

**« INDUSTRIES PAPETIERES »**

*Option : Production des pâtes, papiers et cartons*

*Option : Transformation des papiers et cartons*

**ETUDE FONCTIONNELLE et STRUCTURELLE des SYSTEMES**

**Sous-épreuve U42 : Etude de dispositions constructives**

*Durée 5 heures*

*Coefficient 3,5*

**Pompe NEMO**

**Les documents : DR1, DR2, DR3, DR4, DR5 et DR6 seront rendus en fin d'épreuve.**

**Moyen de calcul autorisé :**

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

**Aucun document**, autre que ceux proposés dans le sujet, n'est autorisé :  
Toutes les informations utiles sont données.

**Matériel nécessaire** : crayons de couleur, calculatrice, règle et matériel de dessin.

**Identification des différents documents composant le sujet**

Repère des documents

- DT1 à DT5 : Présentation et fonctionnement de la pompe Nemo.
- DT6 à DT8 : Fiches historiques de la maintenance.
- DT9 : Cotes caractéristiques d'une vis.
- DT10 : Dessin d'ensemble de la pompe Nemo.
- DT11 : Nomenclature
- DT12 - DT13 : Dessins des articulations.
- DT14 : Eléments standards nécessaires à la réalisation du presse-étoupe.
- DS1/DR1, DS2/DR2, DS3/DR3 : Texte du sujet et documents réponses à rendre à la fin de l'épreuve
- DS4 : Texte du sujet.
- DR4, DR5, DR6 : Documents réponses à rendre à la fin de l'épreuve.

# POMPE NEMO

## A - Histoire et Société.

### 1 - La pompe NEMO et son inventeur.

En 1939, le professeur René MOINEAU écrit sa thèse intitulée « Un nouveau capsulisme », qui décrit le système de pompage qu'il venait d'inventer.

Jusqu'à présent ce système n'a subi aucune modification essentielle ce qui prouve le génie de l'invention du professeur MOINEAU. Son brevet explique déjà la plupart des exécutions possibles et même les méthodes de fabrication des principaux composants de la pompe.

### 2 - NETZSCH et la pompe NEMO.

En 1951, la Société Gebrüder NETZSCH Maschinenfabrik acquiert la licence permettant la construction et la commercialisation des pompes NEMO.

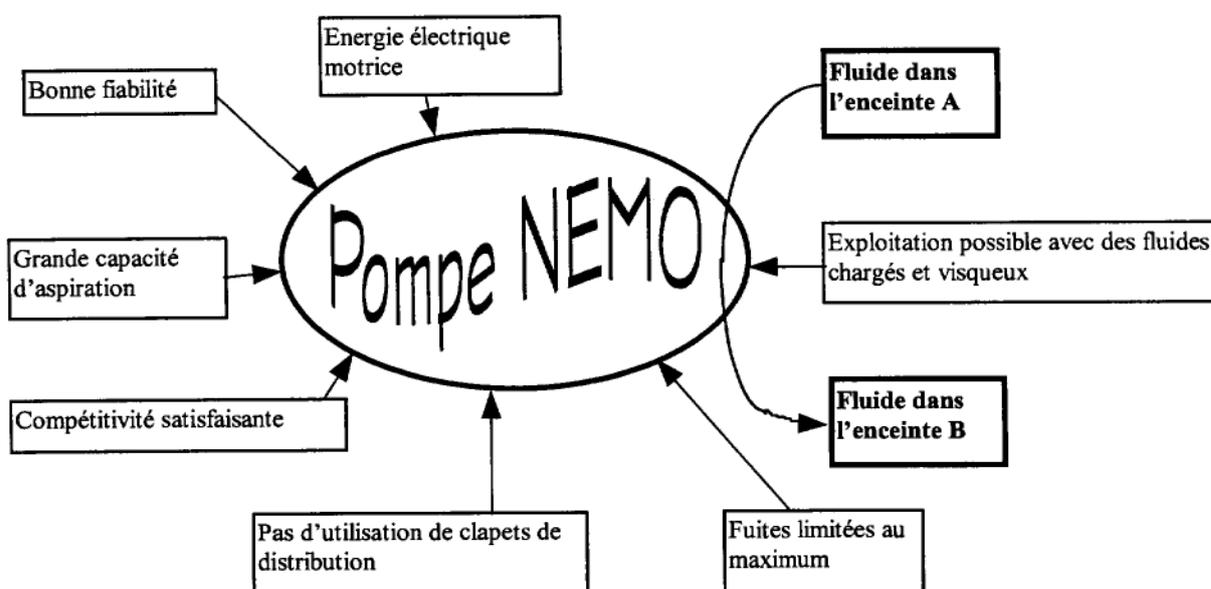
Il apparaît très vite, que cette pompe trouve des possibilités d'application dans toutes les branches industrielles.

Dans pratiquement tous les pays industrialisés du monde, on confia aux entreprises disposant d'expériences dans le domaine du pompage, un service après-vente ainsi que des magasins de stockage et la représentation des pompes.

Au Brésil, aux Etats-Unis, en France, au Japon, et en Autriche, la vente des pompes NEMO est assurée par des sociétés appartenant au groupe NETZSCH.

La fabrication des pompes NEMO s'effectue dans une usine à Waldkraiburg près de Munich. Cette usine moderne est le plus grand producteur de ce type de pompes sur le continent européen.

## B - Avantages de la pompe NEMO



Le principe de la pompe NEMO marie les avantages de beaucoup d'autres types de pompes :

- comme les pompes centrifuges, la pompe NEMO n'a pas de clapets d'aspiration ou de refoulement, sujets aux pannes et pouvant freiner le passage du produit.
- comme les pompes à piston, la pompe NEMO dispose d'une capacité d'aspiration jusqu'à 9 mètres de hauteur d'eau, suivant les conditions physiques environnantes.
- comme les pompes à membranes ou les pompes péristaltiques, la pompe NEMO peut véhiculer toutes sortes de fluides, même ceux qui ne coulent plus ou qui contiennent du gaz.
- comme les pompes à engrenages ou les pompes à vis, la pompe NEMO peut véhiculer des produits extrêmement visqueux.
- comme les pompes à piston, à membranes, à engrenages ou à vis, la pompe NEMO peut servir pour le dosage.

## C - FONCTIONNEMENT

### 1 - les fonctions techniques

On exprime les fonctions techniques nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de la pompe.

**FP** : Fonction principale : pomper un fluide.

**FT1** : L'arbre d'entrée de la pompe doit être lié à l'arbre moteur : c'est une liaison encastrement réalisée par un assemblage claveté.

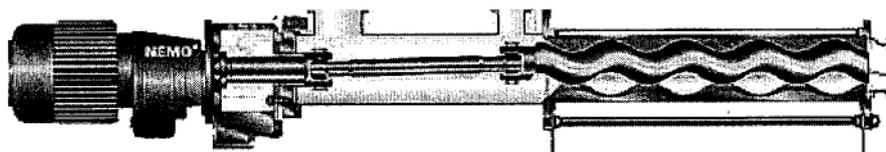
**FT2** : L'arbre d'entrée de la pompe doit être guidé en rotation par rapport au corps : c'est une liaison pivot de centre C et d'axe x réalisée par deux roulements.

**FT3** : La matière déplacée ne doit pas se propager vers les roulements : c'est une fonction d'étanchéité réalisée par le presse-étoupe (W) non représenté.

**FT4** : La bielle doit pouvoir se mouvoir suivant deux rotations par rapport à l'arbre d'entrée : c'est une liaison sphérique à doigt de centre G1.

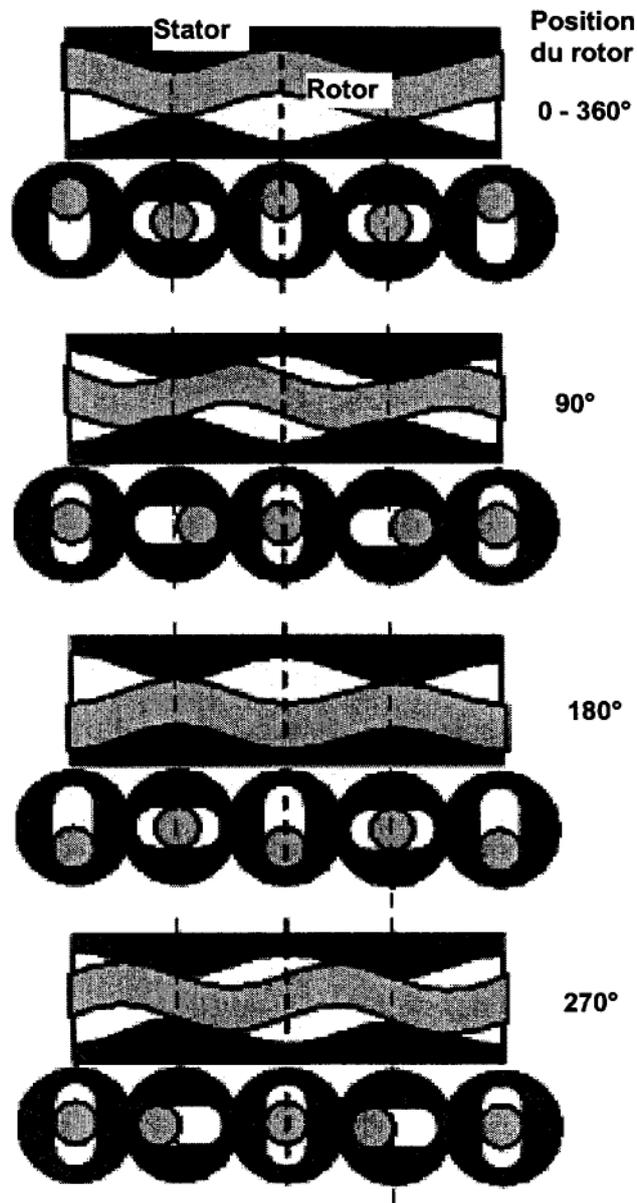
**FT5** : La bielle doit pouvoir se mouvoir suivant deux rotations par rapport au rotor : c'est une liaison sphérique à doigt de centre G2.

**FT6** : La matière doit être transvasée de l'entrée vers la sortie : cette fonction de par sa conception est réalisée par une liaison déformable (stator (5) en élastomère).

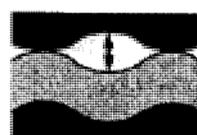


## 2 - Fonctionnement hydraulique

Géométrie du rotor et du stator dans la pratique



Déplacement des cavités  
suivant les différentes positions du rotor  
(tour de 0°, 90°, 180°, 270°)



### Grandes cavités

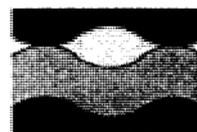
« carrées » :

Le fluide peut contenir de gros morceaux de matières solides.



### Grand angle de contigence :

Les matières solides risquent moins de « coincer », d'où moins d'usure, la pompe ne bloque pas.



### Petite zone de contact :

Moins de friction, d'où moins d'usure, plus d'efficacité.



### Courte génératrice de contact :

Moins de friction, d'où meilleur rendement.

## a) Débits.

Le débit théorique  $q_{th}$  pour un tour du rotor est :

$$q_{th} = 4.e.Dr.Hs$$

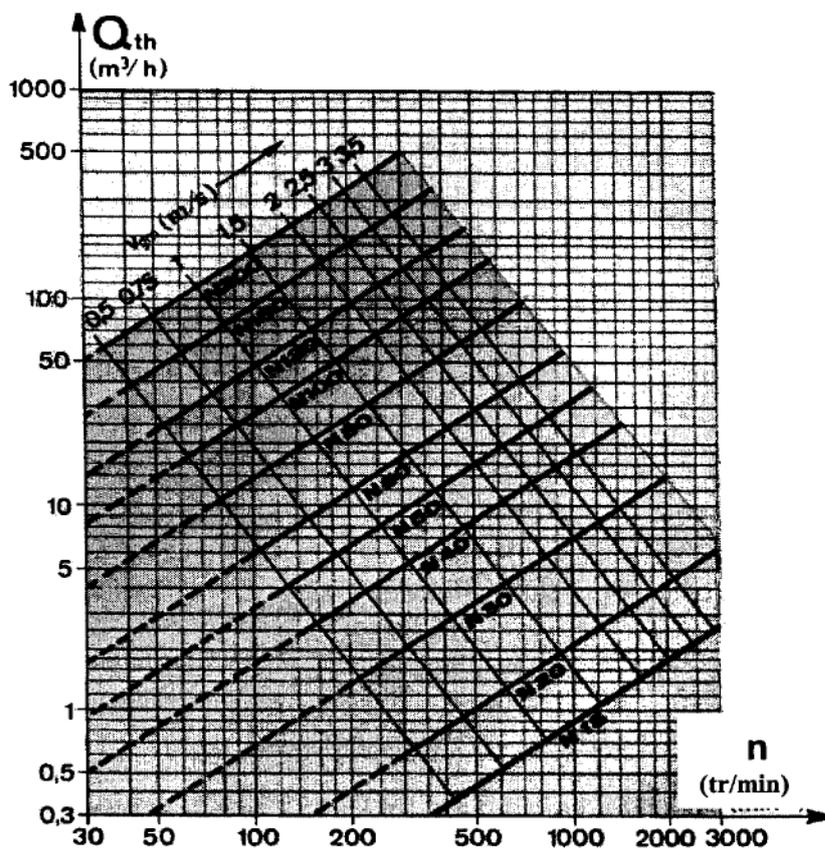
$e$  = excentricité du rotor

$Dr$  = diamètre du rotor

$Hs$  = pas du stator, deux fois le pas du rotor.

Diagramme des débits (valeurs théoriques pour des liquides semblables à l'eau à 20° C).

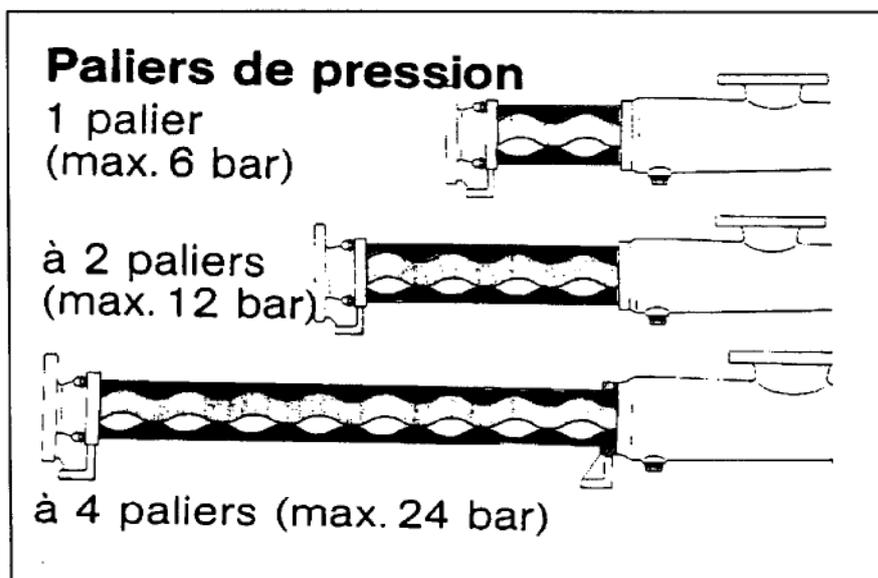
Voir ci-contre



**b) Pression admissible.**

La pression maximum admissible par la pompe NEMO est fonction du nombre de paliers (voir figure ci-contre).

(Etage de pression)

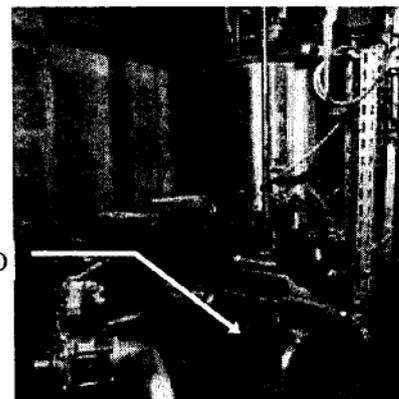
**c) Autres caractéristiques.**

- ★ Auto-amorçage jusqu'à 8,5 m colonne d'eau, grâce à la conception de la pompe et à l'utilisation d'un stator en élastomère.
- ★ Températures jusqu'à 300°C.
- ★ Refoulement rotatif, presque sans impulsions.
- ★ Pas de vanne pouvant gêner le passage du produit véhiculé.
- ★ Débit réglable en fonction de la vitesse, sens de pompage réversible.
- ★ Pression jusqu'à 72 bars et plus, même pour les débits les plus faibles et des petites vitesses.
- ★ Débits jusqu'à 350m<sup>3</sup>/h et plus.
- ★ Exécution dans tous les matériaux habituels.
- ★ Réchauffement ou refroidissement possibles.

**D - Choix de la pompe pour la suite de l'étude**

La pompe NEMO type N15 est utilisée par ARJO WIGGINS pour traiter les boues résiduelles de la fabrication des pâtes. Elle permet d'évacuer 3000L/h à la pression de 10 bars.

Pompe NEMO



Travaux effectués par le service maintenance de Arjo Wiggins. Cette entreprise est confrontée à des problèmes sévères de maintenance, elle a donc mis en place une structure qui permet de suivre et de prédire les éventuelles pannes pouvant entraîner une perturbation dans le fonctionnement. En particulier au niveau de 8 pompes NE 015 qui fonctionnent toutes dans des conditions comparables.

On dispose :

★ de fiches de suivi de maintenance pour chacune des huit pompes.

★ des informations suivantes :

- mise en service début janvier 2001
- mise à jour des fiches individuelles à la fin de chaque mois
- l'étude a porté sur 39 mois ( début janvier 2001 - fin mars 2004).

Fichier historique		Marque : NETZSCH		Type : NE 015		Annexe N°1	
Equipement : Pompe Nemo						N°1	
Dat	Désignation des travaux	Temps de réparation en h/mn	Pièces de rechange	Relevé des usures en	Coût des pièces de rechange		
mars-01	Changement des 2 roulements	1h	1 jeu Ref.0020		23 €		
août-01	Remplacement de l'anneau Ref. 8070 écrasé. Mesure de l'usure du stator Ref. 3005	1 h 30	Q = 1 Ref. 8070	Usure moyenne = 0.35 mm	15 €		
mars-02	Remplacement du corps Ref. 2005 fendu. Mesure de l'usure du stator Ref. 3005	1 h 30	Q = 1 Ref. 2005	Usure moyenne = 0.75 mm	300 €		
déc-02	Changement de l'articulation 1 + 2 goupille Ref. 5075 cassée.	1 h 30	Q = 1 ensemble repéré 1 et 2		180 €		
octobre-03	Changement du stator Mesure de l'usure du stator	1 h	Q = 1 Ref. 3005	Usure moyenne = 1.6 mm	1 80 €		

Fichier historique		Marque : NETZSCH		Type : NE 015		Annexe N°2	
Equipement : Pompe Nemo						N°2	
Dat	Désignation des travaux	Temps de réparation en h/mn	Pièces de rechange	Relevé des usures en	Coût des pièces de rechange		
février-01	Changement de l'ensemble arbre/presse étoupe. Mesure de l'usure ( arbre )	2 h	Q = 1 ensemble 3 et Ref. 1015	Usure moyenne = 0.2 mn.	125 €		
juin-01	Fuite au niveau du joint Ref.8005. Mesure de l'usure du stator Ref.3005	0 h 30	Q = 1 Ref. 8005	Usure moyenne = 0.3 mm	1,5 €		
octobre-01	Remplacement de l'anneau Ref. 8070 écrasé. Mesure du jeux articulation.	1 h 30	Q = 1 Ref. 8070	Jeu ovalise 0.05 mm 0.15 mm	15 €		
juillet-02	Changement de l'ensemble stator Ref. 3005 rotor Ref. 1999. Mesure de l'usure du stator Ref. 3005	2 h 30	Q = 1 Ref. 3005 + Ref. 1999	Usure moyenne = 0.85 mm	250 €		
décembre-02	Clavette cisailée contrôle géométrique de l'arbre.	1 h	Q = 1 Ref. 3025		3 €		
août-03	Changement de la plaque chauffante. Mesure de l'usure du stator Ref. 3005	1 h 30	Q = 1 Ref. 1011	Usure moyenne = 0.75 mm	77 €		
mars-04	changement de l'ensemble stator Ref. 3005 rotor Ref. 1999. Mesure de l'usure du stator	2 h 30	Q = 1 Ref. 3005 + Ref. 1999	Usure moyenne = 0.95 mm	250 €		

Fichier historique		Annexe N°3			
Equipement : Pompe Nemo		Marque : NETZSCH	Type : NE 015		
		N°3			
Dat	Désignation des travaux	Temps de réparation en	Pièces de rechange	Relevé des usures	Coût des pièces de rechange
juin-01	Changement de l'ensemble arbre/presse étoupe. Mesure de l'usure ( arbre )	2 h	Q = 1 ensemble 3 et Ref. 1015	Usur moyenne = 0.2 mm	125 €
décembre-01	Changement de l'articulation 1 et 2 . Mesure du jeu de l'articulation.	1 h 30	Q = 1 ensembl repéré 1 et 2	Jeu ovalisé 0.15 mm 0.25 mm	180 €

Fichier historique		Annexe N°4			
Equipement : Pompe Nemo		Marque : NETZSCH	Type : NE 015		
		N°4			
Dat	Désignation des travaux	Temps de réparation en	Pièces de rechange	Relevé des usures	Coût des pièces de rechange
août-01	Changement de l'ensemble arbre/presse étoupe. Mesure de l'usure ( arbre )	2 h	Q = 1 ensemble 3 et Ref. 1015	Usur moyenne = 0.18 mm	125 €
mars-02	Changement des 2 roulements	1 h	Q = 1 Ref. 0020		23 €
janvier-03	Changement du stator. Mesure de l'usure du stator	1 h	Q = 1 Ref. 3005	Usur moyenne = 1.2 mm	180 €

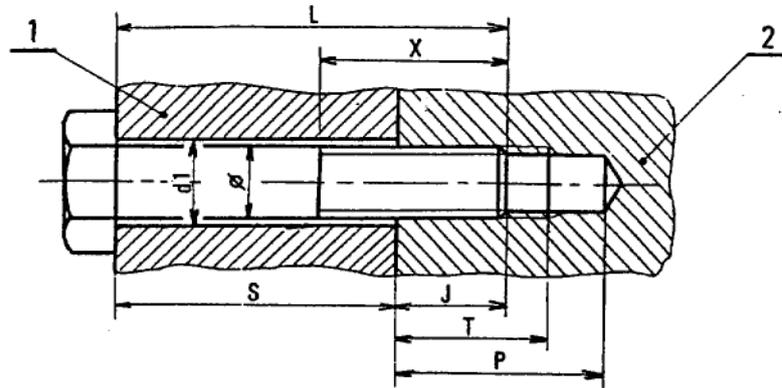
Fichier historique		Annexe N°5			
Equipement : Pompe Nemo		Marque : NETZSCH	Type : NE 015		
		N°5			
Dat	Désignation des travaux	Temps de réparation en	Pièces de rechange	Relevé des usures	Coût des pièces de rechange
septembre-01	Changement du joint Ref.8005	0 h 30	Q = 1 Ref. 8005		1.5 €
avril-02	Changement de la plaque Ref. 3025. Mesure de l'usure du stator	1 h 30	Q = 1 Ref. 3025	Usur moyenne = 0.85 mm	77 €
septembre-02	Changement du joint Ref. 8050	0 h 30	Q = 1 Ref. 8050		1.5 €
mars-03	Changement du stator. Mesure de l'usure du stator	1 h	Q = 1 Ref. 3005	Usur moyenne = 1.3 mm	180 €
novembre-03	Changement de l'ensemble arbre/presse étoupe. Mesure de l'usure ( arbre )	2 h	Q = 1 ensemble 3 et Ref. 1015	Usur moyenne = 0.1 mm	125 €

Fichier historique		Marque : NETZSCH		Type : NE 015		Annexe N°6	
Equipement : Pompe Nemo						N°6	
Dat	Désignation des travaux	Temps de réparation en	Pièces de rechange	Relevé des usures ...	Coût des pièces de rechange		
mars-01	Changement de 2 roulements	1 h	1 jeu Ref. 0020		23 €		
novembre-01	Remplacement de l'anneau Ref. 8070 écrasé. Mesure du jeu de l'articulation.	1 h 30	Q = 1 Ref. 8070	Jeu ovalisé 0.05 mm 0.15 mm	15 €		
juin-02	Changement de la plaque Ref. 3025	1 h 30	Q = 1 Ref. 3025		77 €		
octobre-02	Changement du stator . Mesure de l'usure du stator	1 h	Q = 1 Ref. 3005	Usur moyenne = 1.1 mm	180 €		

Fichier historique		Marque : NETZSCH		Type : NE 015		Annexe N°7	
Equipement : Pompe Nemo						N°7	
Dat	Désignation des travaux	Temps de réparation en	Pièces de rechange	Relevé des usures ...	Coût des pièces de rechange		
juillet-01	Changement de l'ensemble arbre/presse étoupe. Mesure de l'usure ( arbre )	2 h	Q = 1 ensemble 3 et Ref. 1015	Usur moyenne = 0.15 mm	125 €		
janvier-02	Changement des deux roulements	1 h	1 jeu Ref. 0020		23 €		
mai-02	Changement de l'articulation 1 et 2. Mesure du jeu de l'articulation.	1 h 30	Q = 1 ensembl repéré 1 et 2	Jeu ovalisé 1.1 mm 1.3 mm	180 €		

Fichier historique		Marque : NETZSCH		Type : NE 015		Annexe N°8	
Equipement : Pompe Nemo						N°8	
Dat	Désignation des travaux	Temps de réparation en	Pièces de rechange	Relevé des usures en	Coût des pièces de rechange		
mai-01	Changement de la plaque Ref. 3025. Mesure de l'usure du stator	1 h 30	Q = 1 Ref. 3025	Usur moyenne = 0.15 mm	77 €		
octobre-01	Changement du stator. Mesure de l'usure du stator	1 h	Q = 1 Ref. 3005	Usur moyenne = 0.5 mm	180 €		
avril-02	Changement de l'articulation 1 et 2. Mesure du jeu de l'articulation.	1 h 30	Q = 1 ensembl repéré 1 et 2	Jeu ovalisé 0.9 mm 1.1 mm	180 €		

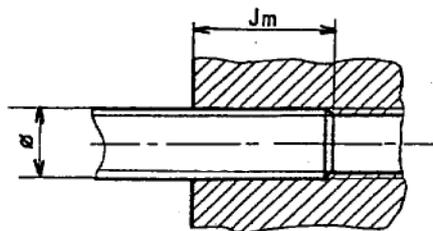
**COTES CARACTÉRISTIQUES D'UNE VIS  
IMPLANTÉE DANS UN TROU BORGNE TARAUDÉ**



- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| Ø = Diamètre nominal     | L = Longueur normale de la vis |
| d1 = Diamètre de passage | X = Longueur filetée           |
| J = Implantation         | P = Profondeur de perçage      |
| S = Longueur de serrage  | T = Profondeur de taraudage    |

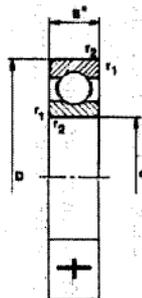
**IMPLANTATION MINIMALE (Jm)**

dans l'acier	Jm = Ø
dans la fonte, le cuivre et ses alliages	Jm = 1,5 Ø
dans l'aluminium et ses alliages	Jm = 2Ø

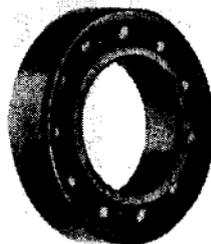


**ROULEMENTS RIGIDES À UNE RANGÉE DE BILLES (SKF)**

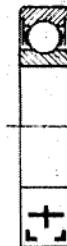
Représentation complète



Représentation simplifiée



Exécution Z  
1 flasque



Exécution 2Z  
2 flasques



Exécution RSI  
1 joint

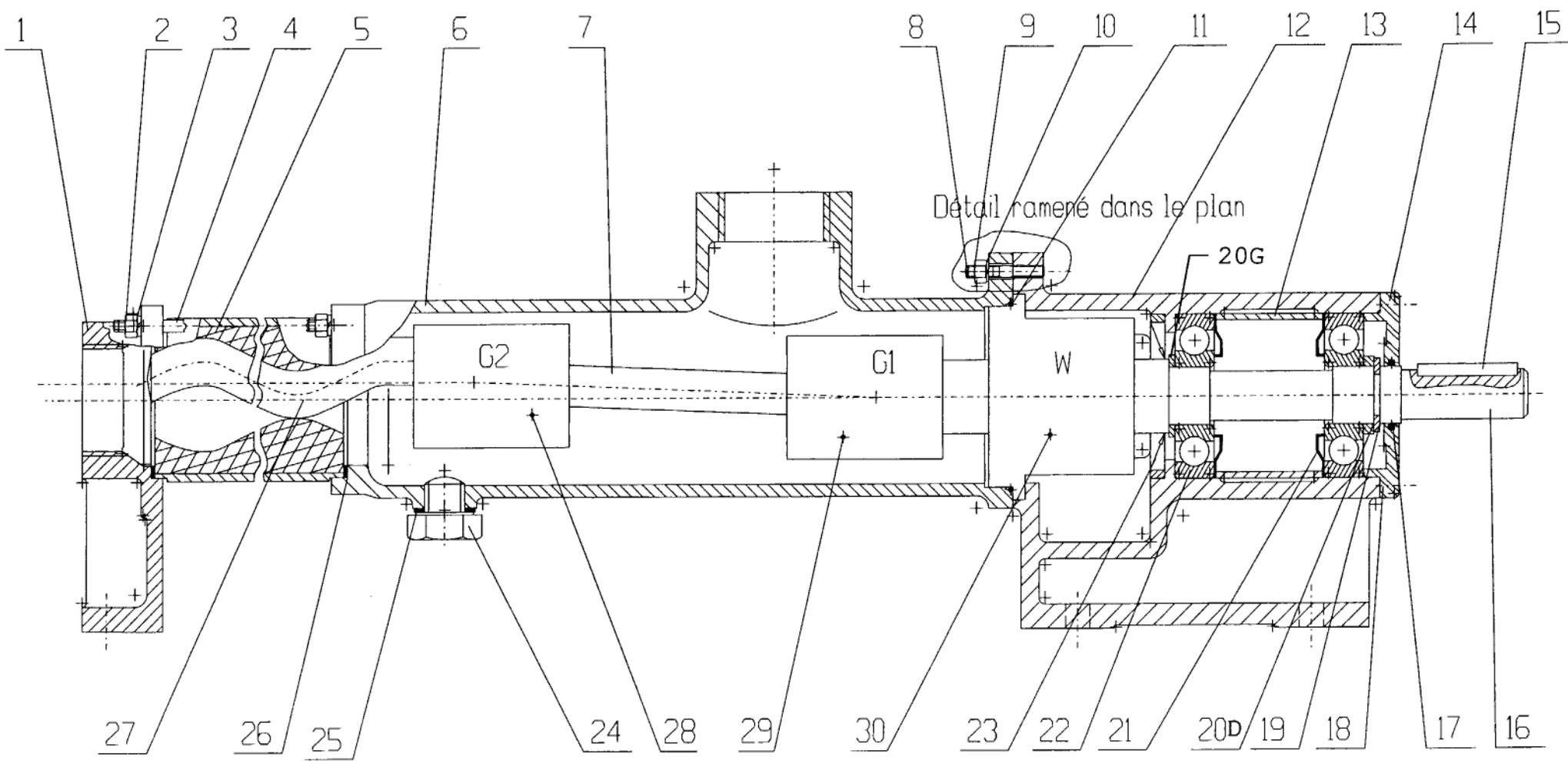
**Caractéristiques du roulement 17 BC03**

d = 17 mm    D = 50 mm    B = 12 mm

Charge dynamique : C = 11 kN

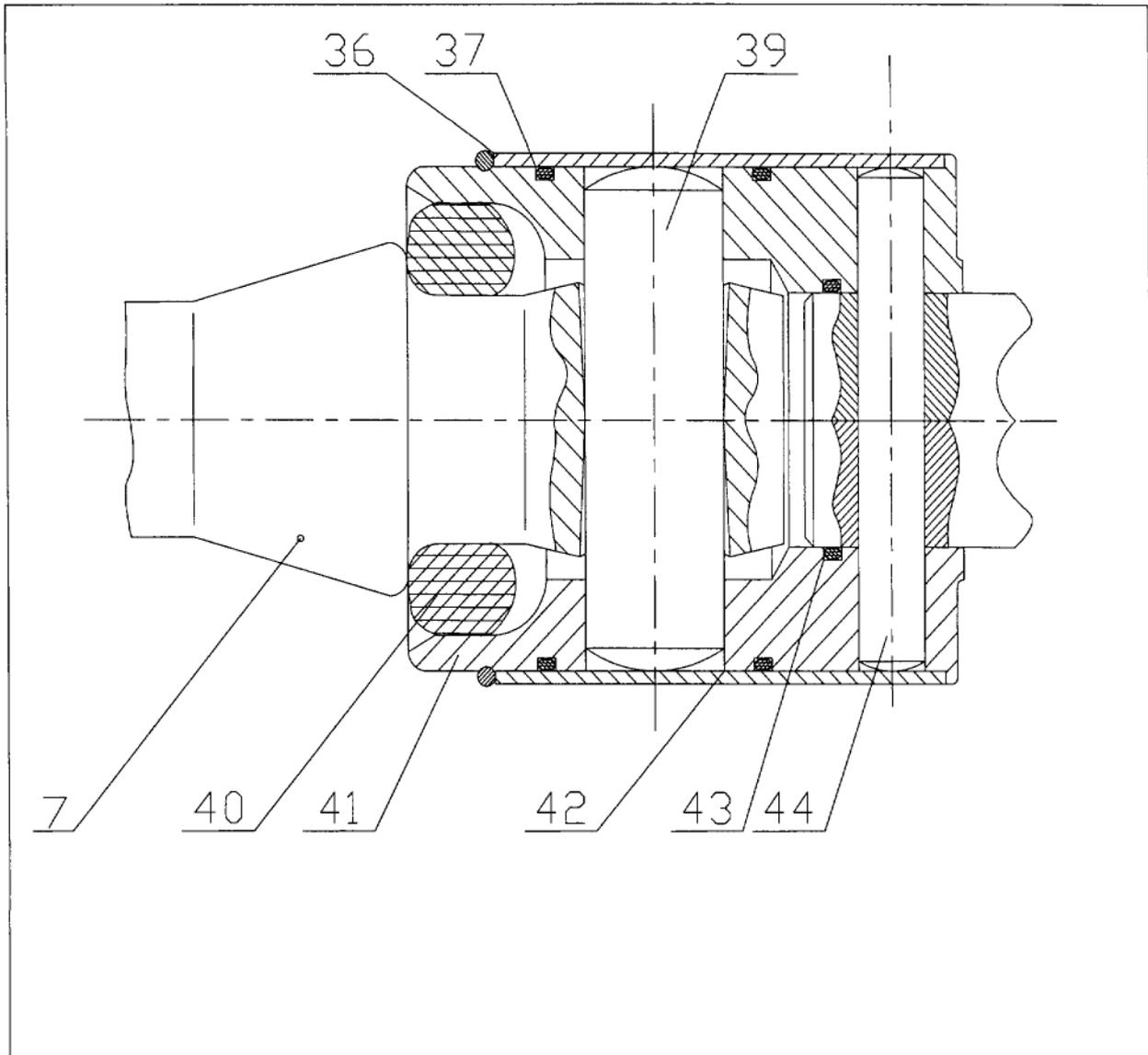
Charge statique : C<sub>0</sub> = 6 kN

Vitesse limite : 17000 tr/min



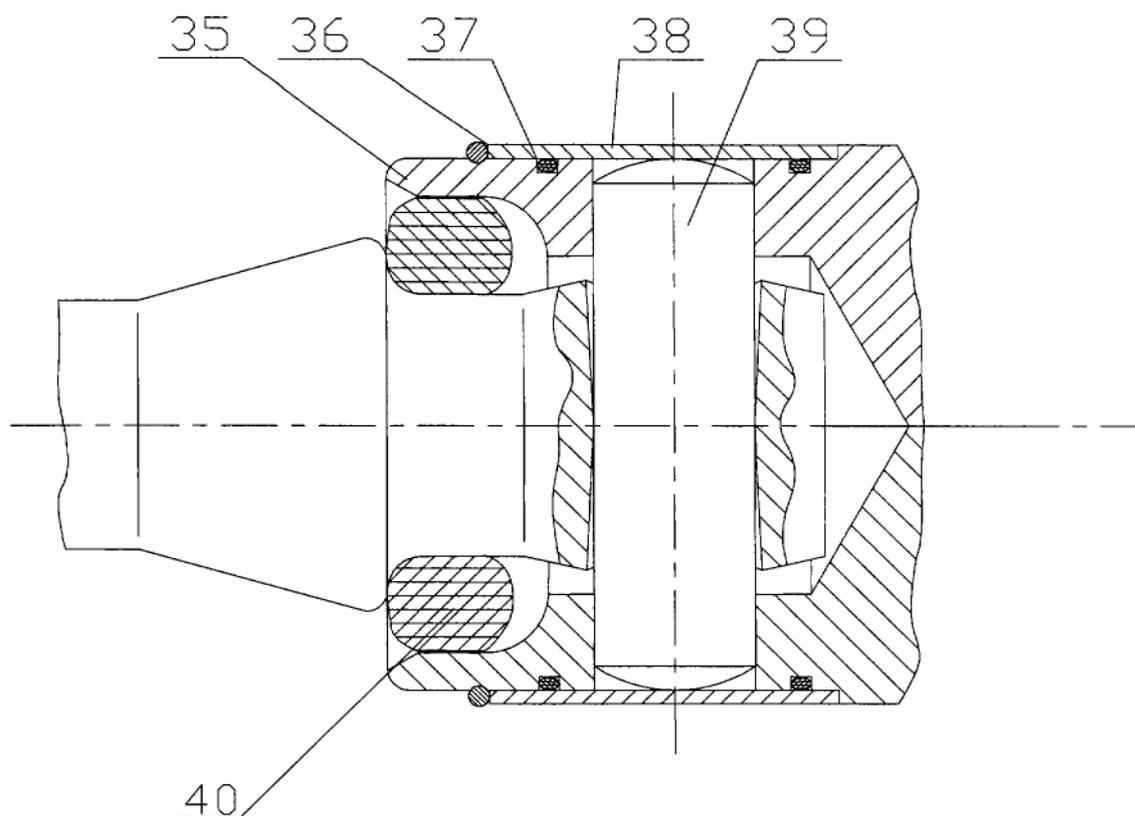
	Pompe NEMO	
Format: A3	NE 15 A	
Ech.		
Dessiné par:	NETZSCH	
	N° DT 10	

30	1	PRESSE ETOUPE		
29	1	ARTICULATION type G1		
28	1	ARTICULATION type G2		
27	1	ROTOR		
26	1	JOINT COUTCHOUC		
25	1	JOINT		
24	1	VIS DE VIDANGE H M8-10		
23	1	JOINT SPI		
22	2	ROULEMENT 17 BC 03		
21	2	JOINT NILOS		
20	1	RONDELLE M 18		
19	1	CIRCLIPS EXTERIEUR		
18	6	VIS Chc M5-12		
17	1	RONDELLE EN FEUTRE		
16	1	ARBRE		
15	1	CLAVETTE PARALLELE, forme C 6*6*25		
14	1	COUVERCLE		
13	1	ENTRETOISE		
12	1	CORPS PALIER		
11	1	JOINT TORIQUE		
10	4	RONDELLE GROWER 6		
9	4	ECROU H M6		
8	4	GOUJON M6-21 ? bm 9		
7	1	BIELLE		
6	1	CORPS DE POMPE		
5	1	STATOR		
4	4	TIRANT		
3	8	RONDELLE GROWER 6		
2	8	ECROU H M6		
1	1	TUBULURE D'EXTREMITE		
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
		<b>POMPE NEMO</b>		
		<b>NE 15 A</b>		
		<b>NETZSCH</b>		
Le		<b>N° DT 11</b>		

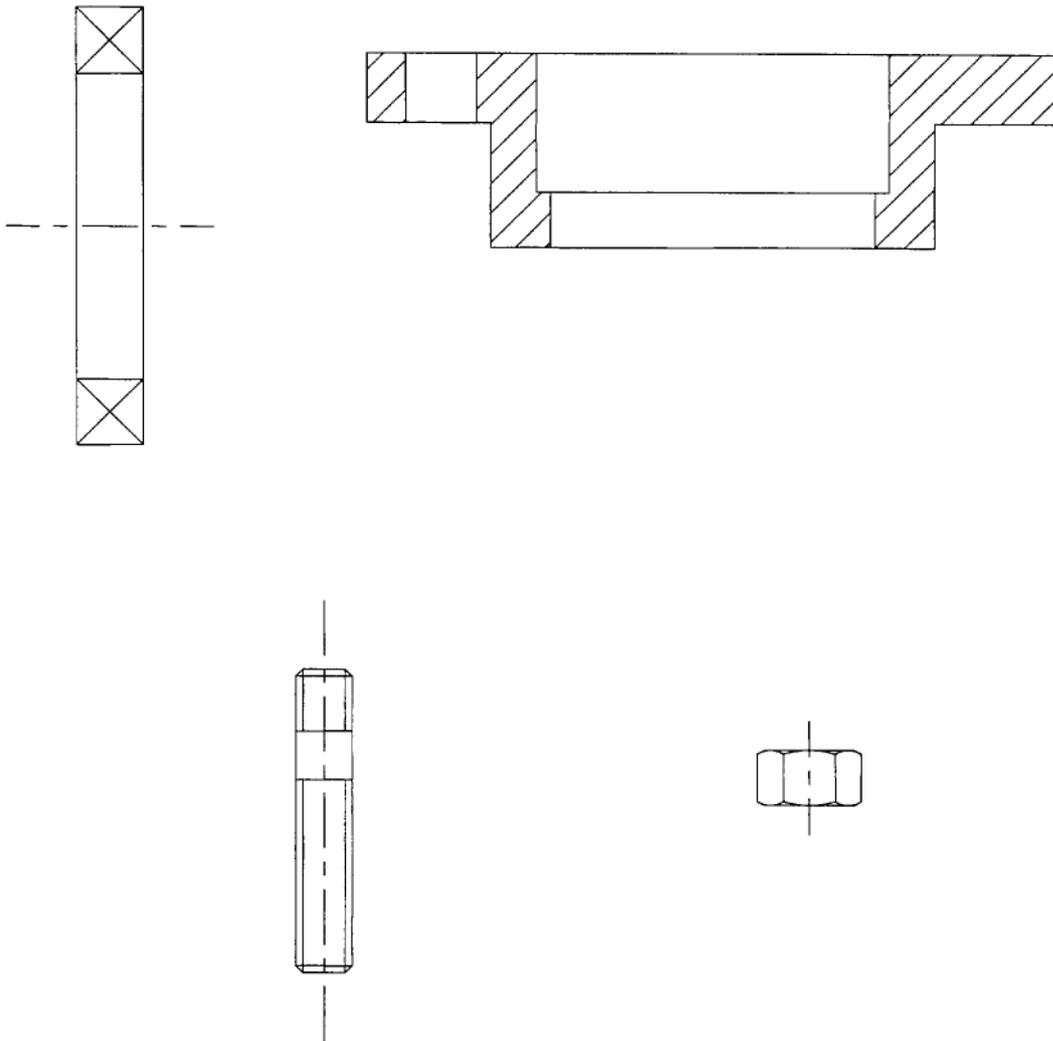


44	1	Goupille			
43	1	Joint torique 20,35*1,78			
42	1	Douille de sureté G1			
41	1	Corps de l'articulation G1			
40	1	Joint torique 12,37*2,62			
39	1	Goupille			
37	2	Joint torique 37,69*3,53			
36	1	Anneau d'arrêt 36*1.5			

Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence
Format: A4		Pompe NEMO			
Ech. 2:1		Articulation G1			
Dessiné par:		NETZSCH			
Le		N°DT 12			



40	1	Joint torique 12,37*2,62			
39	1	Goupille			
38	1	Douille de sureté G2			
37	2	Joint torique 37,69*3,53			
36	1	Anneau d'arrêt 36*1,5			
35	1	Corps de l'articulation G2			
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence
		Pompe NEMO			
Format: A4		Articulation G2			
Ech. 2:1		NETZSCH			
Dessiné par:					
Le		N°DT 13			



Attention : ces pièces ne sont pas à l'échelle du dessin fourni document DR5

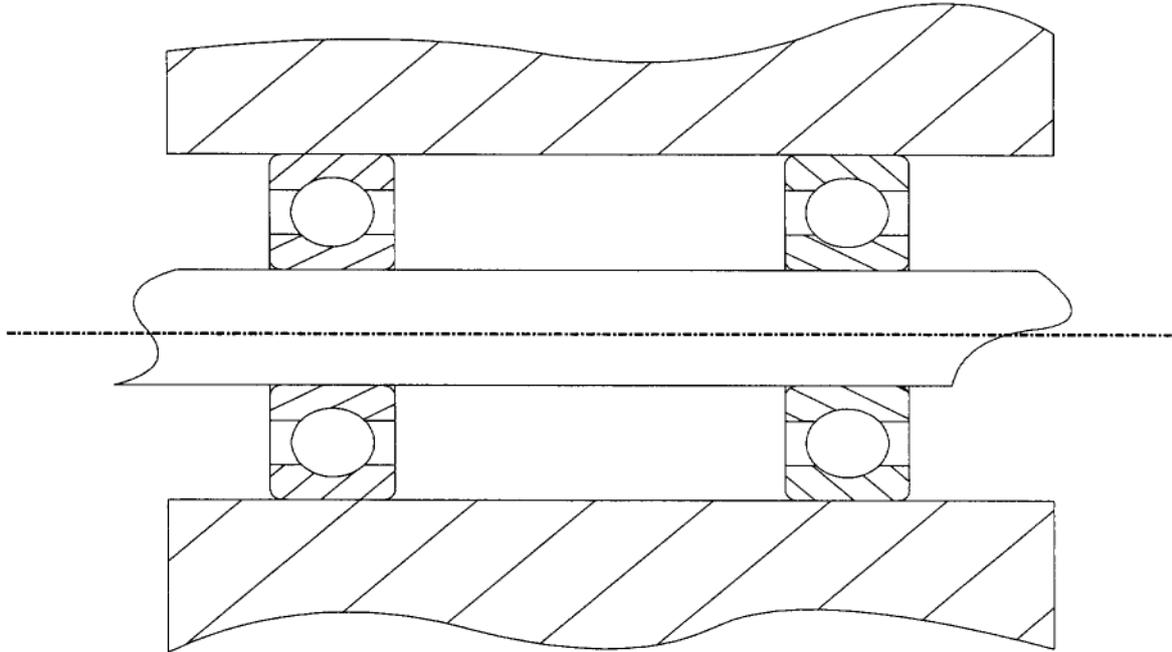
		Ecrou H M5			
		Goujon M5			
		Bague étoupe 20*28*4			
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence
⊗	⊙	Pompe NEMO			
Format: A4					
Ech.					
Dessiné par:		NETZSCH			
Le		N°DT 14			

## Étude de dispositions constructives

Répondre sur document réponse DR1

### **Question 1 :**

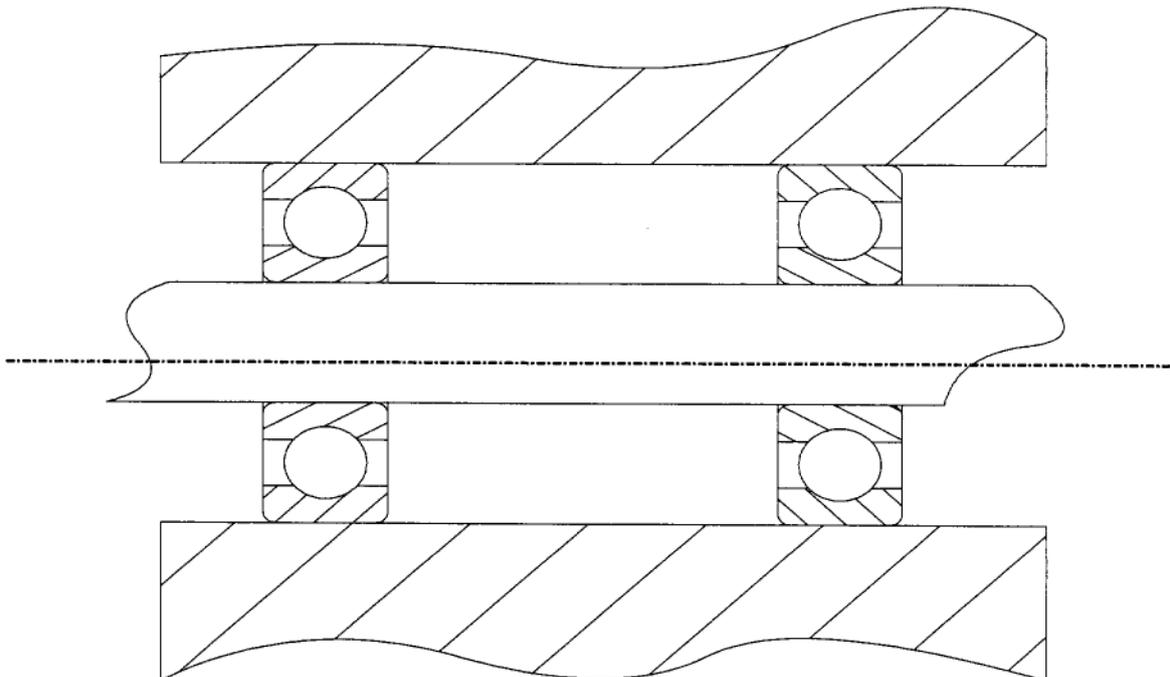
Complétez le schéma technologique du montage de roulements du guidage de l'arbre 16 en indiquant les différentes immobilisations axiales des roulements.



Répondre sur document réponse DR1

### **Question 2 :**

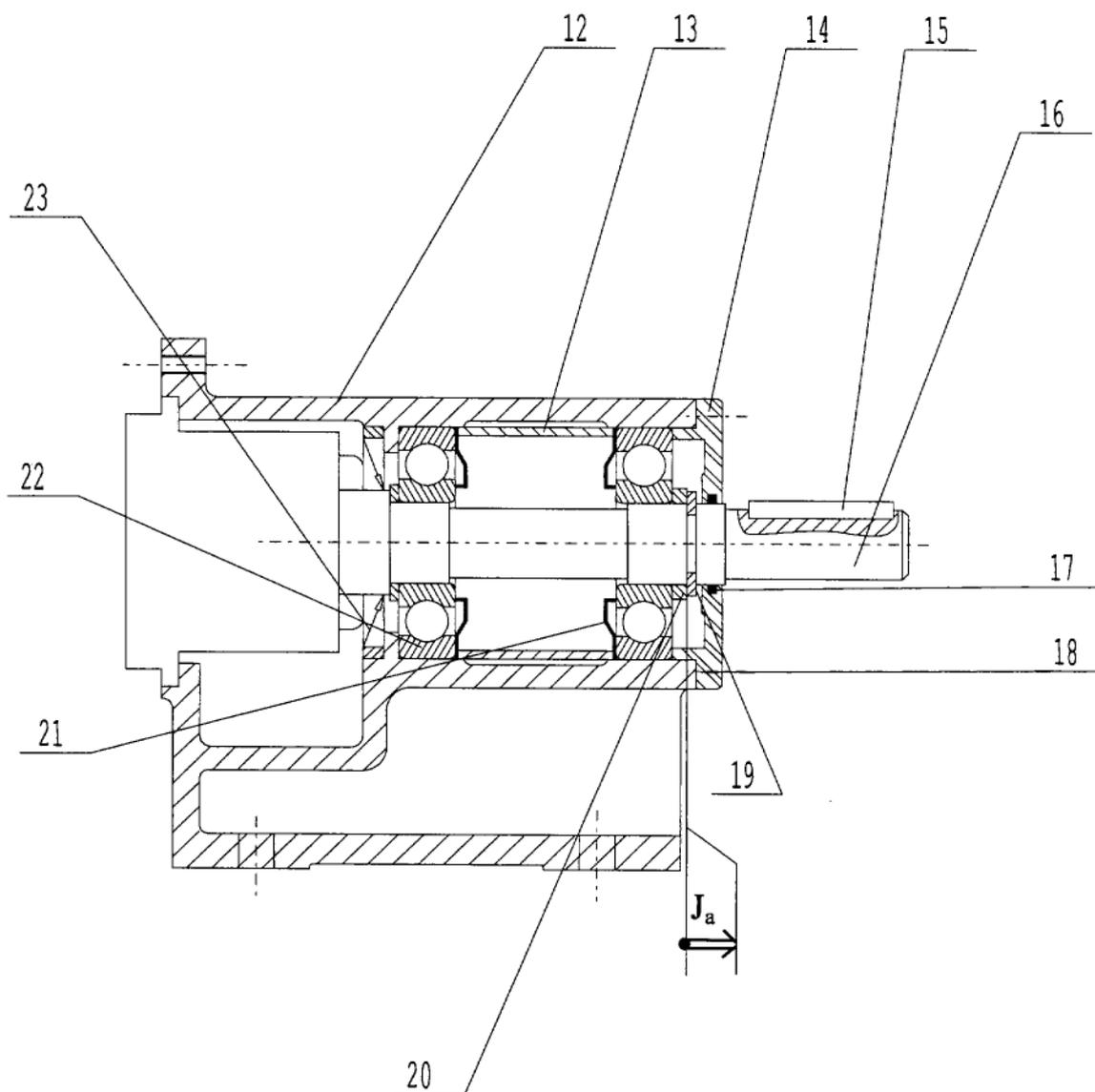
La direction de la charge est tournante par rapport au bâti. Indiquez les ajustements (serré / glissant) des différentes bagues.



Répondre sur document réponse DR2

**Question 3 :**

Tracez la chaîne de cote  $J_a$  ; jeu entre la bague 20 et le circlips 19.




---

---

---

---

---

---

---

---

Répondre sur document réponse DR2

**Question 4 :**

Vérifiez si la condition de montage ( $J_a : 0_0^{+0,1}$  .) est réalisable avec les tolérances des pièces.

IT roulement :  $0_{-0,12}$

IT des autres pièces :  $\pm 0,05$

---

---

---

---

---

---

---

---

*Répondre sur document réponse DR3*

**Question 5 :**

Quelle est la fonction de la pièce 20 ?

---

---

*Répondre sur document réponse DR3*

**QUESTION 6 :**

Quel est le rôle de la pièce 24 ?

---

---

*Répondre sur document réponse DR4*

**QUESTION 7 :**

Réalisez sur la feuille pré-imprimée DR4 le dessin de définition de la pièce 41 (corps de l'articulation G1) au crayon.

- Vue de face en coupe (celle du dessin DT12)
- Vue de gauche avec les arêtes cachées.

*Répondre sur feuille de copie*

**Question 8 :**

Calculez l'implantation des 3 goujons à l'aide des documents du dossier technique.

**Données :**

Les goujons sont implantés dans de l'acier.  
goujon M5

*Répondre sur document réponse DR5*

**Question 9 :**

Réalisez la fonction FT3 (étanchéité entre les roulements et le corps de pompe) par l'intermédiaire d'un presse étoupe.

Vous utiliserez 5 tresses carrées de 4 mm de coté, le réglage se fera par l'intermédiaire d'un système fileté.  
Dessinez la solution sur la feuille pré-imprimée DR5 au crayon.

- tenir compte des règles de base du dessin industriel (types de traits, hachures, ....).
- Utiliser des éléments normalisés.
- Repérer les éléments nouveaux.
- Remplir la nomenclature.

**Données :**

Tresse de section 4 mm  
Les formes des éléments normalisés sont dessinées dans le dossier technique DT14.

*Répondre sur feuille de copie*

**Question 10 :**

La lecture du fichier historique (DT6, DT7, DT8) des pannes fait apparaître un changement des roulements en mars 1992. Soit une durée de vie de 15 mois.

Cette pompe a fonctionné 24h/24 pendant cette période. La vitesse de rotation de l'arbre d'entrée est de 2000 tr/min.

Calculez la durée de vie en millions de tours des roulements (L)

*Répondre sur feuille de copie*

**Question 11 :**

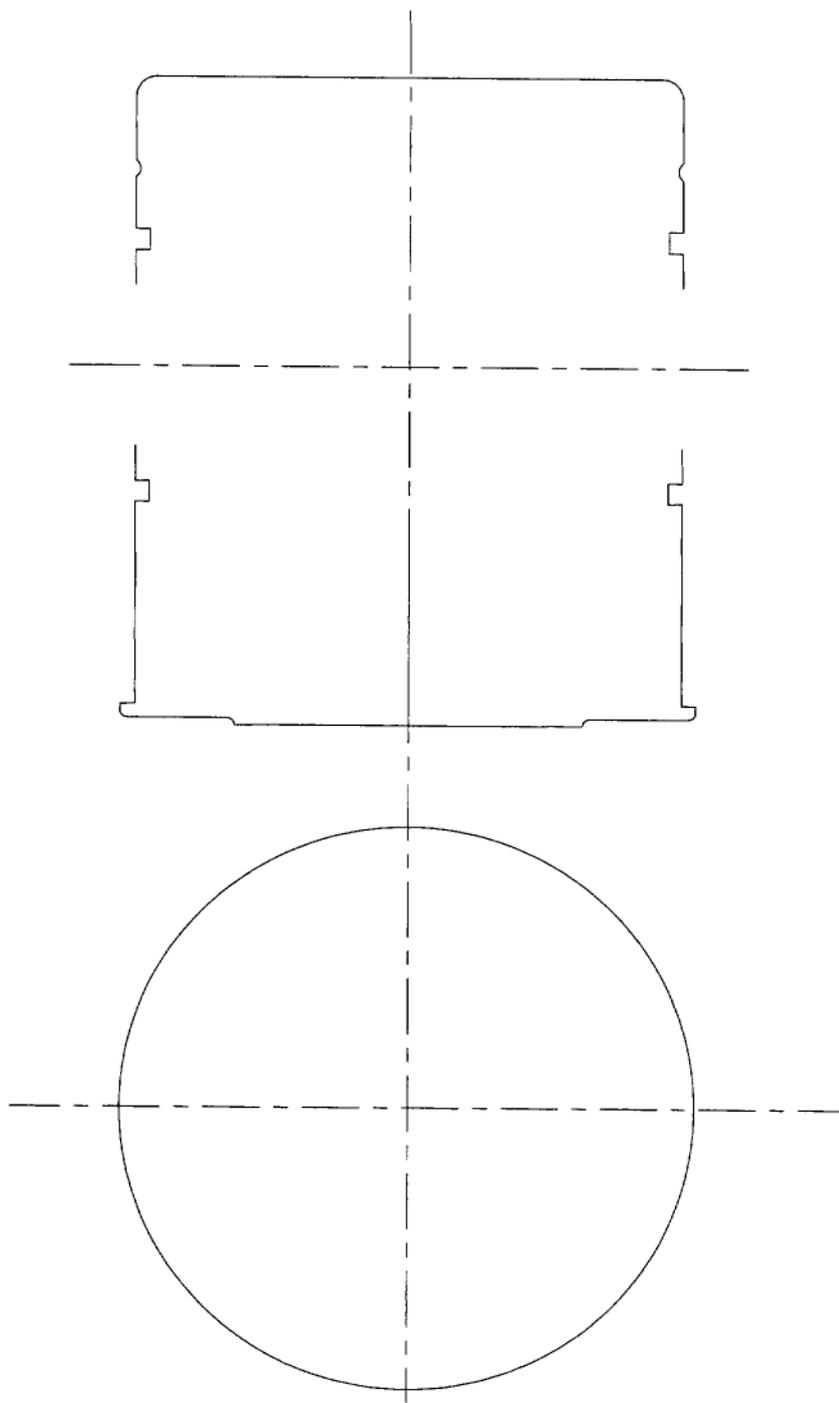
Déterminer la valeur de la capacité de charge du roulement (voir document DT9).  
Déterminez la valeur de la charge appliquée au roulement : P

*Répondre sur document réponse DR6*

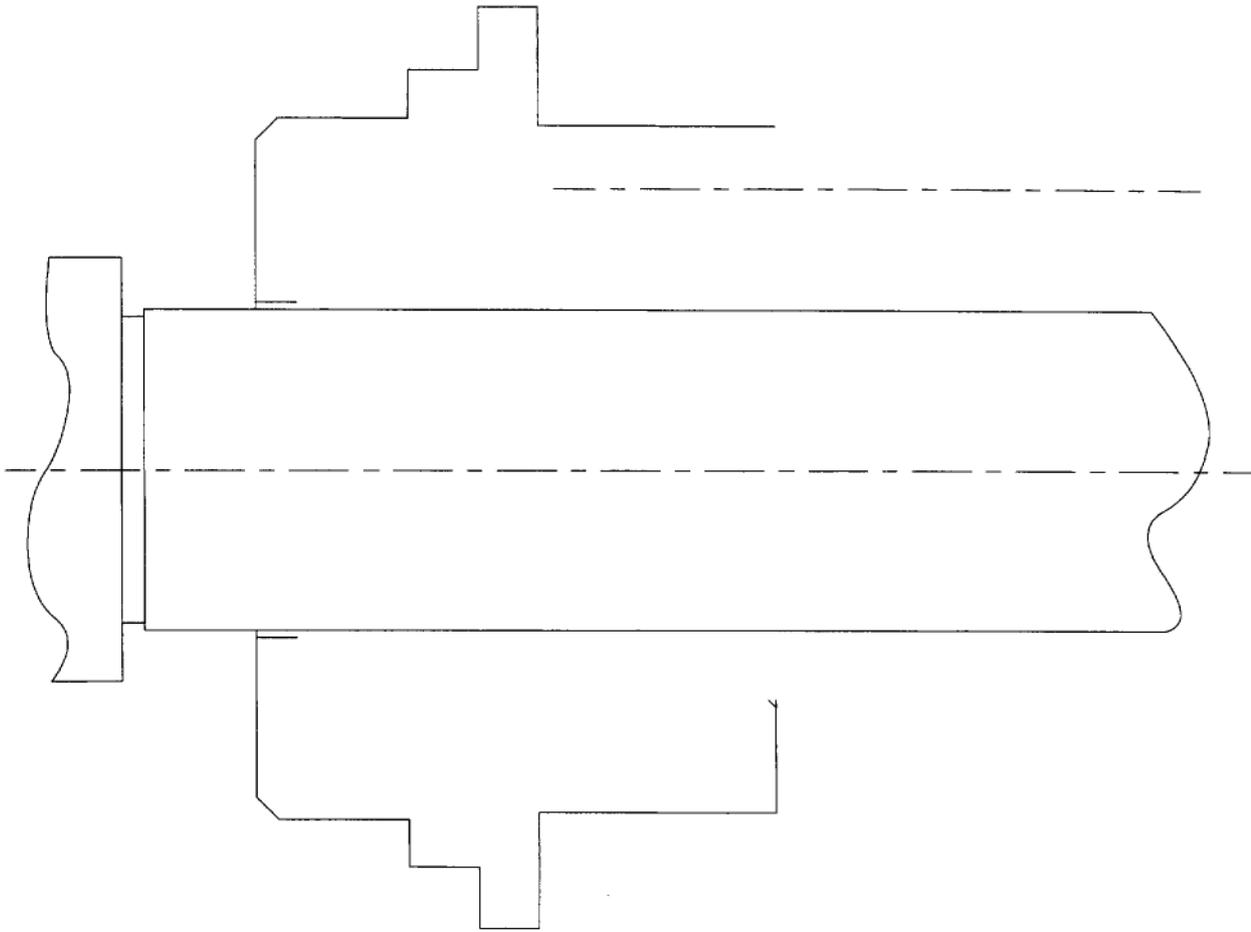
**Question 12 :**

Vérifiez vos calculs a l'aide de l'abaque DR6

DR4



41	1	Corps de l'articulation G1			
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence
		Pompe NEMO			
Format: A4					
Ech. 2:1					
Dessiné par:		NETZSCH			
Le		N°			




Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation	Référence
		Pompe NEM			
Format: A4		Presse étoupe "W"			
Ech.					
Dessiné par:		NETZSCH			
Le		N°	ITEDI		

**Question 13 :**

Vérifiez vos calculs à l'aide de l'abaque.

**Abaque de calcul de la durée**