

Motoréducteur de pilote automatique de bateau

DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DU PILOTE AS 100

Le pilote automatique AS 100 de la société PLASTIMO est un système automatisé destiné à équiper des bateaux portant une barre à roue et ne dépassant pas 14 m de longueur.

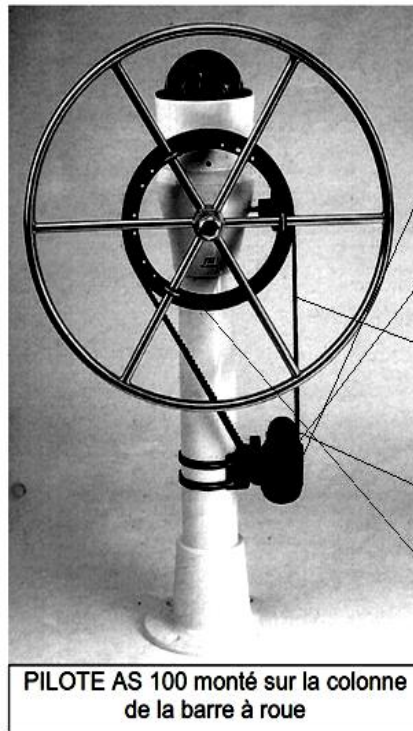
Il permet de diriger le bateau, c'est à dire de lui faire suivre un cap constant, quelque soient les perturbations apportées par les conditions de mer et de vent.

La partie commande du pilote automatique AS 100 est composée d'un boîtier électronique qui assure les fonctions suivantes :

- ⇒ Entrée du cap à suivre
- ⇒ Mesure du cap suivi
- ⇒ Transformation de l'écart de cap en un signal de commande du moteur du motoréducteur.

La partie opérative du pilote automatique AS 100 est composée :

- d'un motoréducteur assurant les fonctions suivantes :
 - *Entraîner avec le moteur 26*
 - *Réduire la vitesse avec le réducteur à train épicycloïdal R*
 - *Activation ou désactivation du Pilote (levier 24 en position **ON** ou **OFF**)*
 - *Limiter le couple transmissible*
- d'un système poulie-courroie crantée-couronne assurant la transmission du mouvement du motoréducteur à la barre à roue du bateau



PILOTE AS 100 monté sur la colonne de la barre à roue

Moteur :

Marque : Bulher
Réf : MDP13 /40
Nm = 6912 tr/min
Pm = 36 watts

Réducteur :

Marque :SIMU
Réf : Mini 406
3 étages de réduction
rapport : 1/216
rendement : 0,837

Courroie crantée : HTD8

Pas = 8 mm
Longueur : L =1600 mm
Largeur : l = 20 mm
Nombre de dents = 200

Poulie :

Diamètre primitif = 45,83 mm
Nombre de dents = 18
Pas = 8 mm

Couronne :

Diamètre primitif = 275 mm
Nombre de dents = 108

La barre est manœuvrée par un **système poulies/courroie crantée** accouplé à un **moto-réducteur**

DESCRIPTION DU MOTOREDUCTEUR

Le **Moteur 26** est accouplé à un **réducteur** à trois trains épicycloïdaux.

Un **Levier de crabotage 24** permet d'accoupler le motoréducteur à la barre en pilotage automatique. Ce même levier permet de désaccoupler le moteur et la barre lorsque le barreur veut piloter lui-même le bateau (**Figure A1**).

De plus le dispositif d'accouplement motoréducteur / barre assure aussi une fonction de limiteur de couple afin de préserver le réducteur contre un « sur-couple » accidentel.

Le **Levier de crabotage 24** a deux positions repérées **ON** et **OFF** « gravées » sur le **Boîtier avant 1**.

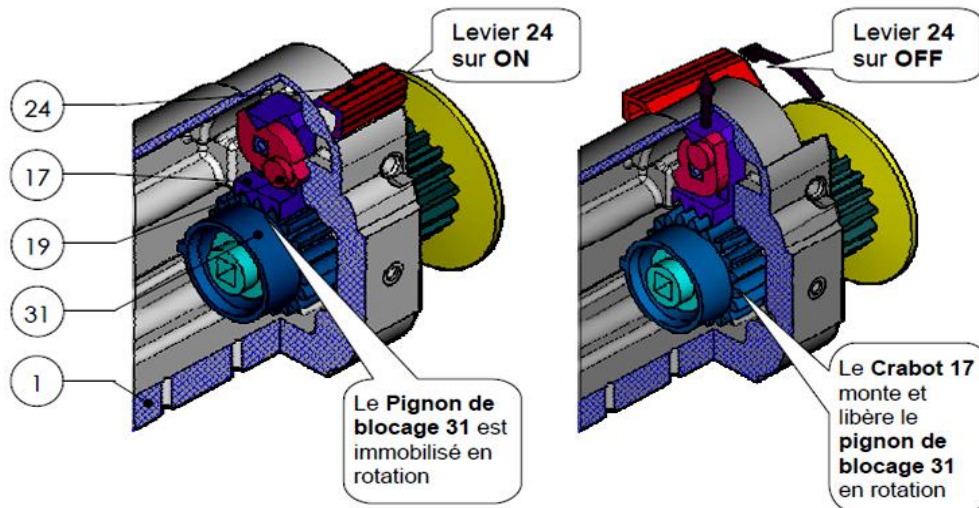


Figure 1 : Accouplement de la Poulie de sortie 7 au motoréducteur (le motoréducteur n'est pas représenté)

La rotation du **Levier de crabotage 24** provoque l'initialisation du pilote (mémorisation du cap à suivre) et la rotation du moteur **26** si le cap a varié.

La **came 19** liée au **Levier de crabotage 24** déplace le **Crabot 17** vers le haut et libère en rotation le **Pignon de blocage 31** qui à son tour libère en rotation le **Support de réducteur 32**. La **Poulie de sortie 7** n'est plus alors cinématiquement liée au moteur **26**. Sa rotation est libre.

Le pilotage du bateau est alors assuré par la manoeuvre de la **barre**.

1 - Étude de la transmission de puissance

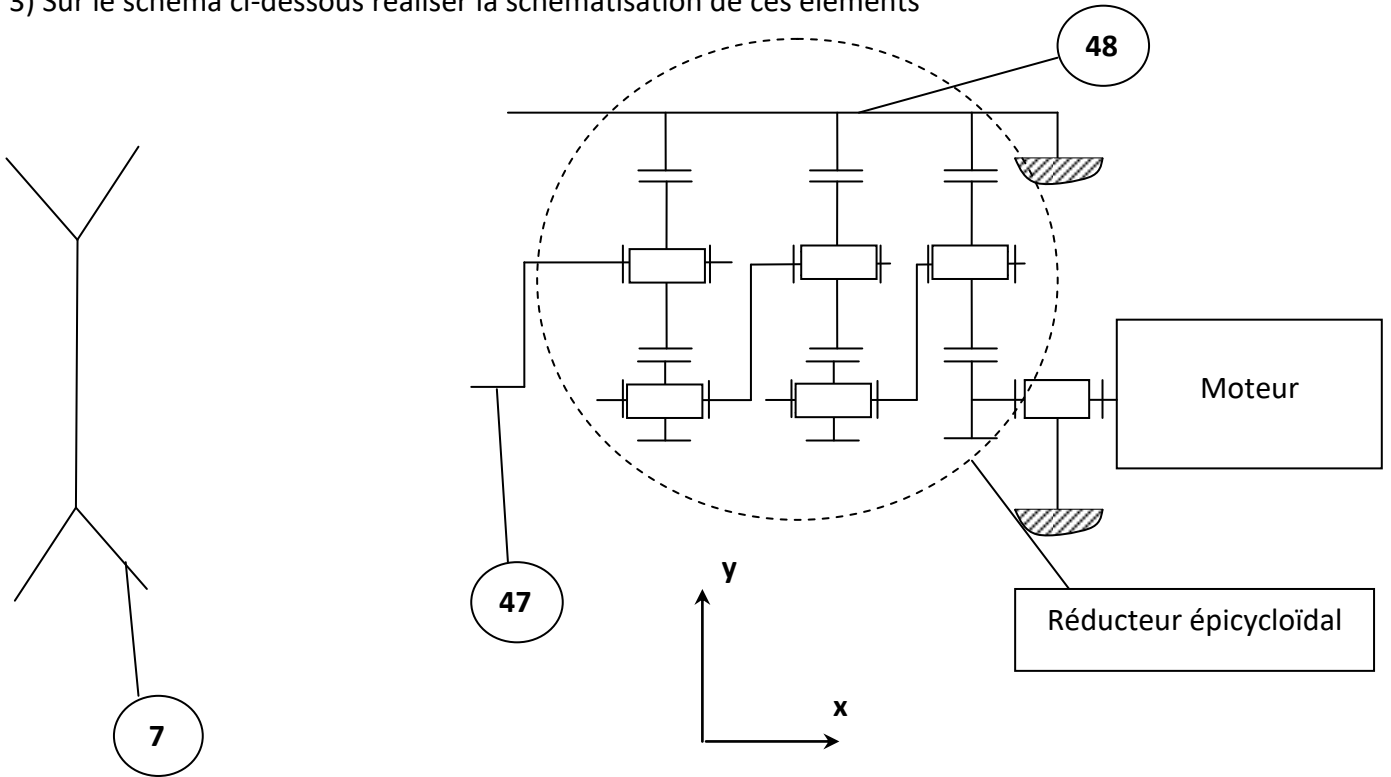
Cahier des Charges de la chaîne de transmission de puissance :

Les valeurs suivantes ont été évaluées expérimentalement :

- Pour que le bateau ne fasse pas de lacet, il faut que la **vitesse de rotation de la barre** soit dans la plage : $5 \text{ tr/min} \leq N_{\text{barre}} \leq 6 \text{ tr/min}$.
- Pour un bateau de 14 m, et dans cette plage de vitesse de rotation de la barre, le **couple nécessaire pour manoeuvrer la barre** ne doit pas être inférieur à **45 N.m**.

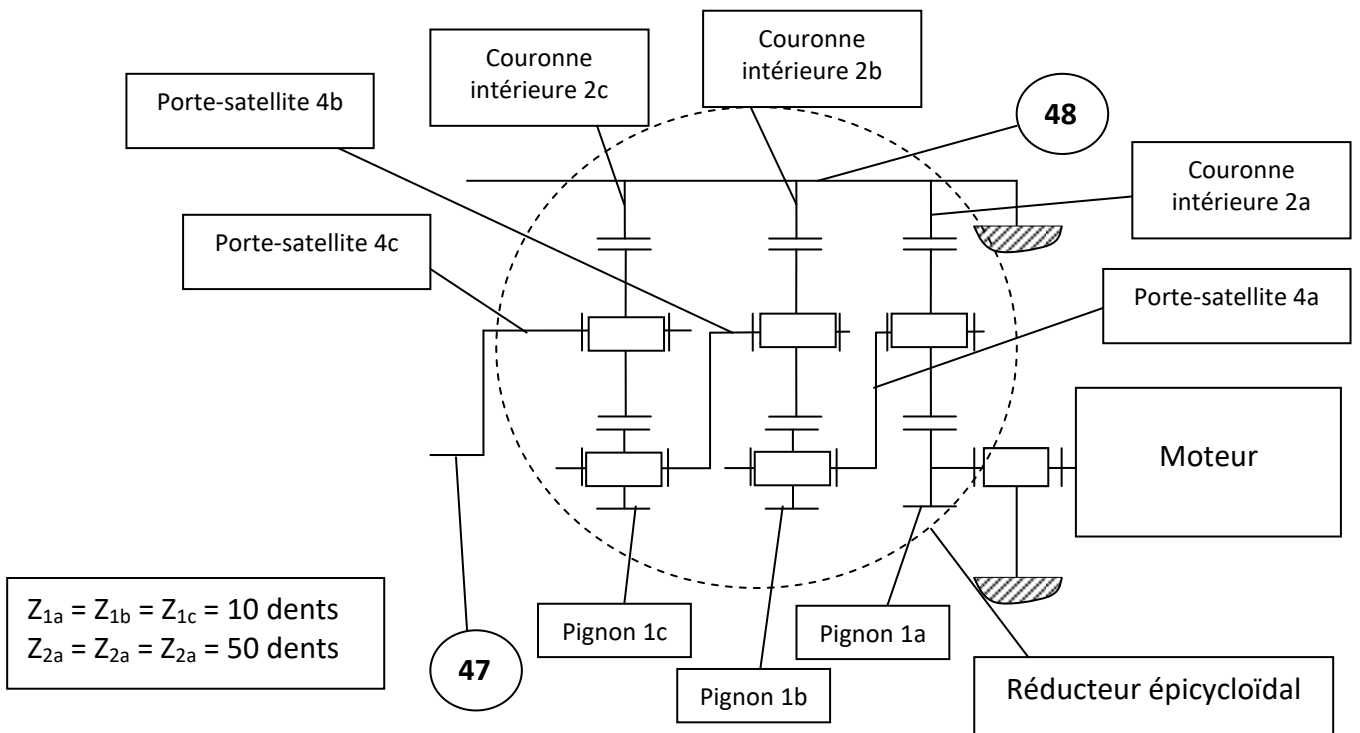
Questions

- 1) Donner les numéros des pièces qui appartiennent à la classe d'équivalence de la poulie (7)
- 2) Donner les numéros et les noms des éléments qui permettent d'assurer la liaison entre la classe d'équivalence de la poulie (7) et le boîtier avant (1)
- 3) Sur le schéma ci-dessous réaliser la schématisation de ces éléments

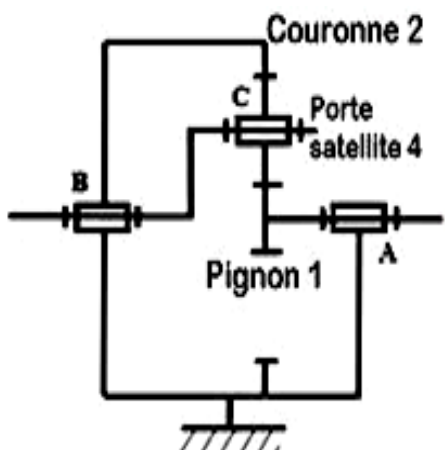
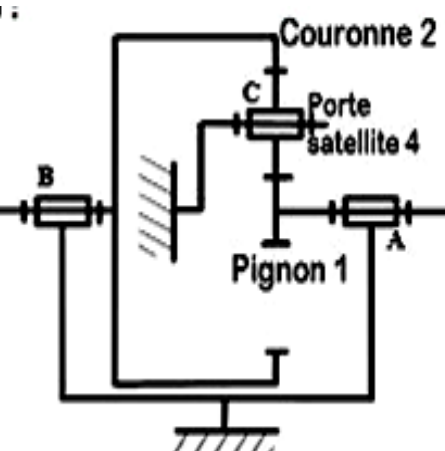
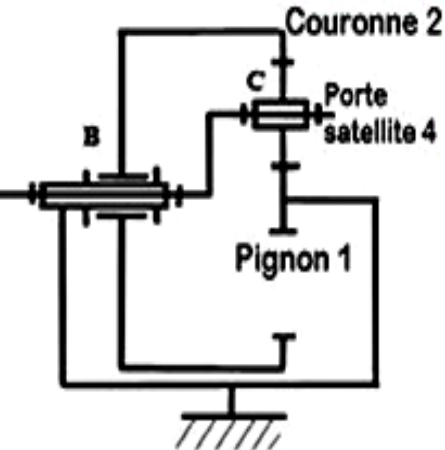


- 4) Déterminer le torseur de la liaison équivalente réalisée entre la poulie (7) et le boîtier avant (1)

On donne le schéma cinématique détaillé du réducteur épicycloïdal



On donne les schémas des différentes configurations de trains épicycloïdaux

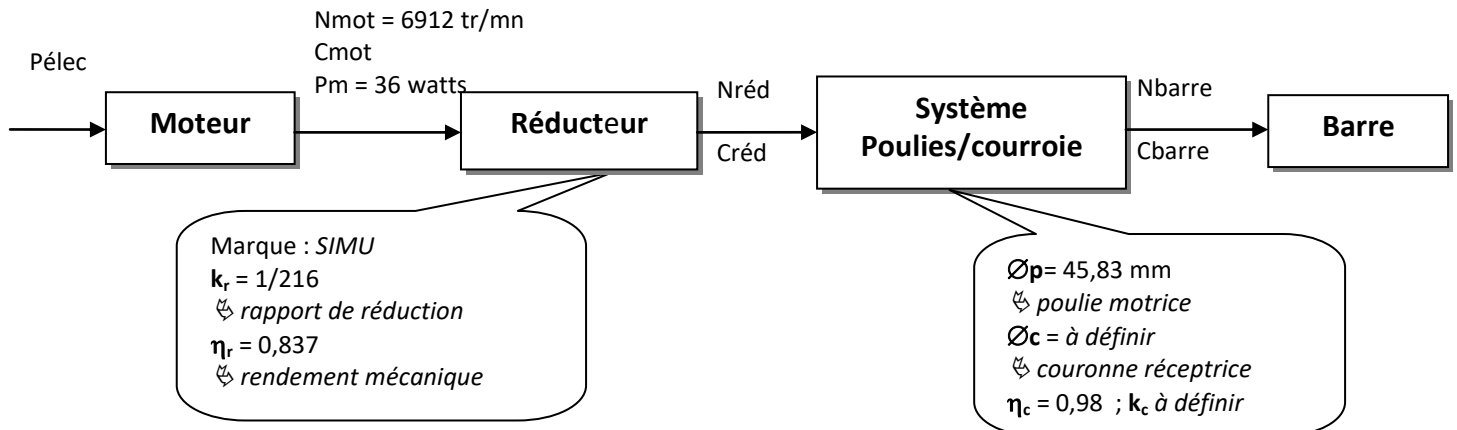
Schéma	Elément fixe	Rapport des vitesses
<p>Configuration (a)</p> 	<p>La couronne (2) est solidaire du bâti (0)</p> $\omega_{2/0} = 0$	<p>D'après la formule de Willis :</p> $\frac{\omega_{4/0}}{\omega_{1/0}} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$ <p>Pour que le train d'engrenages soit réducteur il faut que :</p> <p>(1) = Arbre d'entrée (4) = Arbre de sortie</p>
<p>Configuration (b)</p> 	<p>Le porte-satellite (4) est solidaire du bâti (0)</p> $\omega_{4/0} = 0$	<p>D'après la formule de Willis :</p> $\frac{\omega_{2/0}}{\omega_{1/0}} = -\frac{Z_1}{Z_2}$ <p>Le train d'engrenages est dans ce cas "ordinaire"</p> <p>Pour que le train d'engrenages soit réducteur il faut que :</p> <p>(1) = Arbre d'entrée (2) = Arbre de sortie</p>
<p>Configuration (c)</p> 	<p>Le planétaire (1) est solidaire du bâti</p> $\omega_{1/0} = 0$	<p>D'après la formule de Willis :</p> $\frac{\omega_{2/0}}{\omega_{4/0}} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1}$ <p>Pour que le train d'engrenages soit réducteur il faut que :</p> <p>(2) = Arbre d'entrée (4) = Arbre de sortie</p>

5) Préciser à quelle configuration (a, b, ou c) correspond le train épicycloïdal étudié

6) En utilisant les formules donnant les rapports de réduction dans le tableau précédent, retrouver par le calcul le rapport de réduction (1/216) du réducteur épicycloïdal

On donne le schéma-bloc de la transmission de puissance :

La barre est manœuvrée par un **système poulies/courroie crantée** accouplé à un **moto-réducteur**



7) Calculer le rapport de réduction r , nécessaire pour adapter la vitesse de rotation du moteur N_{mot} à celle de la barre $N_{barre} = 6 \text{ tr/min}$.

8) Déterminer le rapport de réduction k_c du système poulies / courroie assurant le rapport de réduction global r calculé précédemment.

9) En déduire le diamètre primitif \varnothing_c de la couronne accouplée à la barre pour assurer ce rapport de réduction k_c .

10) Ecrire la relation liant la puissance motrice P_{mot} et la puissance disponible au niveau de la barre compte tenu des rendements du réducteur et du système poulies / courroie. Vérifier alors que la puissance du moteur est suffisante pour manœuvrer la barre.

2 - Dimensionnement de la liaison poulie/boitier

11) On admettra dans la suite que la liaison en O_1 (douille à aiguilles) de 7/1 est linéaire annulaire d'axe \vec{x} et en O_2 (roulement à billes), une rotule.

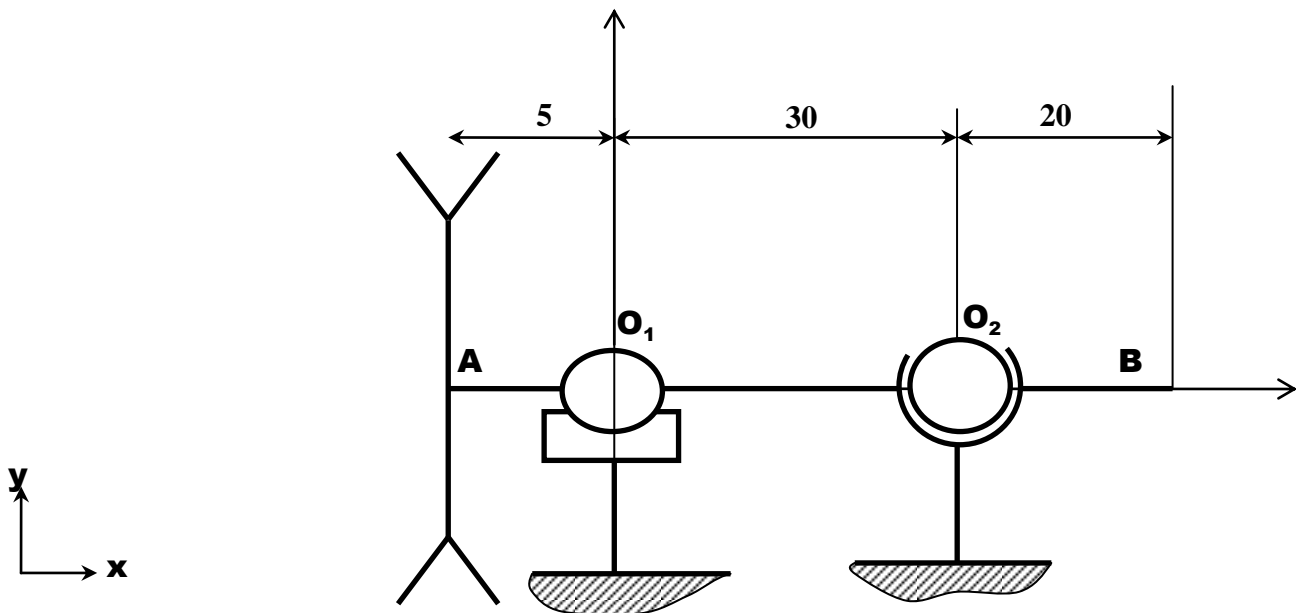
Le torseur des efforts extérieurs du récepteur sur la poulie (7) vaut :

$$\{T_{(ext \rightarrow 7)}\}_A = \begin{cases} \vec{F}_{(ext \rightarrow 7)} = \overline{F_x} \cdot \vec{x} + \overline{F_y} \cdot \vec{y} + \overline{F_z} \cdot \vec{z} \\ \vec{M}_{A(ext \rightarrow 7)} = C \cdot \vec{x} \end{cases}$$

avec $F_x = 0 \text{ N}$, $F_y = 375 \text{ N}$; $F_z = 0 \text{ N}$ et $C = 8,6 \text{ N.m}$

En B, il s'applique un couple $\vec{C}_B = C_B \cdot \vec{x}$

Calculer les composantes des actions mécaniques transmises dans les roulements en O_1 et en O_2 .



12) En déduire les efforts radiaux et axiaux au niveau des 2 roulements.

13) Calculer les charges équivalentes au centre des deux roulements.

Pour la douille à aiguilles (8) on a : $C = 13400 \text{ N}$ et $C_0 = 22100 \text{ N}$

Pour le roulement à billes (3) on a : $C = 5100 \text{ N}$ et $C_0 = 2400 \text{ N}$

Détermination de la charge équivalente P

Valeurs des coefficients X et Y									
Roulements à billes à contact radial									
Si $\frac{F_A}{F_R} \leq e$ alors $P = F_R$					Si $\frac{F_A}{F_R} \geq e$ alors $P = 0,56.F_R + Y.F_A$				
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	0.11	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

14) Quelle est alors la durée de vie des roulements ?

Nomenclature du système

50	1	Rondelle		
49	1	Vis de fixation support de réducteur		
48	1	Couronne intérieure		
47	1	Axe de sortie du réducteur epicycloidal		
46	1	Anneau élastique		
45	6	Inserts M8		Cu Zn 39 Pb 2
44	1	Câble d'alimentation		4 conducteurs
43	6	Vis CHC M4-14		Inox
42	1	Carte électronique		
41	3	Vis auto taraudeuse		TCL 2.84 – 6.4
40	1	Carte électronique		Initialise l'AS100
39	1	Joint		
38	1	Presse étoupe	PA 6/6 15% fv	
37	1	Boîtier arrière	PC 15% fv	
36	1	Joint plat		
35	4	Vis CS M3		
34	8	Isolateur		
33	1	Accouplement femelle	PC 15% fv	Module = 0,6 Z = 27
32	1	Support de réducteur	Al Si 10 Mg	EN AB – 43 000
31	1	Pignon de blocage Z=20 m=2	PC 15% fv	Angle de pression = 30°
30	2	Vis CS M3-18		
29	1	Support de moteur	Delrin noir	
28	4	Vis F/90 M4-8		
26	1	Moteur 12V CC		BULHER MOP 13/40
25	1	Vis HC M2,5-4		
24	1	Levier de crabotage	PA 6/6 15% fv	
22	1	Joint torique		4,5 x 1,9
21	6	Inserts M8		
20	1	Vis CHC M4-12		
19	1	Came de crabot	Delrin noir	Initialise l'AS100
18	1	Ressort de crabot	C 60	D = 6 d= 1,3
17	1	Crabot (denture module =2)	PC 15% fv	Angle de pression 30°
16	1	Axe de crabot	Cu Zn 39 Pb 2	
15	1	Crémaillère de débrayage	PA 6/6 15% fv	Commande à distance
14	1	Vis de poulie	Cu Zn 39 Pb 2	
13	1	Joint torique		13x25
12	1	Flasque de poulie	PC 15% fv	
11	1	Rondelle d'épaulement	PC 15% fv	Collée
10	1	Bague d'étanchéité		JF4 n°20 : 26.5/33.05
9	12	Inserts M5-10	Cu Zn 39 Pb 2	
8	1	Roulement à aiguilles		Fabrication PLASTIMO
7	1	Poulie de sortie	PC 15% fv	
6	1	Vis CHC M5-12		
4	1	Accouplement mâle	PC 15% fv	Module = 0.6 ; Z = 27
3	1	Roulement à billes		SKF 61801 12*21*5
2	1	Axe de sortie	Cu Zn 39 Pb 2	CW612N (laiton)
1	1	Boîtier avant	PC 15% fv	fv :fibre de verre
REP	NB	DESIGNATION	MATIÈRE	OBSERVATIONS
NOMENCLATURE DU MOTORÉDUCTEUR				

MOTOREDUCTEUR

Pilote automatique AS 100

Échelle 1 : 1

Le levier 24 est ramené dans le plan de coupe

