendre en compte ce changement de denture, le module est alors doublé. On prendra $m=1$ mm.

L'objectif de cette partie est de choisir le matériau de la roue de sortie 12 pour une durée de vie de 2500 heures. On précise que :

- le coefficient de déport est nul
- le rapport λ géométrique vaut 16
- le rapport de conduite vaut $C = 1,75$
- la qualité de réalisation est ISO 7
- le système est considéré à sécurité réduite.

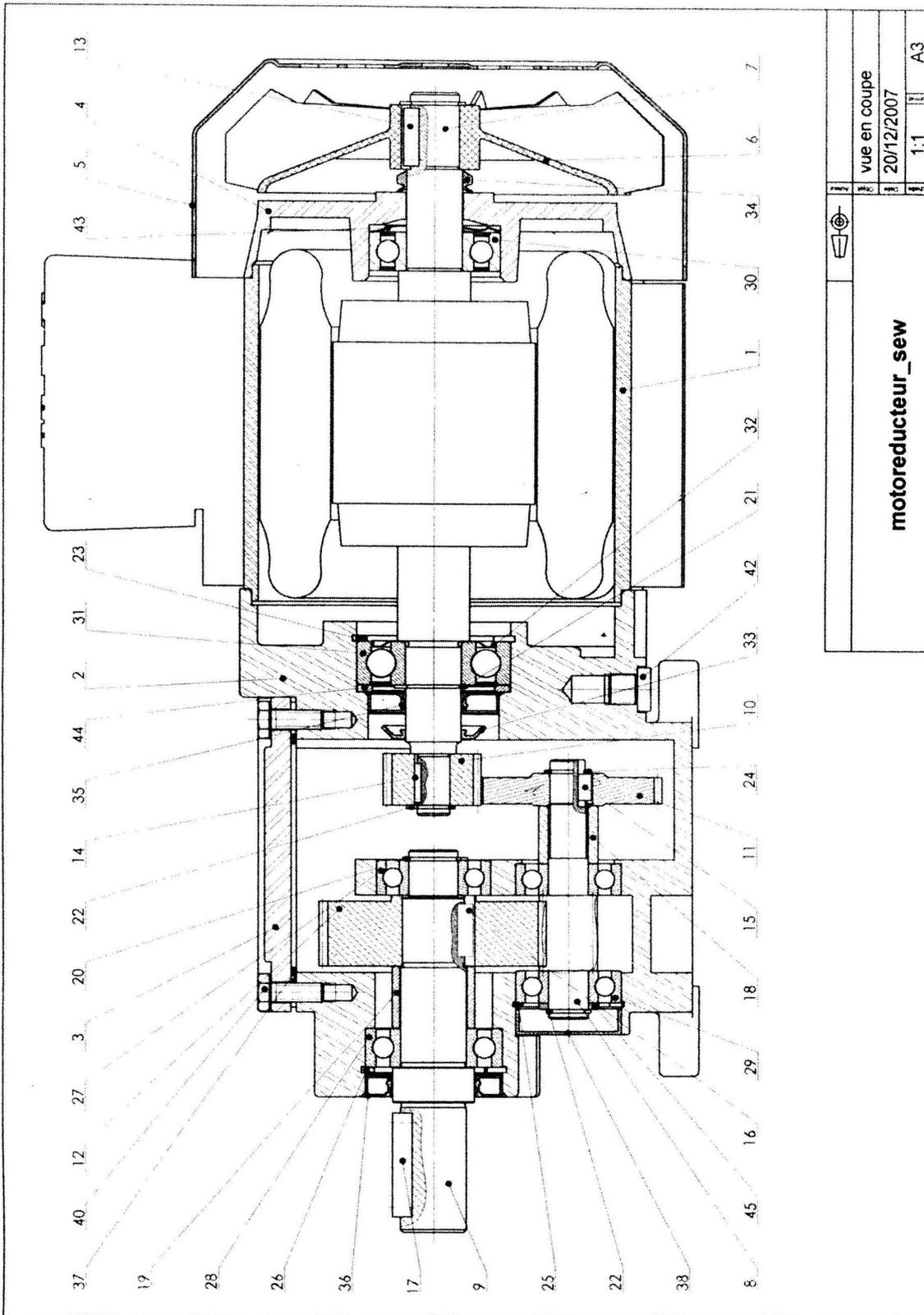
Q8 – A partir du critère de flexion au pied de dent, calculer la valeur minimale de σ .

Q9 – A partir du critère de la pression superficielle, calculer la valeur minimale de K_0 .

Q10 – A partir des résultats des questions 9 et 10, proposer un matériau pour la réalisation de la roue 12 parmi les matériaux suivants :

Matériaux	Rm (en Mpa)	Dureté (en HB)
M1 – Fonte grise EN-GJIL250	250	210
M2 – Acier 35NCD16	1600	375
M3 – Acier au chrome trempe totale - 41C4	1100	300

ANNEXE 1 : Plan d'ensemble du motoréducteur



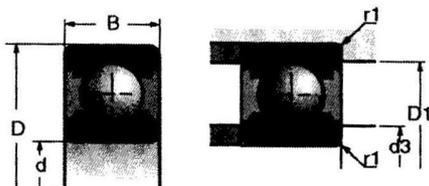
ANNEXE 2 : Nomenclature du motoréducteur

46	4	rondelle M5		
45	1	rondelle d'épaisseur		
44	1	rondelle d'appui		
43	1	rondelle elastique		
42	2	bouchon visse		
41	4	vis HM5-6		
40	8	vis HM6-16		
39	4	vis Chc - M5 x 115-15		
38	1	bouchon		
37	1	joint plat		
36	1	joints a levres 25-42-7		
35	1	Joint a levres 17-40-7		
34	1	Joint_Vring_17		
33	1	deflecteur		
32	1	flasque roulement		
31	1	roulement 6303Z		
30	1	roulement 6203DU		
29	2	roulement 6201		
28	1	roulement 6004		
27	1	roulement 6202		
26	1	anneau elastique 42 x 1.75		
25	1	anneau elastique 32 x 1.2		
24	1	anneau elastique 11 x 1		
23	1	anneau elastique 47 x 1.75		
22	2	anneau elastique 10 x 1		
21	1	anneau elastique 17 x 1		
20	2	anneau elastique 15 x 1		
19	1	entretoise arbre de sortie	E295	
18	1	entretoise arbre intermediaire	E295	
17	1	clavette 6 6 32		
16	1	clavette 6 6 16		
15	1	clavette 4 4 8		
14	1	clavette 2 2 12		
13	1	clavette 5 5 18		
12	1	roue sortie		Nbre de dents:
11	1	roue entree		Nbre de dents:45
10	1	pignon entree		Nbre de dents:27
9	1	arbre de sortie	E295	
8	1	pignon arbre		Nbre de dents:11
7	1	rotor	E295	
6	1	ventilateur	PP	
5	1	carter	C22	
4	1	flasque	AlSi12	
3	1	couvercle	AlSi12	
2	1	carter reducteur	AlSi12	
1	1	stator	AlSi12	
Rep.	Nbre	Désignation	Matière	Observation
motoreducteur_sew				Auteur
			Objet	nomenclature
			Date	
			Echelle	1:1
			Format	A4

ANNEXE 3 : Extraits du catalogue SNR

Roulements à une rangée de billes à contact radial

Roulements à une rangée de billes à contact radial (suite)



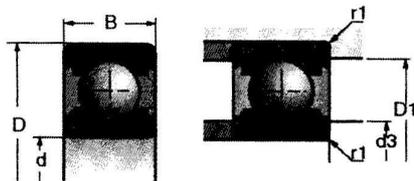
d		D	B				
mm	Références	mm	mm	10°N	10°N	tr/min*	tr/min*
3	623	10	4	0,64	0,23	70000	80000
4	624	13	5	1,30	0,49	54000	63000
	634	16	5	1,88	0,68	45000	53000
5	625	16	5	1,88	0,68	47000	55000
	635	19	6	2,46	1,05	34000	40000
6	626	19	6	2,46	1,05	35000	41000
7	607	19	6	2,46	1,05	37000	46000
	627	22	7	3,30	1,36	32000	37000
8	608	22	7	3,30	1,36	34000	42000
9	609	24	7	3,65	1,64	30000	37000
	629	26	8	4,60	1,97	26000	30000
10	61800	19	5	1,83	0,92	34000	42000
	61900	22	6	2,70	1,27	31000	38000
	6000	26	8	4,60	1,97	27000	34000
	6200	30	9	6,00	2,65	23000	27000
6300	35	11	7,60	3,45	19000	24000	
12	61801	21	5	1,92	1,04	30000	37000
	61901	24	6	2,90	1,46	27000	34000
	6001	28	8	5,10	2,37	25000	32000
	6201	32	10	6,80	3,05	21000	25000
	6301	37	12	9,70	4,20	18000	23000
15	61802	24	5	2,08	1,26	25000	31000
	61902	28	7	4,35	2,25	23000	28000
	16002	32	8	5,60	2,85	22000	26000
	6002	32	9	5,60	2,85	21000	26000
	6202	35	11	7,70	3,75	19000	22000
	6302	42	13	11,40	5,40	15000	19000
17	61803	26	5	2,23	1,46	23000	28000
	61903	30	7	4,60	2,55	21000	26000
	16003	35	8	6,00	3,25	20000	24000
	6003	35	10	6,00	3,25	19000	24000

* Il s'agit de vitesses limites suivant le concept SNR (cf. p. 85 à 87)



Roulements à une rangée de billes à contact radial

Roulements à une rangée de billes à contact radial (suite)



d		D	B	 C	 C ₀	 tr/mn*	 tr/mn*
mm	Références	mm	mm	10°N	10°N	tr/mn*	tr/mn*
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

* Il s'agit de vitesses limites suivant le concept SNR (cf. p. 85 à 87)

Durée de vie nominale (suite)

Charge dynamique équivalente P

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

X et Y = facteurs de charge définis dans le tableau ci-dessous
 F_a et F_r = efforts axial et radial appliqués au roulement

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 radial à 1 rangée de billes jeu résiduel supérieur au jeu normal		60-62-63-64 160-618-619 622-623		0,014	0,29	1	0	0,46	1,88
				0,029	0,32				1,71
				0,057	0,36				1,52
				0,086	0,38				1,41
				0,110	0,40				1,34
				0,170	0,44				1,23
				0,280	0,49				1,10
				0,430	0,52				1,01
0,570	0,54	1,00							
Roulements à billes à contact oblique à 1 rangée de billes		72-73	40°		1,14	1	0	0,35	0,57
		QJ2-QJ3	35°		0,95	1	0	0,37	0,66
Roulements à billes à contact oblique à 2 rangées de billes		32-33	35°		0,95	1	0,66	0,60	1,07
		32.A-33.A	25°		0,68	1	0,92	0,67	1,41
		52-53 32.B-33.B	32°		0,86	1	0,73	0,62	1,17
Roulements à rotule sur billes		12-13 22-23 112-113			voir liste des Roulements	1	voir liste des Roulements	0,65	voir liste des Roulements
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
Roulements à rotule sur rouleaux		213-222-223 230-231-232 240-241			voir liste des Roulements	1	voir liste des Roulements	0,67	voir liste des Roulements
Roulements à rouleaux cylindriques		N..2-N..3-N..4 N..10 N..22-N..23			-	1	-	1,00	-
Butée à billes à simple ou double effet		511-512-513 514			-	-	-	-	1,00
Butée à rotule sur rouleaux		293-294			1,82	-	-	1,20	1,00