



Examen National du Brevet de Technicien Supérieur
Session Mai 2018
- Sujet -

Page

1

22

Filière:	Mouliste
Épreuve de:	Conception d'outillage et CAO

Durée :	4Heures
Coefficient :	30

Le dossier comprend :

- Documents sujet (couleur blanche)
- Documents techniques (couleur jaune)
- documents réponses (couleur verte)
- barème de notation (couleur rouge)

Le sujet comporte trois parties :

<i>PARTIES</i>	<i>DUREE RECOMMANDEE</i>
<i>PARTIE 1: Présentation de système d'étude</i>	
<i>PARTIE 2 : Analyse Fonctionnelle</i>	<i>15min</i>
<i>PARTIE 3 : Calcul de conception</i>	<i>1H30min</i>
<i>PARTIE 4: Etude de moulage</i>	<i>45min</i>
<i>PARTIE 5 : Travail graphique</i>	<i>1H20min</i>

Lecture de sujet :10min

Toutes les parties sont indépendante

- *Calculatrice électronique de poche ,alphanumérique à fonctionnement autonome ,non imprimante ,autorisée .*
- *L'usage de tout ouvrage de référence de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit .*

PRESENTATION DE SYSTEME D'ETUDE :

Réducteur roue et vis sans fin

1-1- Fonctionnement du système:

C'est un type de réducteur souvent utilisé dans les cas où une très grande démultiplication est recherchée ou lorsque l'irréversibilité du système assure un fonctionnement correct.

1-2-Caractéristiques techniques

- Les arbres d'entrée et de sortie sont perpendiculaires,
- Rapport de réduction compris entre 2,5 et 100,
- Arbre de sortie plein ou creux
- Irréversibilité pour les rapports élevés.

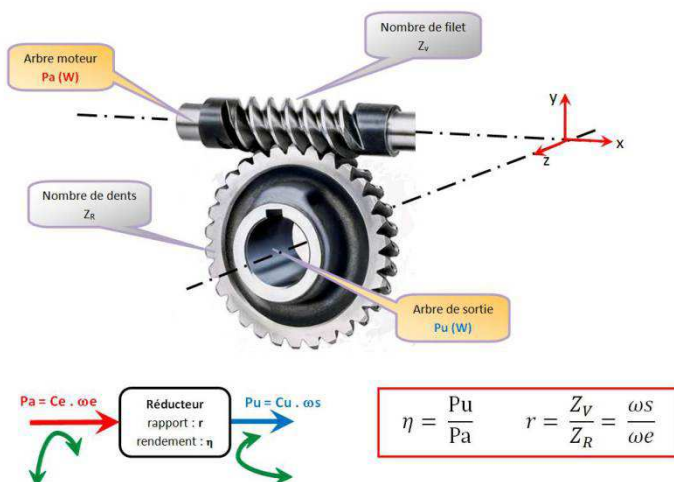
- ↗ Bonne capacité d'absorption des surcouples,
- ↗ Peut être utilisé en combiné ,pour des grands rapports de réduction (vitesse très faible),
- ↗ De plus en plus utilisés en combinaison avec d'autres réducteurs d'une part, et d'autres trains d'autre part afin d'améliorer le rendement.

1-4-Inconvénients :

- ↘ Rendement variable en fonction du rapport de réduction et de la vitesse,
- ↘ Échauffement plus important que dans d'autres technologies,
- ↘ Roue bronze pouvant engendrer une usure.

1-5-Principales applications

Convoyeurs, Treuils, applications à vitesse lente



1-3-Avantages :

- ↗ Compacité notamment pour les rapports élevés,
- ↗ Niveau sonore réduit, exempt de vibration, donnant une bonne qualité d'entraînement,
- ↗ Charge radiale admissible élevée en sortie,
- ↗ Rapport performance/prix intéressant,

1-3- Cahier de charge :

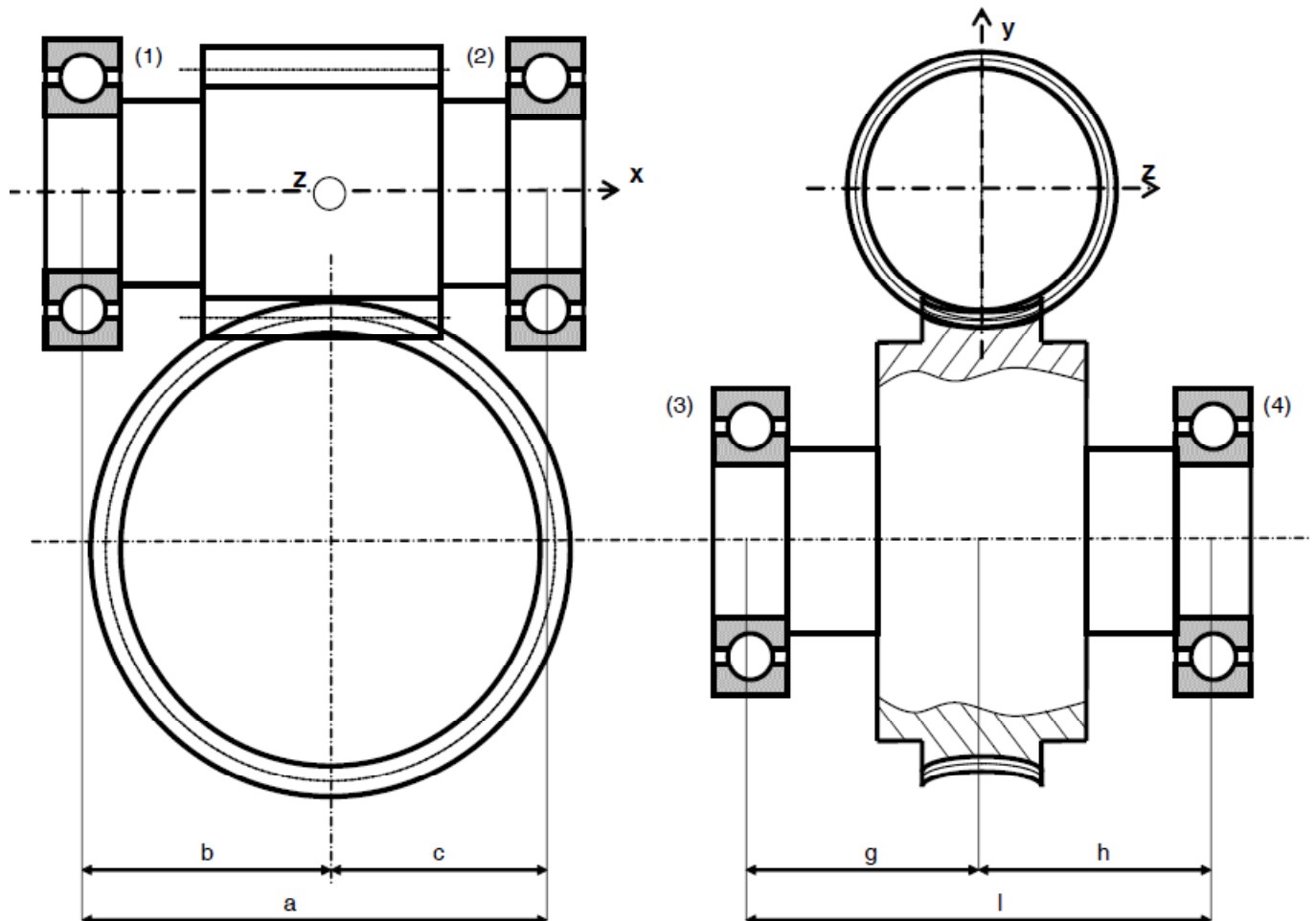
Le but de ce travail est de concevoir un réducteur roue et vis sans fin transmettant une puissance motrice $P_m = 1.25 \text{ Kw}$ à 1500 tr/min de durée de vie souhaitée de 25000 heures de fonctionnement à raison de 12 heures de travail par jour avec un rapport de réduction de $1/60$ et un rendement de 0.95.

- La vis sans fin a un filet en acier allié (25CrMo4) montée sur 2 roulements à billes à contact radial.

- La roue est en bronze, de diamètre primitif 200mm, montée sur 2 roulements à billes à contact radial.

L'angle de pression réel : $\alpha_n = 20^\circ$.

L'angle d'hélice : $\beta = 15^\circ$.

Situation des cotes :

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$l = 100 \text{ mm}$$

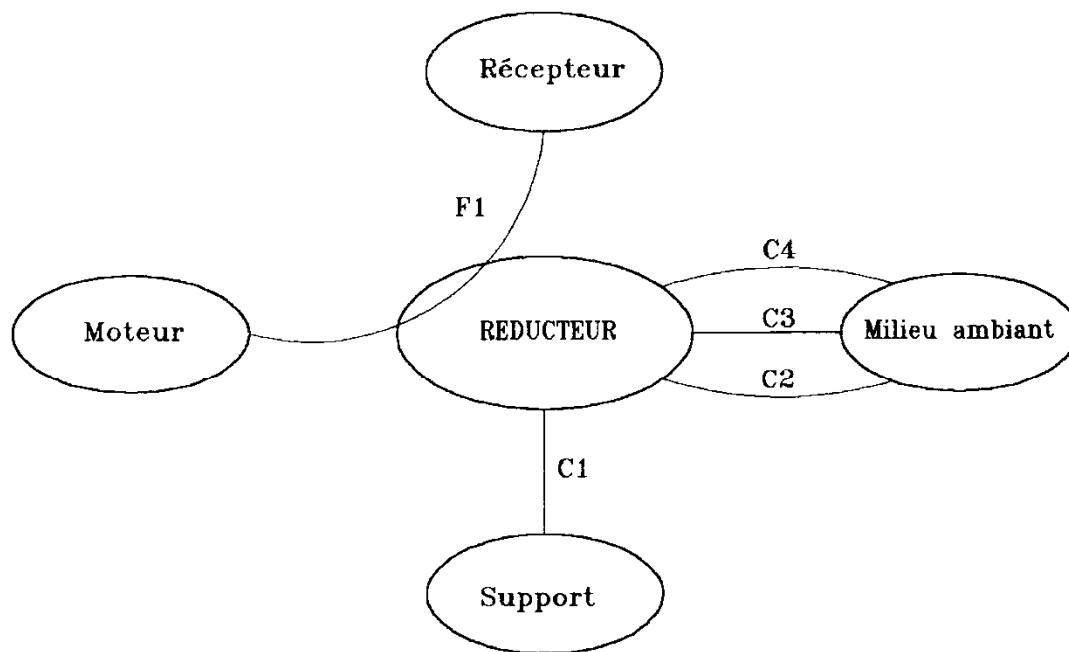
$$b = c = 100 \text{ mm}$$

$$g = h = 50 \text{ mm}$$

Partie 2 : Analyse fonctionnelle

GRAPHE D'INTERACTIONS :

Séquence : utilisation



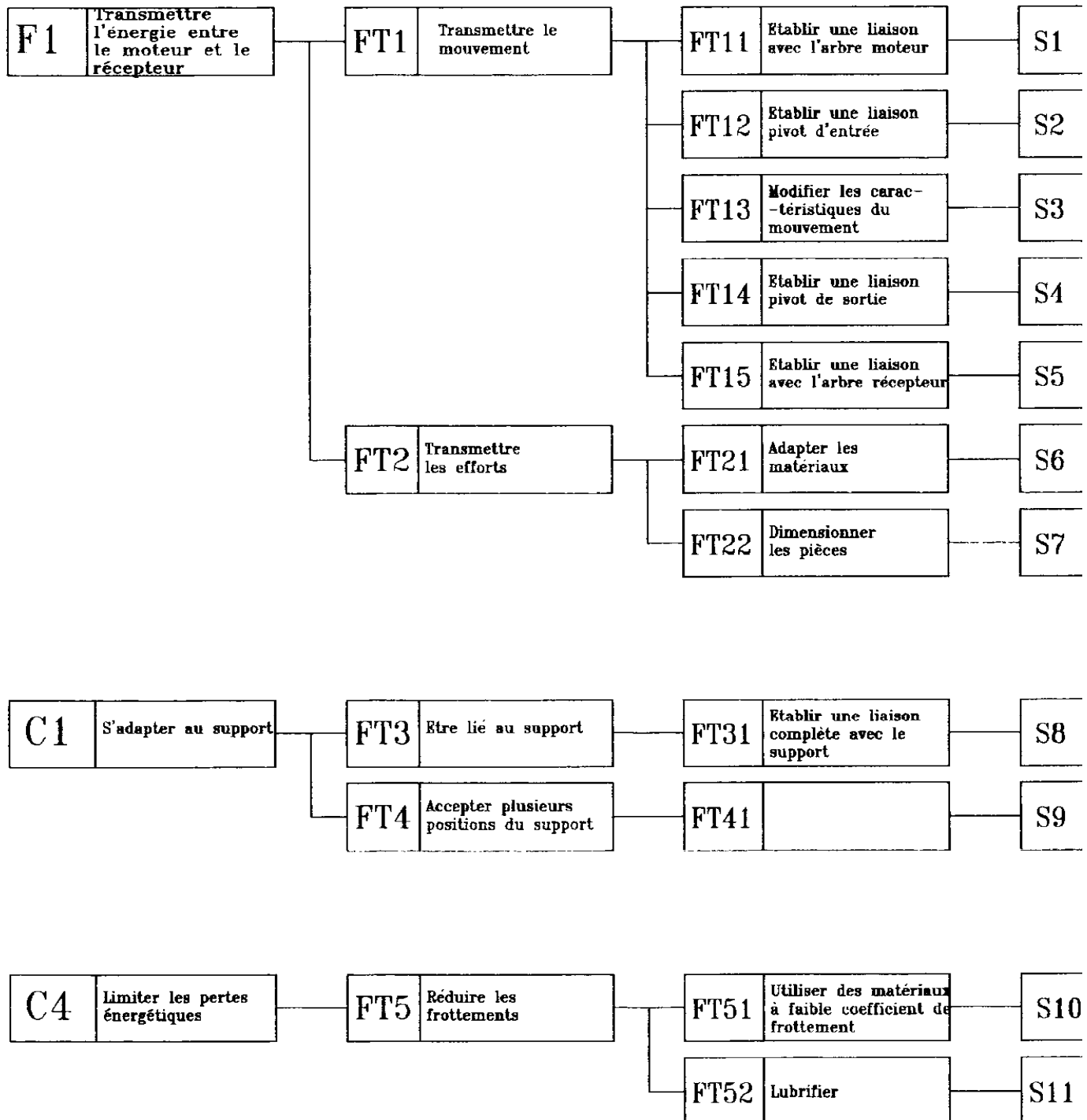
FONCTIONS DE SERVICE :

- **F1** : transmettre l'énergie du moteur au récepteur .

CONTRAINTES :

- **C1** : s'adapter au support .
- **C2** : ne pas agresser le milieu ambiant .
- **C3** : résister au milieu ambiant .
- **C4** : limiter les pertes énergétiques .

FAST DE DESCRIPTION DU REDUCTEUR



2-1: sur document (DR1) compléter les solutions techniques de FAST du réducteur à roue et vis sans fin.

Partie 3 : Calcul de conception

3-1:Définition de la roue et de la vis sans fin.

3-1-1:Calculer la puissance ,la vitesse de rotation et le couple de sortie de réducteur .

3-1-2: On prend $k=7$ et coefficient de sécurité $s=5$.

A l'aide de document technique DT1,déterminer le module de la roue m_n

3-1-3:A l'aide de document technique (DT2) et (DT3) compléter le tableau de caractéristique de la roue et de la vis (Document réponse DR2)

3-2 Etude statique

3-2 -1:Modéliser l'arbre d'entrée(schéma cinématique détaillé) .

3-2 -2:En appliquant le principe fondamentale de la statique ,déterminer les torseurs statiques des liaisons.

3-3 : Etude résistance des matériaux

3-3 -1:Déterminer le torseur de cohésion le long de l'arbre d'entrée.

3-3-2 : on adopte un coefficient de sécurité $s= 3$.

En appliquant le critère de Von Mises: $\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$

Vérifier que $d=20\text{mm}$ satisfait la condition de résistance.

3-4 : Détermination des roulements

3-4 -1: les efforts exercés sur les roulements de guidage de la vis sont:

$$\text{Roulement a droite: } \{T(C)\} = \begin{pmatrix} 0 \\ 515.32 \\ 873.24 \end{pmatrix} \bigg| \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{Roulement a gauche } \{T(A)\} = \begin{pmatrix} 3846.44 \\ 515.32 \\ 576.12 \end{pmatrix} \bigg| \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_A$$

Les roulements utilisés ont $d=20\text{mm}$, $D=52\text{mm}$ $B=15\text{mm}$.

A l'aide des documents techniques (DT4a) et (DT4b) ,vérifier la durée de vie des roulements utilisés pour le guidage de l'arbre d'entrée .

3-4-2 conclure.

Partie 4 : Etude de Moulage

Sur document technique DT5a et DT5b on vous propose un exemple de dessin d'ensemble de système réducteur roue et vis sans fin.

4-1: Transfert de chaleur:

(Fabrication de l'empreinte d'un moule :électroérosion par défonçage)

Dans cette partie on s'intéresse à la fabrication de l'ébauche d'un moule pour réaliser le couvercle (6) par électroérosion .La reproduction de forme par défonçage consiste à utiliser un outil de forme et à le déplacer selon une direction ,la matière est alors enlevée progressivement.

Etude des échanges thermiques entre le générateur et la matière

Données:

- | | |
|---|--|
| -masse volumique de l'acier | $\rho_{\text{acier}}=7850 \text{ kg.m}^{-3}$. |
| -température de fusion de l'acier | $\theta_f=1500 \text{ }^{\circ}\text{C}$. |
| -capacité thermique massique de l'acier a l'état solide | $c_{\text{acier}}=460 \text{ J Kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. |
| -masse m d'acier fondue | $m=440\text{g}$. |

Le métal utilisé dans cette partie est initialement à une température $\theta_i=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

4-1-1.Exprimer la quantité de chaleur Q_1 absorbée par la masse m de métal pour augmenter sa température de la température initiale à la température de fusion . Calculer Q_1 .

4-1-2. La quantité de chaleur totale transmise au moule Q_t est due à la quantité de chaleur Q_1 et à la quantité de chaleur Q_2 nécessaire pour sa transformation d'état de l'état solide à l'état liquide .

Déduire la quantité de chaleur Q_2 absorbée par la masse m de métal nécessaire à sa complète fusion, sachant que $Q_t = 39 \times 10^4$ (joule),

4-1-3. Exprimer la quantité de chaleur Q_3 en fonction de la masse de métal m et de la chaleur latente de fusion L_f de l'acier.

4-1-4. Déterminer la chaleur latente de fusion L_f de l'acier.

4-2: Mécanique de fluide :

Evacuation des résidus de matière

Pour réaliser l'évacuation des résidus de matière, on utilise de l'huile sous pression injectée d'un canal de diamètre intérieur D_2 dans l'électrode, à partir d'une canalisation de diamètre intérieur D_1 .

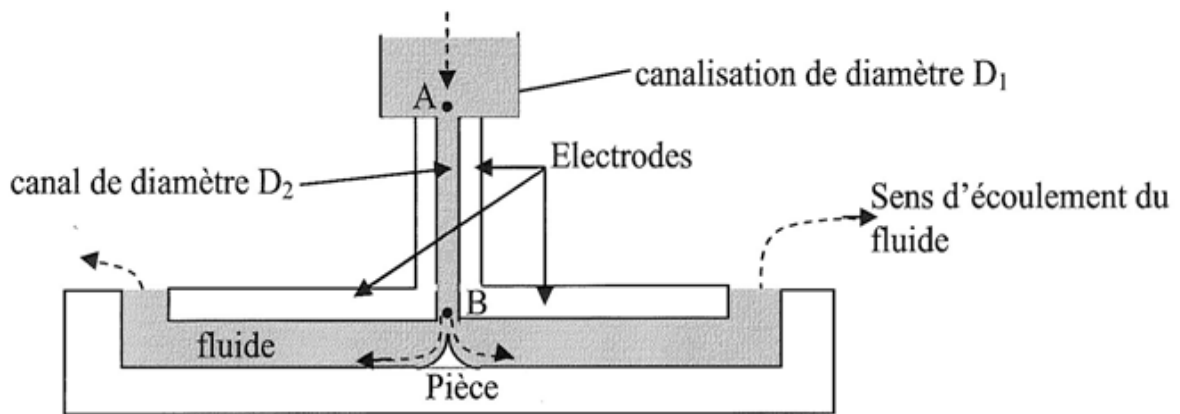


Figure 1 : schéma de principe

Les différences de hauteur sont négligées. L'étude pourra être réalisée à partir de la figure 4 simplifiée et réorientée pour intégrer cette approximation.

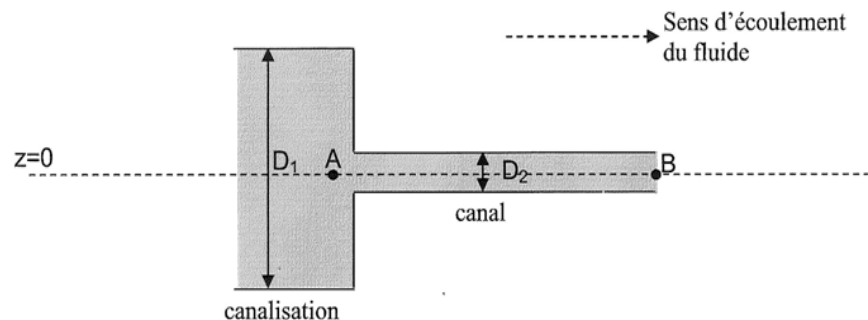


Figure 2 : schéma d'étude

On souhaite obtenir une pression p_B au point B en sortie de canal telle que l'évacuation des résidus se fasse correctement. La pression p_A au point A dans la canalisation est réglable de 3 à 10 bars.

Données :

-- $1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$

--l'huile est considérée comme un fluide incompressible parfait et son régime d'écoulement est permanent.

--masse volumique de l'huile

$$\rho_{\text{huile}} = 920 \text{ kg.m}^{-3}.$$

--vitesse du fluide au point A

$$v_A = 2 \text{ m.s}^{-1}.$$

--pression du fluide au point B

$$p_B = 2 \text{ bars}.$$

--débit volumique dans le canal et la canalisation

$$Q_v = 2.1 \text{ L.min}^{-1}.$$

--diamètre D_2 du canal

$$D_2 = 1.5 \text{ mm}$$

4-2-1. Calculer l'air S_1 de la section de la canalisation; en déduire le diamètre D_1 de la canalisation.

4-2-2. calculer la vitesse d'expulsion v_B du fluide au point B.

4-2-3. En utilisant l'équation de Bernoulli pour un fluide parfait appliquée aux points A et B, calculer la pression p_A dans la canalisation pour obtenir une pression p_B égale à 2 bars.

4-2-4. Vérifier que les conditions de réglage de la pression sont remplies.

Partie 5: Travail graphique:

Sur document technique DT5a et DT5b on vous propose un exemple de dessin d'ensemble de système réducteur roue et vis sans fin incomplet.

5-1 : sur document réponse DR4 ,compléter le montage des roulements de guidage de la vis sans fin en assurant l'étanchéité .

5-2 : sur document réponse DR3 ,dessiner le dessin de définition de couvercle 6

5-2-1- Vue de face en coupe .

5-2-2- Vue de dessus.

5-2-3-Faire la cotation dimensionnelle nécessaire.

En première approximation, le module peut être calculé par la formule :

$$m = 2,34 \sqrt{\frac{\|F_t\|}{k \cdot R_{pe}}}$$

$\|F_t\|$ = force tangentielle en newtons.

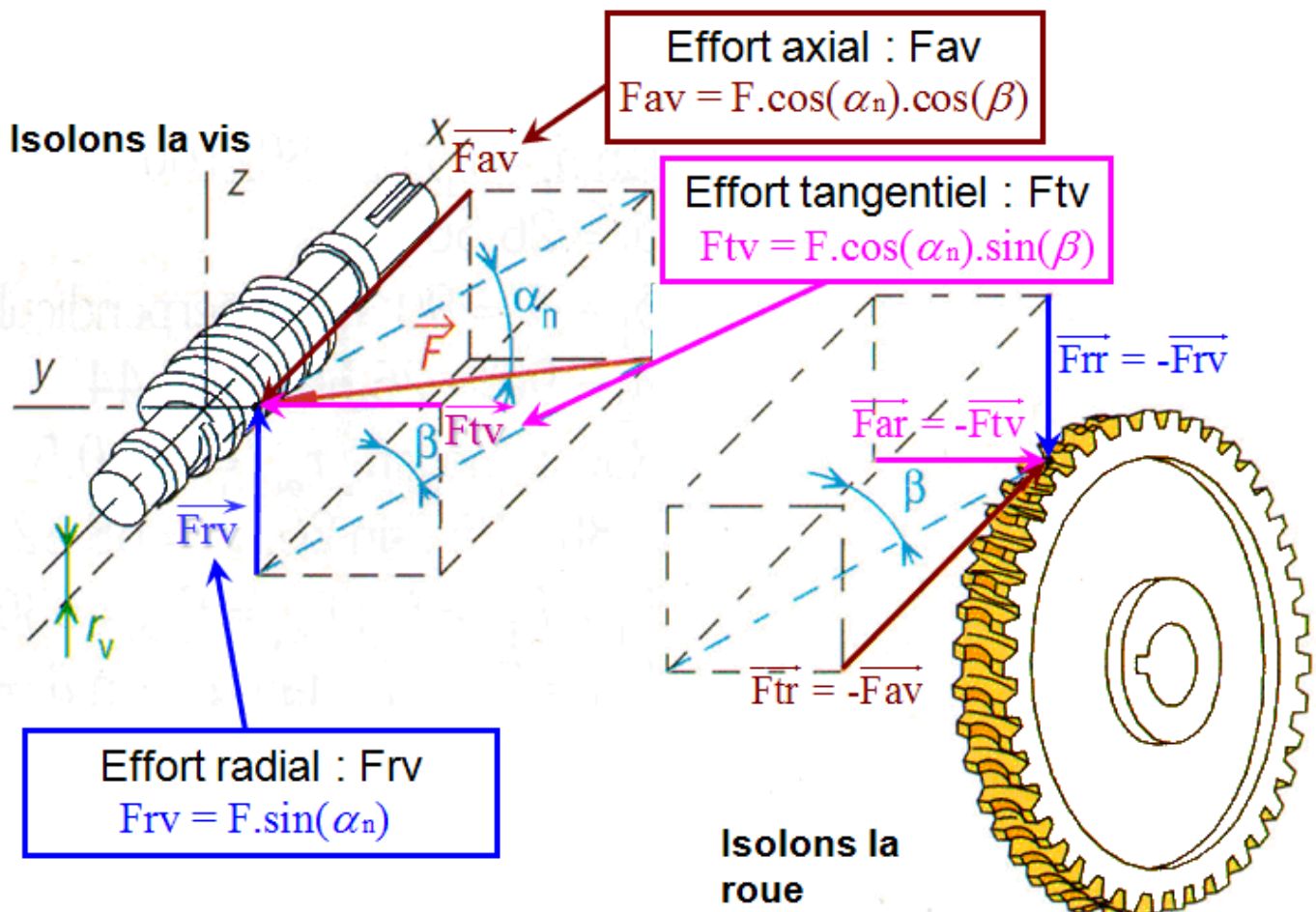
k = coefficient de largeur de denture, valeur choisie entre 6 et 10.

R_{pe} = résistance pratique à l'extension du matériau de la dent en mégapascals.

Modules normalisés

Série principale	0,3	0,5	0,8	1	1,25	1,5	2
	2,5	3	4	5	6	8	10

Dénomination et symbole	R_{pe} (MPa)
Fonte à graphite lamellaire FGL 200	200
Fonte à graphite sphéroïdal FGS 600. 3	370
Acier non allié (E 24) S 235	215
Acier allié (25 CD 4) 25Cr Ni 4	700
Bronze : Cu Sn 6P	390
Capro-aluminium Cu Al 10 Ni S Fe 4	250



Frv: Effort radial sur la vis

Fav: Effort axial sur la vis

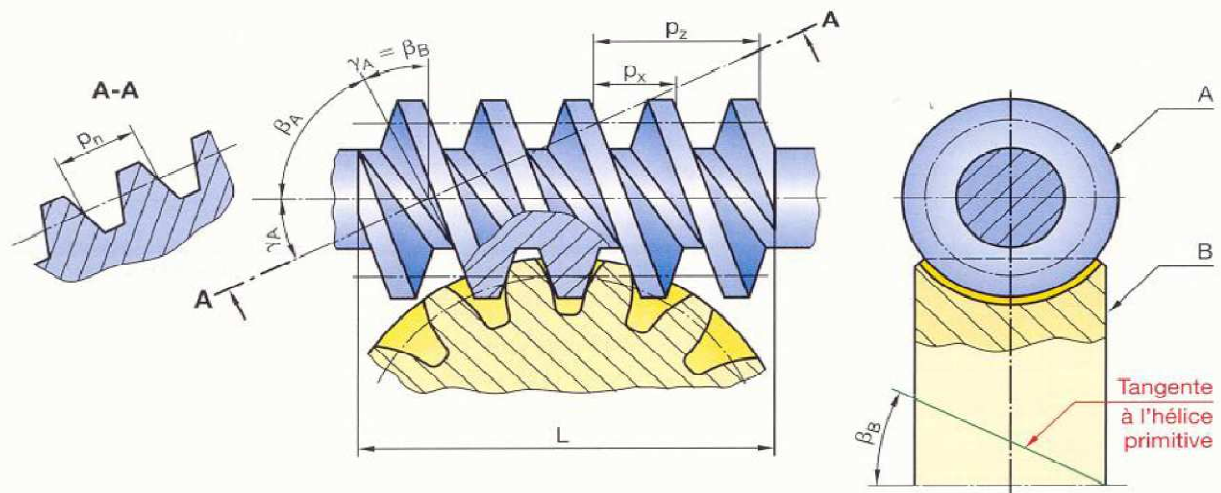
Ftv: Effort tangentiel sur la vis

Frr: Effort radial sur la roue

Far: Effort axial sur la roue

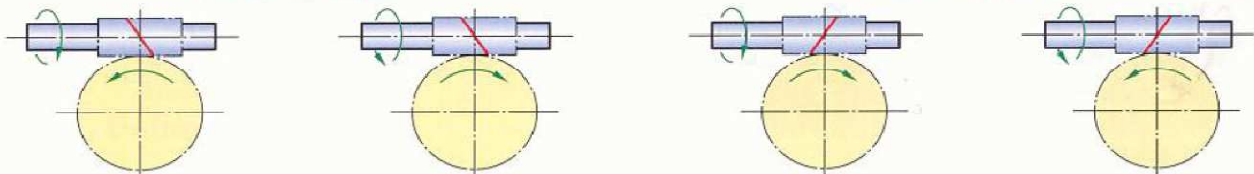
Ftr: Effort tangentiel sur la roue

Formule de calcul de Torseur et de module d'une denture



Hélices à droite

Hélices à gauche



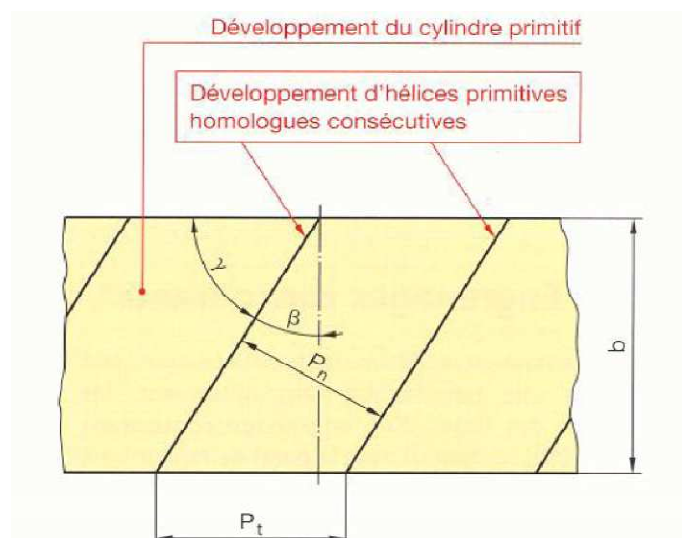
Caractéristiques de la vis A**

Nombre de filets	z_A	Fonction du rapport des vitesses angulaires : $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$
Angle d'hélice	β_A	Fonction de la réversibilité de la transmission (si $\gamma_A < 5^\circ$ système pratiquement réversible). $\beta_A + \gamma_A = 90^\circ$.
Sens de l'hélice « à droite » ou « à gauche »		La vis a le même sens d'hélice que la roue
Module réel	m_n	Déterminé sur la roue, choisi suivant § 73.12
Module axial	m_x	$m_x = m_n / \cos \gamma_A$
Pas réel	p_n	$p_n = m_n \cdot \pi$
Pas axial	p_x	$p_x = p_n / \cos \gamma_A$
Pas de l'hélice	p_z	$p_z = p_x \cdot z_A$
Diamètre primitif	d_A	$d_A = p_z / \pi \tan \gamma_A$
Diamètre extérieur	d_a	$d_a = d_A + 2 m_n$
Diamètre intérieur	d_f	$d_f = d_A - 2,5 m_n$
Longueur de la vis	L	$L \approx 5 p_x$

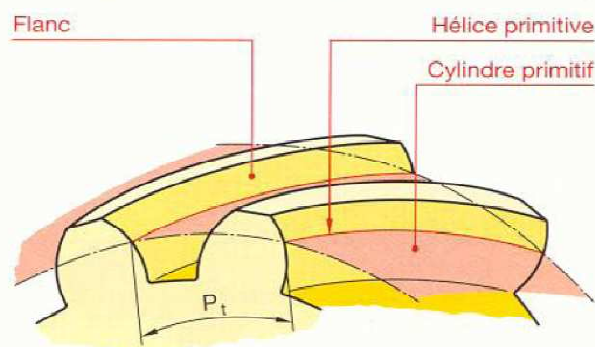
Caractéristiques de la roue B

Mêmes formules que pour une roue à denture hélicoïdale (§ 73.14) en tenant compte :	- Angle d'hélice $\beta_B = \gamma_A$ et de même sens que pour la vis et la roue - Module apparent de la roue égal au module axial de la vis
Entraxe a	$a = \frac{d_A + d_B}{2}$

Definition de la vis sans fin



Roue à denture hélicoïdale



Module réel	m_n	Déterminé par la résistance des matériaux et choisi dans les modules normalisés (§ 73.12)**.
Nombre de dents	z	Déterminé à partir des rapports des vitesses angulaires : $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$
Angle d'hélice	β	Choisi habituellement entre 20° et 30° .
Sens de l'hélice « à droite » ou « à gauche »		Pour un même engrenage, les hélices des roues sont de sens contraire.
Module apparent	m_t	$m_t = m_n / \cos \beta$
Pas apparent	P_t	$P_t = m_t \cdot \pi$
Pas réel	P_n	$P_n = m_n \cdot \pi$ $P_n = P_t \cdot \cos \beta$
Pas de l'hélice primitive	P_z	$P_z = \pi d / \tan \beta$
Saillie	h_a	$h_a = m_n$
Creux	h_f	$h_f = 1,25 m_n$
Hauteur de dent	h	$h = h_a + h_f = 2,25 m_n$
Diamètre primitif	d	$d = m_t \cdot z$
Diamètre de tête	d_a	$d_a = d + 2 m_n$
Diamètre de pied	d_f	$d_f = d - 2,5 m_n$
Largeur de denture	b	La transmission du mouvement est continue si, le contact cessant entre un couple de dents, un autre couple de dents est déjà en prise, soit : $b \geq \frac{\pi \cdot m_n}{\sin \beta}$

Définition de la roue hélicoïdale

$$L_{10} = \left[\frac{C}{P} \right]^n$$

L_{10} : durée de vie du roulement en millions de tours

C : charge dynamique de base

P : charge équivalente exercée sur le roulement

$n = 3$ pour les roulements à billes

$n = 10/3$ pour les roulements à rouleaux

$$L_{10H} = \frac{L_{10} \cdot 10^6}{60 \cdot N}$$

L_{10} : millions de tours

N : vitesse de rotation en tr/min.

Valeurs des coefficients X et Y

roulements à billes à contact radial

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

$$\text{si } \frac{F_a}{F_r} > e \text{ alors } P = 0,56 \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

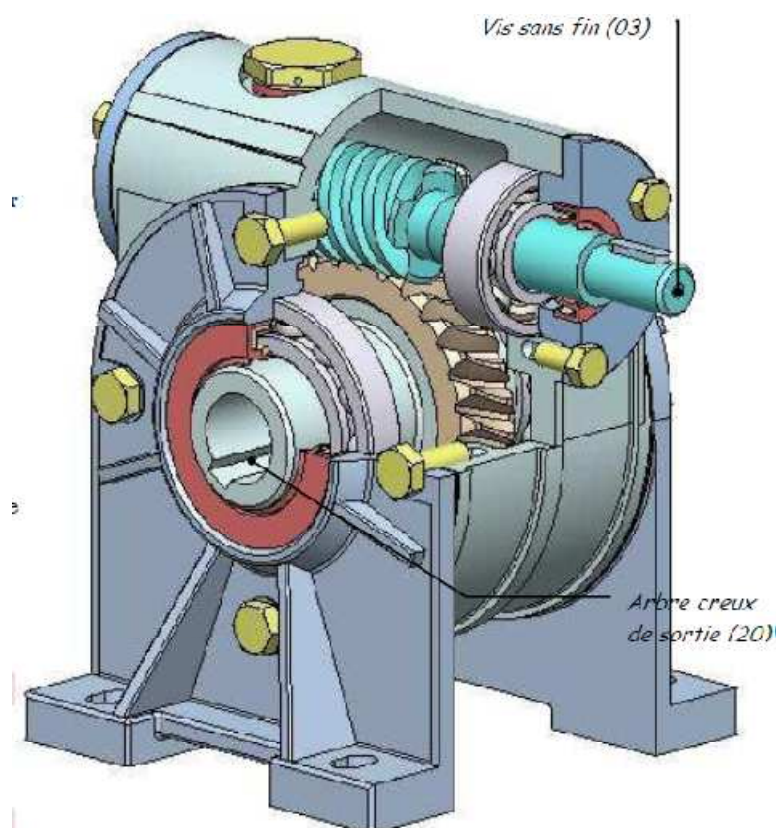
les coefficients e et y ci-dessus dépendent du rapport $\frac{F_a}{C_0}$ (voir ci-dessous)

$\frac{F_a}{C_0}$	0,014	0,028	0,056	0,084	0,110	0,170	0,280	0,420	0,560
e	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,34	0,38	0,42	0,44
y	2,30	1,99	1,71	1,55	1,45	1,31	1,15	1,04	1,00

Calcul de roulement

Roulements à une rangée de billes et à contact radial																
exécution normale										exécution particulière usuelles						
dimensions principales				vitesse limite tr/min graisse	série de base	épaulements en mm		charges de base		flasques		joints		rainure et segment d'arrêt		
<i>d</i> mm	<i>D</i> mm	<i>B</i> mm	<i>r</i> mm			<i>d</i> _a maxi	<i>D</i> _i mini	<i>C</i> daN	<i>C</i> ₀ daN	d'un côté	des 2 côtés	d'un côté	des 2 côtés	<i>D</i> _s	<i>e</i> _s	<i>L</i>
3	9	3	0,3	40 000	10			50	20	*	*	*	*			
	10	4	0,3	40 000	02	5,1	7,9	70	25	*	*	*	*			
4	13	5	0,4	38 000	02	5,7	11,4	130	50	*	*	*	*			
	16	5	0,5	36 000	03	6,5	12,5	190	70	*	*	*	*			
5	16	5	0,5	36 000	02	7,1	13,9	190	75	*	*	*	*			
	19	6	0,5	32 000	03	8,0	15,5	245	105	*	*	*	*			
6	19	6	0,5	32 000	02	8,1	16,9	245	105	*	*	*	*			
7	19	6	0,5	30 000	10	9,2	16,9	245	105	*	*	*	*			
	22	7	0,5	30 000	02	10,5	19,8	330	135	*	*	*	*			
8	22	7	0,5	30 000	10	10,5	19,3	330	135	*	*	*	*			
9	24	7	0,5	30 000	10	11,5	21,9	365	165	*	*	*	*			
	26	8	1	28 000	02	13,1	21,9	460	196	*	*	*	*			
10	26	8	0,5	28 000	10	12,8	23,6	460	196	*	*	*	*			
	30	9	1	26 000	02	14,6	25,8	600	265	*	*	*	*	34,7	1,02	3,18
	35	11	1	26 000	03	16,6	29,2	810	345	*	*	*	*	39,7	1,02	3,18
12	28	8	0,5	26 000	10	14,8	25,6	510	240	*	*	*	*			
	32	10	1	24 000	02	16,5	27,9	690	310	*	*	*	*	36,7	1,02	3,18
	37	12	1,5	20 000	03	18,1	31,3	970	420	*	*	*	*	41,3	1,02	3,18
15	32	9	0,5	23 000	10	18,3	29,1	560	285	*	*	*	*	36,7	1,02	3,18
	35	11	1	20 000	02	19,6	31,0	770	375	*	*	*	*	39,7	1,02	3,18
	42	13	1,5	18 000	03	21,2	36,1	1 130	540	*	*	*	*	46,3	1,02	3,18
17	35	10	0,5	22 000	10	20,7	31,7	600	325	*	*	*	*	39,7	1,02	3,18
	40	12	1	18 000	02	22,4	35,0	960	475	*	*	*	*	44,6	1,02	3,18
	47	14	1,5	16 000	03	24,5	40,3	1 350	660	*	*	*	*	52,7	1,02	3,58
	62	17	2	12 000	04	30,3	48,7	2 270	1 080	*	*	*	*	67,7	1,60	4,98
20	42	12	0,5	18 000	10	25,1	37,1	940	500	*	*	*	*	46,3	1,02	3,18
	47	14	1,5	15 000	02	26,2	41,1	1 280	660	*	*	*	*	52,7	1,02	3,58
	52	15	2	14 000	03	27,9	44,5	1 590	790	*	*	*	*	57,9	1,02	3,58
	72	19	2	10 000	04	37,4	69,6	2 950	1 550	*	*	*	*	78,6	1,60	4,98
25	47	12	0,5	16 000	10	30,1	42,1	1 010	590	*	*	*	*	52,7	1,02	3,18
	52	15	1,5	14 000	02	31,4	46,3	1 400	790	*	*	*	*	57,9	1,02	3,58
	62	17	2	12 000	03	34,9	53,1	2 370	1 220	*	*	*	*	67,7	1,60	4,98
	80	21	2,5	9 000	04	42,1	66,3	3 600	1 930	*	*	*	*	86,6	1,60	4,98
30	55	13	0,5	13 000	10	36,2	48,8	1 260	820	*	*	*	*	60,7	1,02	3,18
	62	16	1,5	10 000	02	38,0	54,6	1 950	1 130	*	*	*	*	67,7	1,60	4,98
	72	19	2	9 500	03	41,7	62,3	2 800	1 580	*	*	*	*	78,6	1,60	4,98
	90	23	2,5	8 000	04	47,0	73,0	4 350	2 380	*	*	*	*	96,5	2,36	5,74
35	62	14	0,5	11 000	10	41,2	56,2	1 600	1 030	*	*	*	*	67,7	1,60	3,78
	72	17	2	9 100	02	43,8	63,7	2 550	1 530	*	*	*	*	78,6	1,60	4,98
	80	21	2,5	8 500	03	46,4	68,4	3 350	1 910	*	*	*	*	86,6	1,60	4,98
	100	25	2,5	6 700	04	53,1	81,9	5 500	3 100	*	*	*	*	106,5	2,36	5,74
40	68	15	0,5	10 000	10	46,5	61,9	1 740	1 150	*	*	*	*	74,6	1,60	4,19
	80	18	2	8 500	02	49,8	70,7	2 900	1 790	*	*	*	*	86,6	1,60	4,98
	90	23	2,5	7 500	03	52,9	77,6	4 050	2 390	*	*	*	*	96,5	2,36	5,74
	110	27	3	6 300	04	59,6	90,4	6 400	3 650	*	*	*	*	116,6	2,36	5,74

Tableau de choix de roulement



Nomenclature

21	2	Anneau élastique pour arbre		
20	1	Arbre de sortie		
19	2	Joint à 2 lèvres 30x40x7		
18	2	Roulement		
17	8	Vis HM6x16, classe 8.8		
16	2	Joint plat de sortie		
15	2	Flasque à pattes		
14	1	Bouchon de vidange		
13	1	Voyant de niveau d'huile		
12	6	Vis H m5x12, classe 8.8		
11	1	Chapeau arrière	AS9G	
10	3	Rondelle d'étanchéité		
9	1	Bouchon de remplissage		
8	2	Roulement		SKF
7	2	Joint plat d'entrée		
6	1	Couvercle	AS9G	
5	1	Joint à lèvre 15x24x27		
4	1	Clavette parallèle, forme A DE 4x4x15,5		STEFA
3	1	Vis sans fin	16NC6	
2	1	Roue creuse	CuSn12G	
1	1	Carter	AS9G	
Rep	Nbre	Désignation	Matière	Observation

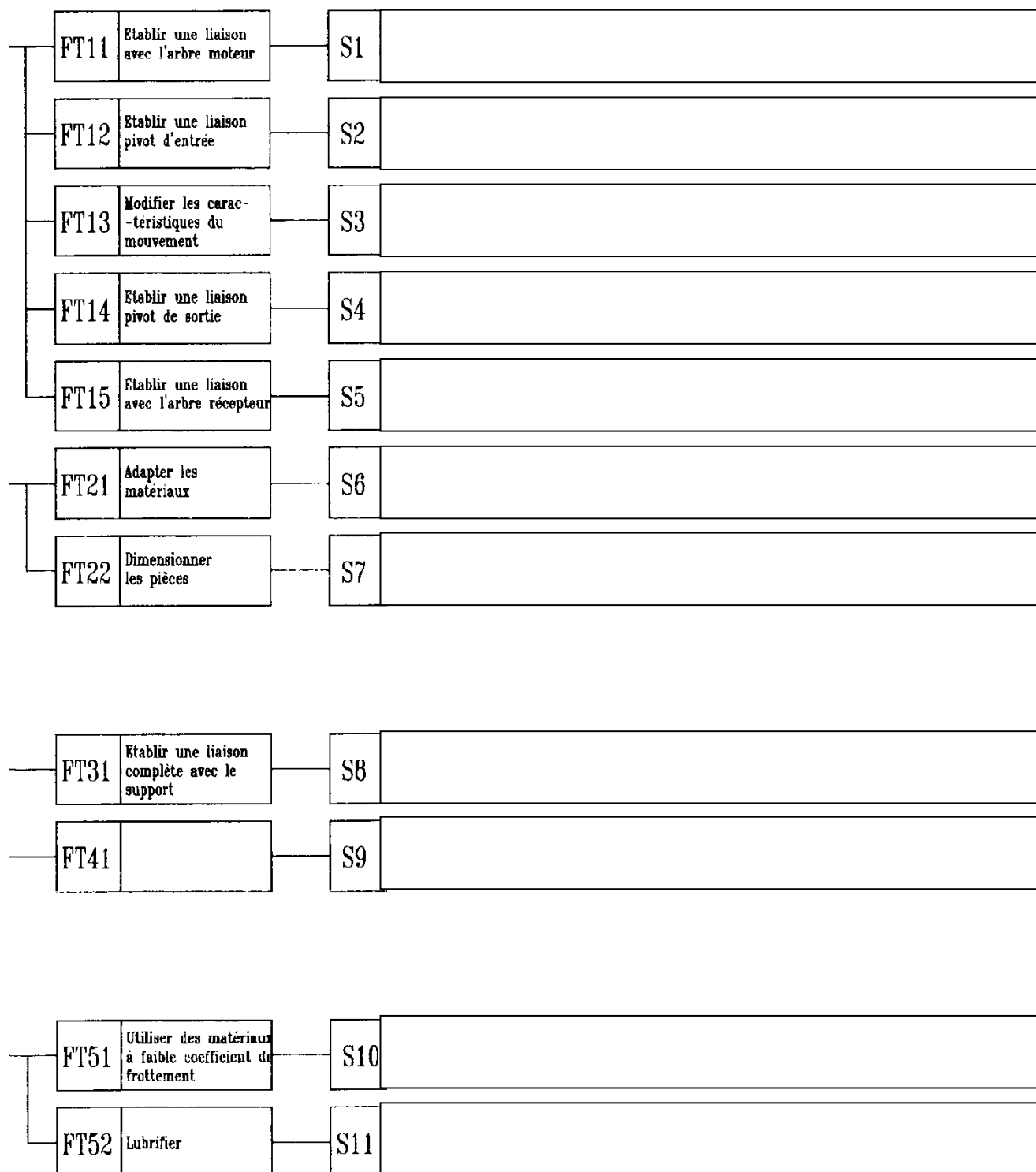


Diagramme FAST a compléter

Formule

Application numérique

Module réel m_n Nombre de dents z

Angle d'hélice

Module apparent

Diamètre primitif

Largeur de denture

Caractéristiques de la roueModule réel m_n Nombre de dents z

Angle d'hélice

Pas réel

Pas axial

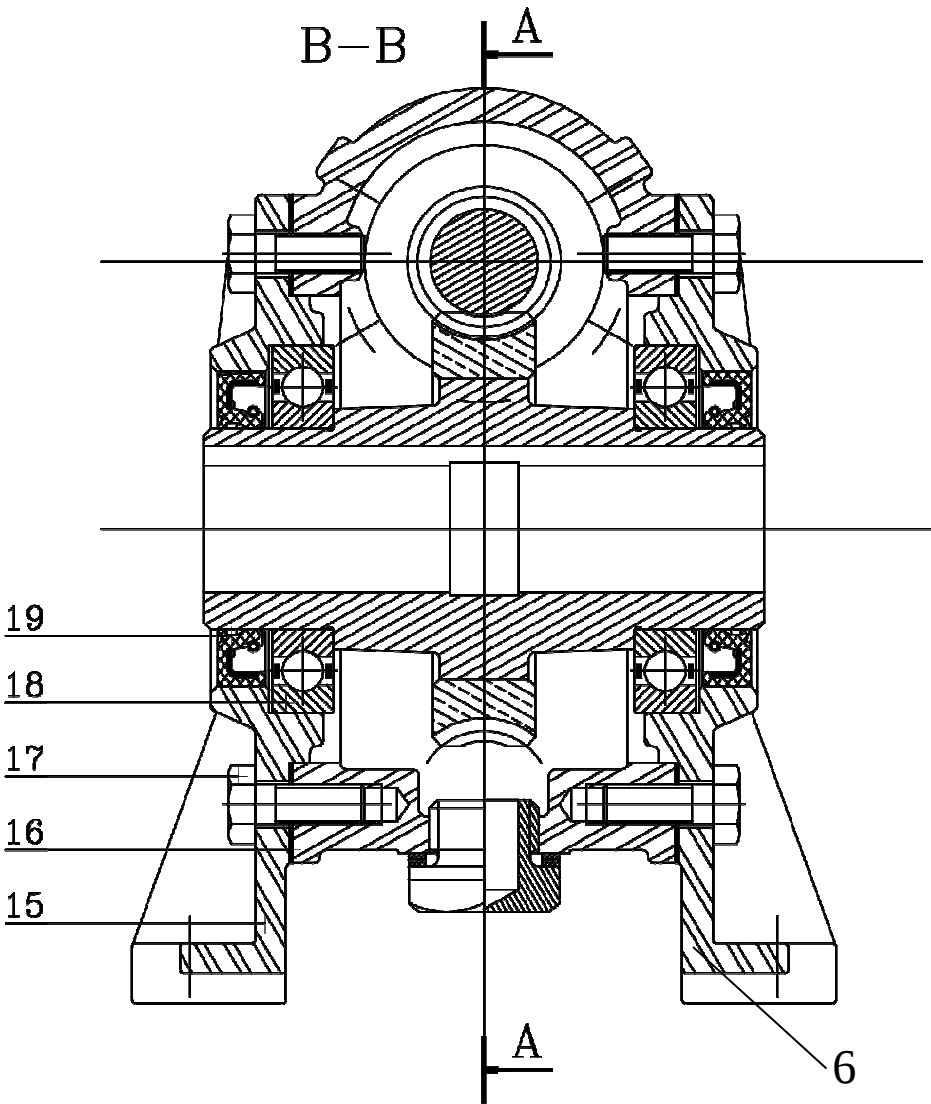
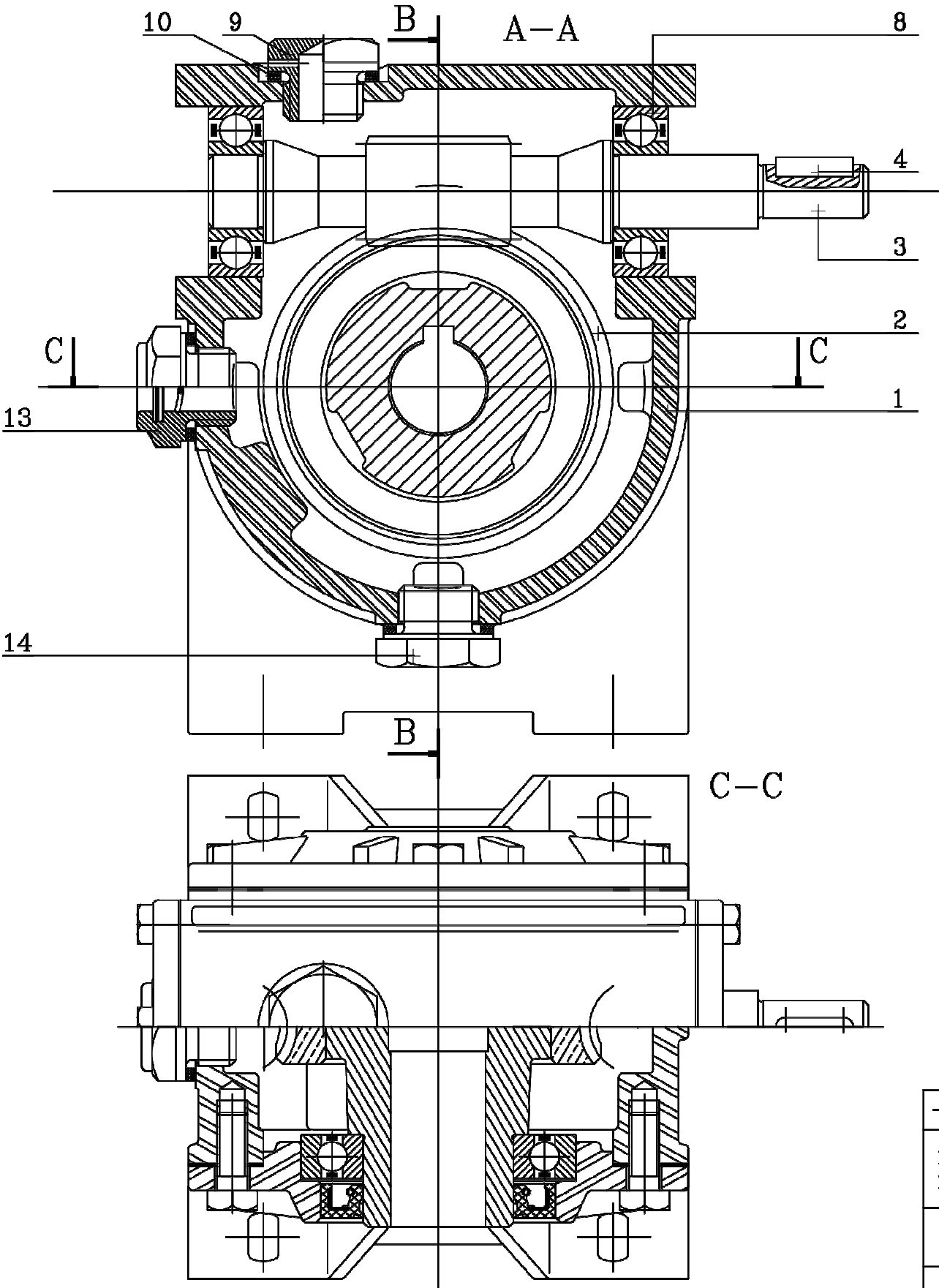
Pas d'hélice

Diamètre primitif

Longueur de la vis

Entraxe

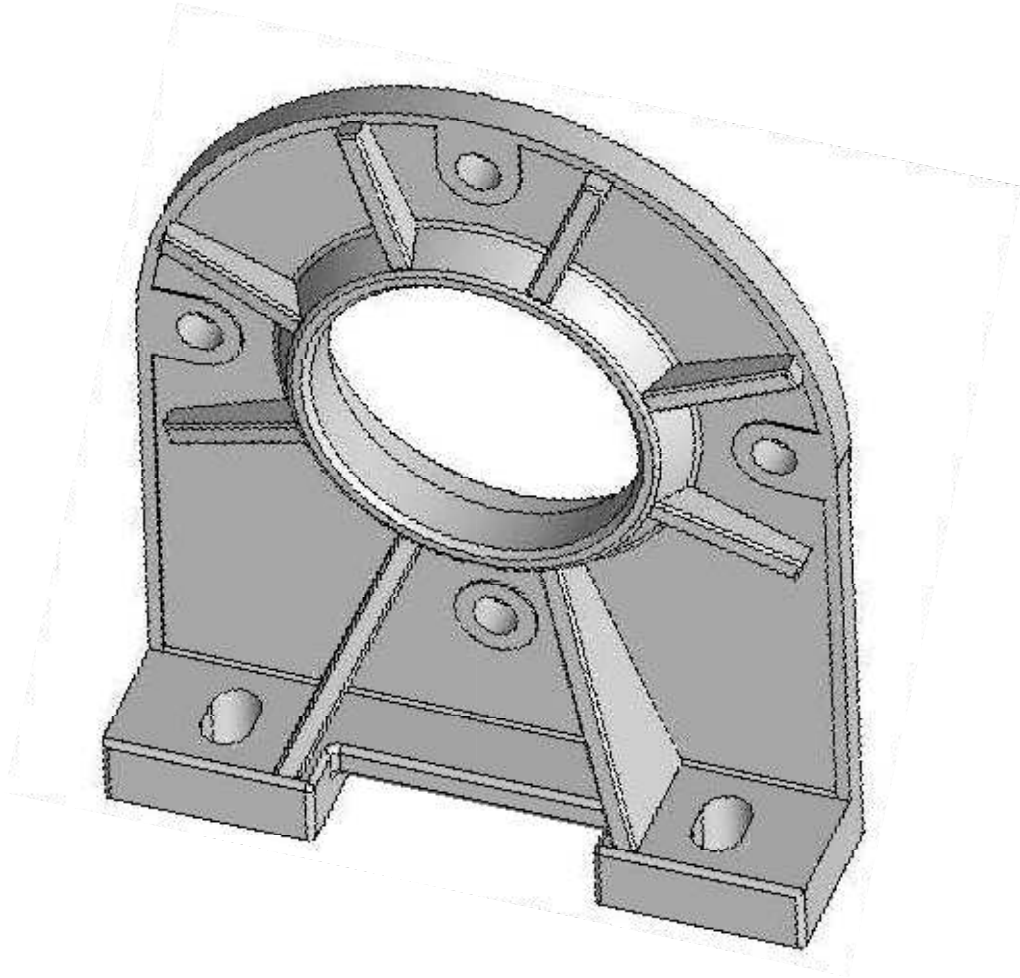
Caractéristiques de la vis sans fin



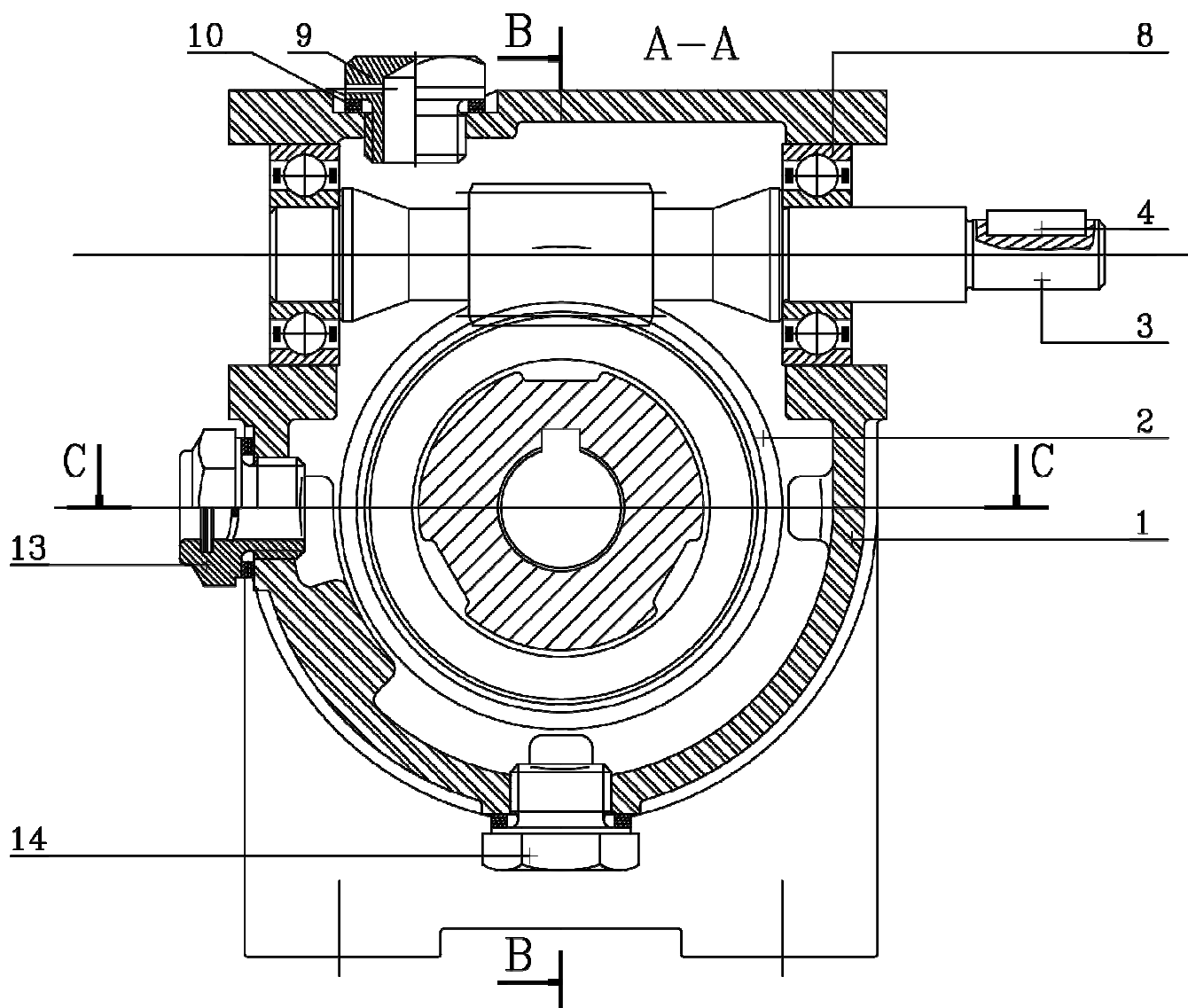
Format : A3
Ech. 1:1

REDUCTEUR A ROUE ET VIS SANS FIN

Document technique DT5b



vue en perspective de couvercle



Fiche de notation

Question	Notation	Résultats
<i>PARTIE 2</i>	<i>5.5 points</i>	
2-1	5.5 points	.....
<i>PARTIE 3</i>	<i>14.5 points</i>	
3.1.1	1.5 points	.....
3.1.2	1 point	.....
3.1.3	3 points	.....
3.2.1	1 point	.....
3.2.2	2 points	
3.3.1	2 points	.....
3.3.2	1 point	.....
3.4.1	2 points	.....
3.4.2	1 point	.....
<i>PARTIE 4</i>	<i>8points</i>	
4.1.1	1 point	.....
4.1.2	1 point	.....
4.1.3	1 point	.....
4.1.4	1 point	.....
4.2.1	1 point	.....
4.2.2	1 point	.....
4.2.3	1 point	.....
4.2.4	1 point	.....
<i>PARTIE 5</i>	<i>12points</i>	
5-1	4 points	.....
5-2-1	3points	.....
5-2-2	3points	.....
5-2-3	2points	.....
<i>Total</i>	<i>40 points</i>	.....