

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

14/80

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA  
TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE - MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SYSTEME DE CONTROLE  
AUTOMATIQUE APPLIQUE  
SUR RECTIFIEUSE

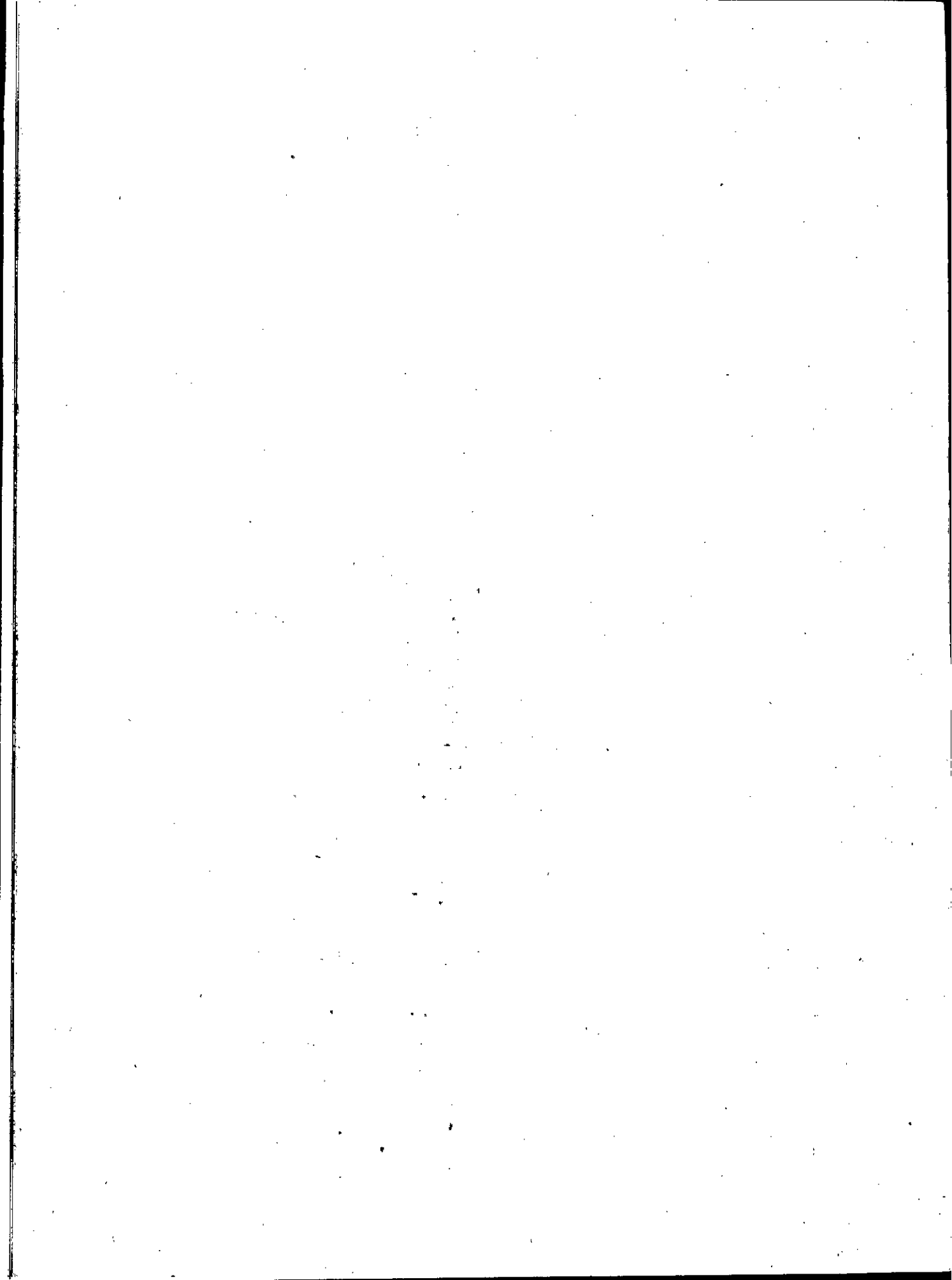
6 PLANS

Proposé et suivi par Mr :  
**A. SEMERDJIEV**



Etudié par :  
**B. NECIB**

JUIN 1980



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

—»O«—

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA  
TECHNOLOGIE HOUARI BOUMEDIENE

—»O«—

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

—»O«—

DEPARTEMENT GENIE - MECANIQUE

—»O«—

PROJET DE FIN D'ETUDES

SYSTEME DE CONTROLE  
AUTOMATIQUE APPLIQUE  
SUR RECTIFIEUSE

Proposé et suivi par Mr :

**A. SEMERDJIEV**

Etudié par :

**B. NECIB**

JUIN 1980



E D I C A C E S

- - - - -

/-) La mémoire de mes parents

/-) mes frères ; Chabane, Ahmed qui se sont sacrifiés avec abnégation dévouée pour me voir atteindre ce but.-

/-) mon frère Mostefa et mes soeurs, qui ont fait preuve d'un attachement inlassable.-

Qu'ils trouvent à travers ce modeste travail, l'assurance de mon affectueuse reconnaissance.-

/-) Ma Famille.-

/-) tous les Frères.-

Brahim /)/ECIB,

R E M E R C I E M E N T S

- - - - -

Je tiens à remercier vivement /)/)onsieur A. SEMERDJIEV, Docteur -  
es - Science et Maitre de Conférence à l'Ecole Nationale Polytechnique  
pour m'avoir suivi dans ce travail et pour ses précieux conseils qui  
m'ont été d'une grande utilité .-

Qu'il trouve ici ma profonde reconnaissance .-

J'exprime ma vive gratitude à tous les professeurs qui ont contri-  
bué à ma formation.-

Mes remerciements vont aussi à tous ceux qui m'ont aidé de près ou  
de loin, à l'élaboration de ce projet.-

Brahim /)/ECIB,

INTRODUCTION

Chapitre I : GENERALITES .

I.1 Principe général du controle

I.2 Differentes liaisons d'automation

DU SYSTEME

Chapitre II : CHOIX DES ELEMENTS DE CONTROLE :

2.1 Têtes de mesure

2.2 Capteurs

2.3 Organes de transformation du signal

Chapitre III: ETUDE DES PROCESSUS TECHNOLOGIQUES DE LA RECTIFIEUSE .

3.1 Etude des mouvements

3.2 Etude de la commande des mouvements

3.3 Principe de la commande des mouvements

Chapitre IV: CALCUL DU SYSTEME DE CONTROLE .

4.1 Schema de principe du système de controle

4.2 Calcul pneumatique

4.3 Calcul mecanique

Chapitre V: DESCRIPTION TECHNIQUE .

Chapitre VI: ANALYSE DES ERREURS .

CONCLUSION .

II I N T R O D U C T I O N

-----

Dans l'état actuel des choses, l'homme ne peut plus désormais subvenir à ses propres besoins à l'aide de ses mains. Il faut qu'une puissance le fasse pour lui; surtout si ces besoins sont demandés en grandes quantités et exigeants de hautes qualités d'usinage et de précision.-

Seule la productivité par l'automatisme tend à subvenir à cette demande et ses exigences.-

En effet, les hommes qui étaient encore verrouillés aux routines antiques faisant des petits travaux toujours les mêmes tendent à être remplacés par d'autres qui commandent uniquement des installations automatiques qui ont permis l'accélération de l'accroissement des richesses humaines. L'automatisme appliqué au fonctionnement et au contrôle des machines nécessaires aux fabrications mécaniques est une voie riche de possibilités qui permet un accroissement de la productivité.-

Ce procédé a pris pied tout d'abord dans les entreprises exécutant des travaux de grandes séries, ainsi que dans celles exécutant des travaux de grandes PRECISION réalisables avec des système dit SYSTEME D'AUTOMATION ET DE CONTROLE, qui occupent une partie importante dans l'automatisme des processus technologique.-

Il est de plus en plus fréquent de voir l'automatisme venir au secours de la mesure. L'automation de contrôle en est une application. Elle utilise des appareils de mesure convenable pour la fabrication mécanique qui veille surtout sur la qualité et la quantité des produits fixés conformément à une certaine spécification dans les meilleures conditions de sécurité et de rendement avec un prix de revient minimum.-

Ces appareils de mesure donnent une information permettant d'effectuer des contrôles qui automatiquement agiront sur le procédé pour obtenir la qualité et la quantité demandées.-

Dans notre étude on utilise un appareil de mesure pour agir sur les organes de commande de la machine outil corrigeant automatiquement la marche du procédé de fabrication en fonction de certains critères établis à l'avance.-



Le rôle du contrôle dans le processus technologique contemporain est très important quelque soit les machines outils. La précision de l'élaboration est fonction des facteurs technologiques suivants ;

- Usure des instruments
- et
- Déformations suite à la chaleur des forces de coupages Etc...

Il s'en suit de ces facteurs des erreurs qui ne peuvent pas être compensées avec un réglage préliminaire de la machine, y compris lorsqu'il s'agit d'une élaboration avec des machines à commande numérique. En conséquence, il est nécessaire de créer des systèmes de contrôles automatiques capables de compenser ces erreurs technologiques. Ce sont des systèmes qui notamment apprécient la méthode de contrôle nommée " CONTROLEACTIF " .-

Le contrôle actif donc étant lié étroitement avec le processus de fabrication de sa part influence sur la précision et assure l'élaboration des pièces dans les tolérances demandées, c'est une fonction du contrôle actif qui a une grande importance économique, puisqu'il n'existe pas des pièces inaptes ainsi les frais de réalisation sont réduits.-

Le développement du contrôle actif à commencer après la première guerre mondiale, mais maintenant on ne peut pas imaginer des processus technologiques sans application du contrôle actif. C'est pour cette raison qu'on cite la pensée du célèbre académicien " ARTOBOLVSKI " " Une machine outil récente sans système de contrôle actif peut être appréciée comme une machine imperfectionnée.-"

#### EN QUOI CONSISTE LE CONTROLE ACTIF?

Il consiste surtout à effectuer des méthodes de contrôle au cours ou après la fabrication à la suite desquelles on règle le processus technologique. On déduit de cette définition que le contrôle actif peut être effectué avec l'intervention de l'opérateur ou sans lui.-

Dans le cas où il s'effectue sans l'intervention de l'opérateur on dit que c'est un contrôle automatique.-

La tendance contemporaine est notamment l'utilisation du contrôle actif pour éviter l'existence des erreurs subjectives.-

Ayant en vue notre raisonnement, le contrôle actif contemporain est présenté surtout sous plusieurs formes.-

- a) Contrôle continu au cours de la fabrication d'une grandeur ( diamètre ou épaisseur ) avec des impulsions de commandes lorsque la valeur demandée est obtenue.)
- b) Correction automatique du réglage initial de la machine suivant le résultat de mesure des pièces directement après la fabrication.-
- c) Régulation des éléments de processus ( forces, mouvements ) suivant le résultat du contrôle des organes de machines prenant participation dans la chaîne de côte de laquelle dépend la grandeur demandée.

Indépendamment de la méthode utilisée le contrôle actif automatisé est indispensable lorsqu'il s'agit de l'automatisation complète des processus technologiques.-

Ce contrôle actif nous permet d'aboutir essentiellement aux conditions essentielles de la production qui apparaissent comme devant satisfaire aux propositions impératives suivantes ;

- Qualité ; Une bonne précision géométrique
- Quantité ; Une productivité totale ( pas de pièce mauvaise )
- Délais ; Un temps minimisé
- Prix de revient ; Economique
- Conditions humaines ; Sécurité de l'opérateur et espérances
- Organisation des processus de l'entreprise et amélioration des conditions social de travail.-

II I-IF- II<sup>o</sup> III III<sup>o</sup> III<sup>o</sup> oOo I oOo  
oOoOoOoOoOoOoOoOoOoOoOoOo

GENERALITES

# GENERALITES

## I.I. Principe général du controle

Des méthodes générales mentionnées dans l'introduction, la méthode la plus couramment utilisée sur les rectifieuses cylindriques avec centre est le controle au cours de la fabrication. Cette méthode de controle possède les avantages suivants ;

- a) Grande precision ; puisque on mesure directement le diamètre de la pièce.-
- b) Il n'existe pas la possibilité d'obtenir des pièces inaptes
- c) L'influence des facteurs provoquant les erreurs de fabrication est fortement réduite ou complètement évité.-

Le schema principal du système de controle sur la rectifieuse est représenté par la figure I - I

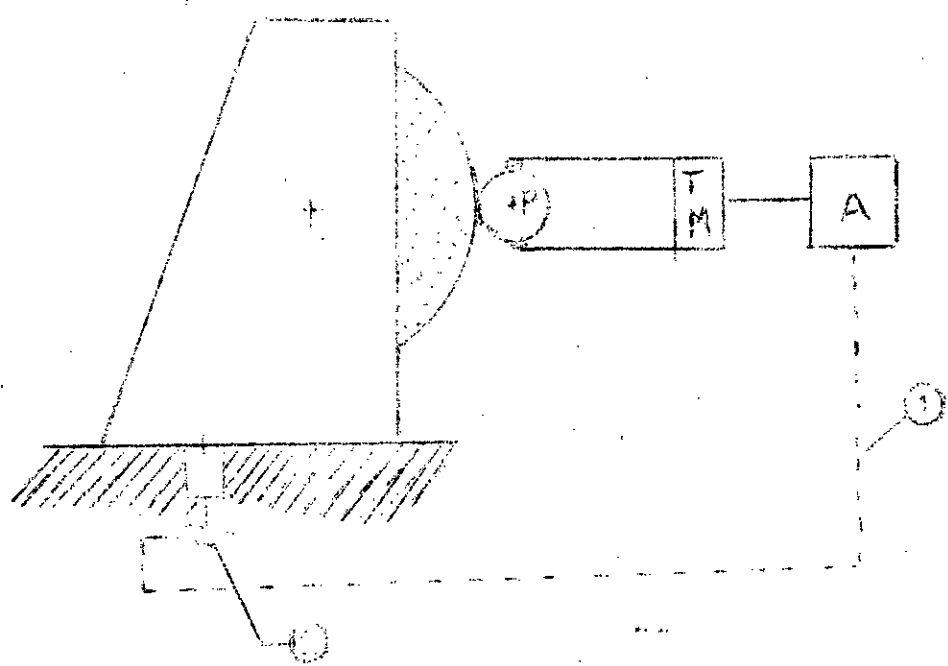


Fig I.I

La tête de mesure ( T.M. ) prend l'information continue du changement du diamètre de la pièce à rectifier ( P ). Cette information se transforme en signal convenable ( signale électrique ou signal pneumatique ), et ensuite envoyé dans les appareils de commande ( A ). L'appareil ( A ) multiplie ou transforme le signal obtenu et s'il existe nécessité le transforme de nouveau de telle façon qu'à sa sortie le signal devient du continu au discontinu ( impulsion ). Cette impulsion qui est obtenue notamment lorsque le diamètre de la pièce devient égal au diamètre demandé, agit par l'intermédiaire de la ligne de retour (I) sur les appareils de commande de la rectifieuse (2) pour arrêter le mouvement transversal du chariot porte meule qui revient automatiquement vers l'arrière. Parfois cette impulsion est utilisée aussi pour le dégagement de la tête de mesure ( ce qui n'est pas notre cas.)

Il est bien évident que le système de contrôle doit posséder une caractéristique discrète ( discontinue ) indépendamment de la méthode de mesure ; La tête de mesure donne une information continue à l'appareil (A) celui-ci la transforme en signal discret ( impulsion ).-

### I - 2 - Différentes Liaisons d'Automatisation ;

Pour enchaîner une série d'action et d'effets en vue de constituer un ensemble d'automatisation la technique dispose aujourd'hui d'une grande variété de moyens, caractérisés surtout par l'agent de liaison ou de transmission de commandes selon la nature de cette agent on peut distinguer différentes formes d'automatisme ; mécanique ; hydraulique ; pneumatique ; électrique ; électronique et à commande numérique.-

- L'automatisation mécanique présente des liaisons rigides par cames, tiges roues dentées, etc... ou semi rigides par cable flexible. Son emploi est limitée au donné de la machine.-

- L'automatisation hydraulique ; ses liaisons sont obtenues par une circulation de liquide ( eau, huile, ou liquide spéciaux ) dans un circuit ferme sans perte ( circuit étanche ). L'Energie est fournie par une pompe.-

- L'automatisation pneumatique ; ses liaisons sont obtenues par circulation de gaz ou de vapeur comprimée . Le plus souvent les circuits sont ouverts ( échappement ) à l'atmosphère ) des fois ils sont fermés.-

L'énergie est fournie par un compresseur, ou un générateur de vapeur

- L'automatisation électrique ; ses liaisons se font par des circuits de transport courant dont l'énergie peut être un secteur un accumulateur ou une pile

- L'automatisation électronique ; ses liaisons sont faites par l'intermédiaires des tubes à vide, à gaz ou des éléments semi - conducteurs.-

L'agent moteur obtenu facilement dans notre atelier de fabrication mécanique est l'air comprimé ou l'électricité. On assure le mode de liaison fonctionnelle entre les organes de notre système de contrôle soit en <sup>air</sup> comprimé soit en électricité soit une combinaison entre les deux.-

Notre système de contrôle automatique repose sur l'utilisation d'une tête de mesure très sensible fonctionnant suivant plusieurs méthodes dont les principales sont ;

- 1 - Méthodes pneumatiques
- 2 - Méthodes électroniques ( principe d'induction )
- 3 - Méthodes optico - électroniques
- 4 - Méthodes utilisant le processus radioactif

Les plus intéressantes pour nous ( vu le matériel à notre disposition ) sont les méthodes pneumatiques et électriques qui présentent en général des avantages et des inconvénients, suivants le mode de connexion ( ou l'installation ) de l'appareillage.-

- Inconvénient d'une installation à air comprimé ;

a) - Energie Couteuse

Le coût de l'air comprimé est de plusieurs fois supérieur à celui du courant électrique. Ceci est dû à plusieurs facteurs ;

- La compression de l'air engendre de la chaleur qui doit être éliminée par un système de refroidissement. Cette évacuation de chaleur qui se traduit par une perte de puissance du compresseur est caractéristique de cet appareil, et doit être prise en considération, d'autre part le moteur à air comprimé utilisé complètement la chute de pression car le gaz usé sortant à l'échappement n'est pas totalement détendu.-

- Entre les deux extrémités du circuit compresseur et tête de mesure, surgissent d'autres obstacles à l'utilisation totale de l'énergie fournie ; pertes de charges dans la tuyauterie et les raccords.-

- Certaines installations pneumatiques existent, un réseau de tuyauterie assez complexe à maintenir constamment sous pression.

Les frottements du fluide au sein des tuyaux longs engendrent de la chaleur qui est la source de dilatation de l'air comprimé.-

- Les pertes de charges sont fonctions de l'état de surface interne des tuyaux. Elle est supérieure pour des tuyaux à parois rugueuses ( rouille , cordons de soudure perlés ) que pour des parois lisses, et augmentent à chaque obstacle gênant l'écoulement ; joints de tuyauterie filetés, brides.-

#### b ) Perte de vitesse sous charge

Le régime des appareils fonctionnant à air comprimé décroît quand la charge augmente.-

#### c ) Faible rayon d'action.-

En raison de la longueur réduite des tuyaux flexibles, le rayon d'action des appareils d'une telle installation est faible celui-ci ne doit pas dépasser en effet certaines limites sous peine de gêner l'opérateur et d'engendrer des pertes de charges exéssives.-

#### d ) Rigidity des tuyaux flexibles

On reproche souvent une certaine rigidité aux tuyaux flexibles qui gênent la maniabilité de l'appareil ( tête de mesure ). On ne saurait cependant diminuer exagérément cette rigidité sans risque de voir les tuyaux s'écraser d'où perte de charge considérable.-

c ) Bruit de l'air comprimé à l'échappement

L'air comprimé engendre souvent des bruits très gênants. Certains constructeurs d'outils pneumatique ont apportés des solutions très intéressantes à la lutte contre le bruit, réduisant celui-ci à des intensités très acceptables par l'utilisation des deflecteurs silencieux. Ce deflecteur orientera l'air d'échappement de telle façon qu'il ne gêne pas de personnes placées à proximité immédiate de l'appareil.-

f ) Givrage

Ce phénomène provient essentiellement de la détente de l'air comprimé

AVANTAGE D'UNE INSTALLATION A AIR COMPRIME

a ) Gamme importante de types d'appareils

C'est la raison principale de leur succès en particulier dans l'industrie aéronautique, la construction des machines et d'appareils de mesures, et l'électrotechnique

b ) Régime réglable

Dans une installation pneumatique le régime est réglable par la variation de l'ouverture d'admission ; pour avoir par exemple une pression de travail favorable ;

c ) Légèreté

Les appareils d'une telle installation sont généralement plus légers et moins encombrants que leur homologues électriques de même puissance.

d ) Sécurité

Ces appareils ne recèlent aucune source de danger

e ) Simplicité de l'entretien

Ces appareils n'exigent aucune qualification particulière de la part des mécaniciens attachés à leur entretien.-



- Inconvénients d'une installation électrique

a ) Gamme réduites de types d'appareils

On ne rencontre pratiquement pas d'équipement spéciaux tels que ; Tête de mesure universelles, visseuse multibroche....-

b ) Impossibilité de réglage du régime

Les appareils électriques ont un régime fixe.

c ) Utilisation dangereuse ;

Dans ces installations les appareils peuvent présenter des accidents qui sont d'origines électrique ou mécanique. Les premiers peuvent être évités en respectant les consignes de montages de contrôle de l'appareil et des fils. Pour ceux d'origines mécanique ils proviennent de l'entraînement brutal de l'appareil dès que la puissance limitée est atteinte.-

d ) Entretien délicat

Les travaux d'entretien exigent souvent des compétences particulières pour la partie électrique.

e ) Echauffement en fonctionnement.

- Avantages d'une installation électrique

a ) Energie motrice non coûteuse  
( par rapport à celle de l'air comprimé )

b ) Régime constant ;

Le régime des appareils électriques changent peu

c ) Grand rayon d'action ;

Vue la grande flexibilité des câbles.

d ) Entretien peu fréquent ;

La périodicité d'entretien dépend essentiellement des nombres d'heures de service ( après six à douze mois de service )

e ) Fonctionnement silencieux

Pas de bruit gênant

f ) Robustesse ;

Cet avantage se ramène à la nature du moteur ; le moteur électrique est aussi robuste que le moteur à air comprimé ( compresseur )

Ayant en vue notre considération, et pour assurer la transmission des signaux électriques qui sont obtenus à partir de leurs homologues pneumatiques, jusqu'aux organes de commande de la machine ; On applique directement des liaisons électriques qui pratiquement nous amène à la création d'un système PNEUMO - ELECTRIQUE de controle automatique . ' transforme le signal pneumatique en un signal électrique.-

Ce système comportera les qualités de la pneumatique ( capteurs et amplificateurs à l'abri des facteurs gênant la précision ), et les qualités de l'électricité ( transformation et transmission rapides des signaux électriques capable d'agir sur les organes de la rectifieuse).-

Notre installation doit comprendre les éléments suivants ;

- Une tête de mesure universelle
- Un capteur
- Un organe de transformation de signal



## CHOIX DES ELEMENTS DU SYSTEME DE CONTROLE

Le système de contrôle automatique comme était représenté à la figure I.I. comporte trois ensembles d'appareils, Dans ce chapitre on considère les principes et les possibilités de construire ces ensembles et de faire un choix convenable des éléments conformément à notre raisonnement au chapitre I.

### 2.I. TÊTES DE MESURE

Les têtes de mesures dans les systèmes de contrôle, des surfaces de révolution extérieure, contemporain sont basées sur la méthode à contact. On distingue généralement suivant le nombre de contact trois genres de tête de mesure.-

- 1 . Tête de mesure à 1 contact
- 2 . Tête de mesure à 2 contacts
- 3 . Tête de mesure à 3 contacts

#### 2.I.I. TÊTE DE MESURE A UN CONTACT

Le schéma de principe de la tête de mesure à un seul contact est représenté par la figure 2.I( a & b ).-

La tête de mesure est fixée sur la table. Elle se trouve donc animée d'un mouvement rectiligne alternatif. Elle présente les inconvénients suivants ;

- La mesure n'est pas bien localisée du fait des vibrations
- Elle ne mesure pas le diamètre de la pièce mais le rayon,-

( La pièce est portée entre porte ). La valeur de la mesure du rayon est fonction de la chaîne de cote du système.-

Pour la figure ( 2 . I - a ) ;

$$r = L - C - l. \quad d = 2 ( L.C.l. )$$

L'erreur sur la diamètre est ;

$$\Delta d = 2 ( \Delta L + \Delta C + \Delta l ) \quad ( I )$$

Pour la figure ( 2 , I - b )

$$r = L - l - b + c$$

L'erreur sur la diamètre est ;

$$\Delta d = 2 ( \Delta L + \Delta l + \Delta b + \Delta c ) \quad ( 2 )$$

On remarque d'après les formules ( 1 ) et ( 2 ) que la tête de mesure à un contact respecté la règle générale de l'analogie notamment la précision de mesure augmente avec la diminution du nombre de cote ; la tête de mesure présentée à la figure ( 2.I. a ) est plus précise que la tête de mesure présentée à la figure ( 2.I. b ). On peut ajouter aussi que la tête de mesure à un seul contact est simple mais sa précision est insuffisante. Elle est convenable pour un contrôle des pièces de qualités 6 - 7 - 8 . C'est pour cette raison que l'utilisation de telles têtes de mesure est recommandée dans un processus de rectification préalable.-

## 2. I. 2. TETES DE MESURES A DEUX CONTACTS

La figure 2.2. présenté un schéma de principe d'une tête de mesure à deux contacts fonctionnant à l'air comprimé.-

- 0 . Point fixe
- 1 . Touche fixe
- 2 . Touche mobile
- 3 . Vis pour réglage préventif
- 4 . Touche
- 5 . Ressort

La touche mobile ( 2 ) suit la variation du diamètre grace à une force de rappel du ressort ( 5 ). Cette force crée un moment de rotation par rapport au point fixe ( 0 ) ce qui permet à la touche ( 4 ) de fermer l'orifice de l'air comprimé.-

Elle mesure directement le diamètre de la pièce ce qui limite les erreurs dues à la chaîne de cote du système.-

La tête de mesure à deux contacts étant disposée sur la table, elle mesure la pièce à élaborer dans une même section, ceci ne permet pas d'obtenir une information pour les diamètres de la pièce dans d'autres sections. Lorsqu'il s'agit d'une rectification en balayage, ceci présente un inconvénient parcequ'il est possible que la contre pointe soit mal réglée et de provoquer une conicité qui ne sera pas indiquée par la tête de mesure.-

D'autre part la tête de mesure à deux contacts permet une automatisation complète de processus technologique parceque le mouvement avant - arrière ( 5 ) peut être facilement automatisé.-

La tête de mesure à deux contacts est plus précise que la précédente, grâce au fait qu'elle mesure directement le diamètre. Elle est moins sensible aux vibrations et recommandée pour contrôler les pièces de qualités 4, 5 , etc....- Mais surtout quand il s'agit d'une rectification en plongée directe.-

### 2 . I . 3 . TETE DE MESURE A TROIS CONTACTS

Le schéma de principe d'une tête de mesure à trois contacts est donné par la figure 2 . 3 .-

- |                  |                                  |
|------------------|----------------------------------|
| I . Articulation | 6 . Tige                         |
| 2 . Levier       | 7 . Tube                         |
| 3 . Ressort      | 8 . Touche supérieure ( mobile ) |
| 4 . Touche       | 9 . Touche intermediaire         |
| 5 . Ressort      | 10 . Touche inférieures( fixe )  |
|                  | II . Capteur                     |

La tête de mesure est fixée sur un bati ou couvercle de la meule Elle ne suit pas le mouvement alternatif de la table.-

La tête de mesure à trois contacts est la plus utilisée vu les avantages qu'elle présente ;

- Elle ne mesure pas le diamètre de la pièce mais une corde légèrement inférieure au diamètre étant donné que la touche inférieure n'est pas diamétralement opposée à la touche mobile mais inclinée de (5 à 10 °) .-

Cette caractéristique ne lui permet de se décrocher que sous l'action d'une certaine force donnée par l'opérateur ( max 10 N ).

En plus la force de frottement ( T ) sert comme appui supplémentaire du crochet sur la pièce.-

- Elle est insensible aux vibrations.-

- La touche intermédiaire a pour but seulement d'assurer un bon emplacement de la pièce

- La tête de mesure étant donc automatique<sup>ment</sup> accrochée à la pièce suit les mouvements complémentaires de la pièce dus à la déformation sous l'effet des forces de coupage et l'excentricité éventuelle de cette dernière. Cette qualité l'emmène à l'augmentation de la précision de contrôle, ce qui explique sa grande application dans l'industrie.-

- L'expérience a établi que l'influence des vibrations est complètement réduite et des fois évitée surtout quand on utilise un contre-poids au lieu du ressort ( 3 ), pour assurer le levage de la tête de mesure lors du dégagement de la pièce.-

Il est nécessaire en même temps de mentionner que ;

L'utilisation des têtes de mesures à trois contacts ne permet pas d'automatiser complètement le processus technologique car c'est notamment l'opérateur qui intervient pour accrocher ou décrocher la tête de mesure.

ent

Ces manipulations peuvent être automatisées mais ça emmène à l'utilisation des outils très compliqués ce qui n'est pas économique pour une production de moyenne ou de petite série avec une élaboration précise ( cas de notre étude ),- l'automatisation complète n'est donc pas exigée.-

La tête de mesure à trois contacts étant fixe sur le bâti ou le couvercle de la meule, elle peut contrôler le diamètre de toutes les sections de la pièce à rectifier dans le cas de la rectification en balayage, ce qui permet d'éliminer sa conicité éventuelle par un réglage préventif.-

Ces têtes de mesures ont donc, une bonne précision de mesure ( qualité ; 3 ) et ont aussi la possibilité de fonctionner suivant plusieurs méthodes ( pneumatique, électriques ... ). On dit qu'elles sont universelles.-

On choisira pour notre système de contrôle une tête de mesure universelle reposant sur le principe des trois contacts, laquelle a la possibilité de fonctionner avec l'utilisation de différents types de capteurs.-



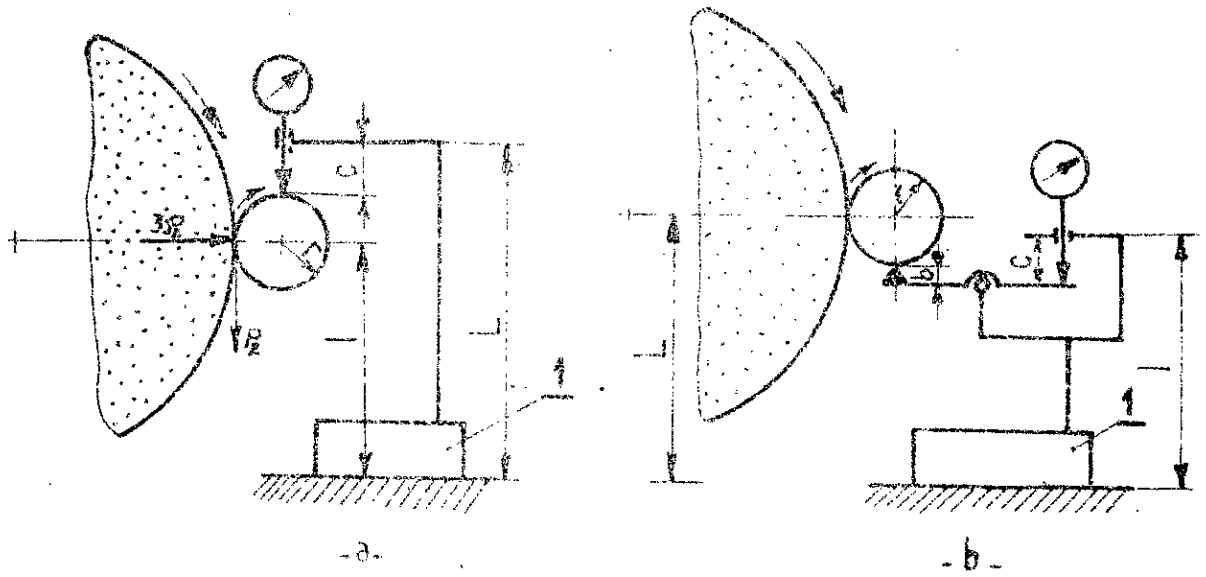


Fig.2.1: Tête de mesure à un seul contact.

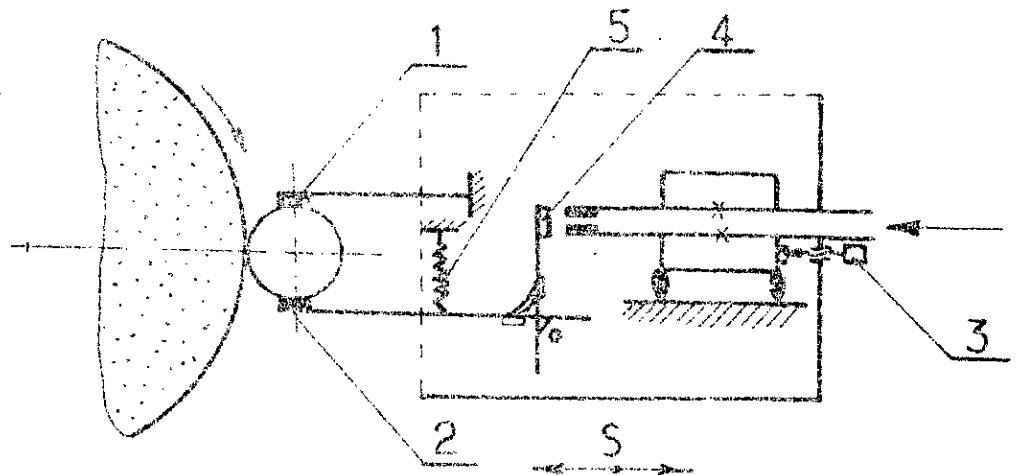


Fig.2-2. Tête de mesure à deux contacts.

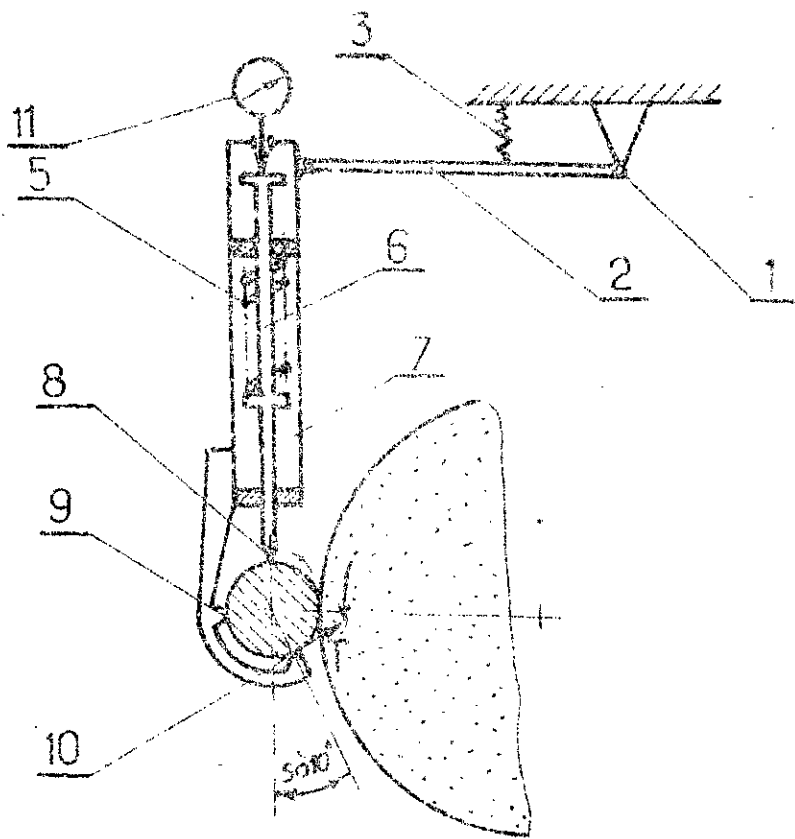


Fig. 2-3: Tête de mesure à trois contacts.

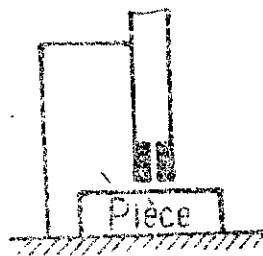


Fig. 2-4 : Palpeur pneumatique (sans contact).

## 2 . 2 . CAPTEURS

Un capteur ( également appelé palpeur ou touche ) contrôle les grandeurs à mesurer sur la pièces. l'exémen peut être à contact moyennant un élément mécanique, ou sans contact, par transformation de la dimension à mesurer en une autre grandeur.-

Dans l'industrie du controle contemporain on utilise généralement deux types de capteurs.-

- Capteurs pneumatiques ( où la mesure se fait par la méthode pneumatique )
- Capteur électronique ( où la mesure se fait par la méthode électrique ).

### 2 . 2 . I . CAPTEURS PNEUMATIQUES

Ce sont des appareils de mesure pneumatique d'une précision voisine de 2,5 %.-

Il existe deux possibilité pour prendre la mesure, la première s'effectue sans contact entre le palpeur et la pièce, la dimension à mesurer se traduit en une grandeur pneumatique. Elle est appelée " Mesure avec laminage directe ". ( Figure 2.4. ). l'autre est avec contact ou " mesure avec laminage indirecte ". Il est utilisé pour les grands intervalles de mesure ( Z ). Détrangement peut se faire par une soupape par un pointeau, ou par une sphère. ( Figure 2.5. ).-

Un capteur pneumatique est la sortie d'un système pneumatique comportant les éléments suivants ( Figure 2.6 ).-

- 1 . Source d'air comprimé
- 2 . Filtre
- 3 . Stabilisateur détenteur
- 4 . Appareil pneumatique
- 5 . Capteur
- 6 . Pièce

La figure ( 2 . 6 ) présente l'emplacement d'un capteur dans un circuit pneumatique.-

L'air propre et sec, sous pression d'environ 3 bars, venant de la source ( 1 ), passe par le filtre ( 2 ) et le stabilisateur détenteur ( 3 ) pour alimenter enfin l'appareil pneumatique ( 4 ), ensuite il arrive au palpeur ( 5 ). L'écoulement d'air se fait entre le gicleur et la face de la pièce située à une cote ( Z ) du palpeur. Les organes ( 1 ), ( 2 ) et ( 3 ) sont très connus et utilisés dans tous les systèmes pneumatiques.-

Les systèmes de contrôles automatiques interviennent surtout dans le domaine de la métrologie d'où le nom de " METROLOGIE PNEUMATIQUE ". Son principe est appliqué au contrôle d'usinage. Il est basé sur la mesure de la résistance au passage d'un gaz ( air ) de l'étranglement de section, obtenu en plaçant un orifice à faible distance Z d'une paroi solide ( 6 ) Figure 2.7.-

Où Z ; Distance entre pièce et gicleur

O ; Orifice

E ; Ecoulement du gaz

(6) ; Paroi solide

Les appareils qui utilisent ce principe sont appelés micromètres pneumatiques et se distinguent entre eux par la façon de mesurer la résistance de l'étranglement.-

### 2.2.2. LES CAPTEURS ELECTRONIQUES

Ce sont des appareils de mesure électronique connus depuis longtemps. Pourtant c'est au cours de ces dernières années seulement que ces procédés de mesure ont pris une importance considérable.- Ceci provient des exigences accrues auxquelles doit faire face le contrôle de fabrication qui exige de plus en plus des moyens de contrôle de grande précision. L'électronique apparaît alors comme le moyen le plus rationnel et parfois comme le moyen unique pour la résolution des problèmes du contrôle.-

Avec de tel type de capteurs la précision peut atteindre de 20 à 0,02 micron.-

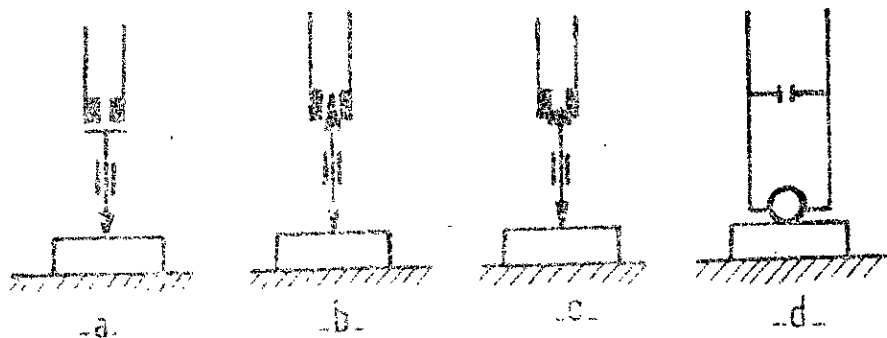


Fig. 2-5 : Capteurs pneumatiques (à contact).

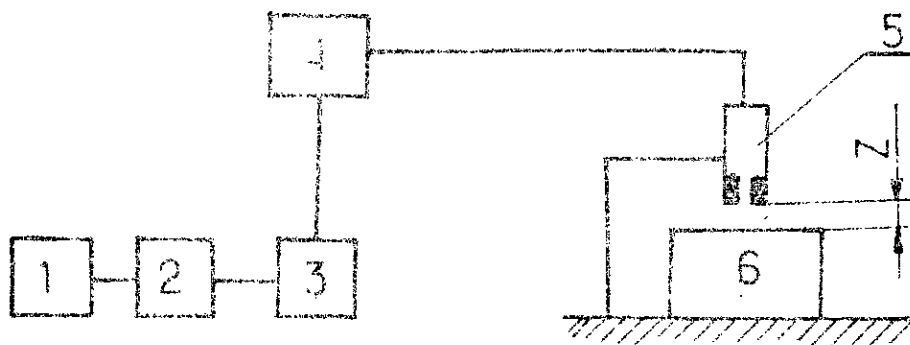


Fig. 2-6 : Emplacement du capteur

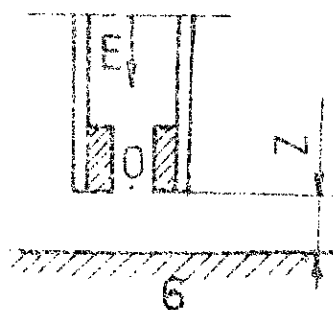


Fig 2-7

Selon le mode d'indication, on distingue deux possibilités pour relever la mesure; Analogique ou Numérique. Seulement cette distinction n'est pas opportune étant donné que pratiquement, n'importe quel signal analogique peut être transformé en signal numérique à l'aide d'un convertisseur analogique - numérique. Dans ce contexte il serait utile de donner quelques précisions concernant les termes analogique et numérique ;

- Analogique veut dire correspondant exemple ; l'indication de température d'un thermomètre à mercure est analogique à une colonne de mercure, correspondant à la température indiquée.-
- Numérique ( ou digitale ) désigne toute grandeur discrète ou exprimée en chiffres.-

On se contente donc seulement des procédés de mesure électronique dont le principe de fonctionnement est le suivant ;  
( Figure 2 . 8 )

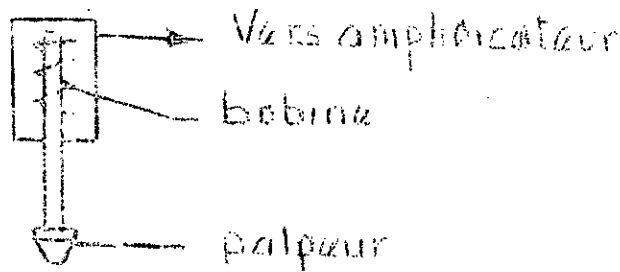


fig. 2.8

La prise de cote mécanique se fait par la mesure avec contact.-  
Ils sont composés d'un palpeur inductif qui capte les déplacements et les converti en un signal électronique obtenu par inductivité. A l'intérieur d'une bobine se trouve un noyau de ferrite lié rigidement à l'axe de palpation du capteur. Tout déplacement du noyau de ferrite entraîne une augmentation ou une diminution de l'impédance de la bobine, ce qui provoque la variation de la tension alternatif aux bornes de la bobine ( cette première est en fonction linéaire du déplacement du noyau ).

La tension ainsi obtenue est amplifiée redressée en phase puis affichée sur un galvanomètre gradué en micron.

A titre d'exemple on cite ;

- Capteur inductif ( Figure 2.8.)
- Capteur capacitif ( où le déplacement du palpeur qui est relié à l'une des lames d'un condensateur modifié sa capacité).

Le principe de conversion analogique ne peut pas être appliqué directement dans un contrôle automatique puisque le processus technologique discret exige une commande discrète. C'est pour cette raison que les capteurs inductifs et capacitifs donnent un signal analogique qui doit être transformé en signaux discrets ( impulsion )

Cette transformation se fait au niveau de l'amplificateur ; ce qui provoque sa complexité.

Il existe des capteurs électriques capables d'assurer une conversion discrète. Ce sont des capteurs à électro contact Figure 2.9.

- 1 . Represente la tige
- 2 . Contact mobile
- 3 & 4 Contacts immobiles réglables

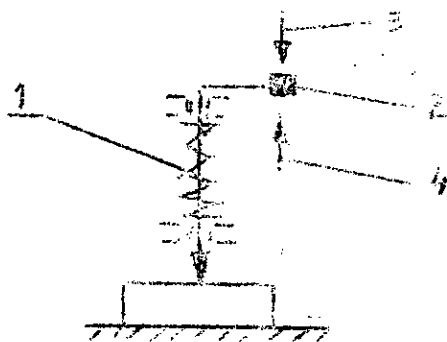


Fig.29

Le capteur à contact est un mécanisme dans lequel le déplacement de la tige est relié avec l'ouverture ou la fermeture des couples de contacts électriques qui commandent des circuits électriques.

La tige ( 1 ) qui touche toujours la pièce à contrôler accepte le changement de la dimension de la pièce. Suite à ce changement, trois cas peuvent se présenter ;

- Le contact ( 2 ) ne touche pas les contacts ( 3 ) & ( 4 ) ( cas représenté sur la figure 2.9.)
- Le contact ( 2 ) touche le contact ( 3 )
- Le Contact ( 2 ) touche le contact ( 4 )

Cela veut dire qu'à l'aide de la présence de deux contacts immobiles on peut prendre trois informations sur la valeur de la dimension à mesurer. Mais dans les conditions du contrôle actif on utilise deux informations ;

- Si le contact ( 2 ) quitte ( 3 ) un circuit s'ouvre et, ça signifie que la zone de tolérance est plus proche, et on change le régime d'avance
- Si le contact ( 2 ) ferme ( 4 ) ça signifie que la dimension à contrôler est obtenue et on donne commande au processus de s'arrêter

Ces capteurs sont très simples ainsi que l'amplificateur des signaux, car il amplifie directement des signaux discrets, donc il n'existe pas une nécessité de transformation du signal.

On ne peut pas faire un choix de capteurs séparément des organes de transformation du signal, car le capteur ne travaille pas tout seul, il dépend de celui-ci.-

Il faut donc étudier d'abord les appareils de transformation de signal ;

### 2 . 3 . ORGANES DE TRANSFORMATION DU SIGNAL

Ce sont des appareils de contrôle et de commande. On distingue deux types d'appareils

- Les appareils pneumatiques
- Les appareils électriques



### 2.3.1. APPAREILS PNEUMATIQUES

Leur objet est de transformer un signal pneumatique en un autre signal ( électrique ). Leur fonctionnement repose sur plusieurs principes, /<sup>dont</sup> les plus utilisés actuellement sont les principes différentiels ; Exemples d'appareils ;

#### - Appareil à membrane

Le contact mobile est portée par une membrane

#### - Appareil à soufflet métallique

Ils ont la possibilité d'indiquer la valeur de la cote en donnant plusieurs signaux électriques

#### - Appareil à compensation

Dans ces appareils, on a deux chambres ( Figure 2.10.) La chambre de mesure ( 3 ) et la chambre de compensation ( 7 ). L'air entre dans la chambre de mesure par le gicleur ( 1 ) et sort par le gicleur ( 2 ). Pour la chambre de compensation il entre par le gicleur ( 4 ) et s'échappe par la surface latérale du tronc de cône crée par l'extrémité de l'aiguille ( 8 ) et le gicleur ( 9 ). La membrane ( 5 ) avec son centre dur se trouve en équilibre quand il y a égalité de pression (  $h = h_1$  ). La masse de l'aiguille et la pression de mesure du comparateur ( 10 ) sont négligeables par rapport aux forces pneumatiques agissants sur la membrane.

Le fonctionnement des appareils à compensation repose sur la variation de pression de part et d'autre de la membrane.

Quand la cote  $Z$  change de valeur, la surpression  $h$  varie et la membrane est hors d'équilibre pour un temps très court. La membrane s'agite ensuite de telle façon à reprendre son état d'équilibre mais ce sera dans une position différente.-

Par exemple si  $Z$  diminue, la pression  $h$  augmente et par conséquent la membrane se déplace vers le haut avec l'aiguille (8). La surface d'écoulement ( 8.9.) diminue ; alors  $h_1$  augmente jusqu'à équilibrer  $h$ . Le déplacement de l'aiguille (8) fixée au comparateur donne l'information du changement de la cote à mesurer.

NOTE /

C'est le genre d'appareils qui existe dans notre atelier.-

2.3.2. APPAREILS ELECTRIQUES

Il existe des appareils qui relevent <sup>la mesure</sup> par la méthode électronique et d'autres par la méthode à électro-contact.-

La première méthode est compliquée vue la complexité de l'amplificateur. Car le signal qui rentre dans l'amplificateur est analogique et doit être transformé en un signal discret. On illustre ceci par la Figure 2.II. Le palpeur (I) suit la variation de la pièce qui se traduit par une variation de tension, ou signal de mesure, qui est amplifié puis redressé et enfin affiché sur l'appareil indicateur(4).

L'ensemble des trois appareils ( amplificateur (2), redresseur (3) et l'indicateur (4) ) sont regroupés dans un coffret qui porte le nom d'appareil de transformation du signal.-

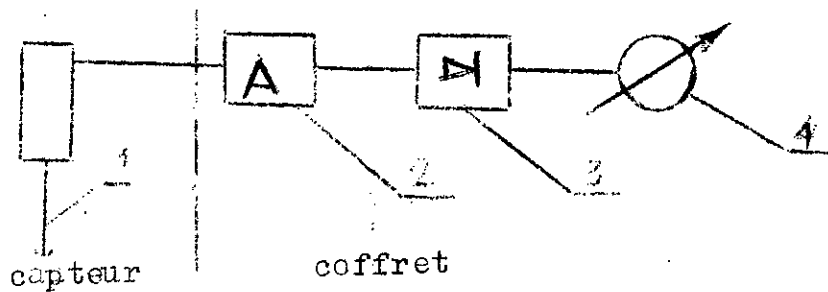


Fig.2.II

La deuxième méthode à électro-contact est moins compliquée. La figure 2.I2 représente un schéma électrique de principe et d'action de l'amplificateur.

En plaçant la pièce à contrôler, le palpeur à électro-contact ( P.E.C.) ferme le circuit (I) et excite le contacteur A qui actionne le contact ( $a_1$ ) et la lampe ( $L_1$ ) s'allume. Par rectification les dimensions de la pièce changent jusqu'à ce que le palpeur quitte (I) et arrive en position (2). La lampe (4) s'éteint et ( $L_2$ ) s'allume par fermeture des contacts ( $a_2$ ) et ( $b_2$ ). On peut utiliser ce signal à la variation du régime de travail.

La variation des dimensions de la pièce étant continue le palpeur arrive en position (3) et ferme le circuit (II). Le contacteur, (B) excité, ferme le contact  $b_1$  et la lampe  $L_3$  s'allume. Ce dernier signal obtenu est utilisé pour l'arrêt des prises de passes et recule du chariot porte meule.-

Les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  ainsi que les résistances  $R_1$  et  $R_2$  jouent le rôle d'un filtre, et ce en absorbant les étincelles créées par la fermeture des contacts du P.E.M.

- Le signal obtenu est discret et ne nécessite aucune transformation ce qui amoindrit la complexité de l'amplificateur.

- En outre on peut relier en parallèle avec les lampes ( $L_1$ ,  $L_2$ , et  $L_3$ ) les contacts qui commandent les mouvements de la rectifieuse.

#### CONCLUSION GENERALE

Vue notre considération des capteurs, des amplificateurs et les possibilités de l'atelier de fabrication mécanique, nous allons choisir le principe de conversion " CONVERSION PNEUMATIQUE ", avec un capteur sans contact et l'appareil pneumatique ; un ETAMIC, comme amplificateur et appareil de commande. Cet appareil existant dans l'atelier peut être adopté après avoir effectué certaines adaptations concernant le travail mutuel de celui-ci avec un capteur pneumatique sans contact, parce que en principe, il est destiné à travailler avec ses propres capteurs à contact, qui ne sont pas applicables dans un système de contrôle actif. C'est pour cette raison une étude et calcul des éléments de la partie pneumatique ( capteur Etamic ) est indispensable pour obtenir les caractéristiques favorables capables d'assurer la précision nécessaire de la mesure ( Voir Chapitre IV )

Mais il est nécessaire de mentionner encore une fois que la tête de mesure étant universelle permet une application de n'importe quel principe de conversion à condition que le diamètre de " canon " du capteur est égal à 8 mm. ( Ce dernier est normalisé pour un grand nombre de capteurs produits actuellement. ).-

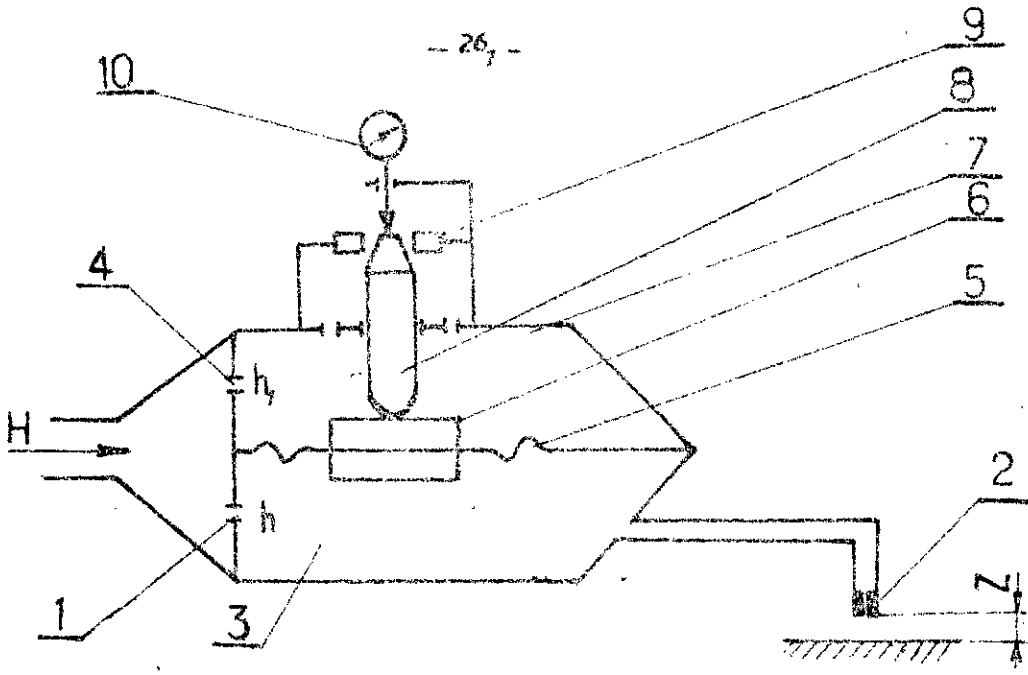


Fig.2-10: Appareil à compensation.

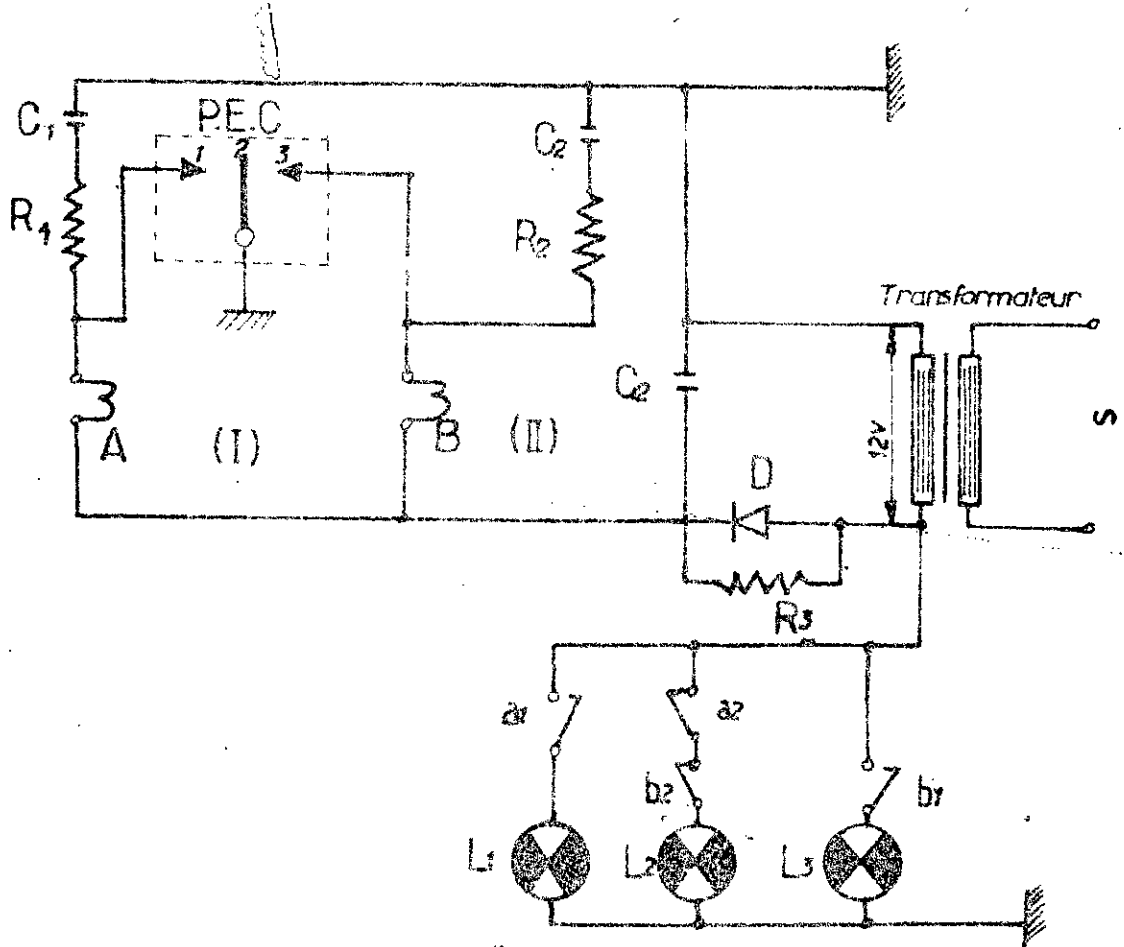


Fig.2-12: Appareil électrique.



## ETUDE DES PROCESSUS TECHNOLOGIQUE DE LA RECTIFIEUSE

La rectifieuse et le système de contrôle automatique sont deux éléments du processus technologique entier ; Machine - outillage - pièce - instrument de la fabrication. Les deux éléments mentionnés travaillent dans des conditions de lien mutuel continu grâce à la ligne de retour existante. ( Voir figure I.I ). Pour assurer cette interaction il est nécessaire d'étudier profondément la fonction, les propriétés et les possibilités de la rectifieuse d'accepter les commandes du système de contrôle automatique passant par la ligne de retour.-

La rectifieuse est une machine à rectifier les surfaces de révolutions extérieures cylindriques et coniques en balayage ou en plongée directe.-

Elle utilise comme outil une meule plate cylindrique de dimensions standard ; 305 x 127 x 50 mm ( en général les diamètres des meules qui existent varient entre 300 et 600 mm ).

On se limite seulement à l'étude des mouvements de la pièce et de l'outil-meule ainsi qu'à leur commande.

### 3.I. ETUDE DES MOUVEMENTS ( Figure 3.I. )

#### a) PRINCIPE

Pour engendrer une surface de révolution sur une pièce tournante, la génératrice de l'outil-meule doit se confondre avec la génératrice de la surface à réaliser. En conséquence ;

1°) La génératrice coupante de la meule est une ligne conforme à la génératrice de la pièce.

2°) Les génératrices de la meule et de la pièce sont parallèles

3°) En fin d'opération les deux génératrices se confondent

b ) MODE D'ACTION DE L'OUTIL- MEULE;

- La meule étant cylindrique on peut utiliser ;
- Soit la partie cylindrique ( génératrice active parallèle à l'axe de la pièce.)
  - Soit le plan plat ( génératrice active perpendiculaire à l'axe de la pièce ).

3.1.1. MOUVEMENT DE PENETRATION ( Mp )

Ce mouvement est appliqué à la meule par un déplacement transversal du chariot porte meule. Il peut se faire ;

- Soit par petites pénétrations de valeur 0,001 à 0,01 mm après chaque balayage longitudinal. Dans ce cas la longueur de la pièce à rectifier est supérieure à la largeur de la meule ( supérieur à 50 mm ).

Lorsque cette action est assuré par l'automatique; après une certaine pénétration de la meule, le diamètre désiré étant obtenu, le procédé d'élaboration ne s'arrêtera que lorsque la table effectue un double balayage ( va et vient de la table porte- pièce ) et revient à sa position de départ pour permettre au chariot porte-meule de reculer.

- Soit par plongée directe; Dans ce cas la longueur de la pièce à rectifier a une valeur au plus égale à la largeur de la meule.

Lorsque la machine travail avec le cycle automatique, le mouvement de pénétration continu et ne s'arrête que lorsque le diamètre désiré est obtenu, à cet instant même la meule comence à reculer.

3.1.2. MOUVEMENT DE COUPE ( Mc )

Ce mouvement est appliqué à la pièce et à la meule. La meule tourne avec une vitesse de rotation ( Mc) constante ( 1.600 Tr/mm) La pièce est montée sur un mandrin ( ou entre pointe sous pression constante ). Elle est animée d'un mouvement de rotation ( Mc) avec une vitesse périphérique variable grace à un variateur de vitesse  $V = 10 \text{ à } 20 \text{ m/mm}$ . La poupée porte pièce est particulièrement bien assise sur la table et orientable afin de permettre la rectification des cônes.-

### 3.1.3. MOUVEMENT D'AVANCE LONGITUDINAL ( Ma )

Ce mouvement est appliqué à la table. C'est un mouvement d'avance rectiligne alternatif parallèle à l'axe de la machine appliquée à la rectification des pièces dont la longueur est supérieure à 50 mm. l'avance est de ;  $a = 0$  à 6 m/mm.

### 3.2. ETUDE DE LA COMMANDE DES MOUVEMENTS ;

L'ensemble chariot et poupée- porte -meule se déplace hydrauliquement ou manuellement par vis rectifiée sur rails de guidage de haute précision trempées et rectifiées.-

Le mouvement longitudinal de la table porte-pièce s'effectue aussi hydrauliquement ou manuellement sur rails à rouleux croisés, fermés et précontraints, ce qui donne une très haute précision, un excellent glissement et supprime le décollement de la table lors de certains efforts du chariots porte-meule sur la pièce.

#### 3.2.1. LA COMMANDE HYDRAULIQUE

La commande des organes de la rectifieuse est actionnée hydrauliquement ; vu les qualités recherchées suivantes ;

- Simplicité des organes de commande
- Grande souplesse des mouvements  
( amortissement des vibrations et suppression de choc )
- Suppression des chaînes cinématiques
- Possibilité de faire varier la vitesse d'avance d'une façon continue par l'ouverture plus ou moins grande de la valve d'admission d'huile contre le piston
- Sécurité de fonctionnement ; possibilité de modifier les butées de réglages à pleine charge et sécurité en cas d'effort anormal.-

#### 3.2.2. PRINCIPE DE LA COMMANDE HYDRAULIQUE

Une génératrice assure la circulation du fluide-moteur vers un organe récepteur.

La génératrice est une pompe volumétrique qui transmet sa puissance par pression du fluide dans un organe récepteur ou moteur hydraulique ( verin hydraulique ).



Le fonctionnement se fait donc suivant les lois de l'hydraulique. A tout moment on a l'équilibre des charges ; Charge engendrée par la génératrice égale charge de travail plus charges dues aux résistances passives.

Le déplacement du piston sous l'effet du fluide engendre le déplacement de la table porte-pièce ( ou le chariot porte-meule ).

### 3.2.3. CONSTITUTION DU CIRCUIT HYDRAULIQUE ;

- Le circuit hydraulique de la machine comprend ; ( fig.3.2. )

1) Une génératrice de fluide moteur ( ou d'énergie hydraulique ) (3) ayant deux caractéristique ; pression et débit

2) Un organe récepteur ( ou organe hydraulique ) (6) pour la transformation de l'énergie hydraulique en énergie mécanique

3) Des organes de distribution (4); ces organes agissent sur les mouvements ; Variés lents, variés rapides, inversion, présélection

4) D'autres organes ;

- Organes de régulation ( de vitesse ou de pression )

- Dispositif de sécurité ( surcharges, surpression ).

- Réservoir de fluide (I)

- Crépine (2)

- Canalisation (5)

a) Le fluide moteur;

Le fluide moteur est un <sup>fluide</sup> spécial à faible viscosité et de première qualité . Il doit être ;

- Chimiquement stable

- Pur; ne doit pas contenir de l'air ou du gaz en dissolution

- Incompressible

- Il doit maintenir d'une façon constante sa précision aux différentes températures de fonctionnement ; pour cela, l'ensemble réservoir d'huile - groupe hydraulique - distributeur - boîtier de commande se trouve placé séparément de la machine.

D'une façon générale la vitesse de circulation d'huile dans les canalisations atteint une valeur variable entre 10 m /s ( pour les tuyaux courts ) à 3 m/s ( pour les tuyaux longs ).

b ORGANE RECEPTEUR

C'est un verin à double effet où l'huile agit de part et d'autre du piston. Le verin hydraulique est un dispositif mécanique qui permet à partir d'une pression d'huile, d'obtenir un mouvement alternatif limité .

Il existe deux types de verins ;

b.I. ) VERINS A SIMPLE EFFET ( Fig. 3.3. )

La pression de l'huile ne peut avoir effet que sur une seule face du piston. Il est ramené ensuite à sa position initiale, soit par ressort, soit par une force de toute autre nature que la pression du fluide .

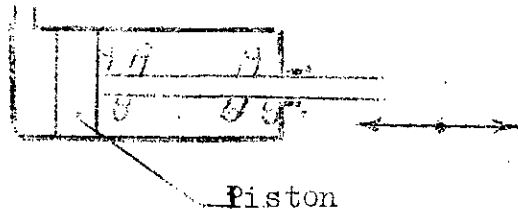


Fig:3.3.

La force de poussée que peut donner un tel verin est fonction de la pression d'huile et de la surface du piston.

$$F = \left( \frac{\pi D^2 \cdot p}{4} - f_r \right) \eta$$

où

F ; Force de poussée

D ; Diamètre intérieur du cylindre

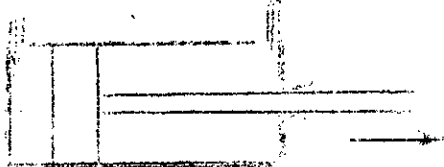
P ; Pression

F<sub>r</sub> ; Force de rappel du ressort

$\eta$  ; Rendement qui dépend de la conception du verin ( supérieur à 90 % ).

B.2. VERIN A DOUBLE EFFET ; ( Fig. 3.4. )

Le ressort du verin a simple effet est remplacé par l'action du fluide qui peut agir de part et d'autre du piston.



Fig; 3.4

Les forces développées sont ;

- force de poussée ;  $F_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p \cdot \eta$

- force de travail ;  $F_2 = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta$

où d ; représente le diamètre de la tige

c. ORGANES DE DISTRIBUTION

Pour provoquer le mouvement du moteur hydraulique il faut simplement permettre au fluide moteur de l'alimenter. Le principe le plus simple est qu'un dispositif interrompera ou autorisera le passage du fluide à un débit connu et une pression connue.

- Les formes les plus simples que peut avoir ce dispositif sont ;
- une vanne à deux positions ; ouverte ou fermée qui sera appelée vanne à 1 voie et 2 orifices
  - La combinaison de deux vannes à une voie donne une autre vanne à 2 voies et 3 orifices
  - La combinaison de deux vannes à 2 voies donne une vanne à 4 voies et 4 ou 5 orifices

Ces vannes portent le nom de DISTRIBUTEURS où l'interruption ou l'autorisation du fluide se fait soit par clapet soit par joint glissant.

Il existe plusieurs façons de commander un distributeur dont les principaux sont :

- Commande manuelle -( levier ou pédale ).-
- Commande mécanique ( Poussoir, ressort, galet )
- Commande par variation de pression directement ou indirectement
- Commande électrique ( électro-aimant comportant 1 ou 2 enroulements)
- Commande combinée. Il est possible de voir sur un même distributeur plusieurs types de commande. Par exemple un rappel par ressort ou un rappel par pression différentielle sur une face, alors qu'un électro-aimant pourra agir sur une autre face.

Le tableau 35. résume la schématisation symbolique des vérins hydrauliques, des distributeurs et leur commande.

#### REMARQUES IMPORTANTE

Notre machine est une rectifieuse cylindrique universelle du type U 700 SA. Elle ne possède pas un cycle automatique de travail de rectification des surfaces de revolutions qui pourrait/être dirigé d'une source extérieure.

Toutes les rectifieuses modernes sont dotées de ce cycle qui présente de nombreux avantages.

La rectification extérieure en cycle automatique consiste en ;

- Avance du chariot porte-meule à vitesse rapide puis lente
  - Prise de passe EBAUCHE ( réglable en valeur sur vernier de commande ) à chaque inversion temporisée de la table, côté poupée porte-pièce ou coté contre pointe.
  - Prise de passe FINITION ( réglables en valeur sur vernier de commande ) succédant aux passes EBAUCHES à chaque inversion temporisée de la table.
- ( Ces deux derniers avantages interviennent pour la rectification extérieure en balayage ).
- Declenchement de la temporisation d'étincelle ( réglable en valeur sur pupitre de commande ) marquant la fin des prises de passes.

- Retour du chariot porte-meule et du vernier d'avance en position départ du cycle.
- Recule du chariot porte-meule à vitesse RAPIDE
- Arrêt de la table vers la gauche
- Arrêt de la rotation de la pièce et de l'arrosage
- Fin de cycle.

La variation de la vitesse du chariot porte-meule ( en cycle automatique ) se fait par variation du débit du fluide. Pour ceci, sur la conduite et de préférence à l'échappement du verin, sont intercalées des restrictions ( étranglements réglables ) qui permettent une vitesse uniforme lente et réglable, et des soupapes permettant un passage abondant de fluide d'où une vitesse rapide.

### 3.3. PRINCIPE DE LA COMMANDE DES MOUVEMENTS DE LA RECTIFIEUSE ;

La figure 3.6 présente un schéma simplifié des liaisons électriques et hydrauliques entre les différents éléments de commande des mouvements de la rectifieuse.

Les mouvements à réaliser sont ;

- Mouvement alternatif limité par des fins de courses de la table porte-pièce
- Mouvement transversal du chariot porte-meule

En appuyant sur le bouton marche (Ma ) on commande le distributeur EV.I.I. Ce dernier libère le fluide qui actionne hydrauliquement le distributeur EVO. Sous la pression du fluide le piston (1) se déplace et entraîne avec lui la table porte-pièce vers la droite.

- Simultanément l'électro-aimant qui commande le distributeur EV.3 est excité. Ce dernier laisse passer le fluide qui déplace le piston (2). Ce déplacement entraîne avec lui le chariot porte-meule vers l'avant .

L'avancement du chariot porte-meule libère le micro contact ( MT ) plaçant ainsi la fin de course (A) sous tension.

- Lorsque la butée de la table arrive en contact (B) le distributeur EV I.2. est commandé et inverse le mouvement de la table,

- On obtient ainsi un mouvement pendulaire entre (A) et (B) jusqu'au moment où le diamètre désiré de la pièce est obtenu.

Ce qui se traduit par un signal électrique qui actionne le distributeur EV3 ; par ouverture du circuit qui alimente son enroulement.

Le chariot porte-neule revient donc en arrière et ouvre le micro contact de tête ( MT ) coupant ainsi l'alimentation de (A) ce qui permet le retour de la table à son point de départ.

- L'ouverture du circuit qui alimente l'enroulement de EV3 s'obtient par la transformation du signal pneumatique, obtenu à partir de la variation de la côte Z en fonction de la variation du diamètre de la pièce, en signal électrique qui se traduit par l'ouverture du contact (E). Ceci est réalisé si le principe de la conversion est pneumatique ( comme est le cas de notre proposition. fig. 4.I.).

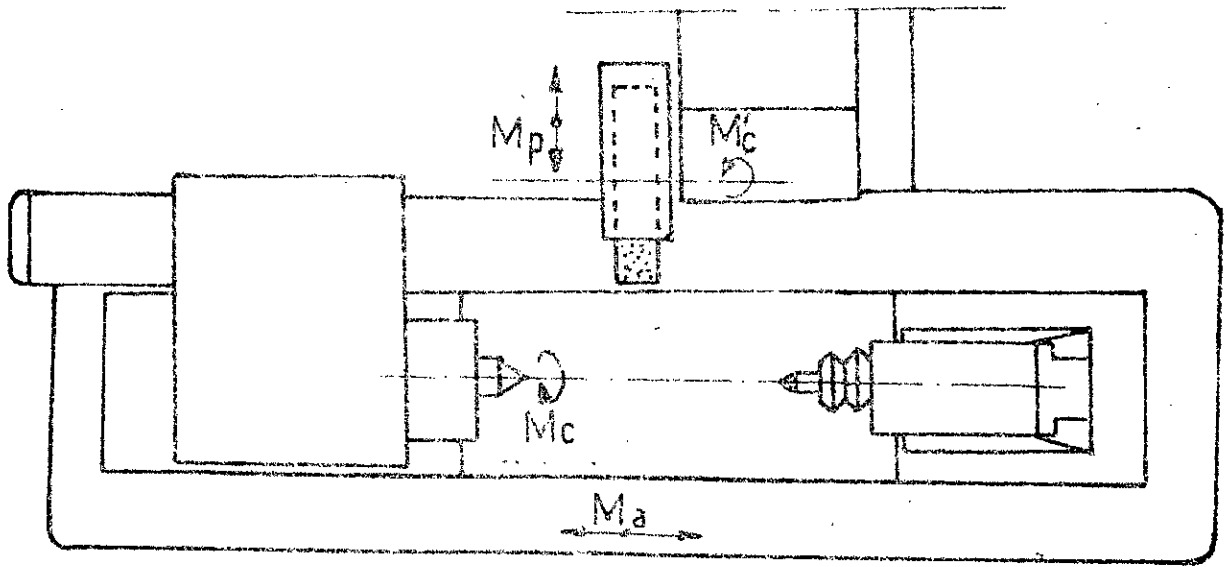


Fig. 3-1

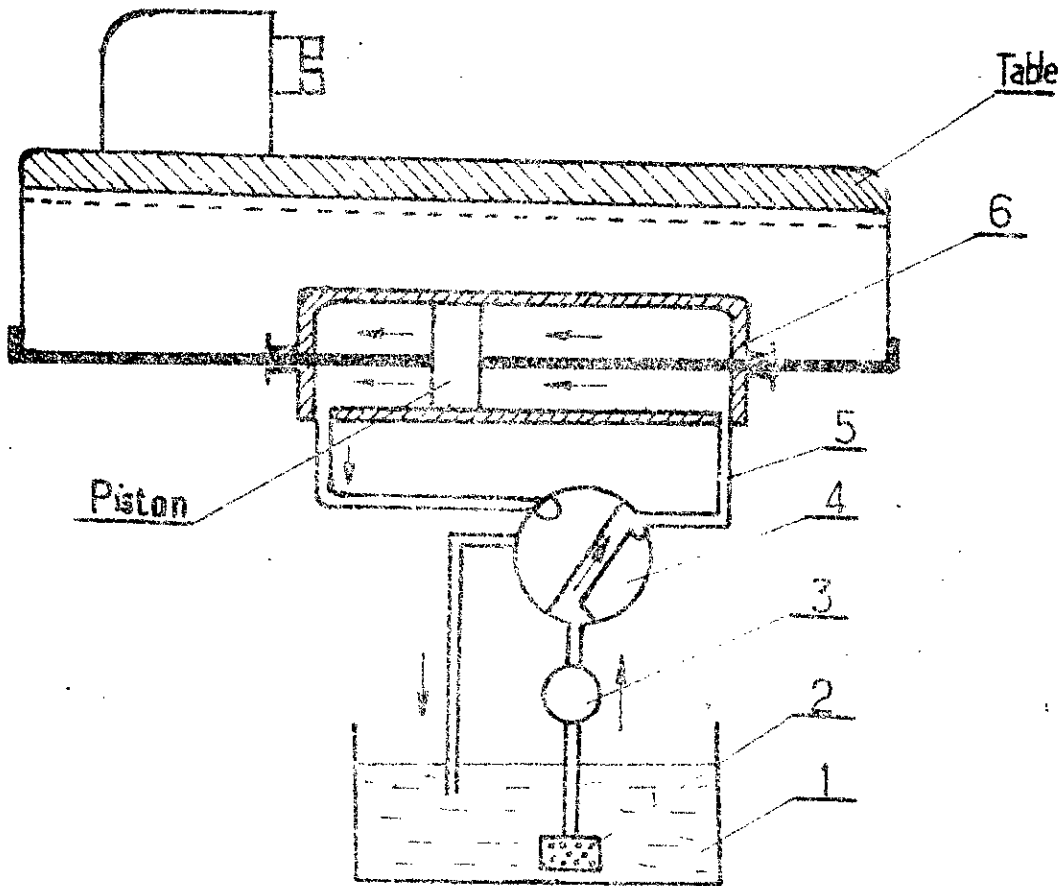
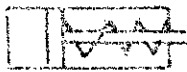

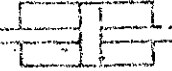
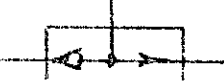

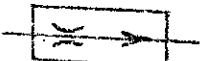
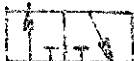
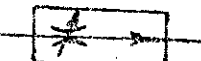
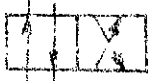


Fig. 3-2

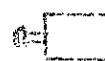

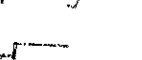
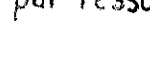
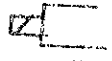


Tableau 3.5 : Symboles pour appareils hydro-mécaniques

Vannes hydrauliques :	Symboles		Symboles
- à simple effet		- Clapet de non retour	
- à double effet		- Sélecteur de circuit	
<u>Distributeurs :</u>		- Régulateur de débit	
- à 1/2/2		- à débit fixe	
- à 2/3/2		- à débit variable	
- à 4/4/2			

Désignation:

- le 1<sup>er</sup> chiffre indique le nombre de voie.
- le 2<sup>eme</sup> : le nombre d'orifices.
- le 3<sup>eme</sup> : " " de positions.

- Les cases indiquent le nombre de positions.
- Les flèches indiquent le sens de circulation du flux entre les orifices.
- Les conduites aboutissent à la case de position de repos.

<u>Commandes</u>	Symboles	
- manuelle par :		
- mécanique :	bouton poussoir	levier
- électrique :		
- par variation de pression	par galet	par ressort
		
	par électroaimant (ou 2 enroulements)	par moteur électrique
		



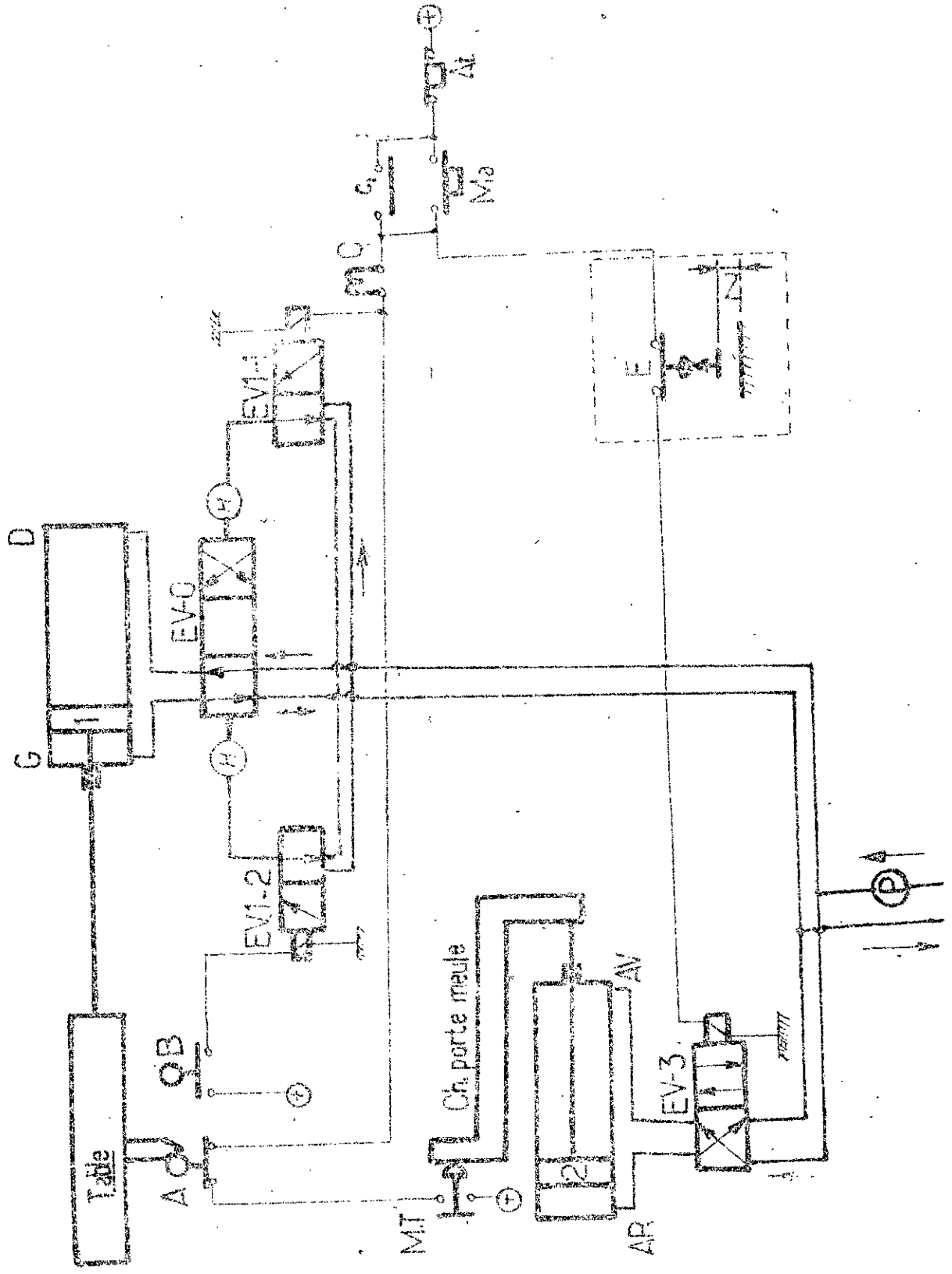


Fig. 3-6: Principe de la commande des mouvements.

oo II T-T T II II II II oo I V oo  
oooo

- CALCUL DU SYSTEME DE CONTROLE -

## CALCUL DU SYSTEME DE CONTROLE

### 4.I. SCHEMA DE PRINCIPE DU SYSTEME DE CONTROLE :

La figure(4.I) présente le schéma d'installation de notre système de contrôle automatique. Il est destiné au contrôle actif ( lors de la rectification ) des pièces de révolution cylindrique.

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| 1 . Pièce  | 6 . Couvercle de la meule       |
| 2 . Tête de mesure à trois contacts                          | 7 . Contre poids                |
| 3 . Capteur pneumatique sans contact                         | 8 . Dispositif de lubrification |
| 4 .Organe pneumatique de transformation du signal ( Etamic ) | 9 . Outil meule                 |
| 5 . Levier de fixation                                       | 10 . Ressort                    |

La pièce (I) est maintenue entre pointe ou sur mandrin ). L'axe de la tête de mesure (2) est incliné d'environ  $10^{\circ}$  par rapport à l'axe vertical, afin d'éviter son encombrement avec le dispositif de lubrification (8). La tête de mesure exerce sur la pièce par l'intermédiaire des touches ( en carbure métallique ) trois forces :

- Force de 3 N exercée par la touche supérieure sous l'effet du ressort (10),
- Force de 4 N exercée par la touche inférieure sous l'effet du contre poids (7). ( Force de pression de contact ).
- La touche intermédiaire exerce une force presque négligeable par rapport aux précédentes. Elle a pour but seulement d'assurer un maintien équilibré de la pièce dans le crochet de la tête de mesure. La touche inférieure n'est pas diamétralement opposée à la touche supérieure, mais déplacée de telle sorte qu'elle fait avec l'axe de la tige de la tête de mesure un angle d'environ  $7^{\circ}$  pour permettre une fixation du crochet de la tête de mesure sur la pièce.

### MODE OPERATOIRE

Pour pouvoir obtenir le diamètre désiré par la fabrication on procède de la manière suivante ;

On place au niveau du crochet de la tête de mesure une pièce ETALON ayant les dimensions demandées. On règle la disposition du crochet par rapport au corps de la tête de mesure pour assurer la touche des contacts mobile et fixe. Avec le contact intermédiaire on assure la valeur de l'angle d'inclinaison de la touche inférieure par rapport à l'axe de la tige.

Il faut aussi assurer sur la pièce ETALON une pression de contact et ce en déplaçant la tige d'une distance de 0,5 à 1mm vers le haut. Ainsi on obtient une certaine valeur de la côte Z entre le palpeur (3) et la touche (II).

Ceci étant un réglage " grossier ". Pour l'affiner, on déplace le palpeur (3) pour obtenir une distance  $Z_{\text{moy}}$  correspondant à celle de la caractéristique de l'appareil ( voir paragraphe 4.2.) Cette position correspond notamment à la position zéro (0) sur le cadran de l'étamic. Afin d'obtenir un signal discret nécessaire pour commander l'arrêt de la rectifieuse, on agit sur le réglage des contacts électriques ( lampe rouge qui doit s'allumer dans cette position) En fin d'élaboration, cette lampe s'éteint ce qui se traduit par la fermeture ( ou l'ouverture ) du contact (E). A ce moment le chariot porte-meule doit reculer en arrière. Pour vérifier l'exactitude de cette fonction on effectue l'élaboration d'une ( ou deux ) pièces ( le système de contrôle automatique étant complètement débranché ). On mesure le diamètre de la pièce élaborée avec une précision de 1 micron ( à l'aide d'un passamètre ...), on le compare au diamètre de la pièce étalon : s'il existe une différence supérieure à 2 ou 3 microns, on répète le réglage du contact électrique ainsi que l'élaboration de la pièce.

Le système de contrôle étant réglé, il fonctionne dans les conditions de travail normal de la façon suivante ;

La pièce à élaborer a forcément un diamètre supérieur à celui de l'ETALON de quelques dixièmes de millimètre, la valeur de la côte  $Z_{\text{moy}}$  réglée auparavant se trouve alors changer; ce qui entraîne une diminution du débit d'air comprimé, c'est à dire une surpression dans la chambre de mesure de l'étamic. Sa membrane étant hors de l'équilibre initial, l'aiguille du comparateur se trouve déplacer et les contacts électriques s'ouvrent ( alors que d'autres se ferment ). Lors de l'usinage, le diamètre de la pièce diminue. Sous l'effet du ressort (IO), la touche (II) descend; ce qui permet à la côte Z d'augmenter, d'où l'augmentation du débit d'air comprimé venant de l'étamic. Ce phénomène se prolonge d'une façon continue jusqu'à ce que la côte Z atteigne  $Z_{\text{moy}}$  réglée initialement. Les contacts électriques reprennent alors leur position initiale.

A ce moment on dit que le signal continu donné par l'air comprimé s'est transformé en un autre discret qui, par la ligne de retour,

actionne l'appareil de commande du chariot porte-meule qui revient en arrière, puis l'arrêt de la machine.

L'opérateur intervient, décroche la tête de mesure qui se balance vers le haut sous l'effet du contre-poids, puis il libère la pièce du mandrin pour en placer une autre .

#### 4.2. CALCUL PNEUMATIQUE ;

Notre appareil de transformation du signal est un étamic dont le fonctionnement repose sur le principe des appareils pneumatiques à compensation, lié avec un comparateur pneumatique sans contact. (voir figure 2.10. et leur fonctionnement au chapitre II).

Ces appareils ont une même caractéristique pneumatique  $h = f (Z)$  qui est représentée à la figure 4.2. où ;

Z ; Distance entre **palpeur et** touche

h : Pression de mesure

$Z_{\min}$  et  $Z_{\max}$  : Limites de Z entre lesquelles la caractéristique est linéaire .

$\Delta h$  ; Diapason de mesure en unité de pression

$\Delta Z$  : " " " " " " longueur

Pour assurer cette caractéristique de l'étamic, il est nécessaire d'effectuer certains calculs qui sont l'objet de ce chapitre

On essaye de trouver une relation qui lie le déplacement (b) de,

l'aiguille, le changement de la surface (8-9) et la côte (Z)

( Figure 4.3. ) et de dimensionner le gicleur d'entrée et de sortie

( diamètre du capteur ).

D'après les conditions d'équilibre de pression on a ;

$$\frac{S_9}{S_4} = \frac{S_2}{S_I}$$

$$S_I = \frac{\pi d_I^2}{4} \quad : \quad \text{Surface d'écoulement du gicleur (I)}$$

$$S_2 = \pi d_2 Z \quad : \quad \text{Surface d'écoulement du palpeur (2)}$$

$$S_4 = \frac{\pi d_4^2}{4} \quad : \quad \text{Surface d'écoulement du gicleur (4)}$$

$$S_9 \quad : \quad \text{Surface d'écoulement entre (8.9)}$$

$$S_9 = \frac{\eta^2 (d_9 + d)}{2} \quad \text{où } l = b \sin \alpha$$

$$d = d_9 - 2 l \cos \alpha = d_9 - 2 b \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\text{alors : } S_9 = \eta b d_9 \sin \alpha - b^2 \sin^2 \alpha \cos \alpha$$

Il est nécessaire de choisir  $d_I = d_4$  pour garder les conditions d'égalité gaze dynamique (écoulements semblables) pur que l'influence de la variation de H soit négligeable.

Dans ce cas ;  $S_2 = S_9$

$$\eta d_2 Z = \eta b d_9 \sin \alpha - \eta b^2 \sin^2 \alpha \cos \alpha$$

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\text{Alors ; } b^2 - \frac{2 b d_9}{\sin 2\alpha} + \frac{2 d_2 Z}{\sin 2\alpha \sin \alpha} = 0$$

$$b^2 - \frac{2 b d_9}{\sin 2\alpha} + \frac{4 d_2 Z \cos \alpha}{\sin^2 2\alpha} = 0$$

$$b_{1,2} = \frac{d_9}{\sin 2\alpha} \left( I \pm \left[ I - \frac{4 d_2 Z \cos \alpha}{d_9^2} \right]^{\frac{1}{2}} \right)$$

D'après le principe de fonctionnement on a pour  $Z = 0$ ,  $b = 0$  donc on prend la solution ;

$$b = \frac{d_9}{\sin 2\alpha} \left( I - \left[ I - \frac{4 d_2 Z \cos \alpha}{d_9^2} \right]^{\frac{1}{2}} \right)$$

En faisant un développement d'ordre I ;

$$\left[ I - \frac{4 d_2 \cos \alpha}{d_9^2} Z \right]^{\frac{1}{2}} = I - \frac{2 d_2 \cos \alpha}{d_9^2} Z$$

$$b = \frac{d_2}{d_g \sin \alpha} Z \quad ( 1 )$$

Le déplacement  $b$  de l'aiguille dépend linéairement de la cote  $Z$ .  
 - Sensibilité du système de contrôle. (  $K\Sigma$  )

Sa sensibilité est fonction seulement de la sensibilité de l'appareil à compensation qui est composé d'une partie pneumatique et d'un comparateur à aiguille.

1°) Sensibilité du système pneumatique (  $KZ$  )

Par définition la sensibilité est le quotient de l'accroissement de la variable observée ( indication ) par l'accroissement de la grandeur à mesurer.

$$KZ = \frac{db}{dZ} = \frac{d_2}{d_g \sin \alpha} \quad ( 2 )$$

$KZ$  est fonction de l'angle  $\alpha$  de l'aiguille. Un choix convenable de cet angle peut assurer la valeur de division du comparateur.

2°) Sensibilité du Comparateur ; (  $KC$  )

Elle est déterminée par ;

- La valeur de division du comparateur ( ou précision ) (  $i$  ) ;  
 c'est la partie de la grandeur à mesurer qui correspond à une division.  
 $i = 0,005$  mm ( valeur mesurée ).

- L'intervalle de graduation ( ou division ) , (  $c$  ) ;  
 Il est défini par les limites extrêmes de la graduation énoncée en valeur de division .  $C = 1,5$  mm ( valeur indiquée ).

donc ; 
$$KC = \frac{C}{i} = \frac{1,5}{0,005} = 300$$

3°) Sensibilité totale (  $K\Sigma$  )

La sensibilité totale de l'appareil à compensation est le produit des sensibilités intermédiaires ;  $K\Sigma = KZ.KC \quad ( 3 )$

Ayant en vue que la valeur de division de l'Étamic est  $i_e = 2$  microns ( inscrite sur la cadran du comparateur )

$$K = \frac{C}{i_e} = \frac{1,5}{0,002} = 750 \quad ; \quad KZ = \frac{K}{KC} = \frac{750}{300} = 2,5$$

Sachant que dans les étamics ;  $\alpha = 15,46^\circ$  : et  $d_9 = 3\text{mm}$   
de la formule (2) on tire :

$$d_2 = KZ \cdot d_9 \sin \alpha$$

$$d_2 = 2,5 \times 3 \times \sin 15,46^\circ$$

Alors :  $d_2 = 2 \text{ mm}$

Les appareils du type étamic travaillent avec une pression  $H = 0,4 \text{ Mpa}$ , grace à l'état d'équilibre des pressions des deux côtés de la membrane, le changement de la pression  $H$  donne une influence négligeable sur la précision de mesure; l'erreur relative est donnée par

$$\epsilon = \frac{dH}{H} \cdot \frac{h-h_I}{h}$$

à l'équilibre de la membrane  $h = h_I$ , elle est nulle. Mais comme il n'existe pas une analogie absolue entre les deux canalisations de l'appareil,  $\epsilon$  est différent de 0.

Cette erreur relative peut être calculée en utilisant la formule expérimentale :

$$\epsilon = \frac{K_f dH}{h}$$

où  $K_f$  dépend de la pression de travail  $H$  et des surfaces d'écoulement d'air. Il diminue avec l'augmentation de  $H$ .

Notre système fonctionne avec une pression de 4 bars pour assurer une précision de 2 microns qui correspond à la valeur de division sur le comparateur.

### 4.3. CALCUL MECANIQUE

#### 4.3.1. Conception technologique

On a adopté un système simple de fixation de la tête de mesure sur le couvercle de la rectifieuse on vue de le réaliser facilement dans notre atelier. Seulement on se trouve conditionner par ;

- L'espace disponible sur le couvercle
- La conception du support de la tête de mesure
- Les limites du déplacement transversal du chariot porte-meule.



Pour respecter ses conditions on veillera surtout à ;  
1°) La linéarité des axes de la tête de mesure et de la meule.  
( figure 4.4. ); ce qui nous amène à la détermination de la cote  $A_5$ . Les autres sont connues ou déterminées arbitrairement.

$$\begin{aligned} A_1 &= NA = 23 \text{ mm} & A_3 &= 3 \text{ mm} \\ A_7 &= 25 \text{ mm} & A_4 &= 8 \text{ mm} \\ A_2 &= A_6 = 2 \text{ mm} & \text{d'où : } A_5 &= 17 \text{ mm} \end{aligned}$$

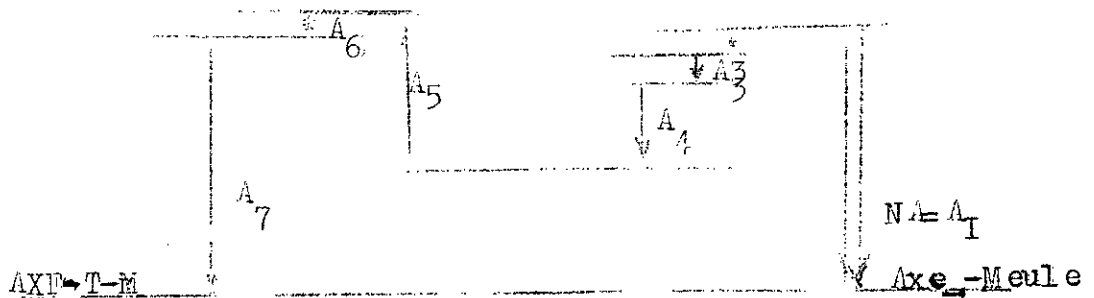


FIGURE 4.4.

2°) La variation de l'angle  $\alpha$  ( voir figure 4.5.), qui doit avoir en position de travail une valeur voisine de  $10^\circ$ .  $\alpha$  Est l'angle que fait l'axe de la tête de mesure avec la verticale. Ceci permet d'éviter l'encombrement de la tête de mesure avec le dispositif de lubrification. Si  $\alpha$  est grand on risque de perdre le maintien du crochet sur la pièce.

La variation de l'angle  $\alpha$  se fait soit par le déplacement du support de fixation de  $\pm 12$  mm par rapport à son axe vertical, soit par le déplacement du support de la tête de mesure le long de son corps.

CALCUL DE L'ANGLE  $\alpha$  ;

Pour déterminer  $\alpha$  on considère la position de travail la plus défavorable qui correspond à l'usinage d'une pièce ayant un diamètre minimum  $d = 10$  mm. Cela nous amène à faire avancer le chariot porte-meule d'une distance égale à 120 mm environ et la tête de mesure balaie un angle  $\alpha$ . ( voir figure 4.5.).

$$X = a - n = R_I \cos \psi_1 - R_2 \sin \psi_2 \quad (1)$$

$$Y = m - r = R_2 \cos \psi_2 - R_I \sin \psi_1 \quad (2)$$

$$(1) \text{ entraîne } \cos \psi_1 = \frac{X + R_2 \sin \psi_2}{R_I} \quad (3)$$

$$\sin \psi_1 = \left[ 1 - \frac{X + R_2 \sin \psi_2}{R_I} \right]^{1/2}$$

$$(2) \text{ entraîne } Y = R_2 \cos \psi_2 - R_I \left[ 1 - \frac{X + R_2 \sin \psi_2}{R_I} \right]^{1/2}$$

$$\text{d'où } Y \cos \psi_2 - X \sin \psi_2 = \frac{R_2^2 + Y^2 - R_I^2 - X^2}{2 R_2} = [I]$$

$$\sqrt{X^2 + Y^2} \sin \theta \cdot \cos \psi_1 - \sin \psi_2 \cdot \cos \theta = [I]$$

$$\text{d'où : } \sin (\theta - \psi_2) = \frac{X^2 + Y^2 + R_2^2 - R_I^2}{2 R_2 \sqrt{X^2 + Y^2}}$$

$$\theta - \psi_2 = \text{arc sin } \frac{X^2 + Y^2 + R_2^2 - R_I^2}{2 R_2 \sqrt{X^2 + Y^2}} \quad (4)$$

$$\text{avec } \theta = \text{arc sin } \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \quad (5)$$

APPLICATION NUMERIQUE

On prend pour  $R_2 = 280$  mm sans changer la position du support de fixation :

$$\theta - \psi_2 = \text{Arc sin } \frac{125^2 + 250^2 + 280^2 - 150^2}{2 \cdot 280 \cdot \sqrt{125^2 + 250^2}} = 38,89^\circ$$

$$\theta = \text{arc sin } \frac{250}{\sqrt{125^2 + 250^2}} = 63,43^\circ$$

d'où  $\psi_2 = 4,54^\circ$

$$\psi_1 = \arccos \frac{125 + 280 \sin 4,54}{150} = 11,16^\circ$$

$$\beta = \arctg \frac{30}{280} = 6,1^\circ$$

$$\alpha = \beta + \psi_1 = 6,1 + 4,5 = 10,64^\circ$$

- On prend  $R_2 = R_{max} = 303 \text{ mm}$ , et on change la position du support de fixation de ( - 12 mm ).

d'où

$$X' = X - 12 = 125 - 12 = 113 \text{ mm}$$

Les formules précédentes restent valables, on aura :

$$\psi' - \psi_2 = 60,4^\circ \quad \beta' = 65,67^\circ \quad \psi' = 5,28^\circ \quad \psi_1' = 20^\circ \quad \beta' = 5,65^\circ$$
$$\alpha' = 10,93^\circ$$

REMARQUE. /

par les deux méthodes,

La valeur de  $\alpha$  est voisine de  $10^\circ$  /seulement l'angle  $\psi_1$  a une valeur plus importante que le calcul précédent ( $\psi_1' = 20^\circ$ ). Donc la variation de l'angle  $\alpha$  par le support de la tête de mesure est plus commode.

#### 4.3.2. CALCULS PRELIMINAIRES

##### 1°) POIDS DE LA TETE DE MESURE

On calcule le poids de chaque éléments de la tête de mesure en passant par leurs volumes respectifs, puis on somme, sachant que la densité du fer est ; 7.876 Kg/m<sup>3</sup> et la densité du bronze : 8,900 Kg/m<sup>3</sup> on trouver :

$$M = 0,6 \text{ Kg}$$

$$P = 6,1 \text{ N}$$

##### 2°) CONTRE POIDS

En position de travail le contre poids doit assurer une force de pression de contact = 4 N .

Pour éviter le choc entre le contre poids et le couvercle on choisit  $l = 180 \text{ mm}$  ( voir figure 4.6. )

Soit ; Q poids du contre poids

$$M^t / O = 0 \text{ entraine } P \left( \frac{R_1}{2} \cos \beta_1 - \frac{R_2}{2} \sin \beta_1 \right) + FX - Ql \cos \beta_1 = 0$$

$$Q = \frac{P \left( R_1 \cos \beta_1 + \frac{R_2}{2} \sin \beta_1 \right) + FX}{l \cos \beta_1} =$$

A.N./

$P = 6,1N$  ;  $F = 4N$  ;  $R_2 = 280 \text{ mm}$  ;  $R_1 = 150 \text{ mm}$  ;  $l = 180 \text{ mm}$ .

ceci entraine :  $Q = 7,4 \text{ N}$   
 $M = 0,75 \text{ Kg}$

- Dimensionnement du contre poids . On suppose qu'il a une forme parallèle pipédique d'arêtes a x b x c .

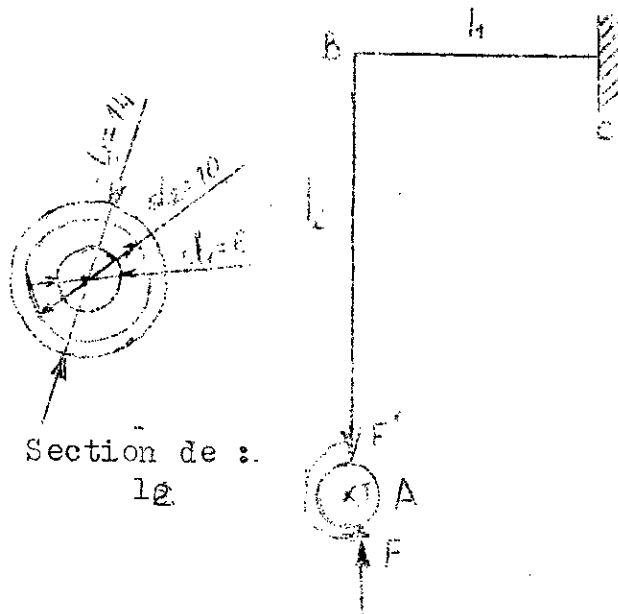
$$M = 7,876 \cdot 10^{-6} \times a \times b \times c = 0,756 \text{ Kg}$$

on fixe  $b = 50 \text{ mm}$  ;  $c = 60 \text{ mm}$

$$\text{d'où } a = \frac{0,756 \times 10^6}{7,876 \cdot 50 \cdot 60} = 32 \text{ mm}$$

### 4.3.3. DEFORMATION DE LA TETE DE MESURE

On considère seulement la déformation de la tête de mesure lors du balayage, les autres étant négligeables vue les faibles efforts qui s'exercent sur la tête de mesure. Dans ce cas, la tête est soumise à une déformation périodique due au mouvement de la table. On suppose, pour simplifier le problème, que le levier est rigide à la tête de mesure et l'ensemble est assimilé à un portique représenté comme suit.:



$l_1 = 150 \text{ mm}$      $F = 4 \text{ N}$   
 $l_2 = 280 \text{ mm}$      $F' = 3 \text{ N}$

T : résultante des forces de frottement supposée appliquée au centre de la pièce vue la longueur de la tête de mesure ;

$T = T_1 + T_2 + T_3$

où  $T_1$  = Force de frottement de la touche supérieure  
 $T_2$  = " " " " intermédiaire  
 $T_3$  = " " " " inférieure

D'après I ( voir bibliographie ) on a ;  $T_1 = C F'$  ;  $T_3 = C F$  ;  $T_2 = 1/10 T_3$   
 $C = 0,2$  ; coefficient de frottement carbure métallique - acier .

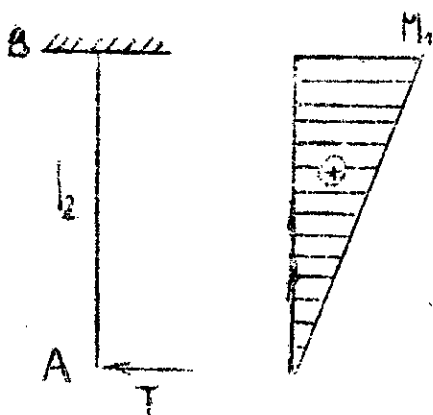
A.N./

$T_1 = 0,6 \text{ N}$  ;  $T_3 = 0,8 \text{ N}$  ;  $T_2 = 0,08 \text{ N}$  , d'où  $T = 1,48 \text{ N}$

Calcul de la déformée;

On décompose le système en deux poutres ;

1°) Déformation de la poutre AB .. ( circulaire )



$M = T \begin{cases} A ; M = 0 \\ B : M = 414 \text{ mm}^2 \end{cases}$

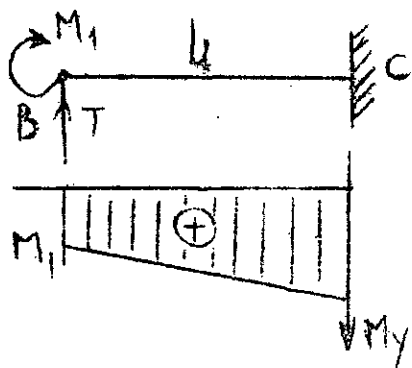
déformée d'une poutre encastree :

$W_I = \frac{T l_2^2}{3 EI}$

$I = \frac{\pi}{64} ( 14^4 + 6^4 - 10^4 ) = 1458,48 \text{ mm}^4$

$W_I = \frac{1,48 \times ( 280 )^2}{3 \times 210000 \times 1458,48}$  ;  $W_I = 35 \text{ microns}$

2°) DEFORMATION DE LA POUTRE BC : ( Rectangulaire ).



$M = M_I + T x \begin{cases} B ; M = M_I = 414 \text{ N.MM} \\ C : M = 414 + 1,48 \cdot 150 = 636,4 \text{ N.MM} \end{cases}$

d'après la définition de la déformée:

$W_2' = \frac{M}{EI} = \frac{M_I + T x}{EI}$

on intègre :

$$W_2^I = - \frac{M_I x}{EI} - \frac{T x^2}{2EI} + C_I$$

Vue l'encastrement :  $W^I (C) = 0$  entraîne  $C_I = - \frac{l_I}{EI} (M_I + \frac{T l_I}{2})$

$$W_2^I = - \frac{M_I x}{EI} - \frac{T x^2}{2EI} + \frac{l_I}{EI} (M_I + \frac{T l_I}{2})$$

on intègre une 2ème fois :

$$W_2 = - \frac{M_I x^2}{2EI} - \frac{T x^3}{6EI} + \frac{l_I}{EI} (M_I + \frac{T l_I}{2}) x + C_2$$

$W_2(C) = 0$  entraîne  $C_2 = - \frac{M_I l_I^2}{2EI} - \frac{T l_I^3}{3EI}$

d'où :

$$W_2 = - \frac{M_I x^3}{2EI} - \frac{T x^3}{6EI} + \frac{l_I}{EI} (M_I + \frac{T l_I}{2}) x - (\frac{M_I l_I^2}{2EI} + \frac{T l_I^3}{3EI})$$

pour  $x = 0$  : la flèche est maximale :

$$|W_2| = \frac{M_I l_I^2}{2EI} + \frac{T l_I^3}{3EI}$$

A.N./  $I = \frac{8.23^3}{12} = 8111,3 \text{ mm}^4$

$$W_2 = \frac{150^2}{2 \cdot 10000 \cdot 8111,3} ( \frac{414,4}{2} + \frac{1,48 \cdot 150}{3} )$$

$$\boxed{W_2 = 3,7 \text{ microns}}$$

### 3°) ROTATION DU LEVIER

Sous l'effet du moment  $M_I$  : la section ( B ) du levier est soumise à une rotation ( $\psi$ ) ce qui augmente la déformée au point A !

On admet que  $\psi$  est donné par la formule ;

$$\psi = \frac{M_t \cdot l_I}{I_{By} G} \text{ qui est valable pour la torsion des barres}$$

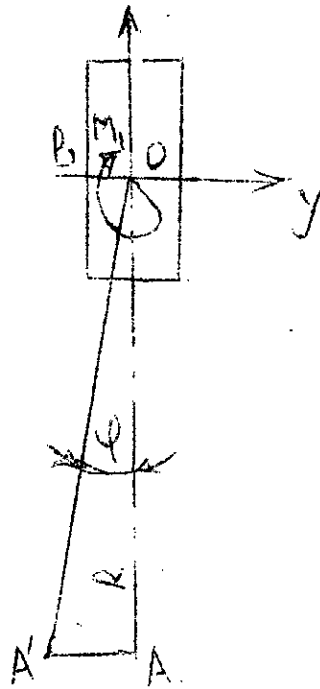
circulaire

$M_t$  : Moment de torsion,  $M_t = M_D$ .

$I_{By}$  : Moment d'inertie au niveau de la section B.

G : Module d'élasticité transversale

Pour les aciers :  $G = 8000 \text{ daN} / \text{mm}^2$



Fig; 4.5.

A.N./

$$M_t = T \times 280 = 414,4 \text{ N. mm} ; l_I = 150 \text{ mm}$$

$$I_{By} = \frac{8 \cdot 23^3}{12} = 8111,3 \text{ mm}^4 \quad \text{d'où} \quad = \frac{414,4 \cdot 150}{8000 \cdot 8111,3} = 0,095 \cdot 10^{-3} \text{ rd}$$

La flèche  $W_3$  est supposée confondue avec l'arc de cercle de centre O et de rayon  $R = 280 \text{ mm}$  ( voir figure 4.7.)

$$W_3 = \psi \cdot l_3 = 0,095 \cdot 280 \times 10^{-3}$$

$$W_3 = 26,7 \text{ microns}$$

- DEFORMEE TOTALE :

$$W = W_I + W_2 + W_3 = 35 + 3,7 + 26,7$$

$$W = 65,4 \text{ microns}$$

4.3.4. CALCUL DU RESSORT ;

D'après la construction on a :

$H_u = 57 \text{ mm}$  : Hauteur utilise du ressort

$D = 9 \text{ mm}$  : Diamètre moyen du ressort

$P_u = 3 \text{ N}$  : Charge utile donnée par le ressort

Le taux de travail ( $t_u$ ) est variable avec le diamètre et la qualité du fil utilisé, Le métal du ressort étant un acier dur ; d'après le livre : " Détermination rapide des ressorts " (8) ( voir bibliographie ) ( abaque 2.5 P.I6.), on accepte :

$$\tau_u = 500 \text{ N / mm}^2$$

$$G = 80000 \text{ N / mm}^2 ; \text{ module d'élasticité}$$

La flèche est la différence entre la hauteur libre est la hauteur sous charge.

$$\text{pour : } P_u = 3 \text{ N}$$

$$D = 9 \text{ mm}$$

L'abaque 34 p.23 de ( 8 ) donne :

$d = 0,5 \text{ mm}$  : Diamètre du fil de ressort

$f_u = 3 \text{ mm}$  : Flèche par spire sous charge

Acceptons un nombre de spires actives :  $n = 20$ , la flèche totale est :

$f_t = n.f_u = 20 \times 3 = 60 \text{ mm}$  La hauteur libre du ressort sera :

$H_e = 60 + 57 = 117 \text{ mm}$  d'où le pas du ressort :

$$p = \frac{H_e}{n} = \frac{117}{20} = 5,85 \text{ mm}$$

CONSTANTE DE RESSORT ;

$$K = \frac{P}{f} = \frac{P_u}{f_t} = \frac{3}{60} = 0,05 \text{ N / mm}$$

Pour des raisons constructives on limite  $f_t$  à :

$$f_{t\min} = 56 \text{ mm} \quad \text{et} \quad f_{t\max} = 58 \text{ mm}$$

d'où provient une valeur réelle de la fleche ( $f_{tr}$ ) :

$$f_{tr} = f_t \pm 1 \text{ mm}$$

Donc /

$$P_{ur} = P_{ur} \pm 0,05 \text{ N} = 3 \pm 0,05$$

Ce qui montre que la variation de mesure est très faible ; donc le ressort est bien calculé.-



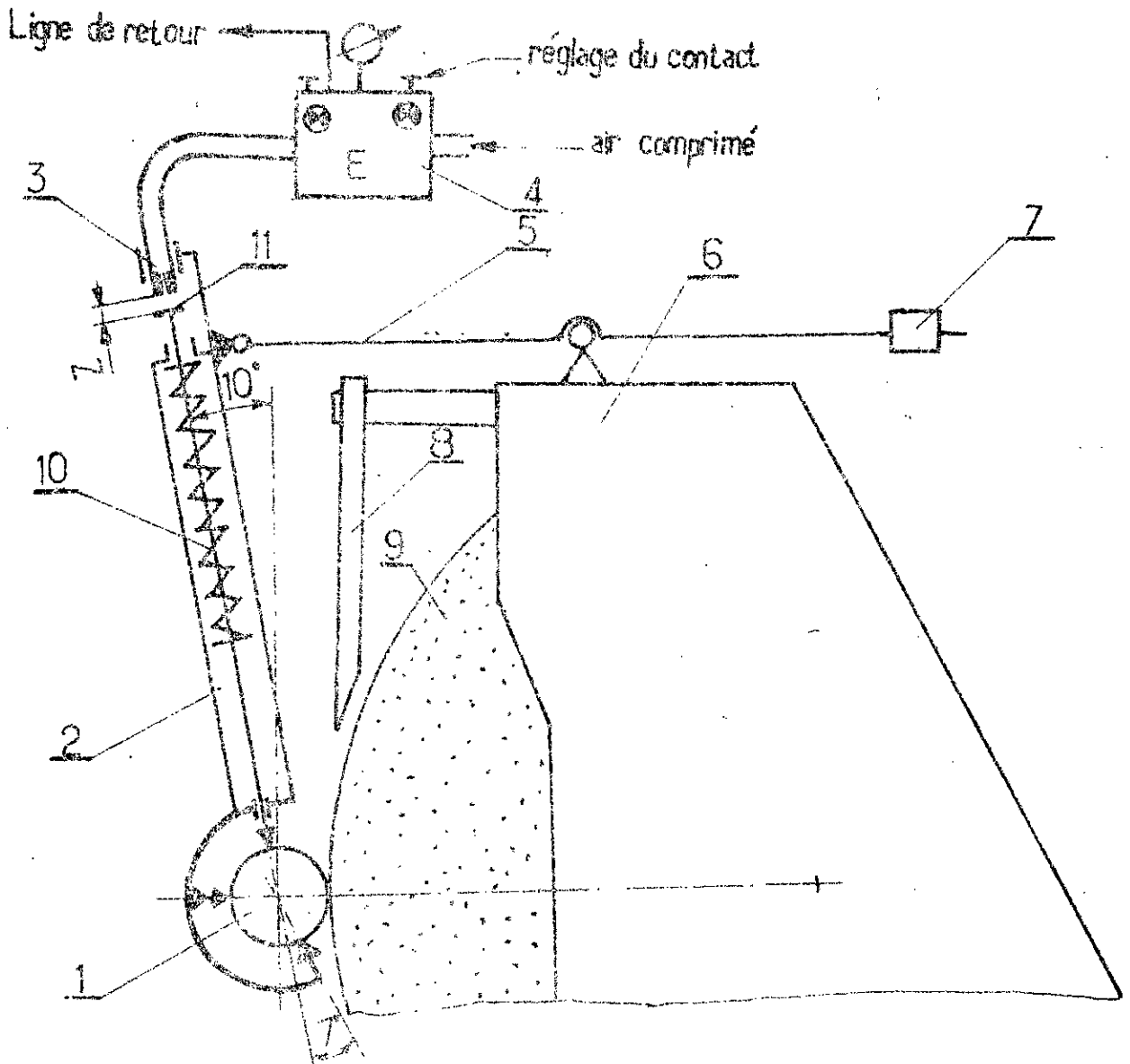


Fig. 4-1 : Schéma du système de contrôle

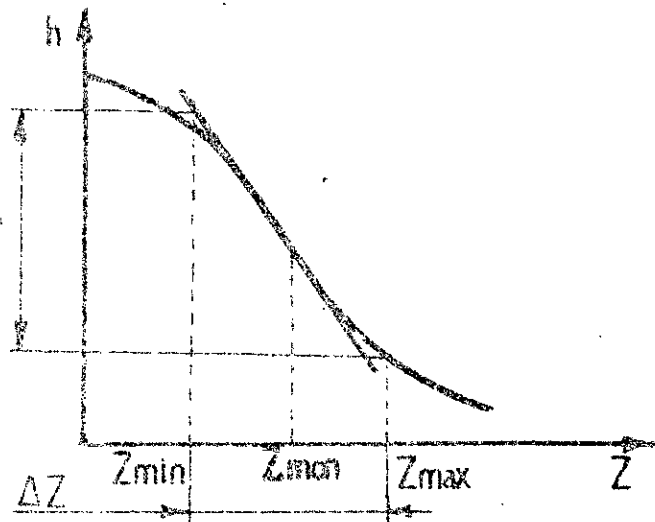


Fig. 4-2 : Caractéristique d'un circuit pneumatique.

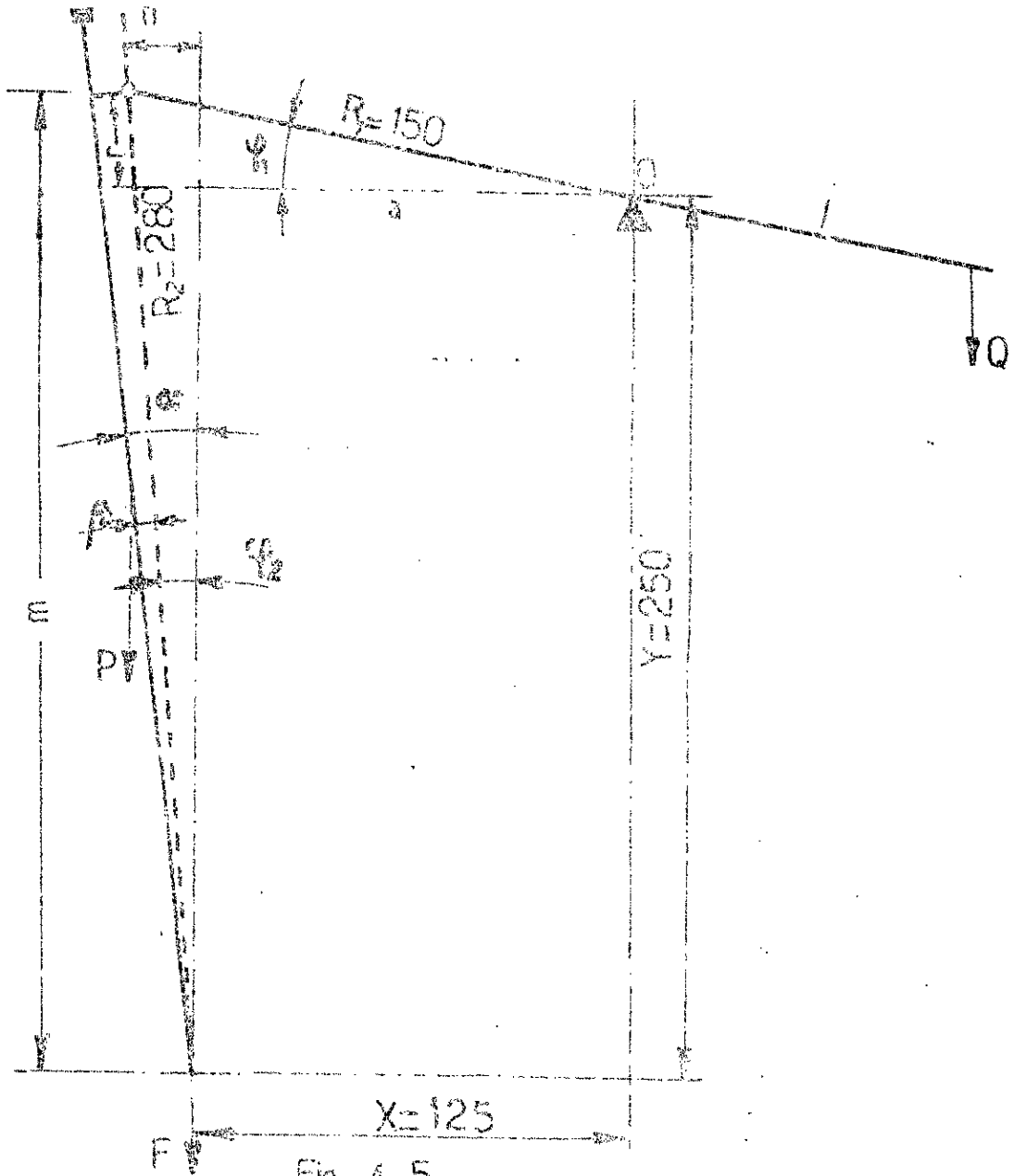


Fig. 4-5

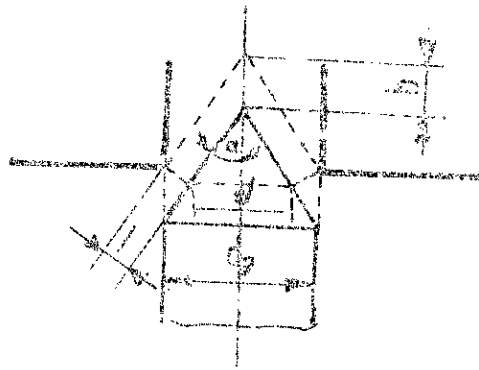


Fig. 4-3 : Déplacement de l'aiguille (9)

oOo H I-T-P-U-R E-oOo V oOo  
oOoOoOoOoOoOoOoOoOo

DESCRIPTION TECHNIQUE

### DESCRIPTION TECHNIQUE:

Se référer aux dessins d'ensemble du système de contrôle et de la tête de mesure.

Notre système de contrôle est conçu pour la rectification des pièces sur un diapason de 10 à 30 mm. Tandis que la rectifieuse peut usiner des pièces de diamètre allant jusqu'à 200 mm. Pour la rectification de tel diamètre, on peut simplement changer le bec de la tête de mesure par un autre de dimension plus grande. Le bec peut translater le long du corps de la tête de mesure grâce à un désserrage des deux vis (19)

CETTE translation permet une variation de la distance entre la touche supérieure et la touche inférieure, pour permettre un emplacement adéquat du crochet sur la pièce.

L'angle ( $\alpha$ ) de l'inclinaison de l'axe de la tête de mesure avec la verticale est réglable de deux manières :

- La première se fait par la variation du dispositif de fixation de la tête de mesure. Ce premier a la possibilité de se déplacer le long du corps de la tête de mesure grâce à un désserrage des deux vis (23).

- La deuxième manière est réalisable par le déplacement horizontal du dispositif de fixation d'une grandeur variant entre  $\pm 12$  mm sur le couvercle de la meule.

La variation du contre poids le long du levier permet la l'obtention d'une force de pression de contact de 4 N sur le contact inférieur de la tête de mesure.

Afin de protéger le bec contre l'oxydation on lui applique un traitement de blanchissage. Ce traitement consiste à chauffer le bec à une température de 100 à 150° C puis de le tremper dans une solution contenant des sels.

La tête de mesure utilise des capteurs ayant des diamètres extérieurs normalisés (8 mm). Le canon du palpeur vient se loger dans un alésage prévu à cet effet dans le douille (15) où il est serré sous l'effet de l'écrou (17).

#### MONTAGE DE LA TÊTE DE MESURE;

- A l'aide de la clavette (10) on immobilise la bague (9) sur la tige (7). Sur cette bague, vient reposer la partie inférieure du ressort (11).

- La clavette (18) sert aussi pour lier la bague (13) à la tige, seulement l'image est différente un peu de la première; car la tige a la possibilité de se déplacer vers le haut de quelque mm (2 à 3 mm).

L'ensemble est introduit à l'intérieur du tube (8), qui est rigidement lié à son tour à la bague (13) par des vis (24).

- Pour assurer une bonne coaxialité de la tige dans le tube on pose la bague (6) ayant rigoureusement les mêmes limites des jeux que le diamètre de (13): (diamètre =  $\begin{matrix} +0,01 \\ -0,06 \end{matrix}$ ) au niveau de la partie inférieure du tube.

- Initialement les touches en carbure métallique sont soudées sur la tige avec du métal en bronze afin de ne pas changer les caractéristiques physiques des touches (température de fusion du bronze = 700°C et température de l'acier = 1300°C).

- Puis on place le dispositif de fixation de la tête de mesure et le bec à leur place respective. Lesquels sont constitués de pièces différentes puis assemblés entre elles par soudage (le soudage se fait avec de l'acier).

-- A la partie supérieure du tube on visse la douille (15) qui est bloquée en rotation par la vis (14).

- Et enfin, l'écrou (17) sert à serrer le palpeur à l'intérieur de cette douille.

De même, au niveau des ajustements, (frottement) on y applique (mensuellement) une goutte d'huile pour graissage.



ANALYSE DES ERREURS/:

La précision de la fabrication obtenue par l'application du système de contrôle automatique sur la rectifieuse est déterminée par l'influence des facteurs qu'on peut diviser généralement en deux parties :

- Facteurs concernant le système lui même;
- Facteurs concernant le processus technologique.

Les erreurs provoquées par ces facteurs sont de deux sortes:

- Erreur systematique;
- Erreur accidentelle.

vue la possibilité de supprimer les erreurs systematiques (par des réglages préalables ou la création des conditions favorables de travail); on accepte, pour déterminer la précision de la fabrication, une erreur limite maximum présentée comme une moyenne quadratique des erreurs accidentelles.

On sait que les valeurs de la grandeur de la pièce ((diamètre), au cours de la fabrication, présente une grandeur accidentelle. Elle est déterminée par l'influence des facteurs agissant accidentellement (au hasard).

Donc:  $\Delta \lim \Sigma = \sqrt{\Sigma \Delta_i^2}$  où:  $\Delta \lim \Sigma$  : est l'erreur maximale  
 (1)  $\Delta_i$  : valeurs des erreurs accidentelles

L'equation (I) qui est utilisée par un certain nombres d'auteurs ne tient pas compte de l'influence de tous les facteurs technologiques qui causent l'erreur systematique, et qu'on ne peut pas négliger d'ailleurs. Comme par exemple l'usure des touches de la tête de mesure, l'erreur systematique due à la variation de la température, etc....

Pour cela, les erreurs systematiques doivent être introduites dans la la formule (I); ce qui permet d'établir la formule suivante:

$$\Delta \lim \Sigma = \pm \Sigma \Delta_s \pm \sqrt{\Sigma \Delta_i^2} \quad (2)$$

6.I ERREURS DUES AU SYSTEME DE CONTROLE/: ( $\Delta \lim_s$ )

Pour déterminer ces erreurs on utilise la formule:

$$\Delta \lim_s = \pm \Delta l \pm 6\sigma \quad (3)$$

$\Delta \lim_s$  : est l'erreur maximum obtenue dans n'inporte que point du diapason de travail du système de contrôle.

$\Delta l$  : erreur de linéarité

$\sigma$  : moyenne quadratique des erreurs accidentelles.

La détermination exacte de  $\Delta \lim_s$  n'est possible qu'à l'aide des recherches expérimentales (courbe de GAUSS) sur le système de contrôle.

Comme le système n'est pas réalisé, on se contente d'accepter une erreur de 2 à 3 micromètre, recommandée par ( ). (voir bibliographie)

$$\text{soit: } \underline{\Delta \lim_s = 3 \text{ micromètre}}$$

## 6.2 ERREURS DUES A L'USURE DES TOUCHES /: ( $\Delta S_1$ )

La tête de mesure étant à trois contacts, au cours de la fabrication, l'usure de ces contacts entraîne des erreurs systématiques variables. L'usure se fait surtout au niveau des contacts supérieur et inférieur.

D'après des recherches effectuées par le savant soviétique: KONDACHEVSKI l'usure des touches en carbure métallique est de 3 à 5 microns pendant une durée de travail de huit heures. Il est recommandé de diminuer l'erreur de l'usure en effectuant un réglage (rattrapage de la côte usée), au cours d'une demi-période de travail (après 4 heures de travail par exemple).

On accepte une erreur due à l'usure de:  $\Delta S_1 = 2 \text{ micromètre}$

## 6.3 ERREUR DE POSITIONNEMENT /: ( $\Delta S_2$ )

Cette erreur a lieu quand le système de contrôle automatique travaille en balayage. Sous l'effet des forces de frottement la tête de mesure se déforme. Elle ne mesure donc pas le diamètre mais la grande côte d'une ellipse. (figure 6.1)

De cette figure on obtient la formule:

$$\Delta D = \Delta S_2 = \frac{(b + b_c)^2}{R + r} \quad (4)$$

cette formule est recommandée par (1)

On remarque dans (4) que l'erreur dépend du diamètre (D) de la pièce. Elle est maximum pour un petit diamètre.

Lediapason des diamètres à rectifier avec la tête de mesure est: 10 à 30 mm. L'erreur max. sera pour D = 10 mm.

Par construction on adopte pour les touches un diamètre d'arrondissement:  $r = 2 \text{ mm}$ .

Suivant le calcul de la R.D.M. établi au chapitre IV où on a trouvé une flèche  $W = 65,4 \text{ micromètre}$ , on établit donc:

$$b + b_c = W = 65,4 \text{ micromètre.}$$



L'erreur de positionnement est constante pour un diamètre déterminé. On prendra le cas le plus défavorable qui nous donne la valeur maxi. de l'erreur où  $D = 10 \text{ mm}$ .

$$\Delta S_2 = \frac{(65,4 \cdot 10^3)^2}{5+2} = \underline{0,61 \text{ micromètre}}$$

#### 6.4 ERREUR DUE A LA PENETRATION: ( $\Delta p$ )

La valeur de la pénétration ( $t$ ) donne une influence importante à la précision de l'élaboration.

La fig. 6.2 schématise le changement discret du diamètre en balayage. La pénétration ( $t$ ) est effectuée à chaque inversion de la table, côté poupée-porte-pièce. En conséquence le changement du diamètre est:  $2t$ .

Quand le diamètre désiré est atteint (diamètre de la pièce=diamètre de l'étalon), deux possibilités peuvent surgir:

- Le système donne l'impulsion d'arrêter la machine,
- Le système ne donne pas l'impulsion d'arrêter la machine (à causes des erreurs).

Dans le cas b) le diamètre de la pièce va diminuer de:  $2t$ ; ce qui provoque une erreur égale à  $2t$ :  $\Delta p = 2t$

En conséquence, et indépendamment de la valeur du contrôle du système, la valeur maximum de la méthode de mesure ne peut être inférieure à  $2t$ . La valeur minimum de pénétration ( $t$ ) est de 2,5 à 4 micromètre. Par conséquent l'erreur de la fabrication est de 5 à 8 micromètre.

On accepte la valeur maximum de l'erreur égale à: 8 micromètre.

$$p = 8 \text{ } \mu\text{m}$$

$\Delta p$  est évidemment une erreur accidentelle.

#### 6.5 ERREUR THERMIQUE :

Elle possède deux composantes ;:

- erreur systématique,
- erreur accidentelle

a) L'erreur systématique: ( $\Delta t_s$ )

Elle existe par le fait de la différence de température de la pièce et de l'étalon au cours du réglage. Elle est calculée par la formule:

$$\Delta t_s = D \alpha \Delta t \quad (5)$$

D : diamètre de la pièce

$\alpha$  : coefficient de dilatation thermique ( $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ )

$\Delta t$  : différence de température

Pour éviter cette erreur on doit corriger le diamètre de l'étalon suivant la formule:

$$D_e = D_m + \Delta t_s \quad (6)$$

$$D_m = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{2D + IT}{2}$$

où :  $D_e$  : diamètre de l'étalon

$D_m$  : diamètre moyen arithmétique

$D_{\max}$  &  $D_{\min}$  : Limites de la pièces correspondant à la tolérance.

$$\Delta t = t_p - t_e$$

On accepte pour la température de la pièce :  $t_p = 35^\circ \text{C}$   
et pour la température de l'étalon :  $t_e = 20^\circ \text{C}$

$$\text{d'où } \Delta t = 15^\circ \text{C}$$

La valeur de  $\Delta t_s$  ( ou valeur de correction ) est fonction du diamètre de la pièce.

Exemple de calcul Pour la fabrication d'une pièce ayant une grande précision ( qualité 5 ):

- pour  $D = 10\text{mm}$  ;  $IT = 0,005\text{ mm}$

$$\Delta t_s = 10 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 15 = 1,8 \text{ micro mètre}$$

$$D_m = \frac{20,005}{2} = 10,0025 \text{ mm}$$

$$\text{d'où : } D_e = 1,8 \cdot 10^{-3} + 10,0025 = 10,0043 \text{ mm}$$

-pour  $D = 30\text{ mm}$ ;  $IT = 0,009\text{mm}$

$$\Delta t_s = 30 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 15 = 5,4 \text{ micromètre}$$

$$D_m = \frac{60,009}{2} = 30,0045 \text{ mm}$$

$$\text{d'où : } D_e = 30,0045 + 5,4 \cdot 10^{-3} = 30,0099\text{mm}$$

Ainsi on évite l'erreur thermique systématique en augmentant la valeur du diamètre de la pièce-étalon de  $\Delta t_s$ .

b) L'erreur accidentelle: ( $\Delta t_a$ )

Elle est due au fait qu'au cours de la fabrication, la température ( $t_p$ ) de la pièce varie; malgré la lubrification.

On accepte, suivant les recommandations du constructeur, une variation de température de  $\pm 5^\circ \text{C}$ . L'erreur maximum est pour le plus grand diamètre:  $D = 30\text{ mm}$ . Elle est donnée par:

$$\Delta t_a = D \times \Delta t_{\max} = 30 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 1,8 \text{ micromètre}$$

### 6.6 ERREUR MAXIMUM :

Elle est donnée par la formule (2)

$$\Delta \lim \bar{x} = \pm \sum \Delta S_i \pm \sqrt{\sum \Delta^2 \cdot i}$$

$$\Delta \lim \bar{x} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \sqrt{\Delta^2_{\text{lims}} + \Delta^2_p + \Delta^2_{t_a}}$$

$$\Delta \lim \bar{x} = 2 + 0,61 + \sqrt{3^2 + 8^2 + (1,8)^2}$$

$$\boxed{\Delta \lim \bar{x} = 11,34 \text{ micromètre}}$$

Cette erreur représente la répartition probable des diamètres pendant la fabrication. Elle établit une qualité (6) de la production des pièces en balayage suivant le système ISO .

S'il s'agit d'une fabrication de pièces en plongée directe, l'erreur  $\Delta_p$  n'intervient pas dans le calcul de  $\Delta \lim \bar{x}$

$$\text{Donc : } \Delta \lim \bar{x} = 2 + 0,61 + \sqrt{3^2 + (1,8)^2}$$

$$\boxed{\Delta \lim \bar{x} = 6,1 \text{ micromètre}}$$

Ce qui permet d'établir une qualité 5 .

N.B./ tolérance du diamètre de qualité 6 = 13 micromètre  
tolérance du diamètre de qualité 5 = 9 micromètre.

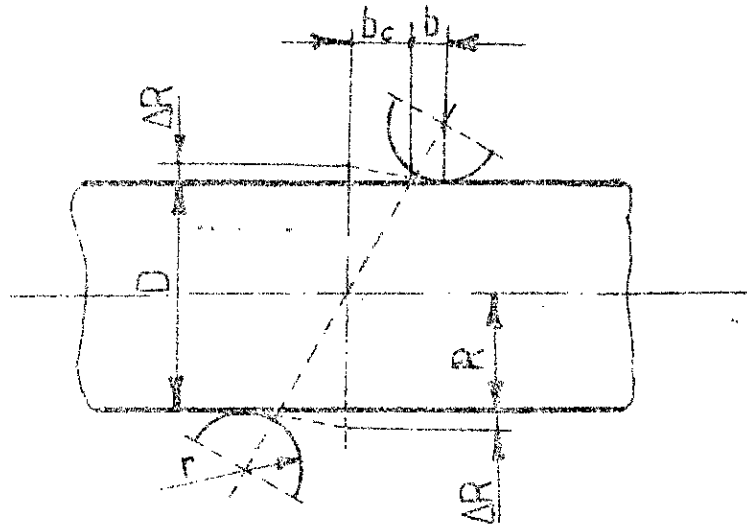


Fig.6-1: Erreur de déformation

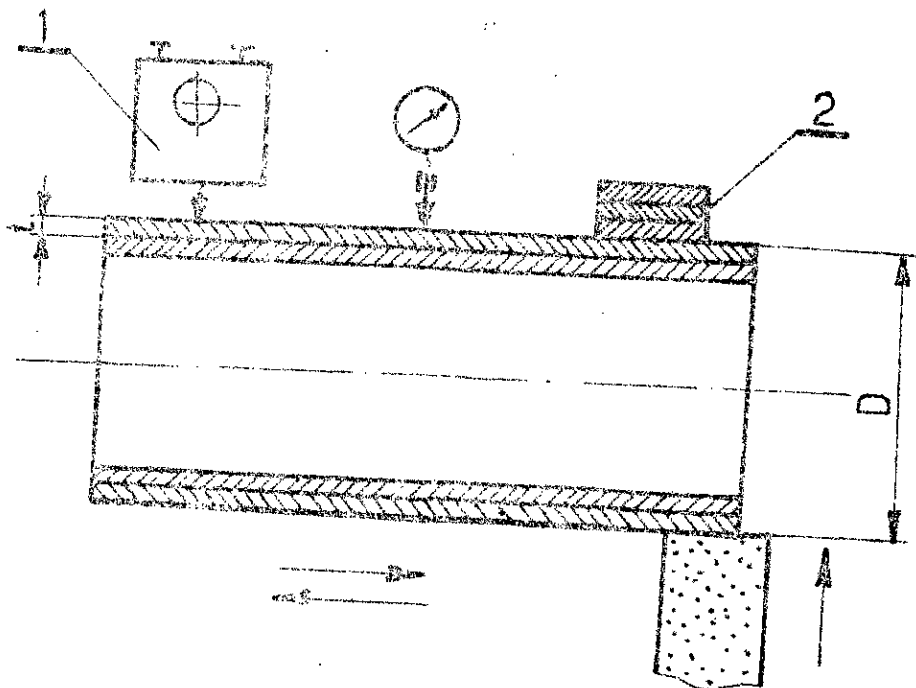


Fig.6-2: Pénétration de la meule en balayage.

1-Capteur.

2-Graphique du déplacement discret de la touche du palpeur.

C O N C L U S I O N -o- G E N E R A L E

oOoOoOoOoOoOoOoOoOoOoOoOo

1- Les pièces obtenues par fabrication mécanique sont à 80% des pièces cylindriques (axes, arbres, tourillons,...). La réalisation de ces pièces avec une haute qualité est une réponse catégorique aux besoins accrus de la demande.

Veuillez donc à la précision des pièces cylindriques; c'est assurer une productivité élevée: totale et sans perte. Les qualités d'usage et de précision ne peuvent être réalisées que par des systèmes de contrôle automatique qui augmentent la production de la machine.

2- Notre rectifieuse ne possède pas un cycle automatique complet. Les prises de passes se font manuellement.

Pour reculer le chariot porte-meule; le signal, obtenu à l'aide de notre système de contrôle, intervient au niveau du contacteur qui commande le distributeur (EV3).


3- Dans notre étude, on n'a pas perdu de vue la possibilité de réalisation du système de contrôle en question. Ce qui nous fait penser à donner des formes simples à tous les éléments de ce système.

Une réalisation pratique, à partir de notre étude, est possible.

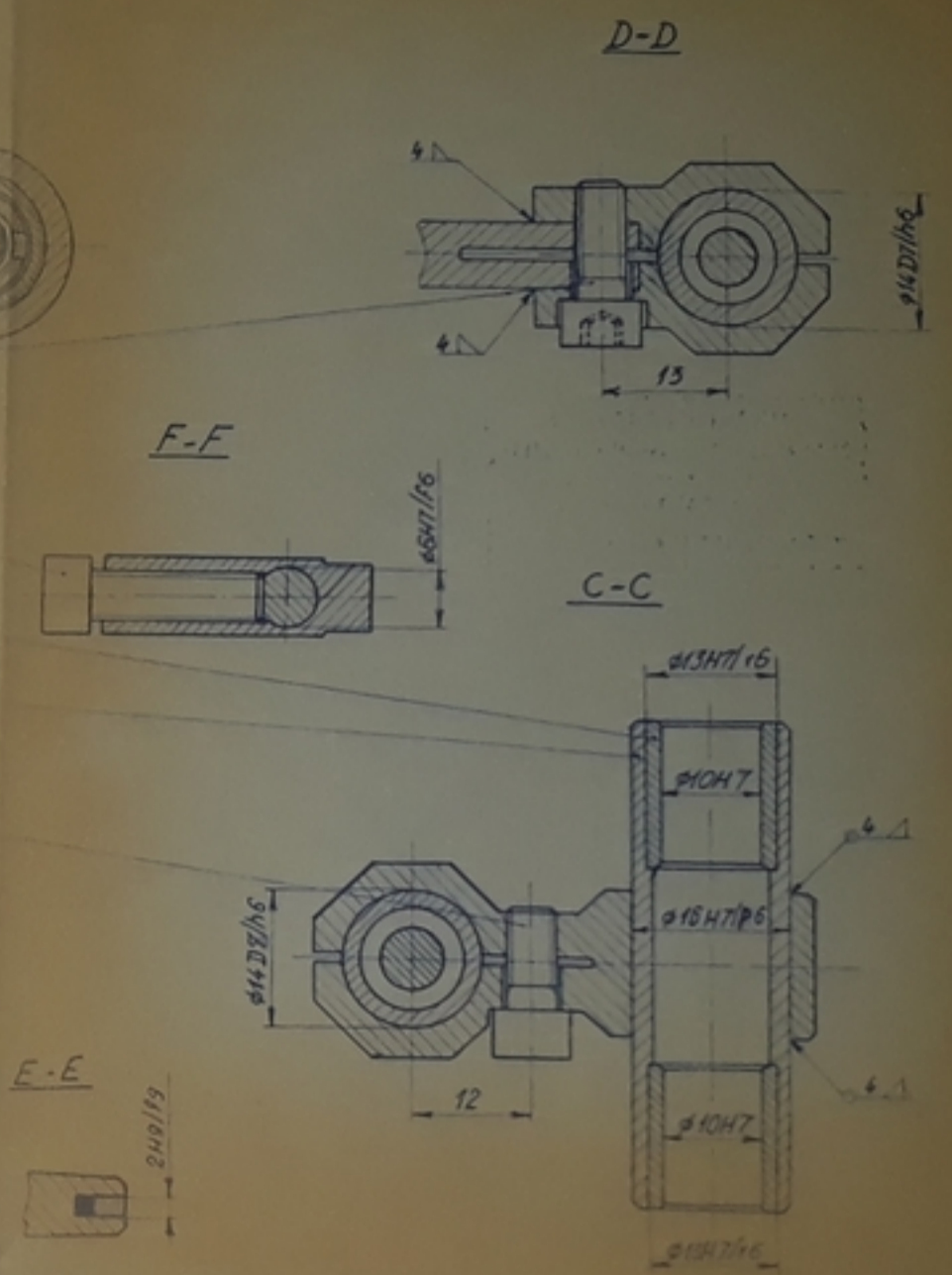
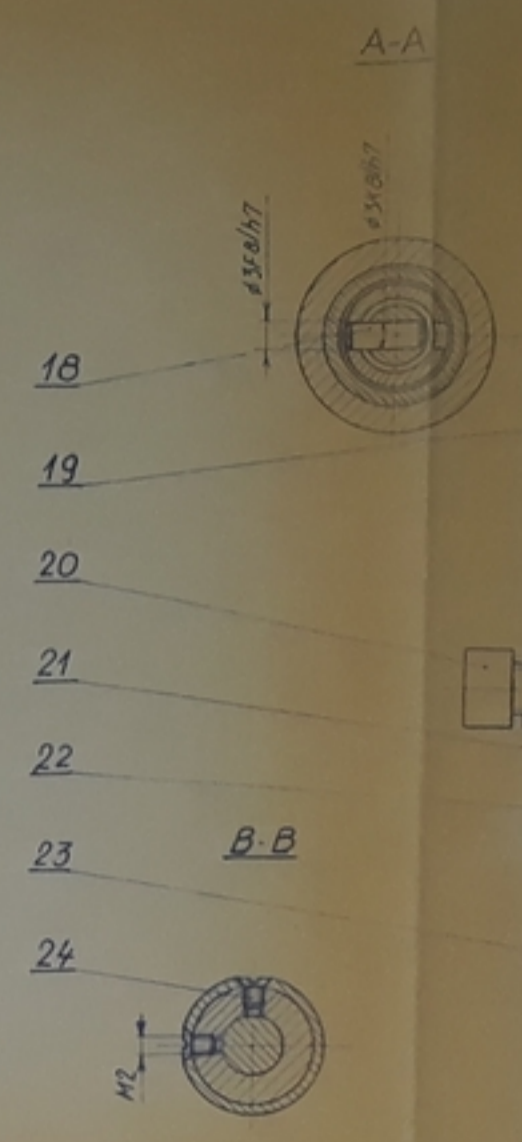
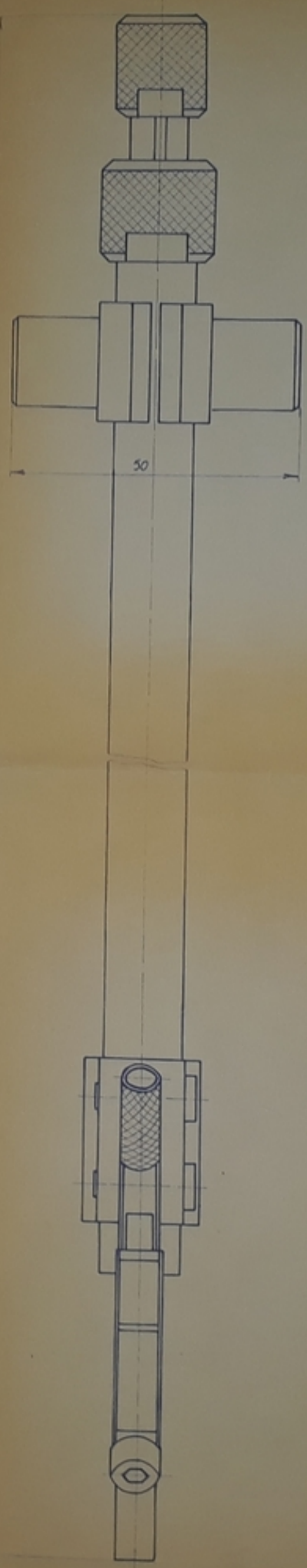
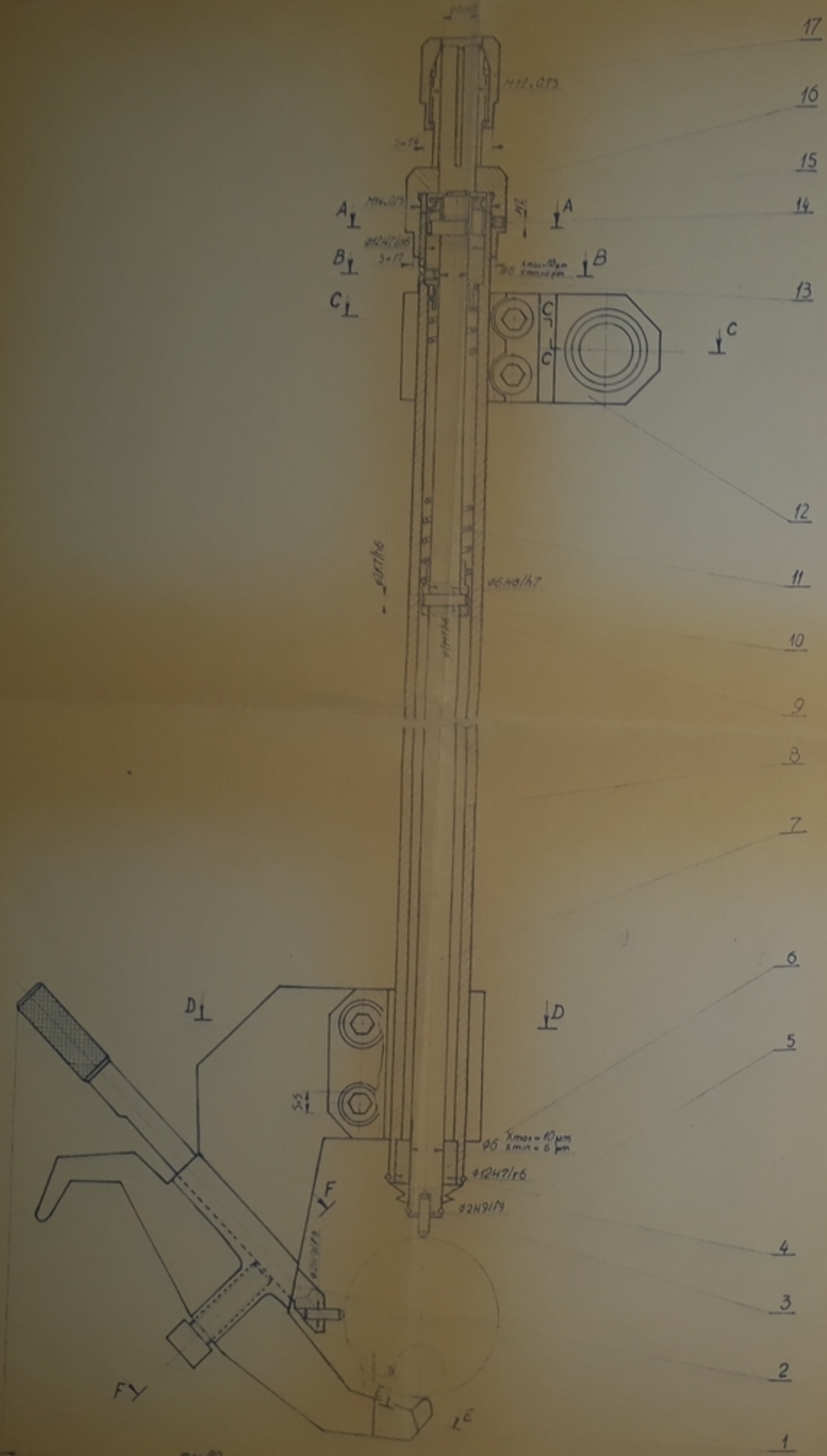
Comme il est souhaitable de la voir concrétiser, aux cours des semestres à venir, par des élèves-ingénieurs qui doteront ainsi le département mécanique d'un système de contrôle automatique. Ce qui les prépare à la réalisation de tels systèmes au niveau industriel.

4- Dans notre pays, qui accorde une grande importance au développement industriel pour atteindre une production de haute qualité, il est intéressant de faire appel à des systèmes de contrôle automatique simples (comme le notre). Ces derniers n'exigent pas un personnel hautement qualifié, mais, seulement, des ouvriers qui accomplissent des actions et des manœuvres très simples. De même, l'introduction de ces systèmes engendre un effet sociologique bienfaisant; à savoir: l'ouvrier est débarrassé du souci de rater sa pièce; car c'est le système de contrôle qui le remplace dans l'élaboration de la pièce; ainsi le nombre de contrôleurs, après la fabrication, est réduit. Ce qui permet l'obtention d'une production totale avec un minimum de frais; d'où une PRODUCTION ECONOMIQUE.

oOoOoOoOoOoOoOoOoOo

oOo  ILLIOGRAPHIE oOo  
oOoOoOoOoOoOoOoOoOoOo

- LIVRES: 1- Les Systèmes de Contrôle Automatique  
A. SEMERDJIEV
- 2- Automatisation. Fascicule I4  
M. BERNARD
- 3- Les Outils Pneumatiques d'Atelier  
K. EHRHARDJ
- 4- Automatisation des Machines-Outils  
P.J. FORT
- 5- Usinage par Abrasion  
A. CHEVALIER et R. LABILLE
- 6- Metrologie Dimensionnelle  
BOSCH
- 7- Guide du Dessinateur Industriel  
A. CHEVALIER
- 8- Determination Rapide des Ressorts  
PIERRE AUSSANT
- THESE: Système de Contrôle sur Rectifieuse sans Centre  
M. DOUMI
- REVUES: Catalogue Général sur Rectifieuse "S.I.T."  
Notice d'ENTRETIEN sur Rectifieuse "S.I.T."



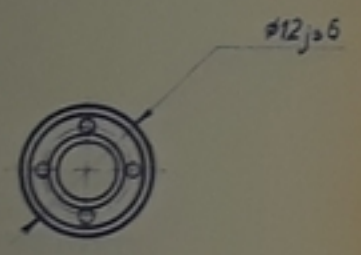
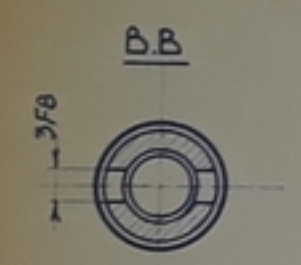
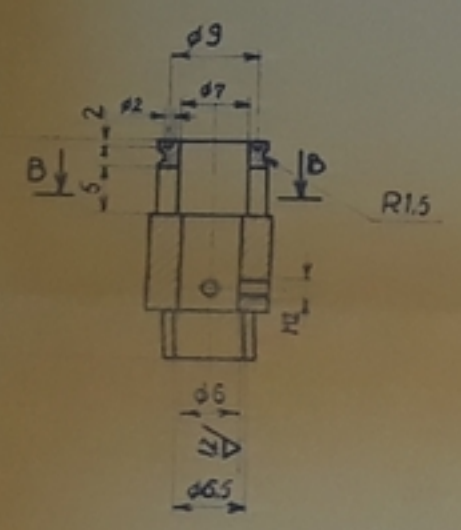
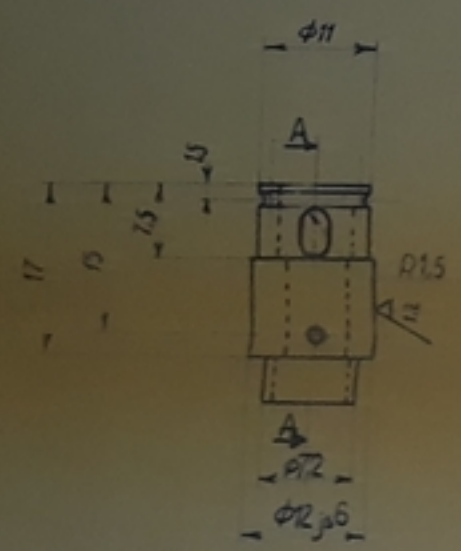
PMoAu 80  
- A -



24	NFE 27-113	Vis F/30 M2-3	2		
23	NFE 27-161	Vis CHc M5-10	2		
22	TM 01 00 14	Support	1	A50	
21	TM 01 00 13	Coussinet	2	UE 1021	
20	NFE 27-311	Vis Q M5-18	1		
19	NFE 27-161	Vis CHc M5-14	2		
18		Goupille 3-3	1		
17	TM 01 00 12	Ecroû de serrage	1	A50	
16	TM 01 00 11	Touche	1	Carbure Métal	
15	TM 01 00 10	Douille	1	20 CD2	
14	NFE 27-162	Vis Hc M2-3	1		
13	TM 01 00 09	Bague	1	UE 1021	
12	TM 01 00 08	Support	1	A50	
11	TM 01 00 07	Ressort	1	XC 65	
10		Goupille 2-3	1		
9	TM 01 00 06	Bague	1	A50	
8	TM 01 00 05	Tube	1	A50	
7	TM 01 00 00	Tige	1		
6	TM 01 00 04	Coussinet	1	UE 1021	
5	TM 01 00 03	Bague	1	XC 65	Fi
4	TM 01 00 02	Protecteur	1	Carbure	
3	TM 01 00 01	Bague	1	XC 65	Fi
2	TM 01 02 00	Crayon	1		
1	TM 01 01 00	Crochet	1		

Rq	N° de DESSIN	DESIGNATION	Nb	MATIERE	Obs
		ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE Alger			
		TETE DE		TM 01 00 00	
		MESURE			2

25/12/11

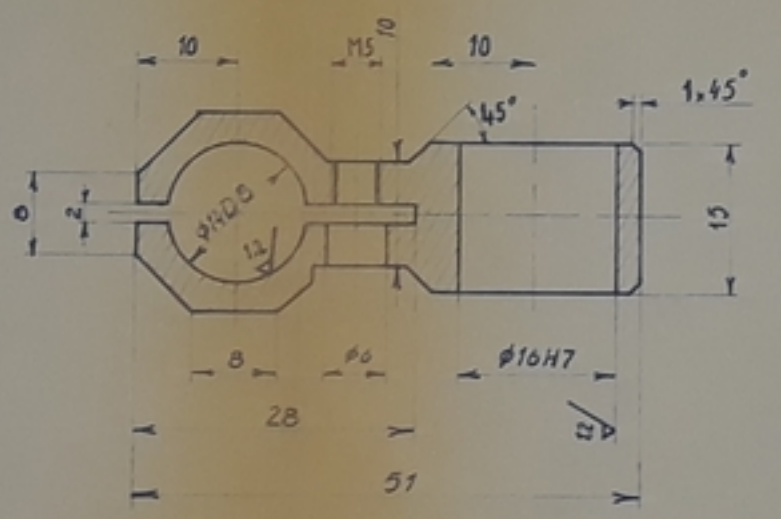
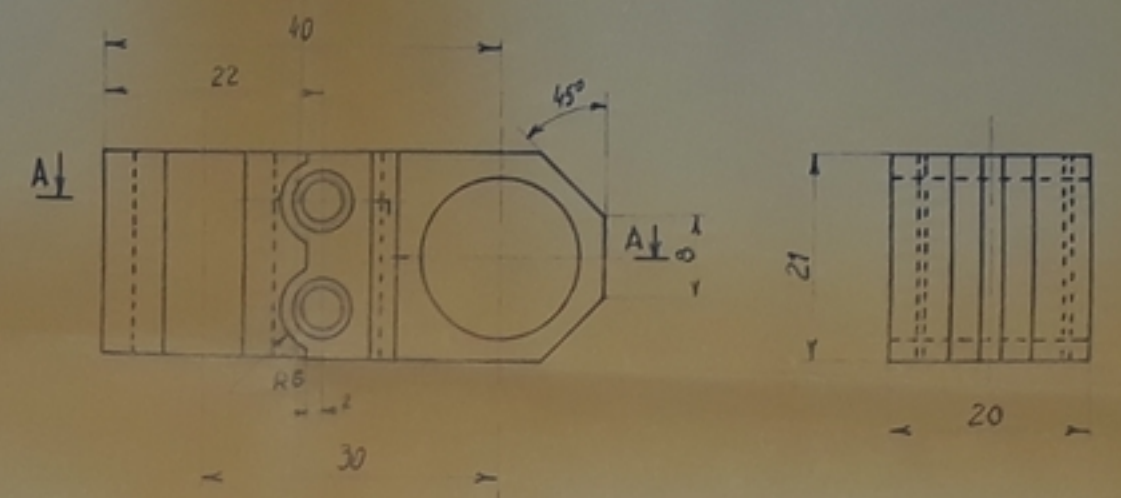


Le  $\phi 6$  doit être élaboré conformément au diamètre de la tige  $\phi 6h7$  pour obtenir les limites des jeux prescrits:  $J_{max} = 10 \mu m$  et  $J_{min} = 6 \mu m$ .

$\phi 12_{p6}$	$\phi 12 \pm 0.055$
3F8	$3 \pm \frac{0.016}{0.006}$

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE - Alger	
BAGUE	TM01 00 09
	Etapes Masse Ech.
	2
UE - 10 Z1	Genie Mécanique

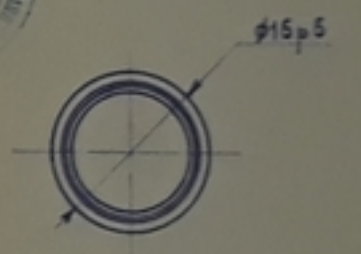
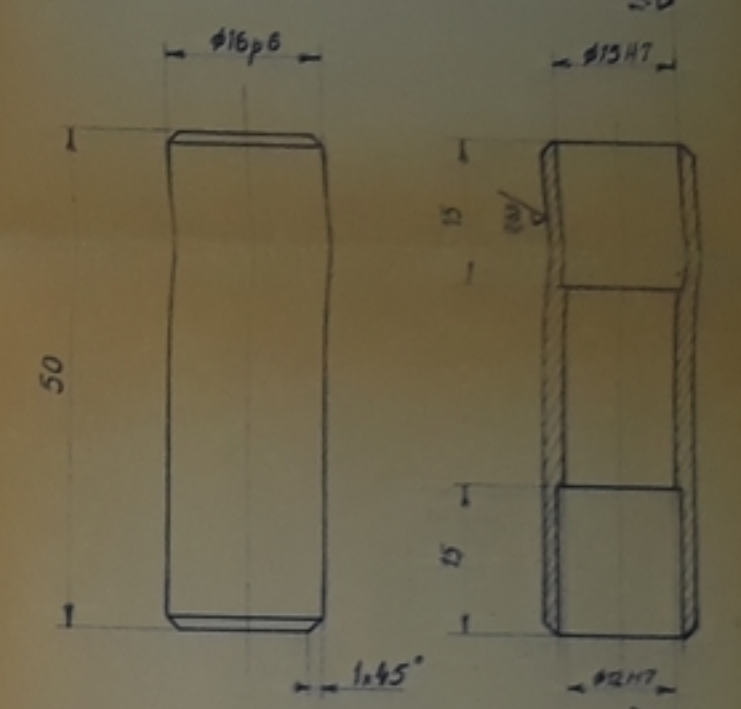
25/12/11



$\phi 14D8$	$\phi 14 \pm 0.13$
$\phi 16H7$	$\phi 16 \pm 0.018$

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
SUPPORT	TM01 00 08
	Etapes Masse Ech.
	2
A50	Genie Mécanique

12/11/11



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE  
BIBLIOTHEQUE

$\phi 13H7$	$\phi 13 \pm 0.018$
$\phi 16_{p6}$	$\phi 16 \pm 0.039$

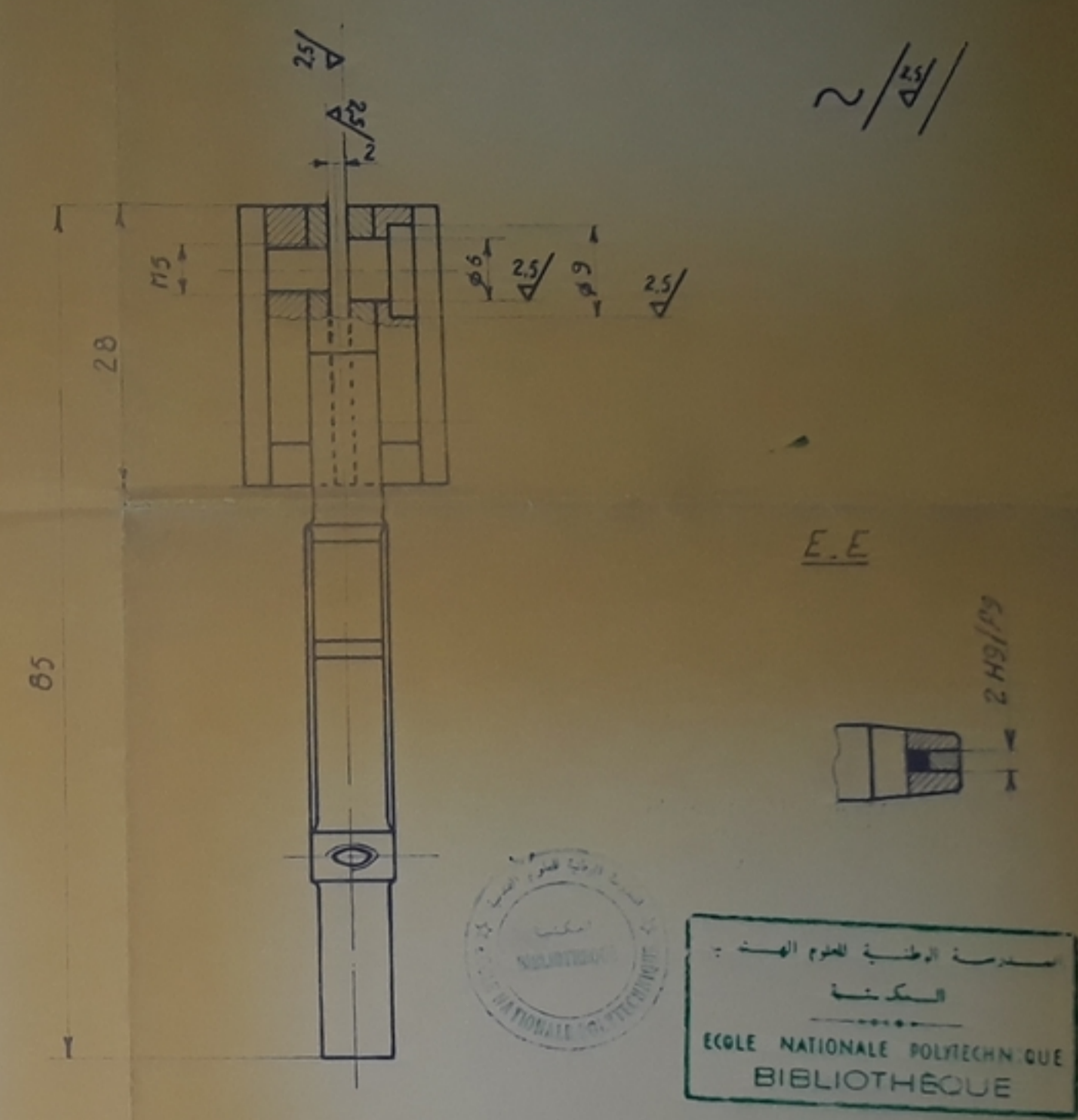
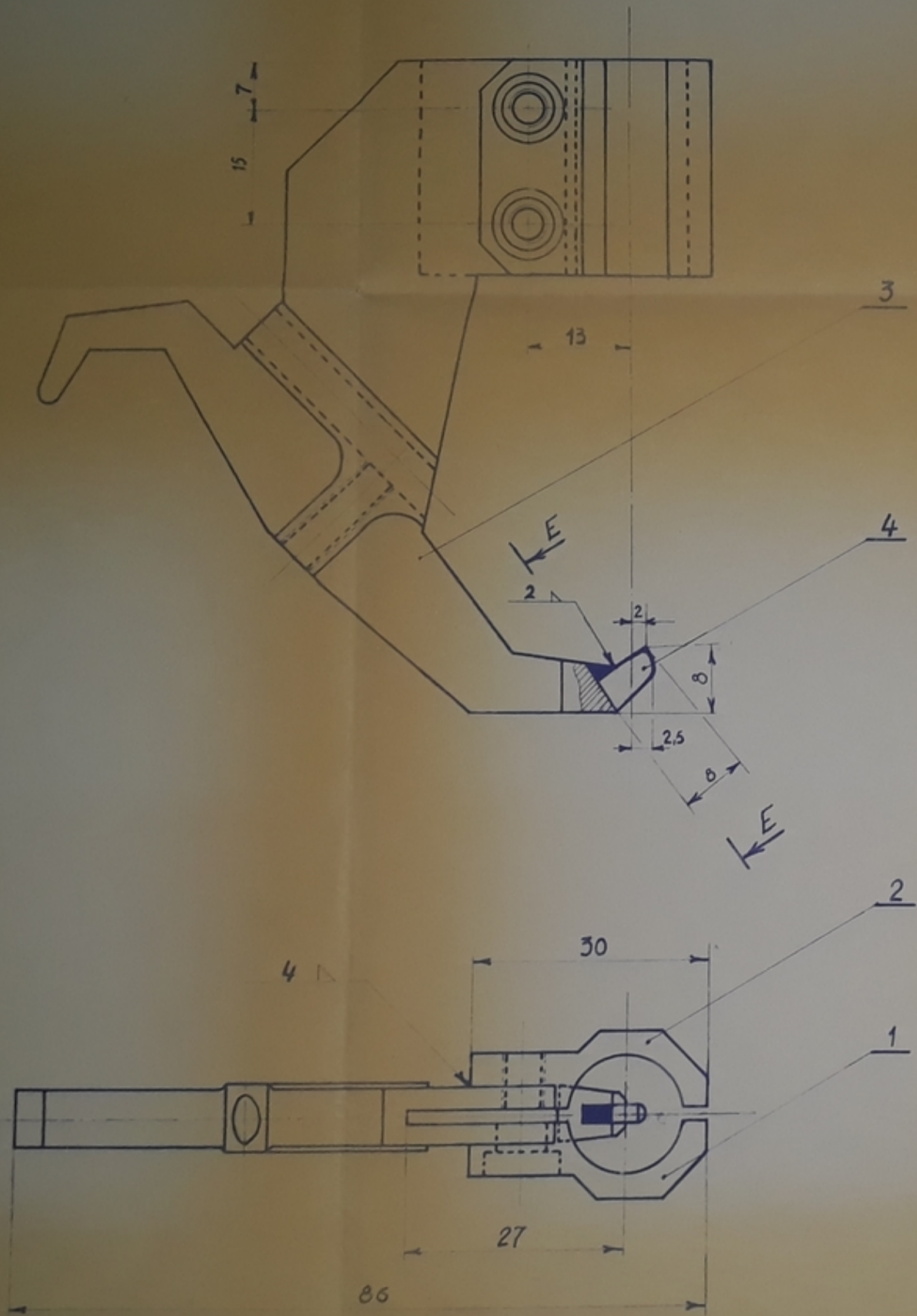
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
SUPPORT	TM01 00 14
	Etapes Masse Ech.
	2
A50	Genie Mécanique











1. Soudage de la machoire complete sur le bec avec de l'acier.
2. Soudage du carbure metallique avec du metal en bronze.
3. Apres soudage, les surfaces soudées devront être nettoyer soigneusement.
4. Traitement thermique : bleuissement.

PM01480  
-6-

Rep	N° du DESSIN	DESIGNATION	Nb	MATIERE	OBS
4	TM010104	Touche	1	Carbure Metal	
3	TM010103	Bec	1	A50	Bleuissement
2	TM010102	Machoire	1	A50	Bleuissement
1	TM010101	Machoire	1	A50	Bleuissement

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE, Alger				
			TM.01.01.00	
CROCHET			Etapes	Masses
				2
			Genie Mecanique	

