

Ecole Polytechnique  
de THIES

Année  
.1980

PROJET de FIN  
d'ETUDES

Titre: Commande automatique d'une  
presse à découper

Auteur: Ibrahima LO

Directeur de projet: A. Wolski

Génie : mécanique

Dédié au regretté *fiou* *do*  
ainsi qu'à tous ceux qui  
me sont chers.

## REMERCIEMENTS

Je remercie mon directeur de projet M<sup>r</sup> A. Wolski professeur d'électronique et d'automatisme à l'école Polytechnique de Thiers et tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à faire de ce projet une réussite.

Merci.

## AVANT - PROPOS

Nous nous proposons d'étudier la commande automatique d'une presse à découper. L'objet de ce projet n'est pas le design complet de cette machine mais d'opérer certains changements sur une presse déjà existante afin d'en augmenter le rendement.

Ainsi nous devrions synchroniser le mouvement de la pédale avec le mouvement du plateau grâce à un verin pneumatique muni d'un distributeur. L'objectif est d'améliorer le rendement du poste par la diminution des temps morts et la réduction du temps de rotation du plateau de moitié. Pour cela nous devons :

- 1) Opérer des changements mécaniques
- 2) Étudier un système de commande électrique puis électronique

# TABLE des MATIERES

Remerciements  
 Avant - propos.  
 Introduction

## - Chapitre I : Généralités

I Description

II Fonctionnement

- ① - Poste non automatisé.
- ② - Poste automatisé.

## - Chapitre II : Mécanismes.

I Design d'un nouveau plateau

- ① - Conception des matrices.
- ② - Dimensionnement du plateau
- ③ - Mode de fixation
- ④ - Analyse de fabrication

II Design des déviateurs.

III Design du levier

- ① - Schéma de principe.

② Analyse des déplacements.

③ Calcul et dimensionnement.

IV Étude du circuit pneumatique.

① Principe de fonctionnement

② Choix des dispositifs.

## Chapitre III : Automatismes

I Étude de la logique séquentielle

① Définition du problème.

② Étude du problème.

II Étude électronique.

① Caractéristiques des transistors

② Équations de base

③ Fonctions

④ Schéma.

- Conclusion.

Bibliographie

Appendice

# INTRODUCTION

Depuis très longtemps les hommes ont trouvé les moyens de fabriquer des pièces mécaniques grâce à des machines outils telles que : tours, fraiseuses, perceuses ou des opérations comme le moulage ou le formage. Mais l'imperatif de produire en très grande quantité de petites pièces standards de forme plus ou moins complexe avec des tolérances serrées a favorisé le développement du découpage. Ainsi on a vu naître diverses machines à découper notamment la pousse à découper qui est très employée dans la fabrication des rondelles plates et des écrous.

Avec l'avènement de l'automatisme, les ingénieurs ont surtout cherché à alléger le travail humain par la simplification des opérations, à augmenter la cadence de production et par delà améliorer le rendement des machines.

C'est dans cet ordre d'idée que va s'inscrire  
ce projet dans lequel nous nous proposons  
de :

- Diminuer les temps morts
- Améliorer le rendement de la presse  
à découper en la rendant  
automatique.

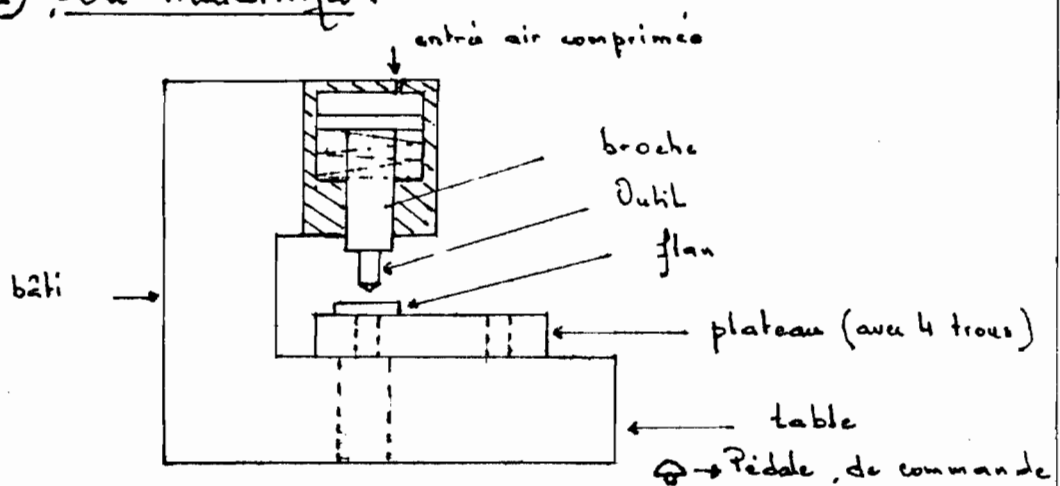


Chapitre I  
GENERALITES

# I DESCRIPTION

Avant d'entrer dans le vif du sujet il est nécessaire de présenter les principales composants d'une presse à découper.

## ① La machine :



Une presse à découper est composée d'un bâti formant la structure de la machine, d'une broche recevant l'outil de coupe et qui est animée d'un mouvement de montée et de descente grâce à la pression de l'air comprimé et un ressort de rappel, d'un plateau recevant la ou les matrices qui ont des arêtes de coupe intérieures. Ce plateau peut être animé d'un mouvement de rotation s'il reçoit plus

d'une matrice.

② Outilage:

Nous utiliserons un poinçon, de diamètre 20 mm en acier rond trempé

③ Matière d'œuvre:

La matière d'œuvre (ou flane), sera une petite tôle, d'épaisseur 5 mm en acier doux A 37. Sur ce flan, nous allons découper des pièces cylindriques (ronnelles) de diamètre 20 mm et d'épaisseur 5 mm.

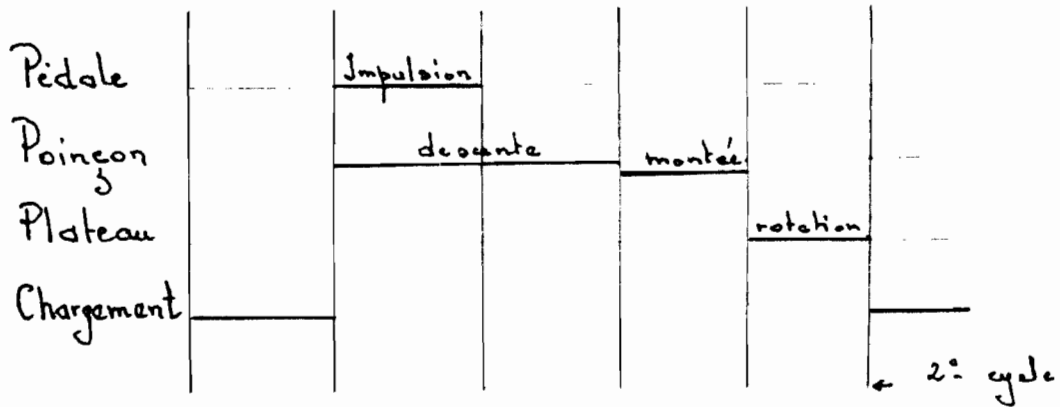
## II FONCTIONNEMENT

### ① Fonctionnement du poste non automatisé.

Une presse à découper fonctionne de la manière suivante :

- a) Un ouvrier assure l'alimentation du plateau tournant en déposant un flanc dans les alvéoles.
- b) Il appuie sur la pédale P puis la relâche (impulsion). Par un dispositif le poinçon descend, découpe le flanc puis remonte.
- c) A la fin de sa course montante un dispositif qu'on suppose déjà existant sur la machine fait tourner le plateau d'un quart de tour.
- d) L'ouvrier alimente le poste de chargement et appuie de nouveau sur la pédale pour amorcer ainsi un second cycle.

Le tableau, des phases, ci-dessous, traduit graphiquement, les séquences, de, ce fonctionnement.



## ② Fonctionnement, du poste, automatisé.

La presse, automatisée, devra fonctionner, de la manière, suivante.

- a) Quand, le poinçon, remonte, le plateau, étant immobile, les contacts "a" et "b" sont relâchés, E (électro-aimant) n'est pas excité.
- b) Quand, le poinçon, arrive, à la fin de, sa, course montante, le même, dispositif, que, dans, le, cas, du poste, non, automatisé, fait, tourner, le plateau, d'un huitième ( $\frac{1}{8}$ ) de tour.

"a" sera appuyé, durant toute la rotation

"b" reste toujours relâché.

E l'électro-aimant n'est pas excité.

c) Quand le plateau s'arrête, le contact "a" pénètre dans l'encoche du plateau ménagé à cet effet.

"a" relâché excite l'électro-aimant E

"b" reste toujours relâché.

d) L'excitation de E permet l'entrée de l'air comprimé dans le vérin, qui va ainsi se déplacer de haut en bas, actionnant le levier de commande du pignon. Le pignon, lors de son déplacement, découpe et remonte.

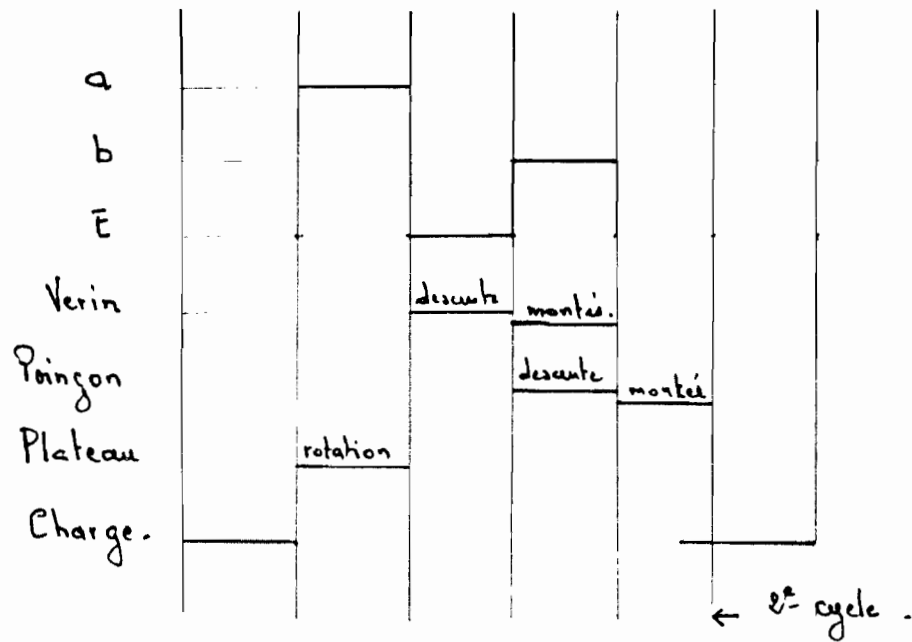
e) Pendant ce même temps, la tige du piston, ayant appuyé en fin de course le contact "b", l'électro-aimant va alors se désexciter.

f) Le cycle recommence.

Le tableau des phases ci-dessous traduit graphiquement le fonctionnement.

"a" et "b" sont des contacts

E : électro-aimant.



Remarque: l'ensemble électro-aimant, vérin, se substitue à la pédale du poste non automatisé.

Chapitre II  
MECANISMES



## I DESIGN D'un nouveau PLATEAU

L'ancien plateau du poste non automatisé, ayant seulement quatre trous, le nouveau plateau, avec ses huit (8) trous va nous permettre de réduire de moitié le temps de rotation.

Grâce au contact "a" qu'il reçoit dans ses encoches l'électro-aimant va s'exciter, ce qui permettra de synchroniser le mouvement du poinçon avec celui du plateau.

Le nouveau plateau devra pouvoir recevoir les huit (8) matrices qui permettent de découper le flan aux dimensions voulues.

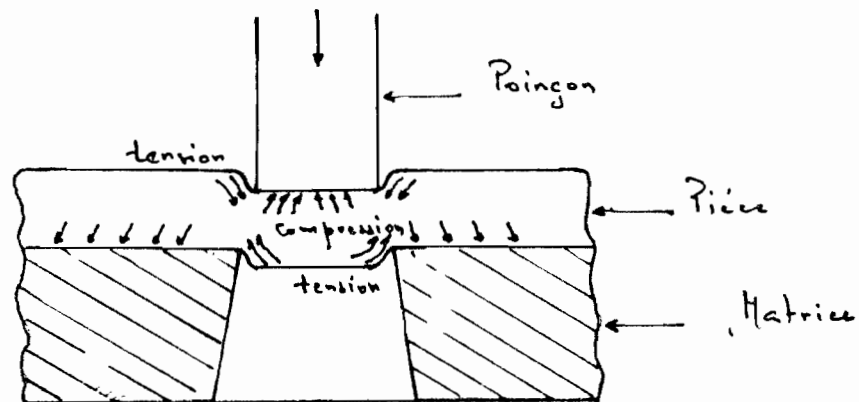
Avant de commencer la conception du plateau, nous allons d'abord passer à l'étude de ses diverses composantes :

### ① Conception des matrices :

#### a) Analyse des forces :

Pour la coupe du métal, les efforts appliqués à celui-ci par le poinçon et la matrice sont des

efforts de cisaillement.



Ce procédé consiste à appliquer des efforts de cisaillement au métal (pièce) jusqu'à ce qu'il y ait rupture. Sur la pièce apparaissent aussi des contraintes de tension et compression.

- Processus de la coupe:

- \* Etirage au dessus de la limite élastique
- \* Déformation plastique.
- \* Réduction d'épaisseur
- \* Rupture:

La rupture débute là où la surface est réduite c'est à dire où il y a striction.

Remarque: il faudra signaler deux phénomènes qui se produisent durant la coupe:

- 2' effet ressort:

Une partie des grains, constituant le métal étant étirée, en bas, de la limite élastique, lorsque la coupe est complétée, ces grains retournent à leur place. Donc, le trou, laissé dans le métal en feuille, diminue et comprime le pringon.

- Soudage à froid:

Lorsque les fractures se rencontrent, la pièce n'est pas nécessairement libérée. A cause des forces assez élevées, les surfaces fracturées ont tendance à demeurer collées.

Les forces induites par ce phénomène, sont faibles.

b) Calcul de la force de coupe:

D'après les notes de cours de J.G. Zangui sur les procédés de fabrication:

$$F_c = S_s \times p \times t_s$$

$F_c$ : force de coupe.

$S_s$ : limite de cisaillement.

$p =$  périmètre de coupe

$t_s =$  épaisseur de la tôle. (pièce).

$$p = \pi D$$

$D =$  diamètre de coupe.

$$F_c = S_s \times \pi D \times t_s$$

Nous allons utiliser un flan (pièce) dont les caractéristiques sont :

$$S_s = 30 \text{ kg/mm}^2 \quad (\text{Acier doux A37})$$

$$t_s = 5 \text{ mm}$$

On veut y effectuer un trou de diamètre 20 mm

$$D = 20 \text{ mm.}$$

Donc nous obtenons pour la force de coupe.

$$F_c = 30 \text{ kg/mm}^2 \times 3,14 \times 20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} = 9420 \text{ kg}$$

Ainsi notre presse doit fournir une force

$$F_c \geq 9420 \text{ kg.}$$

Nous choisirons une presse qui puisse développer

$$F_c = 10\,000 \text{ kg} = 10 \text{ tonnes}$$

c) Calcul de la puissance

Pour développer un force de coupe  $F_c = 10$  tonnes il nous faudra un presse dont la puissance est :

$$P = T \cdot N$$

$T =$  travail fourni

$N = 60$  courses/min.

$$T = 1,16 \cdot F_c \cdot p_0 \cdot t_s$$

$p_0 = \%$  de pénétration = 1

$$P = 1,16 \cdot F_c \cdot p_0 \cdot t_s \cdot N$$

$$P = \frac{1,16 \cdot 10.000 \cdot 9,81 \cdot 0,005 \cdot 60}{735 \cdot 60} = 0,77 \text{ Hp}$$

$$P = 0,77 \text{ Hp.}$$

d) Calcul de la force de retenue.

, Cette force est due à l'effet ressort

$$F_k = k \times \pi \times D \times t_s$$

$F_k$  = force de retenue

$k$  = constante

d'après J. G. Zangui (propriétés de fabrica-

- tion)

$k = 3 \text{ pri pour des tôles dont l'épaisseur}$

$t_s > 1,5875 \text{ mm}$

Ici  $t_s = 5 \text{ mm}$

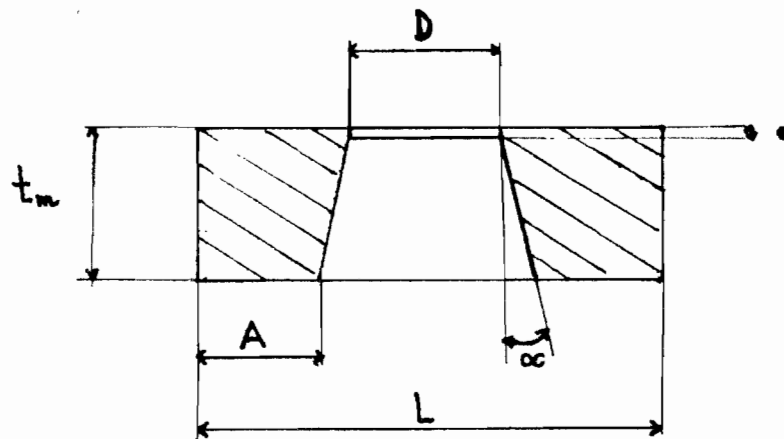
$$\text{donc } k = 3 \text{ pri} = \frac{3 \times 6890}{9,81} = 2107 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$F_k = 2107 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \times 10^{-6} \times 3,14 \times 20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$$

$$F_k = 661598 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$$

$$F_k = 0,66 \text{ kg}$$

e) Dimensionnement des matrices.



Cette matrice sera exécutée en acier  
à outil trempé.

\* Épaisseur ( $t_m$ ) de la matrice.

Dans le notes de cours de J. G. Zangui (Procédés de fabrication) nous avons un tableau donnant l'épaisseur mini de la matrice en fonction du périmètre de coupe.

Épaisseur mini $t_m$	Périmètre de coupe.
19 mm	76 mm ou moins
25 mm	76 à 254 mm
32 mm	> 254 mm.

Dans notre cas, nous avons un périmètre de coupe  $p = \pi D = 3,14 \times 20 \text{ mm} = 62,8 \text{ mm}$   
 Alors pour être plus sécuritaire nous choisissons

$$t_m = 20 \text{ mm}$$

\* Garni autour de l'ouverture:  $A$

Nous devons avoir:  $A = d \times 2 t_m$

Alors nous prenons:

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

\* Ouverture de matrice:

Pour permettre à la rondelle découpée de se former et de tomber sans accrocher aux parois de la matrice nous prenons:

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

$$\alpha = 1^\circ$$



\* Diamètre  $D$  de la matrice.

Entre la matrice et le poinçon il doit y avoir un jeu.

Jeu =  $\pm 10\%$  de l'épaisseur du métal à découper.

$$\text{Jeu} = \pm 0,1 \times 5 \text{ mm} = 0,5 \text{ mm}.$$

$$D = d + \text{Jeu}$$

$$d = \text{diamètre de coupe} = 20 \text{ mm}$$

$$D = 20 \text{ mm} + 0,5 = 20,5 \text{ mm}.$$

$$D = 20,5 \text{ mm}$$

\* Longueur  $L$  de la matrice.

$$L = 2A + D + 2 t'_m \operatorname{tg} \alpha$$

$$t'_m = t_m - 2 = 20 \text{ mm} - 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

$$L = (2 \times 35) + 20,5 + (2 \times 18 \times \operatorname{tg} 1^\circ)$$

$$L = 92 \text{ mm}$$

### ③ Dimensionnement du plateau

A partir des dimensions des différents éléments que va recevoir le plateau, et des diverses forces qui s'y exercent, nous allons pouvoir effectuer le dimensionnement.

#### \* Diamètre du plateau.

Le plateau devra recevoir huit matrices de diamètre 92 mm

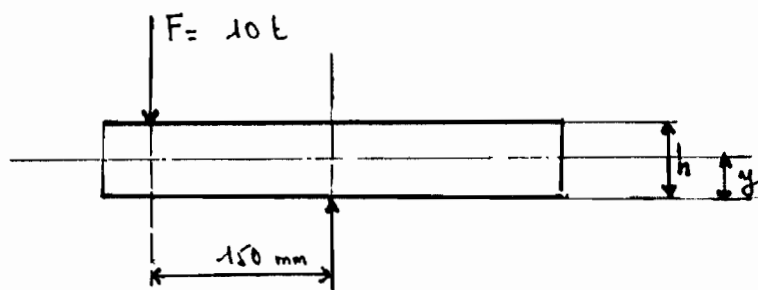
Sur un diamètre quelconque de ce plateau, nous devons pouvoir y loger deux matrices.

En tenant compte des rebords et du trou de fixation, nous aurons

$$D = 450 \text{ mm.}$$

#### \* Épaisseur du plateau.

Assimulons le plateau à une poutre pour simplifier les calculs.



Condition d'équilibre

$$\sum F_y = 0$$

$$F - R = 0$$

$$\Rightarrow F = R = 10 \text{ t} = 10\,000 \text{ kg}$$

Moment de flexion  $M_f$

$$M_f = F \cdot x$$

$$M_f = -10\,000 \text{ kg} \times 0,15 \text{ m} = -1500 \text{ kgm}$$

Diagramme de l'effort tranchant

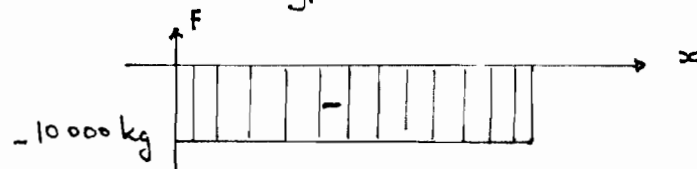
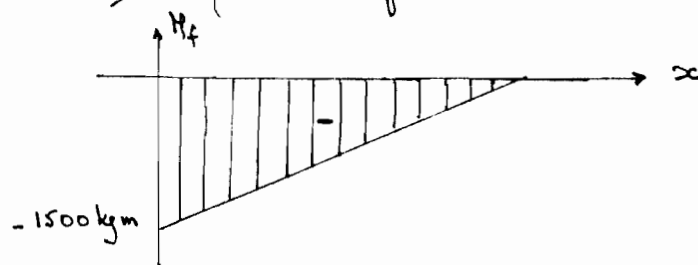


Diagramme du moment fléchissant



Pour la fabrication de ce plateau nous allons utiliser de l'acier XC 45, acier pour lequel la limite élastique  $S_y = 350 \text{ MPa}$  (Y. A. Joseph, éléments de machines I).

nous , savons , que

$$\sigma = - \frac{M_f y}{I} \quad (\text{Shigley})$$

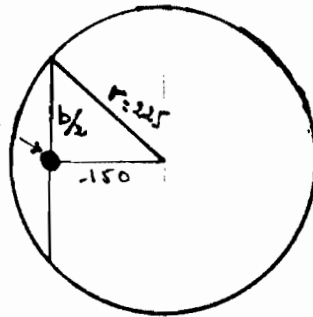
$M_f$  = moment de flexion

$y$  =  $\frac{1}{2}$  x épaisseur du plateau

$I$  = moment d'Inertie de la section

Définissons le moment d'inertie.

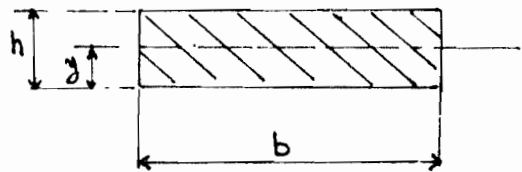
point d'application  
 de la force



$$b/2 = \sqrt{225^2 - 150^2} = 168 \text{ mm}$$

$$b = 168 \times 2 = 336 \text{ mm}$$

en faisant la section nous obtenons après rabattement



le moment d'inertie d'une telle section est

$$I = \frac{b h^3}{12} = \frac{b (2y)^3}{12}$$

Il nous savons que

$$\sigma = \frac{S_y}{n}$$

$\sigma$  = contrainte à la traction ou compression

$S_y$  = limite élastique

$n$  = facteur de sécurité que nous prendrons = 2

$$\sigma = \frac{S_y}{n} = \frac{-M_f y}{I} = \frac{-M_f y}{\frac{b(2y)^3}{12}} = \frac{-12 M_f}{8 y^2}$$

$$y = \sqrt{\frac{3 n M_f}{2 S_y b}}$$

$$y = \sqrt{\frac{3 \times 2 \times 1500}{2 \times 350 \cdot 10^6 \times 0,336}} = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$h = 2y = 6,2 \text{ mm} \times 2 = 12,4 \text{ mm}$$

Pour être plus sécuritaire nous prenons  $h = 15 \text{ mm}$   
 hauteur de la plus petite section du plateau.

Comme les matrices de hauteur 20 mm devront être logées dans le plateau nous aurons

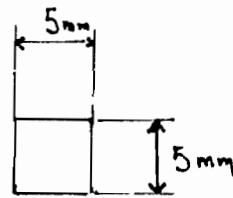
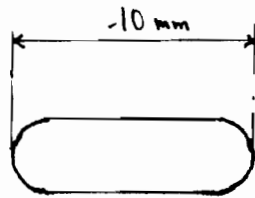
$$h_{\text{max}} = 20 + 15 + 5 = \underline{40 \text{ mm}}$$

### ③ Mode de fixation du plateau

Nous voyons qu'il n'y a aucune force vers le haut, de plus le couple sur l'arbre moteur est très faible car le plateau doit tourner lentement. Donc la force centrifuge sur le plateau est négligeable.

Ainsi pour la fixation nous allons utiliser:

- Un écrou type H  $\phi$  50 mm qui vient se visser au bout de l'arbre
- Une clavette normale type H9 de dimension  $10 \times 5 \times 5$  mm. Cette clavette permettra d'assurer le centrage du plateau par rapport au poinçon afin que dès le début de l'opération un trou soit en face de celui-ci, mais aussi l'entraînement du plateau par l'arbre moteur.



## ④ Analyse de fabrication du plateau.

Pour la fabrication du plateau, nous définissons les phases suivantes.

### \* Moulage.

Le plateau sera moulé en acier XC 45.  
C'est à ce stade qu'on donnera au plateau sa vraie forme, mais avec une surépaisseur de 2 mm pour toutes les dimensions.

### \* Tournage

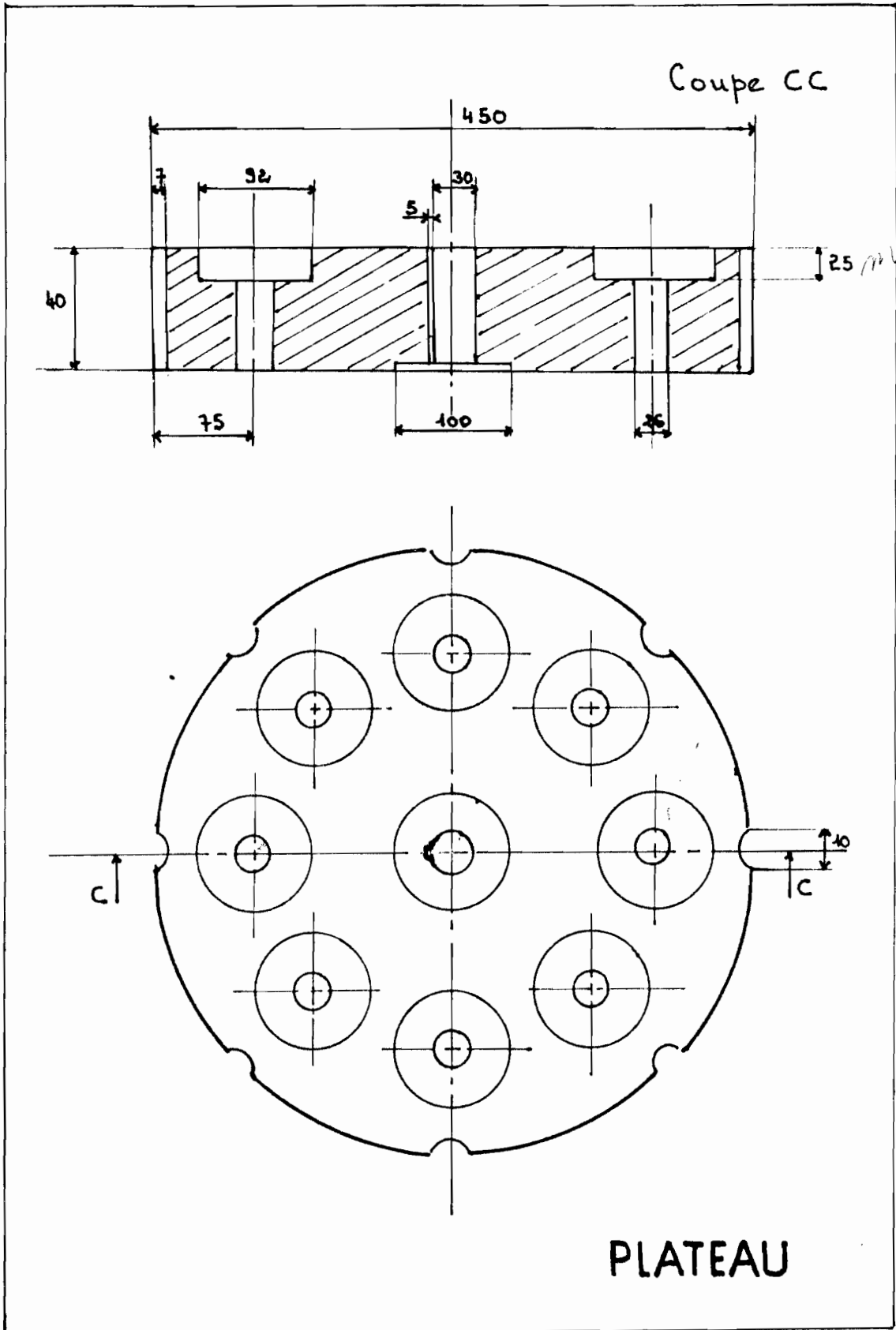
- Surfacing des deux bouts
- Alésage de tous les trous au diamètre exact
- Surfacing de la surface latérale.

### \* Percage

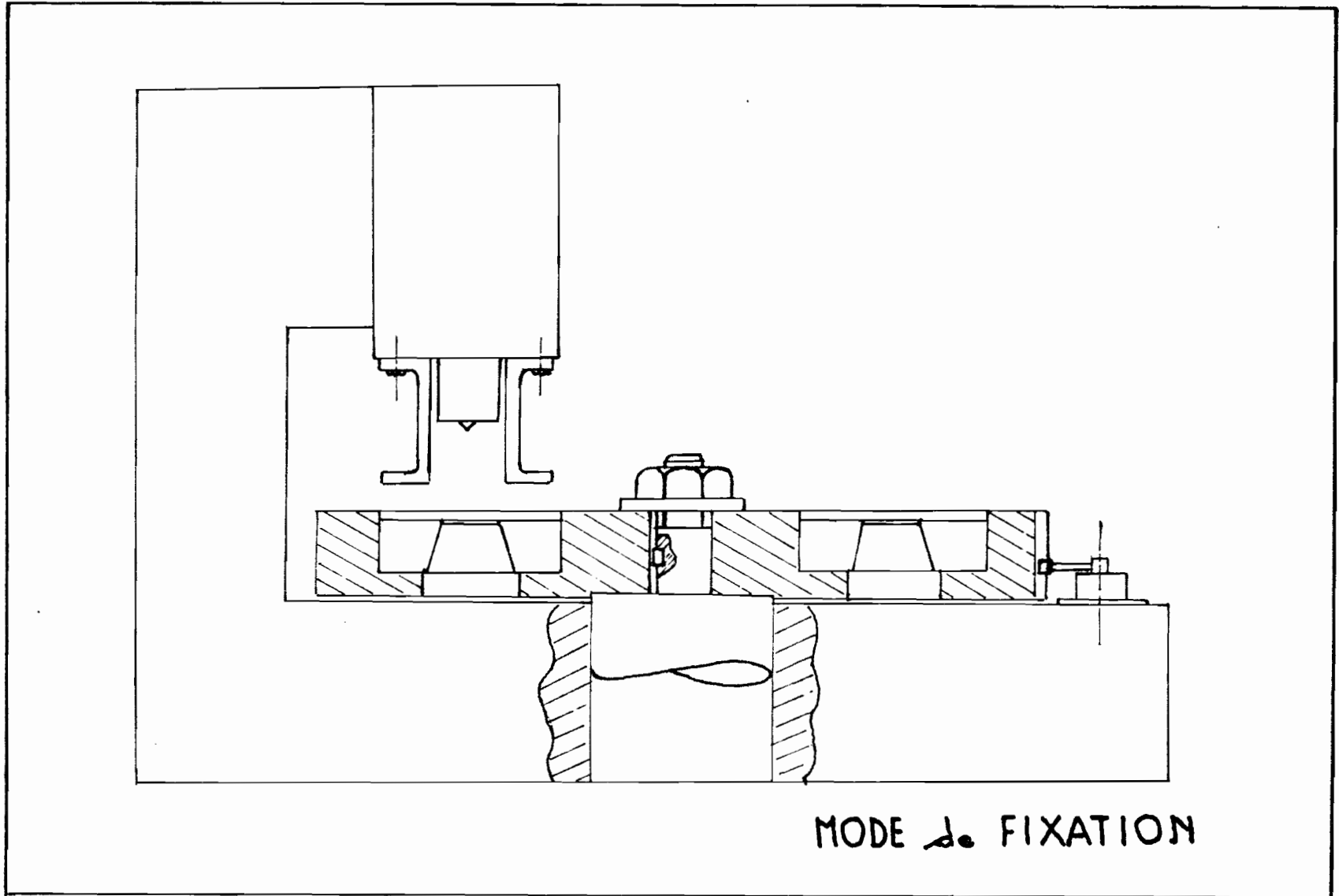
- Percage des trous sur la surface latérale
- Taraudage.

### \* Fraisage.

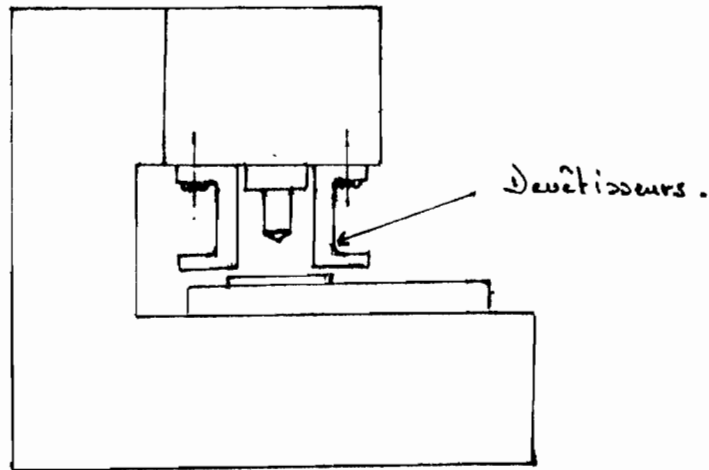
- Fraisage des alvéoles
- Fraisage du chemin de clavette.







## II DESIGN des DEVÉTISSEURS

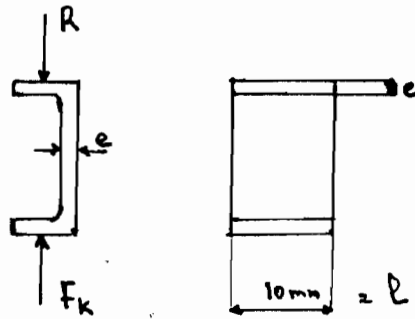


Au moment où on retire le poinçon, celui-ci peut entraîner la pièce poinçonnée à cause de la déformation produite par l'effet ressort. Pour éviter cela, la machine est munie de deux bras, conduits ou devétisseurs.

Pour dimensionner ces devétisseurs, nous allons partir de la force de retenue, force nécessaire pour enlever le métal autour du poinçon

$$F_R = 0,66 \text{ kg.}$$

Cette force soumet les devétisseurs à une compression.



$$\sigma = \frac{S_t}{n} = \frac{F}{A}$$

$\sigma$  : contrainte à la traction ou compression

$S_y$  : Limite élastique.

$n$  : coefficient de sécurité.

$A$  : surface

$$A = l \times e$$

$$\frac{S_t}{n} = \frac{F}{l \times e}$$

d'où

$$e = \frac{n F}{S_y \times l}$$

Comme les déviateurs sont en acier 0,25 carbone, nous avons (technique de l'ingénieur)

$$S_y = 240 \text{ MPa}$$

Si nous supposons un coefficient de sécurité  
 $n = 2$  nous avons :

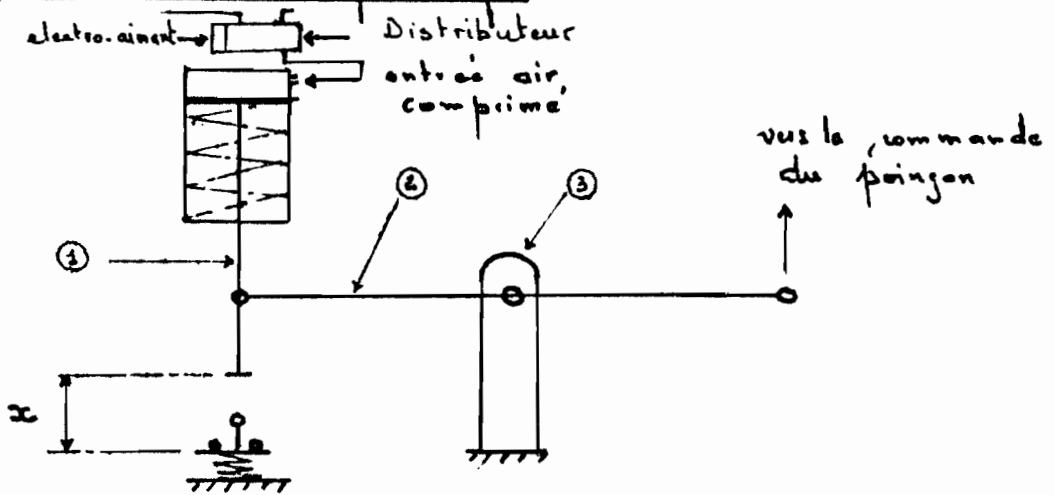
$$e = \frac{2 \times 0,66 \times 9,81}{240 \cdot 10^6 \times 0,01} = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Il nous voyons que  $F_x$  étant très petit, l'épaisseur  
obtenue à partir des calculs est aussi très petite.  
Mais pour la réalisation nous prenons :

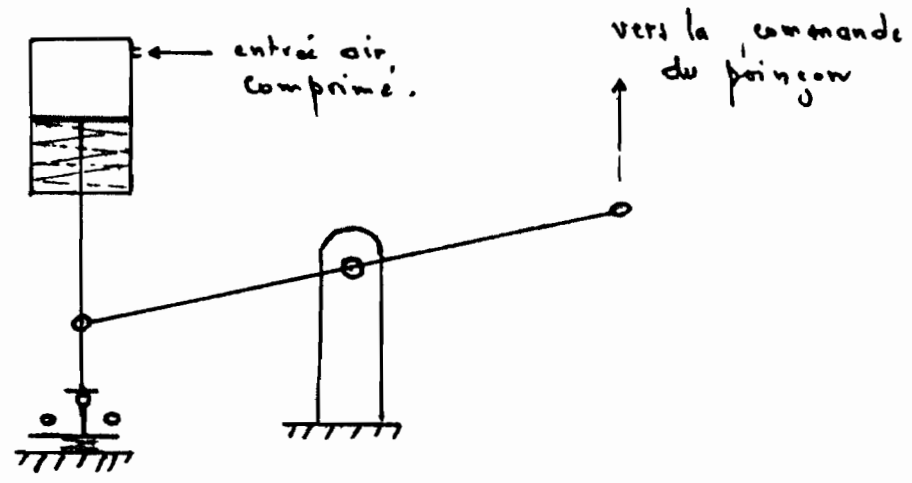
$$e = 2 \text{ mm}$$

### III DESIGN du LEVIER

#### ① Schéma de principe:

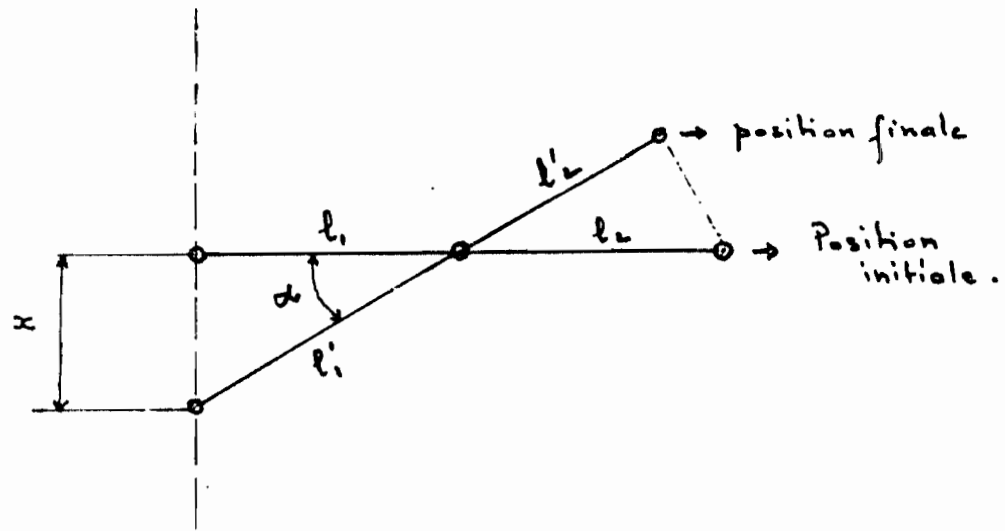


Position initiale



Position finale.

## ② Analyse des déplacements :



Nous avons figuré le déplacement du levier suivant deux axes afin de mieux appréhender ses caractéristiques.

Initialement l'électro-aimant n'étant pas excité, la pression d'air n'est pas libérée, la tige du vérin n'effectue aucun déplacement, alors le levier reste horizontal.

Quand l'électro-aimant du distributeur est excité, la tige du vérin ① descend vers le contact "b" et doit parcourir ainsi une distance  $x$ . Le levier étant connecté à la tige, va effectuer une rotation d'angle  $\alpha$ . Pendant ce même temps, comme le

sole ③, est fixée et que la distance  $l_1$  est supérieure à  $l_2$ , le levier ②, devra, alors, translater librement dans le sole ③ et en même temps, avoir la possibilité, d'effectuer une rotation  $\alpha$  autour de la tige du vérin et dans le sole ③. L'autre extrémité du levier ② permettra, d'actionner le dispositif (levier) de commande de descente du poinçon.

La remontée du levier ② et de la tige du vérin ①, est assurée par un ressort de rappel inclus dans le corps du vérin.

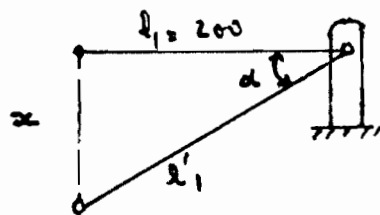
### ③ Calcul et dimensionnement.

Preons pour le levier ②

$$L = l_1 + l_2 = 400 \text{ mm}$$

$$l_1 = l_2 = 200 \text{ mm}$$

Choisissons  $x = 50 \text{ mm}$ .



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{l_1}$$

$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1} \frac{x}{l_1}$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{50}{200}\right) = 14^\circ$$

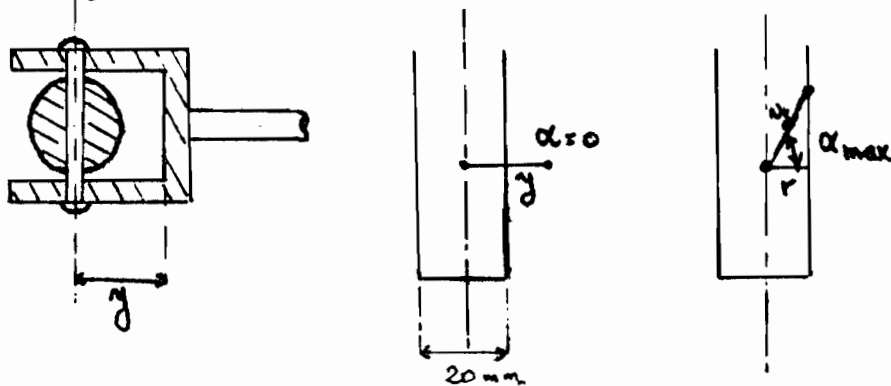
$$\alpha = 14^\circ$$

$$\cos \alpha = \frac{l_1}{l_1'}$$

$$l_1' = \frac{l_1}{\cos \alpha} = \frac{200}{\cos 14^\circ} = 206 \text{ mm}$$

$$l_2' = 400 - 206 = 194 \text{ mm}$$

Pour permettre cette rotation  $\alpha = 14^\circ$ , autour de la ligne du nerin, nous utiliserons une chape



$$\cos \alpha_{\max} = \frac{r}{y}$$

$$y = \frac{r}{\cos \alpha_{\max}}$$

Comme nous voulons une rotation  $\alpha = 14^\circ$

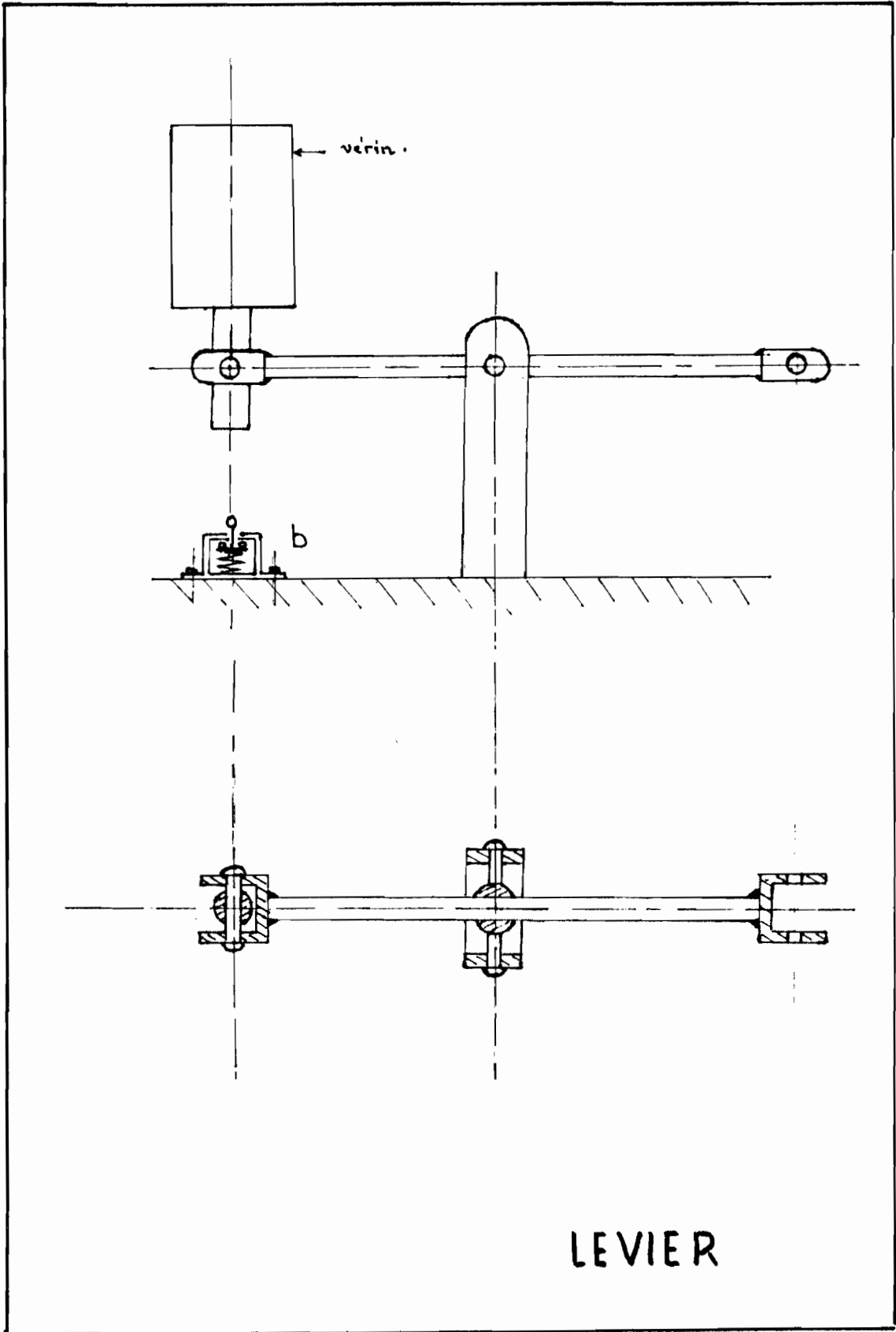


on peut alors fixer  $\alpha_{\max} = 20^\circ$

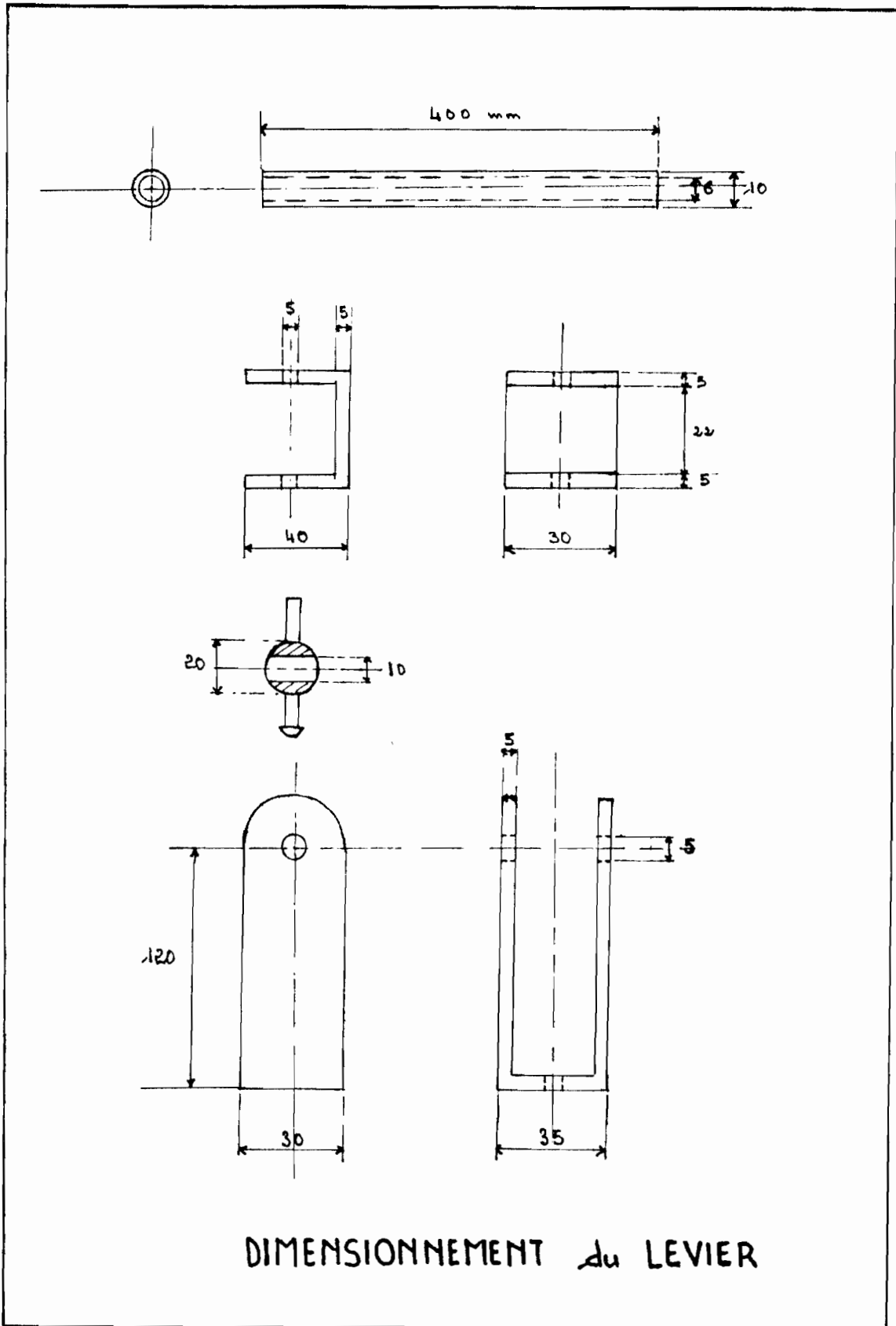
$$y = \frac{20}{\cos 20^\circ} \approx 22 \text{ mm}$$

$$y = 22 \text{ mm}$$

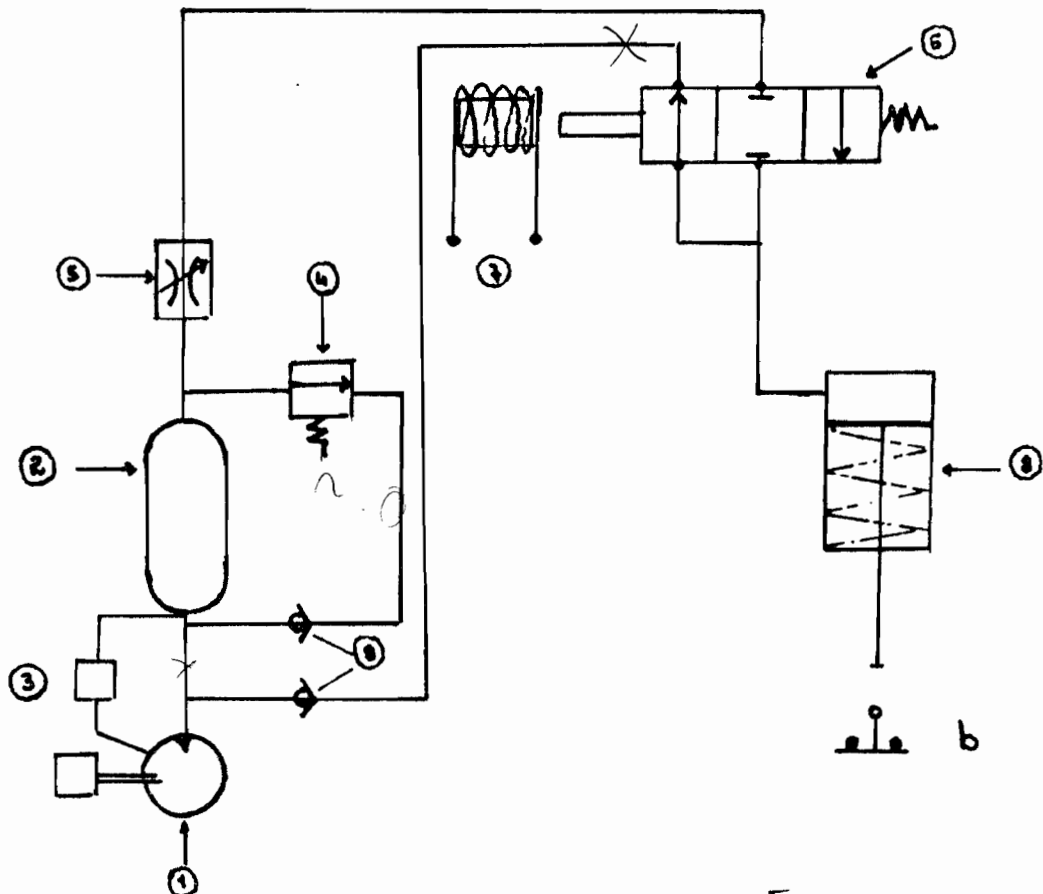
Comme aucune force importante ne s'exerce sur le levier, sa section ne sera pas l'objet d'un calcul. Nous choisirons une section de 10 mm. Ce levier sera moulé en acier doux A37.



LEVIER



# IV ETUDE du CIRCUIT PNEUMATIQUE



- |   |                             |   |                |
|---|-----------------------------|---|----------------|
| ① | Compresseur                 | ⑥ | Verin          |
| ② | réservoir                   | ⑦ | Électro-aimant |
| ③ | Régulateur                  |   |                |
| ④ | Limiteur de pression        |   |                |
| ⑤ | Limiteur de débit - vitesse |   |                |
| ⑧ | Distributeur                |   |                |

## ① Principe de fonctionnement.

Le circuit pneumatique comprend un compresseur ① qui débite dans un réservoir ② dont la pression est réglée (contrôlée) par un régulateur ③ qui peut soit faire tourner à vide le compresseur une fois la pression maximum voulue dans le réservoir atteinte, soit en charge si cette pression baisse. Un limiteur de pression ④ permet de maintenir la pression à la sortie du réservoir constante en s'ouvrant sitôt qu'elle-ci dépasse sa pression de tarage.

Un limiteur de débit ⑤ nous assure un débit constant donc une vitesse de vérin constante.

Un distributeur ⑥ commandé par un électro-aimant (solénoïde) permet le passage de l'air comprimé vers le vérin dont la tige descend alors, ou le retour de celui-ci vers le réservoir (remontée de la tige).

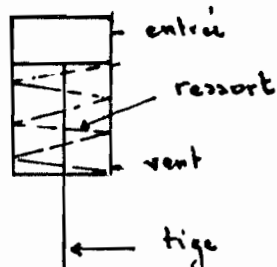
Un vérin ⑧ dont le mouvement de descente est assuré par la pression de l'air comprimé, et la remontée par un ressort de rappel.

Deux clapets anti-retour ⑨ imposant à l'air

comprimé en seul sens d'écoulement (vers le réservoir)

## ② Choix des dispositifs.

### a) Le vérin.



Comme le vérin ne doit faire aucun travail nécessitant une grande force, son action se limitant seulement à actionner un levier dont le poids est très faible (négligeable)

alors nous choisirons un vérin pneumatique à effet simple avec la course de retour assurée par un ressort.

### \* Caractéristiques du vérin.

Pour calculer les caractéristiques du vérin nous partons des hypothèses suivantes :

- Temps mis pour la tige (piston) pour effectuer la descente  $T = 0,5$  secondes
- Diamètre intérieur du vérin  $D = 0,06$  m
- Le ressort du vérin a une constante  $K = 120$  N/m

• Débit du vérin.

$$Q = V S$$

$Q$  = débit

$V$  = vitesse du piston

$S$  = section de la tête de piston.

$$V = \frac{L}{t}$$

$L$  = longueur de la course du piston = 50 mm

$t$  = temps mis par le piston pour effectuer soit la descente, soit la remontée = 0,5 s.

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

d'où

$$Q = \frac{\pi D^2 L}{4 t}$$

$$Q = \frac{3,14 \times 0,06^2 \times 0,05}{4 \times 0,5} = 2,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 2,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{L}{t} = \frac{0,05}{0,5} = 0,1 \text{ m/s}$$

• La pression

Bonne, il n'y a aucune force extérieure sur le piston du vérin, alors il suffit de développer une force supérieure à la force de compression du ressort pour avoir le déplacement voulu  $L = 50 \text{ mm}$

$$F = kL$$

$$F = 120 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 0,05 = 6 \text{ N}$$

Donc, si nous appliquons sur la surface supérieure du tête de piston une pression.

$$P = \frac{F}{S}$$

$$P = \frac{4F}{\pi D^2}$$

$$P = \frac{4 \times 6}{3,14 \times 0,02^2}$$

$$P = 2123 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

nous aurons un déplacement  $L = 50 \text{ mm}$

le volume déplacé sera:

$$V = \pi R^2 L = 3,14 \times 0,03^2 \times 0,05 = 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

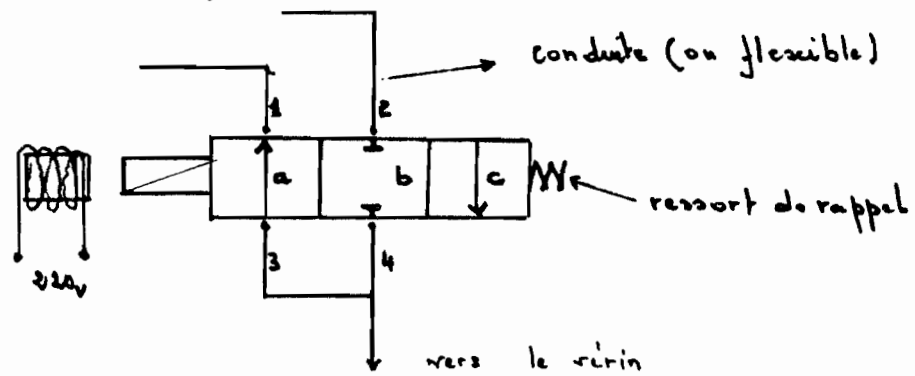


## b) Le distributeur:

nous choisissons un distributeur 3 positions  
 3 ouïes, voie normalement fermée par ressort  
 ouvert par solénoïde (électro-aimant)

### \* Principe.

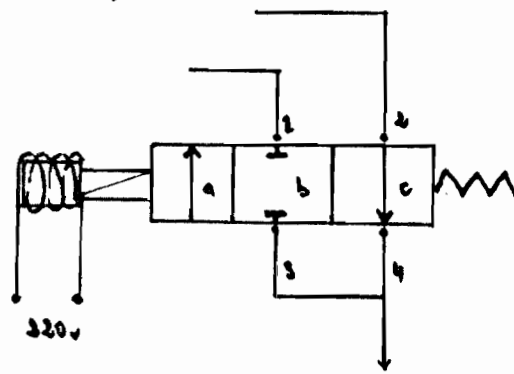
- Initialement : électro-aimant (solénoïde) non excité.



a, b et c sont les voies

1, 2, 3, et 4 sont des conduites.

- Quand l'électro-aimant est excité la force



électromagnétique  
 attire le noyau  
 de fer doux du  
 distributeur. Le  
 ressort s'allonge.

Le choix du distributeur entraîne celui de l'électro-aimant qui est son organe de contrôle et de commande.

c) Limiteur de débit:

Le débit du vérin étant  $Q = 2,83 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ,  
le limiteur de débit sera réglé à  $Q_{\text{max}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

d) Limiteur de pression

La pression max sur la tête du piston  
étant  $P = 2123 \text{ N/m}^2$ , le limiteur de pression sera  
taré à  $P_{\text{max}} = 2130 \text{ N/m}^2$

e) Le réservoir

Le volume de déplacement du piston étant  
de  $1,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ , nous fixerons celui du réservoir  
à 20 fois celui du vérin.

$$V_{\text{réservoir}} = 20 \times 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 28,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

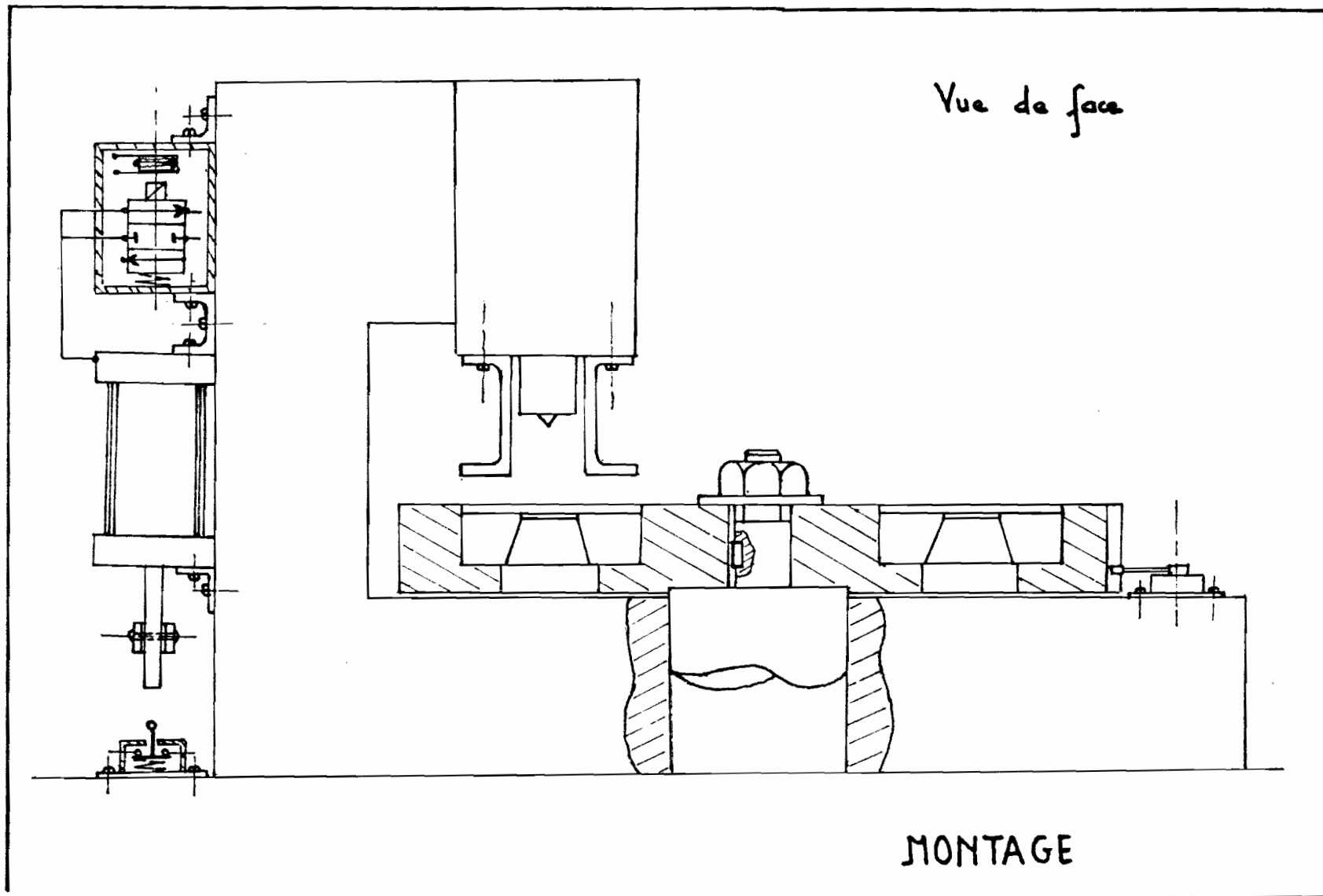
$$\text{Pression} = 2123 \text{ N/m}^2$$

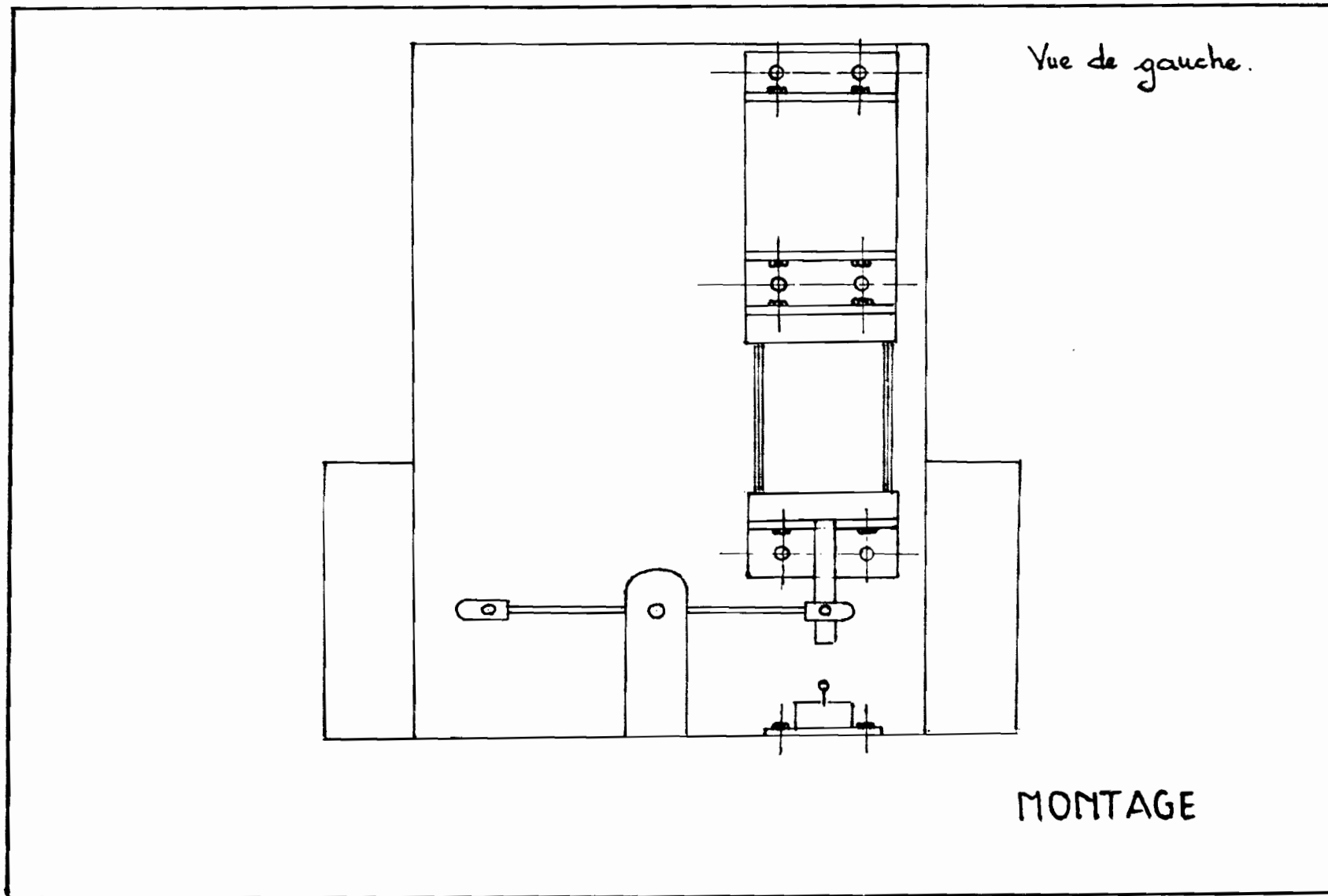
f) Le régulateur

doit pouvoir faire tourner en charge le compresseur  
si la pression du réservoir  $P \leq 2123 \text{ N/m}^2$ , ou à  
vide si  $P > 2123 \text{ N/m}^2$

g) Le compresseur

doit pouvoir remplir le réservoir en 5 mm  
avec une pression  $P = 2123 \text{ N/m}^2$ .





Vue de gauche.

MONTAGE

Chapitre III  
AUTOMATISATION

# I ETUDE de La LOGIQUE SEQUENTIELLE

## ① Définition du problème.

Dans cette étude nous nous proposons de trouver un circuit logique qui nous permet de rendre automatique la presse.

Ce circuit logique devra répondre aux exigences suivantes :

a) Le poinçon remonte, le plateau étant immobile, les contacts "a" et "b" sont relâchés  
E : électro-aimant n'est pas excité.

b) Le poinçon arrive à la fin de sa course montante, un dispositif fait tourner le plateau de  $\frac{1}{8}$  de tour  
"b" toujours relâché  
"a" appuyé  
E non excité

c) Le plateau s'arrête  
"b" toujours relâché  
"a" pénètre dans une encoche (relâché)

E excité.

e) L'excitation de E permet l'entrée de l'air comprimé dans le vérin qui va ainsi se déplacer vers le bas actionnant le levier de commande de la descente du pignon.

À la fin de cette descente, la tige du vérin appuie sur "b" et E est désexcité.

## ② Étude du problème.

Pour résoudre un tel problème d'automatisme nous allons utiliser la logique séquentielle, logique dans laquelle la variable de sortie ne dépend pas seulement des variables d'entrées dans une relation immédiate mais dépend aussi du "passé" de l'entrées.

### a) Code:

Nous utiliserons le code binaire direct (0, 1)

0 = non excité ou relâché

1 = excité ou appuyé

### b) Variabls.

\* Variabls primaires d'entrées.

Ce sont les variables d'entrée, obtenues à l'aide des boutons poussoirs ou interrupteurs. Dans notre étude, ces variables sont les boutons "a" et "b".

#### \* Variables secondaires:

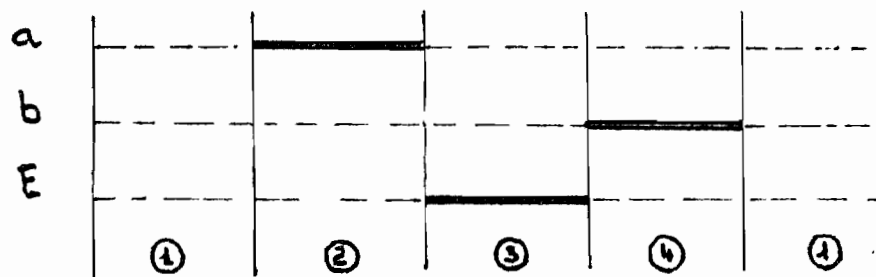
Ces variables sont les relais et leurs contacts qui seront définis ultérieurement.

#### \* Variables de sortie.

Ici, la variable de sortie est l'électro-aimant E qui commande le distributeur.

#### c) Tableau des phases.

Ce tableau permet de visualiser les séquences de fonctionnement.



①, ②, ③ et ④ sont des états stables.



d) Tableau des états:

phases variable	a	b	c	
①	0	0	0	→ repos
②	1	0	0	
③	0	0	1	→ travail
④	0	1	0	

Ce tableau nous montre l'état des variables d'entrée et de sortie pour chaque phase de la séquence.

e) Matrice primitive des états.

Nous avons seulement deux variables d'entrée (a et b), donc nous ne pouvons avoir que 4 combinaisons possibles:

a	b
0	0
0	1
1	1
1	0

Ainsi on peut obtenir la matrice des états en

respectant les règles suivantes -

- Chaque ligne comprend un état stable et un seul, et état sera encadré.
  - À chaque état stable (à chaque ligne), l'état de la sortie doit être défini.
  - On passe d'un état stable à un autre grâce à un état transitoire.
  - L'état transitoire (non encadré) situé entre deux états stables consécutifs doit être positionné à l'intersection de la ligne comprenant l'état stable initial et la colonne comprenant l'état stable suivant.
- d'où nous obtenons la matrice ci-dessous -

a b

	00	01	11	10	E
①				2	0
3				②	0
③	4				1
1	④				0

L'examen de la matrice des états montre que la séquence directionnelle ① ② ③ ④ nécessite

La présence d'une variable secondaire de transfert car deux états stables (① et ③) donne pour  $f(0,0)$  deux sorties différentes  $E=0$  et  $E=1$

### f) Polygone des liaisons

Le polygone des liaisons que nous allons définir va nous permettre un choix correct des ensembles de séquences pour définir la matrice contractée.

Pour arriver à cela nous devons respecter les règles suivantes

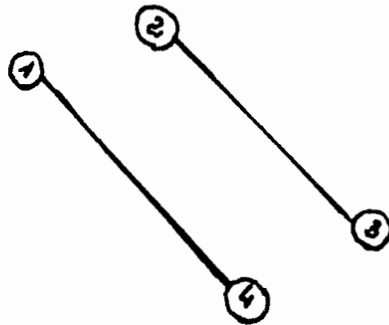
- Les lignes contenues dans la matrice primitive peuvent se superposer que si elles ont des états identiques.
- On peut superposer dans une même ligne un état stable ou transitoire de même numéro, ou un état stable ou transitoire avec une case blanche.
- Les états de sortie n'interviennent pas dans les superpositions possibles.

Partant de ces règles et de la matrice primitive des états nous constatons que :

- \* Ligne 1 et 2 non superposables.

- \* Ligne 1 et 3 non superposables
- \* Ligne 1 et 4 superposables
- \* Ligne 2 et 3 superposables
- \* Ligne 2 et 4 non superposables.
- \* Ligne 3 et 4 non superposables.

Maintenant le polygone va comprendre autant de sommets que de lignes contenues dans la matrice des états. Si la superposition des lignes est possible, on relie par un trait les sommets correspondants.



### g) Matrice contractée:

Nous avons vu précédemment qu'on peut superposer ① et ④, de même ② et ③, ce qui donne

		00	01	11	10
x	0	①	④		2
	1	③	4		②

### Remarques:

- Il faut noter que sur cette matrice, les états stables sont prioritaires sur les états transitoires de même repère, ou sur un cas blanc.
- La matrice contractée comprend deux lignes donc nous ne devons avoir qu'une variable secondaire  $x$  pouvant prendre deux valeurs binaires 1 ou 0.  $X$  étant un organe d'excitation sera représenté par un relais.
- Il ne peut exister d'aléas entre les séquences car nous n'avons que deux lignes.

### b) Matrice du relais secondaire $X$

L'affutation des valeurs binaires 1 ou 0 aux états stables et transitoires va nous permettre d'obtenir un tableau de Karnaugh et d'y déduire grâce à des regroupements l'équation logique de  $X$ .  
Pour cela nous devons respecter les règles suivantes.

- Pour un état stable, la bobine du relais et son contact de transfert sont dans le même état binaire.
- Pour un état transitoire, la bobine du

relais prend la valeur binaire de l'état stable vers lequel l'état transitoire évolue.

on a la matrice ci-dessous.

a b

		00	01	11	10
x	0	0	0		1
	1	1	0		1

Pour obtenir les équations du relais secondaire X, nous devons procéder à des regroupements des valeurs binaires 1 de façon symétrique aux axes.

a b

		00	01	11	10
x	0	0	0	0	1
	1	1	0	0	1

S<sub>1</sub> (pointing to the 1 in row 0, column 10)  
S<sub>2</sub> (pointing to the 1s in row 1, columns 00 and 10)

$$S_1 = a\bar{b}$$

$$S_2 = x\bar{b}$$

$$X = S_1 + S_2$$

$$X = (a\bar{b}) + x\bar{b}$$

$$X = \bar{b}(a + x)$$

## b) Matrice de sortie de l'électro-aimant E

Pour établir une telle matrice, nous partons:

- de la matrice primitive des états
- de la matrice contractée des états.

Des règles suivantes doivent être respectées

### \* Pour les états stables:

Nous devons remplacer dans la matrice contractée, chaque état stable par la valeur binaire de l'état de sortie de l'électro-aimant E dans la matrice primitive.

### \* Pour les états transitoires.

Si les états transitoires ne provoquent pas de changement de la sortie, on peut leur affecter la valeur binaire de la sortie.

ab

		00	01	11	10
x	0	0	0		0
	1	1	1		0

Matrice de sortie  
de E

En opérant des groupements des valeurs binaires de façon symétrique aux axes, nous obtenons l'équation de la sortie E

		a b			
		00	01	11	10
x	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0

↓  
S<sub>1</sub>

$$S_1 = x \bar{a}$$

$$E = S_1$$

$$E = x \bar{a}$$

### j) Réalisation du schéma logique:

Partant des deux équations:

$$X = \bar{b}(a+x)$$

$$E = x \bar{a}$$

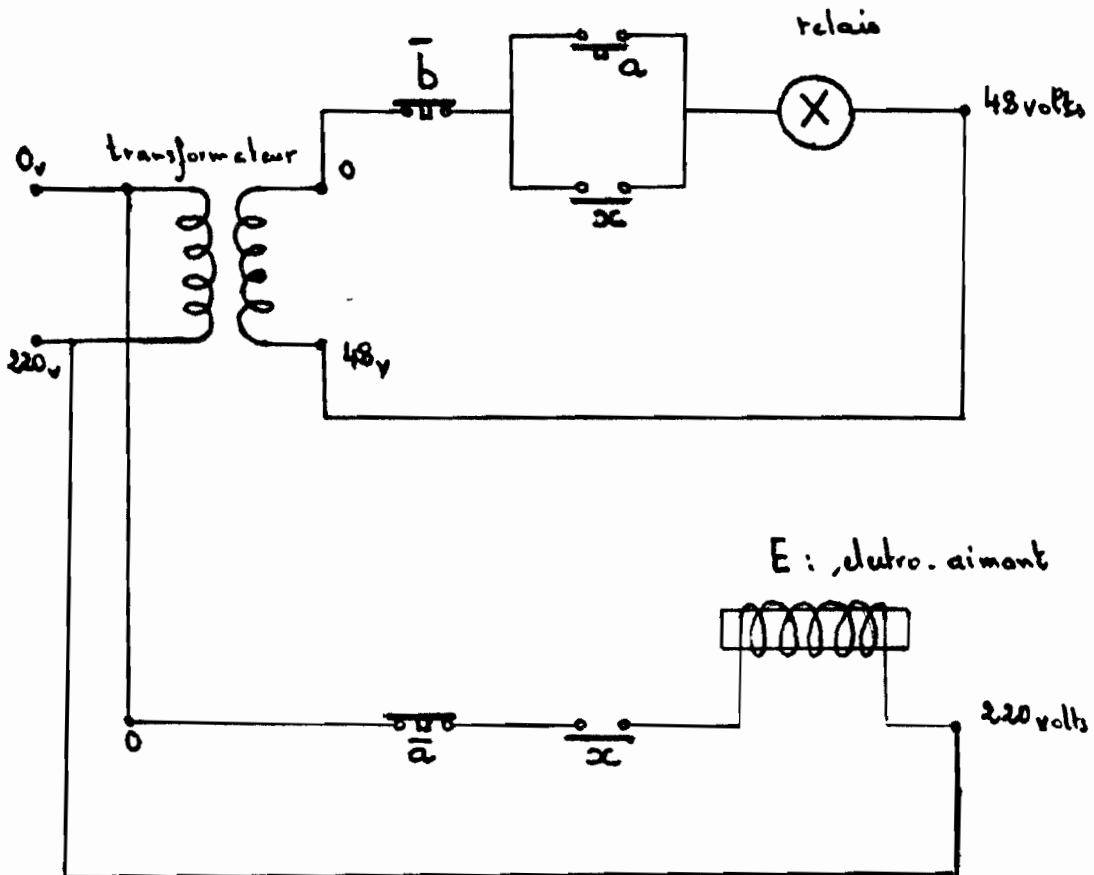
nous avons établi le schéma logique, auparavant définissons les tensions.

- Comme la bobine du relais X doit être alimentée en basse tension, ici nous prenons  $V = 48 \text{ volt}$ , il nous faudra alors un transformateur de  $220 \text{ V} / 48 \text{ V}$  (tension primaire / tension secondaire)
- L'électro-aimant sera directement alimenté en  $220 \text{ V}$ .



Le électro-aimant, ne sera pas calculé, car son choix dépend intimement de celui du distributeur dont il est l'organe de commande.

\* Schema électrique :



### b) Vérification:

Il y a lieu de vérifier si le circuit trouvé répond aux exigences du problème.

\* Aucun contact n'est appuyé donc

X non excité  $x = 0$  (ouvert)

E non excité

\* On appuie sur a

X excité  $x = 1$  (fermé)

E non excité car  $\bar{a}$  s'ouvre.

\* On relâche a

X toujours excité, car  $x = 1$

E excité car  $\bar{a}$  fermé et  $x$  fermé

\* On appuie sur b

$\bar{b}$  s'ouvre, ce qui désexcite X, les

contacts  $x$  s'ouvrent et E est désexcité.

## II ETUDE ELECTRONIQUE

Si l'étude étant déjà faite, dans la partie précédente, grâce à la logique séquentielle, nous allons nous servir des équations déjà trouvées pour établir le circuit électronique avec des transistors. Les transistors jouent le même rôle que les relais électromagnétiques. Ils peuvent interrompre ou favoriser le passage d'un signal, selon l'état du potentiel de sortie. Un ou plusieurs transistors assemblés entre eux peuvent modifier l'état du ou des potentiels à l'entrée pour créer ou ne pas créer un potentiel à la sortie et modifier de ce fait un signal. Ce groupement de transistors remplit alors une fonction.

### ① Caractéristiques des transistors

Nous utiliserons des transistors de type PNP à une ou plusieurs entrées, selon les besoins.

Les caractéristiques principales de ces transistors sont:

- Un coefficient d'amplification  $A_v = 1$

c'est à dire  $V_{in} = V_{out}$ .

- Emetteur à la base (0v)
- Une tension d'alimentation  $V_{cc} = -24v$

## ② Equations de bases.

Nous utiliserons ici les relations fondamentales de l'algèbre de boole.

$$a + 0 = a$$

$$a + a = a$$

$$a \cdot 0 = 0$$

$$a \cdot a = a$$

$$a + 1 = 1$$

$$a + \bar{a} = 1$$

$$a \cdot 1 = a$$

$$a \cdot \bar{a} = 0$$

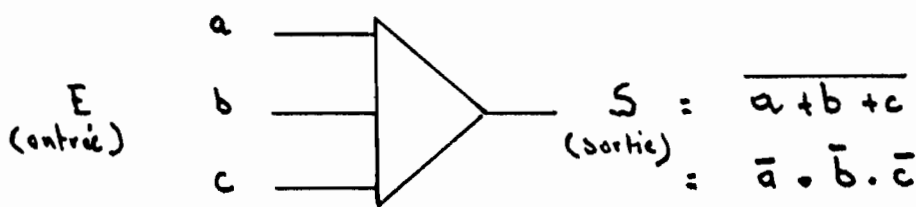
$$S = a \cdot b \quad \longrightarrow \quad \bar{S} = \bar{a} + \bar{b}$$

$$S = a + b \quad \longrightarrow \quad \bar{S} = \bar{a} \cdot \bar{b}$$

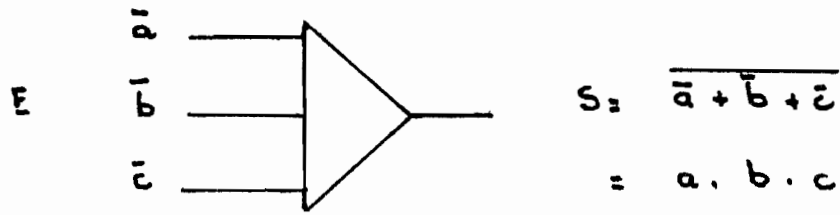
$$S = \bar{a} + b(d + \bar{c}) \quad \longrightarrow \quad \bar{S} = a \cdot (\bar{b} + c\bar{d})$$

## ③ Fonctions que peuvent remplir les transistors.

\* Fonction NI

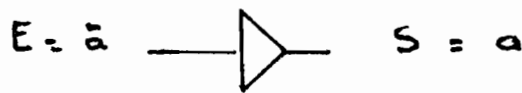
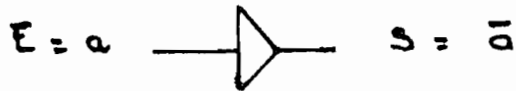


$$E = a + b + c$$



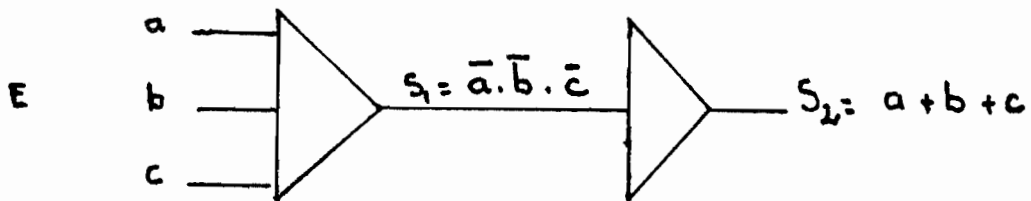
$$E = \overline{a + b + c}$$

\* Fonction NON ou PAS.



\* Fonction OU

C'est la combinaison de deux transistors NI et PAS qui nous donne la fonction ou.

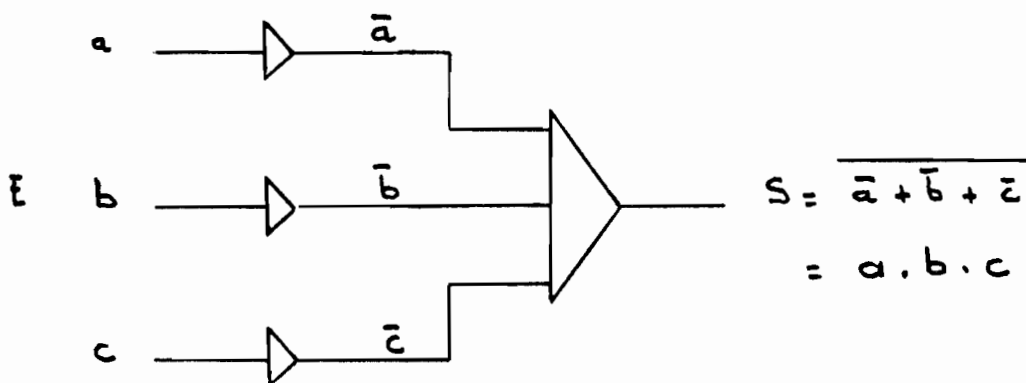


$$E = a + b + c$$

$$S_1 = \bar{E} = \overline{a + b + c} = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}$$

$$S_2 = \bar{S}_1 = \overline{\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}} = a + b + c$$

## \* Fonction ET



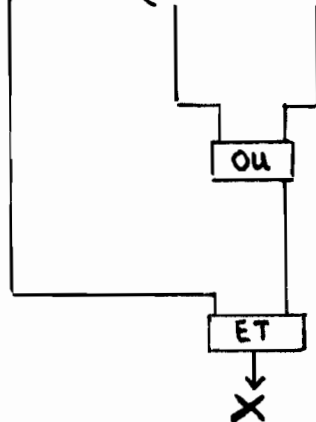
## ④ Schéma électronique.

Partant des équations de base et des fonctions que peuvent remplir les transistors, nous allons établir le schéma électronique.

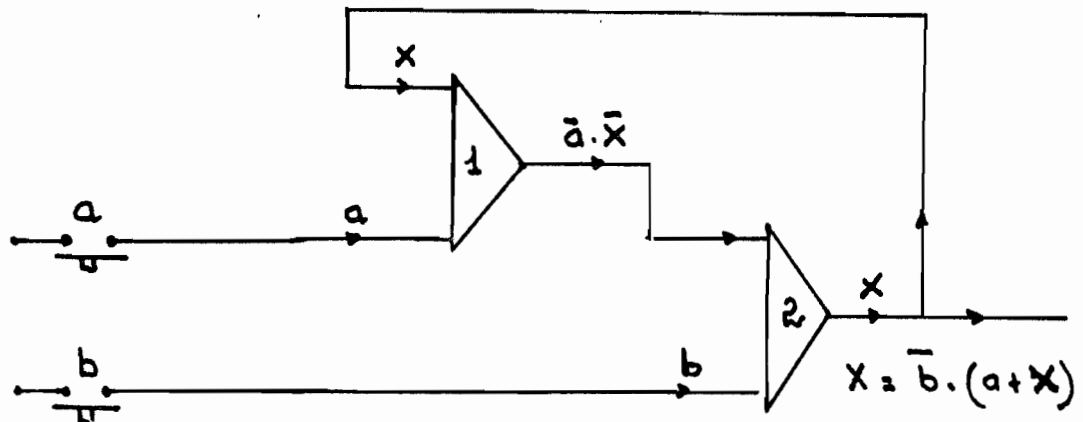
### \* Pour l'équation du relais secondaire.

Nous avons trouvé dans l'étude électrique  $X = \bar{b}(a + x)$

$$X = \bar{b} \cdot (a + x) = \bar{b} \text{ et } (a \text{ ou } x)$$



Ce qui équivaut au schéma suivant :



Si nous avons deux transistors (1) et (2), voyons ce qui se passe.

Entrée

Sortie.

\* Pour le transistor (1)

$$\text{Ent} = a + X$$

$$S = \overline{a + X}$$

$$S = \bar{a} \cdot \bar{X}$$

\* Pour le transistor (2)

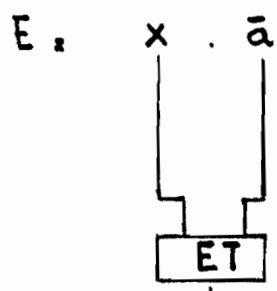
$$\text{Ent} = b + (\bar{a} \cdot \bar{X})$$

$$S = \overline{b + (\bar{a} \cdot \bar{X})}$$

$$S = \bar{b} \cdot \overline{(\bar{a} \cdot \bar{X})}$$

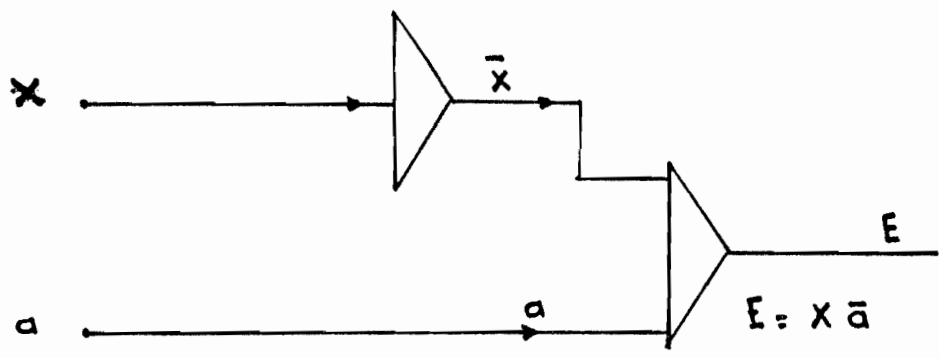
$$S = \bar{b} \cdot (a + X)$$

\* Pour l'équation de la sortie (electro-aimant)  
L'étude électrique nous aais donne'  $E = x \bar{a}$



↓ E: electro-aimant.

ce qui equivaut au circuit suivant.



Voyons ce qui se passe.

Entrée

Sortie.

\* Pour le transistor (3)

Ent : x

S =  $\bar{x}$

\* Pour le transistor (4)

Ent :  $\bar{x} + a$

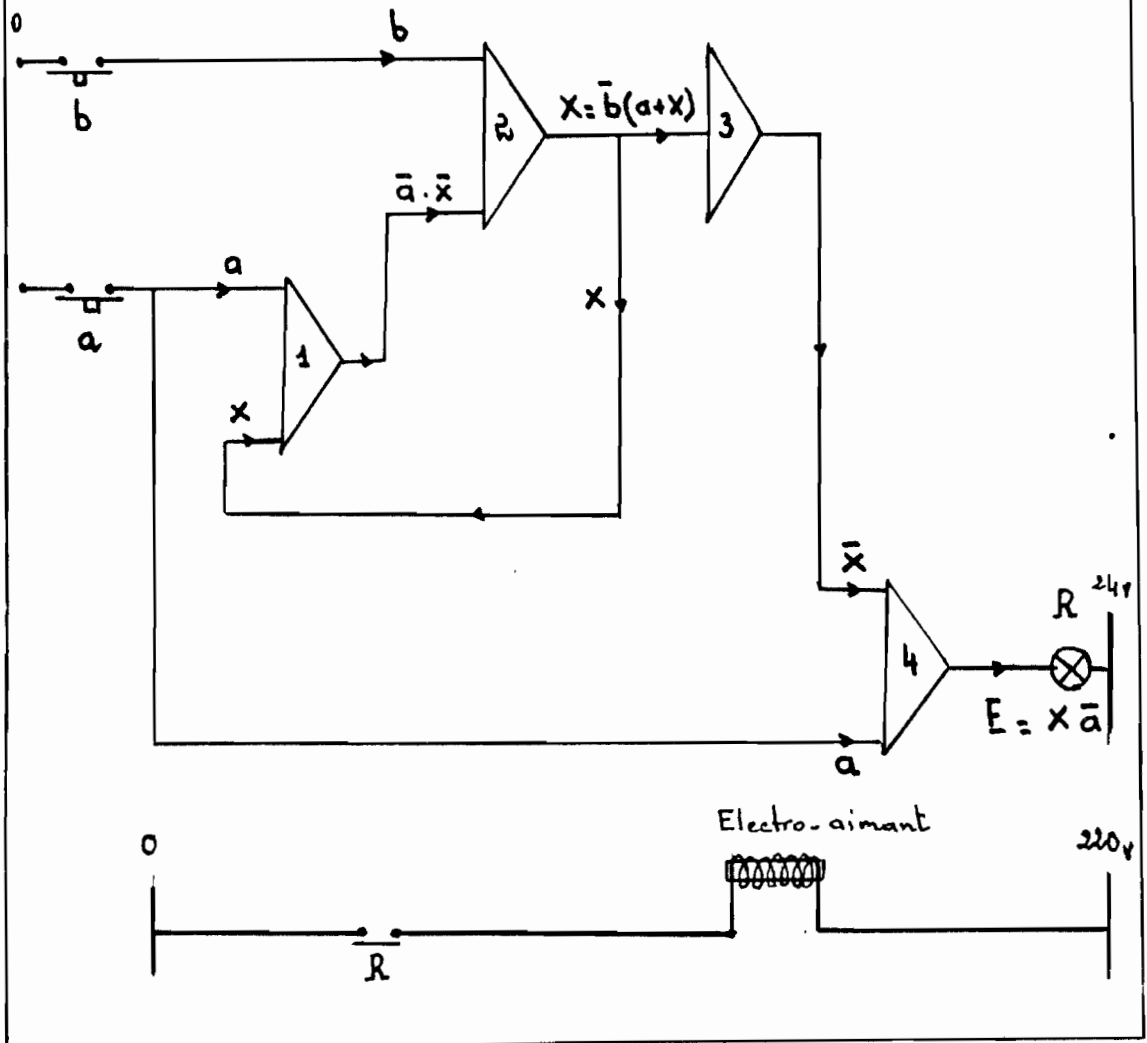
S =  $\overline{\bar{x} + a}$

S =  $x \bar{a}$



\* Combinaison:

Maintenant, nous allons essayer de combiner le schéma trouvé pour le relais secondaire avec celui de l'électro-aimant pour obtenir le circuit électronique global.



# CONCLUSION

De la teneur de notre étude, les considérations suivantes sont à retenir :

- \* Le mécanisme étant très simplifié, l'entretien de la presse s'avère facile à opérer.
- \* Le plateau, avec ses huit matrices démontables permet de changer celles-ci, une fois usées, mais aussi réduit le temps de rotation de 50%
- \* La solution électrique est plus facile, moins coûteuse à réaliser, cependant elle est plus encombrante, car nécessitant un câblage.
- \* La solution électronique est plus fiable, plus coûteuse, moins encombrante, car ne comprenant que de petits éléments (transistors).

Du point de vue des améliorations futures, qui pourraient être l'objet d'un autre projet, il est possible de s'intéresser au chargement et déchargement automatique des plans, de telle sorte que l'ouvrier n'aura plus qu'à appuyer sur un bouton marche une seule fois durant toute la journée de travail. Ainsi son rôle se limiterait à la surveillance du bon fonctionnement de la machine.

# BIBLIOGRAPHIE

- 1) - G. Allard - H. Bertrand  
Automatisme , au CAP et BEP
- 2) - Gallard  
Technologie , de l'automatisme
- 3) - J. Koenig  
L'automatisme , par éléments , pneumatique , et  
aéro-pneumatique .
- 4) - Bendix  
Technologie , des travaux , en métaux
- 5) - J. Hibout - H. Roger  
Usinage , sans , copeaux ( fascicule 10 )
- 6) - Michel Chevalier  
Appareillage , électrique , des , automatismes , industriels .

- 7) - I Taer  
Appareils électriques d'automatismes et de  
commande.
- 8) - Joseph. S. Shigley  
Mechanical engineering design.
- 9) - Stephenson Gallander  
Engineering design.
- 10) J. G. Zongui  
notes de cours sur le procédé de fabrication.
- 11) Raymond Gauvin  
notes de cours sur les systèmes hydrauliques
- 12) MNH  
notes de cours sur la résistance des  
matériaux.
- 13) Y. A. Yousseph  
Mechanical design (éléments de machines I)