

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
"HOUARI BOUMEDIENE"

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
Département de Génie - Mécanique

THESE DE FIN D'ETUDES

**COMMANDE MECANIQUE  
D'UN ROBINET - VANNE**

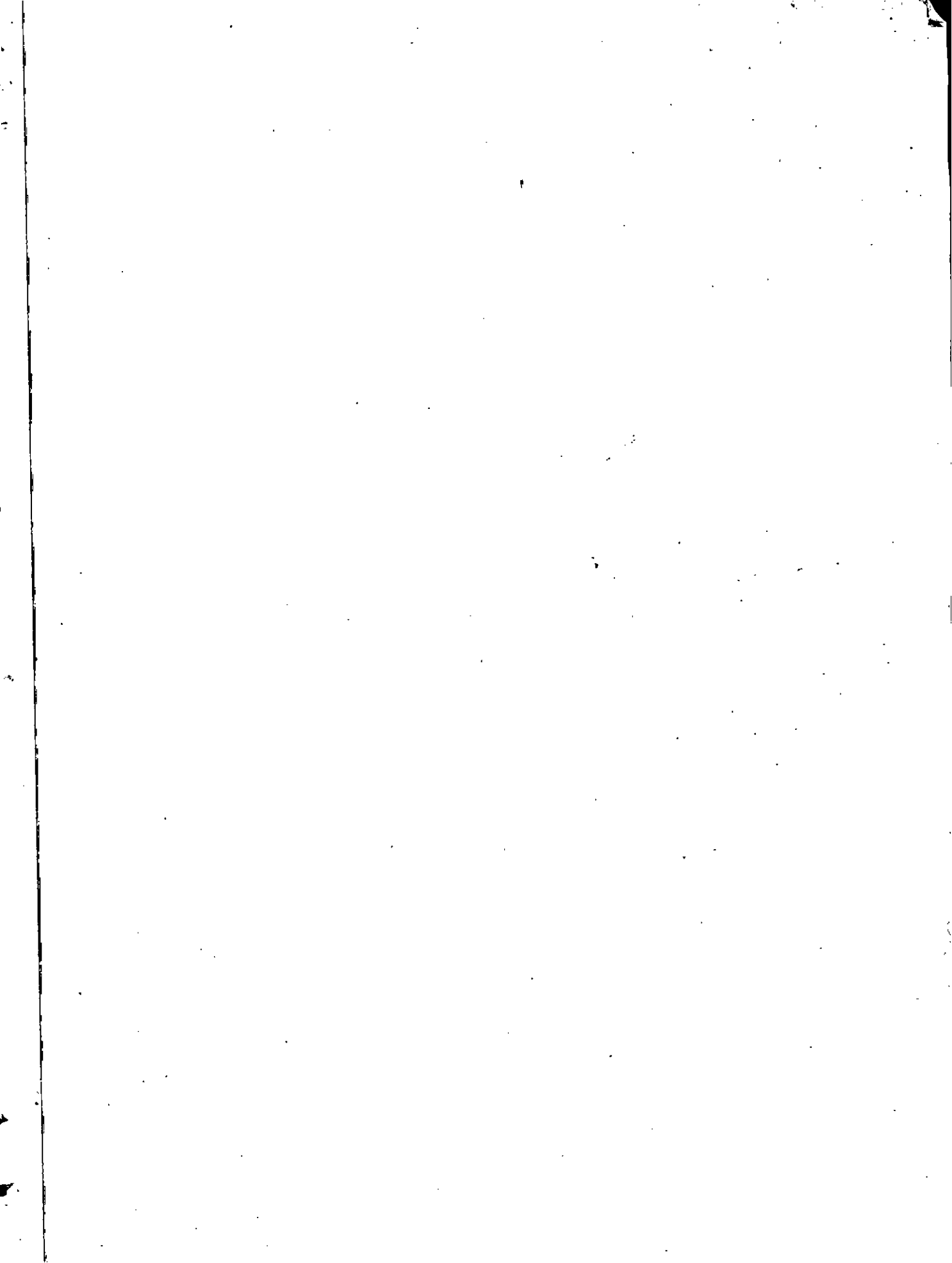
Proposé et dirigé par :

Mr G. SPIRIDONOV

Maître assistant à l'E.N.P.A.

Etudié par :

H. ZAHLOUL



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

**"HOUARI BOUMEDIENE"**

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

**ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE**

**Département de Génie - Mécanique**

THESE DE FIN D'ETUDES

**COMMANDE MECANIQUE  
D'UN ROBINET - VANNE**

Proposé et dirigé par :

Mr : G. SPIRIDONOV

Maître assistant à l'E.N.P.A.

Etudié par :

H. ZAHLOUL

Promotion Juin 1982

## DEDICACES

A la mémoire de mon chère père dont  
la douloureuse disparition nous a  
profondément bouleversé le 03.01.1981  
Que dieu ait son âme.

A ma mère, mes sœurs et mon frère,  
pour leur sacrifice consentis à  
mon égard.

A tous ceux qui me sont chers.

## REMERCIEMENTS

A monsieur G. SPIRIDONOV de m'avoir  
proposé ce sujet et de m'avoir guidé  
tout le long de mon travail.  
Qu'il trouve ici ma profonde  
reconnaissance.

H.ZAHLLOUL

## PRESENTATION DU SUJET

Ce travail consiste à étudier une commande mécanique d'un robinet-vanne fabriqué au complexe industriel "Vannes-pompes" de la SONACOME de BERROUAGHIA, dont les caractéristiques sont les suivantes:

Vanne à huile, en acier moulé

avec tige filetée extérieure.

DN 300, type 52/VK - A52 150-2

à bagues de sièges vissées

— Pression du fluide :  $40 \cdot 10^5$  Pa

— Diamètre nominal : 100 mm

— Température maximale :  $378^\circ\text{C}$ .

— Type de commande : Réducteur

à Vis sans fin

# SOMMAIRE

|                 |   |
|-----------------|---|
| INTRODUCTION    | 1 |
| 1. Robinetterie | 1 |
| 2. Commandes    | 1 |

## CHAPITRE I

|  |   |
|--|---|
| GENERALITES SUR LES COMMANDES                                  | 2 |
| I.1. Facteurs intervenants dans le choix d'un type de commande | 2 |
| I.2. Classification des commandes                              | 2 |
| I.2.1. Commande manuelle                                       | 2 |
| I.2.2. Commande empruntant son énergie à une source extérieure | 4 |

## CHAPITRE II

|                            |   |
|----------------------------|---|
| DESCRIPTION DE LA COMMANDE | 5 |
| II.1. Schéma cinématique   | 5 |
| II.2. Fonctionnement       | 6 |

## CHAPITRE III

|  |    |
|--|----|
| CALCUL DU REDUCTEUR  | 8  |
| III.1. Calcul préliminaire   | 8  |
| III.1.1. Schéma de disposition du groupe de système                                      | 8  |
| III.1.2. Calcul de la vitesse de rotation de l'arbre de sortie (arbre de la roue)        | 8  |
| III.1.3. Calcul de la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée (arbre de la vis sans fin) | 9  |
| III.1.4. Calcul de la puissance théorique au niveau de l'arbre de sortie                 | 11 |

|   |    |
|---|----|
| III.1.5. Calcul de la puissance théorique au niveau de l'arbre d'entrée. .... | 17 |
| III.1.6. Calcul de la puissance du moteur. ....                               | 17 |
| III.2. Calcul du réducteur. ....  | 18 |
| III.2.1. Détermination des dimensions géométriques. ....                      | 18 |
| III.2.2. Calcul de résistance des dentures. ....                              | 18 |
| III.2.2.1. Calcul à la rupture. ....  | 18 |
| III.2.2.2. Calcul à la pression superficielle. ....                           | 17 |
| III.2.3. Récapitulation des résultats. ....                                   | 19 |
| III.2.4. Etude dynamique. ....  | 20 |
| III.2.4.1. Efforts sur les dentures. ....                                     | 20 |
| III.2.4.2. Efforts sur les arbres et les paliers. ....                        | 22 |
| III.2.5. Calcul du diamètre de l'arbre d'entrée. ....                         | 24 |
| III.2.6. Vérification des cannelures de l'arbre d'entrée. ....                | 27 |
| III.2.7. Calcul du ressort. ....  | 28 |
| III.2.8. Calcul des roulements. ....  | 29 |
| III.2.9. Accouplement à griffes. ....   | 30 |
| III.2.10. Effort agissant sur le volant. ....                                 | 31 |
| III.2.11. Calcul du diamètre de l'arbre de sortie. ....                       | 33 |
| III.2.12. Calcul des roulements. ....   | 34 |
| III.2.13. Vérification des clavettes. ....                                    | 32 |
| III.2.14. Indicateur. ....  | 34 |
| CONCLUSION. ....  | 47 |

## INTRODUCTION

### 1. Robinetterie

les appareils de robinetterie comprennent des appareils qui intercalés dans une tuyauterie ont pour rôle de régler ou d'interrompre le débit d'un fluide et dont un obturateur de forme bien précise est l'organe principal.

Dans notre cas l'obturateur est appelé vanne, commandé par une tige, se déplaçant parallèlement à ses surfaces de contact et perpendiculairement à la direction de l'écoulement du fluide.

les deux portées d'étanchéité de la vanne viennent s'appuyer en fermeture sur les deux autres portées qui leur font faces (sièges obliques) et qui sont rendues solidaires du corps de la vanne par des procédés variés. Ces vannes sont utilisées dans divers secteurs tel que l'hydraulique, les centrales thermiques, l'industrie chimique, les raffineries et autres branches de l'industrie et ce pour des différents fluides, pétrole compris.

### 2. Commandes

les commandes sont des dispositifs qui placés directement ou indirectement sur les appareils de robinetterie permettent tous les réglages possibles des débits. Elles sont naturellement fonction de la course de l'obturateur à commander, l'effort à fournir à l'ouverture et la fermeture et l'endroit de l'appareil.



## GENERALITES SUR LES COMMANDES

## I.1. Facteurs intervenants dans le choix d'un type de commande :

— Importance de l'effort à développer :

C'est le cas des robinets de dimensions importantes dont la manœuvre manuelle serait beaucoup trop lente et pénible.

Même cas où la pression en service est trop grande, ou combinaison des deux facteurs.

— Durée de manœuvre :

Recherche d'une manœuvre rapide par suite des dimensions de l'orifice et la démultiplication qu'aurait une commande à main dans le cas d'une pression élevée.

— Inaccessibilité des appareils :

Inaccessibilité partielle ou totale.

Eloignement du point de commande ou de contrôle.

## I.2. Classification des commandes

## I.2.1. Commande manuelle :

le déplacement de l'organe considéré à l'ouverture et la fermeture se fait manuellement.

On distingue plusieurs types de commande manuelle

a. Volant simple de manœuvre :

Il est fixé soit directement sur la tige par un carré, soit sur l'écrou dans lequel celle-ci se déplace.

Il est utilisé dans la majorité des cas pour les endroits accessibles, diamètre de passage et pression modérés. C'est le cas des robinets-vannes fabriqués dans le complexe de BERRÒUAGHIA.

b. Renvoi d'angle:

Il comporte un couple conique à  $90^\circ$  ou à  $45^\circ$  combiné avec tringlerie muni de cardans.

Il permet d'actionner dans n'importe quelle position à partir d'un plancher de manœuvre.

c. Colonne de manœuvre:

Elle permet d'actionner une vanne à partir d'un niveau déterminé et différent de celui de la tuyauterie.

d. Roue à empreintes et chaîne sans fin calibrée:  
Elle est utilisée pour les appareils situés au-dessus du plancher de manœuvre.

e. Réducteur de vitesse:

Il se compose d'un couple d'engrenage cylindrique, conique ou roue et vis sans fin. Il peut être équipé d'une commande par chaîne.

2.2. Commande empruntant son énergie à une source extérieure :

a. Commande hydrau-pneumatique :

la commande se fait par l'intermédiaire d'un mécanisme empruntant son énergie à une source extérieure qui est celle de l'eau (hydraulique) ou de l'air (pneumatique) la pression exercée par le fluide agit sur une membrane ou sur un piston solidaire à la tige qui se déplace dans un cylindre fixé rigidement à la vanne.

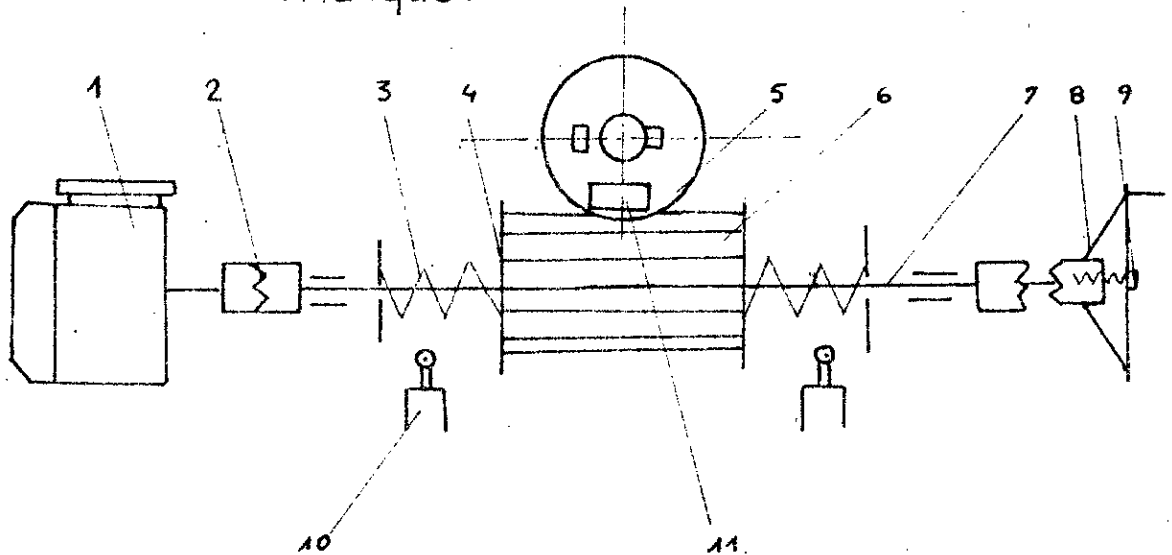
b. Commande électromagnétique :

le tiroir du distributeur principal est commandé par une membrane métallique déformable. Une position de cette membrane est obtenue par l'action d'un ressort de rappel, l'autre position par l'admission d'un fluide auxiliaire sur la face opposée au moyen d'un distributeur à pointeau de petit diamètre. Donc le passage du fluide est obtenu en alimentant l'électro-aimant.

À la rupture du courant, la vanne revient à sa position initiale à l'aide du ressort de rappel.

## DESCRIPTION DE LA COMMANDE

## II.1. Schéma cinématique :



l'appareil se compose essentiellement de :

1. Moteur
2. Accouplement à griffes
3. Ressort
4. Butée
5. Roue
6. Vis
7. tige
8. Volant
9. poussoir
10. Interrupteur
11. Indicateur

## Fonctionnement :

### Commande électrique :

le moteur électrique placé directement sur l'appareil, qui par un système roue et vis sans fin à simple réduction, attaque directement la vanne.

Un dispositif de sécurité qui agit dans les deux sens de rotation et stoppe la manœuvre aux fins de course (ouverture et fermeture) ou en cas de résistance anormale. Et ce grâce au déplacement de la vis sur l'arbre cannelé, donc déplacement de la butée qui à son tour déclenche l'interrupteur par une certaine déformation du ressort.

### Commande manuelle de secours :

Si accidentellement la commande électrique n'est plus utilisable, la manœuvre à la main s'effectue au moyen d'un volant.

la liaison entre l'arbre du volant et l'arbre commandé est assuré par embrayage-débrayage à griffes.

En service normal (moteur électrique en fonctionnement) le volant est débrayé ; pour la manœuvre en main l'accouplement est mis en position embrayé au moyen d'un poussoir qui agit sur la tige se déplaçant

-/-  
dans l'arbre creux.

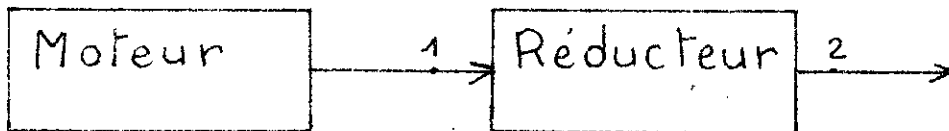
Un indicateur placé sur le boîtier permet à tout moment de se rendre compte de la position de l'obturateur au moyen d'une aiguille se déplaçant dans un cadran.

Cette réalisation peut être commandée à distance dans le cas où on veut centraliser des commandes. C'est-à-dire commander tous les appareils d'une même salle.

## CALCUL DU REDUCTEUR

## III.1. Calcul préliminaire:

## III.1.1. Schéma de disposition du groupe de système



1. arbre d'entrée (entrée en réducteur)  
 2. arbre de sortie (sortie en réducteur)

III.1.2. Calcul de la vitesse de rotation de l'arbre de sortie  
(arbre de la roue)

Pour éviter le coup de bélier, la vitesse de déplacement de la vanne  $v \leq 5 \text{ mm/s}$ .

Normalement on choisit une vitesse  $v = 4 \div 5 \text{ mm/s}$ .  
 la vitesse de rotation de la tige (ou bien de l'écrou) donc de la vanne, correspondante à la vitesse de l'arbre de sortie du réducteur est déterminée par la formule:

$$N_2 = \frac{v}{p} 60 \text{ [trs/mn]}$$

$v$  [mm/s]: vitesse linéaire de la vanne

$$v = 4,5 \text{ mm/s}$$

$p$  [mm]: pas du filetage trapezoïdal de la tige

$$p = 3 \text{ mm}$$

$$\text{d'où } N_2 = \frac{4,5}{3} 60 = 90 \text{ trs/mn.}$$

$$N_2 = 90 \text{ trs/mn}$$

1.3. Calcul de la vitesse de rotation de l'arbre d'entrée.  
(arbre de la vis sans fin)

On choisit pour le réducteur à vis sans fin un rapport de réduction normal  $i = 30$  pour un calcul préliminaire.

$$i = \frac{N_1}{N_2} \quad N_1 \text{ [trs/mn]} \text{ vitesse de rotation de l'arbre d'entrée (vitesse du moteur)}$$

$$\text{d'où } N_1 = N_2 \cdot i$$

$$N_1 = 90 \cdot 30 = 2700 \text{ trs/mn.}$$

En principe on choisit un moteur électrique triphasé 220/380V, 50 Hz de type de série AO, réalisation de montage à brides. En fonction du nombre de pôles de bobinage, la vitesse synchrone de ces moteurs est  $N_m = 3000; 1500; 1000$  [trs/mn]. la vitesse réelle est égale respectivement à 2850; 1410; 940 [trs/mn].

D'après le résultat trouvé la valeur réelle de  $N_1$  est 2850 [trs/mn]

$$N_1 = 2850 \text{ trs/mn}$$

le rapport de réduction exact

$$i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{2850}{90} = 31,66.$$

$$i = 31,66$$



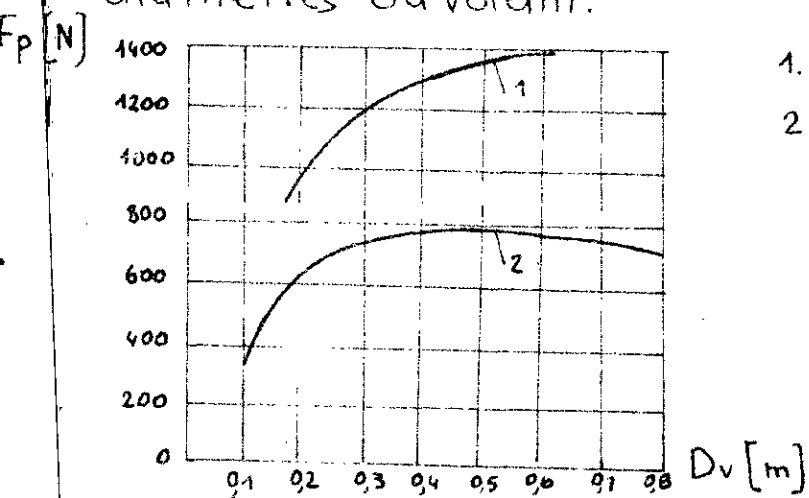
4. Calcul de la puissance théorique au niveau de l'arbre de sortie.

la puissance théorique au niveau de l'arbre de sortie est donnée par la formule:

$$P_2 = M_2 \cdot \omega_2 \cdot 10^{-3} \text{ [kW]}$$

$$= M_2 \cdot \frac{N_2 \cdot \pi}{30} = M_2 \cdot \frac{N_2}{9549} \cdot 10^{-3}$$

le moment  $M_2$  au niveau de la tige étant inconnu, On se sert du graphique donnant des valeurs pratiques de la force exercée pour différents diamètres du volant.



1. Deux ouvriers
2. Un ouvrier

le graphique est obtenu par expérience à partir des possibilités maximales des ouvriers ayant un physique normal.

Dans notre cas, on doit travailler avec la courbe 1.

Pour un diamètre de volant  $D_v = 315 \text{ mm}$  (Diamètre de celui de notre robinet), la force périphérique exercée par la main  $F_p = 1200 \text{ N}$ .

$$\text{D'où } M_2 = F_p \cdot \frac{D_v}{2} = 1200 \cdot \frac{0,315}{2} = 189 \text{ N.m}$$

$$M_2 = 189 \text{ N.m}$$

$$P_2 = \frac{N_2 \cdot M_2 \cdot 10^{-3}}{9,549} = \frac{90 \cdot 189}{9,549} = 1,781 \text{ Kw}$$

$$P_2 = 1,781 \text{ Kw}$$

1.5. Calcul de la puissance théorique au niveau de l'arbre d'entrée

la puissance au niveau de l'arbre d'entrée est donnée par la formule

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} \quad \eta : \text{rendement du réducteur}$$

on le choisit égal à 0,7

d'où  $P_1 = \frac{1,781}{0,7} = 2,544 \text{ Kw}$

$$P_1 = 2,544 \text{ Kw}$$

5. Calcul de la puissance du moteur

la puissance du moteur est donnée par la formule :

$$P_m = \frac{P_1}{K_s} \text{ [Kw]}$$

$K_s$  : coefficient de surchage

Il est donné à partir du tableau.

| diamètre de passage [mm] | < 150 | 150 ÷ 300 | 300 ÷ 500 | 500 ÷ 800 |
|--------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| $K_s$                    | 2,2   | 2,0       | 1,8       | 1,6.      |

Dans notre cas le diamètre de passage est 100mm

Donc  $K_s = 2,2$ .

$$\text{D'où } P_m = \frac{2,544}{2,2} = 1,156 \text{ kW}$$

D'après les tableaux donnant la gamme d'électro-moteur, adoptons une puissance  $P_m = 1,5 \text{ kW}$  qui est supérieure et la plus proche à la puissance calculée.

Pour avoir un minimum d'encombrement, on peut choisir un moteur à 3000 trs/mn.

220/380V, 50Hz

C'est un moteur asynchrone fermé à rotor à cage à 2 pôles.

les avantages d'un tel moteur sont:

- Progressivité de la manœuvre: possibilité d'un réglage fin.
- Grande souplesse d'exploitation
- Encombrement plus réduit, poids moins important pour les vannes à grand orifice.

## 2. Calcul du réducteur

### III.2.1. Détermination des dimensions géométriques

Couple sur l'aroue  $M_2 = 189 \text{ N.m}$

Couple sur l'avis, calculé avec un rendement égal à 0,9.

$$M_1 = \frac{M_2}{i} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{189}{31,66} \cdot \frac{1}{0,9} = 8,52 \text{ N.m}$$

$$M_1 = 8,52 \text{ N.m}$$

Donc  $K_s = 2,2$ .

$$\text{D'où } P_m = \frac{2,544}{2,2} = 1,156 \text{ kW.}$$

D'après les tableaux donnant la gamme d'électro-moteur, adoptons une puissance  $P_m = 1,5 \text{ kW}$  qui est supérieure et la plus proche à la puissance calculée.

Pour avoir un minimum d'encombrement, on peut choisir un moteur à 3000 trs/mn.

220/380V, 50 Hz

C'est un moteur asynchrone fermé à rotor à cage à 2 pôles.

les avantages d'un tel moteur sont:

- Progressivité de la manœuvre : possibilité d'un réglage fin.
- Grande souplesse d'exploitation
- Encombrement plus réduit, poids moins important pour les vannes à grand orifice.

## 2. Calcul du réducteur

### III.2.1. Détermination des dimensions géométriques

Couple sur l'arbre  $M_2 = 189 \text{ N.m}$

Couple sur la vis, calculé avec un rendement égal à 0,9.

$$M_1 = \frac{M_2}{i} \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{189}{31,66} \cdot \frac{1}{0,9} = 8,52 \text{ N.m}$$

$$M_1 = 8,52 \text{ N.m}$$

### Calcul du module

le module réel (commun à la vis et à la roue)  
est donné par la formule :

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{M_2}{\sigma_0 \cdot Z_2}} \quad [3]$$

$M_2$  : Couple sur la roue : 189 N.m

$\sigma_0$  : contrainte limite pour le matériau de la roue.

On sait que les matériaux des engrenages à vis doivent avoir un faible coefficient de frottement. la meilleure solution est d'avoir Roue en bronze phosphoreux

UE 12 P qui a pour  $\sigma_0 = 7 \text{ daN/mm}^2$

Vis en acier cémenté, trempé, rectifié.

$Z_2$  : nombre de dents de la roue.

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = 31,66$$

$Z_1$  : nombre de filet de la vis

D'après le tableau suivant [2]

|                  |     |       |       |       |      |     |     |     |      |      |
|------------------|-----|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|------|------|
| Rapport          | >40 | 22÷40 | 15÷22 | 10÷15 | 8÷10 | 6÷8 | 5÷6 | 4÷5 | 35÷4 | 3÷35 |
| Nombre de filets | 1   | 2     | 3     | 4     | 5    | 6   | 7   | 8   | 9    | 10   |

Donc pour notre cas  $Z_1 = 2$  ( $i = 31,66$ )

d'où  $Z_2 = Z_1 \times i = 2 \times 31,66 \approx 63$ .

$$Z_2 = 63$$

d'où

$$m_n \geq \sqrt{\frac{189 \cdot 10^3}{70 \cdot 63}} = 3,49 \text{ mm.}$$

on prend un module normalisé

$$m_n = 3,5 \text{ mm}$$

calcul de l'angle d'inclinaison primitive du filet de la vis :

l'angle d'inclinaison est donné par la formule :

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{q_1}{z_1}$$

$q_1$  : nombre de dents fictifs de la vis

On prend  $q_1 = 15$  pour un engrenage réversible  
d'où  $\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{15}{2} = 7,5 \Rightarrow \beta_1 = 82,40^\circ$

$$\beta_1 = 82^\circ 24'$$

$\beta_1 < 85^\circ \Rightarrow$  l'engrenage est réversible.

module apparent de la vis

$$m_{t_1} = \frac{m_n}{\cos \beta_1} = \frac{3,5}{\cos \beta_1} = 26,46 \text{ mm.}$$

module axial de la vis (module apparent de la roue)

$$m_x = \frac{m_n}{\sin \beta_1} = \frac{3,5}{\sin \beta_1} = 3,53 \text{ mm}$$

On prend un module normalisé

$$m_x = 4 \text{ mm}$$

diamètre primitif de la vis :

$$d_1 = q_1 \cdot m_x = 15 \cdot 4 = 60 \text{ mm.}$$

$$d_1 = 60 \text{ mm}$$

diamètre primitif de la roue:

$$d_2 = m_x \cdot Z_2 = 4 \cdot 63 = 252 \text{ mm}$$

$$d_2 = 252 \text{ mm}$$

largeur de la roue:

$$b_2 = 2 \cdot m_x \cdot \sqrt{q_1 + 1} = 32 \text{ mm}$$

$$b_2 = 32 \text{ mm}$$

### III.2.2. Calcul de résistance des dentures:

#### III.2.2.1. Calcul à la rupture:

Il est suffisant de s'en tenir à la résistance de la roue qui est en général l'élément le plus faible.

D'après [2] le couple admissible sur la roue est:

$$M_{2, \text{adm}} = 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_{b_2, \text{lim}} \cdot b_2 \cdot m_x \cdot d_2 \cdot K_{v, L_2} \cdot K_{\alpha} \cdot K_{\beta}$$

[m.daN]

$\sigma_{b_2, \text{lim}}$ : contrainte limite de base pour le matériau de la roue. Pour satisfaire à la condition au grippage, nous avons opté pour le bronze phosphoreux centrifugé qui est apte à l'antifriction

pour UE12P  $\sigma_{b_2, \text{lim}} = 7 \text{ daN/mm}^2$

$$b_2 = 32 \text{ mm}$$

$$m_x = 35 \text{ mm}$$

$K_{vL,2}$ : facteur de vitesse et de durée de la roue  
D'après la fig II pour  $N_2 = 90 \text{ trs/mn}$   
durée de vie 10.000h

$$K_{vL,2} = 0,48$$

$K_m$ : facteur de portée:  
Dans le cas d'un engrenage parfaitement  
assemblé.

$$K_m = 1$$

$K_A$ : facteur de service

Il tient compte de la nature de l'organe moteur  
et de l'organe récepteur. il dépend  
du type du moteur  
du degré de choc de la machine entraî-  
née.  
du nombre de travail par jour.

Dans notre cas

organe moteur: moteur électrique

nombre d'heures par jour: intermittence  
de 2h

degré de choc: I

(fonctionnement parfaitement  
sans choc)

D'après le tableau II  $K_A = 1,05$

$$M_{z,adm} = 18 \cdot 7 \cdot 32 \cdot 35 \cdot 252 \cdot 0,48 \cdot 1 \cdot 1,05 = 179,233 \text{ daN.m}$$



### III.222. Calcul à la pression superficielle Couple admissible sur la roue

$$M_{2, adm} = 0,18 \cdot A \cdot \sigma_{o2} \cdot b_2 \cdot d_2^{1,8} \cdot K_{vH_2} \cdot K_L \cdot K_M \cdot K_A \cdot 10^3 \text{ [m.daN]}$$

A: facteur dépendant du rapport d'engrenage  
pour  $u = \frac{z_2}{z_1} = 3,66$ ; D'après [2]  $A = 0,78$

$\sigma_{o2}$ : facteur de résistance du matériau considéré  
compte tenu du matériau de l'organe  
conjugué.

Matériau de l'organe considéré (roue):  
bronze phosphoreux centrifugé

Matériau de l'organe conjugué (Vis)  
acier allié de cémentation; filet de vis  
rectifié

D'après le tableau  $\sigma_{o2} = 2,75$

$d_2^{1,8}$ : D'après la fig III donnant  $d_2^{1,8}$  en fonction  
de  $d_2$

$$d_2^{1,8} = 21 \cdot 10^3 \text{ mm}$$

$K_{vH_2}$ : facteur de vitesse:

Il est déterminé à partir de la vitesse  
de glissement qui est le facteur pondérant  
calcul de la vitesse de glissement  $v_g$

$$v_g = \frac{\omega_1 r_1}{\cos \delta_1} = \frac{\pi N_1 r_1}{30 \cos \delta_1} = \frac{N_1 \cdot r_1 \cdot 10^{-3}}{9,549 \cos \delta_1} \text{ [m/s]}$$

$$r_1 = \frac{d_1}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}$$

$\delta_1$ : angle de pas

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{q_1} = \frac{2}{15} = 0,133 \Rightarrow \delta_1 = 7^\circ 35' 24''$$

$$N_1 = 2850 \text{ trs/mn}$$

$$\text{donc } v_g = \frac{2850 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{3,549 \cos \delta_1} = 8,09 \text{ m/s}$$

D'après la fig I  $K_{V_{H_2}} = 0,23$

|              |
|--------------|
| $K_M = 1$    |
| $K_A = 1,05$ |

$K_L$ : facteur de durée

D'après (2) pour une durée de 10.000 h

$$K_L = 1,25$$

$$M_{2,adm} = 0,18 \cdot 0,78 \cdot 2,75 \cdot 32 \cdot 21 \cdot 10^3 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,25$$

$$M_{2,adm} = 78,334 \text{ daN}\cdot\text{m}$$

$$M_2 = 18,9 \text{ daN}\cdot\text{m} < 78,334 \text{ daN}\cdot\text{m}$$

### III.23. Récapitulation des résultats

a. Pour la vis :

$$\beta_1 > 75^\circ$$

Saillie :  $h_{a_1} = m_{x_1} = 4 \text{ mm}$

$$h_{a_1} = 4 \text{ mm}$$

creux :  $h_{f_1} = 1,2 m_{x_1} = 1,2 \times 4$

$$h_{f_1} = 4,8 \text{ mm}$$

hauteur totale :  $h_1 = 2,2 m_{x_1} = 2,2 \times 4$

$$h_1 = 8,8 \text{ mm}$$

diamètre primitif :  $d_1 = q_1 \cdot m_{x_1}$

$$d_1 = 60 \text{ mm}$$

diamètre de tête :  $d_{a_1} = d_1 + 2 \cdot m_{x_1}$

$$d_{a_1} = 68 \text{ mm}$$

diamètre de pied :  $d_{f_1} = d_1 - 2,4 m_{x_1}$

$$d_{f_1} = 50 \text{ mm}$$

longueur taillée :  $L \geq K m_x + 0,1 d_2$

$$K = 10 \div 12,5$$

adoptons  $K = 12,5$

$$L \geq 12,5 \cdot 4 + 0,1 \cdot 252 = 75,2 \text{ mm}$$

D'après la construction adoptons  $L = 116 \text{ mm}$

Pas axial :  $p = \pi \cdot m_{x_1}$

$$p = 12,56 \text{ mm}$$

entraxe :  $a = \frac{m_x \cdot (Z_2 + q_1)}{2}$

$$a = 156 \text{ mm}$$

b. Pour la roue

Saillie :  $h_{a_2} = m_{x_1} = 4 \text{ mm}$

$$h_{a_2} = 4 \text{ mm}$$

creux :  $h_{f_2} = 1,2 m_{x_1}$

$$h_{f_2} = 4,8 \text{ mm}$$

$$d_2 = m_{x_1} \cdot Z_2$$

$$d_2 = 252 \text{ mm}$$

$$d_{a_2} = d_2 + 2 m_{x_1}$$

$$d_{a_2} = 260 \text{ mm}$$

$$d_{f_2} = d_2 - 2,4 m_{x_1}$$

$$d_{f_2} = 242,4 \text{ mm}$$

diamètre extérieur  $d_{e_2} = d_{a_2} + 2e_2$

$$e_2 = 0,5 m_{x_1} = 2 \text{ mm}$$

$$d_{e_2} = 262 \text{ mm}$$

largeur  $b_2 = 2 m_{x_1} \sqrt{q_1 + 1}$

$$b_2 = 32 \text{ mm}$$

### III.24. Etude dynamique

#### III.2.4.1. Efforts sur les dentures

$$Z_1 = 2$$

$$Z_2 = 63$$

$$\beta_1 = 82,40^\circ$$

$$\gamma_1 = 7^\circ 35' 24''$$

$$\alpha_n \text{ (angle de pression)} = 20^\circ$$

$$\alpha_{x_1} \text{ (angle de pression axiale de la vis)}$$

D'après HENRIOT une règle pratique,  
en fonction du nombre de dents de la roue  
donne pour  $Z_2 = 63 \rightarrow \alpha_{x_1} = 15^\circ$

$$N_1 = 2850 \text{ trs/mn}$$

$$N_2 = 90 \text{ trs/mn}$$

$$M_1 = 8,52 \text{ N.m}$$

$$M_2 = 189 \text{ N.m}$$

$$P_1 = 2,544 \text{ Kw}$$

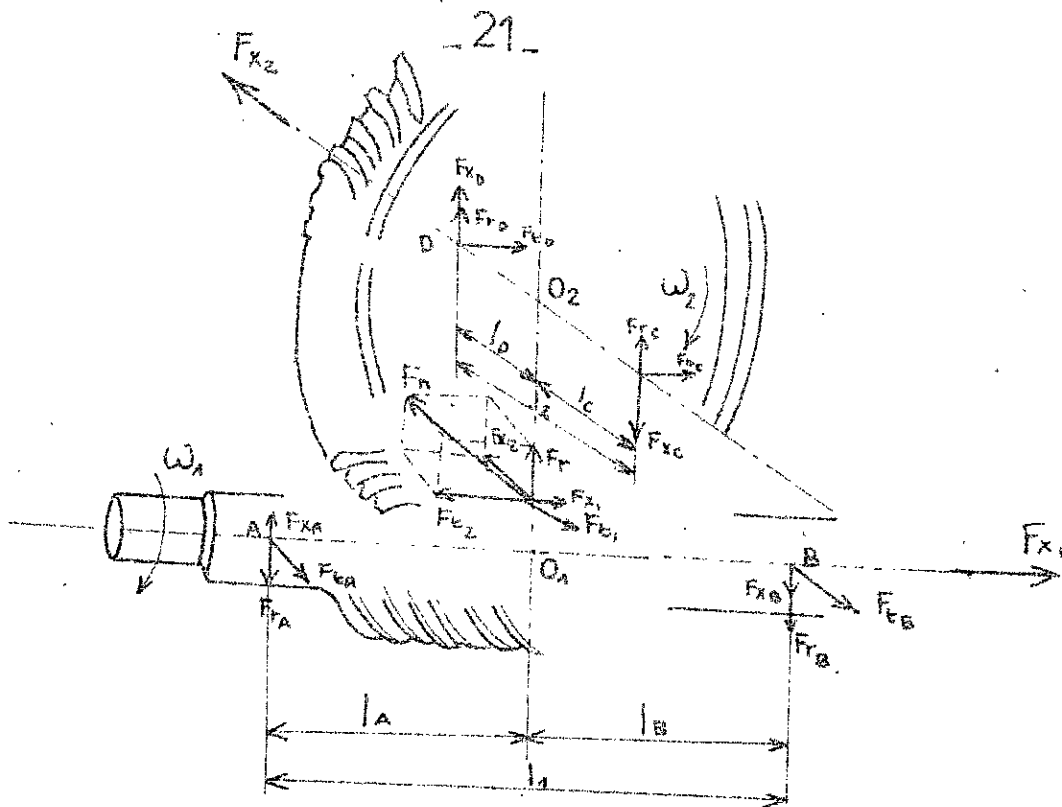
$$P_2 = 1,781 \text{ Kw}$$

$f$  (coefficient de frottement)

D'après la fig  $\rightarrow f \approx 0,06$

$\mu$  (angle de frottement)

$$f = \text{tg } \mu \rightarrow \mu = \text{Arctg } f = 3,43^\circ$$



la vis est à filet à gauche

Effort tangentiel sur la roue:

$$F_{t2} = \frac{M_2}{r_2} = \frac{M_1 \cdot i \cdot \eta}{r_2} \quad r_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{252}{2} = 126 \text{ mm}$$

$$\text{d'où } F_{t2} = \frac{8,52 \cdot 31,66 \cdot 0,7}{126 \cdot 10^{-3}} \approx 1500 \text{ N}$$

$$F_{t2} = 1500 \text{ N}$$

Effort axial sur la roue:

$$F_{x2} = \frac{M_1}{r_1} = \frac{8,52}{30 \cdot 10^{-3}} = 284 \text{ N}$$

$$F_{x2} = 284 \text{ N}$$

Effort radial sur la roue

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \tan \alpha_1 = 1500 \cdot \tan 15^\circ = 402 \text{ N}$$

$$F_r = 402 \text{ N}$$

Nous avons évidemment

Effort axial sur la vis : égal et opposé à  $F_{t2}$

$$F_{x1} = 1500 \text{ N}$$

Effort tangentiel sur la vis : égal et opposé à  $F_{r2}$

$$F_{t1} = 284 \text{ N}$$

Effort radial sur la vis : égal et opposé à  $F_{r2}$

$$F_{r1} = 402 \text{ N}$$

### III.24.2 Efforts sur les arbres et les paliers

Effort radial sur l'arbre de la roue en  $O_2$

$$\vec{R}_2 = \vec{F}_{t2} + \vec{F}_r$$

$$R_2 = \sqrt{F_{t2}^2 + F_r^2} = \sqrt{1500^2 + 402^2} = 1553 \text{ N}$$

$$R_2 = 1553 \text{ N}$$

Charge axiale sur l'arbre de la roue :  $\vec{F}_{x2}$

$$F_{x2} = 284 \text{ N}$$

Effort radial sur le palier A :

$$\vec{R}_A = \vec{F}_{tA} + \vec{F}_{rA} + \vec{F}_{xA}$$

$$F_{tA} = F_{t1} \times \frac{b}{l_1} = 284 \cdot \frac{1}{2} = 142 \text{ N}$$

-23-

$$F_{rA} = F_{r1} \cdot \frac{l_B}{l_1} = 402 \cdot \frac{1}{2} = 201 \text{ N}$$

$$F_{xA} = F_{x1} \cdot \frac{l_2}{l_1} = 1500 \cdot \frac{30}{296} = 152 \text{ N}$$

$$\text{d'où } R_A = \sqrt{F_{xA}^2 + F_{rA}^2 + F_{tA}^2} = \sqrt{152^2 + 201^2 + 142^2}$$

$$R_A = 289 \text{ N}$$

Effort radial sur le palier B

$$\vec{R}_B = \vec{F}_{tB} + \vec{F}_{rB} + \vec{F}_{xB}$$

$$F_{tB} = F_{t1} \cdot \frac{l_A}{l_1} = 284 \cdot \frac{1}{2} = 142 \text{ N}$$

$$F_{rB} = F_{r1} \cdot \frac{l_A}{l_1} = \frac{402}{2} \cdot \frac{1}{2} = 201 \text{ N}$$

$$F_{xB} = F_{x1} \cdot \frac{l_2}{l_1} = 1500 \cdot \frac{30}{296} = 152 \text{ N}$$

$$\text{d'où } R_B = \sqrt{F_{tB}^2 + F_{rB}^2 + F_{xB}^2} = \sqrt{152^2 + 201^2 + 142^2}$$

Charge axiale sur la vis:  $\vec{F}_{x1}$

$$R_B = 289$$

$$F_{x1} = 1500 \text{ N}$$

Effort radial sur le palier C

$$\vec{R}_C = \vec{F}_{tC} + \vec{F}_{rC} + \vec{F}_{xC}$$

$$F_{tC} = F_{t2} \cdot \frac{l_D}{l_2} = 1500 \cdot \frac{1}{2} = 750 \text{ N}$$

$$F_{rC} = F_{r2} \cdot \frac{l_D}{l_2} = 402 \cdot \frac{1}{2} = 201 \text{ N}$$

-24-

$$F_{xc} = F_{x_2} \cdot \frac{r_1}{l_2} = 284 \cdot \frac{30}{110} = 77,5 \text{ N}$$

$$\text{d'où } R_c = \sqrt{F_{t_c}^2 + F_{r_c}^2 + F_{x_c}^2} = \sqrt{750^2 + 201^2 + 58^2} = 780 \text{ N}$$

$$\boxed{R_c = 780 \text{ N}}$$

Effort radial sur le palier D :

$$\vec{R}_D = \vec{F}_{t_D} + \vec{F}_{r_D} + \vec{F}_{x_D}$$

$$F_{t_D} = F_{t_2} \cdot \frac{l_c}{l_2} = 1500 \cdot \frac{1}{2} = 750 \text{ N}$$

$$F_{r_D} = F_{r_2} \cdot \frac{l_c}{l_2} = 402 \cdot \frac{1}{2} = 201 \text{ N}$$

$$F_{x_D} = F_{x_2} \cdot \frac{r_1}{l_2} = 284 \cdot \frac{30}{110} = 77,5 \text{ N}$$

$$\text{d'où } R_D = \sqrt{F_{t_D}^2 + F_{r_D}^2 + F_{x_D}^2} = \sqrt{750^2 + 201^2 + 58^2}$$

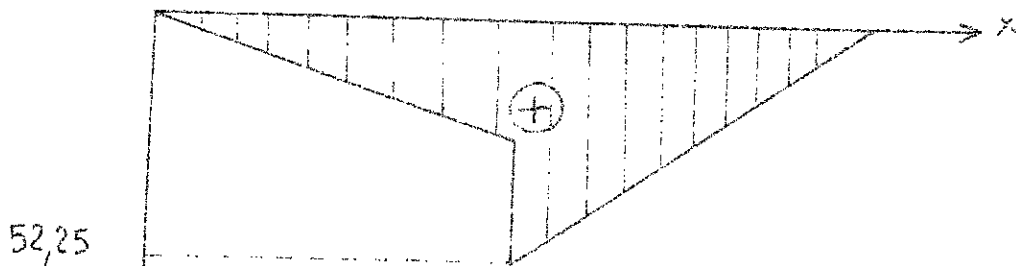
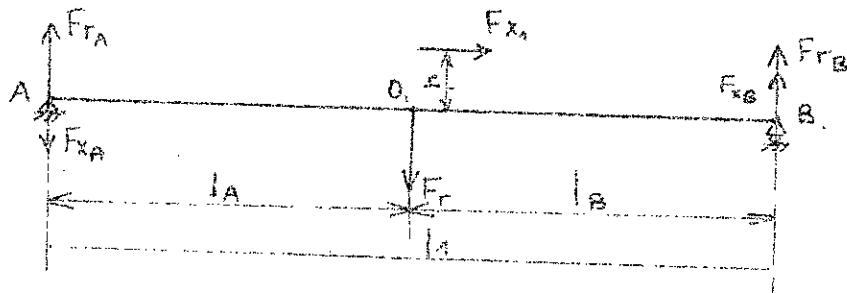
$$\boxed{R_D = 780 \text{ N}}$$

III.2.5. Calcul du diamètre de l'arbre d'entrée

Il est soumis à la flexion et la torsion.  
Etude de l'équilibre :



Plan vertical



$M_f$  [N.m]

A  $\longrightarrow$  O<sub>1</sub>

$$M_f = (F_{rA} - F_{xA})x$$

en A,  $x=0 \longrightarrow M_f=0$

en O<sub>1</sub>,  $x=l_A = 148 \cdot 10^{-3} \text{ m} \longrightarrow M_f = (201 - 152) \cdot 148 \cdot 10^{-3}$

$$M_f = 7,25 \text{ N.m.}$$

O<sub>1</sub>  $\longrightarrow$  B.

$$M_f = (F_{rA} - F_{xA})x + F_{x1} \cdot r - F_f (x - l_A)$$

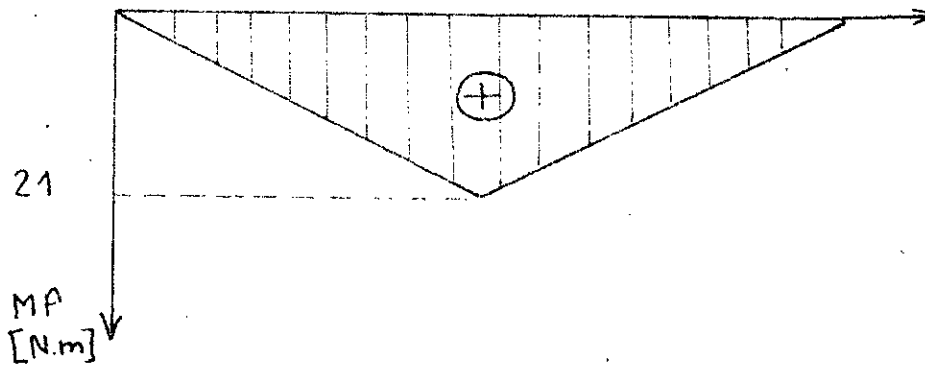
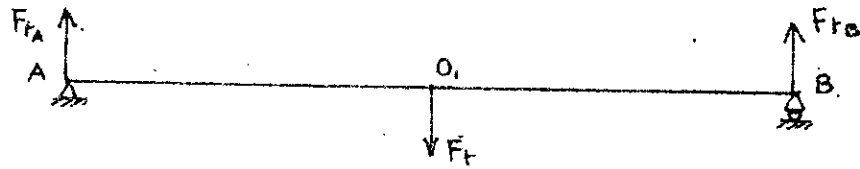
en O<sub>1</sub>;  $x=l_A \longrightarrow M_f = (F_{rA} - F_{xA})l_A + F_{x1} \cdot r$

$$M_f = (201 - 152) \cdot 148 \cdot 10^{-3} + 1500 \cdot 30 \cdot 10^{-3}$$

d'où  $M_f = 52,25 \text{ N.m}$

en B;  $M_f = 0$ .

Plan horizontal



A  $\longrightarrow$  O<sub>1</sub>

$$M_f = F_{tA} \cdot x$$

en A ;  $x=0 \longrightarrow M_f=0$

en O<sub>1</sub> ;  $x=l_A \longrightarrow M_f = 142 \cdot 148 \cdot 10^{-3} = 21 \text{ N.m}$

en B ;  $M_f=0$

le moment fléchissant est maximum au pto<sub>1</sub>

d'où  $M_{f_{\max}} = \sqrt{52,25^2 + 21^2} = 56,31 \text{ N.m}$

le moment de torsion est

$$M_t = M_1 = 8,52 \text{ N.m}$$

le moment idéal est :

$$M_i = \sqrt{M_{f_{\max}}^2 + M_t^2} = \sqrt{56,31^2 + 8,52^2} = 60 \text{ N.m}$$

calcul du diamètre de l'arbre.

$$\frac{M_i}{W} \leq \sigma_{adm} \quad W = 91(1 - \beta^4)d^3 \text{ (arbre creux)}$$

$$\beta = \frac{d'}{d} = \frac{12}{36} = 0,33 \quad [4]$$

(D'après notre réalisation)

$$d'ou \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{M_i}{0,1(1-\beta^4)\sigma_{adm}}}$$

le matériau constituant cet arbre admet pour  $\sigma_{adm} = 40 \div 80 \text{ N/mm}^2$ .

$$\text{Prenons } \sigma_{adm} = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 10^3}{0,1 \cdot (1-0,33^4) \cdot 50}} = 22,9 \text{ mm}$$

$d \geq 22,9$  ; le diamètre choisi  $d = 36 \text{ mm}$  est donc bon.

### III.2.6. Vérification des cannelures de l'arbre d'entrée

a. Vérification au cisaillement

la formule  $\frac{F_t}{s} < \tau_{adm}$  doit être vérifiée

$$F_t = \frac{M_1}{d/2} = \frac{8,52 \cdot 10^3}{36/2} = 473 \text{ N}$$

$\Delta = B \cdot l$  surface cisailée d'une cannelure

$s = 8 \cdot \Delta$  car on a 8 cannelures

$$s = 8 \cdot B \cdot l = 8 \cdot 7 \cdot 126 = 7056 \text{ mm}^2$$

le matériau est l'acier 10NC6 de  $\sigma_r = 900 \text{ N/mm}^2$

Soit un coefficient de sécurité  $c = 5$

$$\sigma_{adm} = \frac{900}{5} = 18 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{donc } \tau_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{2} = 9 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F_t}{s} = \frac{473}{7056} = 0,07 \text{ N/mm}^2 < 9 \text{ N/mm}^2$$

b. Vérification à la compression

$$\frac{N}{S} \leq \sigma_{adm}$$

la surface totale des cannelures est de :

$$S = 8 \cdot l \cdot s'$$

l : longueur d'une cannelure

s' : surface réelle d'appui par mm de longueur

$$s' = 4 \text{ mm}$$

$$N = F_t ; \quad \frac{N}{S} = \frac{F_t}{8 \cdot l \cdot s'} = \frac{473}{8 \cdot 126,4} = 0,47 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{adm} = 18 \text{ N/mm}^2$$

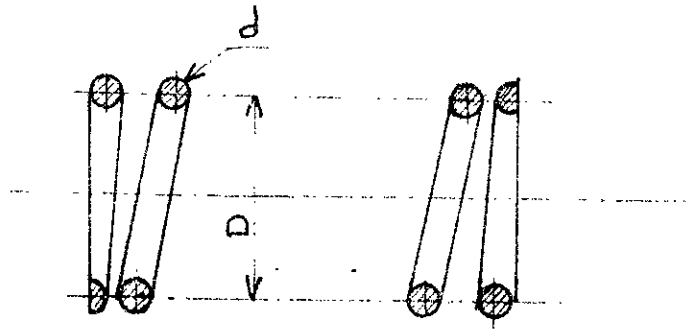
## II 2.7. Calcul du ressort

le ressort choisit est un ressort cylindrique de compression dont la section du fil est ronde.

sa fonction est de rendre la butée (23) à sa position initiale une fois le courant est coupé et ce grâce à sa déformation sous l'effet de la force axiale de la vis, qui fait déplacer la butée.

le matériau du ressort est un acier dur XC80 et dont la résistance à la rupture est  $\sigma_r = 820 \text{ N/mm}^2$ . Prenons un coefficient de sécurité  $c \approx 2$  ce qui donne pour la torsion

$$\tau_{adm} = 400 \text{ N/mm}^2$$



le diamètre du fil est donné par la formule

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8FD}{\pi \cdot \sigma_{adm}}} \quad [4]$$

F: effort d'action agissant sur le ressort

F = 1500 N (force axiale de la vis)

D: diamètre moyen d'enroulement,

D'après notre construction, on adopte

$$D = 39 \text{ mm}$$

$$\sigma = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{d'où } d \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 1500 \cdot 39}{\pi \cdot 400}}$$

$$\boxed{d = 7 \text{ mm}}$$

nombre de spires actives :

$$n' = \frac{f \cdot d^4 \cdot G}{64 r^3 \cdot F} \quad [4]$$

f: déformation totale du ressort jusqu'à déclenchement de l'interrupteur

Pour notre construction  $f = 11 \text{ mm}$

$G$ : module d'élasticité

$$G = 8 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$d = 7 \text{ mm}$$

$$r = \frac{D}{2} = \frac{39}{2} = 19,5 \text{ mm}$$

$$\text{d'où } n = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 11 \cdot 7^4}{64 \cdot 19,5^3 \cdot 1500}$$

$$\boxed{n' = 3}$$

le nombre total de spires  $n = n' + 3 = 3 + 3 = 6$

3 étant le nombre de spires d'appui  
une spire et demi de chaque côté.

longueur libre du ressort

$$L = n \cdot p + 1,5 d \quad [5]$$

$$p: \text{ pas} = 3 \text{ mm}$$

$$L = 6 \times 11 + 1,5 \cdot 7 = 76,5 \text{ mm}$$

$$\boxed{L = 76,5 \text{ mm}}$$

le sens d'enroulement du ressort est,

à droite.

## II.2.8. Calcul des roulements

l'arbre d'entrée étant soumis à une charge mixte (radiale et axiale); nous avons pu choisir des roulements à une rangée de rouleaux coniques, car ces derniers supportent des charges mixtes et permettent un bon réglage du jeu.

le montage est en x (arbre tournant, charge entre les roulements)

Nous avons choisit pour les 2 paliers des roulements:

30 KB 02

30: diamètre intérieur

KB: rouleaux coniques

02: série

le tableau donne une capacité de charge

$$C = 34500 \text{ N}$$

vérification pour une vitesse de rotation de l'arbre  
 $n = 2850 \text{ trs/mn}$   
et une durée de vie moyenne  
 $L_n = 15000 \text{ h}$

⇒ l'abaque "rouleaux" donne  $\frac{c}{P} = 10,8$

$$F_r = R_A = R_B = 289 \text{ N}$$

$$F_a = 1500 \text{ N}$$

$$\frac{F_a}{V.F_r} = \frac{F_a}{V.R_a} = \frac{1500}{1.289} = 5,19 > e \Rightarrow \begin{matrix} X_A = X_B = 0,4 \\ Y_A = Y_B = 1,45 \end{matrix} \quad [5]$$

$v=1$  (bague intérieure tournante  
par rapport à la charge)

$$F_{a_2} = \frac{0,5 R_B}{Y_2} = \frac{0,5 \cdot 289}{1,45} = 99,65 \text{ N}$$

$$F_{a_1} = 1500 - 99,65 = 1400,35 \text{ N}$$

les charges équivalentes sont données par la relation

$$P_A = X_A \cdot R_A + Y_A F_{a_1} = 0,4 \cdot 289 + 1,45 \cdot 1400,35$$

$$P_A = 2146 \text{ N}$$

$$P_B = X_B \cdot R_B + Y_B \cdot F_{a_2} = 0,4 \cdot 289 + 1,45 \cdot 99,65$$

$$P_B = 260 \text{ N}$$

$$\frac{C_A}{P_A} = 10,8 \Rightarrow C_A = 10,8 \cdot 2146 = 23176,8 \text{ N}$$

$$23176,8 \text{ N} < 34500 \text{ N}$$

le roulement en A convient

$$\frac{C_B}{P_B} = 10,8 \Rightarrow C_B = 10,8 \cdot 260 = 2808 \text{ N}$$

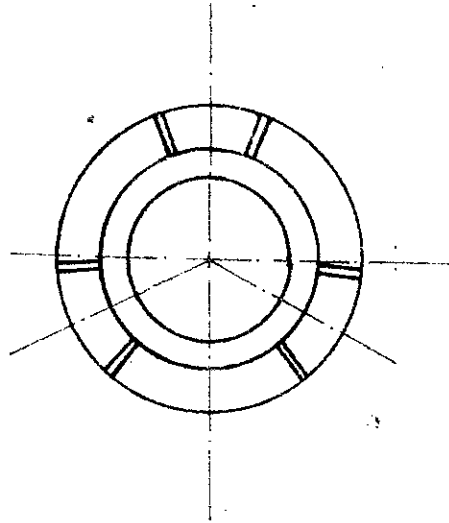
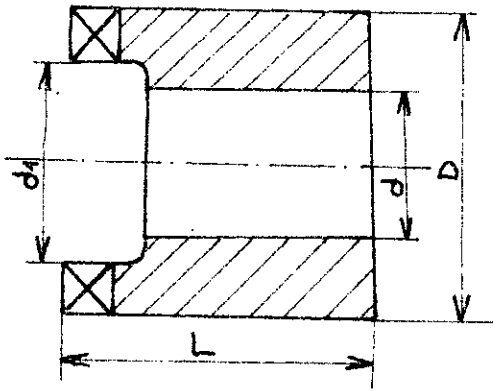
$$2808 \text{ N} < 34500 \text{ N}$$

le roulement en B convient.



### III.29 Accouplement à griffes

Manchon:



les deux arbres (arbre moteur et arbre receveur) sont munis d'un manchon (8 et 10) à 3 griffes radiales.

En cas d'embrayage avec le moteur (ou le volant) l'entraînement mutuel de ces arbres s'effectue à l'aide de ces griffes.

le centrage des manchons s'effectue par bague en bronze (9)

le manchon fixe (8) est glissant juste sur le bout d'arbre moteur. l'arrêt en translation et le guidage en rotation est assuré par la vis (7) plus une clavette de sécurité (6).

le manchon coulissant glisse sur l'arbre grâce à une goupille (11) pouvant se déplacer dans une rainure exécutée dans l'arbre.

la goupille est montée serrée dans le manchon

et glissante dans la tige (13).

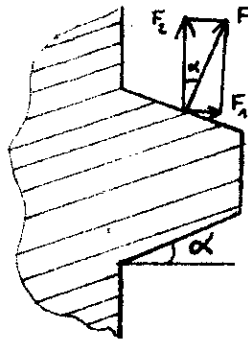
l'embrayage avec le moteur (automatiquement le débrayage avec le volant) ne se fait qu'à l'arrêt. l'engagement se fait manuellement par l'intermédiaire d'un poussoir (34).

l'avantage des accouplements à griffes est d'assurer aux arbres accouplés les mêmes vitesses angulaires, de réduire l'encombrement, de simplifier la construction et diminuer le prix de revient.

Notons que pour un angle de flanc  $\alpha$ , les accouplements à griffes ont tendance à débrayer spontanément. il en résulte une certaine composante axiale qui tend à séparer les griffes. Ce débrayage spontané est complètement éliminé par l'énergie du ressort (30)

$$F_z = \frac{M_1}{D_m/2}$$

$D_m$ : diamètre moyen



la force axiale  $F_z = \frac{4 M_1}{D+d_1} \left[ \operatorname{tg}(\alpha+\beta) + \frac{f(D+d_1)}{2d} \right] \text{ [N]}$

$M_1$  [N.m]: moment chargeant les griffes

$$M_1 = 8,52 \text{ N.m}$$

$\alpha$ : angle d'inclinaison actif des griffes

$$\alpha = 8^\circ$$

$$\beta = \text{artg } \mu$$

$\mu$ : coefficient de frottement entre les griffes

$$\mu = 0,1$$

$f$ : coefficient de frottement entre le manchon et l'arbre

$$f = 0,1$$

$$\text{d'où } F_1 = \frac{4 \cdot 8,52 \cdot 10^3}{40 + 28} \left[ \text{tg}(8+6) + 0,1 \frac{(40+28)}{2 \cdot 20} \right]$$

$$F_1 = 210 \text{ N}$$

la charge de compression du ressort doit être supérieure à la force axiale de l'accouplement pour éviter le débrayage.

Nous avons choisi un ressort de  $\tau_{adm} = 400 \text{ N/mm}^2$   
(xc 80)

qui a pour diamètre du fil  $d = 3 \text{ mm}$   
diamètre d'enroulement  
 $D = 15 \text{ mm}$

la charge de compression est e

$$F' = \frac{\pi d^3 \tau}{8 D} = \frac{\pi \cdot 3^3 \cdot 400}{8 \cdot 15} = 283 \text{ N}$$

$F' > F$  le choix est bon.

Vérification des griffes à la résistance:

Calculons  $F$  l'effort transmis par une griffe dans les conditions d'une charge  $M_t$  uniformément répartie entre toutes les griffes.

Pour calculer  $F$ , les contraintes de compression, On fait appel aux formules suivantes:

$$F = \frac{2 M_t}{Z d_{\text{moy}}} [4] ; F_{\text{com}} = \frac{F}{S} \leq \sigma_{\text{adm comp}}$$

$$M_t = 8,52 \text{ N.m}$$

$Z$ : nombre de griffes = 3

$S$ : surface active d'une griffe soumise à la compression.

$$S = K \cdot h$$

$K$ : largeur moyenne d'une griffe

$$K = 18,5 \text{ mm}$$

$h$ : hauteur d'une griffe

$$h = 6 \text{ mm}$$

$$S = 18,5 \cdot 6 = 111 \text{ mm}^2$$

$$d_{\text{moy}} = \frac{D + d_1}{2} = 34 \text{ mm}$$

$$\text{d'où } F = \frac{2 \cdot 8,52}{3 \cdot 34 \cdot 10^{-3}} = 167 \text{ N}$$

$$F_{\text{com}} = \frac{167}{111} = 1,5 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{adm com}} = 120 \text{ N/mm}^2$$

## Calcul au cisaillement de la goupille (11)

la contrainte de glissement est  $\tau_g = \frac{F_1}{S} < \tau_{gadm}$

$$F_1 = \frac{M_1}{d/2} \quad d_1: \text{diamètre de l'arbre}$$

$$F_1 = \frac{8,52 \cdot 10^3}{20/2} = 852 \text{ N}$$

la section cisailée de la goupille  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  (d: diamètre de la goupille)

$$d = 15 \text{ mm}$$

$$d'où \quad S = \frac{\pi \cdot 15^2}{4} = 176,71 \text{ mm}^2$$

$$\tau_g = \frac{852}{176,71} = 4,82 \text{ N/mm}^2$$

choisissons pour cette goupille un acier non allié A42 qui a pour résistance à la rupture

$$R = 420 \text{ N/mm}^2$$

avec un coefficient de sécurité  $c = 3$

ce qui nous donnera une résistance pratique

$$\sigma_{adm} = \frac{420}{3} = 140 \text{ N/mm}^2$$

la contrainte admissible au glissement sera

$$\tau_{gadm} = \frac{\sigma_{adm}}{2} = 70 \text{ N/mm}^2$$

$\tau_g < \tau_{gadm}$  Notre choix du diamètre et du matériau de la goupille est bon.

### 2.10. Effort agissant sur le volant

Nous avons le diamètre du volant  $D_v = 315 \text{ mm}$   
 $M_1$  (le moment au niveau de l'arbre d'entrée)  
 $= 8,52 \text{ N.m}$

la force périphérique exercée par l'ouvrier  
en cas de fermeture de la vanne :

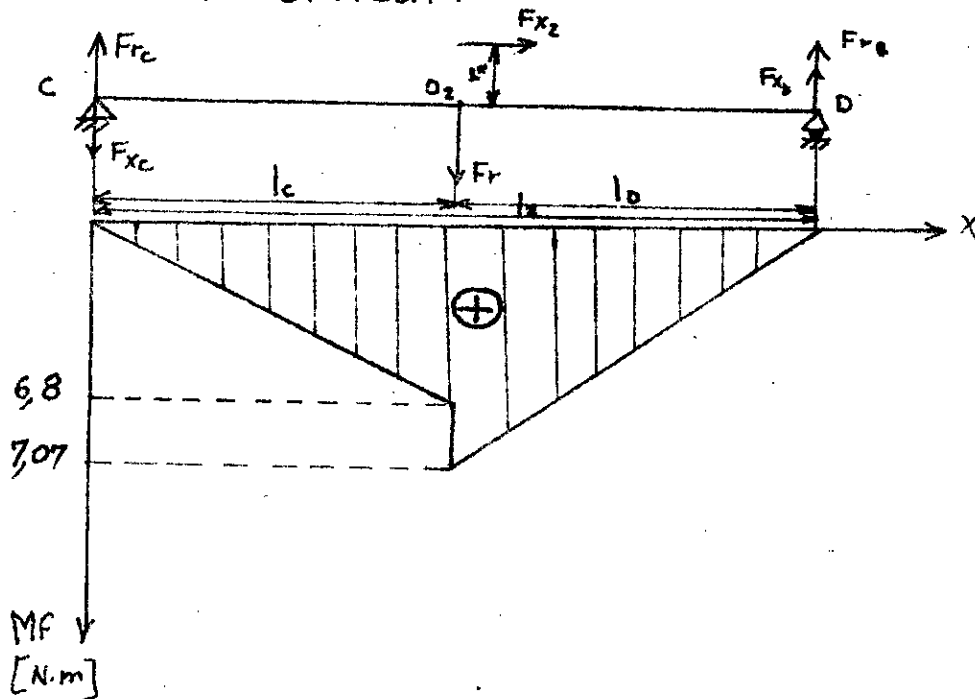
$$F_p = \frac{M_1}{D_v/2} = \frac{8,52 \cdot 10^3}{315/2} = 54 \text{ N}$$

### 11. Calcul du diamètre de l'arbre de sortie

il est soumis à la flexion et à la torsion.

Etude de l'équilibre :

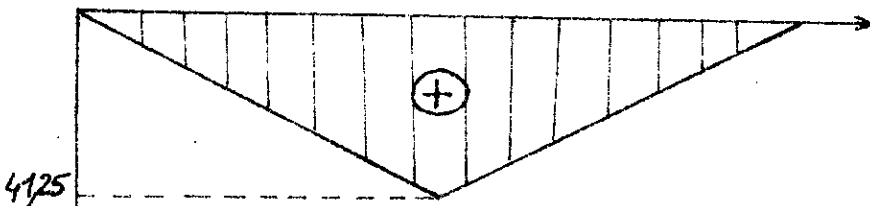
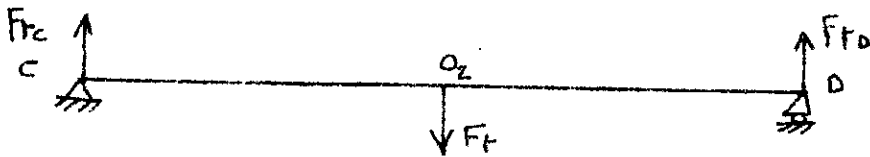
Plan vertical :



Après un calcul simple de résistance des matériaux  
On trouve :

$$\begin{aligned} \text{en c et D} &\rightarrow M_f = 0 \\ \text{en } O_2 &\rightarrow M_f = 7,07 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Plan horizontal :



$M_f$  [N.m]

$$\begin{aligned} \text{en c et D} &\rightarrow M_f = 0 \\ \text{en } O_2 &\rightarrow M_f = 4,25 \text{ N.m} \end{aligned}$$

le moment fléchissant est maximum au pt  $O_2$

$$\text{d'où } M_{f_{\max}} = \sqrt{7,07^2 + 4,25^2} = 8,15 \text{ N.m}$$

le moment de torsion est :

$$M_t = M_z = 189 \text{ N.m}$$

le moment idéal est :

$$M_i = \sqrt{M_{f_{\max}}^2 + M_t^2} = \sqrt{8,15^2 + 189^2}$$

$$M_i = 193,58 \text{ N.m}$$

### Calcul du diamètre de l'arbre

$$\frac{M_i}{W} \leq \sigma_{adm} \quad W = 0,1(1 - \beta^4) d^3 \quad (\text{arbre creux})$$

$$\beta = \frac{d'}{d} = \frac{28}{40} \quad (\text{d'après notre réalisation})$$

$$\beta = 0,7$$

$$\text{d'où } d \geq \sqrt[3]{\frac{M_i}{0,1(1 - \beta^4) \sigma_{adm}}}$$

le matériau constituant cet arbre admet pour  $\sigma_{adm} = 50 \text{ N/mm}^2$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{1,93,58 \cdot 10^3}{0,1(1 - 0,7^4) \cdot 50}} = 37,07 \text{ mm}$$

le diamètre choisit est  $d = 40 \text{ mm}$ .

### III.2.12. Calcul des roulements

la charge axiale étant faible devant la charge radiale, nous avons choisit pour l'arbre de sortie des roulements à une rangée de billes.

roulements 40 BC 02

40 : diamètre intérieur

BC : à billes

02 : série

le tableau donne une capacité de charge

$$C = 22400 \text{ N}$$

$$C_0 = 15600 \text{ N} \quad (\text{charge statique de base})$$



vérification

Pour  $n = 90$  trs/mn

une durée de vie  $L_R = 15000h$   
moyenne

⇒ l'abaque "roulement à billes" donne  
 $\frac{C}{P} = 4,3$

$$F_r = R_c = R_D = 780 \text{ N}$$

$$F_a = F_{X_2} = 284 \text{ N}$$

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{284}{15600} = 0,018$$

$$\frac{F_a}{V_F} = \frac{284}{780} = 0,36$$

→ D'après le tableau

on trouve

$$X = 0,56$$

$$Y = 1,2$$

Calcul de la charge dynamique  $P$

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,56 \cdot 1 \cdot 780 + 1,2 \cdot 284 = 777,6 \text{ N}$$

$$\frac{C}{P} = 4,3 \Rightarrow C = P \cdot 4,3 = 777,6 \cdot 4,3 = 3343,68 \text{ N}$$

$$3343,68 \text{ N} < 22400 \text{ N}$$

le roulement ainsi déterminé peut convenir.

### 2.13. Vérification des clavettes

a. Vérification de la clavette (53) de laroue (19)

— Au cisaillement

la clavette à vérifier est de section 8x6. avec une longueur  $l=38\text{mm}$

diamètre de l'arbre = 40mm

contrainte admissible au glissement de l'acier 35CD4 est  $300\text{N/mm}^2$

$$F_r = \frac{M_z}{d/2} = \frac{189 \cdot 10^3}{40/2} = 9450\text{N}$$

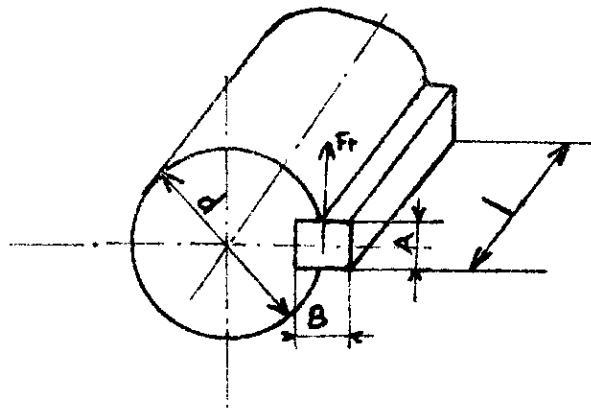
$$\text{la contrainte est } \tau = \frac{F_r}{s} = \frac{F_r}{A \cdot l} = \frac{9450}{8 \cdot 38} = 31\text{N/mm}^2$$

$$\tau = 31\text{N/mm}^2 < \tau_{adm} = 150\text{N/mm}^2$$

— A la compression

$$\sigma_{com} = \frac{M_z}{d/2 \cdot B \cdot l} = \frac{189 \cdot 10^3}{40 \cdot 6 \cdot 38} = 20,72\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{com} = 20,72 < \sigma_{adm} = 300\text{N/mm}^2$$



b. Vérification de la clavette (33) du volant (31)

— Au cisaillement:

la section de la clavette est  $8 \times 6$   
avec une longueur  $l = 30$  mm  
diamètre de l'arbre  $d = 44$  mm

$$F_r = \frac{M_1}{\frac{d}{2}} = \frac{8,52 \cdot 10^3}{44/2} = 387,27 \text{ N.}$$

la contrainte au glissement :

$$\tau = \frac{F_r}{S} = \frac{387,27}{8 \cdot 30} = 1,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 1,6 \text{ N/mm}^2 < \tau_{adm} = 150 \text{ N/mm}^2$$

— A la compression

$$\sigma_{com} = \frac{M_1}{\frac{d}{2} \cdot B \cdot l} = \frac{8,52 \cdot 10^3}{44/2 \cdot 6 \cdot 30} = 2,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{com} = 2,15 < \sigma_{adm} = 300 \text{ N/mm}^2.$$

### III.2.14. INDICATEUR

C'est un dispositif qui permet à tout moment de connaître la position de l'obturateur.

Une aiguille se déplace dans un cadran grâce à un système d'engrenage à roue et vis sans fin, liée à la vanne par l'intermédiaire de 2 roues dentées (54 et 59) permettant seulement de transmettre le mouvement sans changer le rapport.

la course de l'obturateur étant de 120 mm, avec un pas de la tige  $p = 3 \text{ mm}$ .

le nombre de tours de la tige, pour atteindre ses positions extrêmes, sera  $\frac{120}{3} = 40 \text{ trs}$ .

Donc le rapport de réduction doit être de 40, pour que l'aiguille fasse un tour complet en cas d'ouverture ou de fermeture de la vanne.

le cadran est divisé en 4 parties égales, suivant la position de l'aiguille, on peut situer l'endroit de l'obturateur.

### Dimensions géométriques des roues dentées:

le rapport étant égal à 1.

le nombre de dents doit être le même:

$$Z_1 = Z_2 = 40 \text{ dents}$$

Pour diminuer l'encombrement, nous avons choisis les diamètres primitifs:

$$d_1 = d_2 = 80 \text{ mm.}$$

$$d = m \cdot Z \quad \text{d'où} \quad m = \frac{d}{Z} = \frac{80}{40} = 2 \text{ mm.}$$

le module (commun aux 2 roues)  $m = 2 \text{ mm.}$

### Réducteur à vis sans fin.

Il doit être réversible.

le rapport de réduction  $i = 40$

le nombre de filets de la vis étant égal à 1  
d'où le nombre de dents de la roue

$$Z_2 = i \cdot Z_1 = 40 \cdot 1 = 40.$$

le nombre de dents fictif de la vis est choisis pour un engrenage réversible  $q = 16$ .

le module axial  $m_x = 1,25 \text{ mm}$

diamètre de la vis:

$$d_1 = q \cdot m_x = 16 \cdot 1,25 = 20 \text{ mm}$$

diamètre primitif de la roue:

$$d_2 = m_x \cdot Z_2 = 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{entraxe} \quad a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{20 + 50}{2} = 35 \text{ mm.}$$

Tableau récapitulatif:

engrenage cylindrique à denture droite:

$$i = 1$$

$$Z_1 = Z_2 = 40$$

$$d_1 = d_2 = 80 \text{ mm}$$

$$m = 2 \text{ mm}$$

Réducteur à vis sans fin:

$$i = 40$$

$$m_x = 1,25 \text{ mm}$$

$$q_1 = 16$$

$$Z_1 = 1 \quad Z_2 = 40$$

$$d_1 = 20 \text{ mm} \quad d_2 = 50 \text{ mm}$$

$$a = 35 \text{ mm}$$

## CONCLUSION

En Algérie la fabrication des commandes n'est pas encore mise en œuvre. On utilise des produits d'importation.

le projet proposé représente seulement une étude préalable qui exige un travail de bureau d'étude volumineux dirigé à l'établissement d'une gamme de réducteurs avec une étendue cinématique et des puissances suffisamment larges pour correspondre aux exigences industrielles.

Nous serons bien satisfaits d'avoir contribué en une certaine mesure à la solution de ce problème.

---

| Matériau de l'organe considéré  | Matériau de l'autre organe <sup>(1)</sup> |                    |                    |                    |                    |                    |
|---|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|   | 5   | 4                  | 3                  |                    | 2                  | 1                  |
|   |   |                    | a                  | b                  |                    |                    |
| 1. Bronze phosphoreux   |   |                    |                    |                    |                    |                    |
| a) coulé en sable   | 1,0                                       | 1,5                | 0,95               | 0,8                | 0,8 <sup>(2)</sup> |                    |
| b) coulé en coquille  | 2,2                                       | 1,8                | 1,2                | 1,1                | 1,1 <sup>(2)</sup> |                    |
| c) centrifugé   | 2,75                                      | 2,1                | 1,5                | 1,4                | 1,4 <sup>(2)</sup> |                    |
| 2. Fonte grise  | 1 <sup>(1)</sup>                          | 0,9 <sup>(3)</sup> | 0,8 <sup>(*)</sup> | 0,8 <sup>(*)</sup> | 0,8 <sup>(*)</sup> | 1,2 <sup>(2)</sup> |
| 3. Acier au carbone   |   |                    |                    |                    |                    |                    |
| a) 0,4% de C  |   |                    |                    |                    | 1,2 <sup>(2)</sup> | 1,9                |
| b) 0,55% de C   |   |                    |                    |                    | 1,5 <sup>(2)</sup> | 2,7                |
| 4. Acier allié à trempe totale, traité pour 85 à 90 dad/min <sup>2</sup> , filet non rectifié |   |                    |                    |                    | 2 <sup>(2)</sup>   | 3,2                |
| 5. Aciers alliés de cémentation filet de vis rectifié   |   |                    |                    |                    |                    |                    |
| a) faible teneur en C   | 2,75 <sup>(3)</sup>                       |                    |                    |                    | 5,5 <sup>(*)</sup> | 8                  |
| b) 3% de Ni   | 2,75 <sup>(3)</sup>                       |                    |                    |                    | 5,5 <sup>(*)</sup> | 9                  |
| c) 5% de Ni   | 2,75 <sup>(3)</sup>                       |                    |                    |                    | 5,5 <sup>(*)</sup> | 9,5                |
| d) 1,5 Ni-Cr  | 2,75 <sup>(3)</sup>                       |                    |                    |                    | 5,5 <sup>(*)</sup> | 9,5                |
| e) fortement allié  | 2,75 <sup>(3)</sup>                       |                    |                    |                    | 5,5 <sup>(*)</sup> | 11                 |

1. Les matériaux sont définis dans le tableau Matériau de l'organe considéré.  
 2. Avec une vitesse de glissement inférieure à 2,5 m/s.  
 3. Pour des conditions à ne pas seules.

Tableau I Valeurs de  $\sigma_0$

| Organe moteur                                   | Nombre d'heures par jour   | Degré de choc <sup>(1)</sup> |      |      |
|---|----------------------------|------------------------------|------|------|
|   |                            | I                            | II   | III  |
| Moteur électrique                               | Intermittence d'une 1/2 h. | 1,10                         | 0,68 | 0,74 |
|   | Intermittence de 2 h.      | 1,05                         | 0,64 | 0,70 |
|   | 10 h. (en continu)         | 1                            | 0,60 | 0,67 |
|   | 24 h. (en continu)         | 0,95                         | 0,70 | 0,64 |
| Moteur à combustion interne à pistons multiples | Intermittence 1/2 h.       | 0,88                         | 0,74 | 0,64 |
|   | Intermittence 2 h.         | 0,84                         | 0,70 | 0,60 |
|   | 10 h. en continu           | 0,80                         | 0,67 | 0,57 |
|   | 24 h. en continu           | 0,76                         | 0,64 | 0,55 |

Tableau II Facteur de service



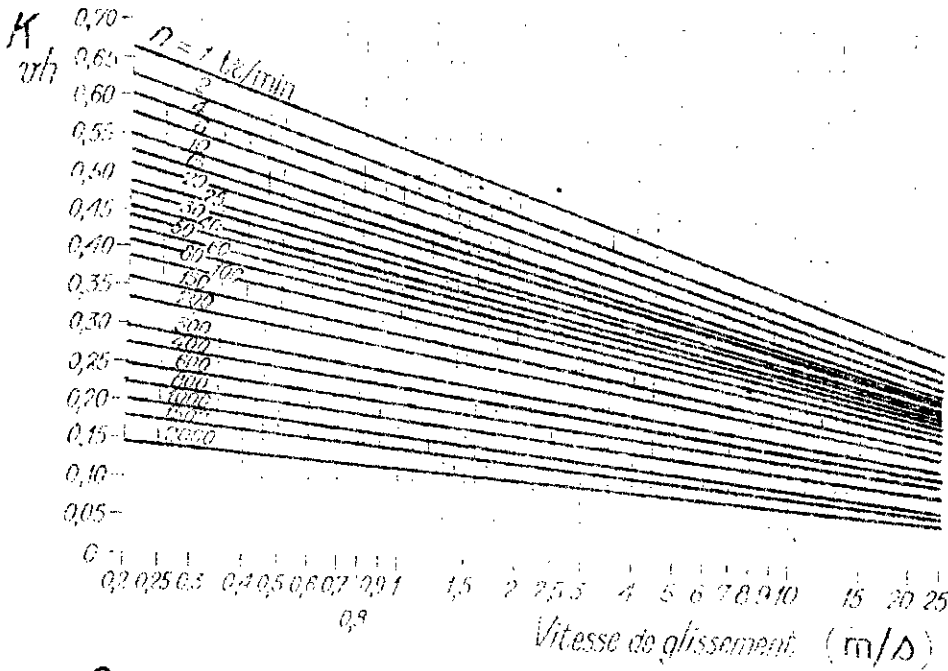


fig I — Facteur de vitesse

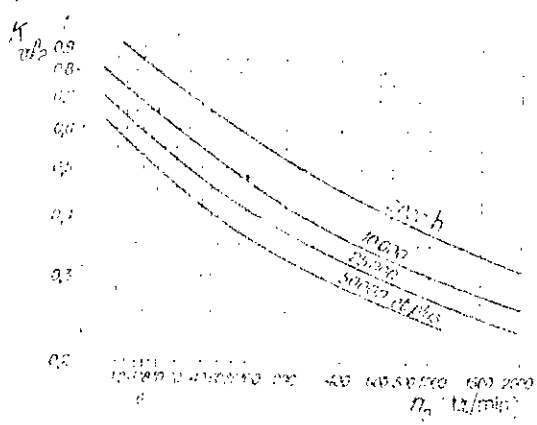


fig II — Facteur combiné de vitesse et de durée

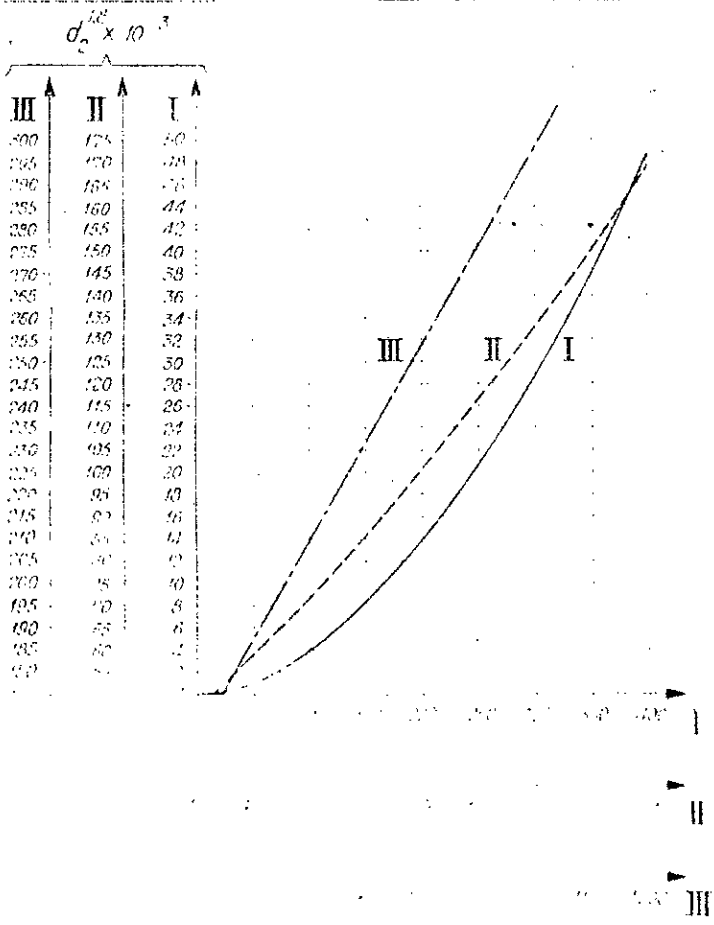


fig III — Diagramme permettant la détermination de  $d_2^{4,8}$

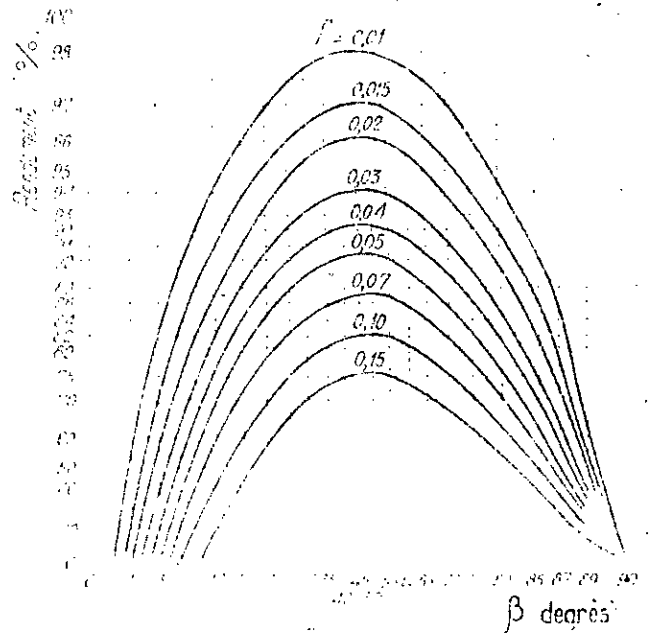


fig IV — Rendement

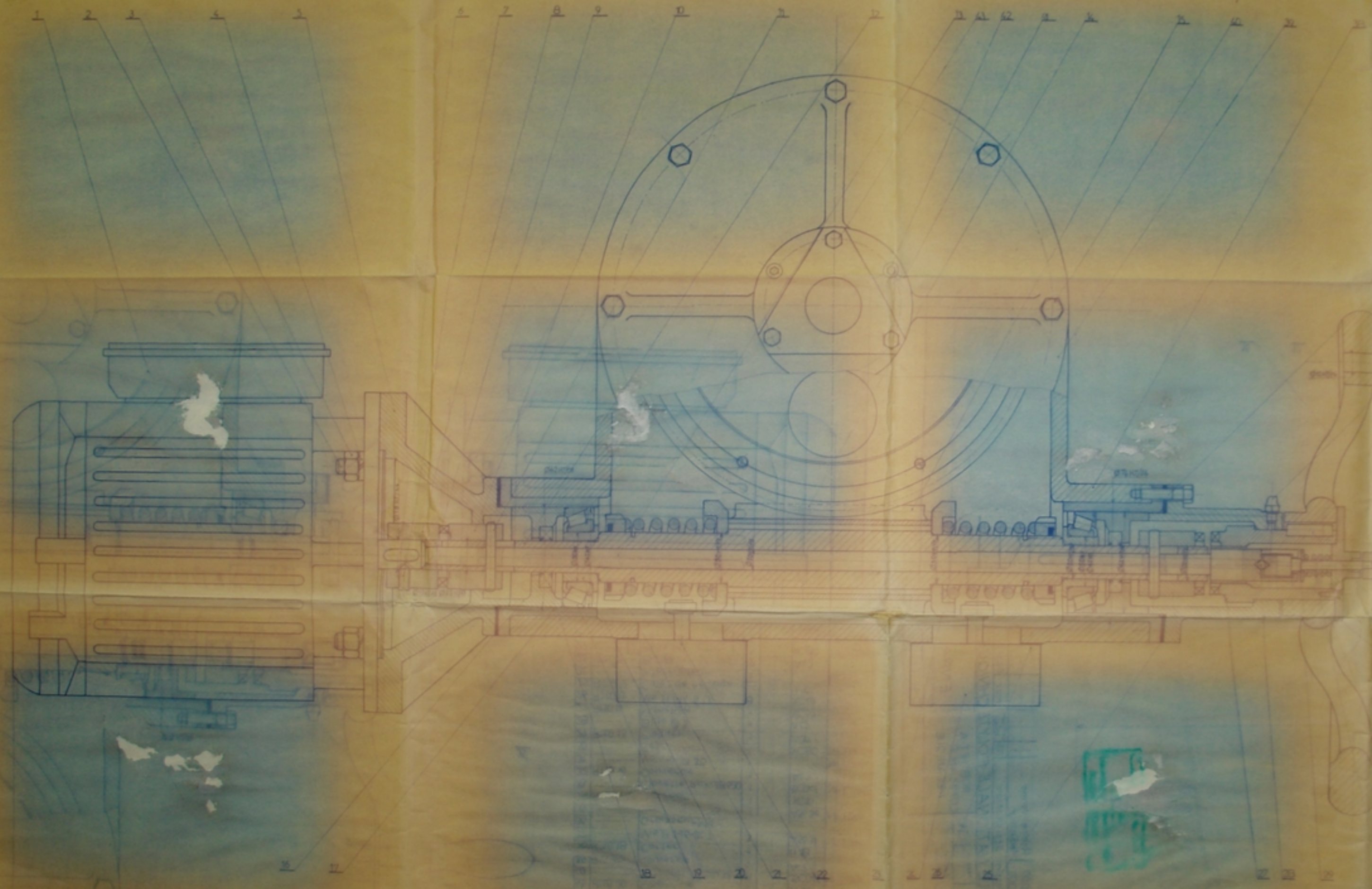
## BIBLIOGRAPHIE

1. Gourevitch D.F, Calcul de la robinetterie  
Edition Machinosfroenie, Moscou 1964.
2. Henriot G, Traité théorique et pratique des  
engrenages, tome 1  
Edition 79, Dunod technique.
3. Bernard F, Bru A, Eléments de constuction  
à l'usage de l'ingenieur, tome 4
4. Dobrovolski V, Eléments de machines  
Edition Mir, Moscou 71.
5. Chevalier A, Guide du dessinateur industriel  
Edition 80, Hachette technique.



A-A

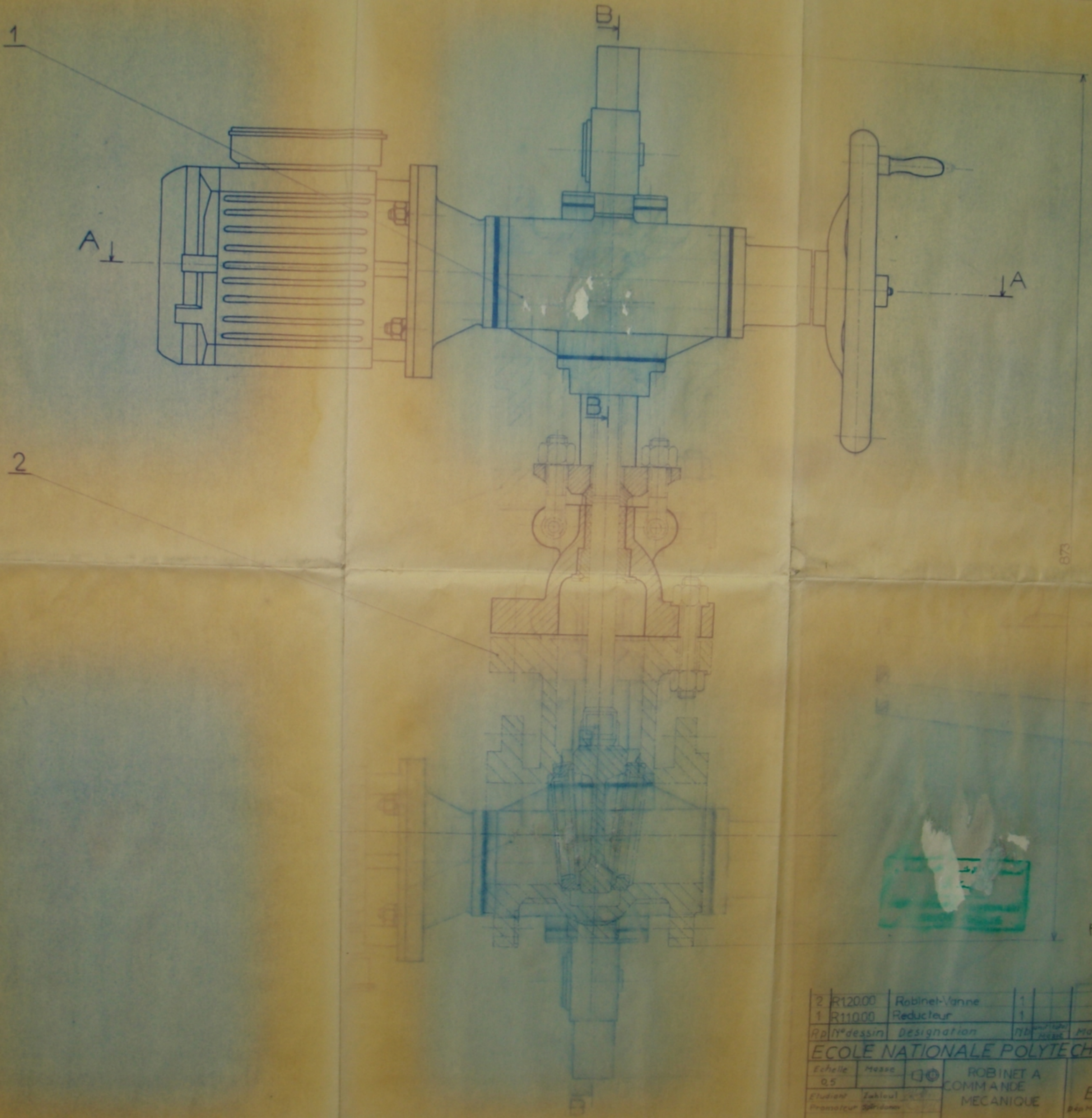
M 04 63 L



|     |                      |   |       |        |
|-----|----------------------|---|-------|--------|
| 01  | Graisseur M6         | 1 | KV    | WFE01  |
| 02  | JOINT                | 2 | LEZ   | WFE02  |
| 03  | Bouchon M12          | 2 | AS    | WFE03  |
| 04  | Via M + B U          | 2 | AS U  | WFE04  |
| 05  | R110.30              | 1 | JOU   | WFE05  |
| 06  | Rondelle 5U          | 2 | KCF   | WFE06  |
| 07  | Boulon HM 5.12 U     | 2 | SDU   | WFE07  |
| 08  | R110.29              | 1 | IND   | WFE08  |
| 09  | R110.28              | 1 | KCF   | WFE09  |
| 10  | R110.27              | 1 | KCF   | WFE10  |
| 11  | Couette Roulée B     | 1 | SCA   | WFE11  |
| 12  | R110.26              | 1 | KCF   | WFE12  |
| 13  | R110.25              | 1 | KCF   | WFE13  |
| 14  | Poulxeman/DEC.02     | 2 | WFE14 | WFE14  |
| 15  | Joint à lèvres 4E104 | 2 | WFE15 | WFE15  |
| 16  | R110.24              | 1 | AS    | WFE16  |
| 17  | Pat de centrage      | 2 | AS    | WFE17  |
| 18  | Colonne réglée       | 1 | AS    | WFE18  |
| 19  | Colonne              | 1 | AS    | WFE19  |
| 20  | R110.21              | 1 | AS    | WFE20  |
| 21  | Via H M6 2U          | 1 | AS U  | WFE21  |
| 22  | Via CHC M6 U         | 1 | AS U  | WFE22  |
| 23  | R110.20              | 1 | AS    | WFE23  |
| 24  | Chapeau Boulon M6 U  | 1 | SCA   | WFE24  |
| 25  | R110.19              | 1 | AS    | WFE25  |
| 26  | R110.18              | 1 | AS    | WFE26  |
| 27  | Via H M6 4 U         | 1 | AS U  | WFE27  |
| 28  | Graisseur M6         | 1 | AS    | WFE28  |
| 29  | Ecrou H. M4 U        | 1 | AS U  | WFE29  |
| 30  | R110.17              | 1 | AS    | WFE30  |
| 31  | Couette Roulée B     | 1 | SCA   | WFE31  |
| 32  | R110.16              | 1 | AS    | WFE32  |
| 33  | R110.15              | 1 | AS    | WFE33  |
| 34  | R110.14              | 1 | AS    | WFE34  |
| 35  | R110.13              | 1 | AS    | WFE35  |
| 36  | R110.12              | 1 | AS    | WFE36  |
| 37  | R110.11              | 1 | AS    | WFE37  |
| 38  | R110.10              | 1 | AS    | WFE38  |
| 39  | R110.09              | 1 | AS    | WFE39  |
| 40  | R110.08              | 1 | AS    | WFE40  |
| 41  | R110.07              | 1 | AS    | WFE41  |
| 42  | R110.06              | 1 | AS    | WFE42  |
| 43  | R110.05              | 1 | AS    | WFE43  |
| 44  | R110.04              | 1 | AS    | WFE44  |
| 45  | R110.03              | 1 | AS    | WFE45  |
| 46  | R110.02              | 1 | AS    | WFE46  |
| 47  | R110.01              | 1 | AS    | WFE47  |
| 48  | R110.00              | 1 | AS    | WFE48  |
| 49  | R110.00              | 1 | AS    | WFE49  |
| 50  | R110.00              | 1 | AS    | WFE50  |
| 51  | R110.00              | 1 | AS    | WFE51  |
| 52  | R110.00              | 1 | AS    | WFE52  |
| 53  | R110.00              | 1 | AS    | WFE53  |
| 54  | R110.00              | 1 | AS    | WFE54  |
| 55  | R110.00              | 1 | AS    | WFE55  |
| 56  | R110.00              | 1 | AS    | WFE56  |
| 57  | R110.00              | 1 | AS    | WFE57  |
| 58  | R110.00              | 1 | AS    | WFE58  |
| 59  | R110.00              | 1 | AS    | WFE59  |
| 60  | R110.00              | 1 | AS    | WFE60  |
| 61  | R110.00              | 1 | AS    | WFE61  |
| 62  | R110.00              | 1 | AS    | WFE62  |
| 63  | R110.00              | 1 | AS    | WFE63  |
| 64  | R110.00              | 1 | AS    | WFE64  |
| 65  | R110.00              | 1 | AS    | WFE65  |
| 66  | R110.00              | 1 | AS    | WFE66  |
| 67  | R110.00              | 1 | AS    | WFE67  |
| 68  | R110.00              | 1 | AS    | WFE68  |
| 69  | R110.00              | 1 | AS    | WFE69  |
| 70  | R110.00              | 1 | AS    | WFE70  |
| 71  | R110.00              | 1 | AS    | WFE71  |
| 72  | R110.00              | 1 | AS    | WFE72  |
| 73  | R110.00              | 1 | AS    | WFE73  |
| 74  | R110.00              | 1 | AS    | WFE74  |
| 75  | R110.00              | 1 | AS    | WFE75  |
| 76  | R110.00              | 1 | AS    | WFE76  |
| 77  | R110.00              | 1 | AS    | WFE77  |
| 78  | R110.00              | 1 | AS    | WFE78  |
| 79  | R110.00              | 1 | AS    | WFE79  |
| 80  | R110.00              | 1 | AS    | WFE80  |
| 81  | R110.00              | 1 | AS    | WFE81  |
| 82  | R110.00              | 1 | AS    | WFE82  |
| 83  | R110.00              | 1 | AS    | WFE83  |
| 84  | R110.00              | 1 | AS    | WFE84  |
| 85  | R110.00              | 1 | AS    | WFE85  |
| 86  | R110.00              | 1 | AS    | WFE86  |
| 87  | R110.00              | 1 | AS    | WFE87  |
| 88  | R110.00              | 1 | AS    | WFE88  |
| 89  | R110.00              | 1 | AS    | WFE89  |
| 90  | R110.00              | 1 | AS    | WFE90  |
| 91  | R110.00              | 1 | AS    | WFE91  |
| 92  | R110.00              | 1 | AS    | WFE92  |
| 93  | R110.00              | 1 | AS    | WFE93  |
| 94  | R110.00              | 1 | AS    | WFE94  |
| 95  | R110.00              | 1 | AS    | WFE95  |
| 96  | R110.00              | 1 | AS    | WFE96  |
| 97  | R110.00              | 1 | AS    | WFE97  |
| 98  | R110.00              | 1 | AS    | WFE98  |
| 99  | R110.00              | 1 | AS    | WFE99  |
| 100 | R110.00              | 1 | AS    | WFE100 |

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
 Ecole N° 00  
 Réducteur ENPA  
 R110



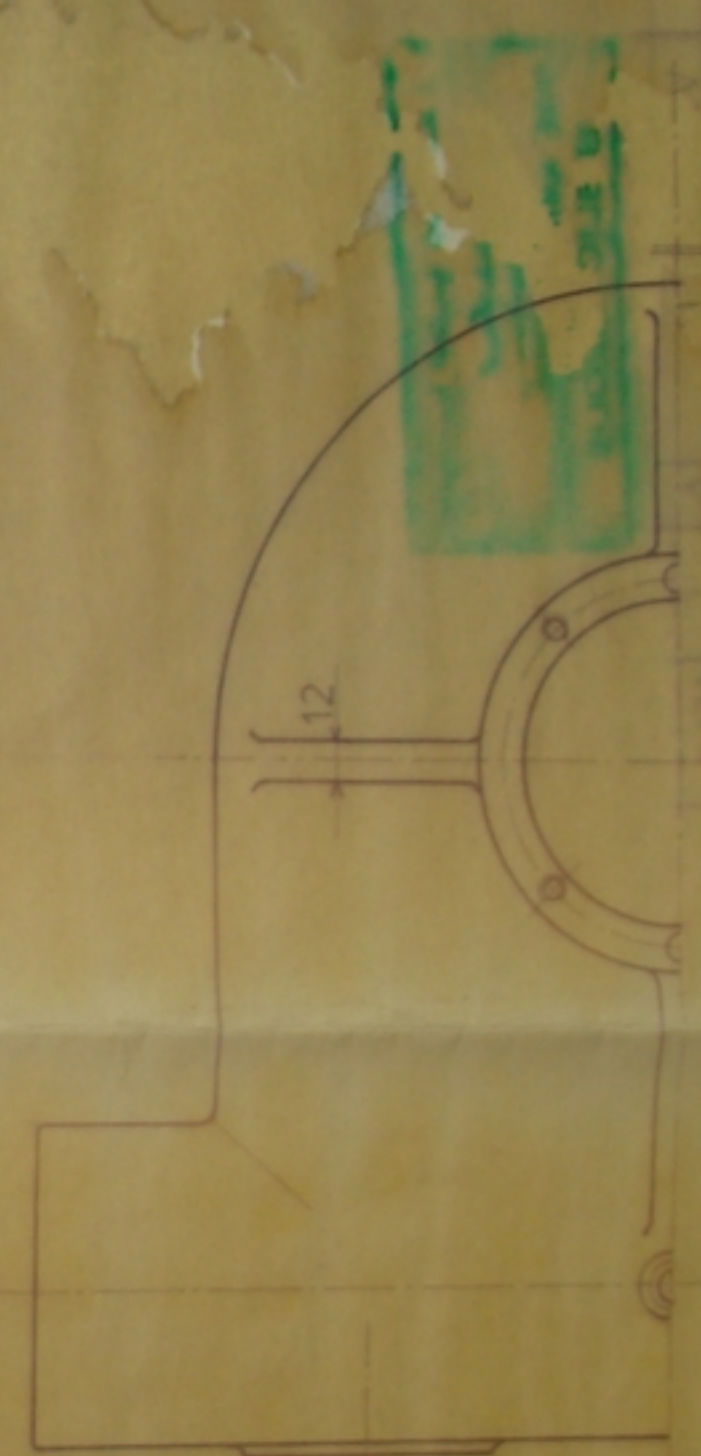
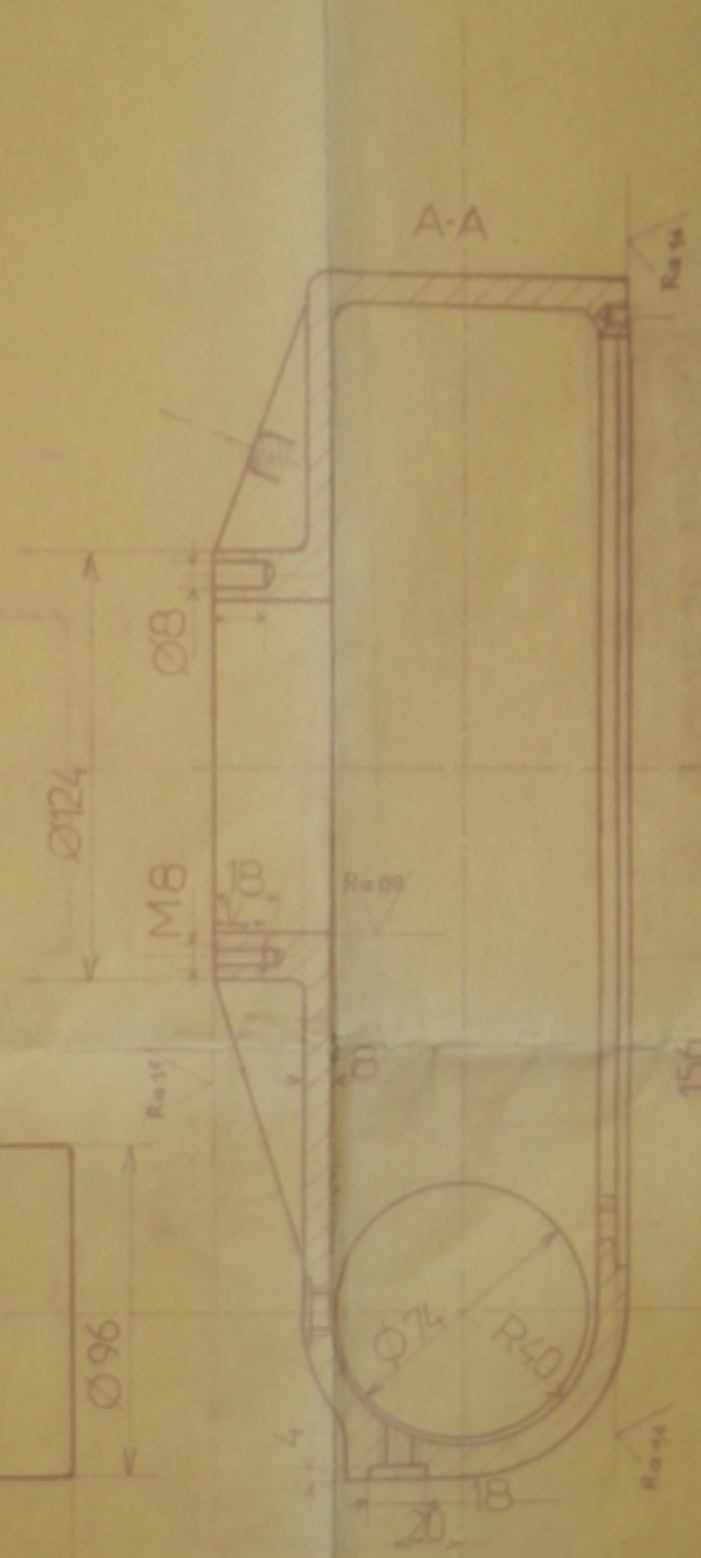
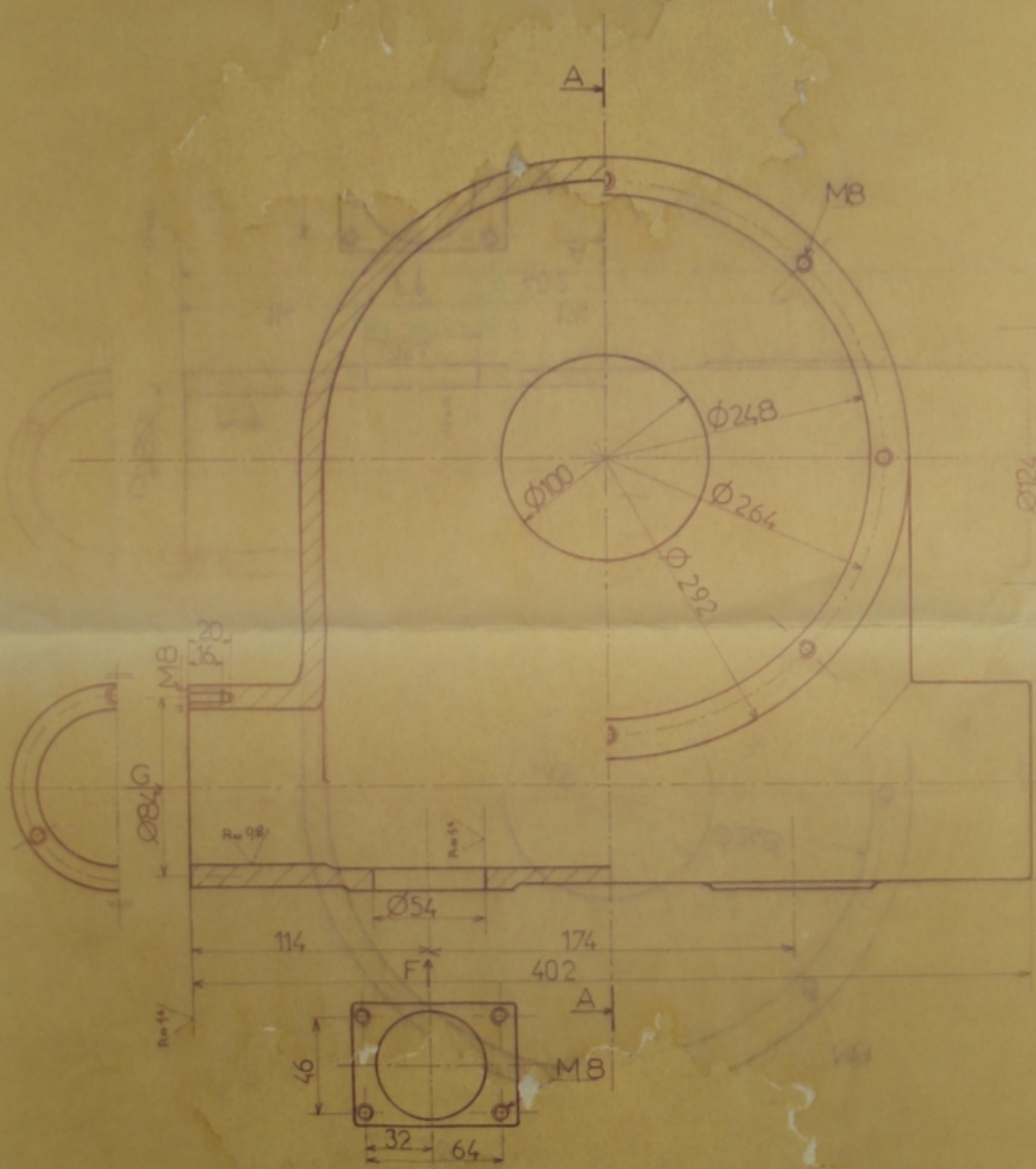


87

PM02892  
- 2 -

|                                      |             |               |        |                                    |        |
|--------------------------------------|-------------|---------------|--------|------------------------------------|--------|
| 2                                    | R12000      | Robinet-Vanne | 1      |                                    |        |
| 1                                    | R11000      | Reducteur     | 1      |                                    |        |
| Rp                                   | N° dessin   | Designation   | NB     | Mat                                | Observ |
| <b>ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE</b> |             |               |        |                                    |        |
| Echelle                              | 0,5         | Masse         |        | ROBINET A<br>COMMANDE<br>MECANIQUE |        |
| Etudiant                             | Instituteur |               | ENPA   |                                    |        |
| Préparateur                          | Diplôme     |               | R10000 |                                    |        |



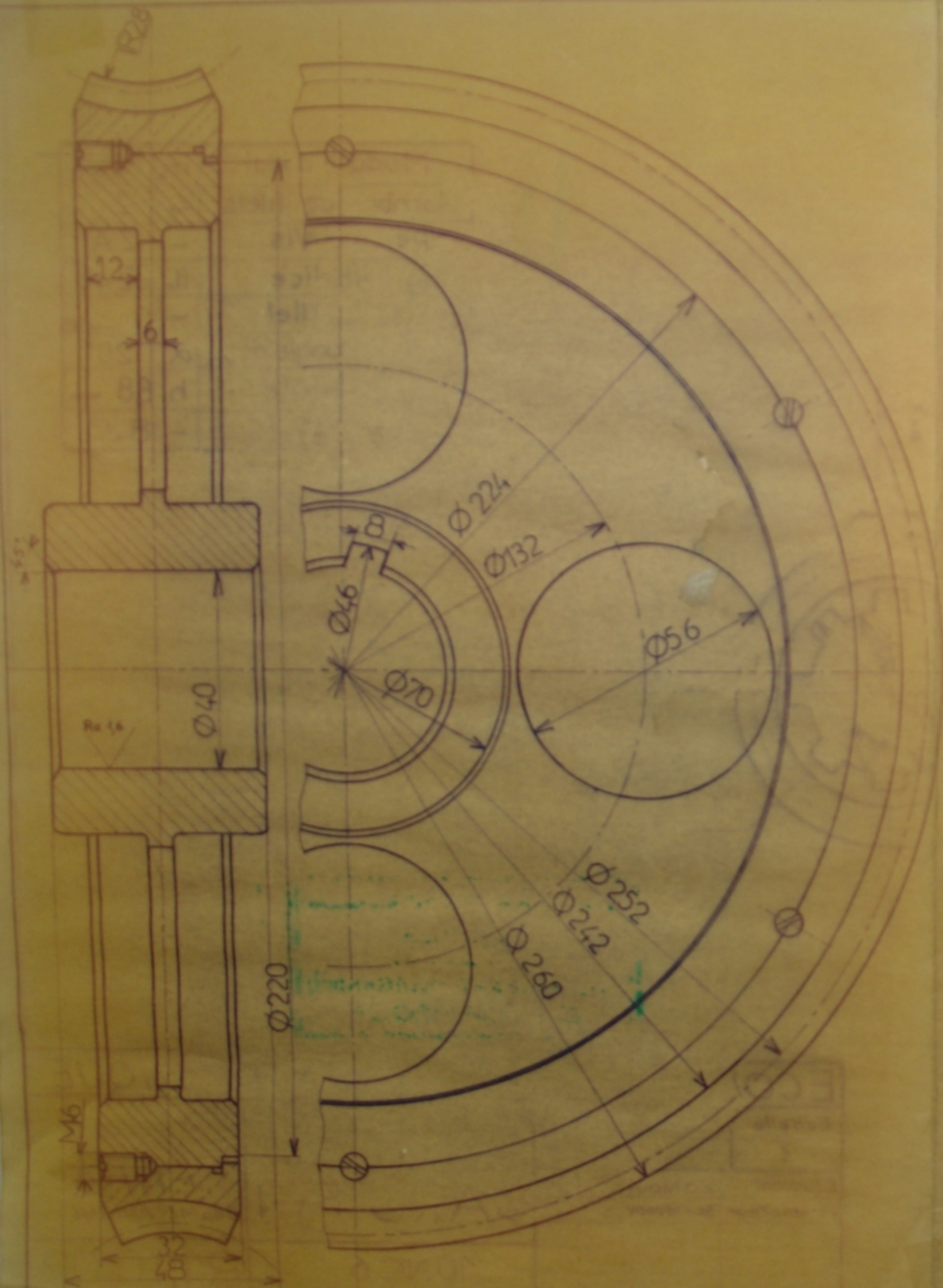


مكتبة الجامعة الوطنية  
 جامعة  
 ENPA  
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
 BIBLIOTHEQUE

PM02582  
 - 3 -

|                               |           |                          |                                     |
|-------------------------------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|
| ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE |           |                          |                                     |
| Echelle                       | Masse     | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 05                            |           |                          |                                     |
| Etudiant                      | Zahiaoui  |                          |                                     |
| Promoteur                     | Spindanev |                          |                                     |
|                               |           | Ft 18                    | ENPA<br>MECANIQUE                   |
|                               |           |                          | R110.18                             |





|                 |                            |          |
|-----------------|----------------------------|----------|
| Module axial    | $m$                        | 4 mm     |
| Nombre de dents | $z$                        | 63       |
| Sens du filet   |                            | Gauche   |
| Vis             | N <sup>bre</sup> de filets | $z$ 2    |
| Associée        | Sens                       | - Gauche |
| Entr'axe        | $a$                        | 156 mm   |
| Precision       |                            | - B.C    |

R11.00-2882

-4-

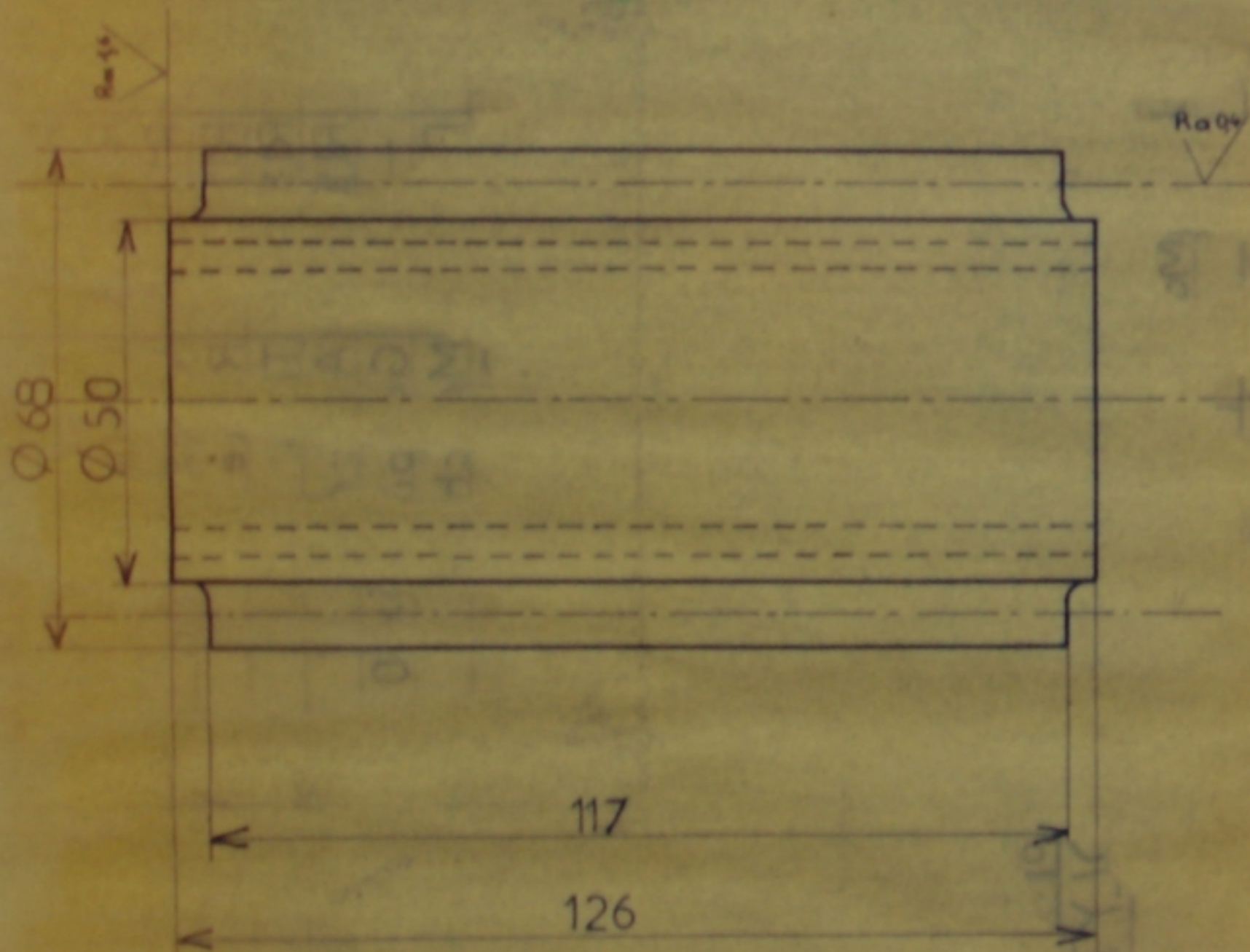


|                                      |                       |             |                 |        |                              |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|--------|------------------------------|
| 3                                    | —                     | Vis M6.12 U | 6               | A56 3e |                              |
| 2                                    | R11.02                | Couronne    | 1               | UE12P  |                              |
| 1                                    | R11.01                | Jante       | 1               | XC10F  |                              |
| Rp                                   | N <sup>o</sup> dessin | Designation | Nb              | Mat    | Observ                       |
| <b>ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE</b> |                       |             |                 |        |                              |
| Echelle                              | Masse                 |             | <b>ROUE</b>     |        | <b>ENPA</b><br>Dép MECANIQUE |
| 1                                    |                       |             |                 |        |                              |
| Etudiant                             | Zahoul                | 2000        |                 |        |                              |
| Promoteur                            | Spiridonov            | 2000        |                 |        |                              |
|                                      |                       |             | <b>R11.1.00</b> |        |                              |



PM02882

- 5 -

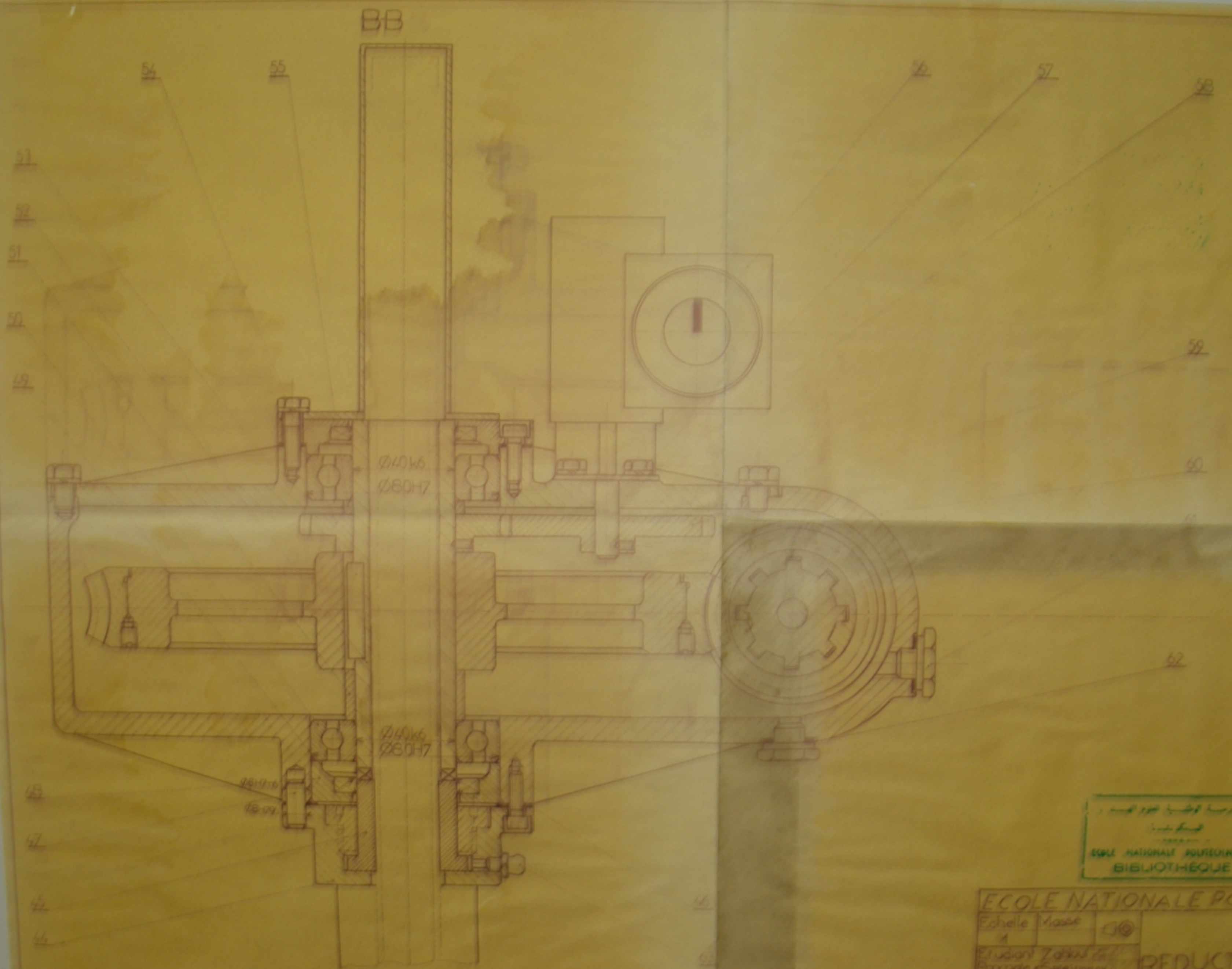


|                  |               |                     |
|------------------|---------------|---------------------|
| Module axial     | $m_x$         | 4 mm                |
| Nombre de filets | $z_v$         | 2                   |
| TYPE de Vis      | -             | ZA                  |
| Angle d'hélice   | $\beta_s$     | $82,40^\circ$       |
| Sens du filet    | -             | Gauche              |
| Profil           | angle de dép. | $\alpha$ $20^\circ$ |
|                  | hauteur       | $h$ 88 mm           |
| Precision        | -             | B-C                 |

المعهد الوطني للعلوم الهندسية  
المكتبة  
.....  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
BIBLIOTHEQUE

|                               |            |  |                        |
|-------------------------------|------------|--|------------------------|
| ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE |            |  |                        |
| Echelle                       | Masse      |  | VIS                    |
| 1                             |            |  |                        |
| Etudiant                      | Zahloul    |  | SANS FIN               |
| Promoteur                     | Spiridonov |  |                        |
|                               |            |  | ENPA<br>Dép. MECANIQUE |
|                               |            |  | 10 NC 6                |
|                               |            |  | R110.07                |





1102852  
-6-

سازمان اسناد و کتابخانه ملی  
کتابخانه  
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
BIBLIOTHÈQUE

|                               |           |     |        |
|-------------------------------|-----------|-----|--------|
| ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE |           |     |        |
| Echelle                       | 1/1       | 1/1 |        |
| Étudiant                      | Zohair    |     |        |
| Projet                        | REDUCTEUR |     | ENPA   |
|                               |           |     | R11000 |



