

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

35/87

وزارة التعليم و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

lex

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT Génie - Mécanique

# PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

## AUTOMATISATION D'UN POSTE DE PERÇAGE

2 PLANCHES

Proposé par :  
E. ROBL

Etudié par :  
K. AZOUAOU

Dirigé par :  
E. ROBL

PROMOTION  
JUN 1987

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

وَالصَّلَاةِ  
وَالسَّكِينِ  
وَمَا تَنْهَى  
عَنِ الْجَاهِلِيَّةِ

صَدَقَ اللَّهُ الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ



# REMERCIEMENTS

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات  
المكتبة - BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

Je tiens à exprimer ma vive reconnaissance envers toutes les personnes qui ont rendu possible l'élaboration de ce projet. Je remercie madame Robl ma promotrice pour l'avoir lu et corrigé, et pour m'avoir guidé et conseillé.

Enfin je remercie tous les professeurs qui ont contribué à ma formation d'ingénieur, en particulier ceux du département Génie-Mécanique.

Krimo AZOUAOUI

# DEDICACES

A mes chères parents qui se sont sacrifiés pour me voir atteindre ce but.

A mes frères Ramdane, Farid, Kamel  
Hakim  
ma sœur wahiba, ma belle-sœur Farida

A ma famille

A tous ceux qui ne tolèrent vivre que dans l'intégrité et le respect de leur personnalité musulmane

A tous ceux qui se dévouent dans la sincérité et la modestie à la concrétisation d'une société saine équilibrée et prospère.

Je dédie ce modeste travail

Krimo AZOUAOU



Ministère de l'enseignement supérieur

Ecole nationale polytechnique

Département: Génie Mécanique

Nom promoteur: Eva Robl

Elève ingénieur: Azouaoui Krimo

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

دائرة الهندسة الميكانيكية

الموجه: رافا روبل

الطالب المهندس: أزواوي كرمو

الموضوع: تآلية آلة أدوية ثاقبة .

الملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تجهيز آلة أدوية ثاقبة بآلية

تعمل تحت ضغط الهواء من شأنها أن تضمن وضع القطع

في مكان الاستمناع ونقلها بعد ثقبها، وذلك بالجوء إلى

التقنية الأكثر حداثة في ميدان التآلية الهوائية.

Sujet: Automatisation d'un poste de perçage

Résumé: Cette présente étude a pour but d'équiper un poste de perçage d'un manipulateur pneumatique pour le chargement et le déchargement du poste de travail, et ceci en adoptant la technique la plus récente dans le domaine de l'automatisation pneumatique: Grafset et séquenceurs.

Subject: Automation of a drillin

Summary: This present study aims to equip a drilling control-station with a pneumatic manipulator for the loading-up and the unloading of the control station, using the most recent technical in the pneumatic automation domain: Grafset and séquenceurs.

## TABLE DES MATIERES

Chapitre I - INTRODUCTION.....	1
Chapitre II - FONCTIONNEMENT et DESCRIPTION.....	4
II.1. Description du poste de perçage.....	4
II.2. Déroulement du cycle de travail.....	7
Chapitre III - ETUDE MECANIQUE.....	8
III.1. Caractéristiques des pièces à usiner.....	8
III.2. Calcul de forces.....	9
III.2.1. Poids de l'ébauche.....	10
III.2.2. Poids de la pièce usinée.....	10
III.3. Détermination et choix des vérins.....	11
III.3.1. Vérin à simple effet.....	11
III.3.2. Vérin à double effet.....	12
III.3.3. Détermination des vérins.....	13
a. Vérins actionnant les pinces.....	14
b. Vérin assurant la translation horizontale du bras.....	15



c. Vérin assurant la translation verticale du corps	16
d. Vérin rotatif commandant la rotation du bras	17
e. Vérin assurant la descente du forêt.	18
f. Vérin de serrage pièce	18
g. Vérin pas à pas	19
III.4. Choix des distributeurs	20
III.4.1. Distributeur 2 voies - 3 orifices	20
III.4.2. Distributeur 4 voies - 5 orifices	21
III.4.3. Caractéristique d'un distributeur	21
III.4.4. Détermination des distributeurs	24
III.5. Choix des capteurs pneumatiques	24
III.6. Etude du manipulateur	28
Chapitre IV. CYCLE de TRAVAIL	31
IV.1. Cycle de travail du manipulateur	31
IV.2. Cycle de travail de la perceuse	34
IV.3. Cycle de travail combiné	35
Chapitre V. ETUDE AUTOMATIQUE	37
V.1. Le diagramme fonctionnel	37
V.2. Le séquenceur	39
V.3. Description des modes de marche	41

a. Le pupitre .....	41
b. Procédé d'emploi .....	42
V.4. Mise au point du GRAFCET .....	43
a. GRAFCET de niveau I .....	44
b. GRAFCET de niveau II .....	45
V.5. Schéma de principe de la partie commande .....	46
a. Recherche des équations d'activation et de désactivation .....	46
b. Equations des pilotages des distributeurs .....	47
c. Schéma du séquenceur .....	47
Chapitre VI. CONCLUSION .....	50
ANNEXES .....	52
A. Notions d'algèbres de boole et de fonctions logiques .....	52
A.1. Opérations et propriétés de l'algèbre de boole .....	53
A.2. Théorèmes et relations .....	54
B. Logique combinatoire et séquentielle .....	56



Chapitre I  
INTRODUCTION

## Chapitre I. INTRODUCTION

Depuis les temps les plus éloignés, l'amélioration de la productivité et de la qualité du produit constituent un souci permanent pour l'homme, l'apparition des automatismes a inexorablement aidé quant à la réalisation pratique de ces buts recherchés.

L'automatisation consiste à ordonner les actions à réaliser par le moyen d'étapes qui seront activées les unes après les autres, chaque étape commandant alors un nombre réduit d'actions.

Les circuits d'automatismes comprennent des dispositifs de commande essentiellement électriques, pneumatiques ou hydrauliques. Lorsque



Les actionneurs utilisés en partie opérative sont des vérins, comme c'est le cas du présent projet, il est certainement plus homogène d'utiliser une technologie pneumatique pour la partie commande. De plus cette technologie est en plein essor grâce à sa facilité de mise en oeuvre ce qui explique son utilisation dans de nombreuses applications industrielles. Par ailleurs, l'énergie pneumatique est excellente pour les systèmes de transfert simples mais vite limitée dès que les charges déplacées atteignent plusieurs kilogrammes, et surtout lorsque les trajectoires doivent être contrôlées en vitesses.

Dans un circuit pneumatique les vérins sont alimentés ou pas (c'est à dire mis à l'échappement) de ce fait on a coutume de repérer ces deux états respectivement par les chiffres 1 et 0, Ceci nous permet l'utilisation de la logique binaire qui régit les lois sur les opérations entre variables ne pouvant prendre

que deux valeurs ou deux états représentés habituellement par 0 et 1.

Le but essentiellement recherché par le présent projet est l'utilisation de l'énergie pneumatique pour la résolution du problème d'automatisation d'un poste de perçage, qui comprend une perceuse et un robot manipulateur muni de deux pinces identiques dont la fonction principale est le chargement et déchargement du poste de travail.



## Chapitre II

### FONCTIONNEMENT et DESCRIPTION

II<sub>1</sub> - *Description du poste de percage -*

II<sub>2</sub> - *Déroulement du cycle de travail -*

## Chapitre II. FONCTIONNEMENT et DESCRIPTION

### II.1. description du poste de perçage:

On est en présence d'un poste de perçage constitué d'un certain nombre d'éléments.

- deux goulottes respectivement de chargement et de déchargement.
- un vérin "pas à pas" qui fait avancer la pièce à usiner, est disposé au fond de la goulotte d'alimentation.
- une perceuse automatisée pneumatiquement (fig-1 -)
- un étau nécessaire au bridage de l'ébauche.
- un manipulateur pneumatique (fig-1 -)

L'automatisation des matériels de production



est plus que jamais à l'ordre du jour dans tous les types d'industrie. Cette consigne se trouve néanmoins assortie d'une sérieuse condition: l'automatisation en question doit être simple et rapidement amortissable, donc peu onéreuse. Par leur simplicité et leur facilité d'adaptation, les robots manipulateurs sont actuellement les mieux placés, pour répondre à cet impératif économique. Ceci d'autant plus que leur technologie de commande est désormais des plus variée et permet toujours de faire face à la diversité des problèmes.

L'utilisation d'un robot manipulateur est donc parfaitement justifiée.

Remarque: l'extrémité de la goulotte d'alimentation est munie d'un système "pos à pos" permettant le décolage (mise en avant) pour rendre possible la prise de pièce.

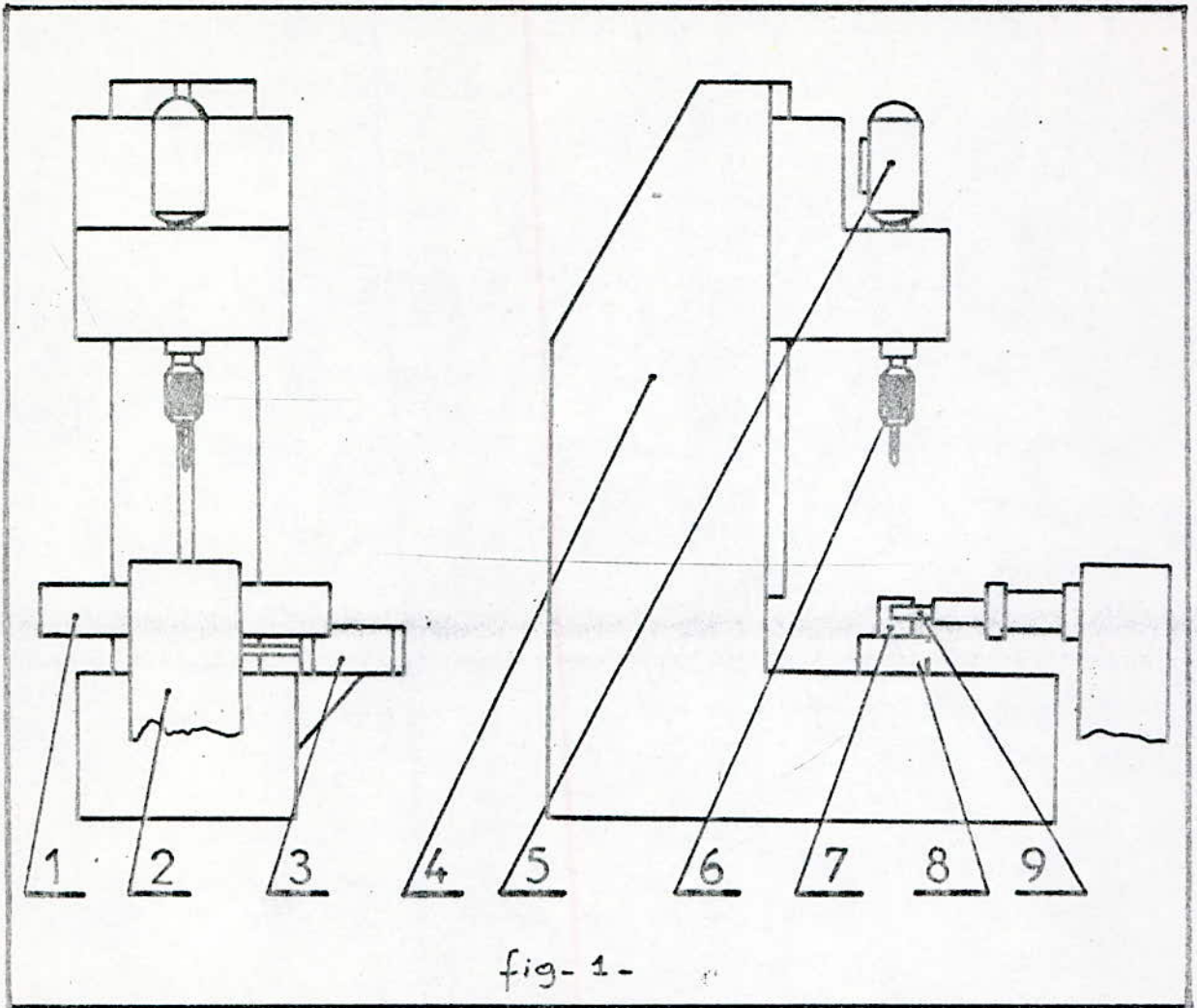


fig-1-

1. Bras du manipulateur
2. Manipulateur pneumatique
3. Verin manoeuvrant l'etau de bridage
4. Bâti de la perceuse
5. Moteur assurant la rotation du forêt.
6. Forêt
7. Pièce à usiner
8. Etau
9. Doigt du robot manipulateur.



## II.2. Déroulement du cycle de travail.

Un opérateur introduit manuellement les pièces à usiner dans la goulotte d'alimentation.

Lorsque le signal, présence pièce, au fond de la goulotte est actionné, le manipulateur prend une pièce la met dans le montage (et simultanément la seconde pince du manipulateur saisit la pièce usiné et la décharge dans la goulotte d'évacuation) et autorise ainsi le bridage et l'usinage de l'ébauche.

Le cycle serait ainsi entièrement défini et par suite se répètera en respectant scrupuleusement les différentes étapes de travail.

## Chapitre III

### ETUDE MECANIQUE

- III.1. *Caractéristiques des pièces à usiner.*
- III.2. *Calcul de forces.*
- III.3. *Détermination et choix des vérins.*
- III.4. *Choix des distributeurs.*
- III.5. *Choix des capteurs pneumatiques.*
- III.6. *Etude du manipulateur.*



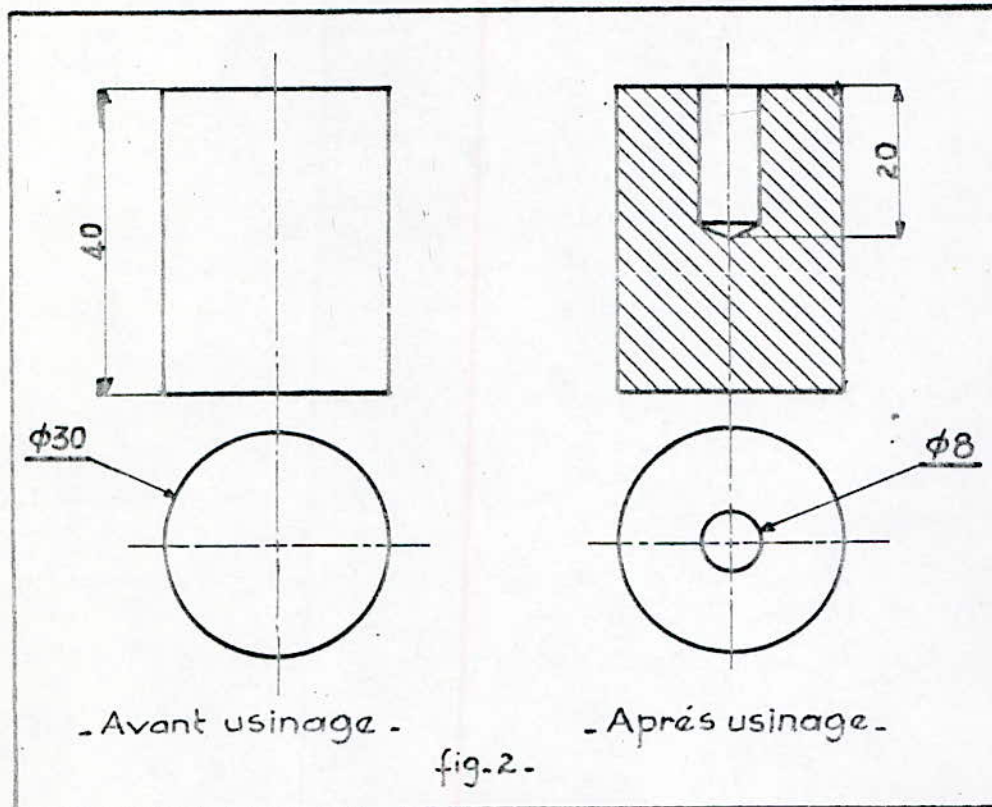
## chapitre III . ETUDE MECANIQUE

Cette partie sera consacrée à l'étude mécanique du manipulateur, qui nous renseignera sur les différents vérins, capteurs et distributeurs à utiliser, et ceci en se basant sur la nature des mouvements que réalisera le manipulateur.

### III.1. Caractéristiques des pièces à usiner.

Notre choix du matériau à utiliser s'est porté sur l'aluminium, dans le but d'avoir des dimensions de pièces suffisantes, pour qu'elles puissent être facilement prise par le manipulateur, et ceci pour un poids relativement faible (fig. 2.)

L'usinage des ébauches est une simple opération de perçage, toutefois on pourrait percer sur différents points de la surface des pièces, en utilisant par exemple un porte-outil à quatre forêts dans le cas d'un perçage en quatre endroits différents.



### III.2. Calcul de forces.

Lors du chargement (respectivement du déchargement) du poste de travail, le manipulateur est



soumi au seul poids des pièces à usiner (resp. usinées)  
 Les forces s'exerçant sur le manipulateur se résument donc aux poids des pièces à usiner et usinées, qui s'appliquent au bout de chaque pince.

Le matériau choisit étant l'aluminium, sa masse volumique est donc:  $\rho = 2.7 \text{ kg/dm}^3$

### III.2.1. Poids de l'ébauche.

Le poids d'un corps quelconque est donné par la formule suivante.

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad \text{avec: } m = \rho V$$

L'ébauche est de dimensions cylindriques; on

$$\text{aura alors: } V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L$$

avec: D. diamètre de l'ébauche

L. sa longueur

$$\text{d'où: } P_1 = \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot L \cdot g \quad \text{sachant que: } \rho = 2700 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{et } P_1 = 0,76 \text{ N}$$

donc une masse de:

$$m_1 = 76 \text{ g.}$$

$$D = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

### III.2.2. Poids de la pièce usinée.

on a :  $P_2 = \rho \cdot V_2 \cdot g$

avec :  $V_2 = \frac{\pi D^2 \cdot L}{4} - \frac{\pi d^2 \cdot l}{4}$

$\Rightarrow V_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 \cdot L - d^2 \cdot l)$

sachant que :  $d$  - diamètre du trou de perçage  
 $l$  - sa longueur (profondeur)

$\Rightarrow P_2 = \rho \frac{\pi}{4} (D^2 \cdot L - d^2 \cdot l) \cdot g$

$\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$

$D = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  ,  $L = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$d = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  ,  $l = 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

d'où :  $P_2 = 0,73 \text{ N}$  correspondant

à une masse de :  $m_2 = 73 \text{ g}$ .

### III.3. Détermination et choix des vérins.

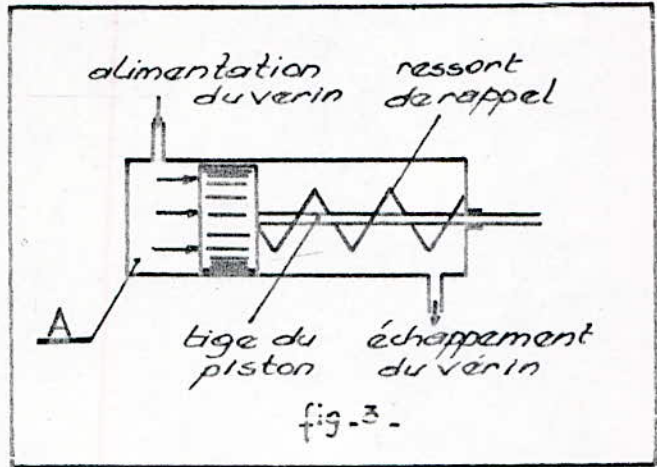
Avant de choisir les vérins nécessaires à l'accomplissement des différents mouvements du manipulateur, on est amené à faire un rappel sur ce genre d'actionneur.

#### III.3.1. Vérin à simple effet.

Il est constitué par un cylindre dans lequel se déplace un piston avec sa tige. Un ressort de rappel agit sur l'autre face du piston



en prenant appui sur le fond du cylindre côté tige. Lorsque l'air comprimé est admis dans la chambre (A), la force qu'il exerce sur la face du piston étant supérieure à la force exercée par le ressort,



le piston et sa tige se déplacent de la gauche vers la droite (fig-3-). Si au contraire la chambre (A) est mise en communication avec l'atmosphère, la force du ressort fait déplacer le piston et sa tige de la droite vers la gauche.

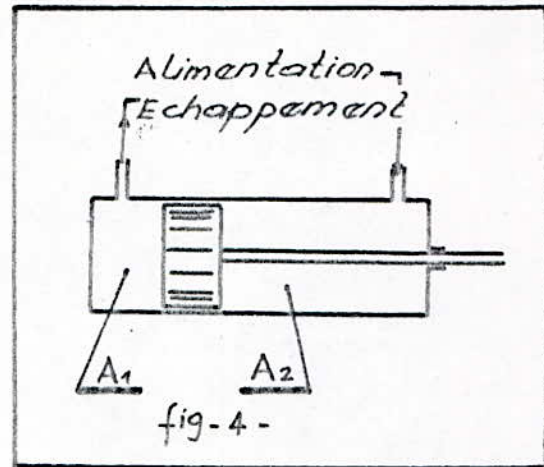
Ce récepteur est appelé vérin à simple effet par le fait que l'air comprimé n'agit que sur une face du piston.

### III.3.2- Vérin à double effet-

C'est un vérin dans lequel l'air comprimé agit sur les deux faces du piston. Il faut nécessairement, lorsqu'une chambre du vérin est alimentée par l'air comprimé, que l'autre soit mise à l'échappement.

Il est constitué par les mêmes éléments que le vérin à simple effet, mise à part le ressort de rappel.

A l'état de repos, la chambre arrière ( $A_2$ ) est alimentée, la chambre avant ( $A_1$ ) est mise à l'échappement (fig. 4-)



quand on alimente la chambre  $A_1$  en air comprimé, le piston et la tige se déplacent de gauche vers la droite et mettent ainsi la chambre  $A_2$  à l'échappement.

On prendra désormais les vérins à double effet comme actionneurs de la partie opérative

### III.3.3. Détermination des vérins -

Le choix des vérins est basé sur certaines conditions à respecter :

- genre de travail à exécuter (avec chocs, ...)
- environnement (poussièreux, humide...)



- course du piston.
- poids à soulever ou à supporter.

Remarque:

L'alimentation en air comprimé est assurée par un compresseur délivrant de l'air filtré (50 $\mu$ ), Lubrifié, de pression 6 bars.

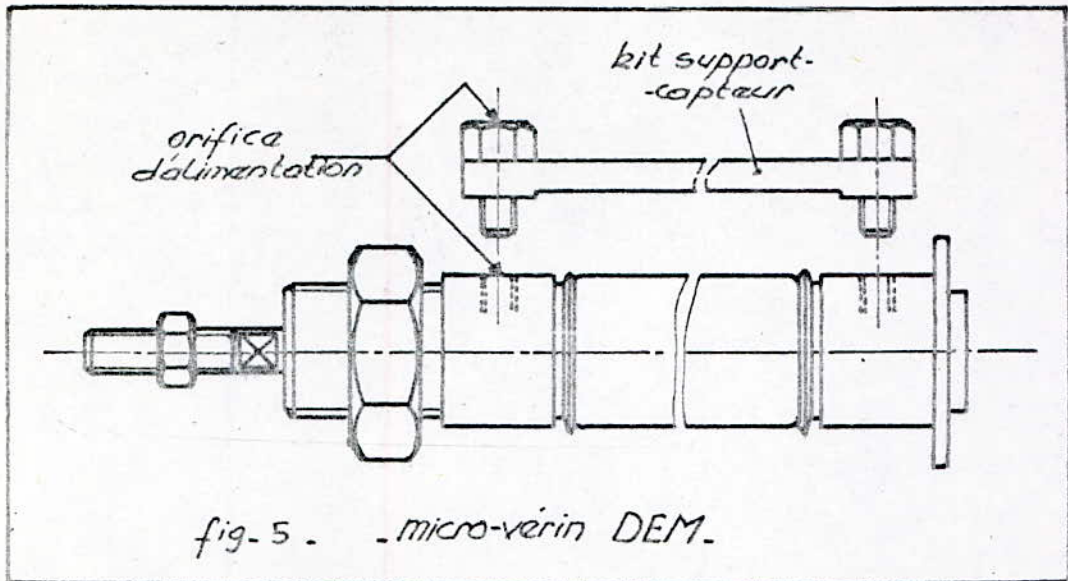
a) Vérins actionnant les pinces.

La pièce usinée (resp. ébauche) est saisie par une pince manoeuvrée par un vérin A (resp. A')

Choix - Vérin micromax C 25 DEM 07

micro-vérin à double effet amorti, équipé du kit support capteur, de diamètre 25<sup>mm</sup>, et course 7<sup>mm</sup>, ayant une fixation par bride arrière et nez fileté.

Ce genre de micro-vérin est équipé d'un piston intégrant un anneau magnétique (fig-5 -), il suffit d'implanter un kit-support-capteur sur les orifices du vérin pour transformer un micro-vérin pneumatique



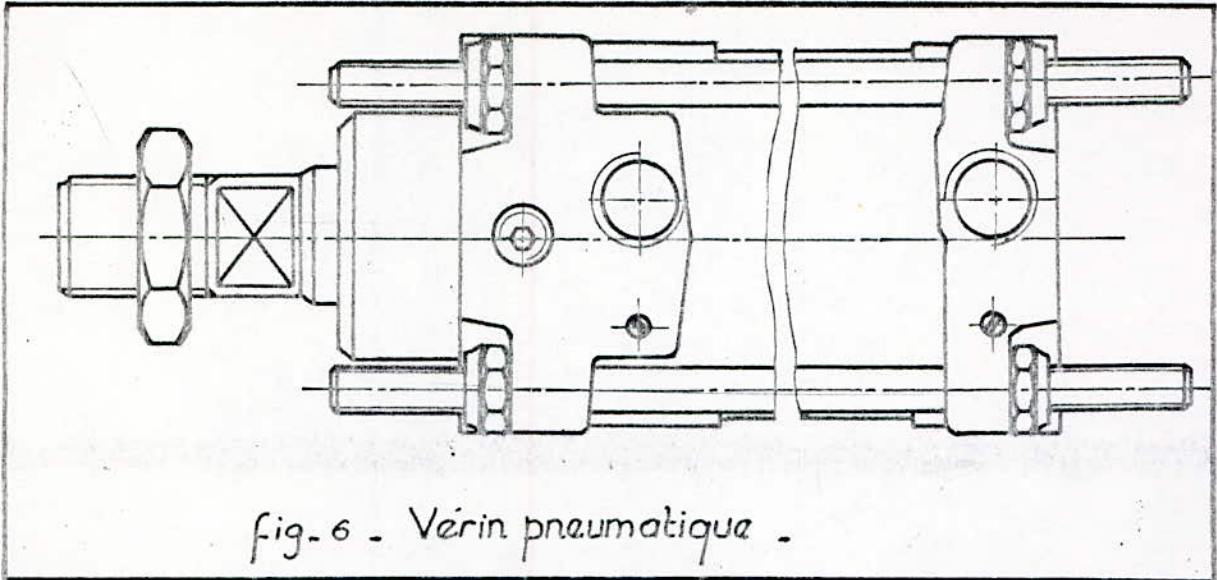
de base en un micro-vérin à capteur magnétique (sans contact)

Le capteur magnétique permet de détecter la position du piston du vérin. Cette détection s'effectue sans contact. Lorsqu'il est soumis à l'influence d'un champ magnétique les contacts se ferment et transmettent un signal électrique au distributeur qui aura pour rôle d'alimenter l'une des chambres du micro-vérin.

b/- Vérin assurant la translation horizontale du bras.

La translation horizontale du bras, est assurée par le vérin C. Le guidage se fait





Sur deux tiges d'étiré ( $\phi 10$ ) solidaires du nez des vérins de prise de pièces. Elles coulisent dans les alésages de deux plaques solidaires du vérin C.

choix: vérin climax Nomax P40 A 2 \* 150 DAB  
(fig-6 -)

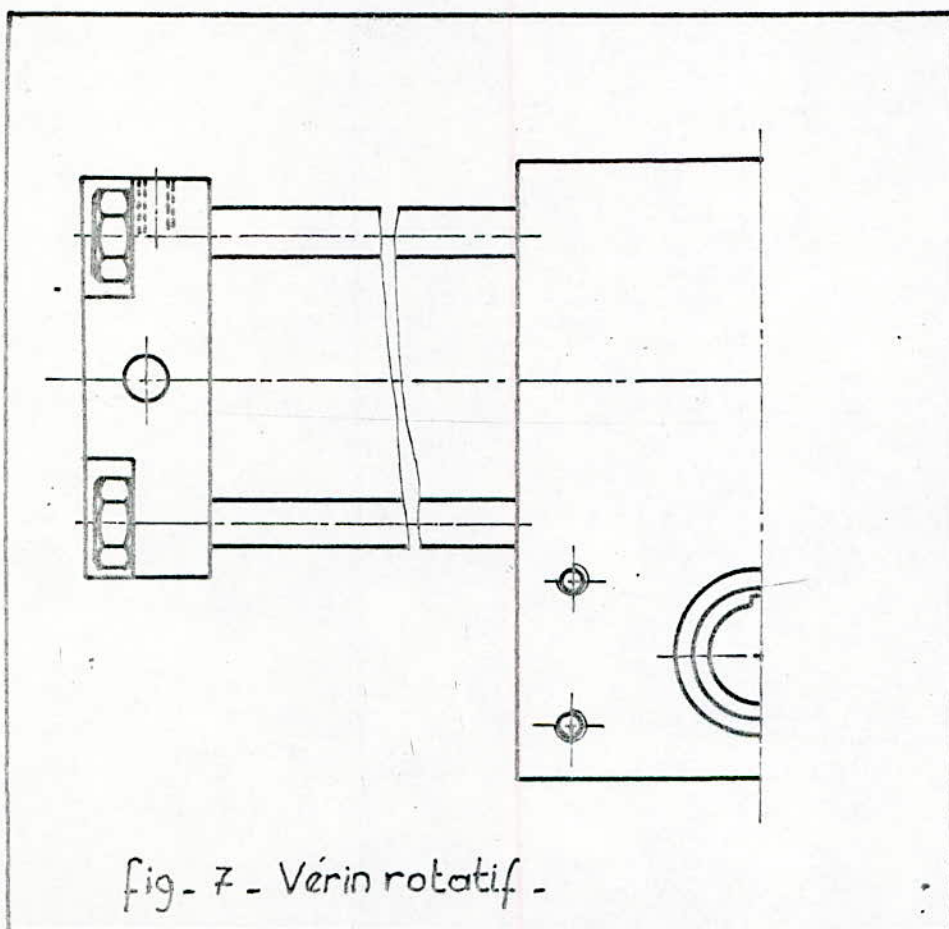
Cj- Vérin assurant la translation verticale du corps -

La translation verticale du corps est commandée par le vérin pneumatique D (fig-6 -) qui est muni d'un double guidage intérieur.

choix: vérin climax Nomax P40 A 5 \* 50 DAB

d) Vérin rotatif commandant la rotation du bras.

La rotation du bras du manipulateur est assurée par le vérin rotatif B. (fig-7-)



Ce sont des éléments transformant un mouvement rectiligne en un mouvement rotatif, et ce, au moyen d'une transmission pignon / crémaillère.

choix - vérin rotatif, Climax Nomax VR 40 95° F.R.R2

Remarque.

Le pignon et la crémaillère sont en acier et ayant un module de 2<sup>mm</sup>.

e) Vérin assurant la descente du forêt.

La translation verticale du forêt est commandée par le vérin pneumatique F.  
choix - vérin climax Nomax P40 A 2\* 250 DAA  
(fig-6.)

f) Vérin de serrage pièce.

Le bridage de la pièce à usinée est assuré par le vérin E. (fig-6.) qui manœuvre à cette intention un étau.  
choix - vérin climax Nomax P32 A 2\* 200 DAA

Remarque.

le choix d'un "vérin de bridage" n'est pas nécessaire car d'une part sa course est très réduite, et d'autre part la pièce à serrer ne nécessite pas un grand effort de bridage, et de ce fait on utilise un vérin pneumatique ordinaire.



### 91- Vérin pas à pas.

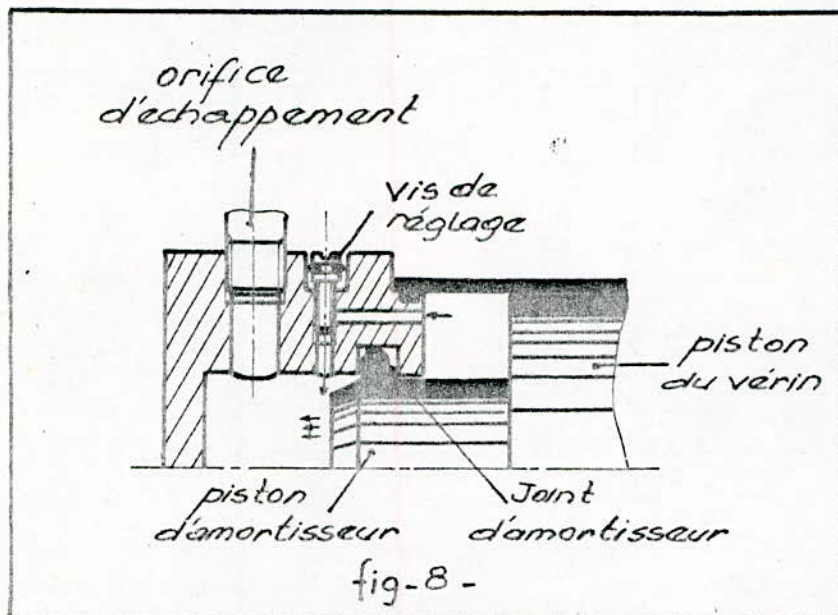
Le vérin "pas à pas" est utilisé pour faire avancer la pièce (fig-6.)

choix - vérin climax nomax P32 A 2 \* 50 DAA

#### Remarque.

La mise en place d'amortissement pneumatique pour tous les vérins utilisés est indispensable pour éviter les mouvements brusques et les chocs qui se produisent en fin de course. (fig-8.)

Dès que le piston amortisseur a franchi le



joint d'étanchéité, en fin de course, l'air restant dans le cylindre passe d'abord par un orifice

de petit diamètre, l'échappement se réalise très lentement, il y a amortissement en fin de course du vérin.

### III.4. - Choix des distributeurs

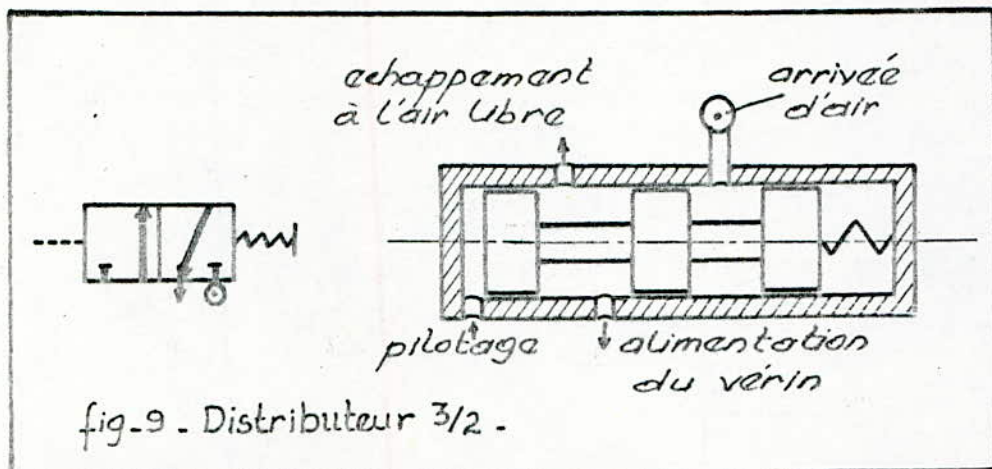
Dans les automatismes pneumatiques, on utilise des distributeurs qui ont pour but de répartir le fluide dans les canalisations. Ils sont du type à tiroir cylindrique, ou à clapet.

Un distributeur est dit monostable si la disparition de l'ordre (venant de la partie commande) provoque la cessation du passage; il est dit bistable si la disparition de l'ordre ne modifie pas l'état du distributeur.

Il existe deux types de distributeurs, généralement utilisés :

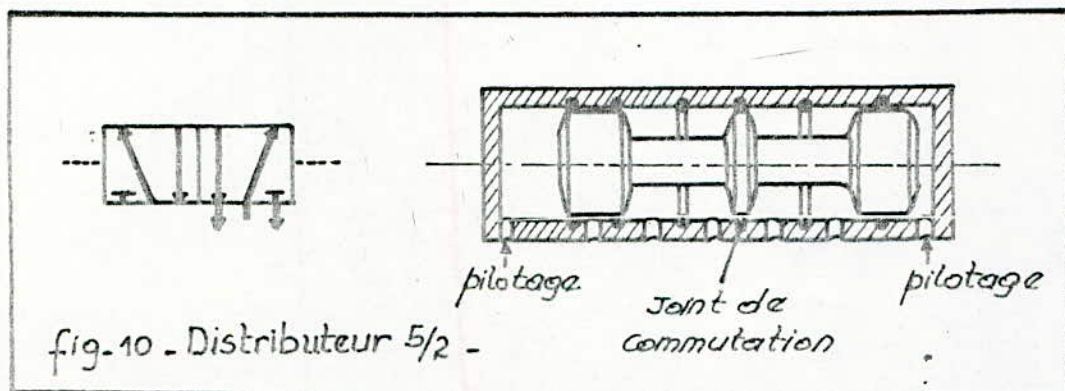
#### III.4.1. - Distributeur 2 voies-3 orifices.

Il est également nommé ; distributeur  $3/2$  (3 orifices, 2 positions). Cet appareil permet d'assurer le remplissage et le délestage selon les positions relatives de la partie mobile du distributeur (fig. 9.)



### III.4.2 - Distributeur 4 voies - 5 orifices (5/2)

C'est un appareil bistable, pouvant alimenter soit la chambre avant du vérin, soit la chambre arrière (fig-10 -)



### III.4.3 - Caractéristique d'un distributeur.

La caractéristique essentielle d'un distributeur est le débit d'air pouvant traverser dans des conditions données de pression amont et aval. La comparaison entre distributeurs devient possible.



grâce à un coefficient  $K_v$ , qui indique le débit d'eau en litre/minute traversant le distributeur.

Le choix d'un distributeur se fera à partir des abaques (fig. 11.), pour éviter des calculs fastidieux.

Utilisation de l'abaque.

1. trouver le point correspondant à l'intersection de l'isobare verticale et la courbe du taux de charge (c'est le rapport de l'effort que peut effectivement fournir le vérin et l'effort maximal à fournir)  
Les constructeurs de vérins pneumatiques préconisent un taux de charge compris entre 0.5 et 0.8.

2. faire apparaître Y.

3. afficher le temps d'une course puis construire X.

4. relier les deux points correspondants respectivement au diamètre du vérin et la course du piston, d'où l'obtention de la "cylindrée".

5. Construire  $K_v$  en joignant le point "cylindrée"

at le point X.

6. rechercher dans un catalogue de fabricant le distributeur 5/2 dont le kv est immédiatement supérieur.

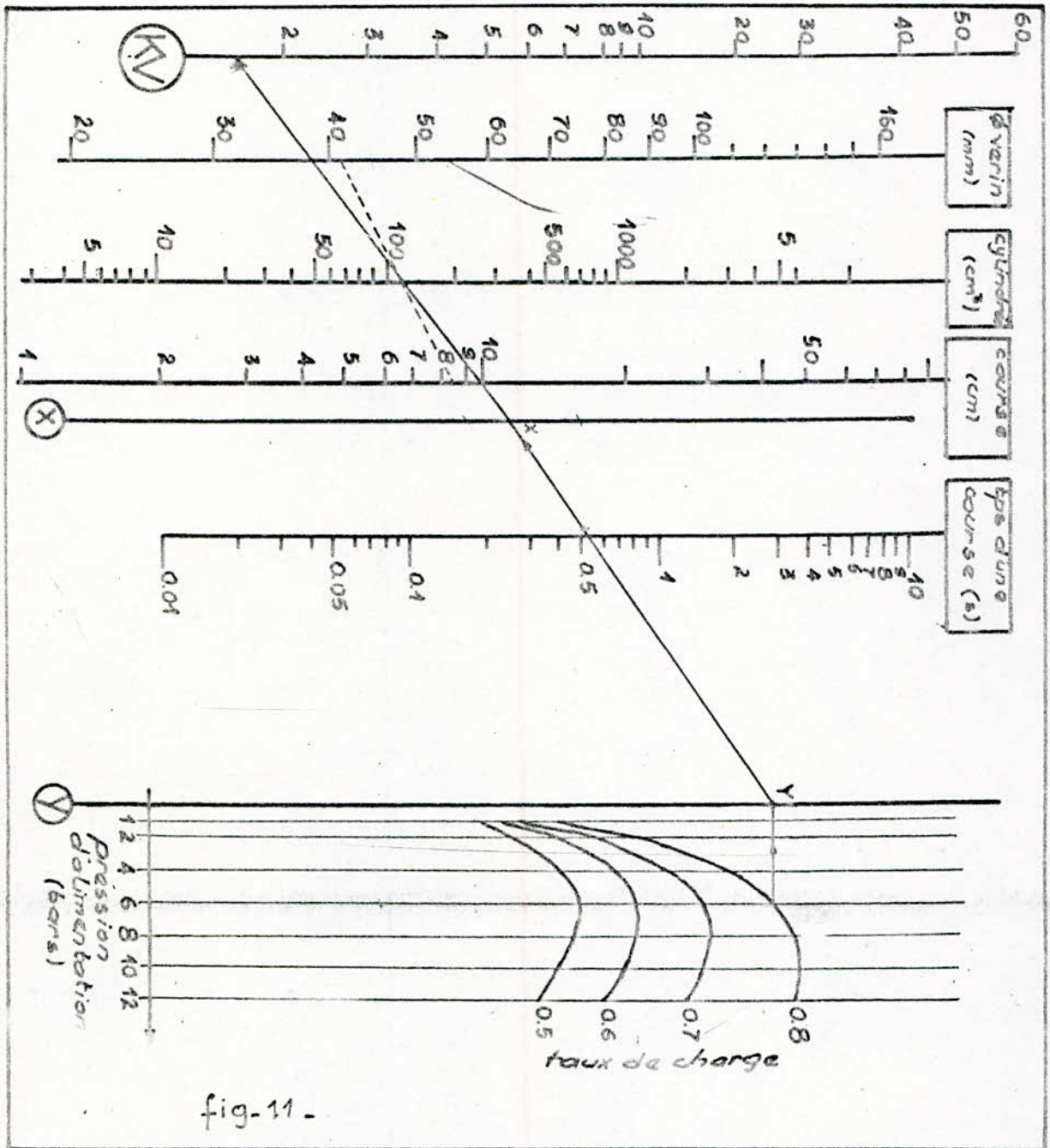


fig-11 -

### III.4.4- Détermination des distributeurs.

Tous les distributeurs choisis sont du type 5/2 à commande pneumatique, sauf les deux distributeurs alimentant les vérins A et A' qui sont à commande électrique (grâce à des électrovannes) (on prendra un taux de charge de 0.8 pour tous les vérins)

Course (mm)	temps d'une course (s)	lev	distributeur (isomax climax)
AA' : 7	0.5	<13	D1D-606-70-3F290
VR-B : 100	3	<13	D1D-406-20
C : 150	3	<13	D1D-406-20
D : 50	2	<13	D1D-406-20
E : 200	5	<13	D1D-406-20
F : 250	10	<13	D1D-406-20
G : 50	0.5	<13	D1D-406-20

### III.5. Choix des capteurs pneumatiques -

Ayant choisis les distributeurs d'alimentation, et les vérins nécessaires à l'exécution des différents mouvements du manipulateur et de la machine, on est amené, à ce stade de l'étude, à introduire



les éléments de détection, appelés: capteurs qui vont donner "les ordres" de départ et fin de chaque étape.

Les capteurs de fin de course doivent rendre compte que le déplacement est terminé.

événement à détecter	paramètres de l'événement	critères de choix	type	repère
présence d'une ébauche dans la goulotte	masse d'une ébauche: 76g	capteur sensible	Capteur à fuite télé-mécanique PXF A 131 à tige souple relais PRFA12	p
ébaucha, position: - arrière - avant	tige vérin G: - rentrée - sortie $v = 100 \text{ mm/s}$	Capteurs type minivanne 3/2 normalement ouvert, commandés par came liée à la tige du piston G.	climax réf: 1061 position: - arrière - avant	g <sub>0</sub> g <sub>1</sub>
pinces position: - avant - arrière	tige du vérin C en position: - sortie - rentrée $v = 50 \text{ mm/s}$	position fixées par des butées réglables. capteurs type mini-vanne 3/2 normalement ouvert, commandés par une came liée à l'une des tiges guides de translation	Crouzet 81 281 006 position: - arrière - avant	Co C <sub>1</sub>

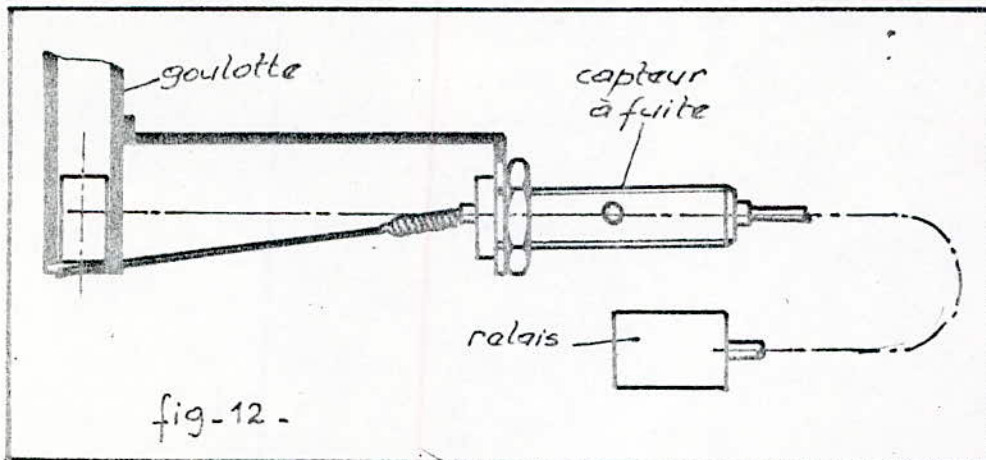
<p>pincas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- serrées</li> <li>- ouvertes</li> </ul>	<p>tige du vérin A (A'), position:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sortie</li> <li>- rentrée</li> </ul> <p>course très réduite V = 85 mm/s</p>	<p>Capteurs électriques à commande magnétique</p>	<p>Climax PRA 40 001</p> <p>pincas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- serrées</li> <li>- ouvertes</li> </ul>	<p><math>a_1(a'_1)</math> <math>a_0(a'_0)</math></p>
<p>Corps position:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- haute</li> <li>- basse</li> </ul>	<p>tige du vérin D, position:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sortie</li> <li>- rentrée</li> </ul> <p>V = 40 mm/s</p>	<p>positions fixées par des butées réglables. Capteurs types mini-vanne 3/2 normalement ouvert, commandés par came liée à la tige du vérin.</p>	<p>Crouzet 81 281 006</p> <p>position:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- haute</li> <li>- basse</li> </ul>	<p><math>d_1</math> <math>d_0</math></p>
<p>rotation du bras</p>	<p>vitasse de rotation: N = 10 tr/mn</p>	<p>Capteurs type minivanne 3/2, normalement ouvert commandés par les deux extrémités du bras</p>	<p>Climax Nomax VR 40 95° F RR2</p> <p>position:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- avant rotation</li> <li>- après rotation</li> </ul>	<p><math>b_0</math> <math>b_1</math></p>
<p>présence ébauche dans l'état</p>	<p>masse ébauche 76 g</p>	<p>capteur sensible</p>	<p>capteur à fuite; télé-mécanique PXF A 131 à tige souple. relais-PRFA 12</p>	<p><math>p'</math></p>
<p>ébauche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bridée</li> <li>- desserrée</li> </ul>	<p>tige vérin E, en position:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sortie</li> <li>- rentrée</li> </ul> <p>V = 70 mm/s</p>	<p>Capteurs types mini-vanne 3/2 normalement ouvert commandés par came liée à la tige du piston E</p>	<p>Climax réf. 1061</p> <p>- ébauche ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bridée</li> <li>- desserrée</li> </ul>	<p><math>a_1</math> <math>a_0</math></p>



forêt en position - basse (usinage) - haute (fin d'usinage)	tige du vérin F en position: - sortie - rentrée $v = 30 \text{ mm/s}$	Captours types mini-vanne 3/2 normalement ouvert, comm- andés par came liée à la tige du piston F.	Crouzet 81 281 506 position: - basse - haute	$f_1$ $f_0$
---	---	---	--	----------------

### Remarques.

- Les capteurs utilisés pour le vérin A (A') sont des capteurs électriques parce qu'on a choisit des vérins à capteurs à commande magnétique. Ce sont des capteurs du type PRA (Contact reed simple) utilisé en courant alternatif avec une intensité normale de 0.2 A.
- Le capteur à fuite est utilisé dans le cas de détection des pièces légères. Il s'utilise toujours avec un relais particulier dit "relais pour capteur à fuite" (fig-12-)





fonctionnement.

- dans l'état non actionné, le capteur laisse fuir l'air d'alimentation.
- dans l'état actionné (pour un effort  $\geq 0.05N$  c'est à dire une masse  $\geq 50g$ ) le capteur ne laisse plus l'air d'alimentation fuir, ce qui fait apparaître le signal de sortie qui va provoquer l'alimentation du vérin correspondant.

### III.6. Etude du manipulateur.

Le manipulateur est constitué par cinq vérins pneumatiques à double-effet (fig. 13):

- Vérins A et A', Commandant la fermeture et l'ouverture des pinces.
- Vérin C, assurant la translation horizontale du bras.
- Vérin D, pour la translation verticale du corps
- Verin rotatif B, Commandant la rotation du bras

Pour mieux protéger le robot manipulateur,

il est intéressant de l'équiper d'un capot qui améliorera également l'esthétique générale.

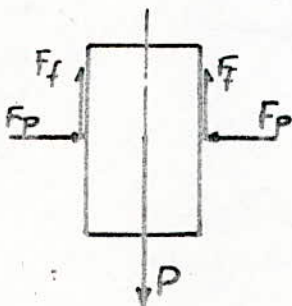
Remarques:

- Les vérins A et A' et leurs pinces respectives sont fixés sur deux plaques, formant ainsi le bras du manipulateur (voir planche de dessin)

- L'une des extrémités du vérin D est maintenue sur plaque, qui est elle-même fixée au capot du manipulateur, alors que l'autre extrémité est fixée sur "l'armoire" renfermant les distributeurs d'alimentation en air comprimé.

- Les dimensions de la pince ont été prises de manière à ce que lorsque la tige du vérin A (A') avance de 7<sup>mm</sup>, les extrémités de la pince exercent la force de pression nécessaire pour saisir la pièce (de diamètre de 30<sup>mm</sup>)

Condition de prise de pièces



$$f = \frac{F_f}{F_p}$$

- f coefficient de frottement du plastique (ou bout des doigts)
- F<sub>f</sub> force de frottement

$F_p$ . force de pression.

$$\Rightarrow F_f = f \cdot F_p \geq \frac{P}{2} \quad (P \text{ étant le poids des pièces})$$

$$\text{donc: } F_p \geq \frac{P}{2 \cdot f}$$

La pince (en position fermée) doit vérifier la condition annoncée ci-dessus pour éviter que la pièce ne tombe lors de son transfert.

Remarque concernant les planches de dessin.

Le but de l'exécution des planches de dessin est de représenter une vue d'ensemble du manipulateur, Une étude plus approfondie de celui-ci sort du cadre de ce projet, et qu'à elle seule constituerait un projet de fin d'études.



## Chapitre IV

### CYCLE de TRAVAIL

IV.1. Cycle de travail du manipulateur.

IV.2. Cycle de travail de la perceuse.

IV.3. Cycle de travail combiné.

## Chapitre: IV

### CYCLE DE TRAVAIL

Cette partie sera consacrée à l'étude des cycles de travail, que doit effectuer respectivement le manipulateur et la perceuse, tout en ordonnant les différents mouvements à exécuter.

#### IV.1. Cycle de travail du manipulateur.

Le robot manipulateur, comme il a été décrit précédemment, est constitué d'un bras muni de deux pinces servant à alimenter (dans le cas de pièces à usiner) et évacuer le poste de perçage (dans le cas de pièces usinées)

Remarque:

Les deux pinces du manipulateur exécutent les mêmes travaux simultanément.

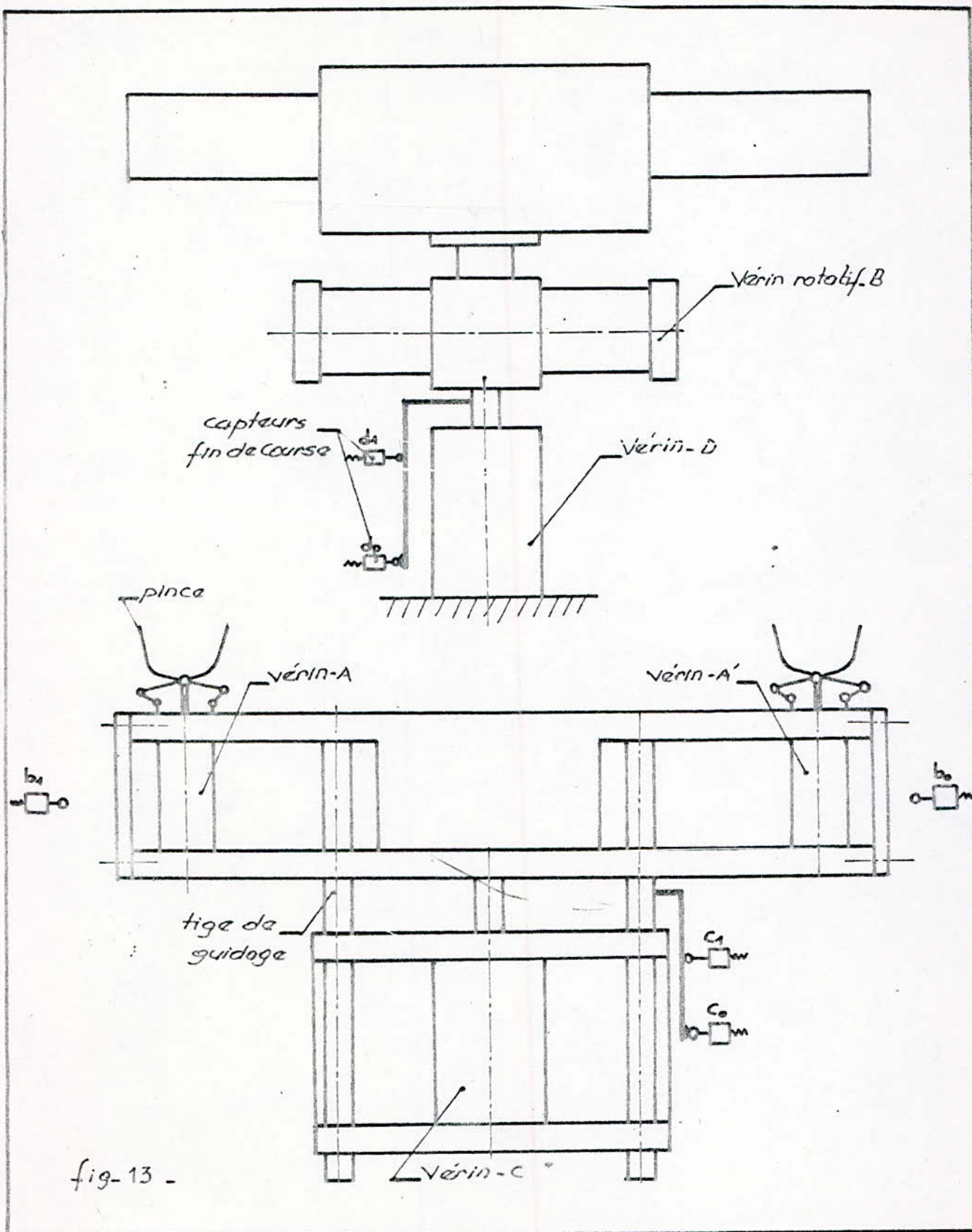


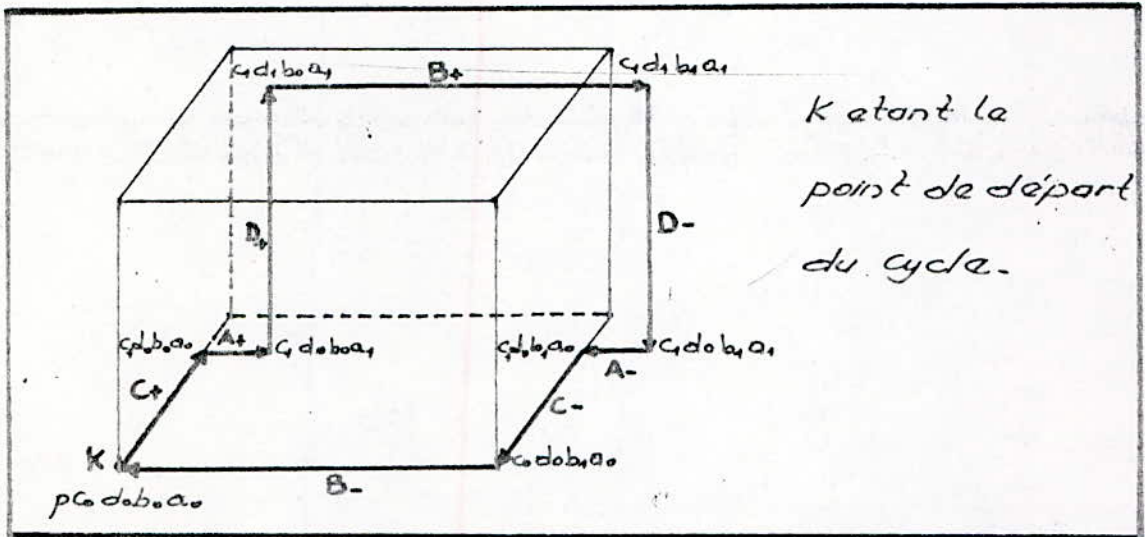
fig-13 -



Remarque.

les pilotes sont désignés par  $A_+, A_-, B_+, B_-, \dots$

Une action sur le pilote  $A_+$  doit provoquer le mouvement  $A_+$ ; respectivement une action sur le pilote  $A_-$  doit provoquer le mouvement  $A_-$ .



Le manipulateur, constitué d'éléments modulaires standard, réalise des mouvements combinés et répétitifs selon le cycle décrit ci-dessus.

Le cycle se répète dans l'ordre suivant:

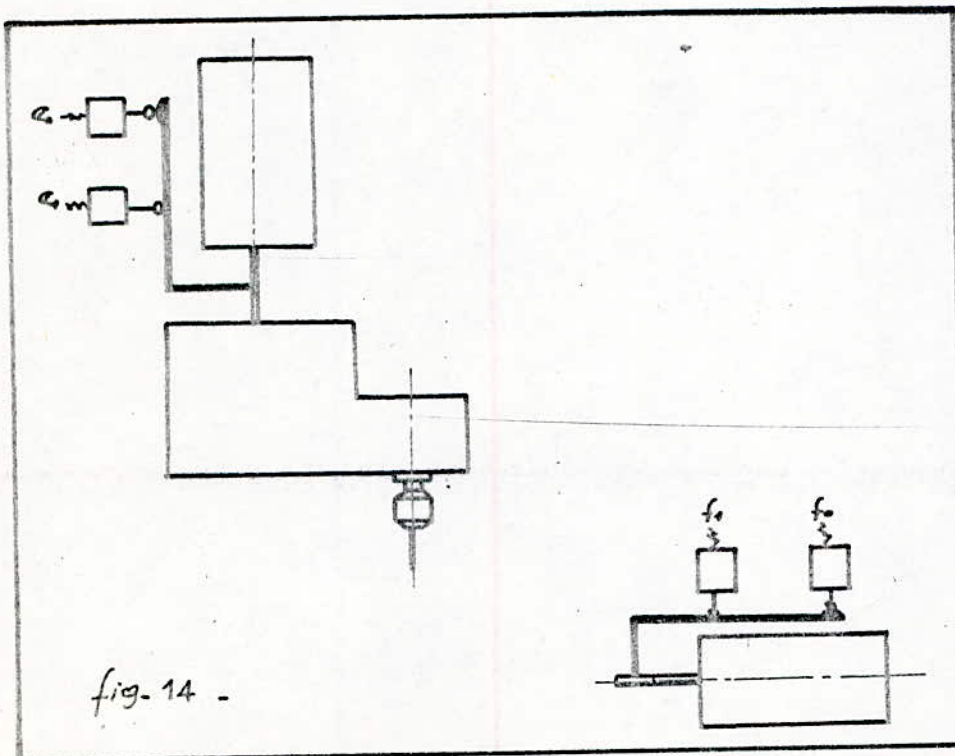
- sortie du bras ( $C_+$ )
- fermeture des doigts ( $A_+$ )
- montée du corps ( $D_+$ )
- rotation du bras ( $B_+$ )
- descente du corps ( $D_-$ )

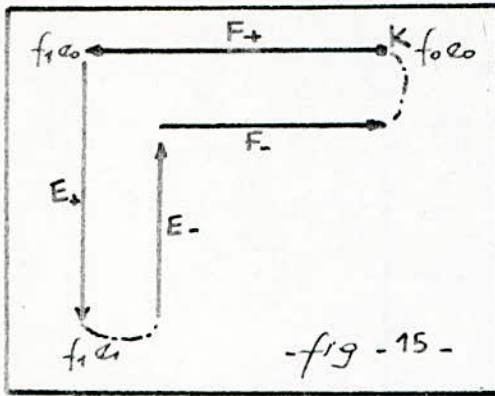
- ouverture des doigts (A-)
- rentrée du bras (C-)
- rotation retour du bras (B-)

#### IV.2. Cycle de travail de la perceuse-

La machine est automatisée de la façon suivante: (fig. 14.)

- un vérin E, assure le mouvement de montée et de descente de la tête porte-outil, au repos en position haute.
- un vérin F, assure le bridage de l'ébauche dans le montage (en actionnant un étau)





$F_+$  - bridage de l'ébauche

$F_-$  - desserrage de la pièce usinée

$E_+$  - descente du forêt

$E_-$  - montée de la tête

porte-outil.

-fig -15-

Remarque:

il n'y a rotation du forêt que lors de sa descente.

ainsi le cycle de travail se répètera suivant le cycle ci-dessus ( $F_+, E_+, E_-, F_-$ ) (fig. 15 -)

### IV.3. Cycle de travail Combiné (Manip. + machine)

Ayant défini les cycles de travail de la perceuse et du manipulateur séparément, on se propose maintenant de rassembler les deux cycles de travail; Le manipulateur aura pour tâche d'alimenter et d'évacuer le poste de perçage, alors que la machine s'occupera du bridage et usinage des pièces.

Le chargement du poste s'effectuera à partir d'une goulotte d'alimentation, et le déchargement se fera dans une goulotte d'évacuation.



Il y a répétition du cycle suivant les étapes successives suivantes.

- sortie du bras
- fermeture des doigts sur la pièce.
- montée du corps
- rotation du bras
- descente du corps
- ouverture des doigts
- rentrée du bras
- rotation retour du bras
- bridage de la pièce à usiner
- descente du forêt
- remontée du forêt après usinage
- desserrage de la pièce usinée.

et ainsi le cycle se reproduira en respectant scrupuleusement les différentes étapes, ceci pour avoir une synchronisation parfaite entre les composants du poste de perçage.

## Chapitre V

### ETUDE AUTOMATIQUE

- V.1. Le diagramme fonctionnel.
- V.2. Le séquenceur.
- V.3. Description des modes de marche.
- V.4. Mise au point du grafcet.
- V.5. Schéma de principe de la partie  
commande

## Chapitre.V. ETUDE AUTOMATIQUE

### V.1. Le diagramme fonctionnel.

La décomposition fonctionnelle des comportements que doit avoir un système automatisé, consiste à mettre les actions à réaliser sous forme d'étapes qui seront activées les unes après les autres.

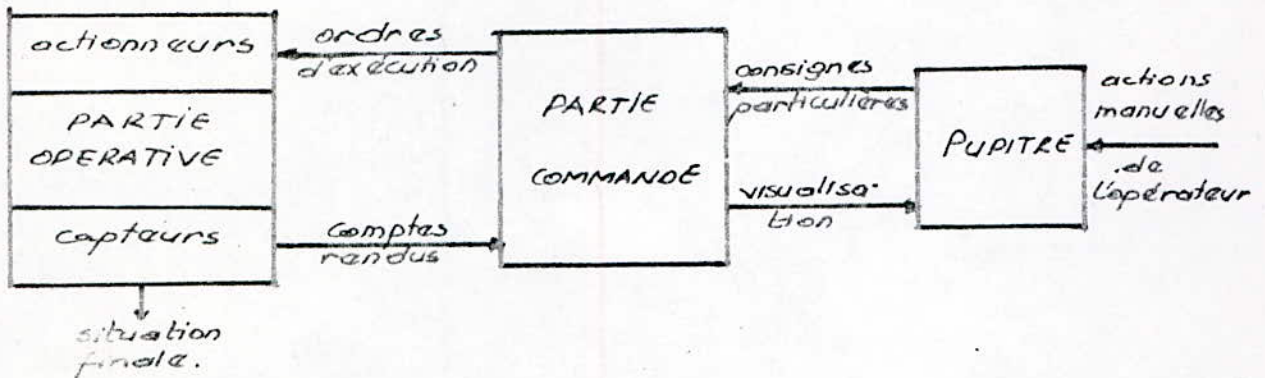
Une telle décomposition peut avantageusement se représenter graphiquement par des diagrammes fonctionnels tel que le GRAFCET (graphe de commande étape-transition), mis au point par l'AFCEET (Association française de cybernétique économique et technique), car ce mode de description impose une démarche rigoureuse, qui permet d'éviter les incohérences



de fonctionnement du système automatisé.

Tout système automatisé comporte:


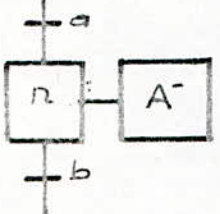
- une partie opérative
- une partie commande
- un pupitre.



Cette description ne rend pas compte du fonctionnement du mécanisme. Pour décrire l'enchaînement des actions et des événements l'utilisation du diagramme fonctionnel est intéressante à plus d'un titre.

Description et explication du GRAFCET.

	<p>indication de la situation initiale. c'est une étape d'initialisation ou de mise en référence.</p>
	<p>indication d'une étape. l'étape repérée 1, et l'action associée à l'étape 1.</p>

	<p>indication d'une transition entre deux étapes. si cette condition est remplie alors le système peut évoluer d'une étape à l'autre.</p>
	<p>L'action A sera obtenue lorsque l'étape n sera active, et cessera quand n sera désactivée.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elle est active lorsque, l'étape précédente : n-1, aura été active <b>ET</b> lorsque l'événement b sera présent.</li> <li>- elle est désactivée dès que l'étape suivante sera active.</li> </ul>

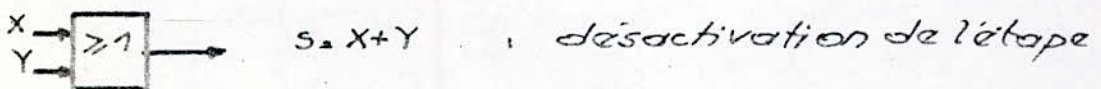
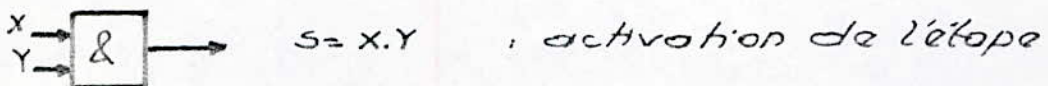
Remarque :

Lorsqu'une étape est activée, les ordres relatifs aux actions associées à cette étape sont lancés de la partie commande vers la partie opérative.

## V.2. Le séquenceur.

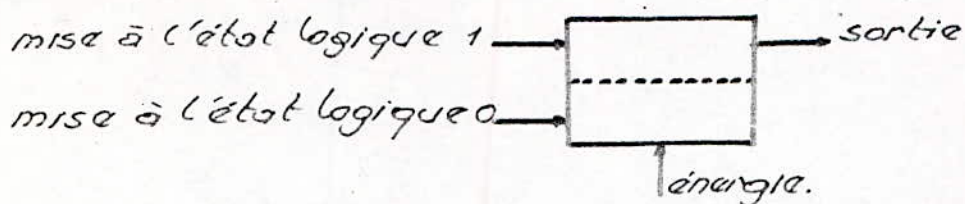
Un module d'étape est constitué par l'association des fonctions OU, ET avec une mémoire bistable. La fonction ET réalisera l'activation de l'étape et la cellule ou la désactivation

• fonction ET, OU :

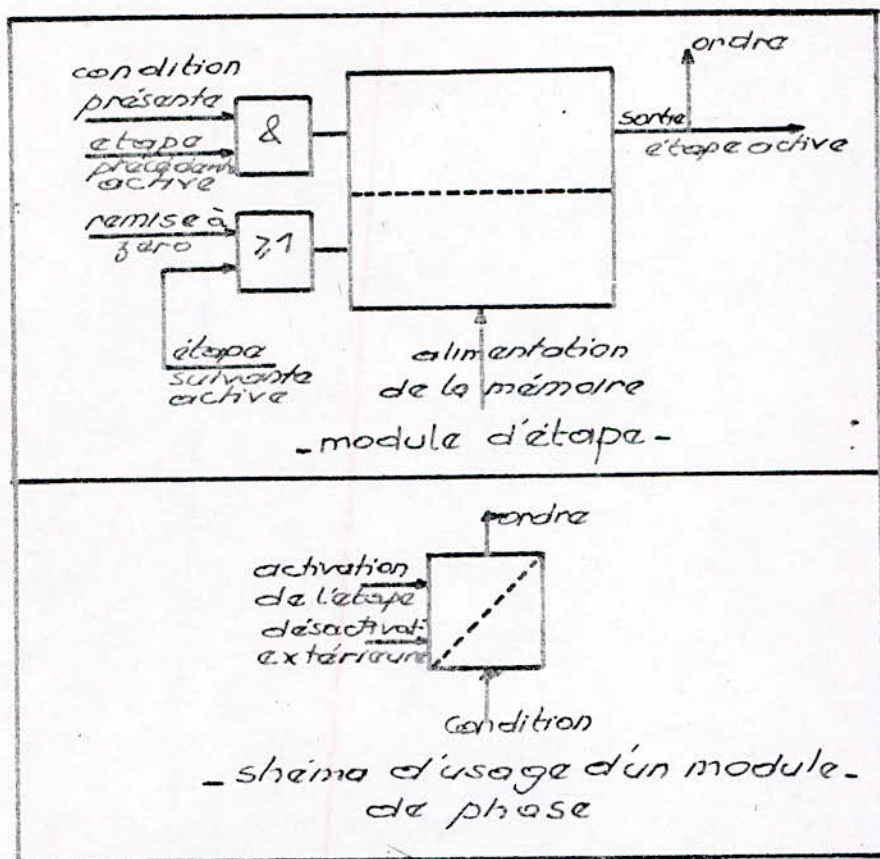




• mémoire bistable.



L'étape ayant deux états soit actif soit inactif correspond à une fonction mémoire dont la sortie active engendre les ordres de commande nécessaires à l'exécution de l'action ou des actions associées à l'étape.



La juxtaposition des modules d'étape côte à côte forme un séquenceur (ou pas à pas)



Le séquenceur est particulièrement adapté à la résolution d'automatismes séquentiels, il en est véritablement le "cerveau"; recevant les informations des différents capteurs, il délivre des ordres pour assurer le déroulement correct du cycle avec toute sécurité. Ce matériel de composition modulaire comprend un nombre variable de modules d'étape à câblage intégré. Pour chaque phase d'un cycle correspond un module d'étape.

### V.3. Description des modes de marche.

#### a). le pupitre.

Le pupitre est constitué des modes de marche suivants (fig-169)

- marche continue (automatique)
- marche réglages : Commandes manuelles de chaque actionneur
- arrêt d'urgence.
- marche cycle par cycle. La machine affectue un cycle unique et s'arrête.

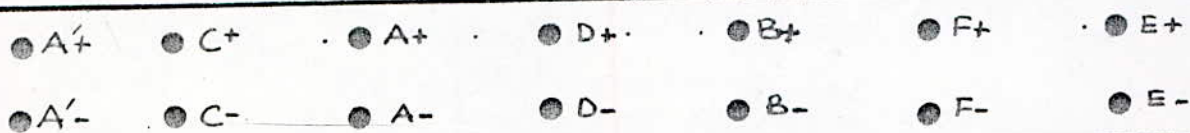
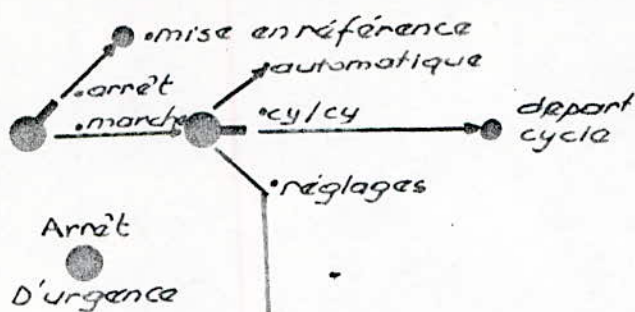


fig-16a- PUPITRE -

### b) Procédure d'emploi.

#### 1. mise en référence

- Le sélecteur "marche/arrêt" sur arrêt.
- impulsion sur "mise en référence"

#### 2. marche cycle/cycle.

- sélecteur "marche/arrêt" sur marche.
- sélecteur "automatique/cy. cy/réglages" sur cy/cy.
- impulsion sur "départ du cycle"

#### 3. marche automatique continue

- sélecteur "aut./cy. cy/régl." sur automatique
- sélecteur "marche/arrêt" sur marche.

#### 4. procédure de commandes manuelles.

- sélecteur "marche/arrêt" sur marche
- sélecteur "aut./cy.cy/rég." sur réglages.
- impulsion sur le poussoir correspondant au mouvement souhaité.

#### 5. Procédure d'arrêt normal

- dans le cas de la marche cy.cy, la marche s'arrête normalement en fin de cycle.
- dans le cas de la marche "automatique" l'arrêt en fin de cycle peut-être obtenu de deux façons.
  - a). en plaçant le sélecteur "marche/arrêt" sur arrêt.
  - b). en plaçant le sélecteur "aut./cy.cy/rég" sur cy.cy.

#### 6. procédure d'urgence.

une action sur le coup de poing "arrêt d'urgence" va provoquer l'arrêt de cycle après la fin de mouvement en cours.

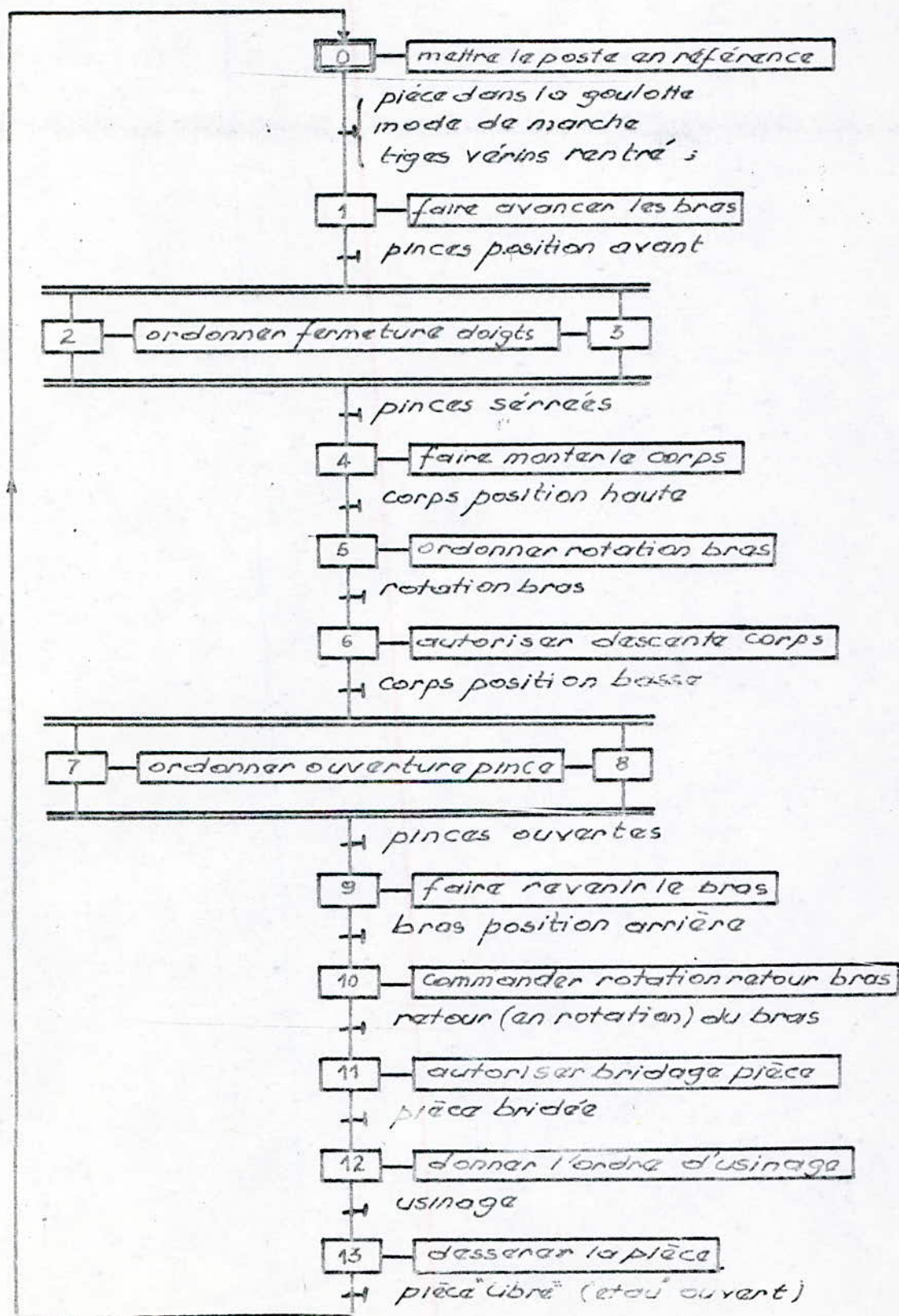
#### V.4. Mise au point du Grafcat.

La précédente étude, du chapitre "cycle de travail", nous a permis de constater la possibilité d'associer plusieurs mouvements

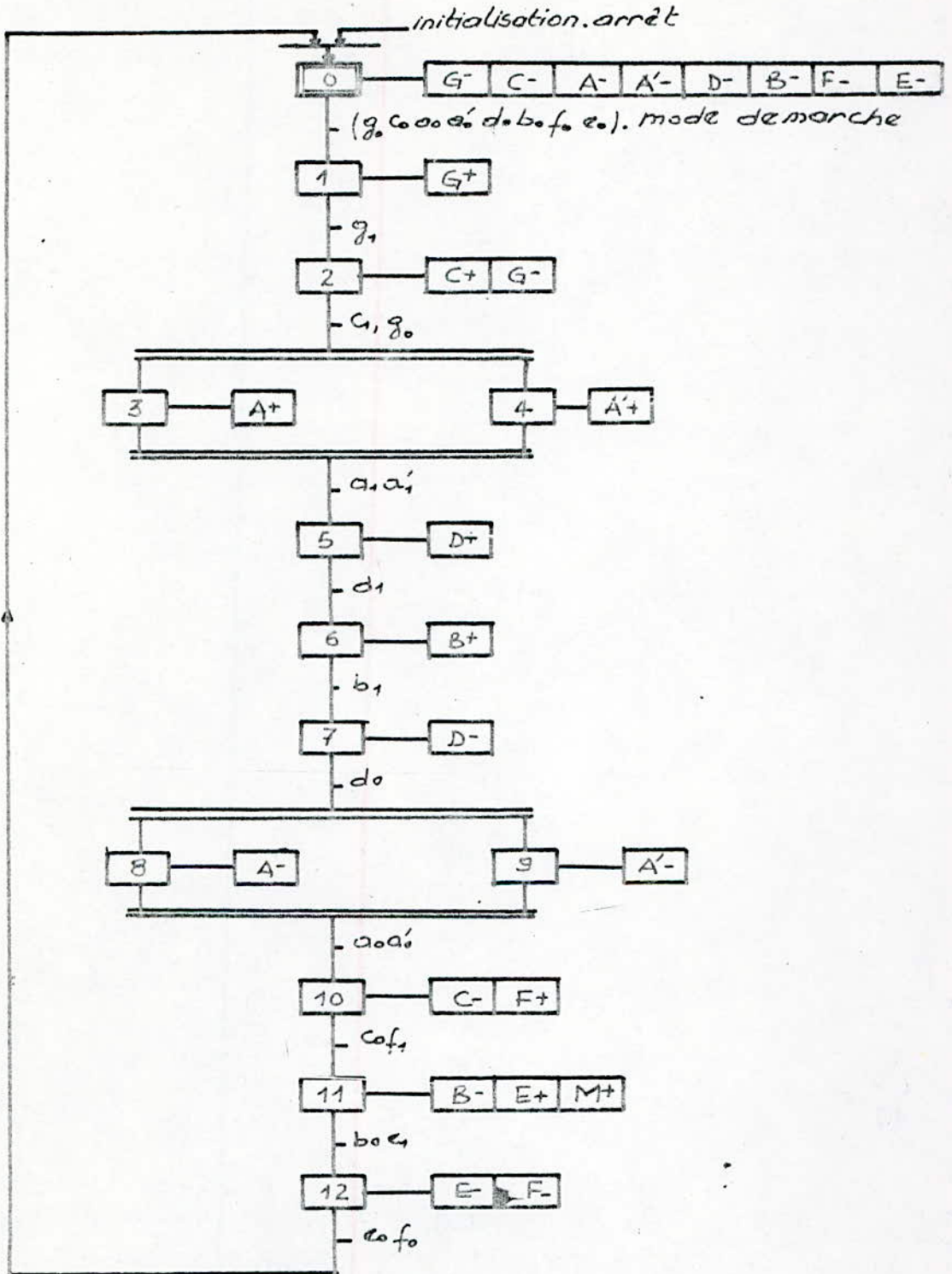


dans un même temps.

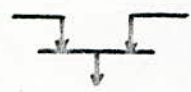
d. Grafcet de niveau I.





b) Grafcat, niveau II.



Remarques:

- 

Cette présentation signifie qu'il y'a soit initialisation, arrêt, soit poursuite du cycle. Ceci définit donc une fonction OU.
- 

Cette figure explique le fait que deux (ou plusieurs) opérations se passent en même temps.
- 

elle caractérise une fonction ET: deux opérations (qui sont effectuées par le même élément, par exemple le manipulateur pour A et A') se passent en même temps, ET se terminent dans un même temps
- M+, c'est la commande de mise en route du moteur (rotation forêt)

V.5 - schéma de principe de la partie commande:

a). Recherche des équations d'activation et de désactivation des étapes.

étape	activation	désact.	E-	E+	F-	F+	G-	G+	G-	G+	A-	A+	A'-	A'+	D-	D+	B-	B+
0	Init. arrêt + dofo. S12	S1 + ARU	X		X		X		X		X		X		X		X	
1	S0. (g0 c0 a0 a'0 d0 b0 f0 g0) mode de marche	S2 + ARU					X											
2	S1. g1	S3-S4 + ARU				X			X									
3	S2. C1 g0	S5 + ARU									X							
4	S2. C1 g0	S5 + ARU											X					
5	S3. S4. a1 a'1	S6 + ARU												X				



étape	activation	desact.	E-	E+	F-	F+	G-	G+	C-	A-	A+	A'-	A'+	D-	D+	B-	B+
6	S5. d1	S7+ARU															X
7	S6. b1	S8.S9+ARU												X			
8	S7. d0	S10+ARU								X							
9	S7. d0	S10+ARU									X						
10	S8.S9. a000'	S11+ARU			X			X									
11	S10. cof1	S12+ARU	X														X
12	S11. b001	S0+ARU	X	X													
commandes manuelles: réglage			E-	E+	F-	F+	G-	G+	C-	A-	A+	A'-	A'+	D-	D+	B-	B+

b). Equations des pilotages des distributeurs.

$$E- = S_0 + S_{12} + \text{régl. } E-$$

$$E+ = S_{11} + \text{régl. } E+$$

$$F- = S_0 + S_{12} + \text{régl. } F-$$

$$F+ = S_{10} + \text{régl. } F+$$

$$G- = S_0 + S_2 + \text{régl. } G-$$

$$G+ = S_1 + \text{régl. } G+$$

$$C- = S_0 + S_{10} + \text{régl. } C-$$

$$C+ = S_9 + \text{régl. } C+$$

$$A- = S_0 + S_8 + \text{régl. } A-$$

$$A+ = S_3 + \text{régl. } A+$$

$$A'- = S_0 + S_9 + \text{régl. } A'-$$

$$A'+ = S_4 + \text{régl. } A'+$$

$$D- = S_0 + S_7 + \text{régl. } D-$$

$$D+ = S_5 + \text{régl. } D+$$

$$B- = S_0 + S_{11} + \text{régl. } B-$$

$$B+ = S_6 + \text{régl. } B+$$

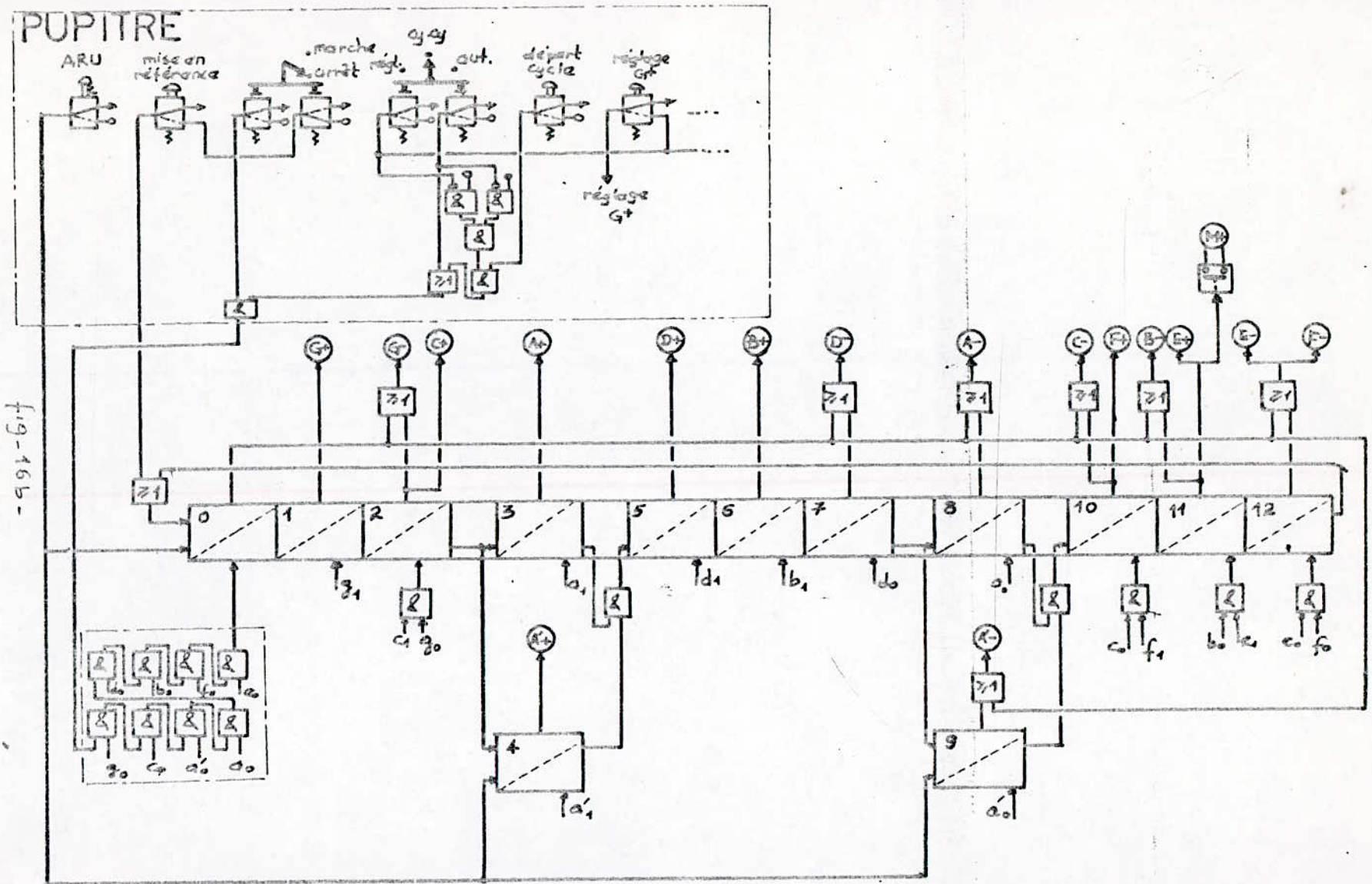
Remarque:

le terme "ARU" signifie : arrêt d'urgence.

cf schéma du séquenceur.

La figure -16b- représente le schéma général de la partie commande.

# PUPTRE

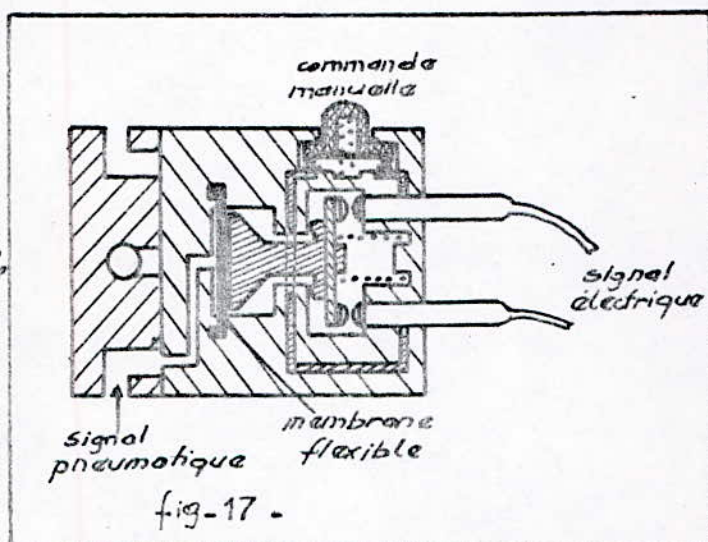




l'unité de passage est équipée d'un moteur asynchrone triphasé (rotor à cage)  $P = 1,5 \text{ kw}$   
 $n = 3000 \text{ tr/mn}$ . démarrage direct, protection par relais thermique (référence: CEM.MELIA.9052)

Pour commander la rotation du moteur, il est nécessaire de prévoir une interface (convertisseur) pneumo-électrique, qui transforme le signal pneumatique en signal électrique. (fig-17.)

Le contact électrique se produit grâce à la pression de l'air d'alimentation. Ce monostable est commandé par le module d'étape bistable 11. Le signal de sortie  $M+$  disparaît lorsque



l'étape 11 est désactivée par l'étape 12.

Sur le diagramme fonctionnel (Grafset) l'étape 12 commande  $M-$ ; l'indication n'est pas reprise sur le schéma puisque l'action  $M-$  est obtenue par disparition de  $M+$ .



Chapitre VII

CONCLUSION

## Chapitre VII. CONCLUSION

Cette étude théorique nous a permis de réaliser l'automatisation du chargement et du déchargement d'un poste de perçage, par l'utilisation d'une technique récente dans le domaine des automatismes pneumatiques: Les séquenceurs.

Cette étude pourra être utilisée pour d'autres postes de travail en appliquant le raisonnement logique de l'étude, à l'automatisation du poste de travail souhaité.

Une telle automatisation permet de nombreux avantages :

- sécurité: exécution du travail en milieu dangereux
- économie: une productivité accrue
- simplicité: un minimum de maintenance, et un fonctionnement à l'air industriel

- rentabilité: une amélioration de la rentabilité du poste de travail.
- Condition de travail: diminution des risques d'accidents de travail.



## ANNEXES

A. Notions d'algèbre de boole et de fonctions

Logiques.

A.1. Opérations et propriétés de l'algèbre  
de boole.

A.2. Théorèmes et relations.

B. Logique combinatoire et séquentielle.

## ANNEXES

Af. Notions d'algèbre de boole et de fonctions logiques.

Dans l'étude des automatismes, on peut distinguer deux grandes classes : ceux qui font intervenir des grandeurs ayant la possibilité de prendre une infinité de valeurs et ceux qui sont caractérisés par des grandeurs ne pouvant prendre qu'un nombre fini de valeurs. Dans la première classe peuvent se ranger les servomécanismes, dans la seconde, on met principalement les automatismes logiques.

Pour étudier les systèmes logiques, il importe d'avoir un outil algébrique qui permette de rendre compte des propriétés des variables à un nombre fini d'états (en général deux) Ce chiffre correspond en effet au nombre de positions d'équilibre stable.

Dans la pratique, toute opération qui met en oeuvre un, deux ou plusieurs variables logiques,

est appelée fonction logique, telle que l'état de la sortie est fonction de chaque combinaison des états des variables d'entrées.

L'algèbre de boole comporte trois opérations de base; la somme notée (+) le produit noté ( $\cdot$ ) et le complément noté (-).

### A.1. Opérations et propriétés de l'algèbre de boole a) La somme.

La somme de deux variables logique A et B est représentée par :  $S = A + B$ .

Elle est définie par la table de vérité, se basant

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

sur les propriétés suivantes:

- Commutativité:  $A + B = B + A$

- associativité:  $A + (B + C) = (A + B) + C$

cas particulier:  $A + B = A + C$  on peut envoir  $B = C$ .

### b) le produit. $P = A \cdot B$

Le produit est défini par la table de

A	B	P
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

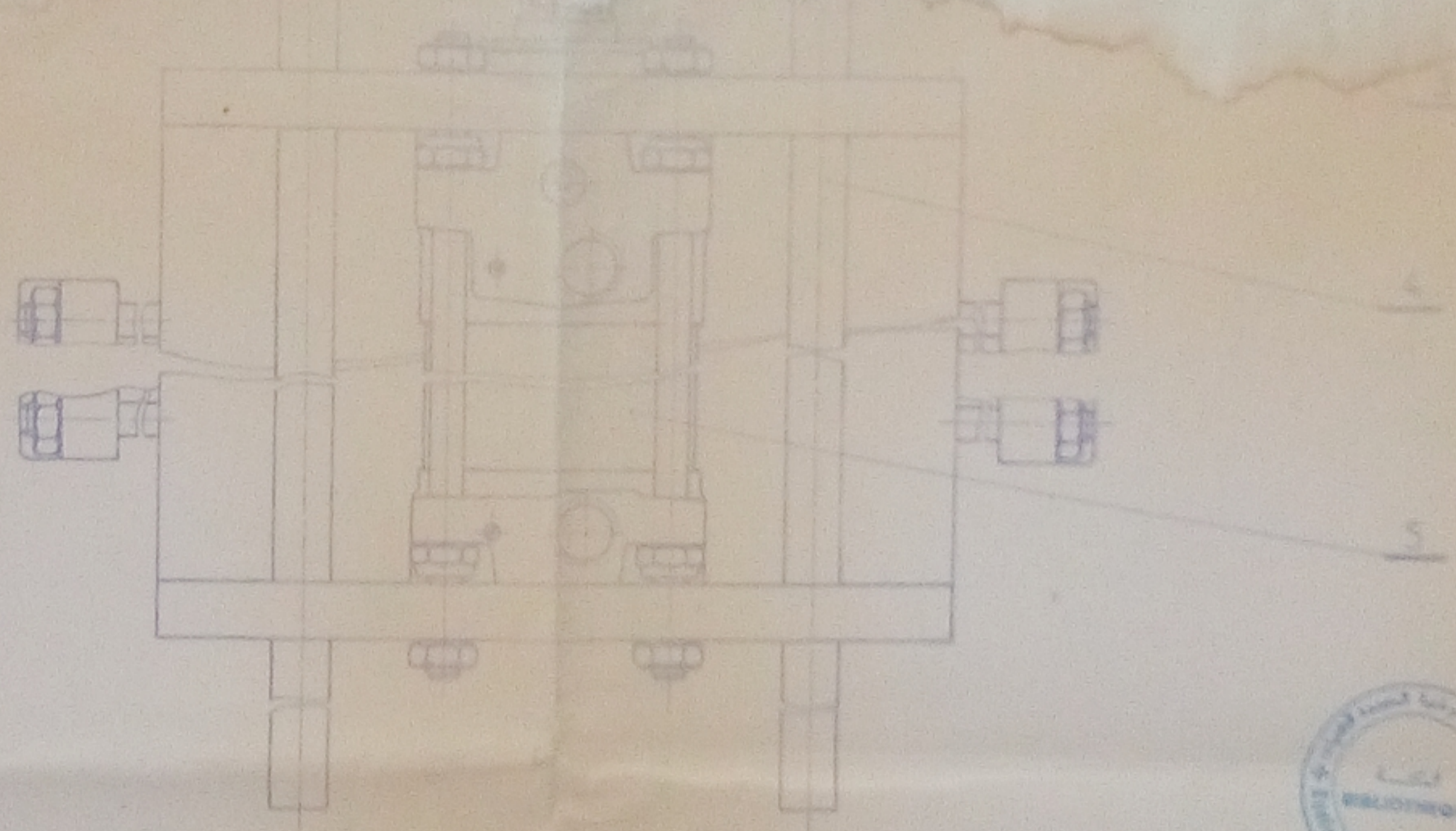
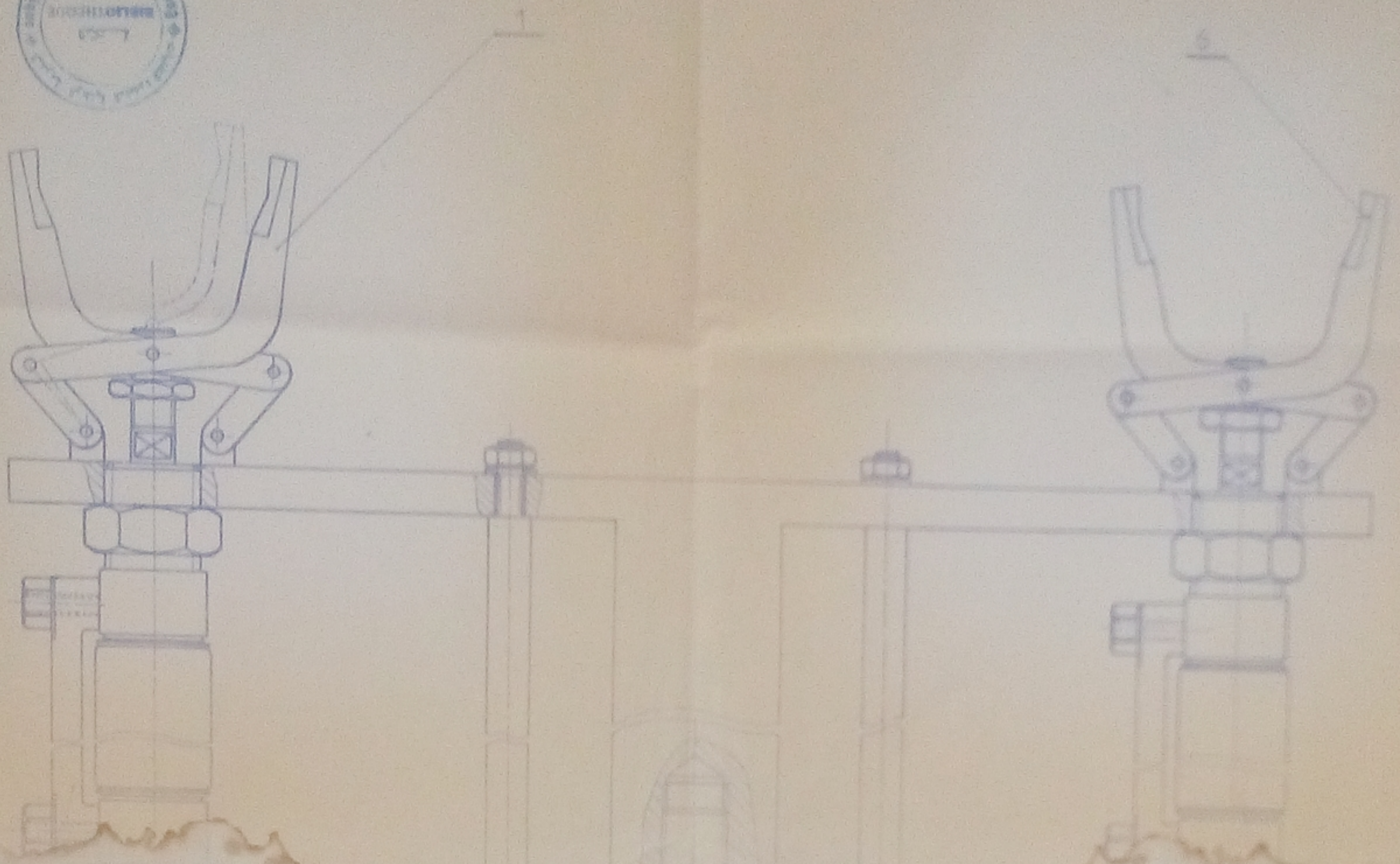
vérité suivante.

propriétés:

- associativité:  $A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$

- commutativité:  $A \cdot B \cdot C = A \cdot C \cdot B$





PrNo 3587  
Aout 5960

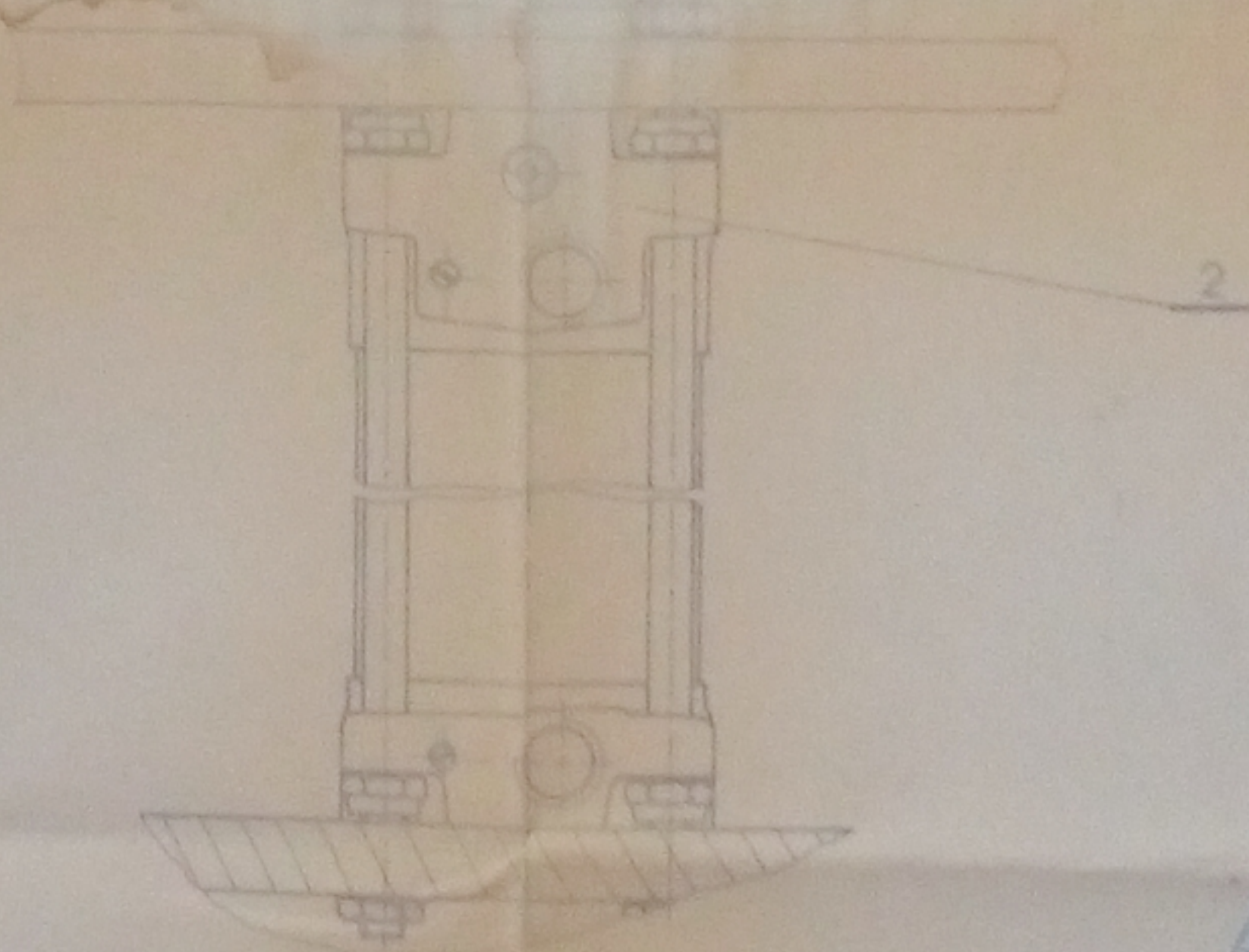
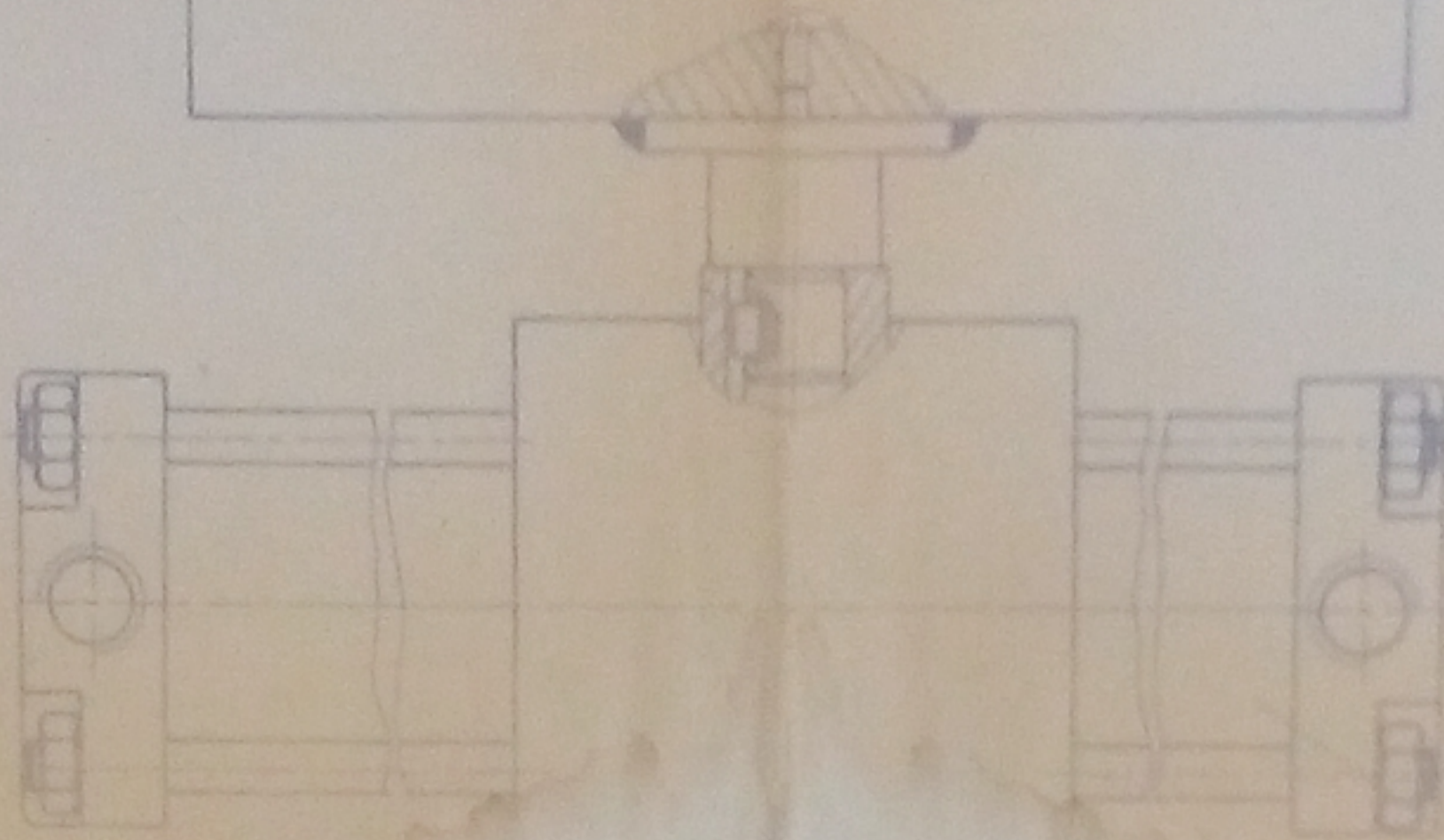
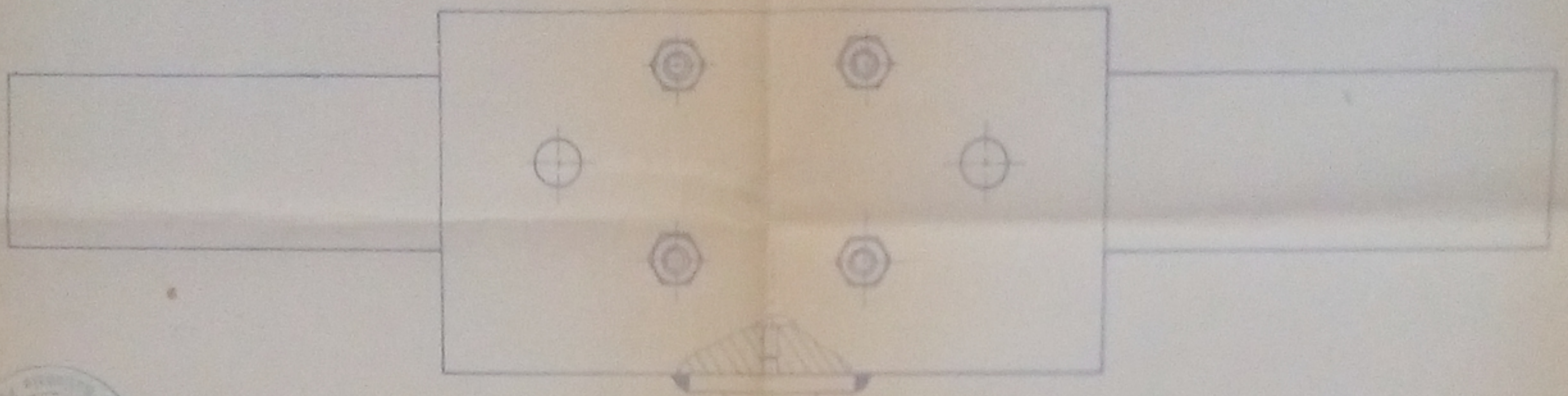


6	PL 2	Disquette (diam 100mm)	02		
5	PL 2	Vernis Pat A 2 x 150 240	01		
4	PL 2	Tige de guidage Ø10	02		A 11
3	PL 2	Micro-ventil C 28 20007	02		
2	PL 2	a.f. support ouvrier 28 1407	02		
1	PL 2	piece	02		A 11
Rp	Ndassin	Designation	Nb	Mat	Observ

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Echelle Masse: 1/1  
 MANIPULATEUR  
 (Date de l'essai: 1960)





PMo 3597  
Avant p. 536)

2	M. r	Verni #40 #2-40-218	04			
1	M. r	verin n°40/42-40-218	04			
Rp	N'dessin	Designation	Nb	Mat.	Observ.	
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE						
Echelle	Matériaux	MANIPULATEUR		E.N.P.		
1/1						



• distributivité de  $\cdot$  + :  $C(A+B) = CA+CB$

cas particulier:  $A \cdot 1 = A$

c). Le complément.

Il est décrit par la table de vérité, avec

A	$\bar{A}$
0	1
1	0

les propriétés suivantes:

•  $A + \bar{A} = 1$

•  $A \cdot \bar{A} = 0$

d). Règles de Demorgan.

• 1<sup>o</sup> règle:  $\bar{A} \cdot \bar{B} = \overline{A+B}$

• 2<sup>o</sup> règle:  $\overline{A+B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$

## A.2 Théorèmes et relations.

a). théorème des constantes.

•  $A+1=1$

$$A+1 = (A+1)1 = (A+1)(A+\bar{A}) = A+1 \cdot \bar{A} = 1$$

•  $A \cdot 0 = 0$

$$A \cdot 0 = A \cdot 0 + 0 = A \cdot 0 + A\bar{A} = A(0+\bar{A}) = 0$$

b). théorème d'absorption.

•  $A+AB = A$

$$A+AB = A(1+B) = A$$

c). théorème des consensus.

•  $AB + \bar{A}C + BC = AB + \bar{A}C$



$$\begin{aligned}
 AB + \bar{A}C + BC \cdot 1 &= AB + \bar{A}C + BC(A + \bar{A}) \\
 &= AB + \bar{A}C + ABC + \bar{A}BC \\
 &= A(B + BC) + C(\bar{A} + \bar{A}B) \\
 &= AB + \bar{A}C
 \end{aligned}$$

d). théorème d'idempotence.

- $A + A = A$

- $A \cdot A = A$

e). fonction ET.

$f = AB$ , produit booléen des variables  $A$  et  $B$ , appelé aussi fonction ET, traduisant le fait que  $f$  vaut 1 si  $A$  et  $B$  valent simultanément 1.

f). fonction OU.

$f = A + B$ , somme booléenne de  $A$  et  $B$ , appelé également fonction OU.  $f$  vaut 1 si  $A$  ou  $B$  valent 1

g). fonction OU exclusif.

$f = \bar{A}B + A\bar{B} = A \oplus B$ , elle traduit le fait que  $f$  vaut 1 si et seulement si  $A$  ou  $B$  vaut 1

h). fonction NOR.

$f = \bar{A} \cdot \bar{B} = \overline{A + B}$ , fonction NON-OU, elle vaut 1 si toutes les variables valent 0.

i). fonction NAND

$f = \bar{A} + \bar{B} = \overline{A \cdot B}$ , fonction NON-ET, elle vaut 1 si A ou B ou les deux valent 0.

B/- Logique combinatoire et séquentielle.

- Le comportement des automatismes à logique combinatoire est fonction des seules variables d'entrées. Ainsi un système à logique combinatoire ne tient compte que de l'état présent des variables.

- Les comportements successifs que doit avoir un automate logique de commande d'un processus séquentiels évoluent en fonction non seulement des informations reçues (variables d'entrées principales) mais aussi des situations antérieures précédemment obtenues (variables secondaires)



## BIBLIOGRAPHIE

1. *Les systèmes automatisés (tome 1)*  
C. Bourbonne, J. Cojean  
Les éditions Foucher 1982
2. *Les automatismes (tome 2)*  
J. Cojean, R. Choppert, L. Thiberville, A. Campa  
Les éditions Foucher 1983
3. *L'automatique par les problèmes (tomes 1 et 2)*  
.R. Chappert, J. Cojean, L. Thiberville  
Les éditions
4. *Techniques de l'ingénieur (revue)*  
Les automatismes pneumatiques (R760)

