

**REPUBLIQUE DU SENEGAL**

**UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR**



G.M.0064

**ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE**

Centre de Thiés

**Département de Génie Electromécanique**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception

Titre :

**CONCEPTION D'UNE CINTREUSE  
AUTOMATIQUE POUR TUBE MINCE OU  
SERRURIER**

**Auteur :** Ndiack Mbodj

**Directeurs :** Monsieur Alassane DIENE  
Monsieur Salam SAWADOGO

Juillet 2002

## DEDICACES

***Louanges à ALLAH, LE TOUT PUISSANT,  
Gloire à son prophétie MOUHAMED (P.S.L.)***

Je dedie ce travail

*A ma mère  
A mon père  
A mes frères  
A mes sœurs  
A mes oncles  
A mes cousins  
A mes cousines  
A tous mes proches*

## *REMERCIEMENTS*

Au terme de ce travail combien passionnant et laborieux, qu'il nous soit permis de remercier très sincèrement :

♣ Monsieur ALASSANE DIENE Ingénieur Polytechnicien pour toute la documentation et les conseils techniques qu'il m'a apportés au cours de ce projet.

♣ Monsieur SALAM SAWADOGO Professeur à l' Ecole Supérieure Polytechnique, pour toute la documentation qu'il m'a indiqué et les conseils qu'il m'a apporté.

♣ Monsieur MICHEL MENDY Ingénieur à Narmar pour les conseils qu'il m'a donné.

♣ Monsieur Niang Ancien Technicien de la SNC'S pour sa disponibilité et ses conseils techniques.

Je ne s'aurai terminé sans remercier les techniciens de la SISMAR , les techniciens de Schneider Electric et tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de ce travail.

# ***SOMMAIRE***

Ce travail est une contribution à la recherche de solutions aux problèmes de l'entreprise Sénégalaise ,particulièrement celles évoluant dans le secteur des mobiliers .

IL a pour objectif principal la proposition d'une cintrreuse automatique pour tube mince ou serrurier à partir des cintrreuses manuelles existantes.

IL contribue de manière considérable à la production de ces dernières.

Le travail est , en effet basé sur une analyse de l'existant qui a fait l'objet d'une étude afin de générer des solutions .La solution qui répondait le mieux aux critères d'évaluations a été retenu .

L'étude est terminée par un devis estimatif et des recommandations relatives à la réalisation d'un prototype.

# **TABLE DES MATIERES**

<b>Dédicaces.....</b>	<b>i</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>ii</b>
<b>Sommaire.....</b>	<b>iii</b>
<b>Table des matières.....</b>	<b>iv</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>vii</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>viii</b>
<b>Liste des abréviations et symboles.....</b>	<b>ix</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Etat des lieux.....</b>	<b>3</b>
1.1-Description des techniques de cintrages.....	4
1.1.1-Cintrage à la main.....	5
1.1.1.1-Cintrage à vide.....	5
1.1.1.2-Cintrage sur tube rempli.....	5
1.1.2-Cintrage à la machine.....	6
1.2-Etude de quelques techniques de cintrages.....	6
1.2.1-Cintrage à la presse.....	6
1.2.2-Machine à cintrer par enroulement.....	7
<b>Chapitre II :Formulation du problème.....</b>	<b>8</b>
II.1-Définition du problème.....	9
II.2-Données relatives à la machine.....	9
II.3-Restrictions.....	9
II.4-Objectifs.....	9
II.5-Critères d'évaluations.....	10
<b>Chapitre III :Générations de cintreuses manuelles.....</b>	<b>11</b>
III.1-Cintreuse 1.....	12
III.2-Cintreuse 2.....	12
III.3-Cintreuse 3.....	12
III.4-Cintreuse 4.....	13
III.5-Choix du type de cintreuse à automatiser.....	17

<b>Chapitre IV :Etude de l'automatisation.....</b>	<b>18</b>
IV.1-Analyse du cycle de fonctionnement.....	19
IV.1.1-Condition de départ cycle.....	19
IV.1.2-Cycle par ordre chronologique.....	19
IV.1.3-Schéma synoptique de fonctionnement.....	20
IV.1.4-Diagramme fonctionnel « GRAFCET ».....	22
IV.1.5-Diagramme des mouvements.....	23
IV.1.6-Cycle.....	24
IV.2-Technologie des séquenceurs.....	24
IV.2.1-Séquenceur module de phase.....	24
IV.2.2-Rappel du principe d'un séquenceur.....	25
IV.2.3-Constitution d'un module de phase.....	25
IV.2.4-Principaux avantages.....	25
IV.2.5-Schéma du séquenceur.....	25
IV.3-choix des moyens.....	26
IV.3.1- Système de transmission d'énergie.....	26
IV.3.2- Sources d'énergie.....	27
IV.3.2.1-L'hydraulique.....	27
IV.3.2.2-L'électricité.....	28
IV.3.2.3-Le pneumatique.....	28
IV.3.3-Choix des pré actionneurs et actionneurs.....	29
IV.3.3.1-Les distributeurs.....	29
IV.3.3.2-Dimensionnement des vérins.....	30
<b>Chapitre V: Organes de transmission et de distribution de l'énergie ,de sécurité et</b>	
<b>Accessoires.....</b>	<b>39</b>
♣ Schéma de principe de fonctionnement.....	43
♣ Schéma de puissance.....	44
<b>Chapitre VI : Etude mécanique.....</b>	<b>45</b>
VI.1.Dimensionnement de l'arbre de transmission.....	45
VI.2-Dimensionnement du système pignon crémaillère.....	48
VI.3-Choix des roulements.....	57
<b>Chapitre VII : Devis et coût estimatif.....</b>	<b>62</b>
<b>Conclusion et recommandations.....</b>	<b>60</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>68</b>

<b>Annexes.....</b>	<b>70</b>
<b>Annexe 1</b> Caractérisique des matériaux et des composants utilisés.....	<b>71</b>
<b>Annexe 2</b> Répertoire des cintreuses.....	<b>79</b>
<b>Annexe 3</b> Demande des prix .....	<b>86</b>

# ***LISTE DES TABLEAUX***

<b>Tableau 2.1</b> :Critères d'évaluations.....	10
<b>Tableau 3.1</b> :Analyse des entreuses.....	17
<b>Tableau 4.1</b> :Phase cycle et action.....	20
<b>Tableau 4.2</b> :Caractéristique du vérin pincee tube $V_1$ .....	33
<b>Tableau 4.3</b> :Pression de fonctionnement recommandée et facteur de sécurité.....	33
<b>Tableau 4.4</b> :Force concentree de cintrage en fonction du rayon de cintrage et d'un couple constant.....	35
<b>Tableau 4.5</b> :Caractéristique du vérin de cintrage $V_2$ .....	36
<b>Tableau 4.6</b> :Force developpée par les vérins avec un couple variable.....	37
<b>Tableau 4.7</b> :Pression de fonctionnement et facteur de sécurité selon le tube.....	37
<b>Tableau 4.8</b> :Efforts developpés par les vérins.....	38
<b>Tableau 5.1</b> :Déecteur pour vérins K-KN-PEC.....	41
<b>Tableau 5.2</b> :Caractéristique de la fixation du vérin PES.....	41
<b>Tableau 6.1</b> :Géométrie du système pignon crémaillère.....	56
<b>Tableau 6.2</b> :caractéristique des roulements.....	60
<b>Tableau 6.3</b> :Dimensions des roulements.....	60
<b>Tableau 7.1</b> :Devis et coût estimatif.....	63



## ***LISTE DES FIGURES***

<b>Figure 3.1</b> :Cintreuse 1.cintreuse manuelle rotation a droite avec glissiere fixe.....	14
<b>Figure 3.2</b> :Cintreuse 2.cintreuse manuelle rotation a gauche avec glissiere mobile.....	15
<b>Figure 3.3</b> :Cintreuse 3.cintreuse manuelle mobile.....	16
<b>Figure 3.4</b> :Cintreuse 4.cintreuse à pompe hydraulique.....	16
<b>Figure 4.1</b> :Schéma synoptique de fonctionnement .état de repos.....	21
<b>Figure 4.2</b> :Schéma synoptique de fonctionnement .état de fonctionnement.....	21
<b>Figure 4.3</b> :Constituant d'un module de phase.....	25
<b>Figure 4.4</b> :Succession de mouvement linéaire du séquenceur.....	26
<b>Figure 4.5</b> :Distributeur 3 2.....	31
<b>Figure 4.6</b> :Distributeur 5 2.....	31
<b>Figure 4.7</b> :Schema de serrage tube.....	32
<b>Figure 4.8</b> :lube cintre.....	33
<b>Figure 4.9</b> :Schéma montrant le couple de cintrage.....	34
<b>Figure 5.1</b> :Schéma du circuit de puissance.....	43
<b>Figure 5.2</b> :Schéma de fonctionnement.....	44
<b>Figure 7.1</b> :Schéma d'ensemble 1.....	60
<b>Figure 7.2</b> :Schéma d'ensemble 2.....	61

# ***LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS***

mm :millimètre

m :mètre

° :degré

N :Newton

daN :décaNewton

rad:radian W :Watt

tr:tour

min :minute

w/min :tour par minute

m/s :mètre par seconde

rad/s :radian par seconde

K:coefficient de cintrage

PME :Petite et Moyenne entreprise

PMI :Petite et moyenne industrie

V<sub>1</sub> :Vérin pince tube

V<sub>2</sub> :Vérin de cintrage

s<sub>1</sub> :Coefficient de sécurité du vérin V<sub>1</sub>

s<sub>2</sub> :Coefficient de sécurité du vérin V<sub>2</sub>

Z<sub>2</sub> :nombre de dents

Y<sub>F</sub> :facteur de formé

Y<sub>c</sub> :Facteur de charge partiel

Y<sub>s</sub> :Facteur de concentration de contrainte

C<sub>sr</sub> :Coefficient de service correspondant à la nature du récepteur

C<sub>sm</sub> :Coefficient de service correspondant à la nature du moteur

C<sub>v</sub> : Coefficient de vitesse

K<sub>L</sub> :Terme représentatif du nombre de cycle

k :Coefficient de la largeur de dent

m<sub>min</sub> :module minimal de dent

m<sub>max</sub> :module maximal de dent

inv :involutive

ε<sub>a</sub> :rapport de conduite

## Unités

D :diamètre extérieur des tubes .....	( mm )
e :épaisseur du tube.....	( mm )
R :rayon moyen de cintrage.....	(mm )
$\Phi$ :diamètre extérieur des tubes ronds.....	( mm )
C :coté extérieur des tubes carrés.....	( mm )
R :le rayon primitif de la roue du système pignon crémaillère.....	( mm )
$d_1$ :Bras de levier de serrage de la cintreuse manuelle.....	( mm )
$d_2$ :Bras de levier de cintrage de la cintreuse manuelle.....	( mm )
Y:Distance de l'axe neutre au sommet du tube.....	(mm)
$F_{V1}$ :Force de serrage du vérin $V_1$ .....	( N )
$F_{V2}$ :Force de cintrage du vérin $V_2$ .....	( N )
$F_1$ :Force de serrage mesuré au niveau de la cintreuse manuelle.....	( N )
$F_2$ :Force de cintrage de la cintreuse manuelle .....	( N )
F : la force maximale que peut exercée le vérin $V_2$ sous une pression de 10bars .....	( N )
$F_t$ :est la force tangentielle.....	( N )
G : le module d'élasticité de l'acier.....	( daN/mm <sup>2</sup> )
$\alpha$ :angle de cintrage en degré.....	(°)
$M_1$ :Couple de serrage mesuré au niveau de la cintreuse manuelle.....	( N.m )
$M_2$ :Couple de cintrage de la cintreuse manuelle .....	( N.m )
$M_o$ : le moment optimale que la exerce.....	( N.m )
$M_a$ : le moment admissible que la force exerce.....	( N.m )
$R_{pe} = \sigma_{adm}$ :limite de flexion admissible .....	( N.m <sup>2</sup> )
$\sigma_{Fadm}$ :limite d'endurance nominale à la rupture.....	( N.m <sup>2</sup> )
$R_{pg}$ : la contrainte admissible de l'acier mi-dur .....	( N/m <sup>2</sup> )
$P_{Mo}$ : la puissance maximale optimale à transmettre.....	( W )
$P_{Ma}$ : la puissance maximale admissible à transmettre .....	( W )
$\Omega_{Mo}$ : la vitesse de rotation maximale optimale de la l'arbre.....	( rad/s )
$\Omega_{Ma}$ : la vitesse de rotation maximale admissible .....	( rad/s )
$V_{Mo}$ : la vitesse maximale optimale du vérin $V_2$ .....	( m/s )
$V_{Ma}$ : la vitesse maximale admissible du vérin $V_2$ .....	( m/s )

# INTRODUCTION

## Introduction

Le gouvernement du SENEGAL, commande chaque année des milliers de mobiliers scolaires et hospitaliers pour équiper ses infrastructures sanitaires et scolaires. A cet effet les cintreuses constituent un outil indispensable pour les entreprises spécialisées dans la fabrication de ces mobiliers. Aujourd'hui il est impérieux pour ces dernières d'augmenter leurs capacités de production et de respecter les délais de livraison. La mise en place d'un système de production automatisé pour produire une quantité suffisante et de bonne qualité est plus que jamais nécessaire. Cette présente étude a pour but de proposer une solution qui consiste à automatiser les cintreuses manuelles jusqu'ici utilisées dans les entreprises de fabrication de mobiliers.

Dans le but de mener à bien notre objectif, la maîtrise de la situation actuelle s'avère incontournable. Elle porte essentiellement sur les aspects économiques mises en œuvre pour la transformation des tubes minces selon la convenance du marché. Et, devant le déficit remarquable de machine pouvant satisfaire les travaux en série nous nous lançons dans la mouvance de proposer un nouveau type de cintreuse qui doit s'inscrire dans la panoplie de machine disponible pour une meilleure rentabilité.

# **Chapitre I : Etat des lieux**

1.1-Description des techniques de cintrages

1.1.1-Cintrage à la main

1.1.2-Cintrage à la machine

1.2-Etude de quelques techniques de cintrages

1.2.1-Cintrage à la presse

1.2.2-Machine à cintrer par enroulement

## Chapitre I : ETAT DES LIEUX

Un coude est défini par la dimension extérieure  $D$ , l'épaisseur du tube  $e$ , le rayon moyen de cintrage  $R$  et l'angle de cintrage  $\alpha$ .

### I.1-Description des types de cintrages

L'opération de cintrage présente des difficultés liées aux précautions à prendre pour éviter des déformations susceptibles de se produire sous l'action des efforts appliqués à une section circulaire de faible épaisseur.

Ces difficultés peuvent être évitées par l'emploi de raccords dits (courbe du commerce) parfaitement calibrés qu'il est possible de souder. On peut également éviter le cintrage en utilisant des coudes en segments. Cette solution est même indispensable dans le cas de grosses conduites, les segments sont assemblés par soudage et quelques fois par agrafage pour les petites conduites d'aspiration en tôle mince. Ces coudes peuvent être exécutés à partir des tubes ou de viroles en tôle.

Cependant le cintrage est souvent la seule solution possible ou rationnelle pour les tubes minces. Les tubes sont d'ailleurs classés en trois catégories en fonction du rapport  $D/e$  et le cintrage est d'autant plus difficile que ce rapport est grand

- ♣ Tubes épais  $\frac{D}{e} < 15$
- ♣ Tubes moyens  $15 < \frac{D}{e} < 30$
- ♣ Tubes très minces  $\frac{D}{e} > 30$

Le coefficient  $K = \left(\frac{D}{R}\right)\left(\frac{D}{e}\right)$  permet d'appréhender la difficulté de cintrage .

Ce cintrage peut être fait à la main où l'on a deux méthodes :

- ◆ Cintrage à vide
- ◆ Cintrage sur tube remplie

Ou à la machine

### **I.1.1-Cintrage à la main**

On peut distinguer deux types qui s'appliquent aux tubes de petites et de moyens diamètre .

#### **I.1.1.1-Cintrage à vide**

Cette méthode ne peut convenir que pour les tubes épais ,cintré suivant de grand rayons et le tube s'ovalise rapidement .

A froid ce procédé s'applique aux tubes inoxydables et matériaux non ferreux .Par des déplacements successifs du tube on peut obtenir un tube de grand rayon dont la forme dépend de la régularité du mouvement d'avance et de l'effort exercé en bout de barre à chaque avance .

A chaud on cintré surtout les tubes d'acier .Le chauffage se fait au chalumeau ou dans un four .Lorsque la température est atteinte ,on place le tube entre les tasseaux et on exerce l'effort de cintrage dans un mouvement connu et sans accoups en contrôlant la régularité du cintrage avec un gabarit.

#### **I.1.1.2-Cintrage sur tube remplis**

Le remplissage du tube s'oppose à l'aplatissement de cette dernière à



l'intérieure et, dans une moindre mesure, à la formation de plis à l'intérieur. Il y a trois types de remplissage :

- ◆ Le cintrage à sable utilisé pour les tubes en acier
- ◆ Le cintrage à la résine qui est exécuté à froid dans le cas de tubes en acier inoxydable, en cuivre, en alliages légers.
- ◆ Le cintrage à bas point de fusion qui est analogue au cintrage à la résine.

### **1.1.2 Cintrage à la machine**

Diverses solutions ont été apportées sur ce plan :

Avec les machines à vérin : le tube prenant appui sur deux butées pivotantes est cintré par flexion sous l'action d'un sabot actionné par un piston. D'autre part avec ce même principe il y a une différence avec le précédent : la rotation des galets permet le cintrage en continu sur une longueur illimitée. Le tube n'est pas enveloppé dans une gorge comme dans le cintrage du vérin à la presse : il porte dans la gorge des galets juste au point de tangence. Par ailleurs le cintrage par enroulement reste différent des autres types de cintrages les plus utilisés. Il ne consiste pas de cintrer entre deux appuis mais le tube reste bloqué énergiquement contre une forme fixe qui porte sur une gorge sémi-torique aux dimensions du coude à exécuter et un galet centreur.

## **1.2-Etude de quelques machines à cintrer**

### **1.2.1-Le cintrage à la presse**

Le principe de base est le même que celui des machines à vérin. Le sabot cintré présente une gorge torique adaptée au diamètre du tube et au rayon de

cintrage. Les matrices d'appuis formant des butées accompagnent le tube pendant le cintrage en exerçant une pression qui l'applique contre le sabot. Pendant toute l'opération le tube se trouve maintenu, d'une part, par la gorge du sabot ( pour la moitié de la surface cintrée ou intrados ) et, d'autre part dans la gorge des matrices (partie rectiligne de chaque côté du tube ). Aux points de tangences, à la naissance du cintrage, le tube se trouve ainsi maintenu sur toute sa surface extérieure. La course du piston déterminée par une butée réglable, donne l'angle du coude. La plupart des presses de ce genre peuvent être équipées des butées multiples offrant la possibilité d'exécuter une série de coudes différents sur un même tube selon un programme pré-établi. Ces machines présentent l'avantage d'être rapide et sont utilisées pour des travaux en série.

### **1.2.2-Les machines à cintrer par enroulement**

Principe de fonctionnement :Le tube est entraîné par une forme à gorge sur laquelle il est bloqué par un étrier ou un étau. Pendant le cintrage, le tube est maintenu, serré légèrement, entre la forme circulaire et une contre-forme rectiligne appelée glissière, sur laquelle il glisse. Les machines fonctionnant d'après ce principe permettant l'exécution des coudes de rayons plus courts que ceux obtenus sur une machine agissant par emboutissage. Certains d'entre elles peuvent cintrer des tubes d'un diamètre supérieur à 300 mm. Elles sont très employées pour le cintrage des tubes minces dans ce cas il est nécessaire d'introduire un mandrin à l'intérieur du tube.

## **Chapitre II : Formulation du problème**

II.1-Définition du problème

II.2-Données relatives à la machine

II.3-Restrictions

II.4-Objectifs

II.5-Critères d'évaluations

## Chapitre II FORMULATION DU PROBLEME

### II.1 -Définition du problème

Le cintrage des tubes minces est un véritable casse tete pour les entreprises qui évoluent dans la fabrication des mobiliers (qui sont en général des PME). Hormis les cintruses manuelles qu'elles disposent, on remarque que quelques rares parmi elles disposent d'une cintruse automatique. La plupart entre elles sont obligées de faire appel à des sous traitants lorsqu'elles ont un marché assez important (exemple : entre 5000 et 10000 tables banes) pour le respect des délais de livraison. L'état du SENEGAL commande chaque année aux entreprises de la place plus de soixante mille tables banes.

### II.2 -Données relatives à la cintruse

Le cintrage se fait pièce par pièce

Cintrage de tubes ronds :  $\phi = 32, \phi = 22, \phi = 20$

Cintruse de tube carré : C = 30, C = 25, C = 20, C = 16

### II.3 -Restriction

- ◆ La machine doit répondre aux préoccupations évoluant dans le milieu.
- ◆ La machine ne doit pas demander un niveau technique assez élevé pour son fonctionnement.
- ◆ Coût d'acquisition raisonnable

### II.4 -Objectif

La machine doit permettre de résoudre un certain nombre de problèmes actuels, les objectifs poursuivis dans ce projet sont

- ♣ Avoir la possibilité de cintrer des tubes ronds  $\phi$  32 , $\phi$  22 , $\phi$  20
- ♣ Avoir la possibilité de cintrer des tubes carrés C 30 , C=25 ,C 20 ,C 16
- ♣ Favoriser la rapidité de cintrage en diminuant le temps de cintrage
- ♣ Proposer une machine qui va s'insérer dans la mouvance des cintruses

automatiques

Partant des objectifs visés ,nous pouvons alors définir les critères d'évaluation des solutions générées .

Ils sont ainsi présentés et pondérés comme suit :

### II.5-Critères d'évaluations

**Tableau 2.1:** Critères d'évaluations

Critères d'évaluations	Poids	pourcentage
-Simplicité d'automatisation	63	35%
-Performance	45	25%
-encombrement	27	15%
-Durée de vie	45	25%
Total	180	100%

## **Chapitre III :Génération de cintreuses manuelles**

III.1-Cintreuse 1

III.2-Cintreuse 2

III.3-Cintreuse 3

III.4-Cintreuse 4

III.5-Choix du type de cintreuse à automatiser

### **Chapitre III : GENERATION DE CINTREUSE MANUELLES A AUTOMATISER**

L'étude de l'existant qui a consisté à étudier les cintreuses automatiques, motorisés ou manuelles qui existent dans le marché nous a permis d'avoir une synthèse logique. Elle nous a permis de faire une génération de cintreuses manuelles en vue de choisir celle qui respectera le plus les critères d'évaluation que nous avons fixé

#### **III .1 -Cintreuse1**

Au tout début on place d'abord l'ensemble (16), (18) , (2). Après on place le tube (1) qui se limite grâce à (11) puis on fait la mise en position du tube à l'aide de l'ensemble (6), (7), (8) et (9). Ensuite le montage de l'ensemble (21), (22), (4) et (5) suivie du serrage de la vis (5) pour mieux fixer le tube. Après tous ces opérations la mise en situation se fera grâce au moment exercé sur (18) à l'aide de (15). (voir Figure 3.1 )

#### **III .2 -Cintreuse 2**

Ici le principe est pratiquement le même par rapport à la cintreuse 1 mais la seule différence est que la glissière de cette dernière est mobile contrairement à la première. (voir Figure 3.2 )

#### **III .3-Cintreuse 3**

Fonctionnement de l'appareil

Initialement la vis (5) est desserrée, on monte alors le tube (4) puis on serre (5) avec la glissière (3) ensuite l'arrêt (8) est mise en position ensuite elle est actionnée à l'aide du bras (9).cette appareil est utilisé sur des chantiers , il est

il est fixé sur un étau d'établi .la glissière (3) permet de cintrer des tubes de diamètre différents .L'appareil est donc livré avec 4 disques (1). (voir **Figure 3.3** )

### **III .4– Cintreuse 4**

Le tube prenant appui sur deux butées pivotantes est cintré par flexion sous l'action d'un sabot par un piston . A l'aide d'un mouvement de rotation des galets le tube prend facilement la forme du sabot.(voir **Figure 3.4** ).



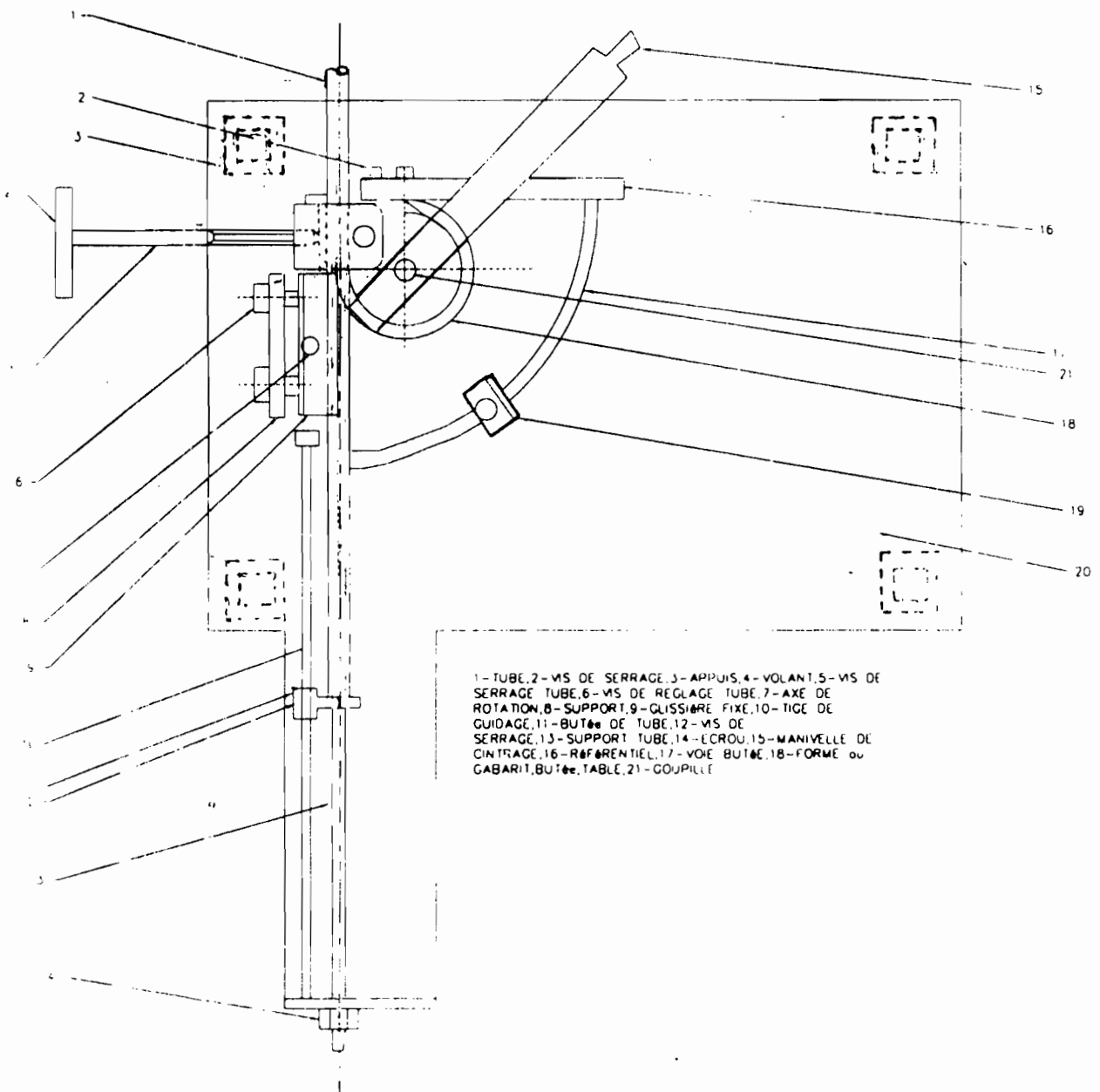
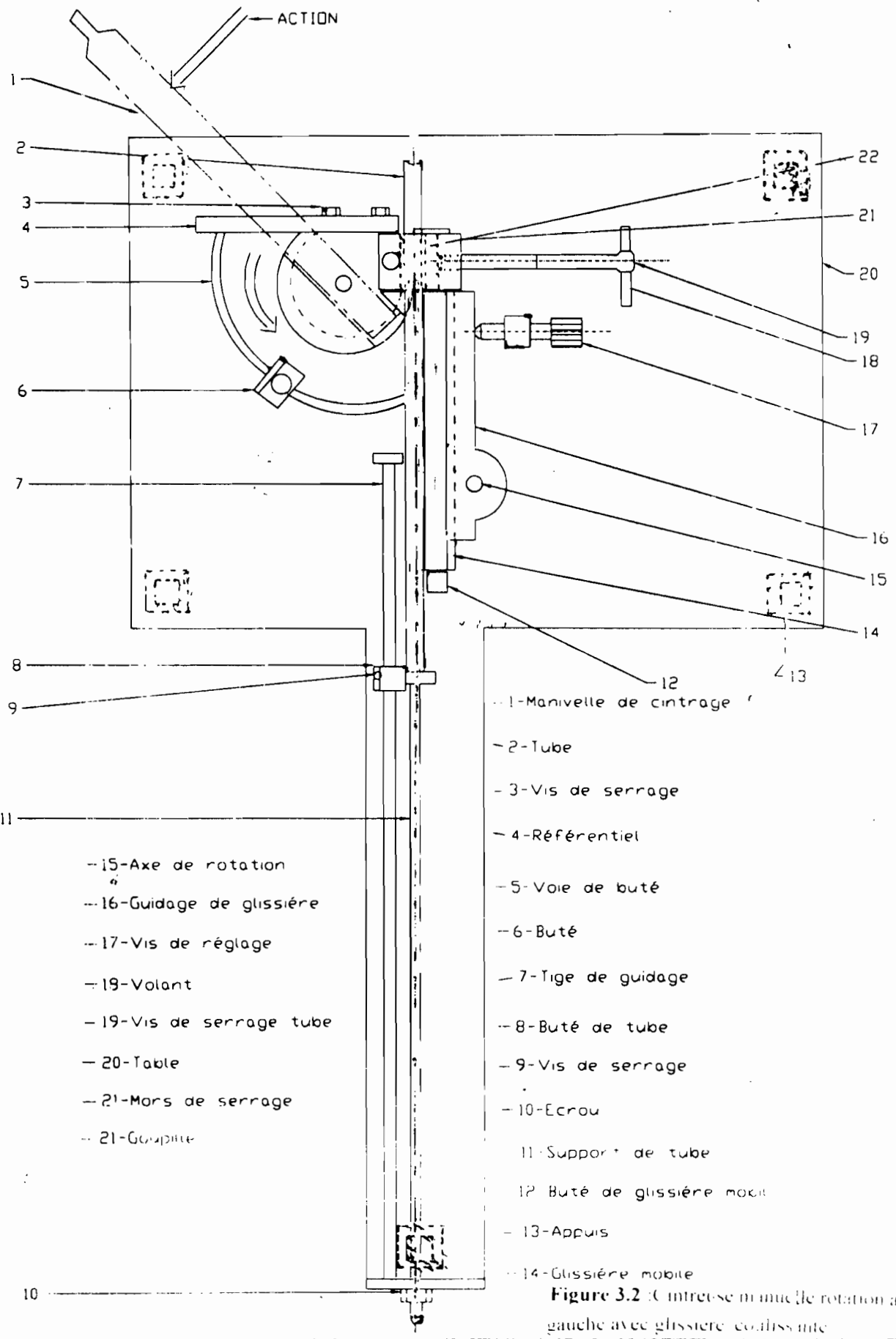


Figure 3.1 : Centreuse manuelle rotation à droite avec glissière fixe



- 11 - Support de tube
- 12 - Buté de glissière mobile
- 13 - Appuis
- 14 - Glissière mobile
- 15 - Axe de rotation
- 16 - Guidage de glissière
- 17 - Vis de réglage
- 19 - Volant
- 19 - Vis de serrage tube
- 20 - Table
- 21 - Mors de serrage
- 21 - Coupille

- 1 - Manivelle de cintrage
- 2 - Tube
- 3 - Vis de serrage
- 4 - Référentiel
- 5 - Voie de buté
- 6 - Buté
- 7 - Tige de guidage
- 8 - Buté de tube
- 9 - Vis de serrage
- 10 - Ecrou
- 11 - Support de tube
- 12 - Buté de glissière mobile
- 13 - Appuis
- 14 - Glissière mobile

Figure 3.2 : Centre de commande de rotation à gauche avec glissière coulissante

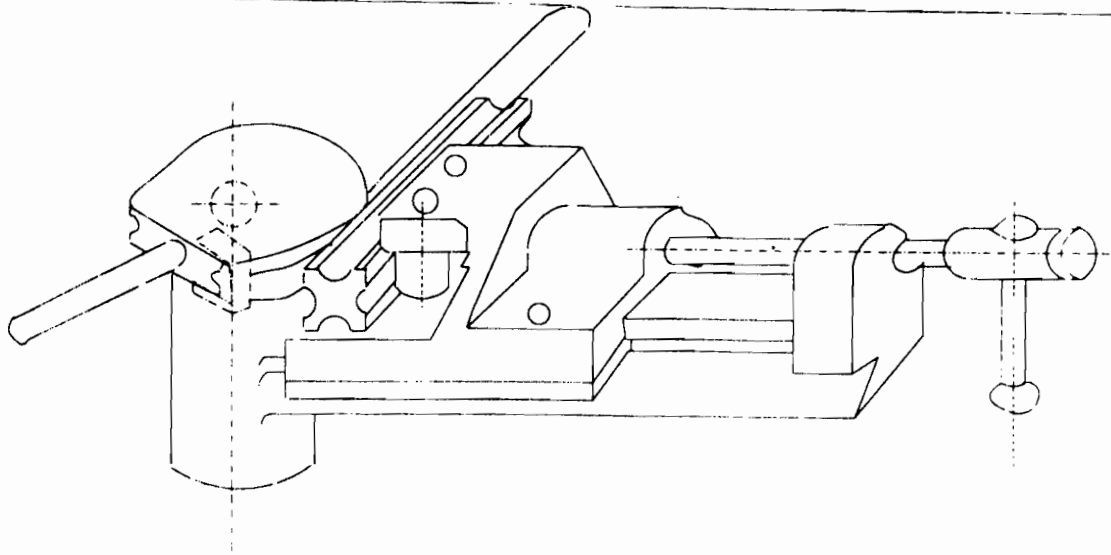


Figure 3.3:

Cintreuse manuelle mobile

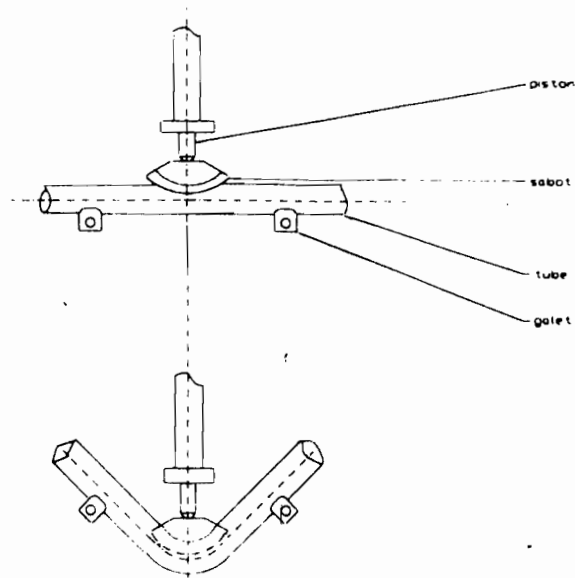


Figure 3.4

cintreuse à pompe à air

### III.5- Choix du type de cintreuse manuelle à automatiser

L'ensemble des cintreuses manuelles existants sont nécessairement soumises à une étude d'automatisation qui est basée sur les aspects physiques, mécaniques et économiques. Elles sont alors soumises aux critères d'évaluations prédéfinis. La simplicité d'automatisation est entièrement réservée à la **cintreuse 2**. Par rapport à la **cintreuse 1** des problèmes surviennent au niveau de la glissière fixe qui peut induire des frottements au niveau du tube.

La **cintreuse 3** ne nous permet pas de régler rapidement la position du tube et l'angle de cintrage. Contrairement à la **cintreuse 4** dont on ne peut pas avoir directement l'angle de cintrage ce dernier varie en fonction de l'effort appliqué.

Les critères d'évaluation donnent faveur à la **cintreuse 2** qui sera soumise à une étude d'automatisation.

Tableau 3.1 :Analyse des cintreuses

	Simplicité d'automatisation	Performance	Encombrement	Durée de vie	Total	Pourcentage
Cintreuse1	45	35	19	35	134	74,44%
Cintreuse2	50	40	19	35	144	80,00%
Cintreuse3	35	28	23	37	123	68,33%
Cintreuse4	20	30	23	34	107	59,44%

# Chapitre IV : Etude de l'automatisation

- IV.1-Analyse du cycle de fonctionnement
- IV.1.1-Condition de depart cycle
- IV.1.2-Cycle par ordre chronologique
- IV.1.3-Schema synoptique de fonctionnement
- IV.1.4-Charte de fonctionnement
- IV.1.5-Diagramme des mouvements
- IV.1.6-Cycle
- IV.2-Technologie des séquenceurs
- IV.2.1-Séquenceur module de phase
- IV.2.2-Kappel du principe d'un séquenceur
- IV.2.3-Construction d'un module de phase
- IV.2.4-Principaux avantages
- IV.2.5-Schema du séquenceur
- IV.3-Choix des moyens
- IV.3.1-Sources d'énergie
- IV.3.1.1-Hydraulique
- IV.3.1.2-Électrique
- IV.3.1.3-Électropneumatique
- IV.3.2-Système de transmission d'énergie
- IV.3.3-Choix des pré actionneurs et actionneurs
- IV.3.3.1-Les distributeurs
- IV.3.3.2-Dimensionnement des vannes

## Chapitre IV ETUDE DE L'AUTOMATISATION

La résolution de ce problème exige l'établissement d'une ossature sur laquelle se greffera cet automatisme .

En fonction des moyens disponibles et des opérations exigées pour le cintrage d'un tube : sont déterminés :

- ♣ Le cycle de fonctionnement de la cintrreuse
- ♣ Le choix fonctionnel de l'appareillage nécessaire

### IV.1-Analyse du cycle de fonctionnement

#### IV.1.1-Conditions de départ cycle

La machine étant au repos il faut remplir les conditions suivantes :

- ♣ Présence de pièce
- ♣ Le vérin pince tube est en position initiale
- ♣ Le vérin rotatif en position de début
- ♣ Régler l'angle de rotation
- ♣ Régler le gabarit

#### IV.1-2.Cycle par ordre chronologique

Si les conditions de départ cycle sont réunies , alors on agit sur le bouton poussoir m de mise en marche cycle par cycle on a successivement :

Phase 1 : Serrage du tube

Phase 2 : Cintrage à un angle  $\alpha$

Phase 3 : Desserrage du tube

Phase 4 : Retour du vérin rotatif à sa position initiale

En considérant les vérins et les distributeurs et en définissant par  $V_1$  et  $V_2$  la sortie et la rentrée du piston alors le cycle précédent peut se resumer par le tableau suivant :

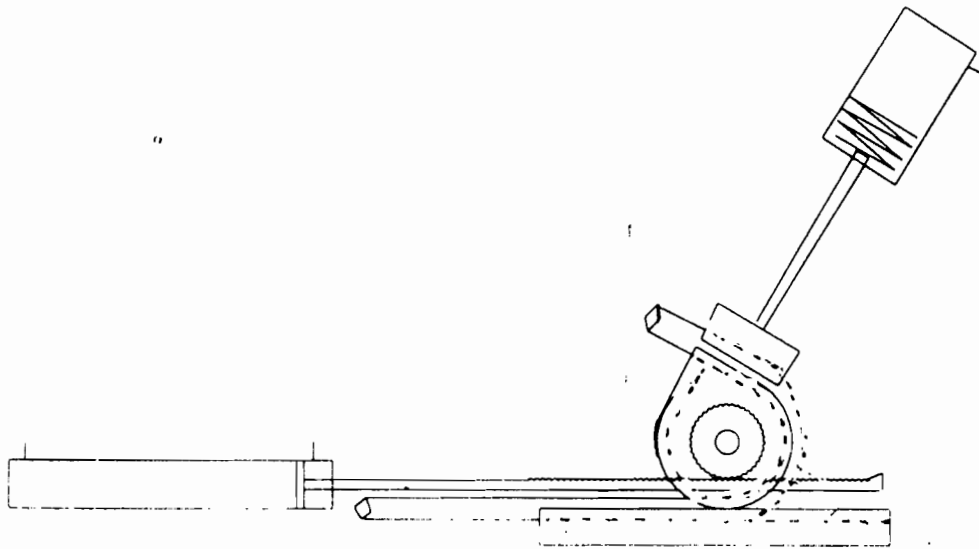
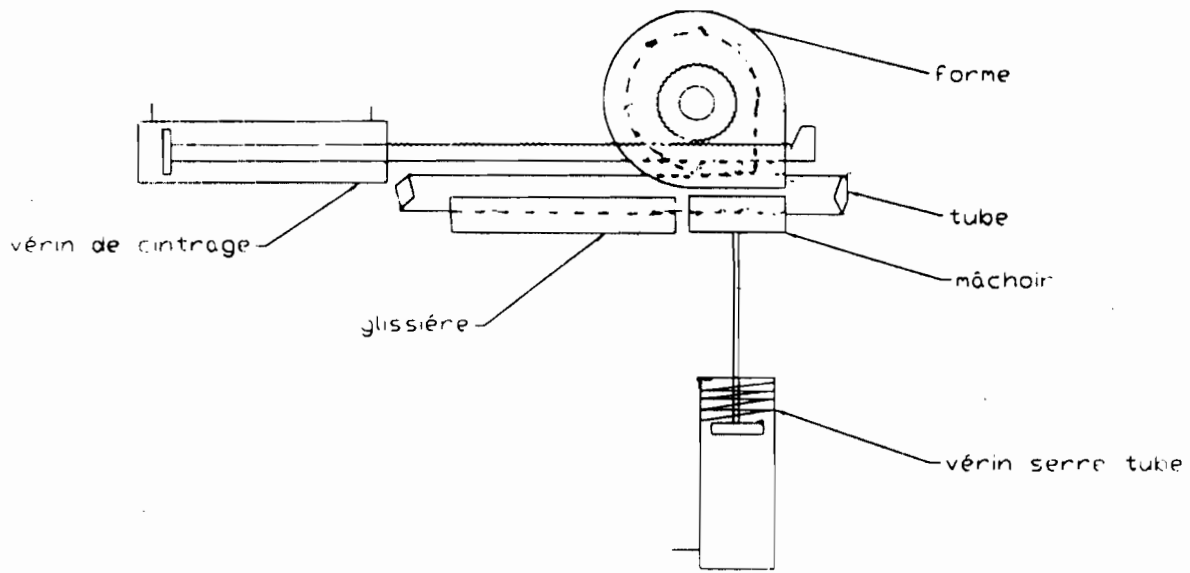
**Tableau 4.1 :**Phase, cycle et action

Phase	Cycle	Action
1	$V_1$	$Y_A$
2	$V_2$	$Y_B$
3	$V_1$	$X_A$
4	$V_2$	$X_B$

#### IV.1.3-Schéma synoptique de fonctionnement

Comme fonctionnement sommaire il faut :

- ♣ Pincement du tube par  $V_1$ (vérin pince'tube )
- ♣ La rotation de l'ensemble tube et vérin  $V_1$  sous l'action de  $V_2$





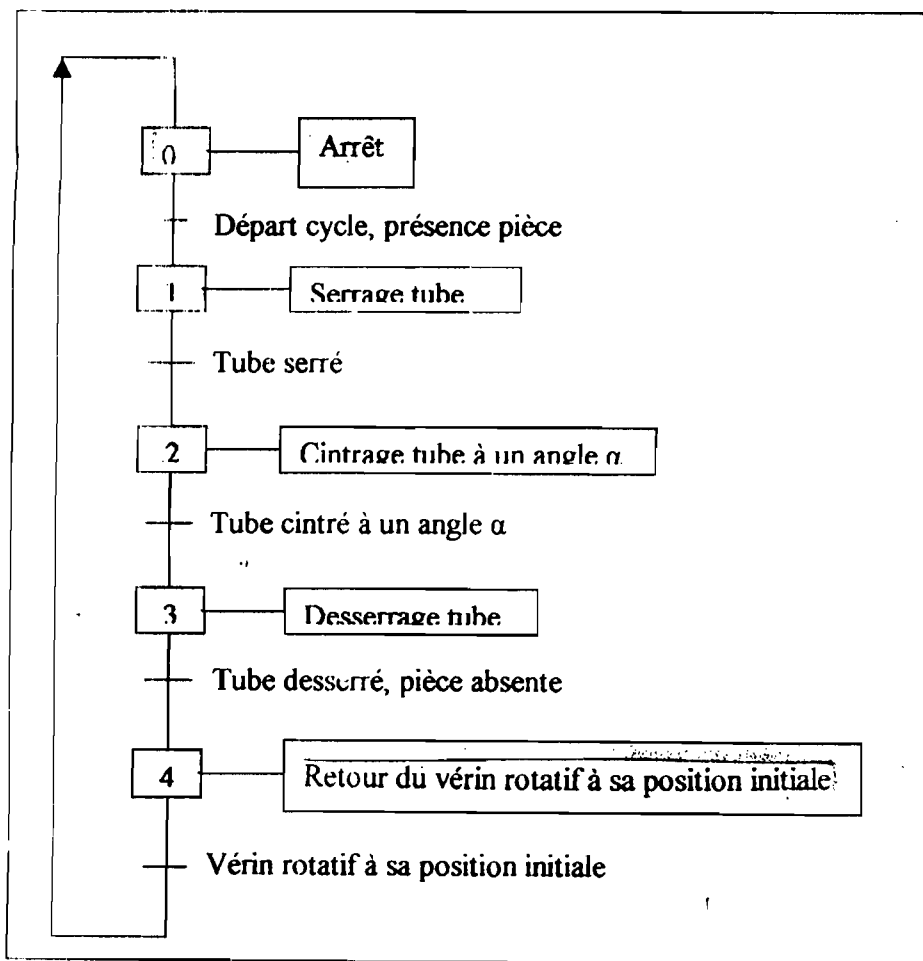
#### IV.1.4-Diagramme fonctionnel « GRAFCET »

Le **GRAFCET** c'est un **GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape/Transition**.

Ce diagramme décrit les fonctions et les comportements d'un système de commande pour un processus automatisé.

Il sert notamment à la définition du cahier des charges ,à la réalisation , à l'exploitation et à la maintenance .

##### IV.1.4.1-Grafcet Niveau 1 (grafcet du point de vue système)



P: Capteur de présence pièce

m: Bouton poussoir assurant le démarrage cycle par cycle

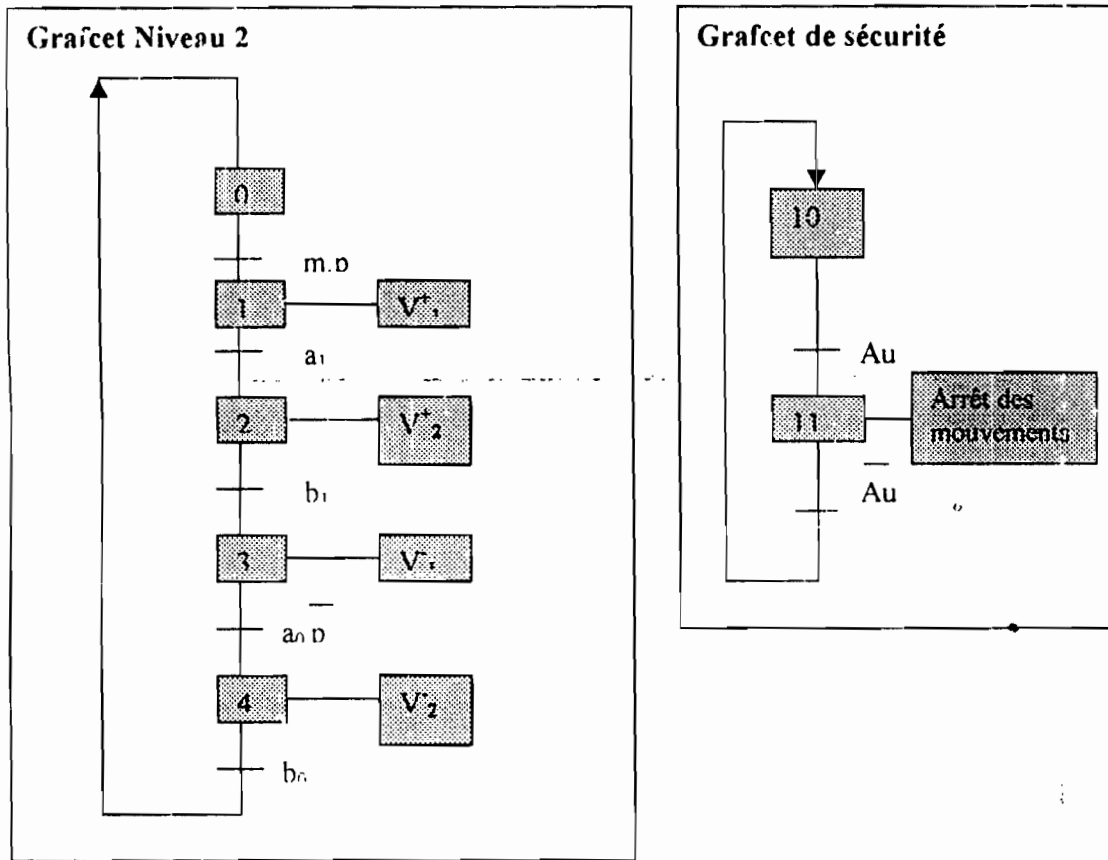
a: Capteur définissant le tube est serré

b<sub>1</sub>: Capteur définissant l'angle de cintrage

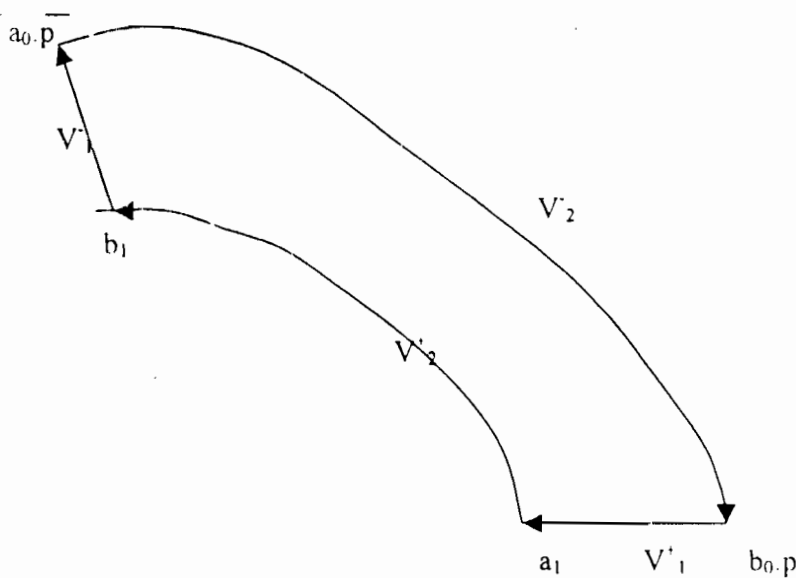
a<sub>2</sub>: Capteur définissant le desserrages du tube

b<sub>0</sub>: Capteur définissant que le vérin rotatif est à sa position initiale

### IV.1.4.2-Grafcet Niveau 2 (grafcet du point de vue Partie Opérative)



### IV.1-5 .Diagramme des mouvements



#### IV.1.6-Cycle

##### **PHASE 1 SERRAGE DU TUBE : $Y_A$ impulsé**

Avance de  $V_1$  ; en fin d'avance chute de pression  $a_1$  actionné

##### **PHASE 2 CENTRAGE DU TUBE A UN ANGLE : $Y_B$ impulsé**

Autorisé par  $a_1$  actionné en fin de course  $b_1$  est informé

##### **PHASE 3 DESSERAGE DU TUBE : $X_A$ impulsé**

Autorisé par  $b_1$  informé en fin de course  $a_0$  est informé.

##### **PHASE 4 RETOUR DU VERIN ROTATIF A SA POSITION INITIALE :**

$X_B$  impulsé

Autorisé par  $a_0$  informé en fin de course  $b_0$  est informé .

#### IV.2-Technologie des séquenceurs

##### IV.2.1-module de phase

La création d'un module séquenceur pneumatique permet de résoudre directement à partir d'un grafcet tous les schéma de porté automatique. Chaque fabricant a réalisé des éléments associables permettant de réaliser des systèmes de séquences .

Par exemple des fabricants comme TELEMECANIQUE ,CLIMAX ,CROUZET

Les PAS A PAS MODULAIRE PNEUMATIQUE permettent la réalisation immédiate ( sans recherche d'équations ) d'une commande d'un cycle séquentiel d'automatisation (même le plus complexe) et de visualiser facilement le déroulement de ce cycle (intéressant pour le dépannage). A chaque phase du cycle correspond un MODULE DE PHASE ou mieux d'ETAPE. Ce module émet un

signal de commande qui provoque une (ou plusieurs ) action sur la machine .Dès la fin de cette action un signal en retour lui revient. Il informe alors le module suivant qui provoque une autre action etc....

#### IV.2.2-Rappel du principe de séquenceur

Un séquenceur est une association de modules correspondant au nombre d'étapes du cycle à réaliser .

#### IV.2.3-constitution d'un module de phase

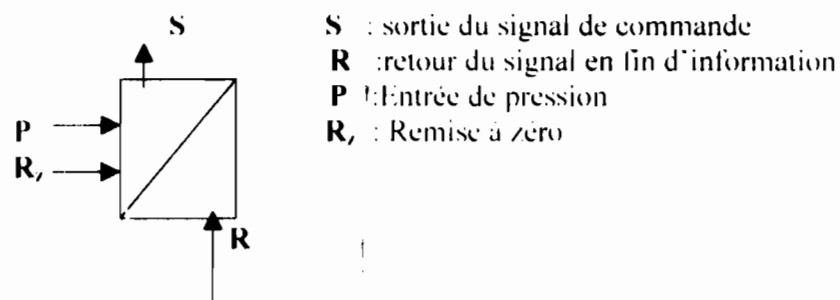


Figure 4.3 :Constituant d'un module de phase

#### IV.2.4-Principaux avantages

- a )La conception d'un automatisme est simplifiée par le passage presque direct du diagramme fonctionnel au schéma du séquenceur,
- b )le déroulement du cycle est visualisé étape par étape,
- c )le cycle ne peut se dérouler que dans l'ordre prévu ,seule la fonction en service valide le module suivant.
- d )l'utilisation d'élément standard permet les modifications faciles , la mise la mise en œuvre et l'entretien rapide.

#### IV.2.5-Schema du séquenceur

La succession du mouvement est linéaire .Un seul mouvement par étage

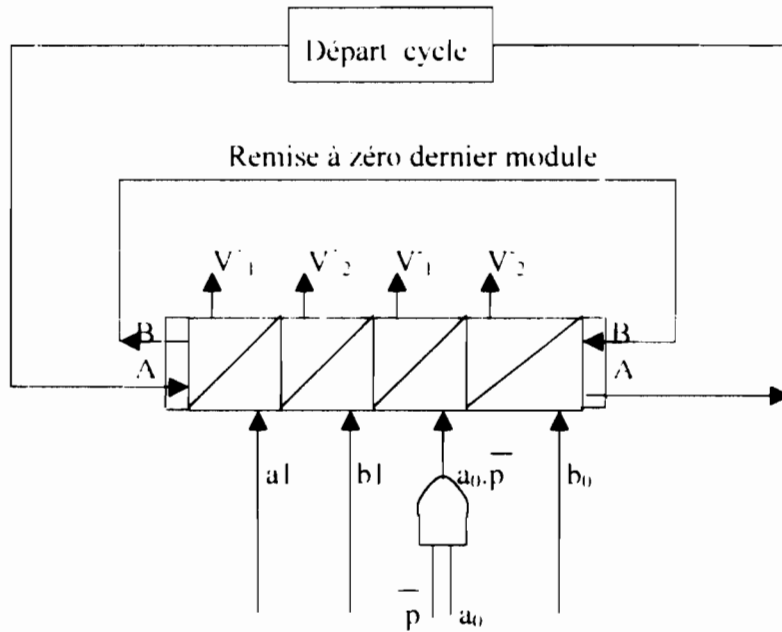
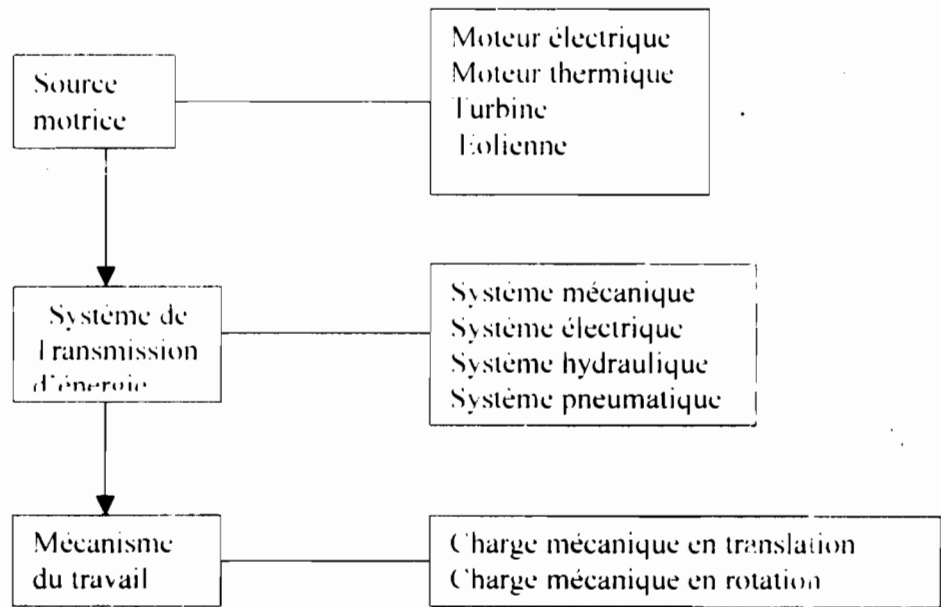


Figure 4.4 : Succession de mouvement linéaire du séquenceur

### IV.3- Choix des moyens

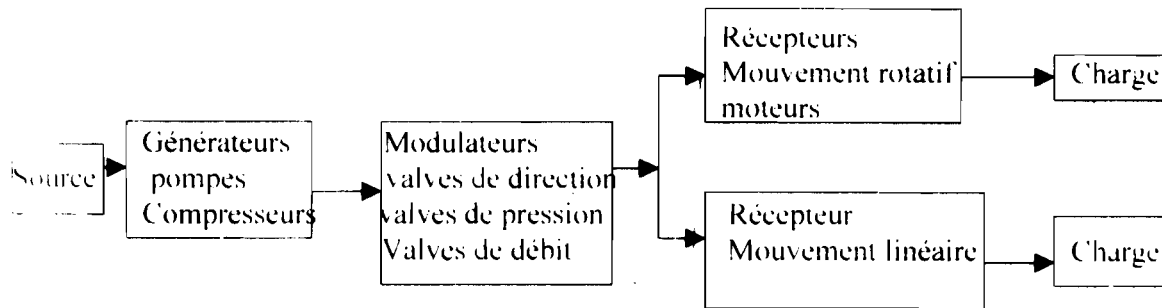
#### IV.3.1-Système de transmission d'énergie

Nous pouvons disposer de quatre systèmes de transmission qui sont : la transmission Mécanique , Hydraulique ,Electrique et pneumatique .



MACHINE: Organigramme montrant la liaison qu'un système de transmission d'énergie établit entre une source motrice et un mécanisme de travail

### Diagramme de composante active d'un système à fluide



### IV.3-2 Sources d'énergie

Pour la réalisation de cette automatisation nous disposons diverses sources d'énergie qui peuvent être l'hydraulique, l'électricité et le pneumatique

#### IV.3.2.1-L'hydraulique

Très utilisé, elle offre une gamme de pression très variée ; en haute pression, le rapport encombrement sur effort et sa régularité de mouvement la destine surtout aux installations mobiles.

En moyenne et basse pression, elle est utilisée à la machine outil du fait de sa régularité de mouvement. Elle satisfait aux conditions suivantes.

- ◆ Efforts important
- ◆ Vitesses moyennes et lentes
- ◆ Réglages précis
- ◆ Blocage en position
- ◆ Travail possible en ambiance humide ou explosive
- ◆ Vitesse  $\leq 0.5 \text{ m.s}^{-1}$
- ◆ poussée théorique 500N à 2MN (8bars < p < 300bars )

- ♣ rendement volumétrique 0.95
- ♣ rendement 7 à 90%

Malgré tout on peut recenser des inconvénients comme :

- ♣ Installation complexe
- ♣ Maintenance exigeante
- ♣ Fuites gênantes
- ♣ Coût élevé

#### IV.3.2.2- L'électricité

Elle est utilisée dans plusieurs domaines d'automatisation et satisfait les conditions suivantes sous basse tension . Certains de ces caractéristiques peuvent être déterminer

Avec un rendement de  $\approx 0.9$ .

Poussé théorique qui varie selon le moteur et le système de transmission de mouvement :

- ♣  $1500N \leq F \leq 6000N$
- ♣ Vitesse  $0.01m.s^{-1} < v < 0.06ms^{-1}$
- ♣ Course  $50 \leq e \leq 700$

Electro-aimants :

- ♣ faible poussée
- ♣ Faible course
- ♣ Vitesse incontrôlable

Moteurs linéaires : ♣ Encore peu employé

#### IV.3.2.3-Pneumatique

Utilisant des pressions relativement faibles , il est employé en toute atmosphères .Il est surtout destiné aux problèmes de manutentions , transfert, bridage de pièces ,cycle de machine outils nécessitant des efforts moyens . Il répond aux critères suivants :

- ♣ rendement 30 à 50%
- ♣ poussée théorique 20N à 50000N ( $2\text{bars} < p < 10\text{ bars}$  .
- ♣ vitesse 0.2 à 0.3ms<sup>-1</sup>
- ♣ rendement volumétrique 50%

Certains avantages peuvent être retenu :

- ♣ Installation et maintenance faciles
- ♣ Poids et encombrement faibles
- ♣ Travail possible en ambiance humide ou explosive

Inconvénients

- ♣ Forte consommation d'énergie
- ♣ Fonctionnement bruyant

Après l'analyse de ces trois sources , la source pneumatique reste la source qui satisfait le plus à nos critères .elle est par conséquent choisie pour notre conception.

### **IV.3.3-Choix des actionneurs et pré actionneurs**

#### **IV.3.3.1 les distributeurs**

Pour alimenter un moteur à un ou deux sens de rotation il suffit de prévoir un appareil destiné à répartir le fluide dans les canalisations d'utilisations .Mais quand il s'agit d'actionner un vérin il est nécessaire de commander



alternativement le remplissage et le vidange et on est ainsi conduit à utiliser un distributeur .

► **Fonction d'un distributeur :**

C'est un appareil destiné à répartir le fluide dans les canalisations d'utilisations, accouplé à un vérin il assure le remplissage et le vidange de celui-ci.

► **Présentation d'un distributeur :**

Un distributeur est constitué par un corps en acier ou alliage léger Il comporte plusieurs orifices dans certains cas des cylindres en aciers chromé .Il assure simultanément les passages nécessaires à la distribution ,plusieurs voies pour des positions d'un seul organe mobil dont le déplacement peut être commander :

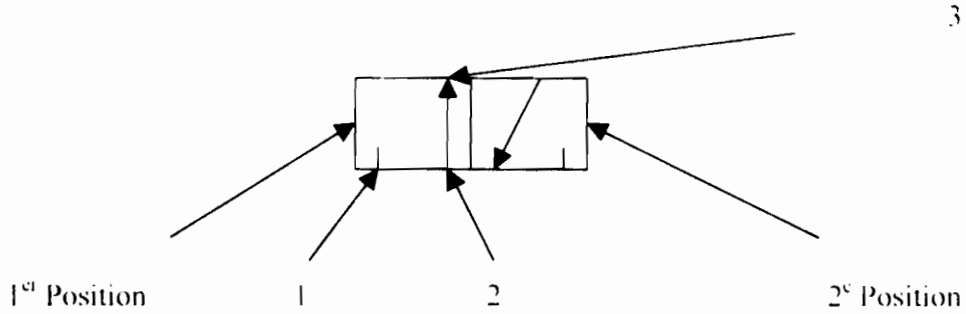
- ◆ Soit par un opérateur agissant sur un levier ,un bouton poussoir ou une pédale.

- ◆ Soit automatiquement par le mouvement d'un mécanisme agissant sur un pouvoir ; un levier à galet ,par le pneumatique ou l'électropneumatique ressort ,par éclaircissement ,ou un levier à buté basculante éclipsable (pour action dans un seul sens du mouvement. Pour différents cas de commandes énumérés jusque là la commande peut-être direct ou indirect .

Dans notre projet un distributeur 3/2 à commande et rappel electropneumatique à été choisi pour la distribution de l'air au niveau du vérin pince tube et un distributeur 5/2 à commande et rappel pneumatique à été choisi pour la distribution de l'air au niveau du vérin rotatif.

**a-Distributeur 3/2 à commande et rappel électropneumatique**

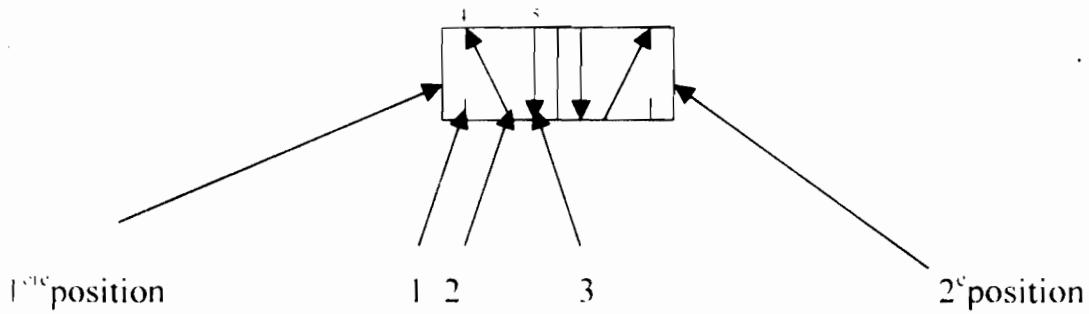
C'est un distributeur à 3 orifices et 2 positions dont la commande et le rappel sont automatiques et ils sont d'origines électropneumatique .



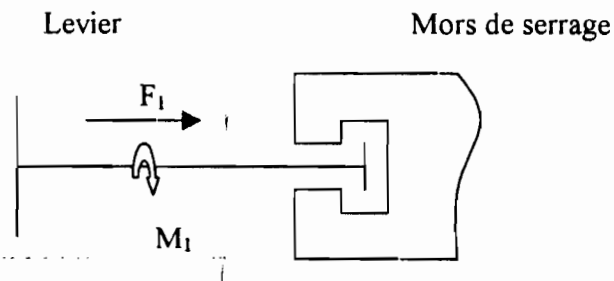
**Figure 4.5:**Distributeur 3/2

**b-Distributeur 5/2 bistable à commande et rappel pneumatique**

C'est un distributeur à 5 orifices et deux positions dont la commande et le rappel sont automatique et d'origine pneumatique .



**Figure 4.6 :**Distributeur 5/2



**Figure 4.7 : Schéma de serrage tube**

A l'aide d'une clé dynamométrique on peut déterminer le moment  $M$  exercé par l'opérateur pour le serrage du tube . cette valeur est obtenu directement par lecture .

Le bras de levier  $d_1=100\text{mm}$

Le moment exercé  $M_1=10\text{N.m}$

D'où on peut déterminer la force de serrage  $F_1$

$$M_1 = F_1 \times d_1 \Rightarrow F_1 = \frac{M_1}{d_1} = 100\text{N} = 10\text{daN}$$

$$F_1 = \frac{10}{0.1} = 100\text{N} = 10\text{daN}$$

En fonction de cet effort le vérin ci- dessous a été choisi, ce dernier exerce 46 daN sous une pression de 6bars .avec un coefficient de sécurité  $s_1$  .

En notant  $F_{v1}=46\text{ daN}$

$$s_1 = \frac{F_{v1}}{F_1} = \frac{46}{10} = 4,6$$

Vérin choisi (voir catalogue composante pneumatique d'automatisation JOUCOMATIC)

**Tableau 4.2:** Caractéristiques du vérin pince tube  $V_1$

Diamètre verin	Course	Reference	Code
32mm	100mm	PES32A100DM	45000003

**Tableau 4.3:** Pression de fonctionnement recommandée et facteur de sécurité

Pression(bar) P	10	8	6	4	2
facteur de sécurité $s_f$	7,7	6,2	4,6	3	1,3

C'est un verin simple effet tige rentrée ou sortie

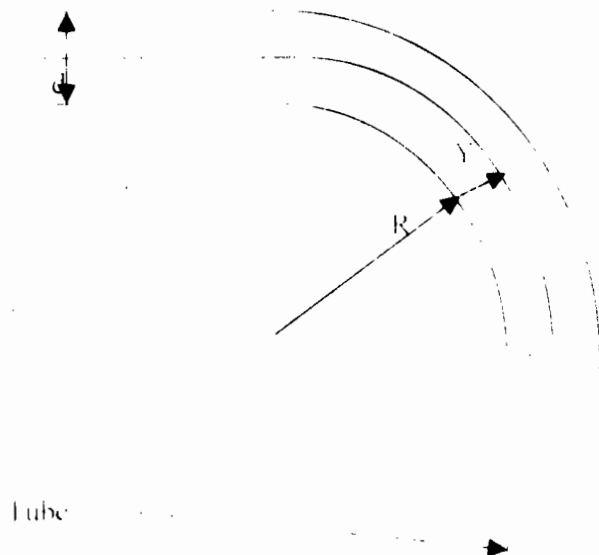
## Conclusion

Le serrage pourra se faire avec un bon facteur de sécurité pour les pressions variant de 2 à 10bars.

## 2-Vérin de cintrage $V_2$

### 2-1-Détermination du rayon de cintrage en fonction du diamètre du tube

Les tubes à cintrer sont des aciers doux donc un allongement de  $A\%$  14% est acceptable pour le fibre exterieur.



**Figure 4.8 :** tube cintré

Par définition la fibre neutre étant la fibre qui ne change pas de longueur au début et à la fin du cintrage, l'allongement est défini comme suit :

Par définition la fibre neutre étant la fibre qui ne change pas de longueur au début et à la fin du cintrage . L'allongement est défini comme suit :

$$A\% = \frac{(R+d)-(R+Y)}{R+Y} = \frac{d-Y}{R+Y}$$

La fibre neutre correspond à  $Y = \frac{d}{2}$  d'où on a

$$A\% = \frac{(d - \frac{d}{2})}{R + \frac{d}{2}} \Rightarrow R = \frac{d - \frac{d}{2}}{A\%} - \frac{d}{2}$$

$$R = \frac{d}{2 * 0.14} - \frac{d}{2} = \frac{d}{0.28} - \frac{d}{2} = d \left( \frac{1}{0.28} - \frac{1}{2} \right) = 3.07d \approx 3d$$

R = 3d
--------

Ce rayon R nous permet d'avoir la force nécessaire pour le couple de cintrage

## 2-2-Détermination de la force nécessaire pour le vérin $V_2$

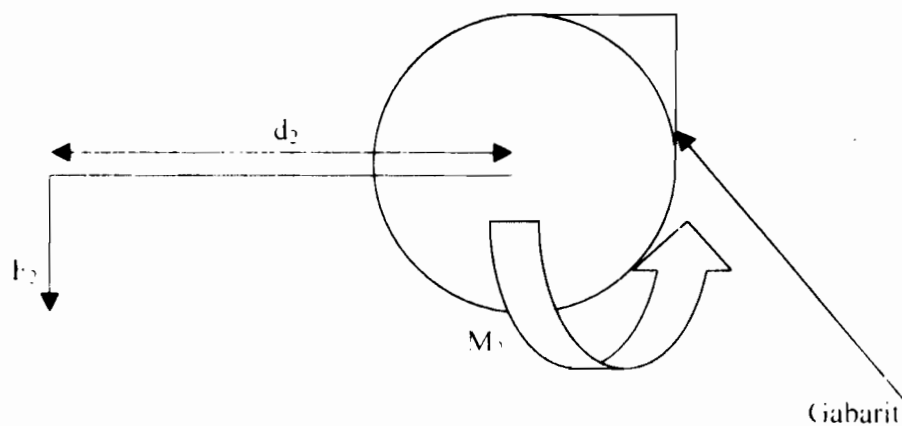


Figure 4.7: Schema montrant le couple de cintrage

Pour le cintrage des tubes ce moment doit être conservé et il nous reste maintenant à déterminer la force concentrée au niveau du gabarit en fonction des différents des types de tube.

**Rappel**

Tube Rond  $\Phi=32, \Phi=22, \Phi=20$

Tube carré  $C=30, C=25, C=20, C=16$

Le rayon moyen de cintrage  $R=3*\Phi$  pour les tubes ronds

$R=3*C$  pour les tubes carrés

La force concentrée  $F_c$  exercée au niveau du

tube est alors égale à :  $F_c = \frac{M_2}{R} = 520,833 \text{ daN}$

**Exemple :** pour  $\Phi=0.032\text{m} \Rightarrow R=0.096$  et  $M=500\text{N.m}$  On a alors

$$F_c = \frac{500}{0.096} = 5208,33\text{N}$$

Ce même principe est appliqué pour le calcul des autres forces

**Tableau 4.4 :** Force concentrée de cintrage en fonction du rayon de cintrage et d'un couple constant

$\Phi$ ou C(m)	$\Phi=0,032$	$\Phi=0,022$	$\Phi=0,020$	C=0,03	C=0,025	C=0,02	C=0.016
Moment M(Nm)	500	500	500	500	500	500	500
R(m)	0,096	0,066	0,06	0,09	0,075	0,06	0,048
Force(N)	5208,33	7575,75	8333,33	5555,56	6666,67	8333,33	1041,667
Force(daN)	520,833	757,575	833,333	555,556	666,667	833,333	1041,667

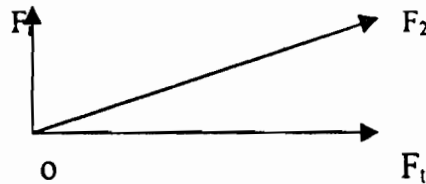
D'après le tableau la force maximale nécessaire pour le cintrage des tubes doit avoir une grandeur de  $F_c=1041,667\text{daN}$ . Par l'intermédiaire d'un système

pignon crémaillère le vérin transmet à l'arbre cette force. Le diamètre primitif du pignon choisi étant égale à  $d=486\text{mm} \Rightarrow R=243\text{mm}$

La force déployée par le vérin est  $F_2 = ?$

$$M = F' \cdot 0.048 = F_c \times 0.243 \Rightarrow F_2 = \frac{1041,667 \cdot 0.048}{0.243} = 205,76 \text{ daN}$$

$$F_2 = 205,76 \text{ daN} = F_t$$



$\alpha = \text{angle}(F_1, F_2) = 20^\circ$  c'est l'angle de pression de la roue du système pignon crémaillère. La force qui crée le moment est la force  $F_1$ .

$$\text{donc } F_{v2} = \frac{F_1}{\cos 20^\circ} = \frac{205,76}{\cos 20^\circ} = 218,966 \text{ daN}$$

Sous une pression de 8bars le vérin choisi (voir ci-dessous) exercera une force  $F_2 = 600 \text{ daN}$  on obtient ainsi un coefficient de sécurité  $s_2$  :

$$s_2 = \frac{F_2}{F_{v2}} \quad s_2 = \frac{285}{218,966} = 1,30 \quad s_2 = 1,30$$

Le vérin choisi est un vérin double effet AFNOR -VDMA -ISO (voir catalogue JOUCOMATIC).

**Tableau 4.5 :** Caractéristiques du vérin choisi

**Tableau 4.5 :**Caractéristiques du vérin choisi

$\Phi$ alésage (mm)	Course (mm)	Code	Référence
80	630	45000536	PES80TA630R-DM

**Tableau 4.6 :**Force développée par les vérins avec un couple variable

$\Phi$ ou $\Phi=0,032$	$\Phi=0,022$	$\Phi=0,020$	$C=0,030$	$C=0,025$	$C=0,020$	$C=0,016$	
C(m)							
M(N.m)	500	343,75	312,5	468,75	390,625	312,5	250
R(m)	0,096	0,066	0,060	0,09	0,075	0,06	0,048
F(daN)	520,833	520,833	520,833	520,833	520,833	520,833	520,833
F <sub>i</sub> (daN)	205,761	141,461	128,601	192,901	160,751	128,601	102,881
F <sub>R</sub> (daN)	218,966	150,539	136,854	205,281	171,067	136,854	109,483

**Tableau 4.7:**Pression de fonctionnement et facteur de sécurité selon le tube

Pression (bar)	10	8	6	4
$\Phi=32$	s=2,19	s=1,75	s=1,30	s=0,84
$\Phi=22$	s=3,18	s=2,55	s=1,89	s=1,22
$\Phi=C=20$	s=3,50	s=2,81	s=2,08	s=1,35
C=30	s=2,33	s=1,87	s=1,38	s=0,90
C=25	s=2,80	s=2,25	s=1,66	s=1,08
C=16	s=4,38	s=3,51	s=2,60	s=1,68



A partir de ce tableau nous pouvons conclure que le vérin  $V_2$  peut fonctionner avec une sécurité parfaite au delà d'une pression de 4bars ce qui concerne le cintrage des tubes ronds  $\Phi=20$ ,  $\Phi=22$  et carrés  $C=16$ ,  $C=20$  et  $C=25$ . Pour une pression de 4bars seuls le cintrage des tubes  $\Phi=32$  et  $C=30$  seront en difficultés.

Tableau 4.8: Efforts développés par les vérins  $V_1$  et  $V_2$

$\Phi$ Vérin (mm)	$\Phi$ Tige(mm)	efforts dynamiques développés ,en daN, en fonction de la pression d'alimentation ( bar )				
		2 bar	4 bar	6 bar	8 bar	10 bar
32	12	13	30	46	62	77
80	25	88	185	285	385	480

## **Chapitre V: Organes de transmission et de distribution de l'énergie ,de sécurité et accessoires**

- ◆ Schéma de principe de fonctionnement
- ◆ Schéma de puissance

## Chapitre V : Organes de transmission et de distribution de l'énergie de sécurité et accessoires

### ► Distributeur 5/2 bistable à applique ISO1 (JOUCOMATIC)

- ◆ Commande et rappel pneumatique
- ◆ Fluides air ou gaz neutre , filtre , lubrifié ou non
- ◆ Pression d'utilisation 0 à 12 bars
- ◆ Pression de commande 1.5 à 12 bars
- ◆ Température admissible -10°C à +60°C
- ◆ Code 54101019

### ► Distributeur 3/2 (JOUCOMATIC)

- ◆ Commande électro-pneumatique et rappel ressort
- ◆ Fluides air et gaz neutre filtré ,lubrifié ou non
- ◆ Température admissible -25°C à 60°C
- ◆ Débit ( $Q_v$  à 6bars ) 860l/min
- ◆ Consommation bobine 3.5VA/2.5W
- ◆ Tension standard CA (-) : 230V /50Hz

### ► Réduction de débit orientable ,adaptable sur vérin (JOUCOMATIC)

- ◆  $\Phi$  implantation G3/4

### ► Détecteur de proximité ( capteur de fin de course ) :a0 ,a1

C'est un mini-détecteur de position Magnéto-Résistive (MR)

- ◆ Puissance commutable maxi 6W
- ◆ Tension commutée maxi 10 à 30Vcc

♣ Intensité commuté maxi	200mA
♣ Branchement	PNP
♣ Résistance d'isolement	$10^{10} \Omega$
♣ Temperature d'utilisation	-20°C , +70°C

(Voir catalogue TELEMECANIQUE)

**Tableau 5.1 :** Détecteur pour verms K-KN-PEC

Connectique	Code
Cable PVC5m	88100194
Connecteur M8	88100192

► **Fixation pour vérin PES** (Voir catalogue JOUCOMATIC)

**Tableau 5.2 :** Fixation pour vérin PES

$\Phi$ Vérin	Code
80mm	888100155

► **Capteur de fin de course : b0 ,b1** (Voir catalogue Schneider Electric).

C'est un interrupteur de position ( détection électromécanique) dont la vitesse de déplacement des contacts mobiles est proportionnelle à 0.001m/s .Ref :XCKJ161

► **Capteur de présence pièce : p**

Ce capteur est du même type que la détection électromécanique (interrupteur de position )

► **Bouton d'arrêt d'urgence** (Voir catalogue Schneider Electric).

C'est un bouton à tête et fixation métallique

- ♣ Température ambiante pour fonctionnement -25 +70°C
- ♣ Température ambiante pour stockage -40 +70°C
- ♣ Ref XB6AS8349B

► **Bouton marche arrêt m** (voir catalogue Schneider Electric).

C'est un bouton tournant de forme ronde

- ♣ Type de poussoir à manette
- ♣ Reference XB5-AD33
- ♣ Harmony Style 5
- ♣ Bouton à collerette plastique

► **Module de phase ou séquenceur (TELEMECANIQUE)**

- ♣ 4modules de phase

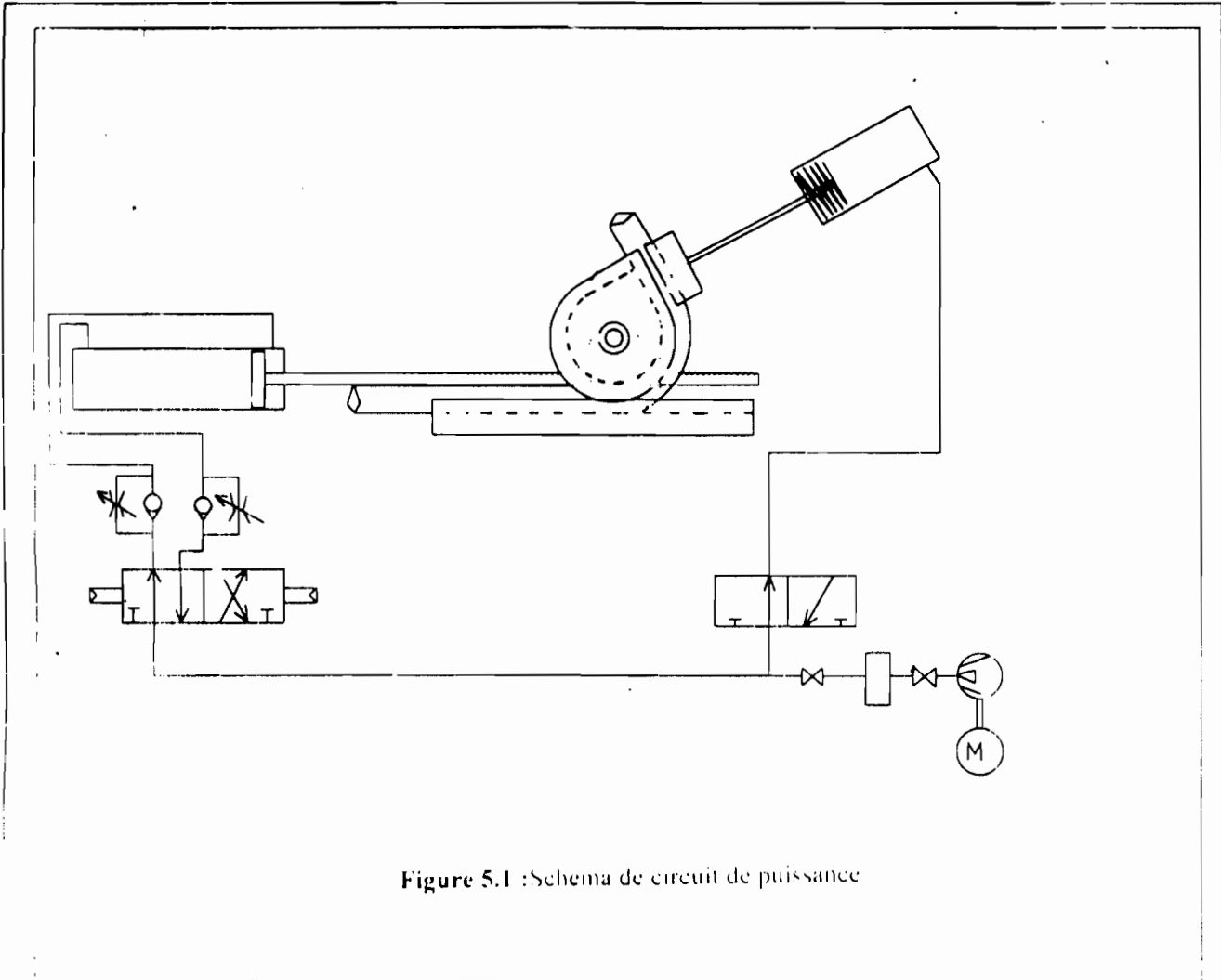
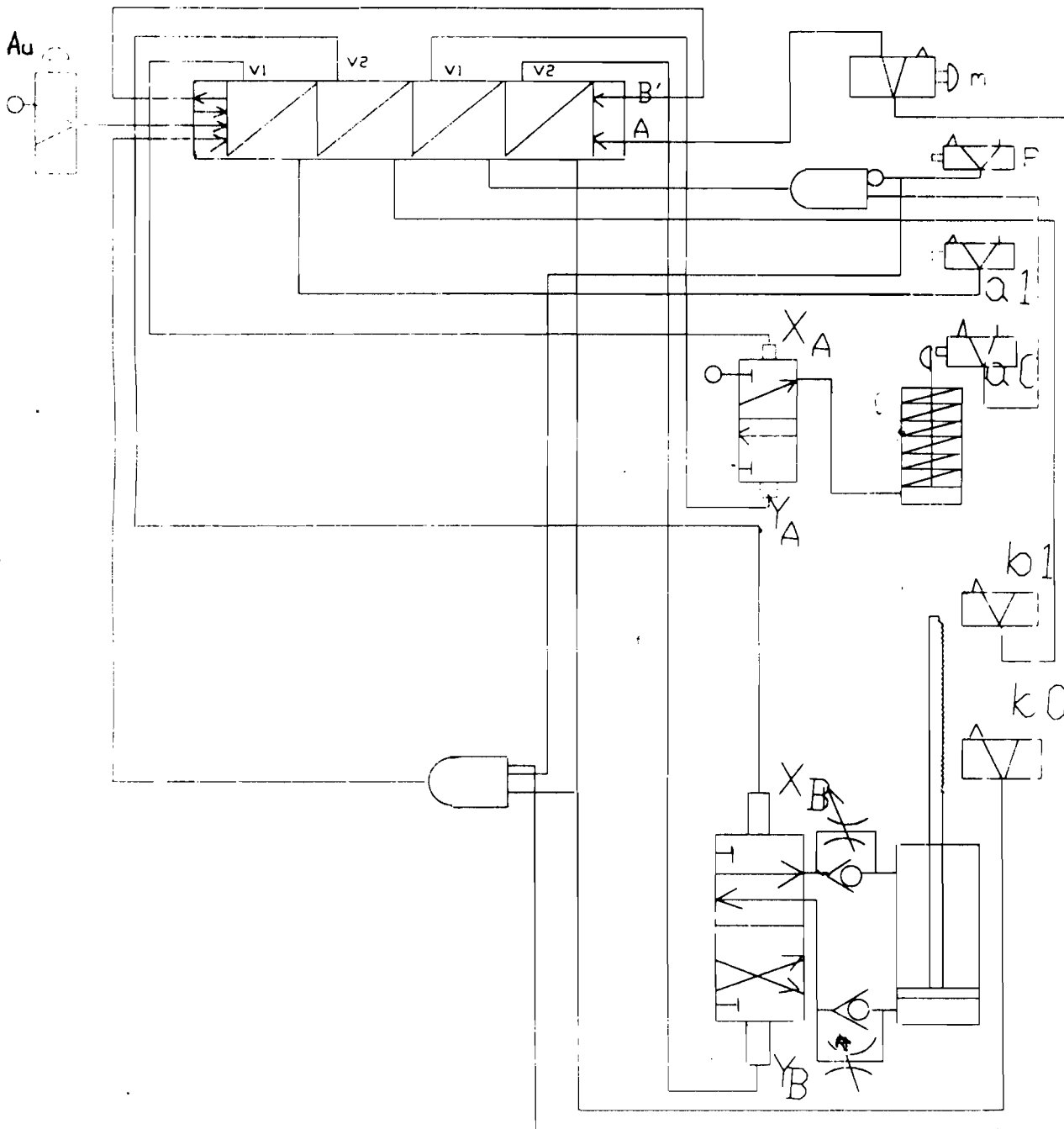


Figure 5.1 :Schema de circuit de puissance

# schema de fonctionnement



## **Chapitre VI : Etude mécanique**

VI.1. Dimensionnement de l'arbre de transmission

VI.2. Dimensionnement du système pignon crémaillère

VI.3. Choix des roulements



## Chapitre VI ETUDE MECANIQUE

### VI.1 Dimensionnement de l'arbre de transmission

L'arbre doit transmettre la force exercée par le vérin par l'intermédiaire du système pignon crémaillère .Soit :

$P_{Mo}$  : la puissance maximale optimale à transmettre

$P_{Ma}$  : la puissance maximale admissible à transmettre

$F$  : la force maximale que peut exercer le vérin  $V_2$  sous une pression de 10bars

$\Omega_{MO}$  : la vitesse de rotation maximale optimale de la l'arbre

$\Omega_{Ma}$  : la vitesse de rotation maximale admissible

$R_{pg}$  : la contrainte admissible de l'acier mi-dur

$G$  : le module d'élasticité de l'acier

$V_{Mo}$  : la vitesse maximale optimale du vérin  $V_2$

$V_{Ma}$  : la vitesse maximale admissible du vérin  $V_2$

$R$  : le rayon primitif de la roue du système pignon crémaillère

$M_o$  : le moment optimale que la exerce

$M_a$  : le moment admissible que la force exerce

$$F=480daN \quad \text{avec un coefficient de sécurité de } s=2,19$$

$$R_{pg} = 8daN/mm^2 \quad V_{Mo} \leq 1m/s \quad R_a = 243mm$$

$$G=8000daN/mm^2 \quad V_{Ma} = 2m/s$$

$$P=F \times V \cos \alpha \quad \text{AN: } P_{Ma}=4800*2*\cos 20^\circ=9020W$$

$$P_{Ma}=9020W$$

$$P_{Mo}=4800*1*\cos 20^\circ=4510,5W \quad P_{Mo} = 4510,5W$$

$$\Omega_{MO} = \frac{V_{Mo}}{R_a} \quad \text{AN : } \Omega_{Ma} = \frac{2}{0.1125} \quad \Omega_{Ma} = 8,23rad/s$$

De la même façon on trouve

$$\Omega_{MO} = 8.88 \text{ rad/s} \quad M = P/\Omega$$

$$M_u = \frac{14095,39}{17,77 \times \pi} = 252,48 \text{ N.m}$$

$$M_u = 348,86 \text{ N.m} = 34,886 \text{ daN m}$$

$$M_o = \frac{7047,695}{8.88 \times \pi} = 252,48 \text{ N.m}$$

$$M_o = 348,86 \text{ N.m} = M_u = M$$

Condition de sécurité  $\frac{I_o}{v} \geq \frac{M}{R_{pg}}$  avec l'expression  $\frac{I_o}{v}$  est appelée module

de torsion de section de l'arbre .

La section de l'arbre étant circulaire pleine

♣ Moment quadratique polaire  $I_o$  :  $I_o = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0.1 d^4$

♣ le module de torsion  $v$  étant égale à  $\frac{d}{2}$  alors on a :

$$\frac{I_o}{v} = \frac{0.1 d^4}{\frac{d}{2}} \approx 0.2 d^3 \quad \frac{I_o}{v} \approx 0.2 d^3$$

Alors la condition de sécurité donne

$$\frac{I_o}{v} \approx 0.2 d^3 \geq \frac{M}{R_{pg}} \quad \Rightarrow \quad d \geq \sqrt[3]{\left( \frac{M}{0.2 \times R_{pg}} \right)} \text{ AN :}$$

$$\text{AN } d \geq [34886 / (0,2 * 8)]^{(1/3)}$$

$$d \geq 27,937 \text{ mm}$$

$$d \geq 27,937 \text{ mm}$$

pour éviter une brusque détente en cas de variation de variation brutale du couple ,le diamètre de l'arbre sera calculé pour que la déformation angulaire entre les sections extrêmes soit inférieure à une valeur maximale ;si non l'arbre se comporte comme un ressort de torsion .On fixe alors une limite à la

déformation de torsion telle que l'angle de torsion unitaire  $\theta$  reste inférieur à une valeur maximale. Pour les arbres de transmission la déformation est de l'ordre de  $1^\circ$  (voir ELEMENTS DE MACHINES Gilbert DROUIN, Michel GOU, Pierre THIIRY Robert VINET : deuxième édition) de pour une distance équivalente égale 20 fois le diamètre.

la formule de déformation étant :  $\frac{\theta}{L} = \frac{M_a}{I_p G} < \frac{1^\circ}{L} = \frac{\pi}{180L}$

$$\theta = (M_a * L) / [(\pi d^4 / 32) * G] < \pi / 180 \text{ or } L = 20d$$

alors  $d^3 > (180 * 32 * M_a * 20) / (\pi^2 * G)$  d'où

$$d = [(180 * 32 * M_a * 20) / (\pi^2 * G)]^{1/3}$$

AN :  $d \geq [(180 * 32 * 34886 * 20) / (\pi^2 * 8000)]^{1/3} = 37,06 \text{ mm}$

$$d \geq 37,06$$

## VI.2 Dimensionnement du système pignon crémaillère

Choix du nombre de dents de la roue  $Z_2 = 54$

$$F_t = F_b \cos \alpha \quad \text{or} \quad F_b = 4800 \text{ N} \quad \Rightarrow \quad F_t = 4800 \cos 20^\circ = 4510,525 \text{ N}$$

### VI.2.1-Détermination du matériau

$\sigma_o$ : contrainte de base

$Y_F$ : Facteur de forme

$Y_S$ : Facteur de concentration de contrainte

$Y_c$ : Facteur de conduite

$C_v$ : coefficient de vitesse

$C_{sm}$ : coefficient de service correspondant à la nature du moteur

$C_{sm}$ : coefficient de service correspondant à la nature du récepteur

$K_f$ : Terme représentatif du nombre de cycle N

$$\frac{F_{lm}}{b.m} \times Y_F \times Y_S \times Y_\varepsilon \times C_{sm} \times C_{sr} \times C_{l'} \leq \sigma_o \times K$$

♣ **Facteur de forme :  $Y_F$**

$Z_2=54$  et  $x = +0,5$

$Y_F=f(Z,x)$  pour  $\alpha_o$  (angle de pression)= $20^\circ$  (voir Tableau 1 de l'annexe)

Alors  $Y_F=2,15$

♣ **Facteur de conduite :  $Y_c$**

*Calcul du rapport de conduite totale  $\varepsilon_\alpha$*   $\varepsilon_\alpha = y_1 U_1 + y_2 U_2$

$ha_1=y_1 m$  et  $ha_2=y_2 m$  pour les dentures normales  $y_1=y_2=1$

$$U_i = \frac{1}{\pi \cos \alpha} \times \frac{1 + \frac{1}{N_i}}{\frac{\sin \alpha}{2} + \sqrt{\frac{\sin^2 \alpha}{4} + \frac{1}{N_i^2} + \frac{1}{N_i}}} \quad \text{avec } N_1=Z_1 \quad \text{et} \quad N_2=\frac{Z_2}{y_2} \quad i=1 \text{ à } 2$$

$$U_1 = \frac{1}{\pi \cos 20^\circ} \times \frac{1 + \frac{1}{24}}{\frac{\sin 20^\circ}{2} + \sqrt{\frac{\sin^2 20^\circ}{4} + \frac{1}{24^2} + \frac{1}{24}}} = 0,877 \quad \text{en faisant le même}$$

raisonnement on trouve  $U_2=0,883$  d'où on a

$$\varepsilon_\alpha = 1 \times 0,877 + 1 \times 0,883 = 1,76 \quad \varepsilon_\alpha = 1,76$$

$\varepsilon_\alpha$  minimal pour la transmission lente est de 1,2 on a  $\varepsilon_\alpha=1,76 > 1,2$  donc

acceptable

$$\varepsilon_\alpha = 1,76 \quad \text{et} \quad Y_\varepsilon = 0,25 + \frac{0,75}{\varepsilon_\alpha} = 0,676$$

♣ **Facteur de concentration de contrainte :  $Y_S$**

$$Z_2 = 54 \quad \text{et} \quad x = +0,5$$

$Y_S = f(Z, x)$  pour  $\alpha_0$  (angle de pression) =  $20^\circ$  (voir Tableau 2 de l'annexe)

$$\text{Alors } Y_S = 1,93$$

♣ **Coefficient de service correspondant à la nature du récepteur :  $C_{Sr}$**

$C_{Sr} = 1,6$  correspondant au classe V (voir tableau IV de l'annexe)

♣ **Coefficient de service correspondant à la nature du moteur :  $C_{Sm}$**

$C_{Sm} = 1,12$  correspondant au classe II (voir tableau IV de l'annexe)

♣ **Coefficient de vitesse :  $C_V$**

$a = 1/6$  correspondant au classe III

Vitesse linéaire que délivre le vérin est de :  $V = 2 \text{ms}^{-1}$

Alors d'après le tableau 7 on peut déterminer  $C_V = 1,24$

♣ **Détermination du terme représentatif du nombre de cycle N :  $K_L$**

La durée de fonctionnement estimé est de 3ans(8h/jour et 300jours/an) soit 7200h

et la vitesse de rotation est de 78,591tr/mn

Le nombre de cycles total :N

$$N = 7200 * 78,591 * 60 = 3,3951 \cdot 10^7 \text{ cycles} \Rightarrow K_L = 0,9 \text{ (voir tableau 8 de l'annexe)}$$

$$\text{Alors } \sigma_o \geq \frac{F_{tm}}{k \times m^2 \times K_L} \times Y_F \times Y_S \times Y_\varepsilon \times C_{Sr} \times C_{Sm} \times C_V$$

$$\text{avec } b = km \text{ et } k = 10, m = 9, F_{tm} = 4510,5N$$

$$\text{AN : } \sigma_0 \geq \frac{4510,5}{10 \times 9^2 \times 0,9} \times 2,15 \times 1,93 \times 0,676 \times 1,6 \times 1,12 \times 1,24 = 38,565 \text{ Nmm}^{-2}$$

En prenant un facteur de sécurité approprié, on pourra avoir une contrainte de base pouvant aller jusqu'à  $\sigma_0 = 125,336 \text{ N/mm}^2$  nous choisissons ainsi

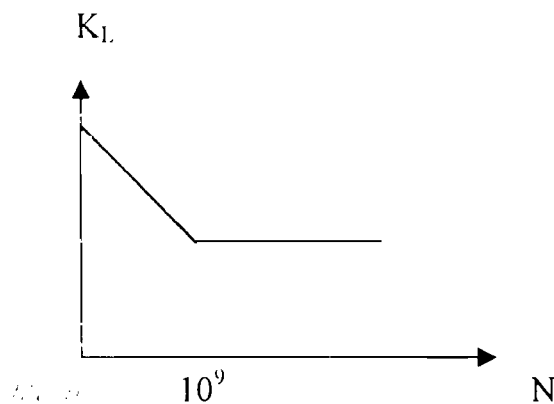
(d'après le tableau 9 de l'annexe) l'acier au carbone XC 32.

### VI.2.2-Vérification du module choisi

♣ *La contrainte admissible correspondante :  $\sigma_{adm}$*

$$\text{-Si } N < 10^9 \text{ cycles } \quad \sigma_{adm} = \sigma_0 \left( \frac{10^7}{N} \right)^{0,1}$$

$$\text{-Si } N \geq 10^9 \text{ cycles } \quad \sigma_{adm} = \sigma_0 \left( \frac{1}{100} \right)^{0,1}$$



pour une durée de vie de 7200h de fonctionnement le nombre de cycle  $N$  est :

$$N = 3.395110^7 \text{ cycles} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{adm} = 125,336 \left( \frac{10^7}{3,3951 \cdot 10^7} \right)^{0,1} = 110,915 \text{ MP}$$

♣ *Coefficient de la largeur de dent :  $k$*

Ce coefficient est choisi empiriquement de telle sorte que  $6 \leq k \leq 10$

Soit  $k = 10$

♣ *Calcul du module minimale :  $m_{min}$*

$$m_{\min} = 2,34 \sqrt{\frac{F_{tm}}{k \times \sigma_{adm}}} = 2,34 \sqrt{\frac{4510,5}{10 \times 110,915}} = 4,718 \text{ mm}$$

♣ **Calcul du module maximal :  $m_{\max}$**

$$m_{\max} = \frac{d}{Z_2} = \frac{486}{54} = 9 \text{ mm}$$

$$m_{\min} < m \leq m_{\max}$$

donc le module normalisé  $m=9\text{mm}$  choisi est adéquat

### VI.2.3-Angle de fonctionnement

Le système pignon crémaillère peut être considéré comme un engrenage

multiplicateur donc les déports  $x_1$  et  $x_2$  sont :

$$x_1 = 0,5 \text{ et } x_2 = 0,5$$

angle de pression  $\alpha = 20^\circ$

$$\text{inv } \alpha' = \frac{2 \tan \alpha (x_1 + x_2)}{Z_1 + Z_2} + \text{inv } \alpha$$

$$\text{inv } \alpha' = \frac{2 \tan 20^\circ \times (0,5 + 0,5)}{25 + 25} + 0,014904 = 0,0294628$$

d'après le tableau de l'annexe

$$\text{inv } 24^\circ = 0,026350 \text{ et } \text{inv } 25^\circ = 0,029975$$

par interpolation on obtient :

$$\text{inv } \alpha' = 0,0294628 \quad \alpha' = ?$$

$$\text{inv } 24^\circ = 0,026350 \quad \alpha_1 = 24^\circ$$

$$\text{inv } 25^\circ = 0,029975 \quad \alpha_2 = 25^\circ$$

$$\alpha' = \alpha_1 + (\text{inv } \alpha' - \text{inv } \alpha_2) \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\text{inv } \alpha_1 - \text{inv } \alpha_2}$$

$$\alpha' = 25 + (0,0294628 - 0,029975) \frac{24 - 25}{0,02635 - 0,029975} = 24,85^\circ$$

$$\alpha' = 24,85^\circ$$

### VI.2.4-Calcul de la résistance de la dent

$$F_t = 4510,5 \text{ N}$$

Facteur de forme :  $y_F$

Facteur de charge partiel :  $y_E$

Facteur de concentration de contrainte avec les conditions de charge appliquées au sommet :  $Y_{sa}$

Facteur d'inclinaison :  $Y_\beta$

Crémaillère :  $y_{F1} = 2,15$  et roue  $y_{F2} = 2,14$

#### Crémaillère

$$\sigma_{F_{\max 1}} = \frac{F_t}{b.m} Y_a Y_E Y_{sa} Y_\beta$$

$$\sigma_{F_{\max 1}} = \frac{4510,525}{90 \times 9} \times 2,15 \times 0,676 \times 1,92 \times 1 = 15,539 \text{ N/mm}^2$$

#### Roue

$$\sigma_{F_{\max 2}} = \frac{F_t}{b.m} Y_{a2} Y_E Y_{sa2} Y_\beta$$

$$\sigma_{F_{\max 2}} = \frac{4510,525}{90 \times 9} \times 2,14 \times 0,676 \times 1,93 \times 1 = 15,547 \text{ N/mm}^2$$

la crémaillère et la roue sont en acier Xc 32

$$\sigma_{Flim} = 16 \text{ daN/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{F_{\max 2}} < \sigma_{F_{\max 1}} < \sigma_{Flim}$$

#### ♣ Diamètres primitifs $d_1$ et $d_2$

$$d_1 = \infty \quad \text{et} \quad d_2 = mZ_2 = 9 \times 54 = 486 \text{ mm}$$

#### ♣ Diamètre de tête $d_{a1}$ et $d_{a2}$



$$d_{a1} = \infty \quad d_{a2} = d_2 + 2 \times m = 486 + 2 \times 9 = 504 \text{ mm}$$

♣ **Diamètre de base  $d_{b1}$  ;  $d_{b2}$**

$$d_{b1} = \infty \quad d_{b2} = d_2 \cos \alpha$$

$$d_{b2} = 486 \cos 20^\circ$$

$$d_{b2} = 211,43 \text{ mm}$$

♣ **Diamètres primitifs de fonctionnement  $d'_1$  et  $d'_2$**

$$d'_1 = \infty$$

$$d'_2 = d_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha'} = 486 \times \frac{\cos 20^\circ}{\cos 24,85^\circ} = 503,289 \text{ mm}$$

La largeur des dents  $b = k \times m = 10 \times 9 = 90 \text{ mm}$

Le pas  $p = 9 \times \pi = 28,27 \text{ mm}$

Saillie  $h_a = m = 9 \text{ mm}$

Creux  $h_f = 1,25m = 11,25 \text{ mm}$

Hauteur de la dent  $h = h_a + h_f = 20,25 \text{ mm}$

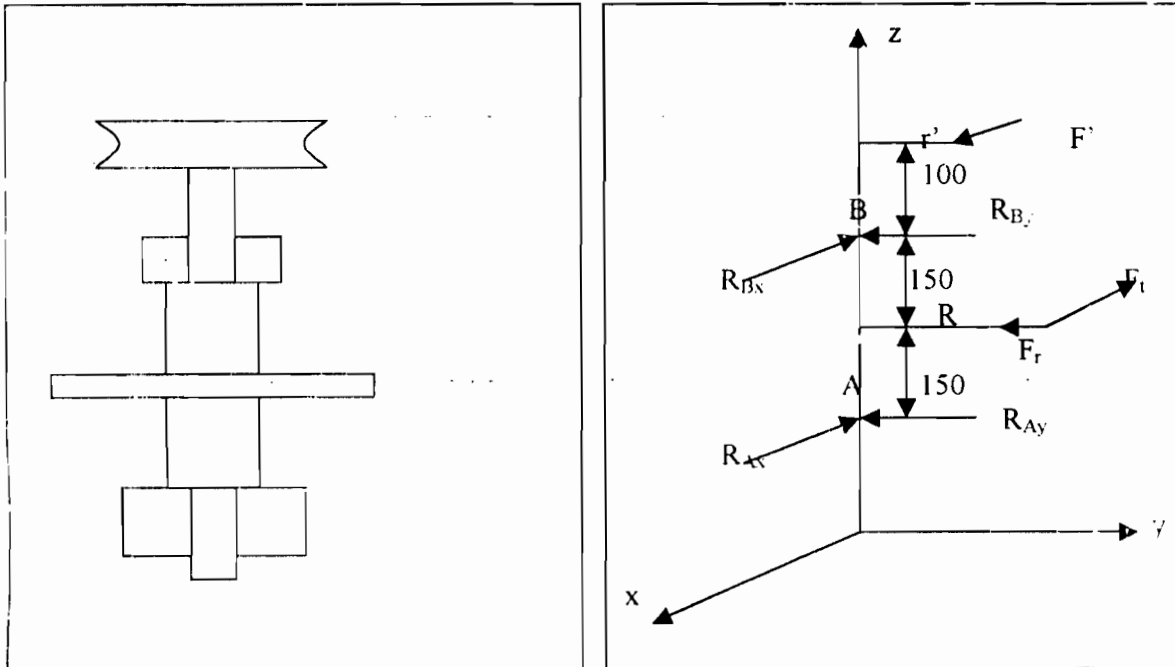
### VI.2.5-Vérification de la résistance au grippage

La vitesse périphérique maximale est de 2m/s ne dépassant pas 4m/s .Donc le grippage n'est pas à craindre dans ce cas.

Tableau 6.1 : Géométrie du système pignon crémaillère

Grandeur	Crémaillère	Roue
Nombre de dent	$Z_1=50$	$Z_2=54$
Module	$m=9$	$m=9$
Angle de pression d'usinage	$\alpha=20^\circ$	$\alpha=20^\circ$
Coefficient de déport	$x_1=+0,5$	$x_2=0,5$
Diamètre primitif	$d_1=\infty$	$d_2=486\text{mm}$
Diamètre primitif de fonctionnement	$d'_1=\infty$	$d'_1=503,3\text{mm}$
Diamètre de tête	$d_{a1}=\infty$	$d_{a2}=504\text{mm}$
Saillie	$h_{a1}=9\text{mm}$	$h_{a2}=9\text{mm}$
Creux	$h_{f1}=11,25\text{mm}$	$h_{f2}=11,25\text{mm}$
Hauteur des dents	$h=20,25\text{mm}$	$h=20,25\text{mm}$
Rapport de conduite	$\varepsilon_\alpha=1,76$	$\varepsilon_\alpha=1,76$

## VI.3-Choix des roulements



$F_b(\text{force nominale})=4800\text{N}$

$\alpha'=24,85^\circ$

$F_t(\text{force tangentielle nominale})$

$$F_t = F_b \cos \alpha' = 4800 \cos 24,85^\circ = 4355,57\text{N}$$

$$F_r = F_b \sin \alpha' = 4800 \sin 24,85^\circ = 2017,172\text{N}$$

Le couple résistant  $C = F' \cdot r' = 500\text{N.m}$  ce qui correspond à une force

$$F' = \frac{C}{r'} = \frac{500}{0,096} = 5208,33\text{N} \quad r' = 96\text{mm}$$

Au cours de ce fonctionnement les charges se reposent sur les roulements A et B.

$$\Sigma M_{Ay} = 0 \text{ (plan x-z)}$$

$$F'(100+150+150) - R_{Bx}(150+150) + F_t(150) = 0$$

$$R_{Bx} = \frac{F'(450) + F_t(150)}{300} = \frac{5208,33 \times 450 + 4355,573 \times 150}{300} = 5994,168\text{N}$$

$$R_{Bx} = 5994,168\text{N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F' - F_1 - R_{Ax} + R_{Bx} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{Ax} = F' - F_1 - R_{Bx}$$

$$R_{Ax} = 5208,33 - 4355,57 - 5994,408 = -5141,408 \text{ N}$$

$$R_{Ax} = -5141,408 \text{ N}$$

$$\Sigma M_{Bx} = 0 \text{ (plan y-z)}$$

$$F_1(150) - R_{By}(300) = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{By} \frac{F_1(150)}{300} = \frac{2017,172 \times 150}{300} = 1008,586 \text{ N}$$

$$R_{By} = 1008,586 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{By} + R_{Ay} + F_r = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{Ay} = -R_{By} - F_r = -1008,586 - 2017,172 = -3025,758 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = -3025,758 \text{ N}$$

### Appui A

$$F_{rA} = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{5141,408^2 + 3025,758^2} = 5965,676 \text{ N}$$

$$F_{rA} = 5965,676 \text{ N}$$

### Appui B

$$F_{rB} = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = \sqrt{5994,168^2 + 1008,586^2} = 6078,429 \text{ N}$$

$$F_{rB} = 6078,429 \text{ N}$$

$$F_a \text{ (force axiale)} = 600 \text{ N}$$

### Calcul de la charge dynamique (C)

$$\text{Durée désirée} = 3 \text{ ans} (8 \text{ h/jour } 300 \text{ jours/ans})$$

$$\text{Fiabilité} = 90\%$$

$$\text{Vitesse de rotation} = 78,591 \text{ tr/mn}$$

$$C = R_c \left[ \frac{N_d \times H_{10}}{33 \frac{1}{3} \times 500} \right]^{1/3}$$

$$H_{10} = \frac{8h}{j} \times \frac{300j}{an} \times 3ans = 7200h$$

### Roulement A

Il ne reçoit que des charges radiales donc le choix nous donne un roulement à bille à contact radial (voir annexe)

$$R_c = VF_r = 1 \times 5965,676 = 13656,97N$$

$$C = 5965,676 \left[ \frac{78,591 \times 7200}{33 \cdot \frac{1}{3} \cdot 500} \right]^{1/3} = 27954N = 2795,4daN$$

$$C = 2795,4daN$$

### Roulement B

$$\frac{F_a}{F_{rB}} = \frac{600}{6078,429} = 0,098 < 0,5 \Rightarrow \text{le roulement est un roulement à bille à contact}$$

radial

$$R_c = VF_r = 1 \times 6078,429 = 6078,429N$$

$$C = 6078,429 \left[ \frac{78,59 \times 7200}{33 \cdot \frac{1}{3} \cdot 500} \right]^{1/3} = 28482N = 2848,2daN$$

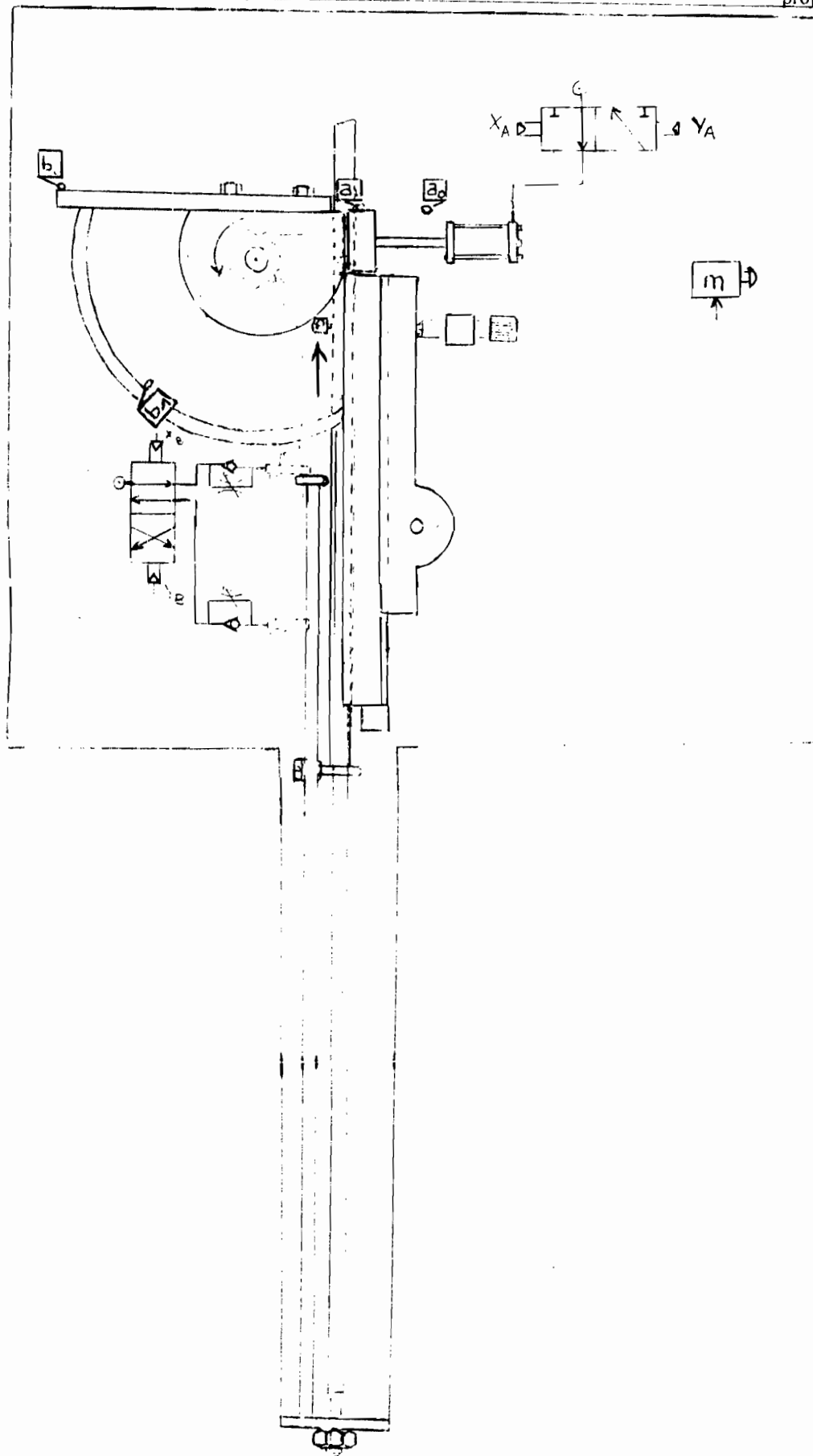
$$C = 2848,2daN$$

Tableau 6.2:caractéristique des roulements

Roulement		A	B
Type		6308	6308
Diamètre intérieur (mm)	d	40	40
Diamètre extérieur (mm)	D	90	90
Charge dynamique (daN)	C	4100	4100
Charge statique (daN)	C <sub>0</sub>	2240	2240
Largeur (mm)	B	23	23

Tableau 5.4:dimension des roulements

d	serie de dimension 04			
	D	B	Co(daN)	C(daN)
10	35	11	375	806
12	37	12	465	975
15	42	13	540	114
17	47	14	655	1350
20	52	15	780	1590
25	62	17	1140	2250
30	72	19	1460	2810
35	80	21	1800	3320
40	90	23	2240	4100
45	100	25	3000	5270
50	110	27	3600	6180
55	120	29	4150	7150
60	130	31	4800	8190
65	140	33	5600	9230
70	150	35	6300	10400
75	160	37	7200	11200
80	170	39	8000	12400
85	180	41	9000	13300



bouton marche

Figure 7.1 : Schema d'ensemble 1

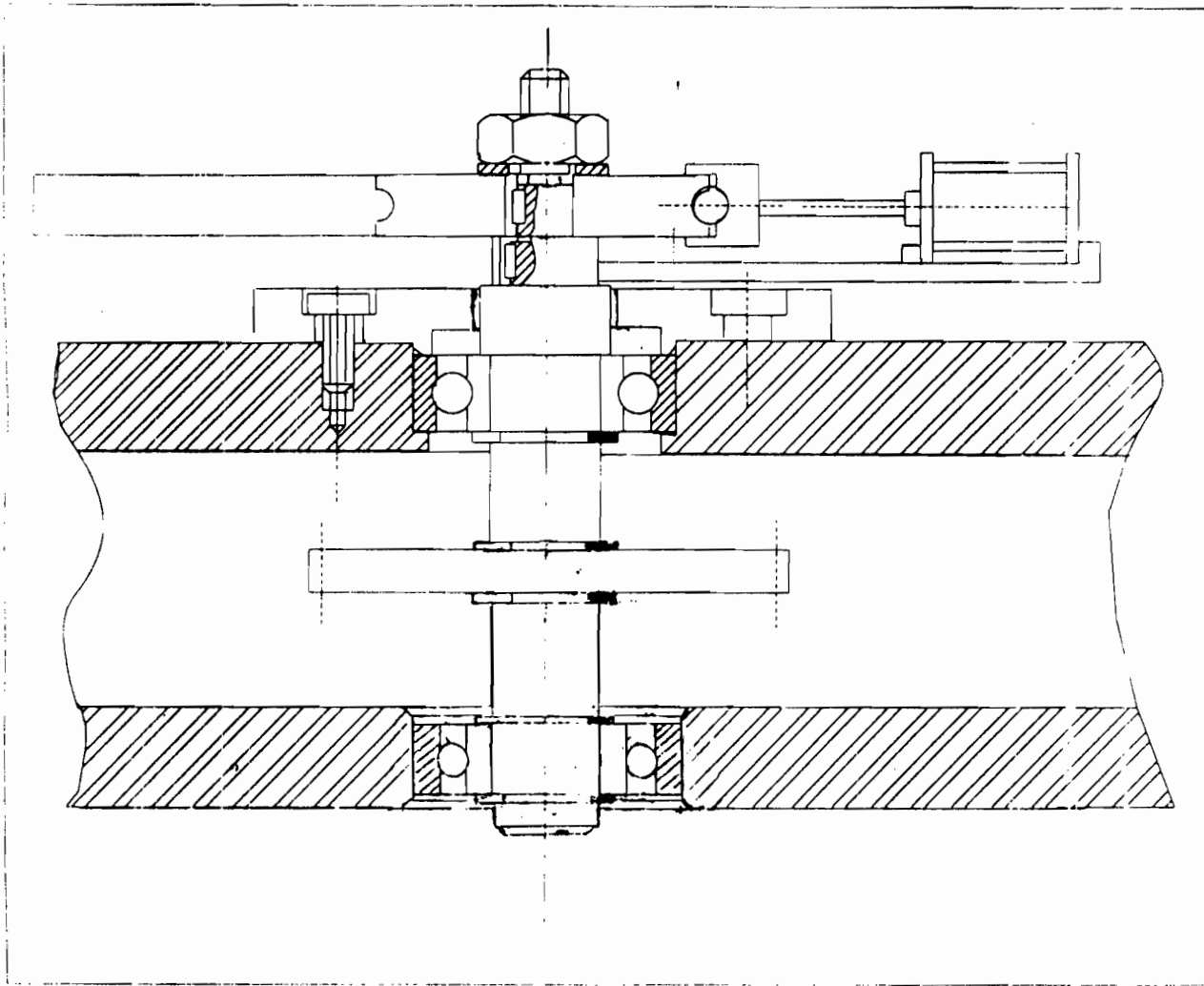


Figure 7.2 : Dessin d'ensemble



## **Chapitre VI I: Devis et coût estimatif**

Tableau 7.1 :Devis estimatif pour la construction d'un prototype

poste	Référence et désignation	Prix unitaire	Quantité	Prix Total
1	Distributeur à tiroir 3/2 551 G1/4	62930	1	62930
2	Bobine CM22 CL F 2 5W 230V 50Hz	14419	1	144 9
3	Connecteur taille 22 standard	3178	1	3178
4	Vérin PCN double effet DIA 32 course150	122748	1	122748
5	Distributeur a tiroir 5/2 551 G1/4 CDE PNEU RAPPEL PNEUMATIQUE	63842	1	63842
6	Réducteur débit en ligne G 3/4 BSPp encastrable 10bar/60°C Taraudé DIA nominal 15mm	71244	1	71244
7	Fixation Détecteur magnétique pour vérin PES profil 80/100	6490	2	12980
8	Fixation pour détecteur magnétique UNI à ampoule ou Magnéto. résistif pour vérins PES/PCN tirants D=80	7214	2	14428
9	Fixation pour détecteur magnétique UNI à ampoule ou Magnéto. résistif pour vérins PES/PCN tirants D=32-40	7214	2	14428
10	Détecteur magnétique UNI magnéto-résistif sortie PNP par câble 2ML avec led sans fixation	55772	4	223088
11	vérin PES-DM Double effet DIA 80 course 500- amortissement pneumatique réglable	241256	1	241256
12	Tube rislan massif 4-6mmcalibre NF E 49 100 naturel couronne 25 M 20bar 30 c r c 35mm	14987	1	14987
13	Tube rislan massif 8-10mm calibre NF E49100 naturel couronne 25m 11bar 30 c r c.90mm	27275	1	27275
14	UNION MALE PL 1/4 BSPT POUR TUBE RISLAN 6-8mm	1933	14	27062
15	interrupteur de position XCKJ 161	24940	3	74820
16	Bouton d'arrêt d'urgence XB6AS8349B	10145	1	10145
17	Bouton Marche arrêt XB5-AD33	8175	1	8175
18	Cornière 40	6500	1	6500
19	Tôle 2000*1000*10	80000	2	160000
20	Rond Φ16	5000	1	5000
21	Fer 10	2000	1	2000
22	Pignon 54 dents	120000	1	120000
23	Module de phase	25000	4	100000
24	Roulement	40000	2	80000
25	Crémaillère	20000	1	20000

Nous allons effectuer un calcul de devis estimatif pour la construction d'un prototype .

Ces montants ci-dessus nous été fournis par **Narmer, Schneider Electric** et les **Quincailleries** de la place.

**Coût de la matière** :1500505 FCFA

**Coût de main d'œuvre** = 1.3\*Coût de la matière = 500168 FCFA

**Coût Total =Coût de la matière +Coût de la main d'œuvre**

**Coût Total=1500505+500168=2000673 FCFA**

**Coût Total=2000673 FCFA**

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

## Conclusion et Recommandations

Les cintreuses manuelles utilisées jusque là n'étaient pas rentables pour les entreprises de fabrications .Le choix du pneumatique comme système de transmission d'énergie répond au plus à la capacité de nos besoins locaux car étant moins chère , entretien moindre et montage moins complexe.

Le système d'automatisation qui nécessitera l'intervention d'une personne à l'initialisation et à la transition numéro quatre (4) est choisi car il donne plus de sécurité au travail et répond mieux à nos attentes .

Du fait d'un grand effort de cintrage exercé, le dimensionnement du système pignon crémaillère donne des dimensions de pignons assez grandes qui étaient prévisibles .

Le travail que nous avons effectué ,s'inscrit dans cette mouvance et aboutit à l'adaptation des techniques de cintrage automatique dans les entreprises de fabrications .Ceci , dans l'objectif de proposer une machine qui soit à la portée de nos PME et PMI dont les revenus sont limités .

La machine ainsi proposée fonctionne avec des pressions variant de 6 à 10 bars pour les tubes de dimensions extérieures maximales 32 mm et moins de 6 bars pour certains tubes de dimensions extérieures inférieures à 32 mm. Elle est utilisée seulement par les entreprises qui disposent au paravent d'un circuit d'air comprimé à une pression maximale de 12 bars .

Toutefois , des recommandations sont faites, qui sont relatives aux PME et PMI.

- ♣ Réaliser un prototype .
- ♣ Faire des essais in situ
- ♣ Veiller à la maintenance de la machine en établissant une procédure de maintenance
- ♣ Veiller à la durée de vie de la machine .
- ♣ Penser à la multiplication de ce prototype en vue de satisfaire la sous région.

## BIBLIOGRAPHIE

- -Georges HENRIOT : **'' Traité théorie et pratique des engrenages I ''**  
Edition Dunod.
- -Encyclopédie des sciences industrielles QUILLET : **'' Mécanique Généralités Applications M1 ''**
- - **'' ELEMENTS DE MACHINES ''** Robert VINET ,Gilbert DROUIN, Michel GOU,Pierre THIRY. **E.E.P.M**
- - **'' Guide du dessinateur industriel ''** A CHEVALIER
- -André RICORDEAU et CLAUDE CORBET **'' Dossier de technologie de construction ''**
- -Cours d'automatisme
- - **'' Composants pneumatique et d'automatisation ''** Express service (JOUCOMATIC).
- -NAMUR **'' Electrodistributeurs Electrovanes & Accessoires pour actionneurs pneumatiques ''** ( JOUCOMATIC )
- -ROGER RANDONNEIX **'' Des composants d'automatisation pneumatique et électrique aux systèmes automatisés ''** SCODEL.
- - **'' Constituants pour la détection Télémécanique ''** (Schneider Electric )
- - **'' Constituants pour la détection Télémécanique ''** (Schneider Electric)
- -PFE :Conception d'une machine manuelle à et decortiquer et à moudre le mil (Arona GUEYE)

- -MEMOIRE DE FIN D'ETUDES :Automatisation d'une scie Mécanique à Ruban (Coulibaly DASSOUMA et Nango SECK).
- - Les points clés de l'automatique M.LABIE D.VIVIER FOUCHER
- - <http://WWW.machine-outil.com/type.php?Which=105>
- -Cours de procédés de fabrication
- -●LE CHAUDRONNIER●Tome III●Ch.LOBBJOIS



# ANNEXES

# **ANNEXE 1**

Caractéristiques des matériaux et des composants utilisés

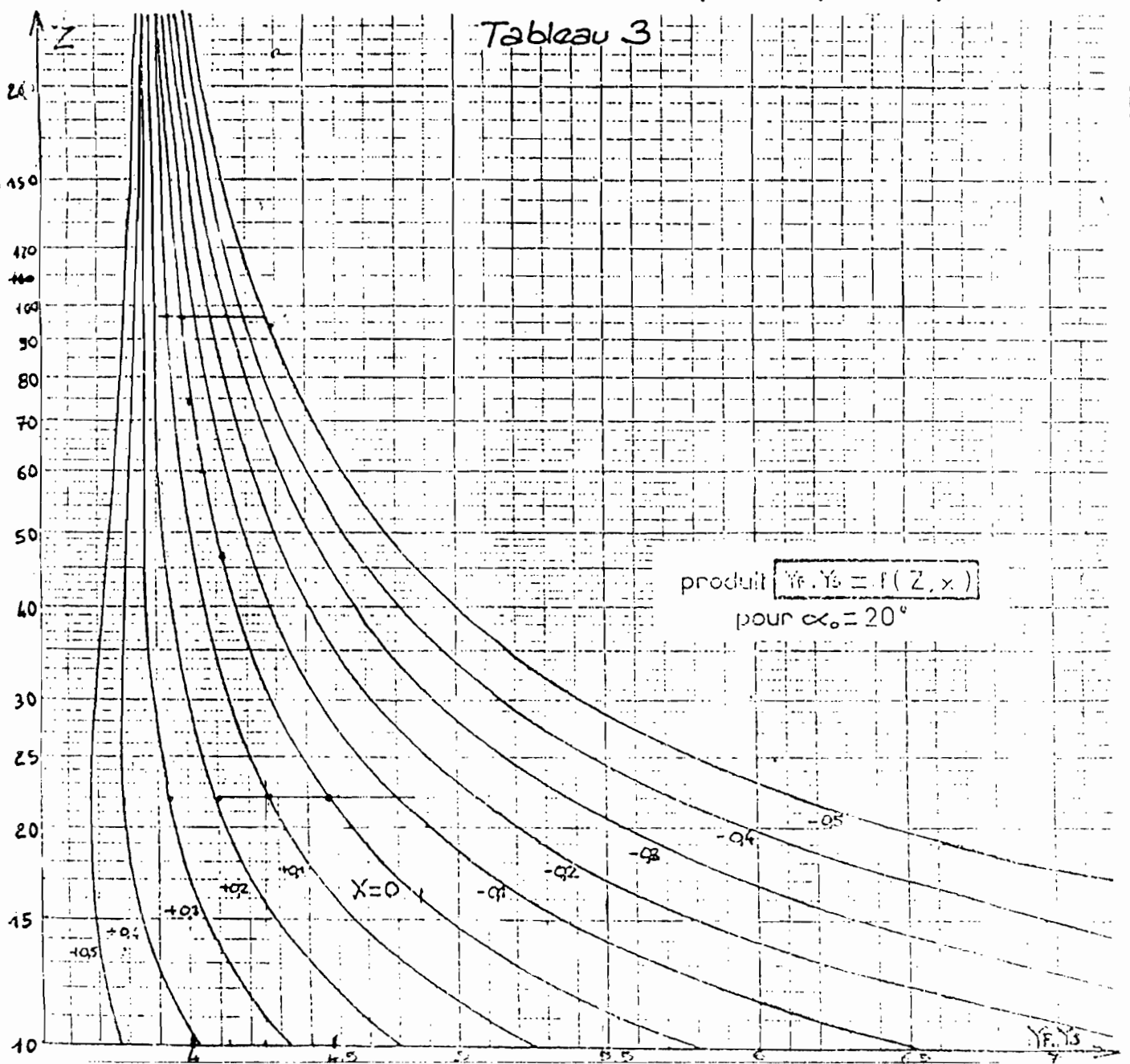
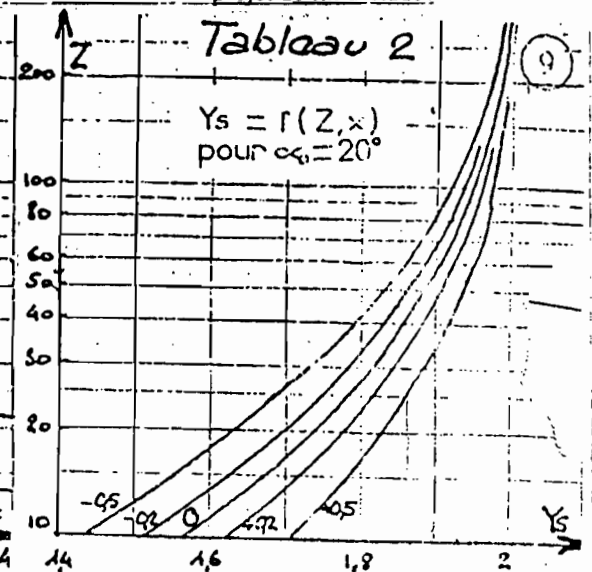
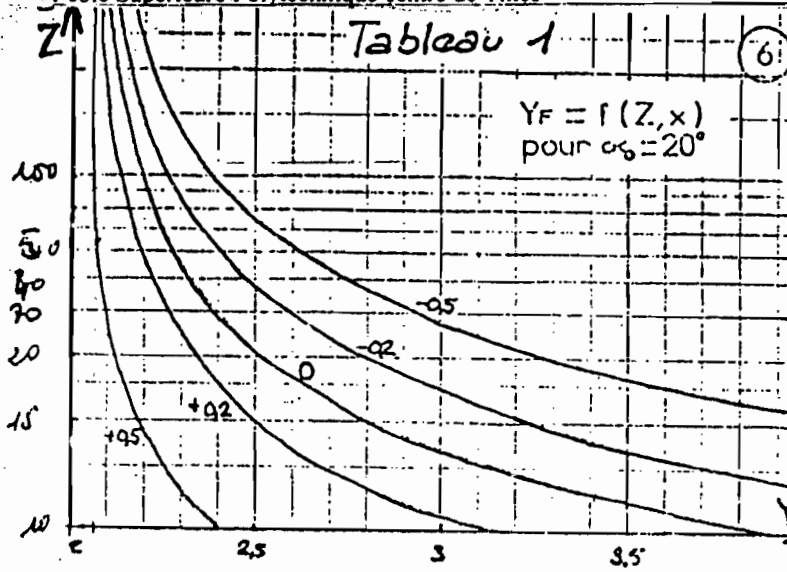


Tableau IV - Csm - Cor

lasse	Csm Cor	Moteur	Recepteur
I	1	Electrique à courant continu Electrique à courant alternatif. (nbre de pôles > 4) Turbine hydraulique ou à gaz	Génératrice Turbo pompe. Turbo soufflante Ventilateur
II	1,12	Electrique à 2 pôles (N) Hydraulique à pistons axiaux ou radiaux (nombre de pistons > 7)	Transporteur à courroie Engrenages d'avance de M.O. Agitateur ou mélangeur de produits homogènes
III	1,25	Moteur à combustion interne - 6 à 12 cylindres (4 temps) - 3 cylindres en V - en étoile	Pompe ou Compresseur à pistons multiples. Engrenages de coupe de M.O. Agitateur ou mélangeur de produits non-homogènes.
IV	1,40	Moteur à combustion interne - 4 temps 4 cylindres - 2 temps 2 cylindres Moteur Diesel à 6 ou 8 cylin- dres	Pompe ou Compresseur à 2 pistons. Malaxeur
V	1,60	Moteur à combustion interne - 4 temps 2 cylindres - 2 temps 1 cylindre Moteur Diesel 4 cylindres	Presse d'embouissage ou de découpage Pompe ou compresseur 1 cy Cisaille, Concasseur, ...

Tableau V - Valeurs de Cs

		recepteur				
		I	II	III	IV	V
Moteur	I	1	1,12	1,25	1,40	1,60
	II	1,12	1,25	1,40	1,60	1,80
	III	1,25	1,40	1,60	1,80	2
	IV	1,40	1,60	1,80	2	2,25
	V	1,60	1,80	2	2,25	2,5

Tableau 6

Classes de qualité	Taille	Finition avant Tth	Traitement Thermique	Finition après Tth	Classe I.S.O de tolérance des engrenages
I				Rectification précise par génération	...-3-4
II		Rectification shaving		rectification	5-6
III	Taille Précise		Trépana Superficielle		7-8-9
IV	Taille Qu'importe		Trépana Totale		10-11-....

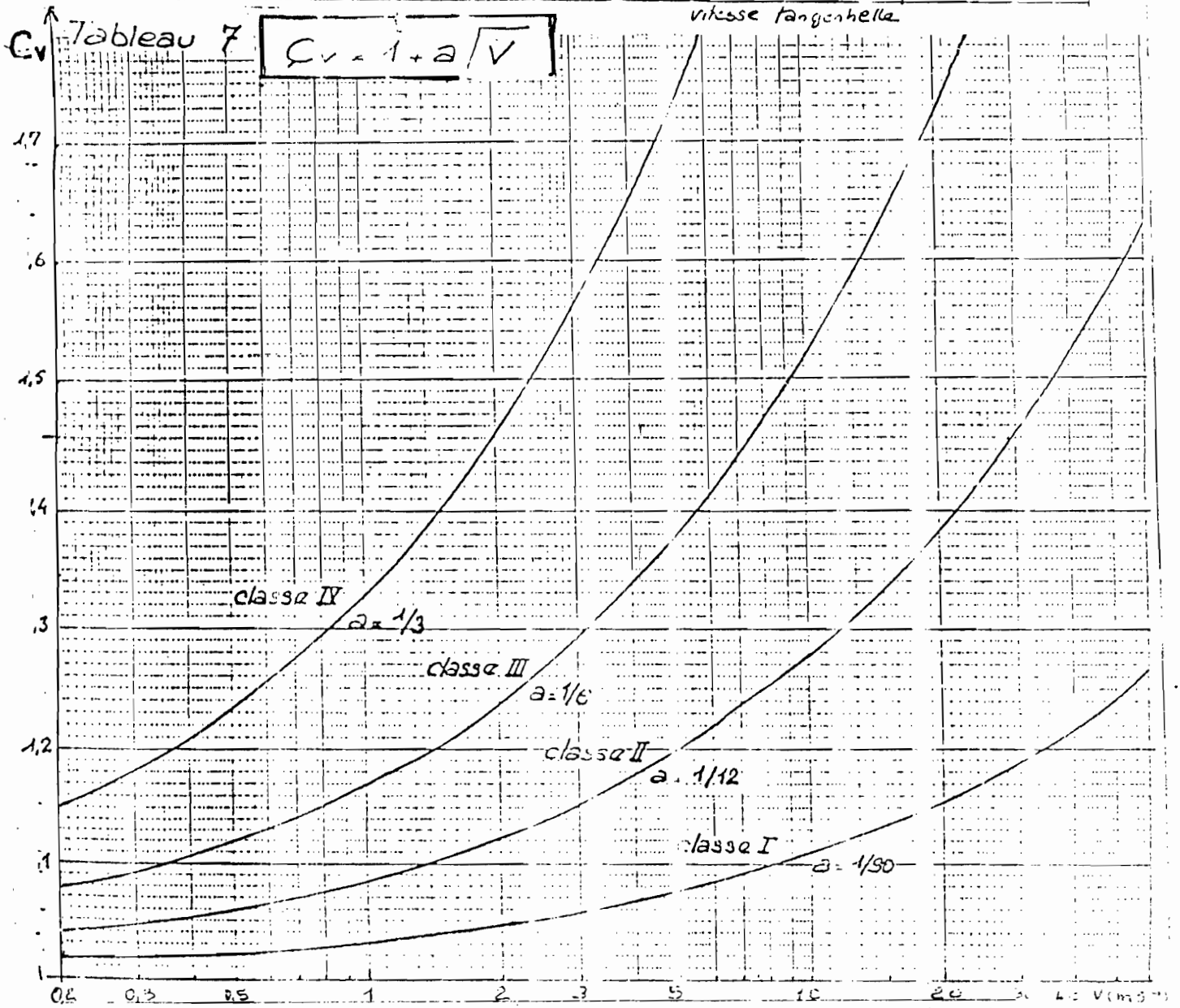


Tableau 8

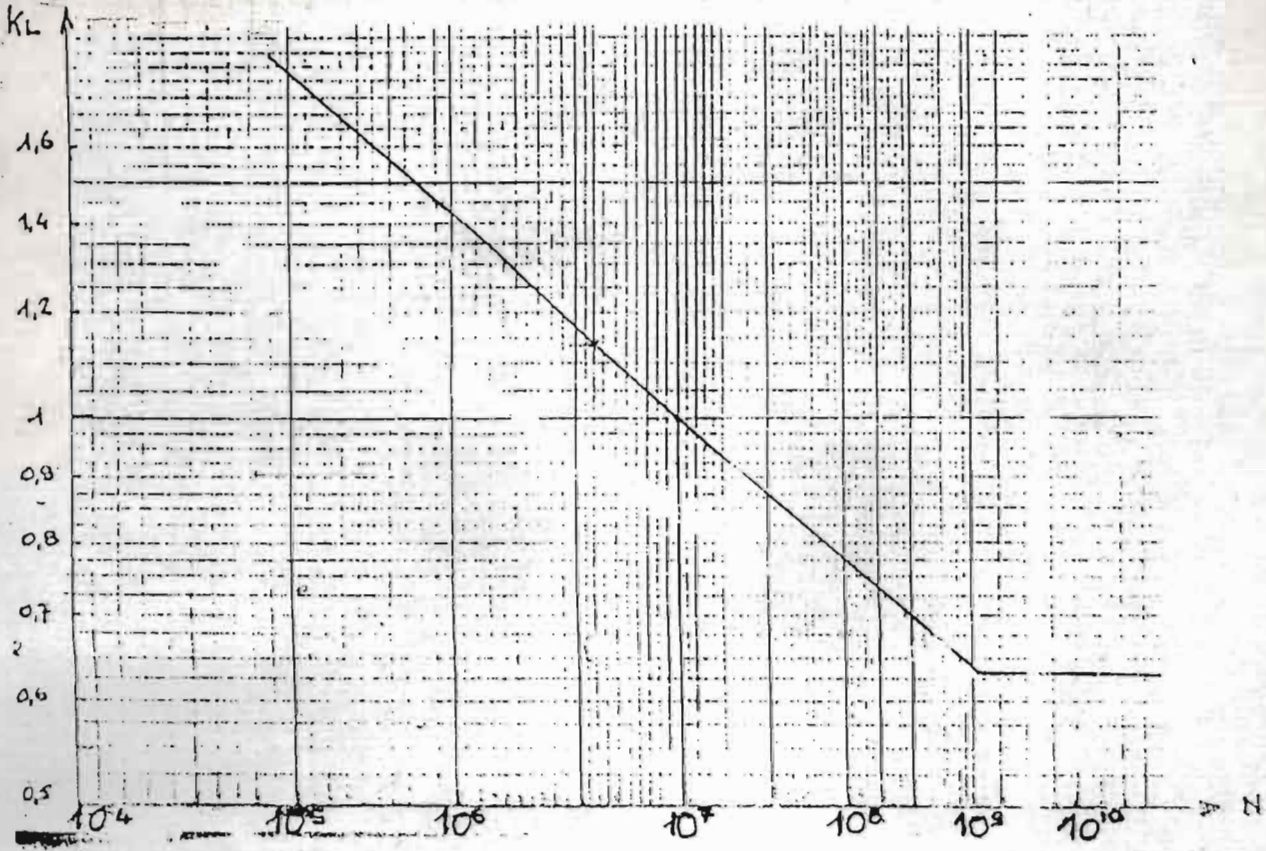
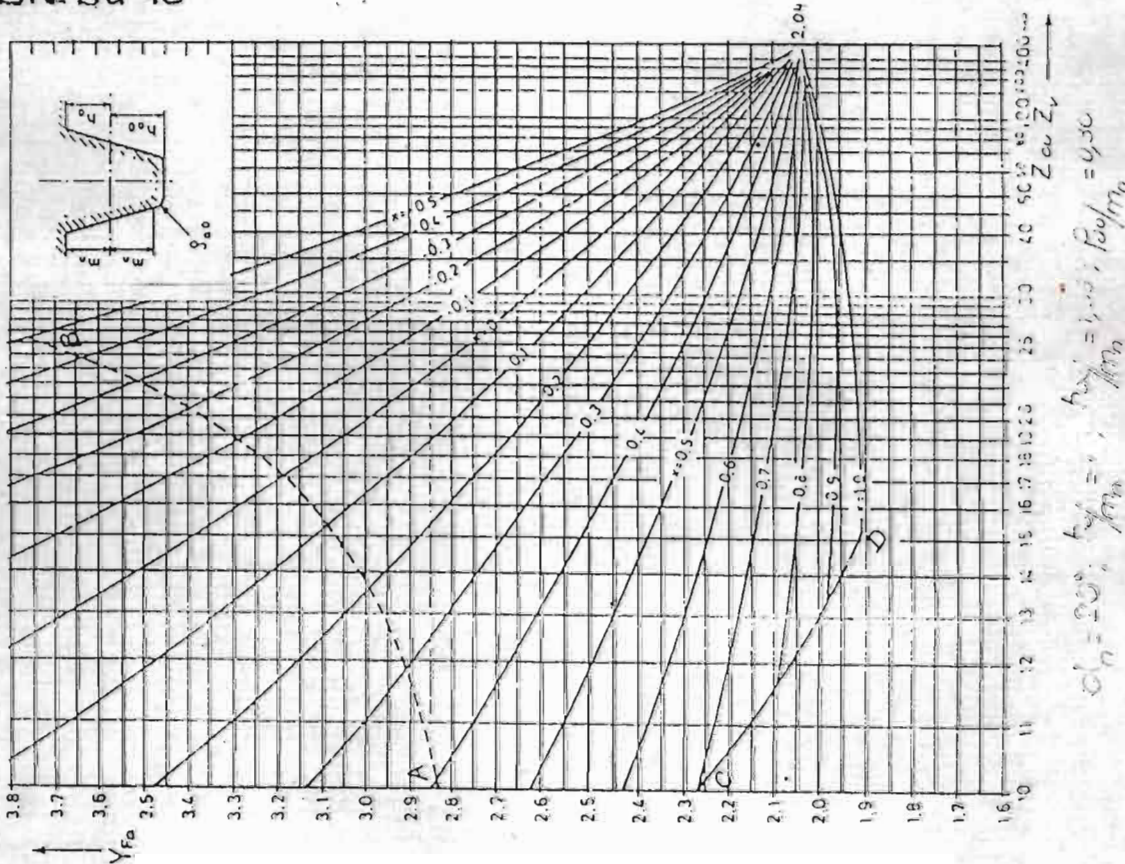


Tableau 10





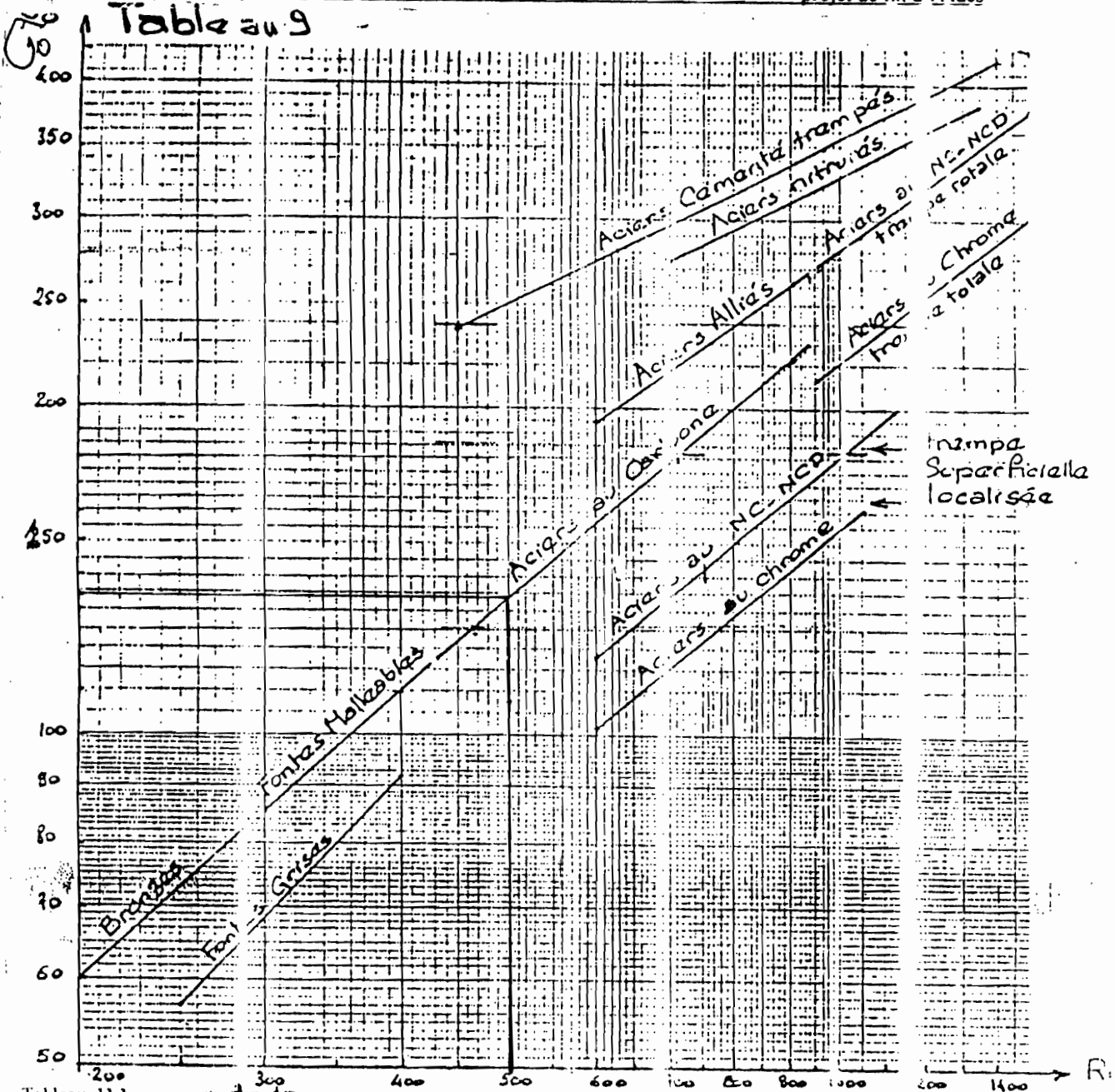


Tableau 11.1 - fonction dével... da la (mud)

degrés	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8
10	0,001794	0,001905	0,002020	0,002140	0,002265
11	0,002394	0,002528	0,002668	0,002812	0,002962
12	0,003117	0,003277	0,003443	0,003615	0,003792
13	0,003975	0,004164	0,004359	0,004561	0,004768
14	0,004982	0,005202	0,005429	0,005662	0,005903
15	0,006150	0,006404	0,006665	0,006934	0,007209
16	0,007493	0,007784	0,008082	0,008388	0,008702
17	0,009025	0,009355	0,009694	0,010041	0,010396
18	0,010760	0,011132	0,011515	0,011909	0,012306
19	0,012715	0,013134	0,013562	0,013997	0,014447
20	0,014904	0,015372	0,015850	0,016337	0,016836
21	0,017345	0,017865	0,018395	0,018937	0,019490
22	0,020054	0,020630	0,021216	0,021815	0,022426
23	0,023049	0,023684	0,024332	0,024992	0,025664
24	0,026350	0,027048	0,027760	0,028485	0,029223
25	0,029975	0,030741	0,031521	0,032315	0,033124
26	0,033947	0,034785	0,035637	0,036505	0,037388
27	0,038267	0,039201	0,040131	0,041076	0,042039

Caractéristiques mécaniques des matériaux  
Toutes les caractéristiques mécaniques sont données en daN/mm<sup>2</sup>

Matériaux		Éprouvette à l'état final		Caractéristiques de la denture		
Désignation VSM ou DIN	Type et traitement thermique	Contrainte de rupture $\sigma_B$	Résistance dynamique $\sigma_{-1}$	Durée III Gear Flan.	Résistance limite $\sigma_{lim}$	Pression limite $P_{lim}$
Ft 20 Ft 25	Fonte grise	2	9	20	5	1
		25	17	250	10	1
FGS 42 FGS 50	Fonte nodulaire	42	19	150	18	35
		50	24	170	21	40
Ac clé 50 Ac clé 60	Acier moulé	50	20	140	15	37
		60	24	170	17	46
Ac 42 Ac 50 Ac 60 Ac 70	Aciers de construction au carbone	min. 42	19	125	16	43
		min. 50	24	150	19	50
		min. 60	27	170	21	57
		min. 70	32	210	24	72
C 22 C 45 C 60	Aciers d'amélioration	50 à 60	22 à 26	140	19	41
		65 à 80	30 à 34	185	23	54
		75 à 90	34 à 40	210	25	61
34 Cr 4 37 Mn Si 5 42 Cr Mo 4		75 à 90	36 à 44	260	30	77
		70 à 80	36 à 42	230	30	63
		95 à 110	46 à 54	300	31	77

1) Facteur d'influence du lubrifiant  $K_L$

Viscosité en cSt	6	10	20	40	60	80	100	150	200
Facteur $K_L$	0,83	0,84	0,86	0,90	0,925	0,97	1,0	1,06	1,1

2) Facteur de vitesse  $Z_v$

Vitesse circonf. en m/s	2	4	6	8	10	15	20	40	60
Facteur $Z_v$	0,85	0,90	0,93	0,97	1,0	1,05	1,09	1,17	1,21

3) Facteur de rugosité  $Z_R$

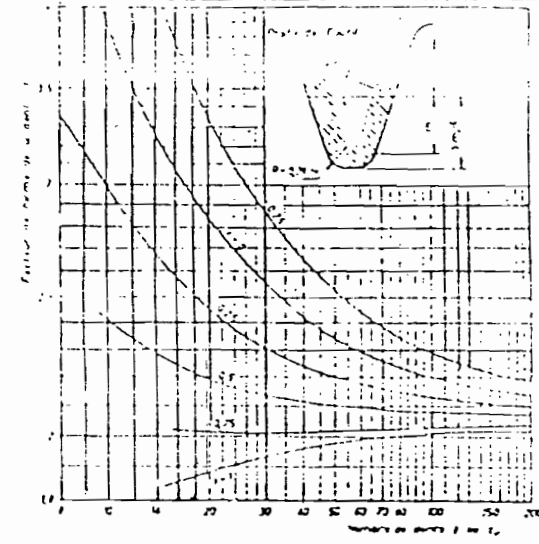
Mode d'usinage :	rectifié fin	rectifié grossier	fraisé fin	mal fraisé
Roues durcies, $Z_R =$	1,0	0,96	(0,94)	(0,91)
Roues améliorées, $Z_R =$	1,0	0,93	0,88	0,7

1) Facteur géométrique  $Z_H$

Angle $\alpha'$	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°
Facteur $Z_H$	1,84	1,80	1,76	1,73	1,70	1,67	1,64	1,62	1,59

2) Facteur des matériaux  $Z_M$

Matériau de la roue 1	Matériau de la roue 2	Facteur $Z_M$ $\sqrt{\text{daN/mm}^2}$	Matériau de la roue 1	Matériau de la roue 2	Facteur $Z_M$ $\sqrt{\text{daN/mm}^2}$
Acier	Acier	85,7	Ft 27	Ft 27	85,7
	Ac clé 50/60	86,2	Ft 27	Ft 27	86,2
	Ft 20	67,5	Ft 20	Ft 20	67,5
	Ft 25	71,6	Ac clé 50/60	Ac clé 50/60	85,7
	FGS 42/50	82,0	Ft 20	Ft 20	67,5
	F CuSn 14 CuSn 5	70,0	FGS 50	FGS 50	80,7
		72,0			

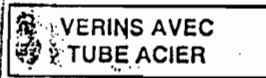


3) Facteur de constante  $Z_c$

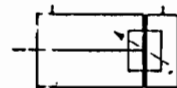
Rapport de conduite $\epsilon$	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80
Facteur $Z_c$	0,93	0,92	0,91	0,90	0,895	0,885	0,875	0,865	0,855



Série 450  
Type : PES-T-S



**VÉRINS DOUBLE EFFET Ø 32 à 160 mm**  
non prévus pour détecteurs  
Conformes aux normalisations AFNOR-VDMA-ISO  
Avec amortissement pneumatique réglable  
**Vérins à tirants**

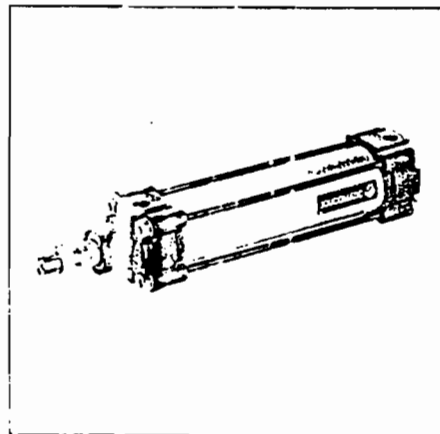


**SPÉCIFICATIONS**

- FLUIDE DE COMMANDE : air ou gaz neutre, lubrifié ou non
- PRESSION ADMISSIBLE : 10 bar maxi
- TEMPÉRATURE ADMISSIBLE : - 20 °C, à + 60 °C (au-delà, nous consulter)
- VITESSE MAXI OPTIMALE : 1 m/s (permettant une durée de vie optimale)
- VITESSE MAXI ADMISSIBLE : 2 m/s
- NORMALISATIONS : AFNOR NFE 49003 - VDMA 24562 - ISO 6431

**CONSTRUCTION**

- Tube cylindrique : acier étiré glacé
- Tirants : acier
- Tige : acier chromé dur
- Piston : résine acétal (POM), acier zingué et alliage léger
- Joint de piston : polyuréthane (PUR)
- Joints d'amortissement : polyuréthane (PUR)
- Fonds avant et arrière : alliage d'aluminium
- Palier métallique : autolubrifiant
- Écrou de tige : acier zingué
- Amortissement : pneumatique, réglable de 2 côtés par vis imperdables



**SÉLECTION DU MATÉRIEL (version amorti pneumatique)**

Ø Alésages (mm)	Courses (mm) (1)	CODES à préciser à la commande	RÉFÉRENCES à préciser à la commande	Ø Raccordement	Longueur d'amortissement (mm)
32	25	450 00 493	PES 32 TA 25 S	G 1/8	18
	50	450 00 494	PES 32 TA 50 S		
	100	450 00 495	PES 32 TA 100 S		
	160	450 00 496	PES 32 TA 160 S		
	200	450 00 497	PES 32 TA 200 S		
	250	450 00 498	PES 32 TA 250 S		
40	25	450 00 499	PES 40 TA 25 S	G 1/4	20
	50	450 00 500	PES 40 TA 50 S		
	100	450 00 501	PES 40 TA 100 S		
	160	450 00 502	PES 40 TA 160 S		
	200	450 00 503	PES 40 TA 200 S		
	250	450 00 504	PES 40 TA 250 S		
50	25	450 00 507	PES 50 TA 25 S	G 1/4	26
	50	450 00 508	PES 50 TA 50 S		
	100	450 00 509	PES 50 TA 100 S		
	160	450 00 510	PES 50 TA 160 S		
	200	450 00 511	PES 50 TA 200 S		
	250	450 00 512	PES 50 TA 250 S		
63	25	450 00 517	PES 63 TA 25 S	G 3/8	26
	50	450 00 518	PES 63 TA 50 S		
	100	450 00 519	PES 63 TA 100 S		
	160	450 00 520	PES 63 TA 160 S		
	200	450 00 521	PES 63 TA 200 S		
	250	450 00 522	PES 63 TA 250 S		
80	25	450 00 527	PES 80 TA 25 S	G 3/8	27
	50	450 00 528	PES 80 TA 50 S		
	100	450 00 529	PES 80 TA 100 S		
	160	450 00 530	PES 80 TA 160 S		
	200	450 00 531	PES 80 TA 200 S		
	250	450 00 532	PES 80 TA 250 S		

Ø Alésages (mm)	Courses (mm) (1)	CODES à préciser à la commande	RÉFÉRENCES à préciser à la commande	Ø Raccordement	Longueur d'amortissement (mm)
100	50	450 00 537	PES 100 TA 50 S	G 1/2	33
	100	450 00 538	PES 100 TA 100 S		
	160	450 00 539	PES 100 TA 160 S		
	200	450 00 540	PES 100 TA 200 S		
	250	450 00 541	PES 100 TA 250 S		
	320	450 00 542	PES 100 TA 320 S		
	400	450 00 543	PES 100 TA 400 S		
	500	450 00 544	PES 100 TA 500 S		
	630	450 00 545	PES 100 TA 630 S		
	700	450 00 546	PES 100 TA 700 S		
	800	450 00 547	PES 100 TA 800 S		
125	50	450 00 550	PES 125 TA 50 S	G 1/2	37
	100	450 00 551	PES 125 TA 100 S		
	160	450 00 552	PES 125 TA 160 S		
	200	450 00 553	PES 125 TA 200 S		
	250	450 00 554	PES 125 TA 250 S		
	320	450 00 555	PES 125 TA 320 S		
	400	450 00 556	PES 125 TA 400 S		
	500	450 00 557	PES 125 TA 500 S		
	630	450 00 558	PES 125 TA 630 S		
	700	450 00 559	PES 125 TA 700 S		
	800	450 00 560	PES 125 TA 800 S		
160	50	450 00 563	PES 160 TA 50 S	G 3/4	55
	100	450 00 564	PES 160 TA 100 S		
	160	450 00 565	PES 160 TA 160 S		
	200	450 00 566	PES 160 TA 200 S		
	250	450 00 567	PES 160 TA 250 S		
	320	450 00 568	PES 160 TA 320 S		
	400	450 00 569	PES 160 TA 400 S		
	500	450 00 570	PES 160 TA 500 S		
	630	450 00 571	PES 160 TA 630 S		
	700	450 00 572	PES 160 TA 700 S		
	800	450 00 573	PES 160 TA 800 S		

Ø 250 mm : nous consulter

(1) Autres courses sur demande (à préciser dans la référence)

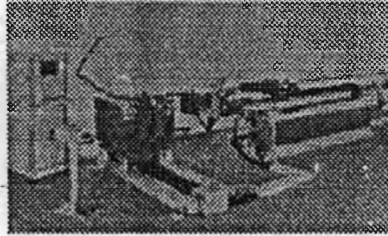
**FIXATIONS** : voir pages suivantes

**OPTIONS ET VERSIONS SPÉCIALISÉES**

- Version non amortie (NA) sur demande.
- La gamme PE propose de nombreuses options et versions spécialisées

## **ANNEXE 2**

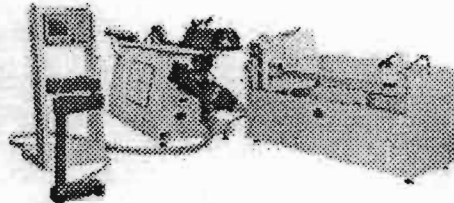
### Répertoire des cintreuses

**BZ 60.4: centre de cintrage de tubes**

Cintrage automatique avec mandrin de tubes à parois minces et rayons serrés et, dans le même cycle, cintrages à grandes courbes, à l'aide des tubes : 48 ou 60 mm.

Les +

Cintrage sans démontage des tubes de rayons serrés et de grandes courbes. Mesure automatique « au rayon » pendant le cycle par dispositif de mesure breveté «MBH4222» et correction de la flexion des tubes.

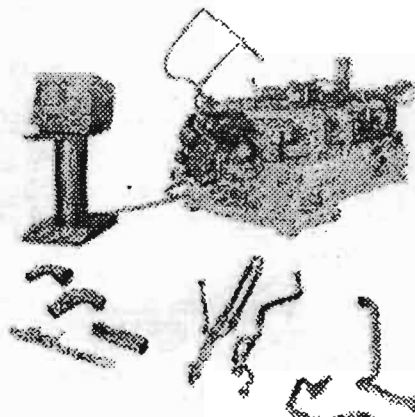
**DYNAMO: machine à cintrer**

Toute une gamme de machines outils pour le travail du tube, fil et profilés. Structures commerciales et techniques étoffées afin de vous suivre dans les meilleurs délais : suivi technique et commercial, suivi SAV et pièces détachées en France, outillages, personnalisation machines, engineering.

**DYNAMO** : machine à cintrer

Machine de cintrage à 5 axes, révolutionnaire (demande de brevet), avec sens de cintrage droit ou gauche en configuration permettant de cintrer le tube avec 4 rayons différents ou 4 diamètres ou 4 mors de blocage façonnés en cycle automatique.

Machine prédisposée, de série pour le chargement/déchargement automatique du tube.

**SWING: machine à cintrer**

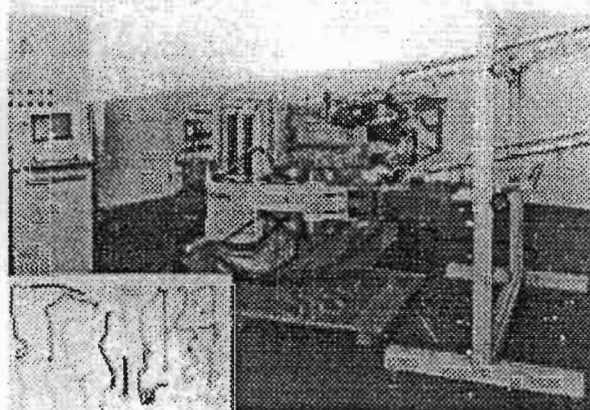


Toute une gamme de machines outillées pour le travail du tube, fil et profilés. Structures commerciales et techniques étoffées afin de vous suivre dans les meilleurs délais : suivi technique et commercial, suivi SAV et pièces détachées en France, outillages, personnalisation machines, engineering.

SWING : machine à cintrer

Série de machine dédiées au cintrage du tube équipée du contrôle numérique CNC2000, particulièrement étudiée pour la réalisation de formes géométriques complexes. On notera également son importante flexibilité de production. Cette série de machines est présentée dans une configuration proposant les sens de cintrage droit gauche et différents rayons de cintrage dans un même cycle de travail, 8 diamètres de tube différents sans aucun réglage d'outillage, cintrage avec et sans mandrin intérieur, rayons courts et variables, combinaison possible avec d'autres travaux complémentaires en cycle automatique.

### CA 520: machine à cintrer les tubes



Cintruse à 5 axes contrôlés par CNC Siemens ou Crippa, pour tubes de diamètre maximum 20 mm. Fruit de l'expérience Crippa dans ce domaine, la CA 520, qui travaille avec ou sans mandrin, intègre plusieurs innovations (brevets en dépôt) qui élèvent ses performances à un niveau sans égal.

Cintruse à 5 axes contrôlés par CNC Siemens ou Crippa, pour tubes de diamètre maximum 20 mm. Fruit de l'expérience Crippa dans ce domaine, la CA 520, qui travaille avec ou sans mandrin, intègre plusieurs innovations (brevets en dépôt) qui élèvent ses performances à un niveau sans égal.

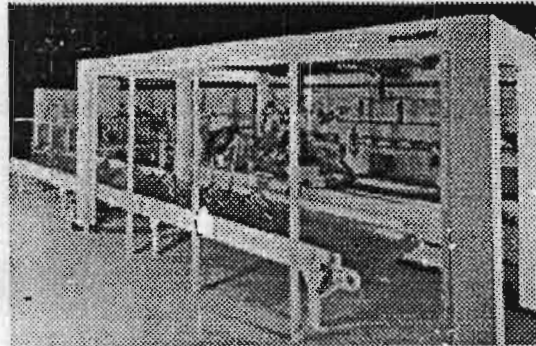
### CA 532: machine à cintrer les tubes





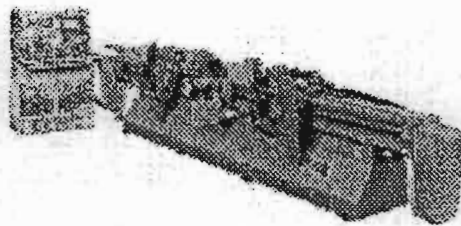
Cintreuse à CNC, 5 axes contrôlés, pour tubes de diamètre maximal 32 mm. La machine prend son origine dans les solutions techniques apportées avec succès avec la CA 520 (pour tubes jusqu'à diamètres 20 mm). Elle en élargit les capacités d'application et les fonctionnalités. Elle enrichit l'actuelle gamme CA qui va de la CA 316 (3 axes, tube diamètre max 16 mm) jusqu'à la CA 980 (9 axes, tube diamètre maxi 80 mm). Ses principales caractéristiques sont : travail avec ou sans mandrin, opérations de chargement et déchargement complètement intégrées, jusqu'à 6 rayons de cintrage différents, passage du sens de cintrage droit au sens de cintrage gauche automatiquement, sans reprise et sur la même pièce, 5 axes contrôlés par la CNC. Extrême flexibilité aux niveaux des applications et prédisposition particulière à l'intégration dans des systèmes de production plus complexes.

### Cintreuse tube



Installation de cintrage pour tube  $\varnothing$  6 à 60 mm de diamètre, à chargement/déchargement manuels ou automatiques - avec possibilité d'orientation de cordon de soudure - soit à partir de tubes coupés à longueurs ou de bottes. Machine entièrement modulable offrant de nombreuses possibilités de façonnage anneau, telles que poinçonnage, emboutissage, ogivage assurés par des unités Macsoft desservis par notre système de transfert ou par des robots.

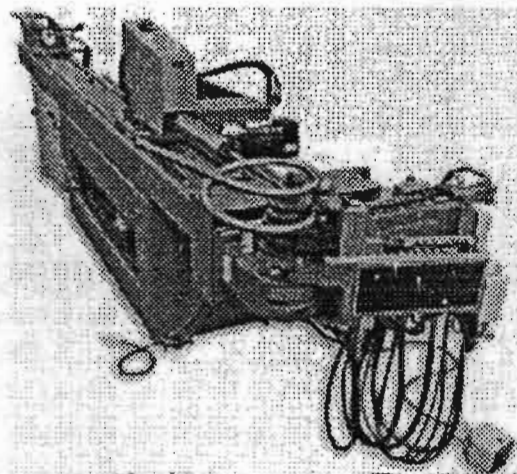
**BM 38/2T 5 axes: Cintreuse à double tête, avec une capacité augmentée de cintrage, pour tube de 38 x 1 ou 2 tubes 25 x 2 en inox**



Elle peut travailler aussi tube carrée, rectangulaire, oblong. Equipé en standard avec unité de poinçonnage. Prédisposé pour chargement/déchargement automatiques.

Les +

Machine spécifique pour pièces symétriques, permet une grande production de pièces complètes cintrées et poinçonnées.

**BM 42/2R RV: Cintreuse à rayon variable avec poussée**

Nouveau modèle de la BM 42 à double rayon, avec possibilité d'un rayon variable avec chariot poussant, force de 150 kg. Capacité jusqu'à tube de 42 x 2, possibilité d'être équipé avec unité standard de poinçonnage, perçage, recherche soudure, chargement/déchargement automatique.

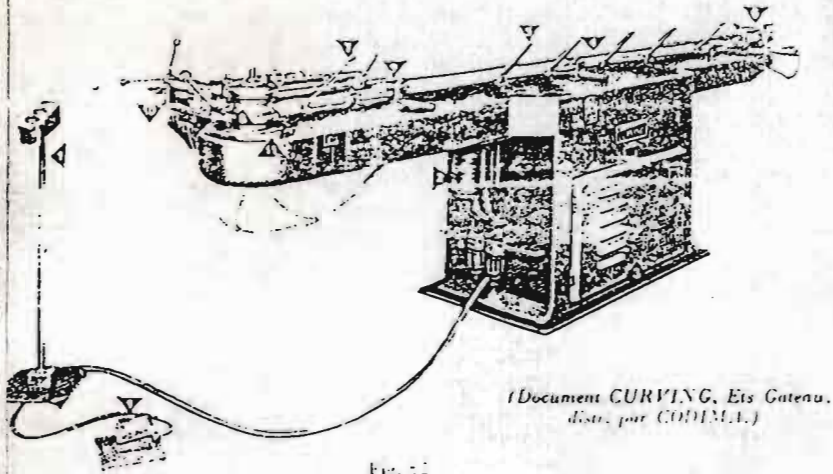
**Les +**

La poussée sur le tube, avec la possibilité de rotation du tube dans le même temps, et la facilité de programmation, ouvre de nouvelles possibilités d'exécution de pièces, qui autrement demandent plusieurs reprises sur différentes machines.



La poussée est appliquée :

— soit au centre de la forme: cintruses à entraînement central (fig. 62)



(Document CURVING, Ets Gateau, dist. par CODIMA.)

Fig. 62

- |                                       |                                    |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| (1) Commandes.                        | (7) Levier de manœuvre des butées. |
| (2) Réglage des angles par barillet.  | (8) Forme de cintrage.             |
| (3) Support et équipement électrique. | (9) Support-tige porte-mandrin.    |
| (4) Tige porte-mandrin.               | (10) Appareil de serrage.          |
| (5) Butées de longueurs.              | (11) Plateau de cintrage.          |
| (6) Réglage d'avance du mandrin.      |                                    |

Pour l'exécution de cintrages à rayon très court, certaines de ces machines sont munies d'un vérin supplémentaire qui pousse sur le tube pendant le cintrage afin de le refouler pour éviter un amincissement important de l'extrados.

— soit sur le côté de la forme: cintruse à vérin oscillant (fig. 63). La forme est solidaire du piston par l'intermédiaire d'une chape articulée en  $O_1$  (fig. 64).

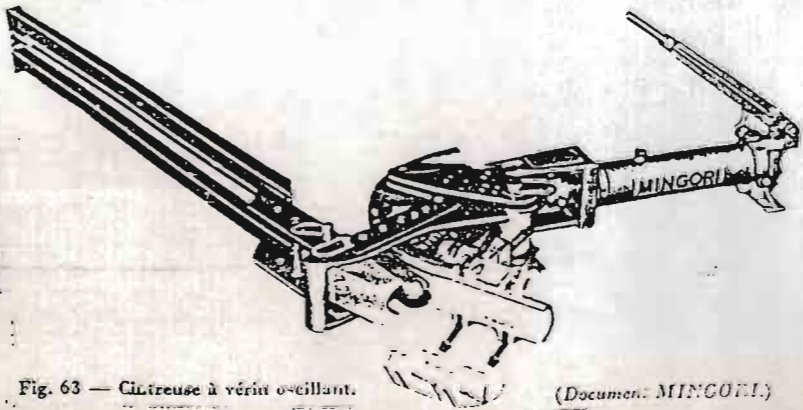


Fig. 63 — Cintruse à vérin oscillant.

(Document: MINGORI.)

Inapplicable avec les tubes minces, il n'est possible qu'avec des tubes de faible diamètre ( $\phi$  maximal: 42,4 mm) pour l'obtention de courbes ayant un rayon  $\geq 3,5$  ou 4 diamètres extérieurs.

Il s'exécute dans l'étau (fig. 65) ou sur le marbre, le tube maintenu entre deux broches, comme pour le cintrage à froid.

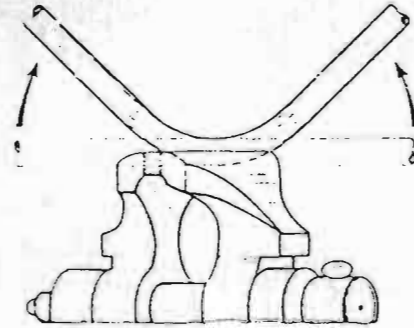


Fig. 65

Cintrage dans l'étau (tube vide ou plein). Les mors de l'étau, faiblement serrés, empêchent l'ovalisation du tube.

CINTRAGE SUR TUBE REMPLI

Lorsqu'une portion du coude est au gabarit, on la refroidit à l'eau ou à l'air, pour éviter que le cintrage ne s'accroisse.

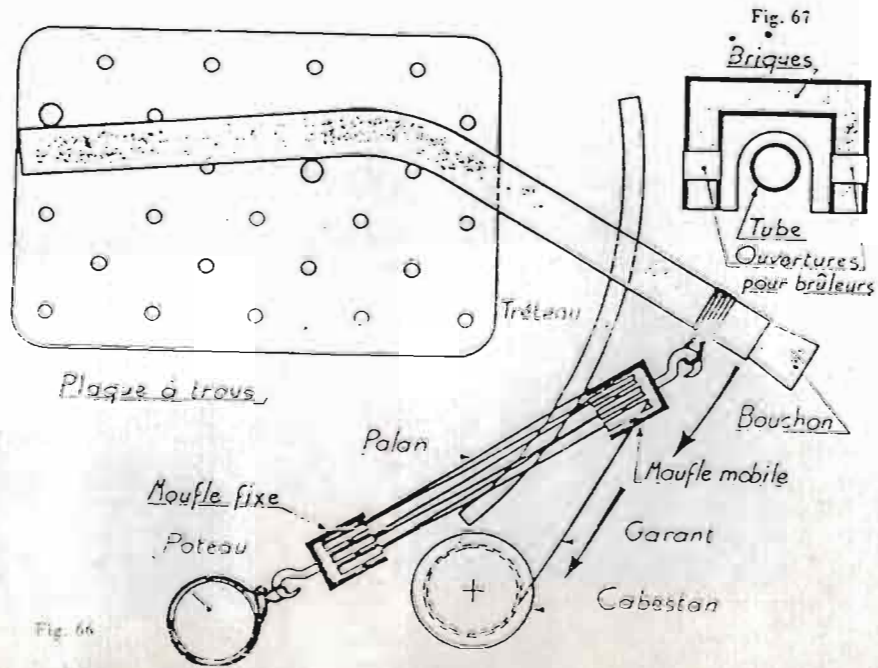


Fig. 67

Briques  
Tube  
Ouvertures pour brûleurs

Plaque à trous

Tréteau

Bouchon

Polan

Moufle fixe

Poteau

Moufle mobile

Garant

Cabestan

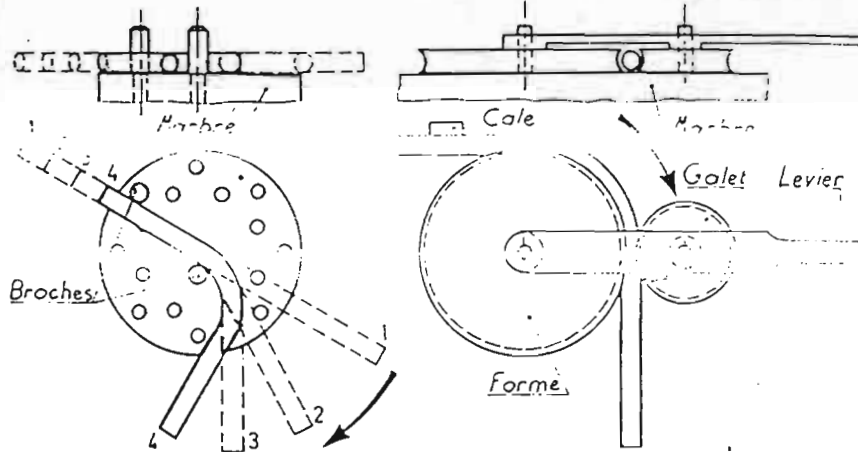
Fig. 66

## CINTRAGE A LA MAIN

Il ne s'effectue que sur les tubes de petit diamètre ( $\varnothing$  maximal: 21,3 mm) et suivant de grands rayons ( $r \geq 4 \varnothing$ ) afin d'éviter la formation de plis et l'ovalisation de la section.

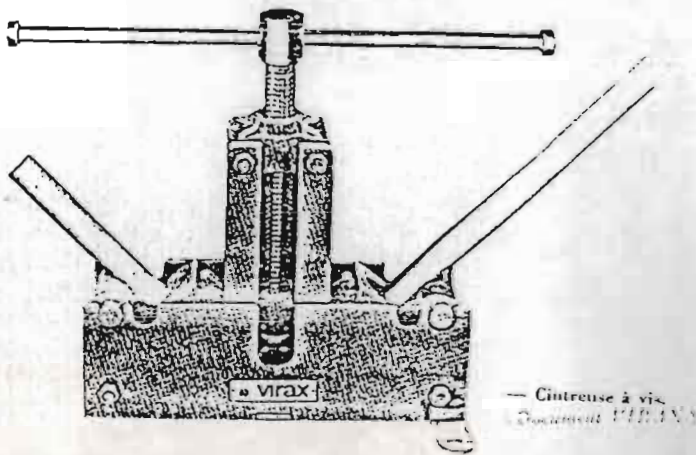
Il peut s'exécuter :

- par flexions successives entre deux broches fixées dans un marbre à trous en déplaçant le tube au fur et à mesure du cintrage (fig. 45) ;
- sur une forme, de préférence à gorge, avec un galet à gorge (fig. 46).



## CINTRAGE A LA MACHINE

- soit par un système vis et écrou, qui est celui des cintruses à vis. Il est monté sur les petites machines portatives (fig. 49). Le travail est relativement lent et plus ou moins pénible.



— Cintruse à vis.  
(Document VIRAX)

ou par un vérin hydraulique. Fonctionnant avec une main spéciale, ce système est celui des cintruses à pompe. Le vérin peut être actionné à la main (fig. 50) ou par l'intermédiaire d'un moteur électrique (fig. 51) ou à essence.

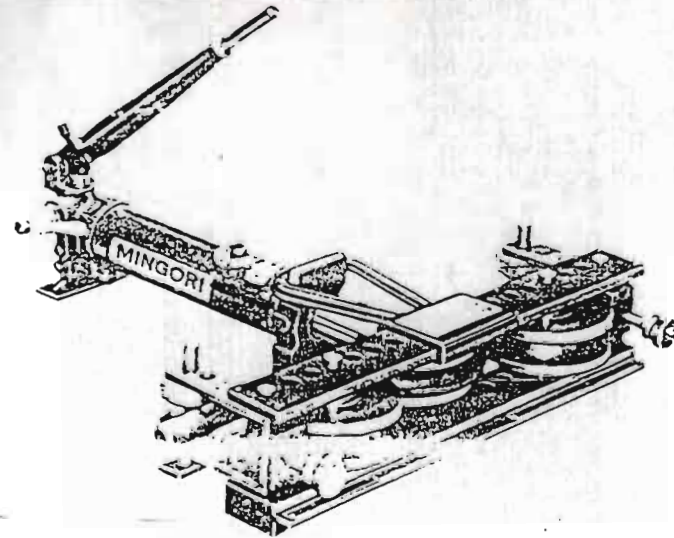


Fig. 50 — Cintruse à pompe à commande manuelle.

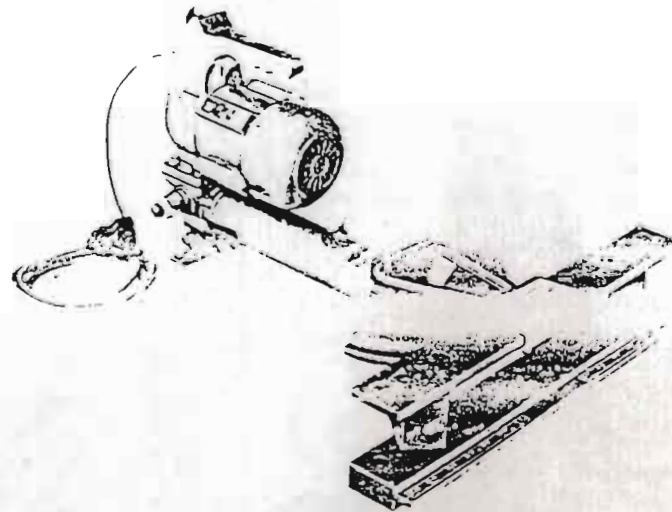


Fig. 51 — Cintruse à pompe commandée par moteur électrique.  
(Documents MINGORI.)



## ANNEXE 3

Demande de prix

## CLIENT COMPTANT

Bp 0000 DAKAR

A l'attention de MR / MME

Votre référence ESP CENTRE DE THIES

Michel MENDY

32, rue Mass Dickhané

Bp 23 408 - Dakar

Tél. : 823 30 92

Fax : 821 17 40

narmer@seritoo.sn

Sarl capital 1 000 000 F

rc 93B385 - niti 203027094K

cc 027094K - ninéa 0057522

**Proforma P02062528**



**25/06/02**

Page 1 sur 2

Poste	Référence - Désignation	Prix Unitaire	Quantité	Pri. Tot.
1	<b>Code 4121 112 130</b> DISTRIBUTEUR A TIROIR 3/2 551 G1/4 CDE ELEC. PILOTE INTEGRE FAPPEL RESSORT (sans bobine)	62 930	1	62 930
2	<b>Code 4173 110 120</b> BOBINE CM22 CL.F 2,5W 230 V 50HZ	14 419	1	14 419
3	<b>Code 5233 110 001</b> CONNECTEUR TAILLE 22 STANDARD	3 178	1	3 178
4	<b>Code 5111 231 643</b> VERIN PCN DOUBLE EFFET DIA. 32 COURSE 150	122 748	1	122 748
5	<b>Code 4123 321 004</b> DISTRIBUTEUR A TIROIR 5/2 551 G1/4 CDE PNEU. RAPPEL PNEU.	63 842	1	63 842
6	<b>Code 4175 100 034</b> REDUCTEUR DE DEBIT EN LIGNE G 3/4 BSPP ENCASTRABLE 10 BAR/60°C TARAUDE DIA. NOMINAL 15mm	71 244	1	71 244



Poste	Référence - Désignation	Prix Unitaire	Quantité	Prix Total
7	<b>Code 5116 312 405</b> FIXATION DETECTEUR MAGNETIQUE POUR VERIN PES PROFIL 80/100	6 490	2	12 980
8	<b>Code 5116 321 301</b> FIXATION POUR DETECTEUR MAGNETIQUE UNI A AMPOULE OU MAGNETO. RESISTIF POUR VERIN PES/PCN A TIRANTS D= 32-40	7 214	2	14 428
9	<b>Code 5116 321 303</b> FIXATION DETECTEUR MAGNETIQUE UNI A AMPOULE OU MAGNETO. RESISTIF POUR VERINS PES/PCN TIRANTS D=80	7 214	2	14 428
10	<b>Code 5116 332 143</b> DETECTEUR MAGNETIQUE UNI, MAGNETO-RESISTIF SORTIE PNP PAR CABLE 2ML, AVEC LED. SANS FIXATION	55 772	4	223 088
11	<b>Code 5111 121 043</b> VERIN PES-DM Double effet DIA. 80 Course 500 - Amortissement pneumatique réglable	241 256	1	241 256
12	<b>Code 6101 000 000</b> TUBE RILSAN MASSIF 4-6 mm CALIBRE NF. E 49 100 NATUREL COURONNE 25 M 20 bar 30°c r.c. 35 mm	14 987	1	14 937
13	<b>Code 6103 000 000</b> TUBE RILSAN MASSIF 8-10 mm CALIBRE NF. E 49 100 NATUREL COURONNE 25 m 11 bar 30°c r.c. 90 mm	27 275	1	27 275
14	<b>Code 6000 000 004</b> UNION MALE PL 1/4 BSPT POUR TUBE RILSAN 6-8mm	1 933	14	27 062

<b>Prix</b>	<b>Paiement</b>	<b>Montant Total</b>	
Prix nets Hors TVA départ Magasiris	Espèces à l'enlèvement		<b>913 865</b>
<b>Délai d'option</b>			
1 mois à compter de ce jour			
<b>Délai de livraison</b>			
Suivant disponibilité		<b>CLIENT COMPTANT</b>	<b>Narmer</b>