

وزارة التعليم و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT DE MÉCANIQUE

# PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Banc d'essai pour l'étude des  
systèmes combinatoires et séquentiels  
pneumatiques

4 PLANCHES

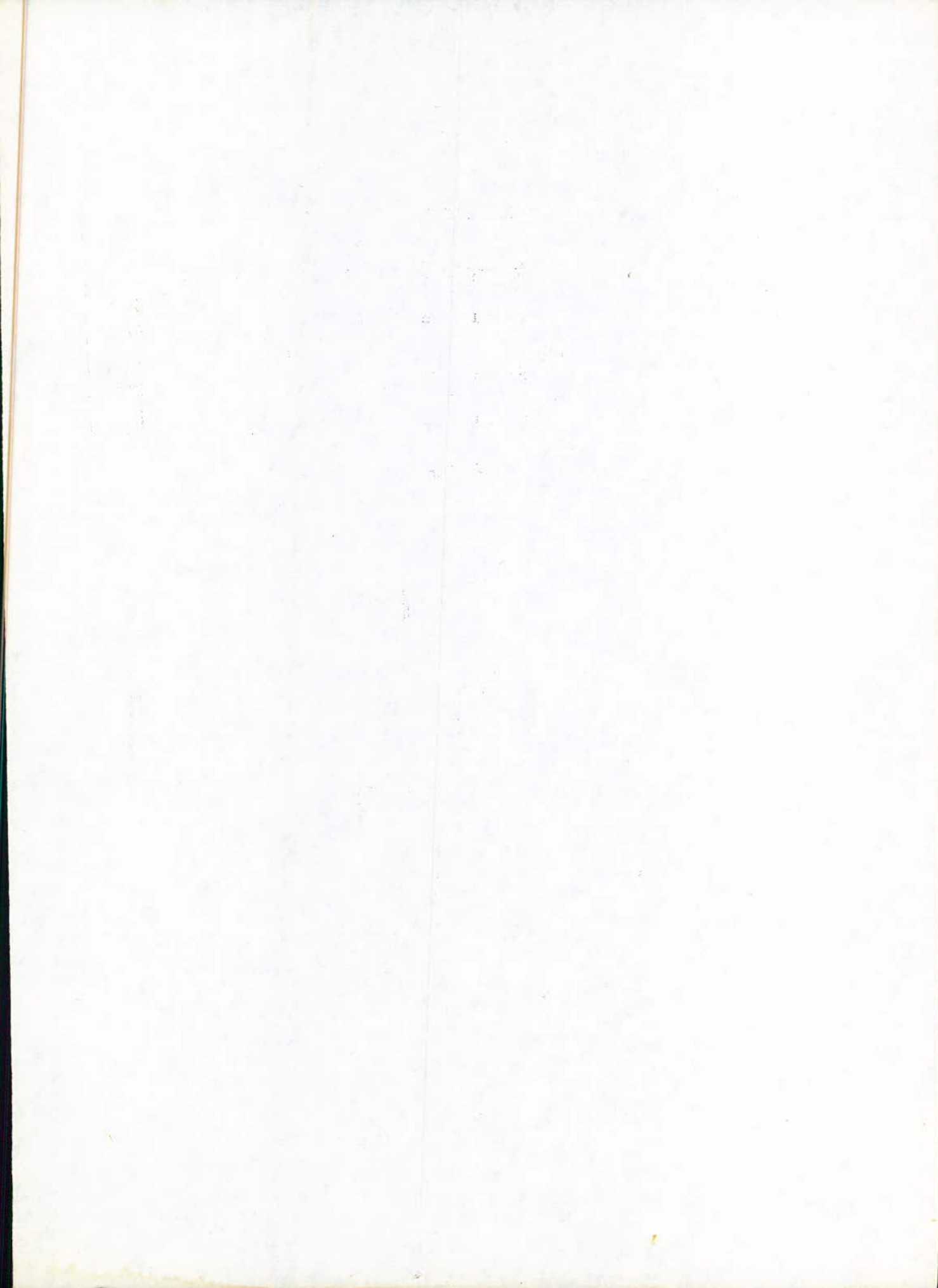
4 PLANCHES

Proposé par :  
M<sup>me</sup> ROBL E.

Etudité par :  
Mr GHILI A.

Dirigé par :  
M<sup>me</sup> ROBL E

PROMOTION : JUIN 1986



وزارة التعليم و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT DE MÉCANIQUE

# PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

**Banc d'essai pour l'étude des  
systèmes combinatoires et séquentiels  
pneumatiques**

Proposé par :  
M<sup>me</sup> ROBL E.

Etudité par :  
Mr GHILI A.

Dirigé par :  
M<sup>me</sup> ROBL E

PROMOTION : JUIN 1986

## REMERCIEMENTS.

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



/)/)INISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

وزارة التعليم العالي  
المدسة الوطنية المتعددة التقنيات

Département : Génie Mécanique

Promoteur : Mme ROBL E.

Elève Ingénieur : GHILLI Abdelkrim

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

فرع الهندسة الميكانيكية

الموجه : السيدة / روبل

الطالب المهندس : غيللي عبد الكريم

الموضوع /

منضدة تجريب لدراسة المنظومات التوافقية والتعاوية الهوائية .

المخلص /

هذا المشروع يخص الدراسات المنطقية الهوائية بنية دراستها على منضدة تجريب بالإضافة الى الطرق العامة لدراسة المنظومات التوافقية التعاقبية الهوائية مع التطرق للنقاط الأساسية لانجاز هذه المنضدة .

SUJET/

Banc d'essai pour l'étude des systèmes combinatoires et sequentiels pneumatiques.

RESUME/

Ce projet s'intéresse aux circuits logiques pneumatiques, pouvant faire l'objet d'une étude en banc d'essai, ainsi qu'aux méthodes générales d'élaboration des systèmes combinatoires et sequentiels pneumatiques, tout en étudiant les points essentiels à la réalisation du banc d'essai.

SUBJECT/

Test bench for the study of the combinative and pneumatic sequential systems.

ABSTRACT/

The project's object is the study of the experimental model of the pneumatic logical circuits and general methods of elaboration, relative to the combinatory and pneumatic sequential systems, while studying the important points to the realisation of the experimental model.

## TABLE DES PLANCHES.

- Planche 01 : Dessin technique du manipulateur.
- Planche 02 : Schéma pneumatique à tiroirs du système formé du manipulateur et de la presse.
- Planche 03 : Schémas pneumatiques, à cellules et à tiroirs, du manipulateur.
- Planche 04 : Schéma de commande à cellules du système formé du manipulateur et de la presse.



# TABLE DES MATIÈRES.

Introduction.....	1
Chapitre premier. — Technologie des fonctions logiques...	3
1.1 Généralités.....	3
1.2 Fonctions logiques de base (logique à tiroirs).....	3
1.3 Fonctions logiques de base (logique à cellules).....	8
1.4 Cellules statiques.....	12
Chapitre II. — Logique combinatoire. Etude d'un additionneur.	14
II.1 Généralités.....	14
II.2 Application au comptage binaire.....	14
Chapitre III. — Logique séquentielle. Méthode d'Huffman.....	18
III.1 Généralités.....	18
III.2 Etats équivalents.....	18
III.3 Etude des systèmes séquentiels.....	18
III.4 système à étudier par la méthode d'Huffman.....	19
III.4.1 Définition du système.....	19
III.4.2 Etablissement de la matrice primitive des états.....	20
III.4.3 Matrice contractée.....	24
III.4.4 Matrice des excitations secondaires.....	22
III.4.5 schémas pneumatiques.....	24
Chapitre IV. — Logique séquentielle. Méthodes intuitives.....	26
IV.1 Généralités.....	26

IV.2 Conventions.....	26
IV.3 Automatismes à cycle géométrique.....	27
<b>Chapitre V. — Cycle en L. Presse à matricer.....</b>	<b>29</b>
V.1 Définition du système.....	29
V.2 Etude du système.....	30
<b>Chapitre VI. — Cycle cubique. Manipulateur.....</b>	<b>34</b>
VI.1 Définition du système.....	34
VI.2 Etude du système.....	34
<b>Chapitre VII. — Etude du système presse + manipulateur.....</b>	<b>39</b>
VII.1 Définition du système.....	39
VII.2 Principe d'étude du système.....	40
<b>Chapitre VIII. — Etude du manipulateur.....</b>	<b>49</b>
VIII.1 Généralités.....	49
VIII.2 Calcul du pignon.....	49
VIII.3 Calcul de l'axe de rotation.....	51
VIII.4 Détermination des dimensions de la pince.....	52
VIII.5 Caractéristiques générales des vérins.....	54
<b>Chapitre IX. — Inventaire du matériel.....</b>	<b>55</b>
IX.1 Généralités.....	55
IX.2 Inventaire du matériel.....	55
<b>Conclusions.....</b>	<b>61</b>

<i>Annexe 1.</i> —	Éléments d'algèbre binaire appliqués aux automatismes.....	63
1.1	Repérage des éléments de commutation .....	63
1.2	Définition des fonctions logiques.....	66
1.3	Simplification des fonctions logiques.....	70
<i>Annexe 2.</i> —	Symboles utilisés.....	72
<i>Bibliographie</i> .....		74



## INTRODUCTION.

Tout circuit d'automatisme comporte des récepteurs (moteurs, relais, vérins), et des dispositifs de commande, contacts ou dispositifs électroniques. En pneumatique, les récepteurs sont généralement des vérins, et les dispositifs de commande des distributeurs.

Dans un circuit pneumatique tous ces éléments, réunis d'une manière à former un ensemble permettant d'atteindre un but déterminé, interviennent sous forme bistable : un vérin est alimenté ou non, un distributeur est actionné ou ne l'est pas ; ainsi on peut convenir de repérer les deux états de chaque élément, respectivement par les chiffres 1 et 0.

Ceci laisse entrevoir la possibilité de traiter les problèmes d'automatisation par l'algèbre logique binaire, celle-ci utilise uniquement deux variables, vraies ou fausses, auxquelles on associe arbitrairement les symboles 0 et 1 du système de numération binaire, en outre, les fonctions logiques dépendantes des variables binaires, seront représentées par des tables de vérités.

Dans le cadre de ce projet, on s'intéressera aux circuits logiques pneumatiques pouvant faire l'objet d'une étude en banc d'essai. Notre choix s'est porté sur des systèmes présentant un intérêt dans leur richesse, car effectivement, leur étude fait intervenir des connaissances théoriques indispensables à une étude plus étendue de l'Automatique.

Ainsi, cet ouvrage où une large part est réservée aux méthodes générales d'élaboration, les différents chapitres peuvent se répartir en quatre divisions principales.

La première concerne les éléments de base qui doivent permettre de s'initier de façon méthodique à la réalisation des fonctions logiques de base; en effet, il nous a paru essentiel, avant d'aborder les théories abstraites de la logique de familiariser l'étudiant qui n'a pas reçu de formation préalable à l'emploi des distributeurs et des cellules pneumatiques dans les commandes automatiques.

La deuxième traite des méthodes de logique combinatoire et séquentielle; elle se propose de conduire l'étudiant à résoudre les problèmes de logique séquentielle par le moyen le plus élaboré, la méthode matricielle d'Huffman; ceci implique l'étude de l'algèbre binaire de Boole, des simplifications de Karnaugh, et surtout de l'entraînement à traduire en diagrammes et tableaux les conditions d'un énoncé.

Cette méthode convient au traitement d'automatismes comportant un nombre réduit de variables d'entrée, elle n'est pas directement utilisable à la résolution de la plupart des problèmes industriels. La troisième partie est consacrée, sous le nom de méthodes intuitives, à l'examen des possibilités de simplification du processus, de décomposition du sujet à traiter, d'étude d'enchaînements de séquences, pour pouvoir aboutir rapidement aux expressions algébriques qui définissent l'automatisme.

Dans la quatrième partie nous avons envisagé les conditions de réalisation du banc d'essai, en suggérant des solutions concernant la fixation des éléments mobiles et la conception du manipulateur.

Nous espérons la réalisation de ce banc d'essai dans un futur immédiat, ce qui permettra de convaincre l'étudiant de l'importance de l'aide que l'emploi des méthodes logiques peut apporter à l'ingénieur dans l'élaboration d'un projet d'automatisation.



## Chapitre I

# TECHNOLOGIE DES FONCTIONS LOGIQUES

### I.1 Généralités

Pour matérialiser les différentes fonctions logiques, autrement dit, pour préparer l'exécution d'un dispositif logique, on a le choix entre une grande diversité de techniques très variées, telles que les relais électromagnétiques, les bobines magnétiques, les techniques électroniques à diodes, à transistors, à circuits intégrés ou les différents types de logique pneumatique.

Dans de nombreuses applications industrielles, ces différentes techniques restent concurrentielles : les relais électromagnétique et les cellules pneumatiques dynamiques sont les plus employés dans les automatismes courants ; les transistors, les circuits intégrés, les cellules statiques pneumatiques, par leur fiabilité et leur faible encombrement, ont leur place dans les réalisations complexes ; par leur fabrication en très grande série ils deviennent plus compétitifs et tendent à intervenir de plus en plus dans les équipements courants. Dans les applications spéciales l'électronique s'impose pour sa rapidité de commutation, le pneumatique, pour son fonctionnement correct en milieu explosif ou ionisé.

Toutefois, l'étude des automatismes relève des méthodes générales qui s'appliquent indifféremment à toutes les technologies et n'anticipent nullement sur les techniques à utiliser.

Pour ce qui est de la logique pneumatique, il convient avant tout de définir les fonctions logiques de base, en mettant en évidence les possibilités de réalisation à l'aide de cellules et d'éléments à tiroirs.

### I.2 Fonctions logiques de base (logique à tiroirs)

Il est à signaler, que pour un circuit pneumatique, le récepteur est

généralement un vérin qui constitue la variable de sortie, qui est égale à 1, lorsque le vérin est sous pression ; il est sous pression quand il se déplace et même lorsque, arrivé à fin de course, il reste immobile. D'autre part, on attribue à un distributeur le chiffre 1 lorsqu'il est actionné, et le chiffre 0 dans le cas contraire.

### I.2.1 Fonction OUI

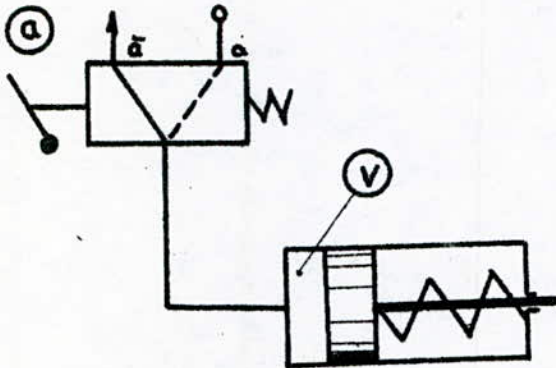


Fig. I.1

Equation du circuit :

$$V = a$$

Il faut agir sur le levier pour mettre la chambre V du vérin en pression. Si a est à l'état technologique 1, V est à l'état 1.

$$V = 1 \quad \text{si } a = 1$$

$$\text{et } V = 0 \quad \text{si } a = 0.$$

### I.2.2 Fonction NON

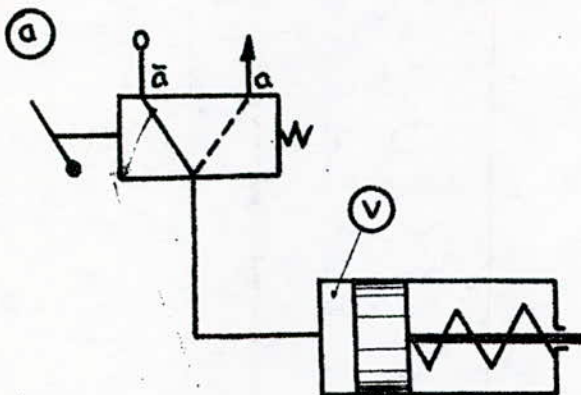


Fig. I.2

Equation du circuit :

$$V = \bar{a}$$

La chambre V est en pression si on n'exerce pas d'action sur le levier.

$$V = 1 \quad \text{si } a = 0$$

$$\text{et } V = 0 \quad \text{si } a = 1.$$

### I.2.3 Fonction OU

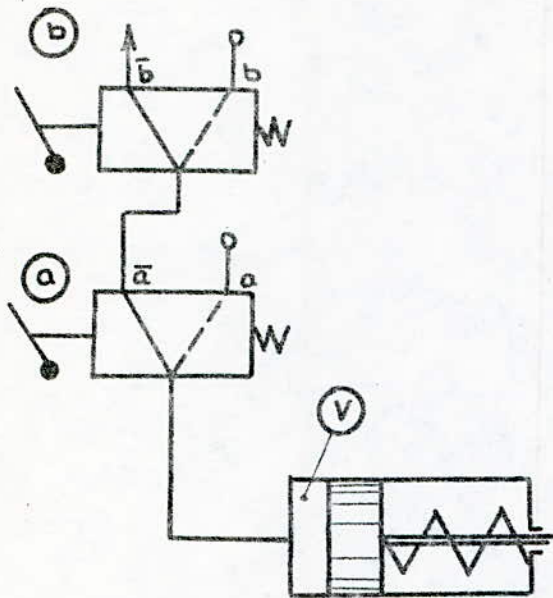


Fig. I.3

Equation du circuit:

$$V = a + b$$

- Si l'on actionne le distributeur a seul, le vérin V est alimenté.
  - Si l'on actionne le distributeur b seul, le vérin V est alimenté.
  - Si l'on agit sur les deux simultanément le vérin V est alimenté.
- Ce schéma (fig. I.3) réalise une fonction OU.

### I.2.4 Fonction ET

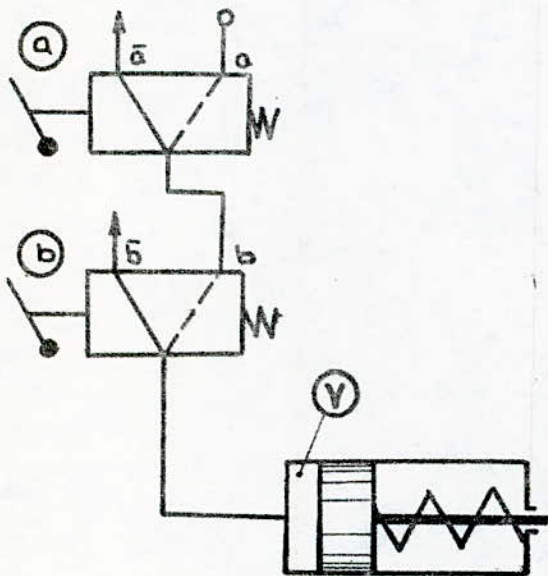


Fig. I.4

Equation du circuit:

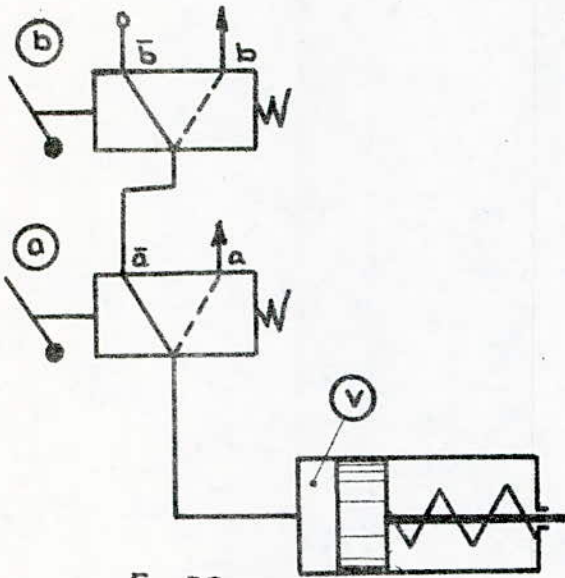
$$V = a \cdot b$$

Le vérin V est alimenté si l'on agit simultanément sur les deux distributeurs a et b

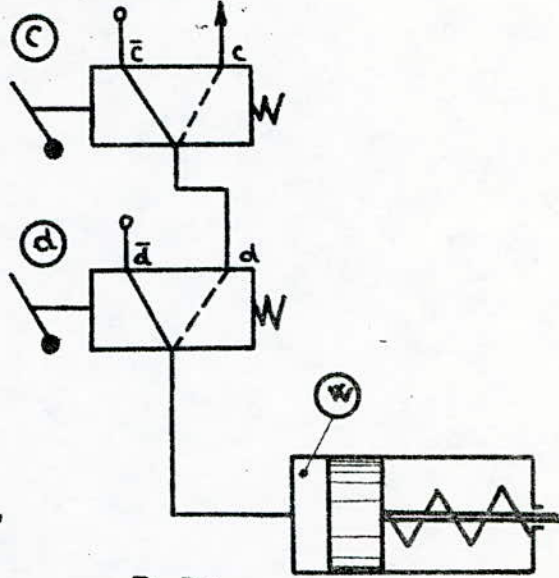


### I.2.5 Fonctions NI et NAND

Les schémas correspondant aux fonctions NI (fig. I.5) et NAND (fig. I.6) découlent directement de ce qui a été vu plus haut.



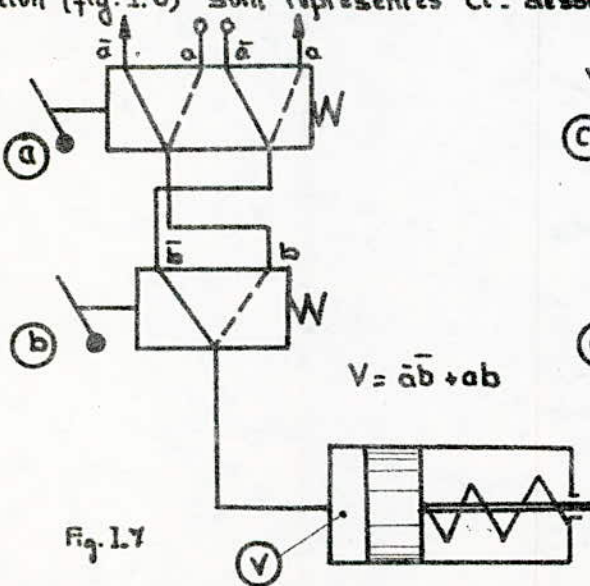
$$V = \bar{a} \cdot \bar{b}$$



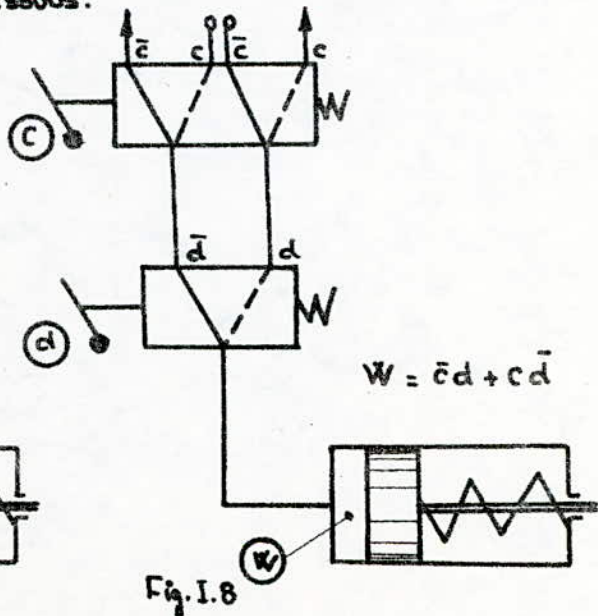
$$W = \bar{c} + \bar{d}$$

### I.2.6 Disjonction et conjonction de deux variables

Les schémas correspondant aux fonctions conjonction (fig. I.7) et disjonction (fig. I.8) sont représentés ci-dessous.



$$V = \bar{a}\bar{b} + ab$$



$$W = \bar{c}d + c\bar{d}$$

### I.2.7 Fonction d'entretien. Mémoire.

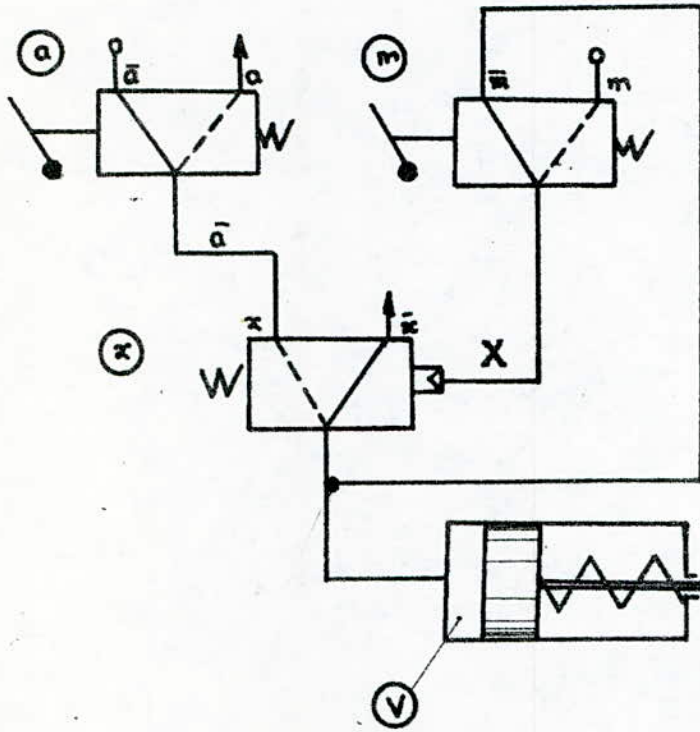


Fig.I.9

Une impulsion sur m provoque la mise sous pression du vérin, une impulsion sur a en provoque le délestage. Les équations du circuit sont :

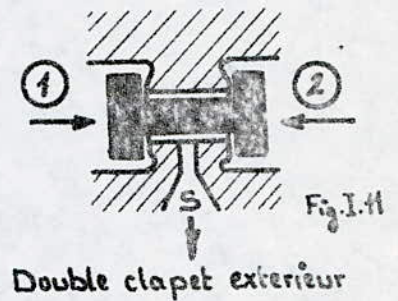
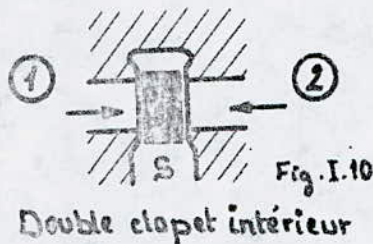
$$V = x\bar{a}$$
$$X = m\bar{a} + \bar{a}x$$

X étant la fonction qui actionne la variable secondaire x ; dans notre cas X correspond à l'alimentation du pilote.

### I.3 Fonctions logiques de base (logique à cellules).

La tendance actuelle est de substituer des installations à cellules aux installations à distributeurs, pour des raisons d'économie et de plus faible encombrement. Les constructeurs de tous les pays livrent des cellules correspondant aux fonctions logiques de base : OUI - NON - ET - OU - IN (inhibition).

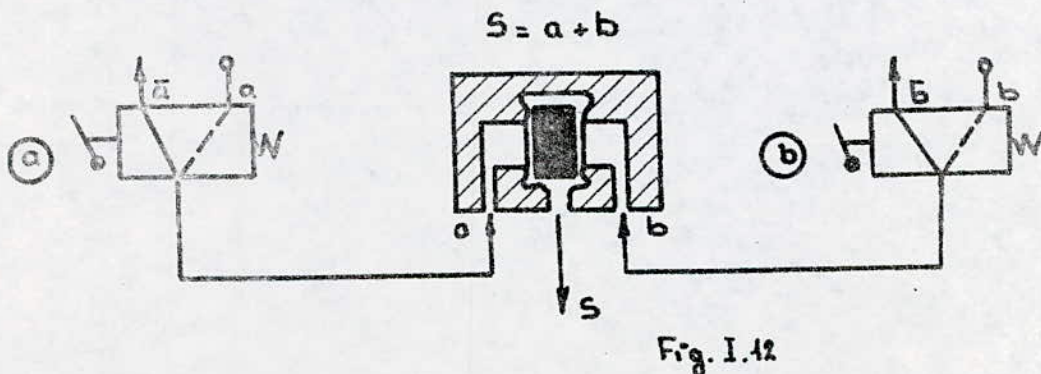
Les principes de commutation adoptés s'inspirent des clapets à billes qui se retrouve dans presque toutes les cellules, quelles que soient les technologies adoptées.



Dans les deux cas : en (1) et (2) (arrivée d'air comprimé), signaux de commande ; en (S) (sortie d'air comprimé) signal de sortie.

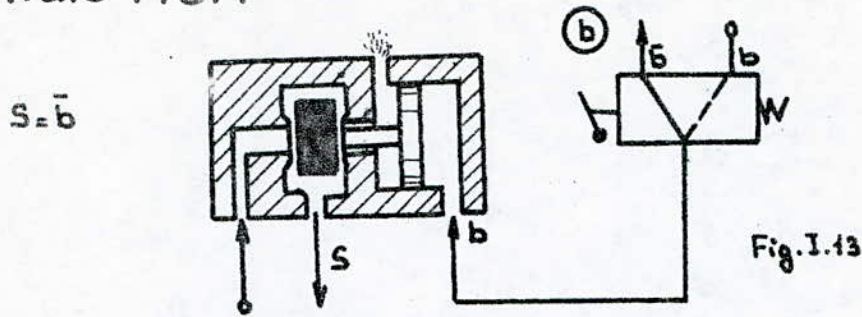
#### I.3.1 Double clapet intérieur (fonctions OU - NON - IN)

##### Cellule OU



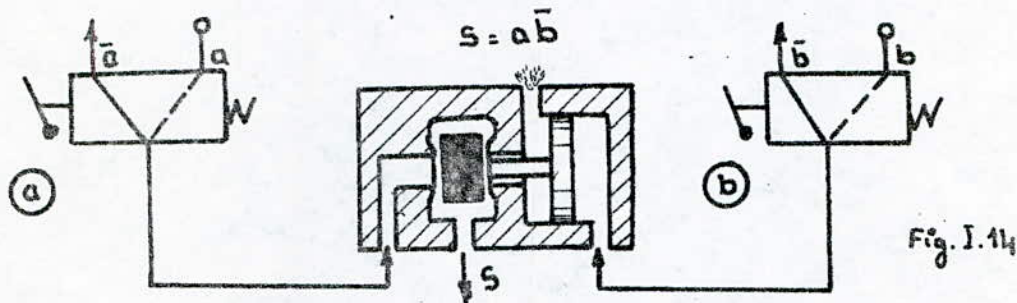


### Cellule NON



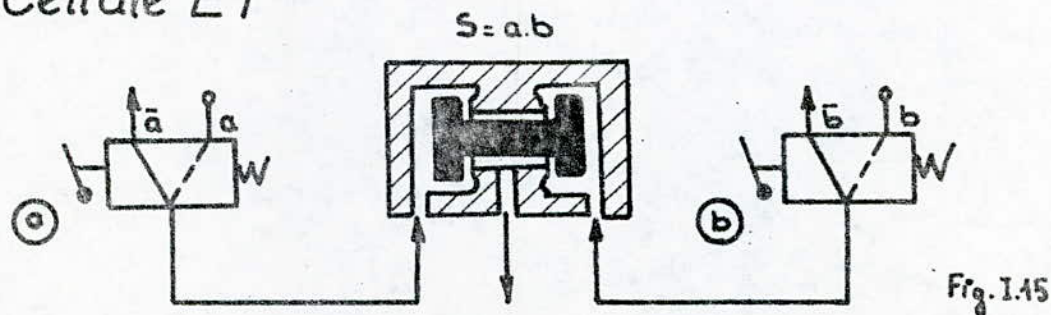
Ce type de cellules, dites actives, sont destinées à régénérer la pression de l'air comprimé ; car, lorsque les schémas sont compliqués, la pression de l'air comprimé peut diminuer par suites des pertes de charges le long des canalisations ou du laminage qui peut se produire lors du passage dans les distributeurs et les cellules.

### Cellule IN



### I.3.2 Double clapet extérieur (fonctions .ET. OU)

#### Cellule ET



## Cellule OUI

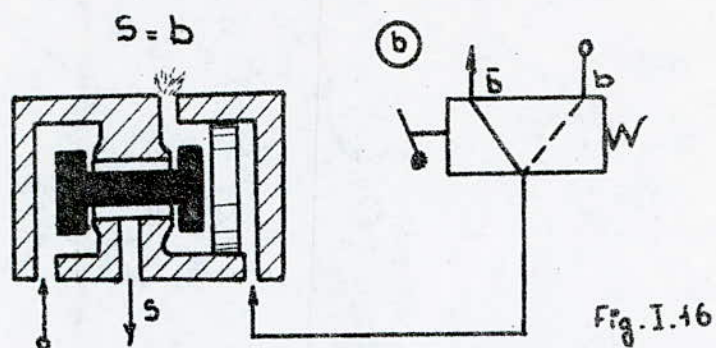


Fig. I.16

Indiquant seulement pour mémoire les cellules licence ARO (fig. I.17); et les cellules à membranes, qui fonctionnent sous pression réduite (0,5 à 3 bars), et qui sont principalement utilisées dans les pays de l'est.

## Cellules ARO

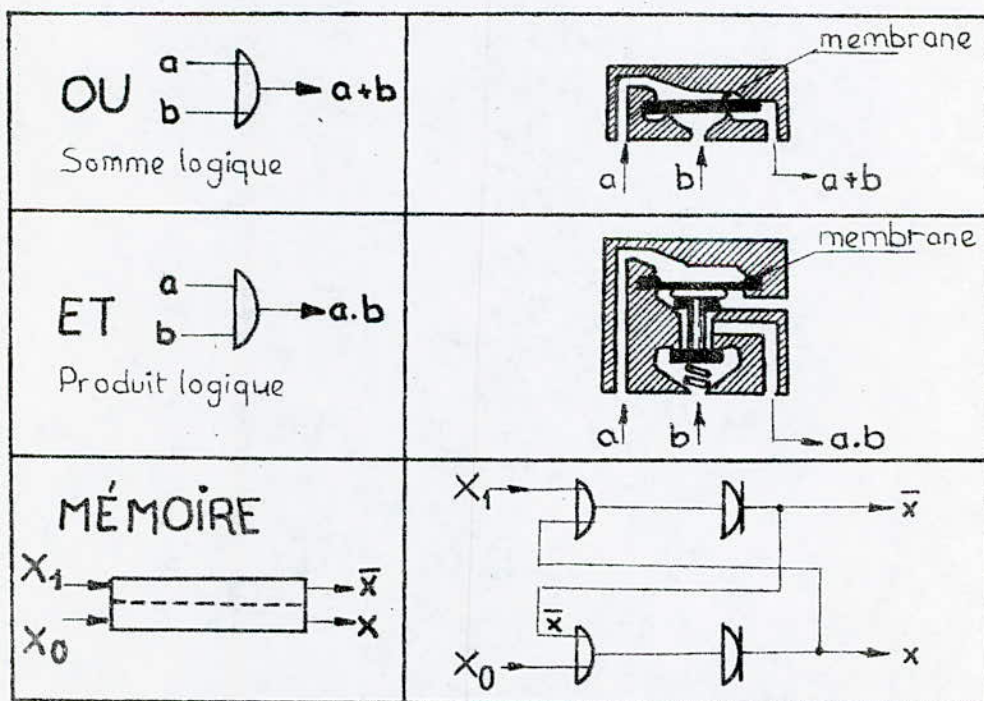
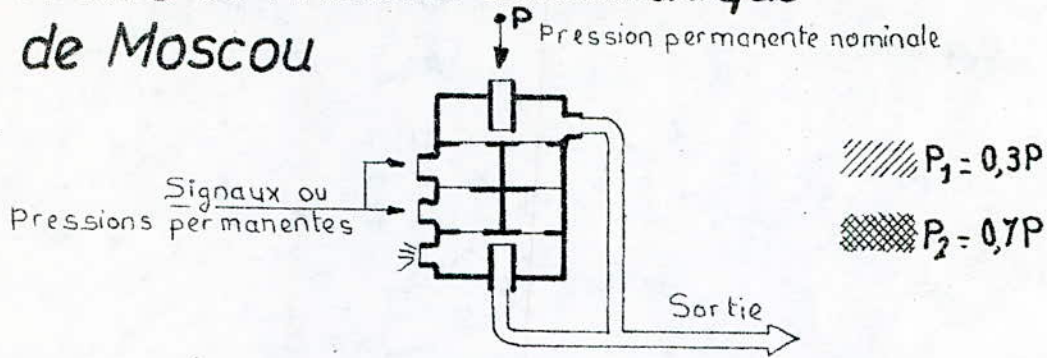


Fig. 1.17



# Cellules de l'institut automatique de Moscou



<p><b>OUI</b> <math>a \rightarrow a</math></p> <p>Régénération</p>	
<p><b>NON</b> <math>a \rightarrow \bar{a}</math></p> <p>Inversion</p>	
<p><b>OU</b> <math>a, b \rightarrow a+b</math></p> <p>Somme logique</p>	
<p><b>ET</b> <math>a, b \rightarrow a.b</math></p> <p>Produit logique</p>	
<p><b>MÉMOIRE</b></p> <p><math>X_1 \rightarrow \bar{x}</math></p> <p><math>X_0 \rightarrow x</math></p>	

Fig. I.10

Cellule polyvalente à 3 membranes différentielles.

Pour clore cette étude sur les cellules pneumatiques, on va consacrer quelques lignes à un autre type de cellules, faisant intervenir une technique tout à fait différente de celles vues plus haut. Ces cellules portent le nom de cellules statiques.

### I.4 Cellules statiques

Le souci d'établir des logiques pneumatiques à faible encombrement et à grande fiabilité a conduit à la mise au point de cellules sans organes mobiles, les unes à turbulence, les autres à effet Coanda:

Principe des cellules à turbulence: Un jet d'air émis par une buse B, s'écoule normalement vers une sortie S, sauf si une canalisation perpendiculaire a ou b introduit une perturbation; cette cellule constitue une porte NI (fig. I.19).

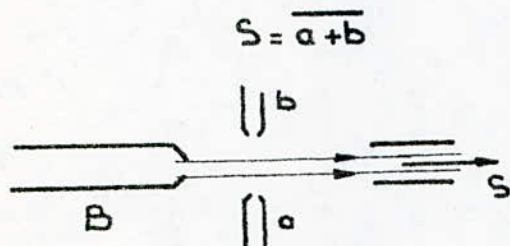


Fig. I.19

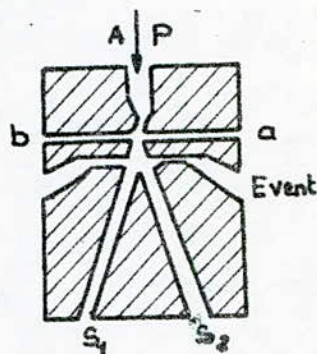


Fig. I.20

Principe des cellules à effet Coanda: Un jet de fluide sortant d'une tuyère, à proximité d'une paroi latérale, a tendance à s'infléchir vers celle-ci; c'est l'effet Coanda, ou effet de paroi. Considérons un système de canalisations symétriques (fig. I.20); en l'absence de signal de commande, le jet issu de la tuyère s'attache indifféremment à l'une ou à l'autre des parois et emprunte l'un des canaux de sortie S<sub>1</sub> ou S<sub>2</sub>; l'application d'un signal bref en a ou en b provoque le basculement du jet sur la paroi opposée, impose la sortie par S<sub>1</sub> ou par S<sub>2</sub>. Cette cellule symétrique constitue une mémoire à double pilotage.

Porte NI-OU: la cellule est dissymétrique, en l'absence de signal de commande le fluide passe de A vers X; si la pression est appliquée à l'un des canaux de commande a, b, c, d, le fluide sort par Y; la cellule réalise



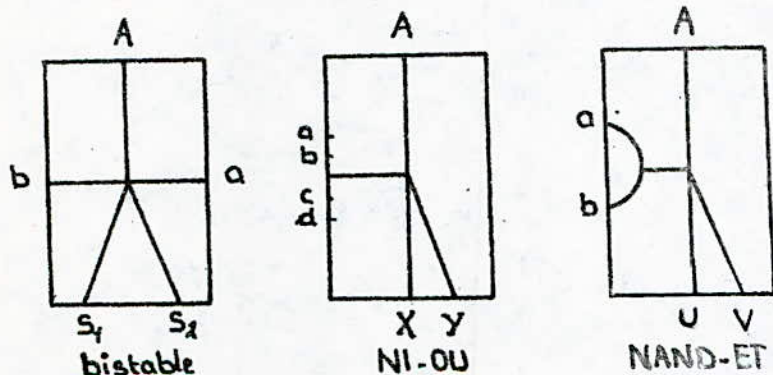
ainsi suivant la sortie les deux portes NI, OU :

$$X = \overline{a+b+c+d}$$
$$Y = a+b+c+d$$

**-Porte ET-NAND** : la cellule est dissymétrique ; le fluide passe de A vers U en l'absence de signal de commande, il n'est dévié vers V que si la pression est appliquée simultanément sur les deux canaux de commande a et b ; la cellule réalise ainsi, suivant la sortie, les deux portes ET, NAND

$$U = \overline{a \cdot b}$$
$$V = a \cdot b$$

Pour représenter ces cellules, on préfère utiliser les symboles suivants :



Ces composants sont en verre ou en céramique, ils peuvent être utilisés en modules séparés ou en ensembles intégrés.

## Chapitre II

# LOGIQUE COMBINATOIRE ÉTUDE D'UN ADDITIONNEUR

### II.1 Généralités

On entend par automatismes à logique combinatoire, des automatismes dans lesquels l'état de la grandeur de sortie dépend uniquement de l'état présent des grandeurs d'entrée. Le dipôle de la grandeur de sortie s'exprime en fonction des seules grandeurs d'entrée.

Le système le plus intéressant, nous semble-t-il, à étudier dans le cadre de ce chapitre, est celui qui permet d'additionner deux nombres binaires de trois chiffres ; un tel système met en évidence un autre aspect d'utilisation des systèmes logiques.

### II.2 Application au comptage binaire

Pour additionner deux nombres A et B écrits en code binaire, l'opération peut être posée de la façon suivante :

retenue	$r_n$	$r_{n-1}$	$r_2$	
nombre A	—	$a_n$	—	$a_1$
nombre B	—	$b_n$	—	$b_1$
Somme S		$S_n$	$S_2$	$S_1$

Premier terme : de la table de vérité (fig. II.1), on tire les équations suivantes :

$$S_1 = a_1 \bar{b}_1 + \bar{a}_1 b_1$$

$$r_1 = a_1 b_1$$

Table de vérité

$a_1$	$b_1$
0	0
0	1
1	1
1	0

$S_1$	$r_1$
0	0
1	0
0	1
1	0

Fig. II.1

*Terme de rang n*: Les relations sont établies à partir de la table de vérité et des matrices, en supprimant les indices, pour simplifier l'écriture, et en remplaçant  $r_{n-1}$  par  $r$  et  $r_n$  par  $R$ .

$$S = r(ab + \bar{a}\bar{b}) + \bar{r}(\bar{a}b + a\bar{b})$$

$$R = ab + r(a\bar{b} + \bar{a}b)$$

a	b	r
0	0	0
0	0	1
0	1	1
0	1	0
1	1	0
1	1	1
1	0	1
1	0	0

S	R
0	0
1	0
0	1
1	0
0	1
1	1
0	1
1	0

S	a		
r	0	1	1
	0	1	0
	1	0	1

R	a		
r	0	1	1
	0	0	1
	0	1	1

Fig. II.2

L'expression de  $S$  comporte une disjonction et une conjonction  $U$ :

$$t = a \oplus b = a\bar{b} + \bar{a}b$$

$$U = a \odot b = ab + \bar{a}\bar{b} \quad \text{or} \quad U = \bar{t}$$

$$S = r\bar{t} + \bar{r}t = r \oplus t$$

$S$  se présente sous la forme d'une disjonction.

Envisageons les différentes formes de la disjonction  $Z = x \oplus y$

$$Z = x \oplus y = x\bar{y} + \bar{x}y$$

$$Z = x \odot y = \frac{x\bar{y} + \bar{x}y}{x\bar{y} + \bar{x}y} = (x+y)(\bar{x}+\bar{y}) = (x+y)\bar{x}\bar{y}$$



on appelle demi- addeur (fig. 11.3) un élément qui à partir de deux variables binaires  $x$  et  $y$ , fournit les deux grandeurs de sortie suivantes:

$$Z = x \oplus y = (x+y)\bar{x}y \quad ; \quad P = xy.$$

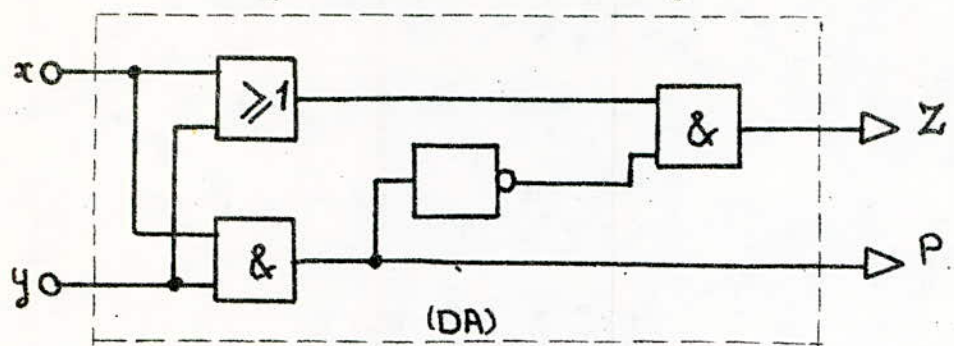
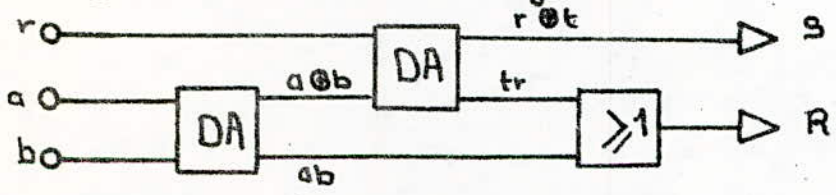


Fig. 11.3

demi- addeur

Au moyen de deux demi- addeurs, et d'une fonction réunion, il est possible de réaliser un addeur, qui effectue la somme de deux termes  $a$  et  $b$  de rang  $n$ , et du reste  $r$  de rang  $n-1$ .



$$\begin{aligned} t &= a \oplus b \\ S &= r \oplus t \\ R &= ab + tr \end{aligned}$$

Fig. 11.4

Il est ainsi possible d'établir à partir de ces deux mêmes éléments le schéma du dispositif permettant d'additionner deux nombres binaires de trois chiffres (fig. 11.5):

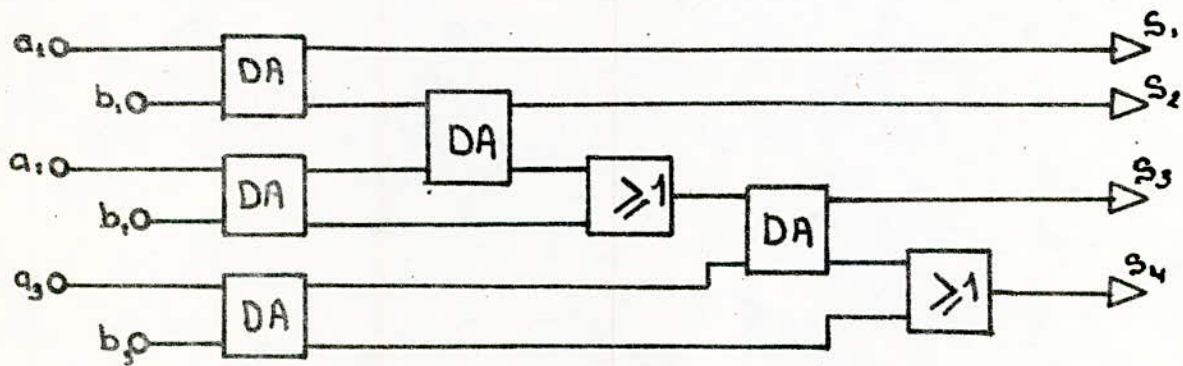
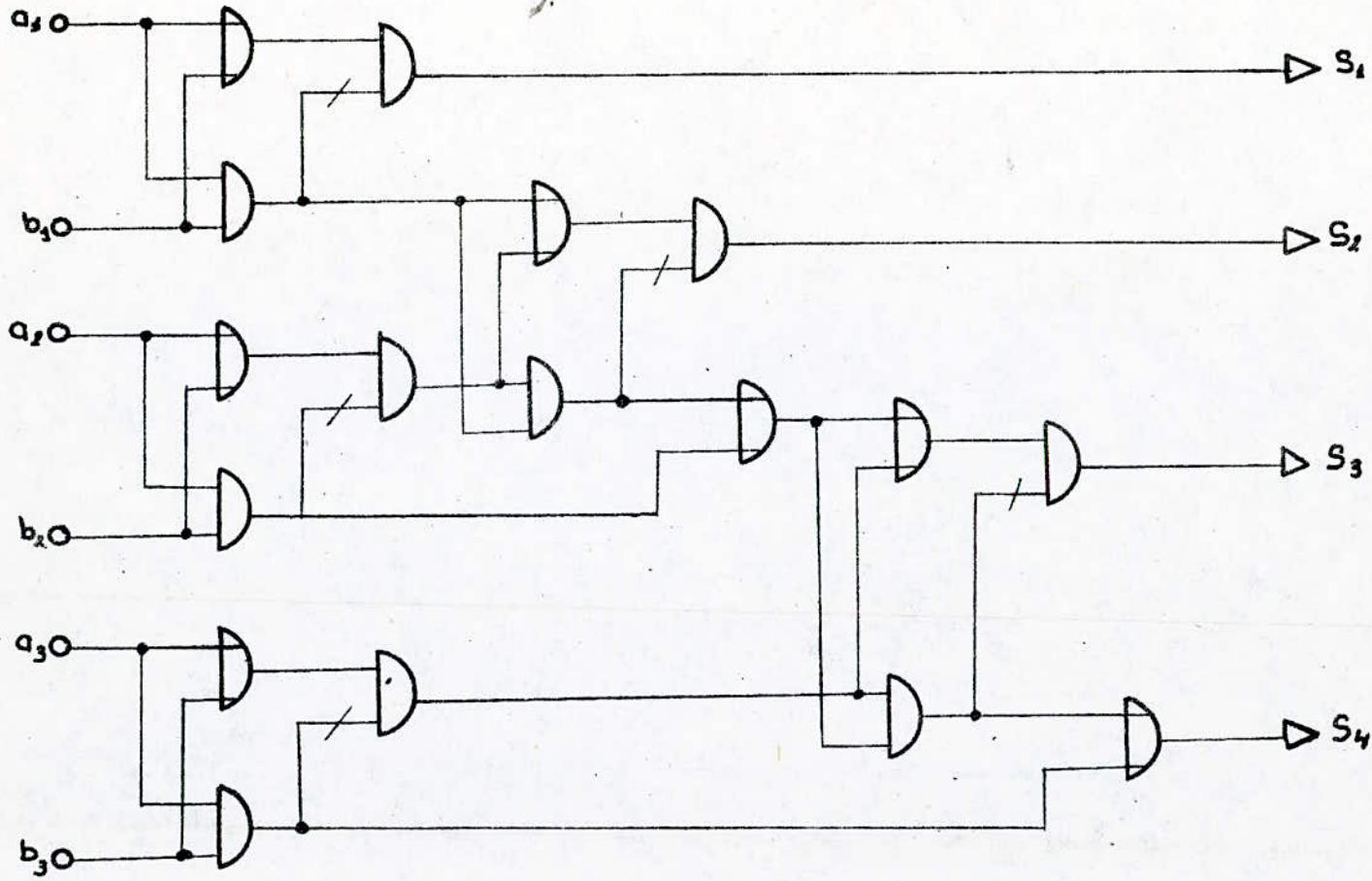


Fig. 11.5.

Le schéma pneumatique correspondant est représenté par la figure 11.6 (le schéma à tiroirs n'offre aucun intérêt).



Schema de commande par cellules

Fig. 11.6



## Chapitre III

# LOGIQUE SÉQUENTIELLE METHODE D'HUFFMAN

### III.1 Généralités

Si l'état d'un circuit combinatoire était uniquement déterminé en connaissant l'état de ses entrées, la valeur actuelle de l'état de sortie d'un circuit séquentiel est fonction des états de ses entrées, mais aussi des états antérieurs des sorties ; autrement dit, en logique séquentielle, deux états sont différents, si, bien que correspondant à la même combinaison des variables d'entrée, ils définissent des sorties différentes. On les différencie par l'introduction de variables secondaires ou mémoires, dont l'état diffère pour les deux phases considérées et dont la mise en service dépend des états antérieurs ; il en résulte que des états limitrophes, bien que paraissant équivalents, diffèrent par l'état des variables secondaires.

### III.2 Etats équivalents

Deux états d'un équipement sont équivalents, si, pour la même combinaison des variables d'entrées, ils définissent les mêmes grandeurs de sortie et si, à partir de chacun deux, la même modification d'une variable d'entrée donne le même résultat à la sortie. Il en découle que deux états équivalents donnent les mêmes valeurs de sortie et correspondent aux mêmes combinaisons des variables d'entrée et des variables secondaires.

### III.3 Etude des systèmes séquentiels

Les problèmes de logique séquentielle se caractérisent par le mode de détermination des variables secondaires ; on distingue deux méthodes :

- la méthode d'Huffman, dans laquelle le tableau des phases, ou mieux le diagramme des transitions est transcrit en une matrice primitive des états, dont l'étude par contradiction, fait apparaître les tableaux de Karnaugh qui permettent de définir les mémoires et les grandeurs de sortie ;
- les méthodes dites intuitives, dans lesquelles, à l'examen des



combinaisons à différencier, les variables secondaires sont directement mises en place sur le diagramme des transitions. Le problème est ainsi ramené, tant pour les variables secondaires que pour les grandeurs de sortie, à une étude de logique combinatoire.

### III.4 Système à étudier par la méthode d'Huffman

Le système, qui nous semble le plus intéressant et le plus démonstratif, à étudier dans le cadre des systèmes à logique séquentielle, est le suivant :

#### III.4.1 Définition du système

Notre système est constitué d'un vérin V à simple effet, et de deux boutons poussoirs m et a actionnés à la main.

Initialement, ni a, ni m, ne sont actionnés ; V étant à l'échappement. Pour mettre V en marche, il faut d'abord agir sur a, puis sur m. Le vérin V démarre quelle que soit la durée de l'appui sur m, et il est sous pression même si on n'agit plus sur a ; il s'arrête lorsqu'on agit de nouveau sur a même si m est maintenu.

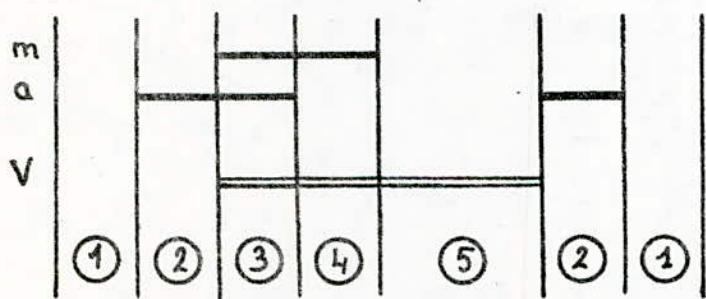


tableau des phases  
(a)

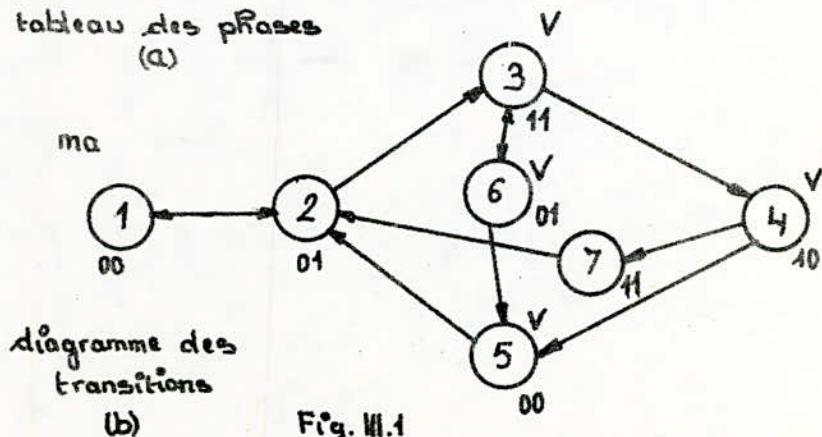


diagramme des transitions  
(b)

Fig. III.1

Etablisssons successivement le diagramme des phases relatif au fonctionnement courant (fig. III. 1a), correspondant à une impulsion prolongée sur m, et le diagramme des transitions (fig. III. 1b), sur lequel s'ajoutent les phases (6) et (7) relatives à :

- une impulsion sur m et un appui prolongé sur a.
- une impulsion sur a et m étant maintenu.

Toutes les possibilités de passage d'un état au suivant sont précisées par des flèches.

## I.4.2 Etablissement de la matrice primitive des états

Tout le fonctionnement du système est résumé dans le diagramme des transitions; il peut encore être défini dans un tableau dit matrice primitive des états (fig. III. 2) comportant autant de colonnes que de combinaisons possibles entre les variables (soit 4), autant de lignes que de phases (7). Chaque état du diagramme des transitions est représenté par son numéro circulé, dans une case de chacune des lignes de la matrice; en marge la grandeur de sortie V est caractérisée par sa valeur correspondante 0 ou 1; la liaison d'un état au suivant est désignée par le numéro non circulé de l'état transitoire qui définit la modification. Le temps transitoire placé sur la ligne de l'état stable précédent, est toujours affecté du même numéro, mais non circulé, que l'état stable qui suit; il définit sur la matrice le sens de la liaison entre deux états stables, sans qu'il soit nécessaire de flécher.

m	a				V
(1)	2				0
1	(2)	3			0
	6	(3)	4		1
5		7	(4)		1
(5)	2				1
5	(6)	3			1
	2	(7)			0

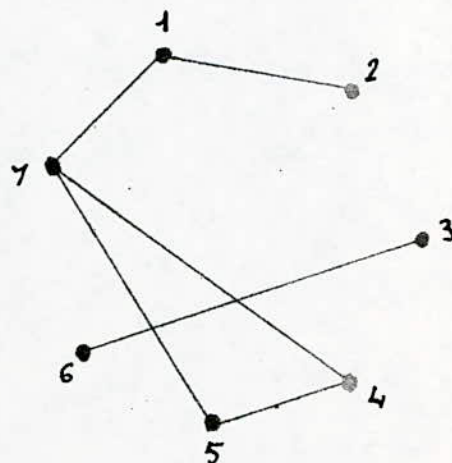


Fig. III. 2



Cette matrice primitive peut être réduite par fusion des lignes deux à deux, à condition que les cases numérotées de l'une correspondent dans l'autre à des cases vides, ou affectées du même numéro; ainsi la ligne (1) ne peut fusionner avec (3), (4), (5), (6) mais avec (2) ou (7). Pour analyser les possibilités de fusion, il est commode d'établir le polygone des liaisons: on répartit sur une circonférence les numéros des phases, et l'on joint par un trait les numéros de lignes susceptibles de fusionner; le polygone ainsi formé met en évidence la possibilité de plusieurs associations, dont le minimum est de trois groupements:

1-2; 3-6; 4-5-7

En conséquence, la matrice contractée est constituée de quatre lignes.

### III.4.3 Matrice contractée

- Composition des lignes: Pour la simplicité de l'expression finale, il est intéressant d'associer dans les mêmes groupements les états stables qui correspondent aux mêmes fonctionnements. Cette raison conduit à adopter les associations suivantes:

3-6; 4-5; 1-2; 7

la composition complète, états stables et transitoires, de chacune des quatre lignes, désignées provisoirement par a, b, c, d est la suivante:

Ligne a	5	(6)	(3)	4
" b	(5)	2	7	(4)
" c	(4)	(2)	3	
" d		2	(7)	

- Ordre des lignes, adjacences: L'ordre des lignes doit être choisi de façon que chaque état stable affecté de transitoires sur d'autres lignes soit adjacent de l'un au moins de ces transitoires.

Examinons chaque colonne du tableau en vue de déterminer les lignes adjacentes:

colonne	1	adjacence a-b
"	2	ordre indifférent
"	3	adjacence a-c et b-d
"	4	adjacence a-b

En traduisant ces adjacences sur un petit diagramme en a, b, c et d (fig. III.3a), nous voyons qu'il est possible d'envisager une permutation circulaire c, a, b, d qui respecte ces adjacences.



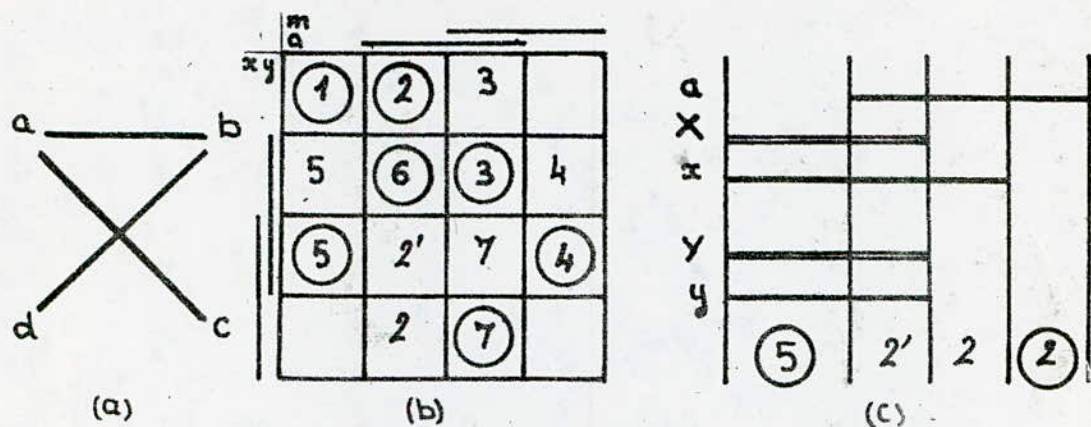


Fig. III.3

La première ligne de la matrice contractée correspond au repos des variables secondaires; il y a en général intérêt à la faire correspondre à l'état de repos de l'équipement; ce qui justifie l'ordre adopté pour la matrice contractée (fig. III.3b).

### III.4.4 Matrice des excitations secondaires

Pour obtenir la matrice de l'excitation  $X$ , nous remplissons le tableau de Karnaugh correspondant, affectant de 1 ou 0 les cases relatives aux états stables selon la valeur de  $x$ , et en affectant chaque états transitoire de la valeur de l'état stable qui suit. Une difficulté se présente dans la transition (5) - (2), qui s'opère par l'intermédiaire de deux transitoires  $2'$  ( $x = y = 1$ ) et  $2$  ( $x = 1, y = 0$ ), avec l'interdiction de l'intermédiaire  $x = 0, y = 1$  qui correspond à un état stable (6). Le diagramme des phases (fig. III.3c), relatif à cet enchaînement met en évidence les valeurs de  $X$  et  $Y$  pour chacun des deux transitoires:

transitoire 2	$X = 0$	$Y = 0$
transitoire 2'	$X = 1$	$Y = 0$

Ce diagramme justifie la règle qui dit que, dans le cas où un enchaînement se fait par la succession de plusieurs transitoires dans un ordre imposé, chaque état transitoire est affecté de la même excitation que l'état stable qui suit, ou que l'état suivant s'il était considéré comme un état stable.

X	m		
x y	0	0	0
	1	0	0
	1	1	1
		0	1

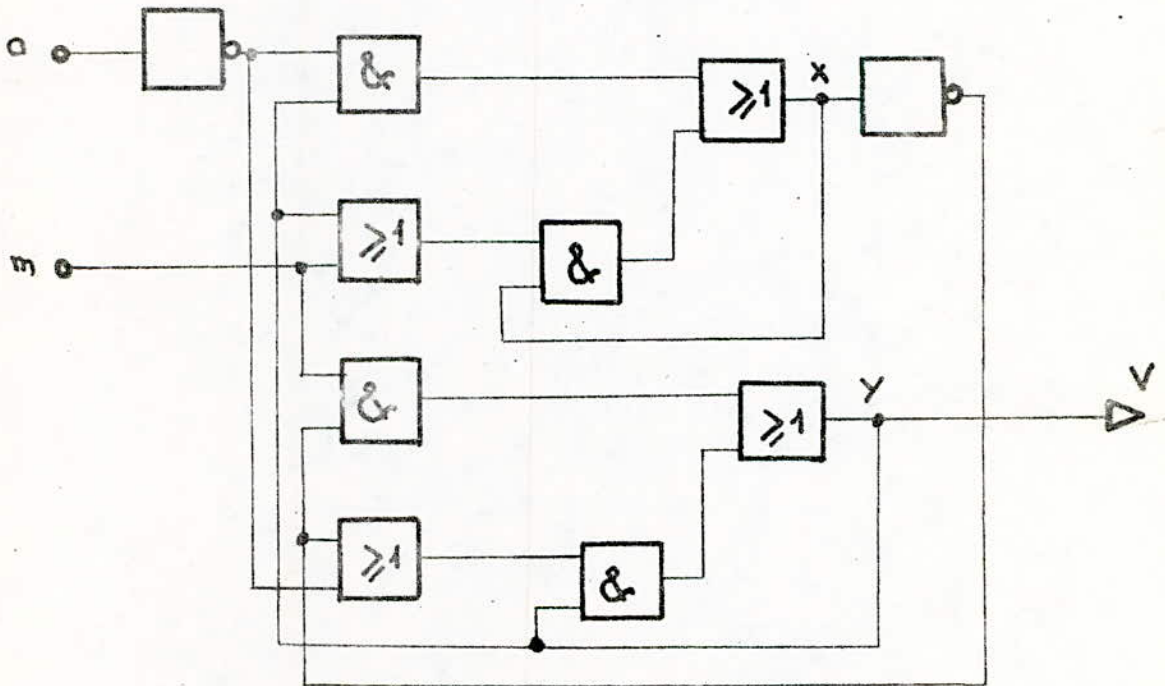
$$X = y\bar{a} + xy + mx$$

Y	m		
x y	0	0	1
	1	1	1
	1	0	0
		0	0

$$Y = y\bar{x} + y\bar{a} + \bar{z}m$$

V	m		
x y	0	0	
		1	1
	1		1
			0

$$V = y$$



logigramme

Fig. III.4



### III.4.5 Schémas pneumatiques

#### - Schéma à tiroirs

Pour établir le schéma correspondant, on dispose de plusieurs possibilités, cependant, celle qui nous semble la plus appropriée, est celle qui utilise deux relais avec auto-alimentation, ceci permet en outre de mettre en évidence un autre aspect de la fonction mémoire.

Ainsi, cette fonction qui peut être toujours ramenée sous la forme :

$$X = M + \bar{A}x$$

M représente l'ordre de mise en service,  
A " l'ordre d'arrêt,  
 $\bar{A}$  " les conditions de maintien;

peut être considérée comme un élément, qui délivre une valeur de sortie égale à 1 dans l'intervalle de temps qui sépare deux impulsions distinctes, dont l'une (M) assure le fonctionnement, l'autre (A) l'arrêt. D'autre part, en utilisant un distributeur 4 voies - 5 orifices à double pilotage, on peut disposer de deux rampes; quand l'une est sous pression, l'autre est à l'échappement; ceci dit, l'une des rampes s'identifiera à x et l'autre à  $\bar{x}$ , ce qui permet d'éliminer la nécessité d'une fonction NON.

Les fonctions mémoires établies plus haut sont:

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

$$Y = m\bar{x} + y(\bar{x}\bar{a})$$

D'après ces équations, on constate que les ordres de mise en service et d'arrêt, présentent un caractère disjonctif, ceci élimine tous risques de contradiction des effets; c'est-à-dire, que les ordres de mise en service et d'arrêt ne peuvent se présenter simultanément. Ainsi on obtient le schéma pneumatique ci. suite (fig. III.5).

#### - Schéma à cellules

Le schéma pneumatique de commande correspondant au système étudié, peut être réalisé à l'aide de cellules ET, OU et NON (fig. III.5).



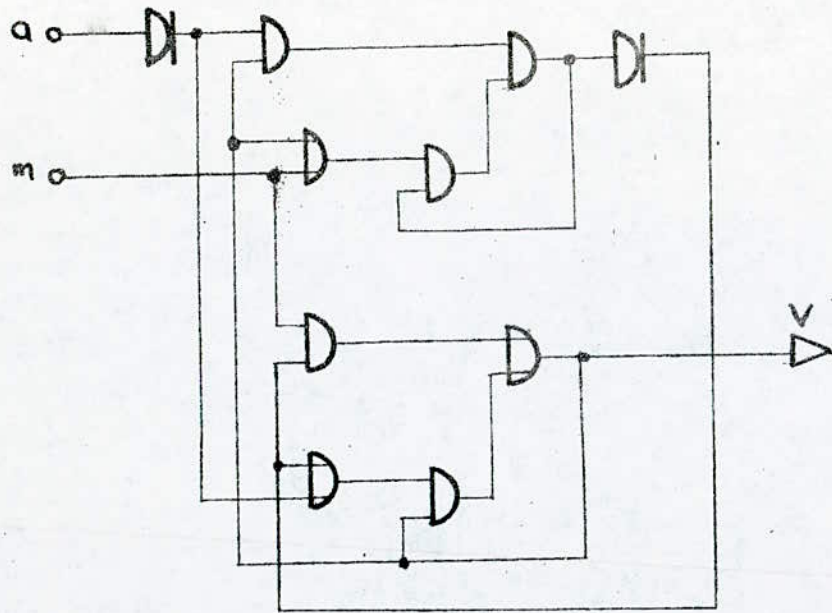


Schéma de commande à cellules

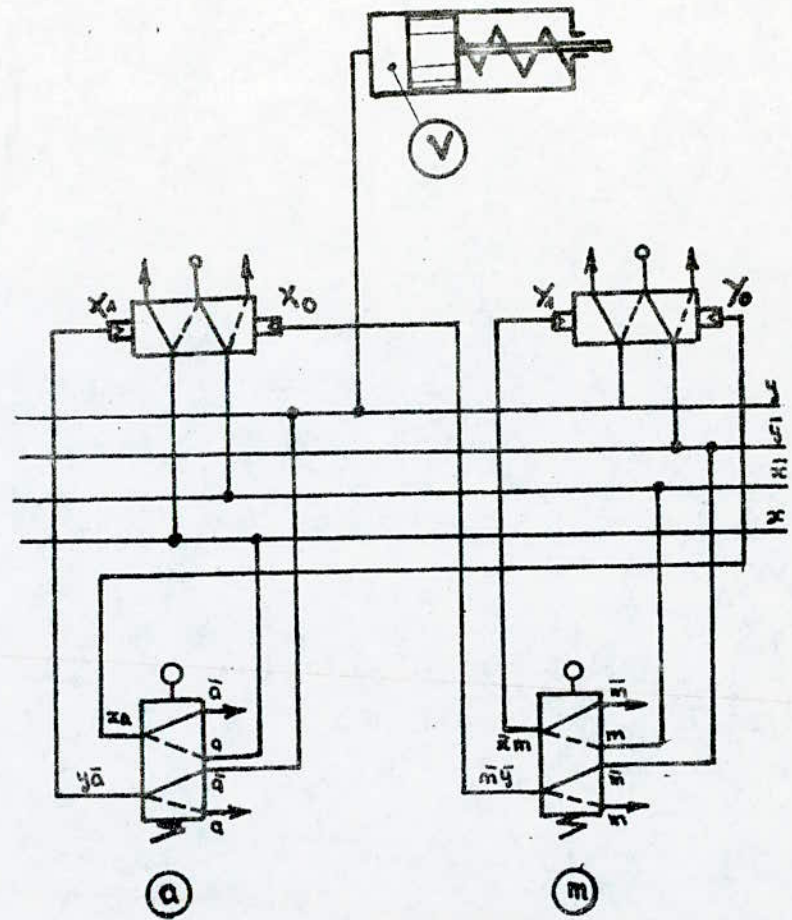


Schéma pneumatique à tiroirs.

Fig. III.5

## Chapitre IV

# LOGIQUE SÉQUENTIELLE MÉTHODES INTUITIVES

### IV.1 Généralité

La méthode d'Huffman de traitement des circuits, exposée au chapitre précédent, conduit dans tous les cas à la solution comportant le nombre le plus réduit de variables secondaires; elle constitue parfois, pour un automatisation simple, une méthode un peu lourde, elle devient impraticable dès que le nombre des variables d'entrée dépasse quatre.

On appelle intuitives, des méthodes qui à partir de remarques sur les diagrammes qui analysent le fonctionnement, permettent d'élaborer plus rapidement la solution, soit en définissant à priori seulement la zone d'action des variables secondaires, soit même en élaborant directement les expressions de ces variables. Ces méthodes peuvent être considérées comme des raccourcis de la méthode d'Huffman, elle sont moins précises, mais plus rapides, elles permettent l'analyse d'un nombre plus élevé de variables d'entrée, elle se prêtent bien à l'étude d'automatismes formés d'une succession de mouvements.

Dans ce qui va suivre, nous allons étudier un certain nombre de systèmes; qui d'une part, peuvent être facilement réalisés dans un banc d'essai, et d'autre part se prêtent très bien à l'étude par des méthodes intuitives; mais, avant cela, il est plutôt indiqué d'énoncer conventions et définitions, afin d'éviter toutes confusions.

### IV.2 Conventions

Dans la plupart des applications industrielles, les variables d'entrée sont généralement des distributeurs à 2 voies 3 orifices et à rappel par ressort; les variables de sortie, des vérins à double effet commandés par des distributeurs de puissance à double pilotage.

Considérons un vérin à double effet (A), alimenté par un distributeur à double pilotage et actionnant deux distributeurs à 2 voies 3



orifices » pour les deux fins de course (fig. IV.1).

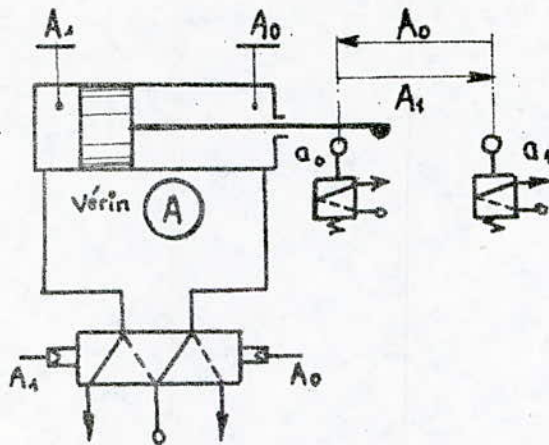


Fig. IV.1

- la chambre côté borgne du vérin est notée (A<sub>1</sub>) cerclé, ou souligné: A<sub>1</sub>
  - la chambre côté tige du vérin est notée (A<sub>0</sub>) cerclé, ou souligné: A<sub>0</sub>
- les pilotes correspondants sont désignés par A<sub>1</sub> et A<sub>0</sub> (non cerclés). Une action sur le pilote A<sub>1</sub> doit provoquer le mouvement A<sub>1</sub>; une action sur le pilote A<sub>0</sub> doit provoquer le mouvement A<sub>0</sub>.

D'autre part, on désigne par a<sub>1</sub> le distributeur correspondant à la tige sortie; par a<sub>0</sub> le distributeur correspondant à la tige rentrée.

### IV.3 Automatismes à cycle géométrique

On désigne sous le nom d'automatismes à cycle géométrique des enchainements successifs de plusieurs mouvements aller et retour, associés à des contacts de fin de course; les combinaisons des déplacements peuvent être représentés par des figures géométriques qui définissent le type de l'automatisation: cycle carré, cycle en L, cycle en U, dans le cas de deux mouvements, cycle cubique dans le cas de trois mouvements, cycles polygonaux dans le cas de plus de trois mouvements.

Le diagramme représentatif de la succession des mouvements qui dans la pratique peuvent avoir une direction quelconque, s'établit en adoptant des axes orthogonaux. Chaque segment du diagramme représente un déplacement; chaque sommet correspond à une combinaison des contacts qui provoque le passage d'un mouvement au suivant.

L'automatisme correspondant est de type combinatoire dans le cas où le polygone ne comporte que des sommets simples, il est de type séquentiel si le polygone comporte au moins un sommet double susceptible de caractériser suivant sa place dans le cycle, des mouvements différents.



Dans le cas d'automatismes, comportant des vérins à double effet, commandés par des distributeurs de puissance à double pilotage, il est plus simple de représenter les combinaisons des déplacements par l'ordre chronologique d'excitation des pilotes correspondants, qui comporte sous une forme ramassée tous les renseignements du diagramme de fonctionnement.

## Chapitre V

# CYCLE EN L. PRESSE À MATRICER

### V.1 Définition du système

On se propose d'étudier un système, qui peut parfaitement simuler le fonctionnement d'une presse automatique, dont les fonctions principales sont: le matriçage de l'ébauché et l'éjection de celle-ci. Le poinçon est entraîné par un vérin (M) à double effet, en repos en position haute (fig.V.1); le matriçage effectué, un autre vérin (E) éjecte la pièce matriçée. Les mouvements se succèdent en cycles répétés, dans l'ordre suivant: descente puis remontée de la presse, éjection de la pièce et retour du vérin; en outre, le cycle ne peut débuter que si deux capteurs m et p sont actionnés.

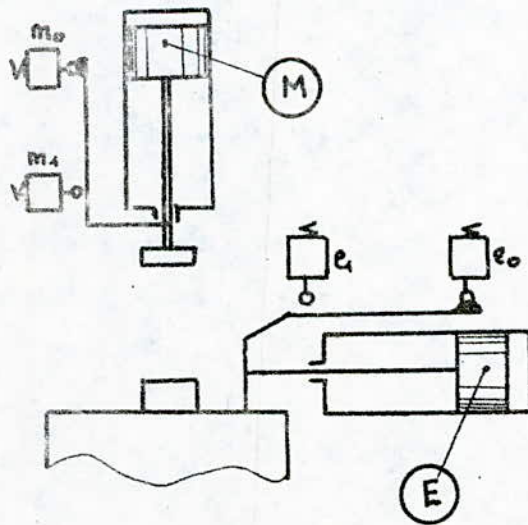


Fig.V.1

## V.2 Etude du système

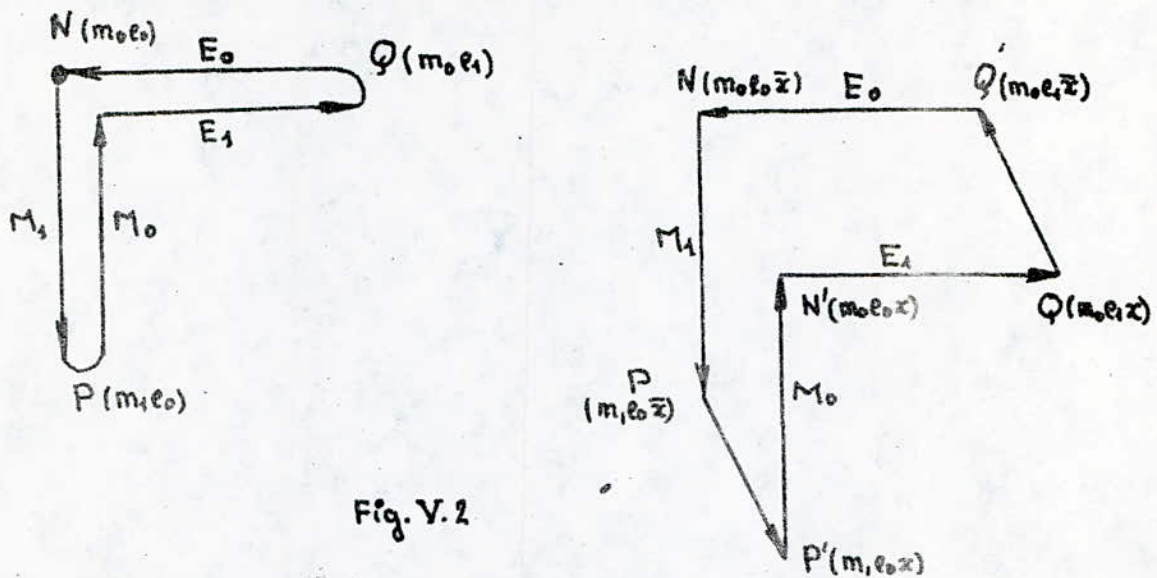


Fig. V.2

Les mouvements sont représentés par le diagramme en L (fig. V.2). Ce diagramme comporte un point double  $N$ , il ne peut être traité par la logique combinatoire.

Nous sommes conduits à introduire une variable complémentaire  $X$  qui est choisie de façon à dédoubler le diagramme sur deux plans correspondant respectivement à  $X=0$  et  $X=1$ , et ainsi à supprimer le point double. Le cycle dédoublé  $N, P, P', N', Q, Q'$ , peut être traité par les méthodes de la logique combinatoire. Les segments  $PP'$  et  $QQ'$  correspondent aux changements de valeur de la variable ; leurs expressions  $PP' = m_1e_0$ ,  $QQ' = m_0e_1$ , correspondent aux impulsions qui provoquent la mise sous pression et l'arrêt de  $X$  ; sur ce diagramme les impulsions peuvent être définies plus simplement :  $PP' = m_1$ ,  $QQ' = e_1$ .

- Equations logiques : les expressions suivantes correspondent à l'emploi d'une mémoire à double pilotage à auto-alimentation, et, pour chaque vérin un distributeur de puissance à double pilotage.

$$\begin{aligned} M_1 &= m_1 e_0 \bar{x} \\ M_0 &= x \\ E_1 &= m_0 x \\ E_0 &= \bar{x} \\ X_1 &= m_1 \\ X_0 &= e_1 \end{aligned}$$



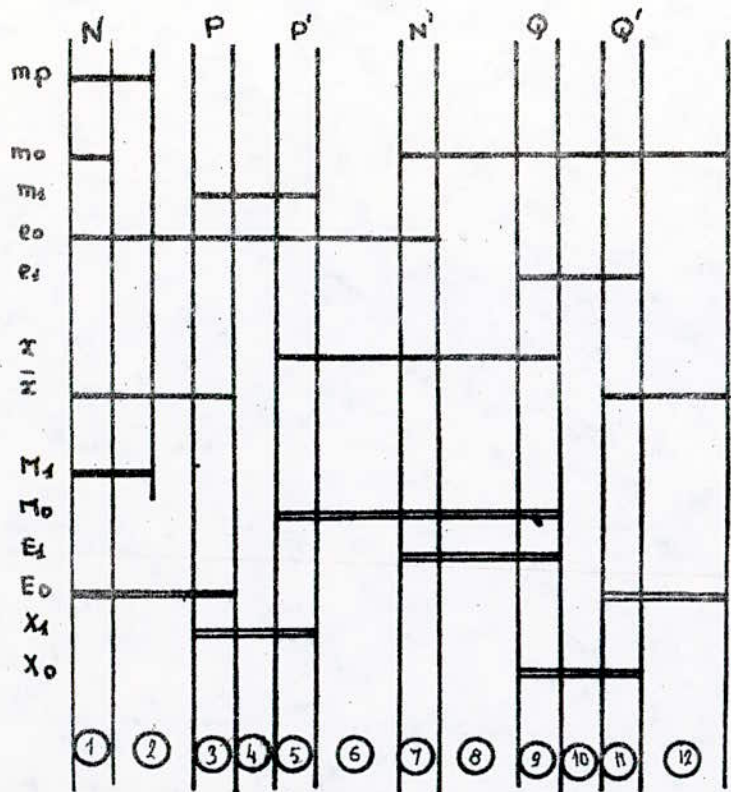
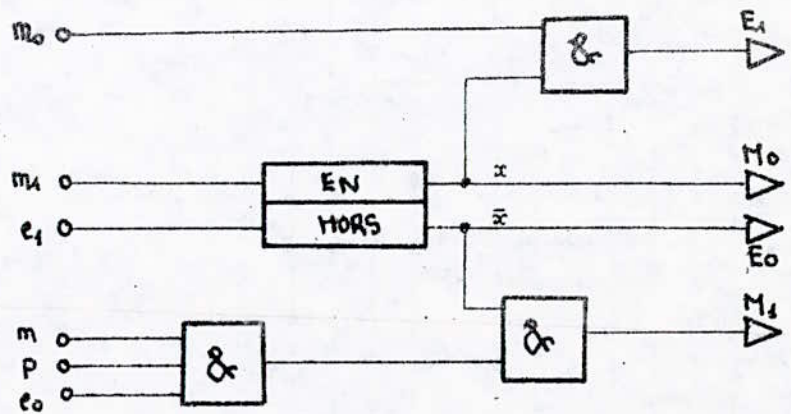


diagramme des phases.



logigramme

Fig. V.3

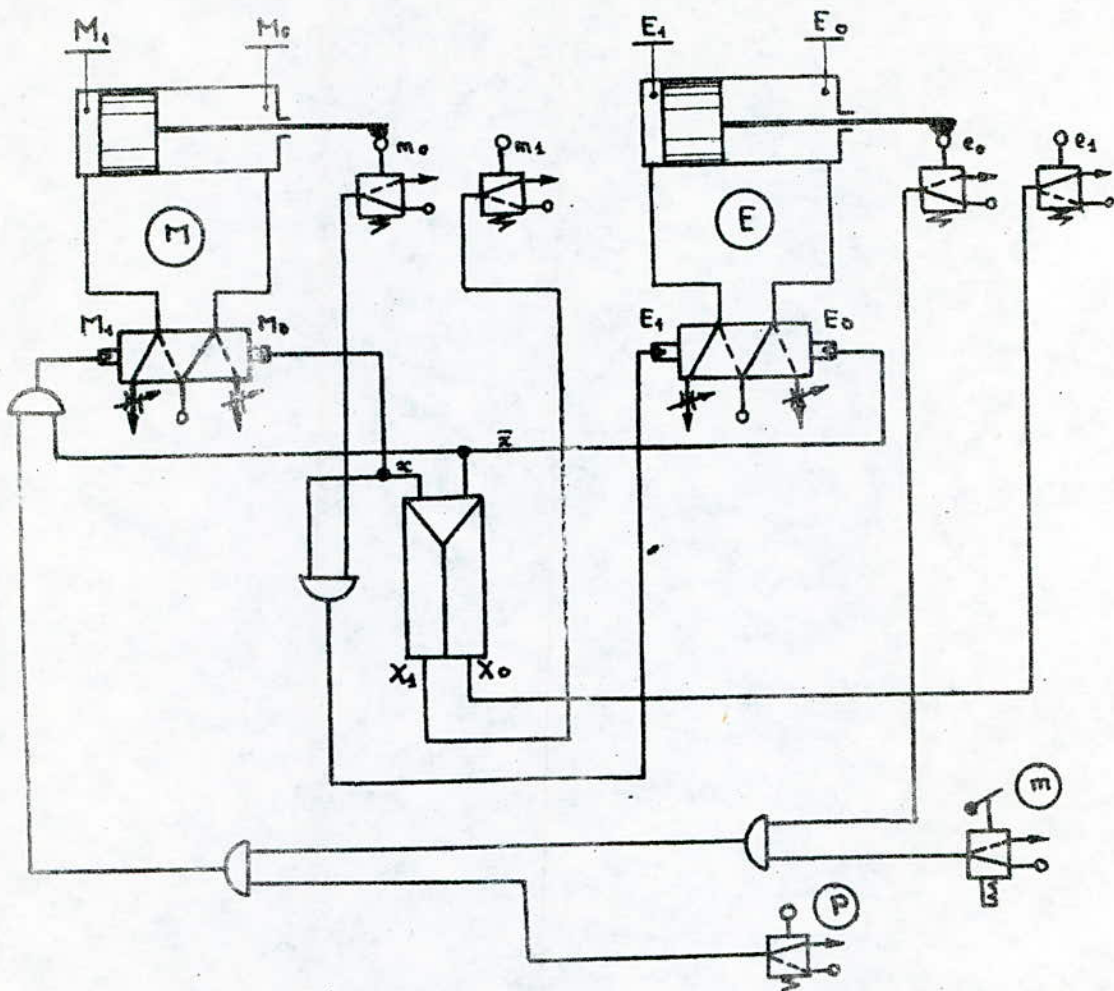


Schéma à cellules.  
Fig. V.4

Programme de fonctionnement

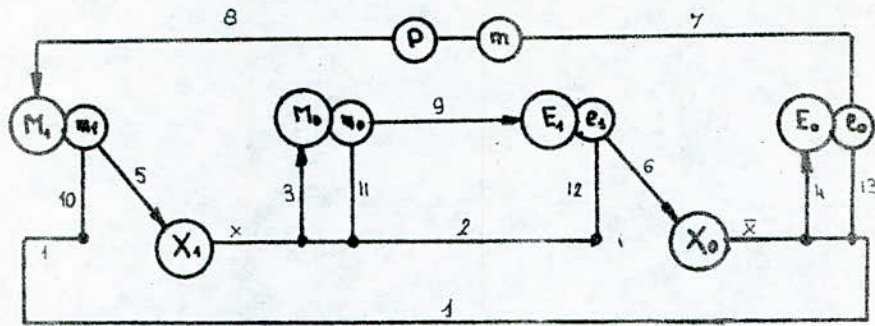
Pour obtenir le schéma pneumatique avec des éléments mobiles ; il est plus commode, d'établir tout d'abord, le programme de fonctionnement du système considéré.

Le programme de fonctionnement est avant tout, une schématisation des états successifs du fonctionnement ; il définit le processus de fonctionnement.

Dans un programme, on rencontre de grands cercles, de petits cercles et des flèches ; les grands cercles symbolisent les pilotages, les petits les capteurs, les flèches les actions pneumatiques sur les pilotages ; l'accouplement d'un grand cercle avec un petit symbolise l'action mécanique de la came sur le capteur.

Le programme de fonctionnement, correspondant au système étudié est représenté figure V.5, ainsi que le schéma pneumatique à tiroirs.





Programme de Fonctionnement.

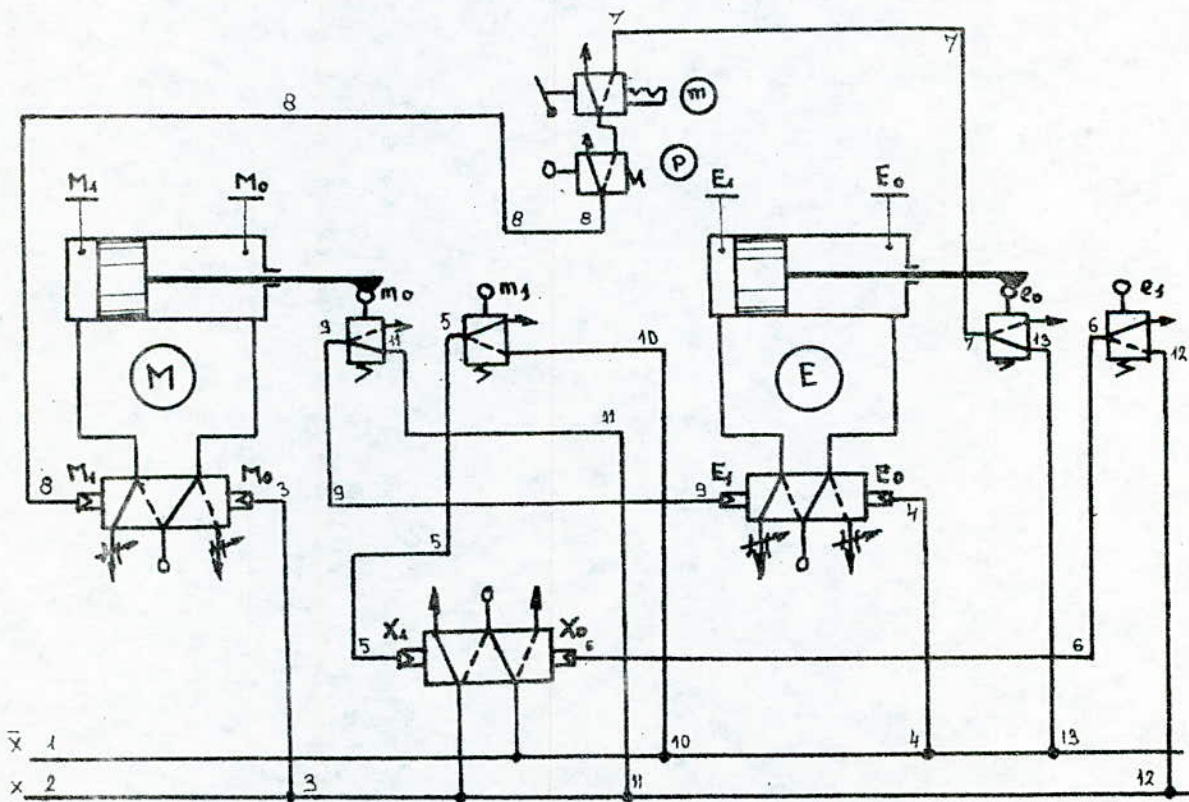


schéma pneumatique à tiroirs.

Fig. V.5

## Chapitre VI

# CYCLE CUBIQUE. MANIPULATEUR

### VI.1 Définition du système

Ce système a pour tâche de déplacer une pièce, d'une position A vers une autre B (fig. VI.1); pour cela, il nous faut utiliser trois vérins à double effet; le premier (P) va commander la fermeture et l'ouverture de la pince, le second (T) la translation aller et retour de celle-ci, et le troisième (R) la rotation de l'ensemble formé de la pince et du vérin (P); cette rotation est rendue possible grâce à un système pignon-crémaillère, qui transforme le mouvement de translation du vérin (R) en un mouvement de rotation.

Les mouvements se succèdent en cycles répétés dans l'ordre suivant:

- Translation aller de la pince ouverte.
- Fermeture de la pince sur la pièce.
- Translation retour de la pince
- Rotation de la pince.
- Translation aller de la pince.
- Ouverture de la pince.
- Translation retour de la pince.
- Rotation retour.

D'autre part le cycle ne peut débiter, que si deux capteurs metp sont actionnés; l'un commande la mise en marche de l'ensemble, l'autre détecte la présence d'une pièce.

### VI.2 Etude du système

Pour obtenir le diagramme correspondant (fig. VI.1), il suffit de considérer un cube, dont chaque face est caractérisée par l'action sur un contact de fin de course, chaque arête par l'intersection de deux contacts, chaque sommet par l'intersection de trois contacts. Chaque déplacement, avant ou retour correspond à une arête du cube; ainsi on obtient un polygone formé d'une succession d'arêtes.

Le polygone obtenu ne présente pas de points doubles, il relève de la logique



combinatoire.

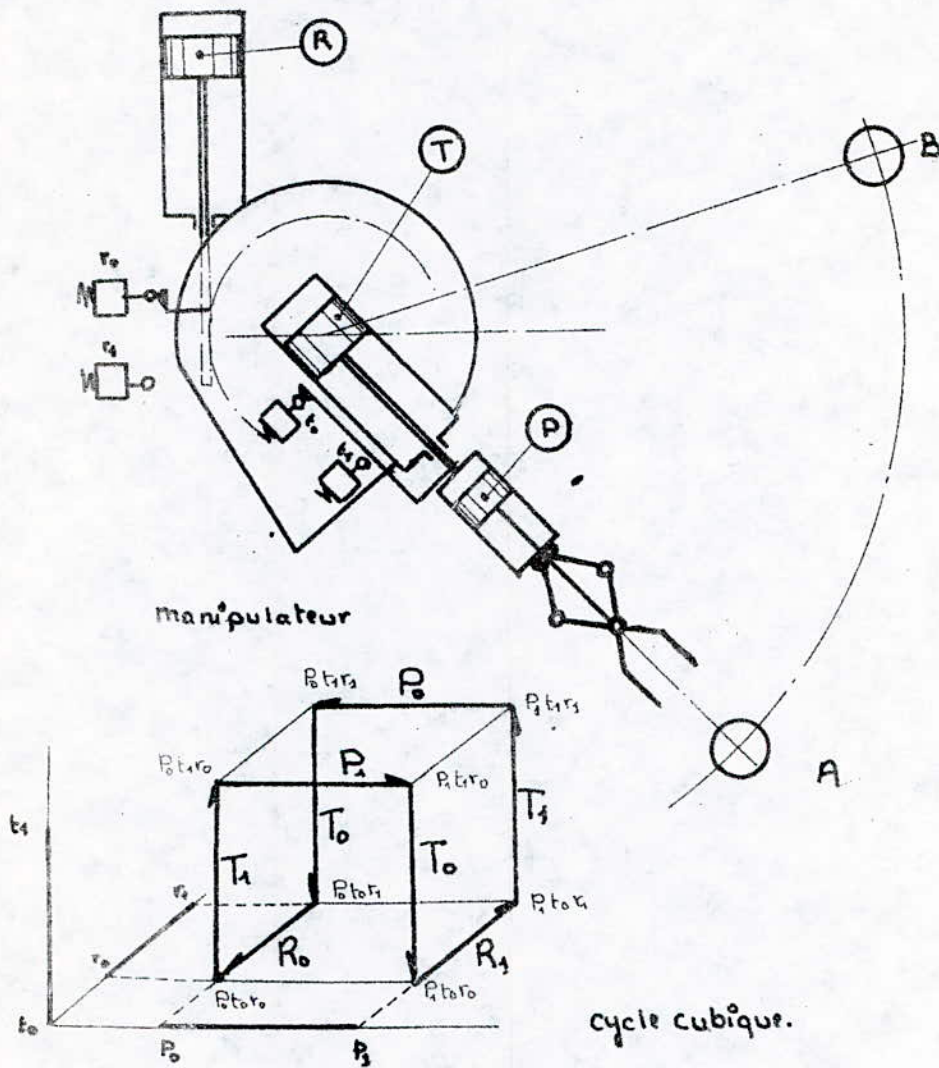


Fig. VI.1

Si on utilise des vérins à double effet commandés par des distributeurs de puissance à double pilotage, dont les pilotes peuvent être alimentés pendant toute la durée du déplacement, leur expression peut être simplifiée en l'assimilant à celle de l'arête du cube figurant le mouvement.

$$T_1 = m_p P_{t_0} + R_{t_1}$$

$$T_0 = P_{t_0} + P_{t_1}$$

$$R_1 = P_{t_0}$$

$$R_0 = P_{t_0}$$

$$P = t_{t_0}$$

$$P_0 = t_{t_1}$$

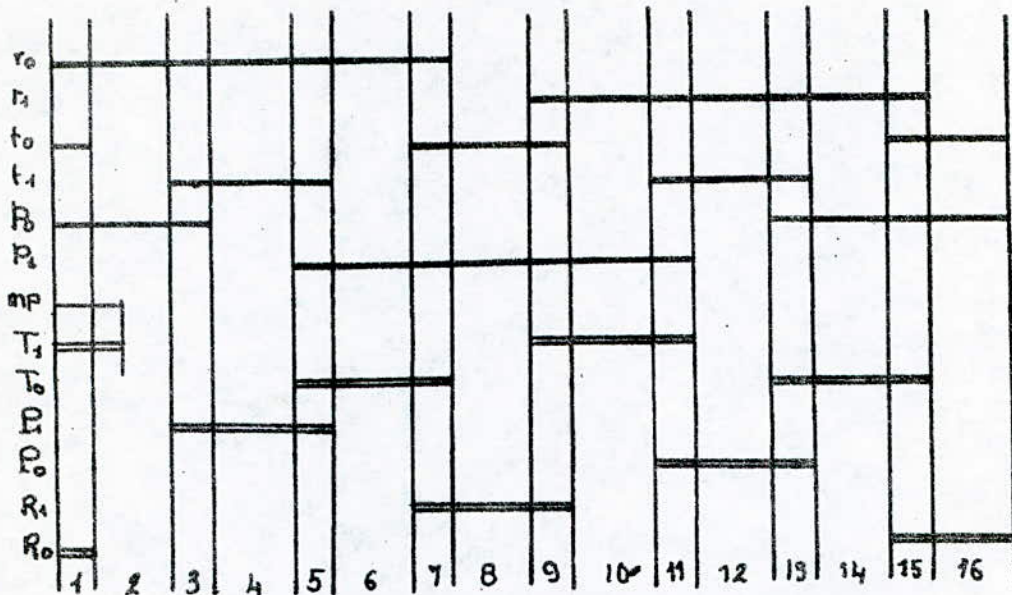


diagramme des phases

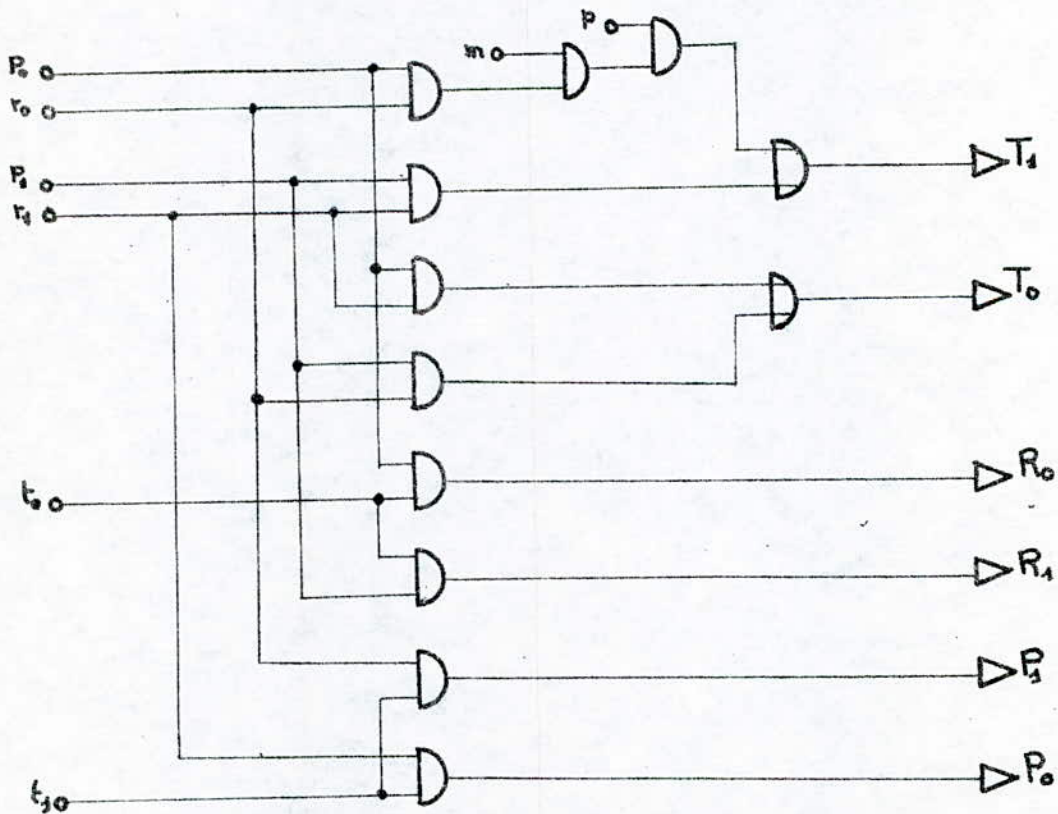


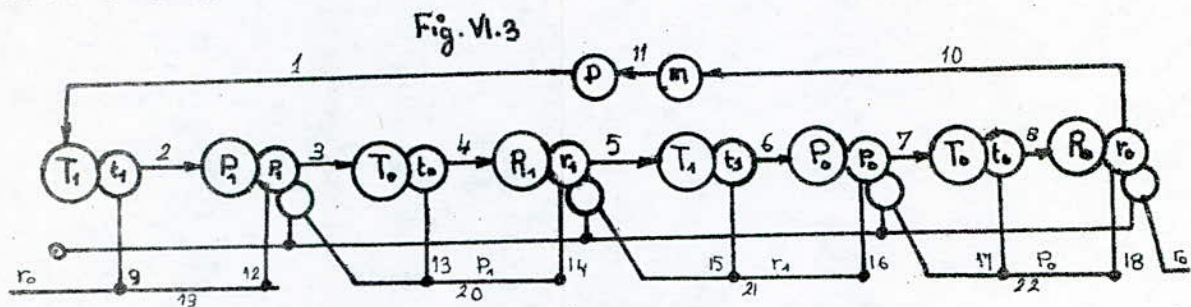
schéma de commande à cellules.

Fig. VI. 2



Programme de fonctionnement :

Pour établir le programme de fonctionnement, on est plutôt tenté par le schéma suivant:



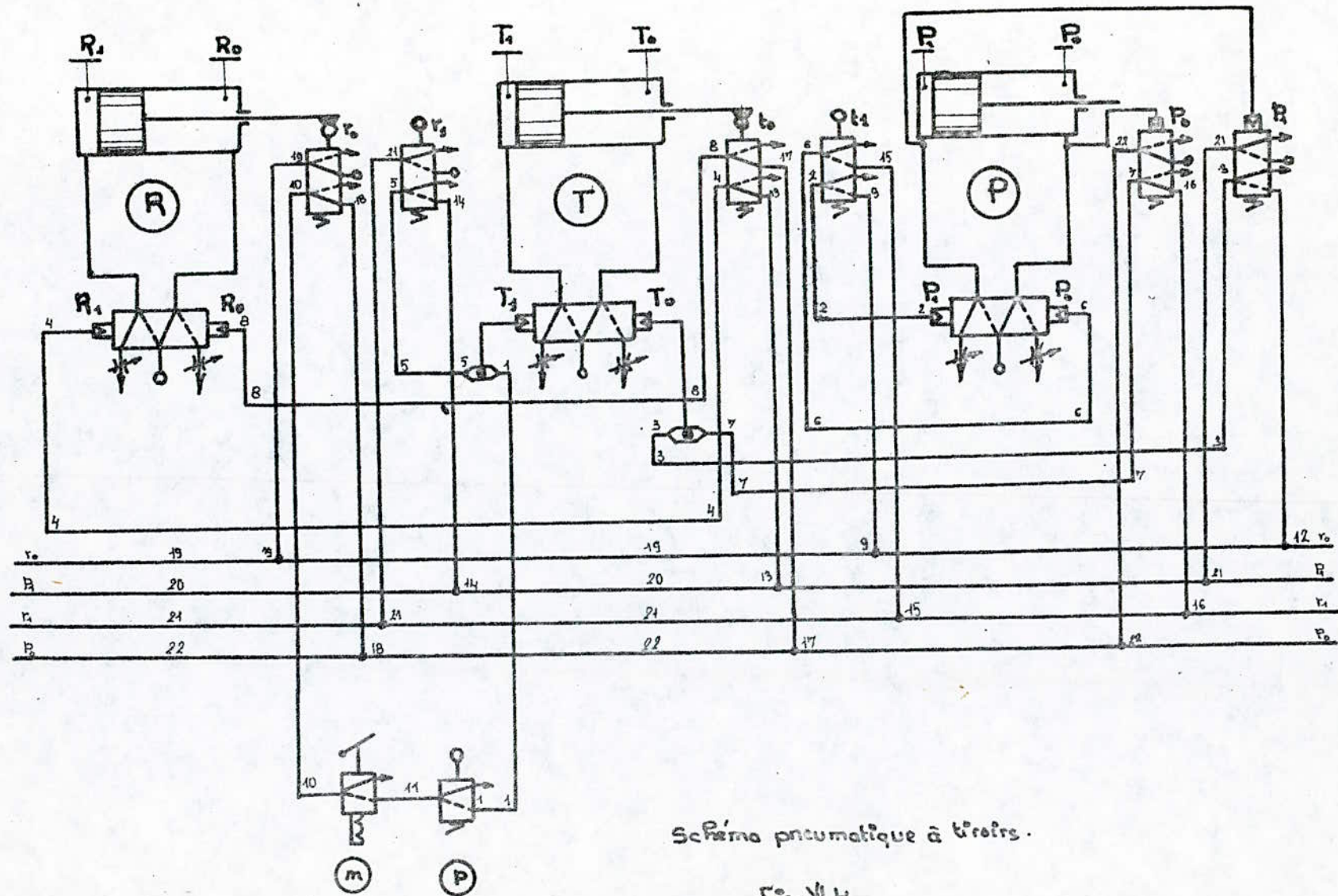
Ce schéma est essentiellement constitué de quatre rampes ; chacune est désignée par le capteur responsable de sa mise en pression, ainsi la rampe  $r_0$  est sous pression lorsque le capteur  $r_0$  est actionné, et elle est à l'échappement lorsqu'il ne l'est pas.

En alimentant un capteur par une rampe, on réalise une fonction ET; pour être plus claire, considérons le capteur  $t_1$  alimenté par la rampe  $r_0$ , celui-ci ne délivre un signal vers le pilote  $P_1$  que si, d'une part il est actionné, et d'autre part, la rampe  $r_0$  est sous pression, autrement-dit, le capteur  $r_0$  est actionné.

Cela dit, ce schéma respecte les équations établies, cependant, dans un circuit pneumatique à tiroirs, il faut vérifier la condition de non-contradiction des effets : quand un pilote est alimenté, l'autre doit être à l'échappement ; cela est tout à fait vérifié, car, pour qu'une voie alimentant un pilote soit à l'échappement, il suffit qu'un seul des capteurs responsables soit non-actionné.

Le schéma pneumatique correspondant est représenté ci-suite (fig. VI.4).

-38-



Schema pneumatique à tiroirs.

Fig. VI.4



## Chapitre VII

# ETUDE DU SYSTEME PRESSE + MANIPULATEUR

### VII.1 Définition du système

On se propose d'associer les deux systèmes en un seul, le manipulateur aura pour tâche de déplacer l'ébauche de l'alimentation au poste de poinçonnage, la presse de la poinçonner et de l'éjecter vers un container de réception (fig. VII.1)

Pour une automatisation complète de l'ensemble, l'alimentation se fait par le biais d'un bac, à la sortie duquel les pièces se présentent de manière à ce que la pince puisse les saisir un à un. Les mouvements se succèdent en cycles répétés, dans l'ordre suivant:

- Translation aller de la pince ouverte.
- Fermeture de la pince sur une pièce.
- Translation retour de la pince.
- Rotation de la pince.
- Translation de l'ébauche vers la matrice.
- Ouverture de la pince.
- Translation retour de la pince.
- Descente du poinçon.
- Remontée du poinçon.
- Éjection de la pièce matricée.
- Retour du vérin éjecteur.
- Rotation retour de la pince.

D'autre part, le cycle ne peut débuter que si deux capteurs metp sont actionnés. Le premier commande la mise en marche du système, le second détecte la présence des pièces.

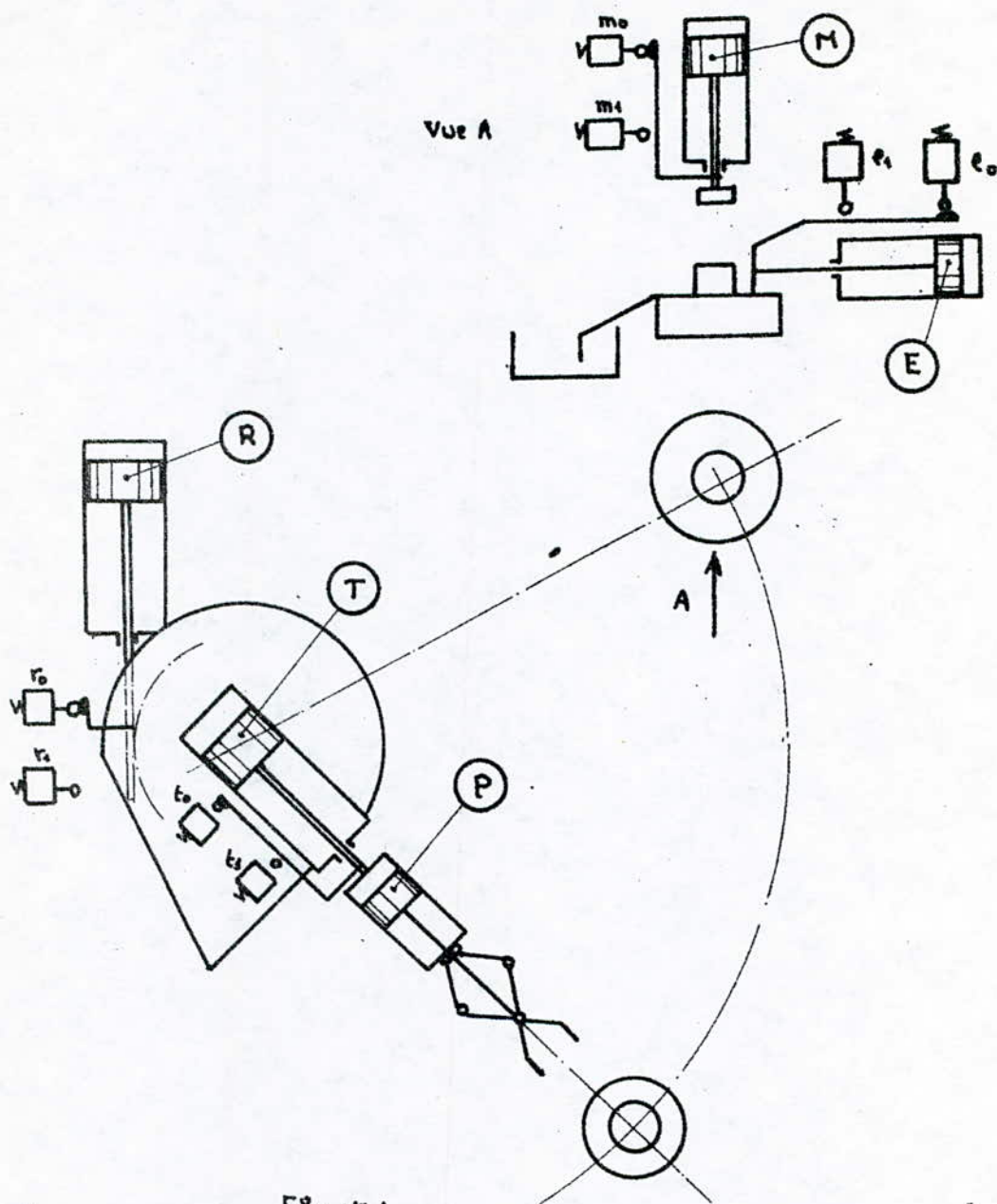


Fig. VII.1

## VII.2 Principe d'étude du système

Dans l'étude d'un système quelconque, il faut savoir que chaque système est une combinaison d'éléments réunis d'une manière à former un ensemble permettant d'atteindre un but déterminé ; le but de notre système est de simuler le fonctionnement d'un poste de poinçonnage automatique ; pour mener à bien cette tâche, il faut respecter un enchaînement de plusieurs opérations, celles-ci ont pour origine des mouvements d'aller et retour de vérins bien définis ; ainsi, dans notre cas, respecter la succession de ces mouvements revient à respecter l'ordre l'excitation des pilotes correspondants, soit l'ordre suivants



$T_1, P_2, T_0, R_1, T_1, P_0, T_0, M_1, M_0, E_1, E_0, R_0.$

D'autre part, pour respecter la succession de mouvements dans un ordre désiré, on associe le début d'un mouvement à la fin du mouvement antérieur; cela est rendu possible grâce aux capteurs de fin de course qui transforment les informations physiques d'entrée en grandeurs logiques géro ou un.

De ce qui vient d'être dit, on est plutôt tenté d'associer l'état d'un pilote à celui du capteur précédent, ce qui revient à adopter le programme de fonctionnement suivant:

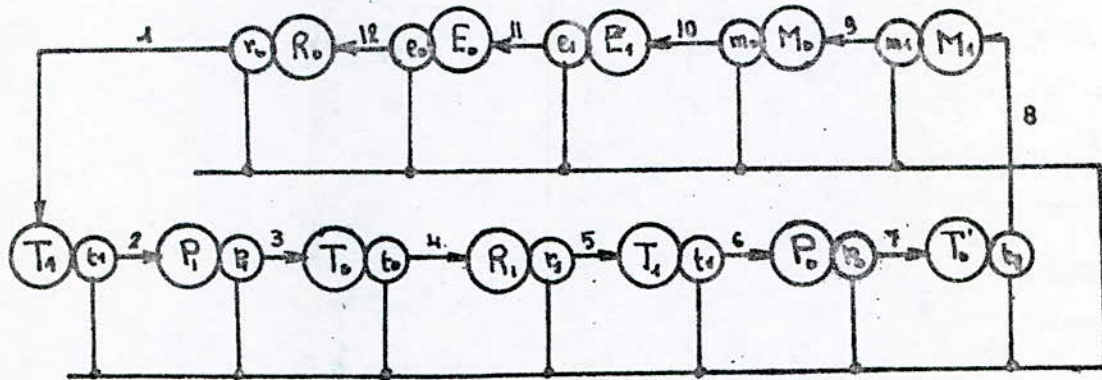


Fig. VII.2

Dans ce schéma, les grands cercles symbolisent les pilotes, les petits les capteurs, et les flèches les conduites d'alimentation; ainsi, par exemple, la voie (1) alimente le pilote  $P_2$  lorsque le capteur  $r_0$  est actionné.

Cependant, pour que notre schéma puisse fonctionner correctement, il faut respecter la condition de non-contradiction des effets: quand un pilote est alimenté, l'autre doit être à l'échappement; ce qui n'est pas malheureusement notre cas, car d'après ce programme, on peut voir, par exemple, que les pilotes  $T_1$  et  $T_0$  sont alimentés simultanément.

Il y a plusieurs moyens de mettre en évidence les caractères contradictoires des effets, la méthode la plus intéressante, nous semble-t-il, consiste à faire figurer en regard des phases du cycle les voies alimentées (fig. VII.3), en représentant en trait fort les voies qui doivent l'être, et en pointillé celles qui doivent être à l'échappement; les traits fins correspondent à un état indifférent.

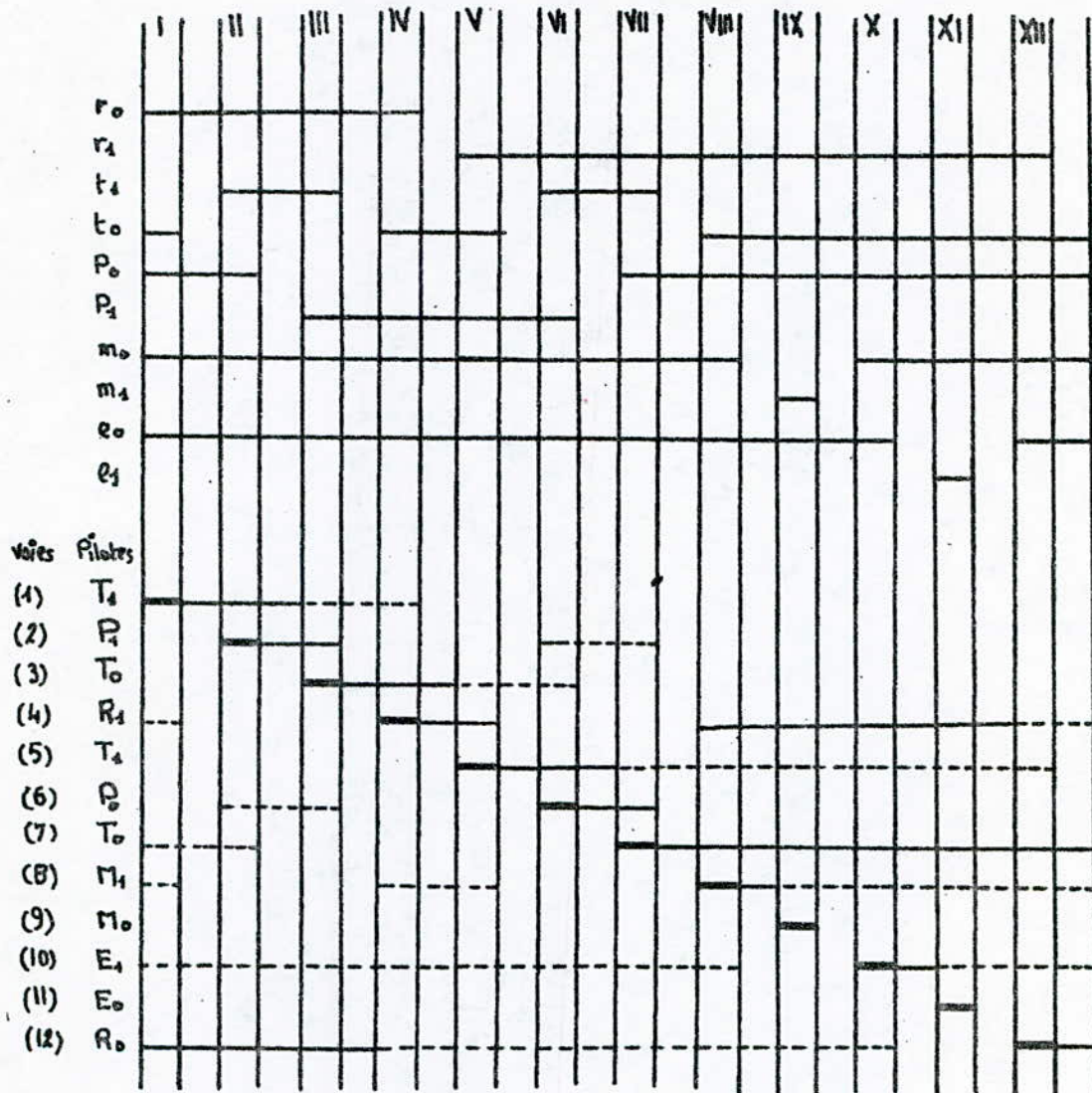


Fig. VII.3

Ce diagramme constitue en quelque sorte une série de propositions que l'on pourrait traduire en termes suivants: au niveau de la phrase I, la voie (1) doit être sous pression, les voies (4), (7), (8) et (10) à l'échappement; par contre, l'état de la voie (12) nous est indifférent...

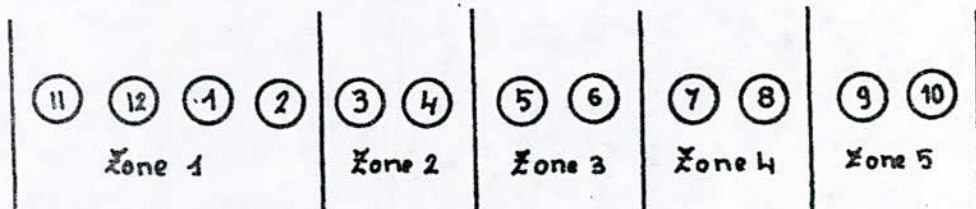
Pour faciliter le traitement de ces propositions, on a intérêt à les transcrire dans un tableau (fig. VII.4) comportant autant de colonnes que de voies (soit 12), autant de lignes que de phrases où l'une des voies doit être sous pression (12); un chiffre circonflexé représente une voie activée et les cases hachurées symbolisent celles qui ne doivent pas l'être.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
I	①						///	///		///			P <sub>0</sub> x̄ <sub>1</sub> ȳ <sub>1</sub>
II		②				///	///			///			
III	///		③			///				///			P <sub>1</sub> x̄ <sub>2</sub> ȳ <sub>2</sub>
IV	///			④				///			///	///	
V			///		⑤			///		///		///	P <sub>2</sub> x̄ <sub>3</sub> ȳ <sub>3</sub>
VI		///	///			⑥				///			
VII		///			///		⑦			///		///	P <sub>3</sub> x̄ <sub>4</sub> ȳ <sub>4</sub>
VIII					///			⑧		///		///	
IX									⑨			///	x
X										///	⑩	///	
XI										///	///	⑪	P <sub>4</sub> x̄ <sub>5</sub> ȳ <sub>5</sub>
XII				///	///			///		///		⑫	

Fig. VII.4

Ce tableau peut être réduit par fusion des lignes deux à deux, à condition que la case numérotée de l'une corresponde dans l'autre à une case vide. Ainsi, on aboutit à un découpage en cinq zones consécutives, à chaque groupe correspond une alimentation particulière en air comprimé; quand un groupe est alimenté les autres sont à l'échappement; cela étant réalisé en définissant les rampes d'alimentation par des expressions logiques disjonctives, en utilisant les variables primaires et au besoin, des variables secondaires.



A première vue, pour différencier ces cinq zones, il nous faut 3 relais ; toutefois, on constate que le pilote  $P_1$  termine la zone (1), et  $P_2$  la zone (2) (fig. VII.2) ; il en découle que les voies des capteurs  $P_1$  et  $P_2$  se substituent à un relais qui va différencier les zones (2) et (3) des zones (3), (4) et (5).

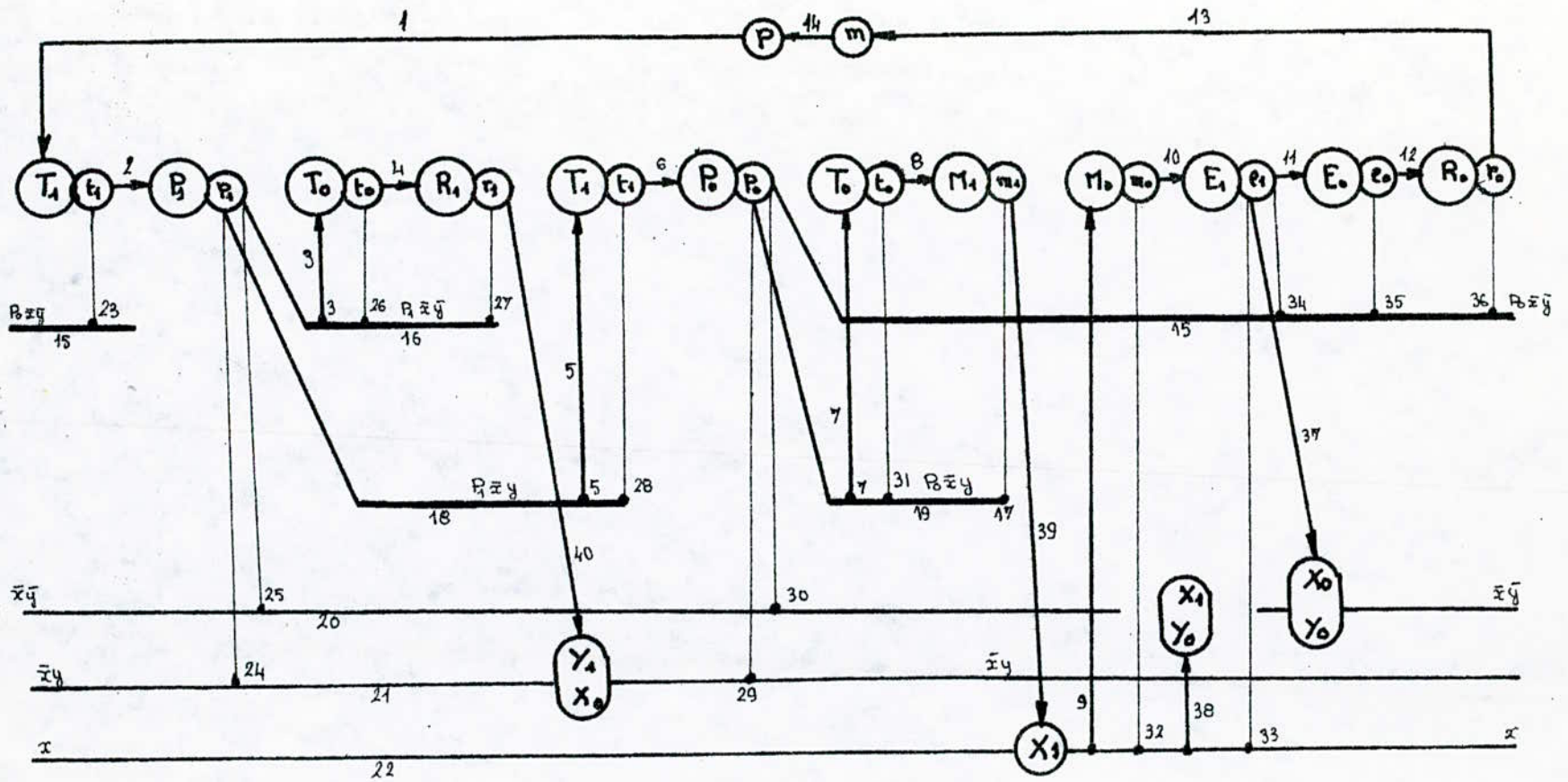
Deux relais  $X$  et  $Y$ , suffiront donc pour différencier les cinq zones ; la première correspondra à  $\bar{x}\bar{y}P_1$ , la seconde à  $\bar{x}\bar{y}P_2$ , la troisième à  $\bar{x}yP_1$ , la quatrième à  $\bar{x}yP_2$  et enfin la cinquième à  $x$  (fig. VII.5)

Ainsi, les différents pilotes auront les équations suivantes :

Voies	Pilotes
(1)	$T_1 = r_0 P_1 \bar{x} \bar{y}$
(2)	$P_2 = t_1 P_2 \bar{x} \bar{y}$
(3)	$T_0 = P_1 \bar{x} \bar{y}$
(4)	$R_1 = t_0 P_1 \bar{x} \bar{y}$ $X_1 = t_1 P_1 \bar{x} \bar{y}$
(5)	$T_1 = P_1 \bar{x} y$
(6)	$P_2 = t_1 P_1 \bar{x} y$
(7)	$T_0 = P_2 \bar{x} y$
(8)	$M_1 = t_0 P_2 \bar{x} y$ $X_1 = m_1 P_2 \bar{x} y$ $Y_0 = x$
(9)	$M_0 = m_1 x$
(10)	$E_1 = m_0 x$ $X_0 = e_1 x$
(11)	$E_0 = e_1 P_2 \bar{x} \bar{y}$
(12)	$R_0 = e_0 P_2 \bar{x} \bar{y}$

Et en tenant compte des conditions de démarrage du cycle, on obtient le programme de fonctionnement suivant (fig. VII.5). (Le schéma à tiroirs est représenté sur la planche 2).





Programme de Fonctionnement.

Fig. VII.5

Ces équations garantissent un fonctionnement correct de l'ensemble néanmoins, une simplification est toujours possible, pour cela reprenons le tableau élaboré au début et effectuons un nouveau raisonnement qui permet de dire : nous avons douze voies numérotées de 1 à 12 ; en outre, le fonctionnement correct de l'ensemble impose que chacune doit être sous pression au niveau d'une phase bien précise et à l'échappement à d'autres niveau. Ainsi, par exemple, La voie (1), caractérisée initialement par le capteur  $r_0$ , doit être sous pression au niveau de la phase I et à l'échappement au niveau des phases allant de III jusqu'à IV ; la première condition est assurée par la variable initiale  $r_0$ , mais par contre, pour vérifier la seconde d'autres variables sont nécessaires ; celles-ci doivent seulement distinguer la phase I des phases allant de III jusqu'à IV, pour cela la variable  $p_0$  est suffisante ; l'expression de la voie (1) se trouve donc simplifiée à  $r_0 p_0$ .

En effectuant ce même raisonnement pour toutes les autres voies on obtient :

Voies	Pilotes
(1)	$T_1 = m p r_0 R$
(2)	$R_2 = t_1 \bar{y}$
(3)	$T_0 = R \bar{y}$
(4)	$R_1 = t_0 R$ $X_1 = r_1 R$
(5)	$T_1 = y R$
(6)	$P_0 = t_1 y$
(7)	$T_0 = R y$
(8)	$M_1 = t_0 p \bar{x} y$ $X_1 = m_1$ $Y_0 = x$
(9)	$M_0 = x$
(10)	$E_1 = m_0 x$ $X_0 = e_1$
(11)	$E_0 = e_1 \bar{x}$
(12)	$R_0 = e_0 p_0 \bar{x} \bar{y}$

Ce qui vient d'être dit est confirmé par le diagramme des phases (fig. VII.7).



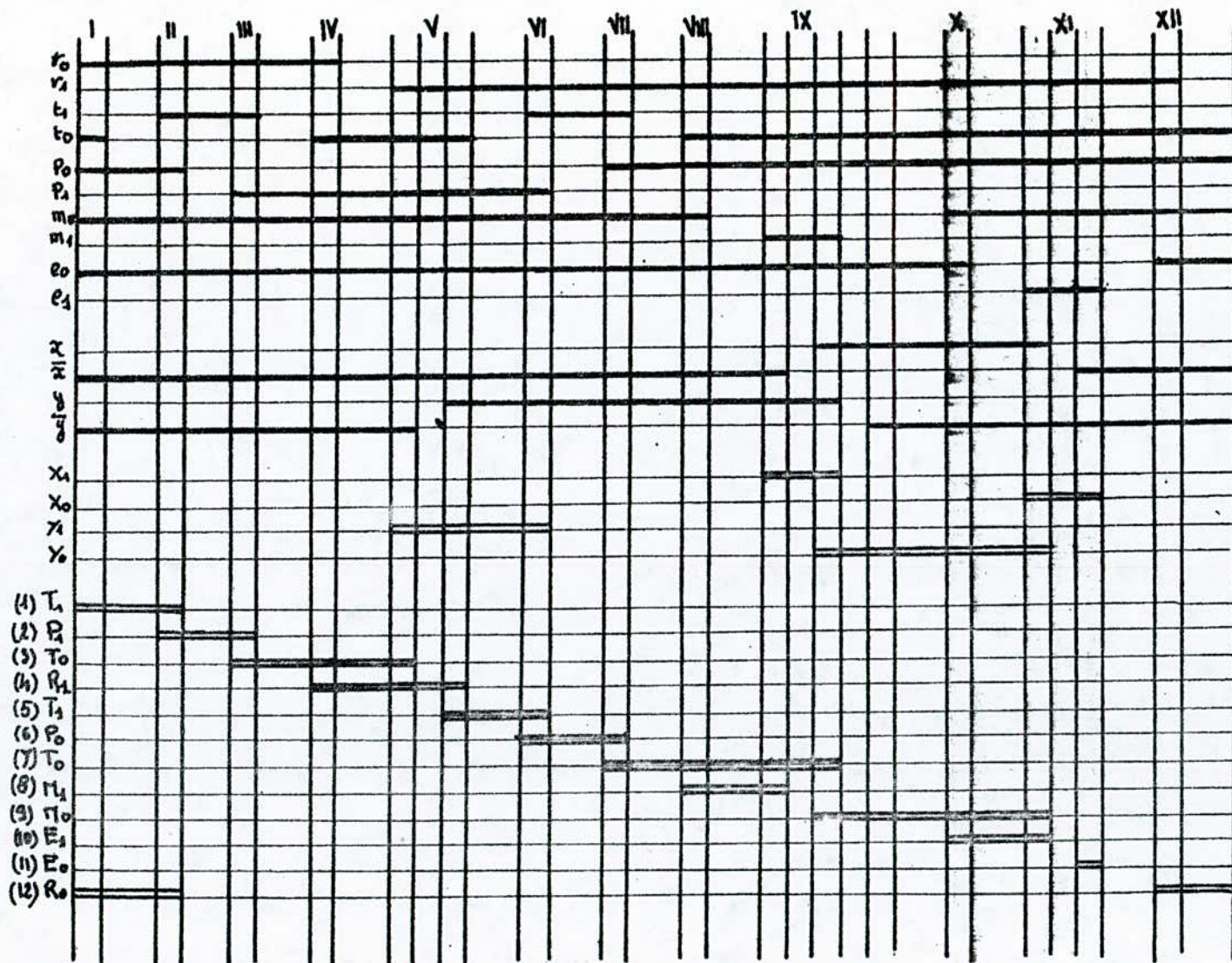


Diagramme des phases. Fig. VII.7.

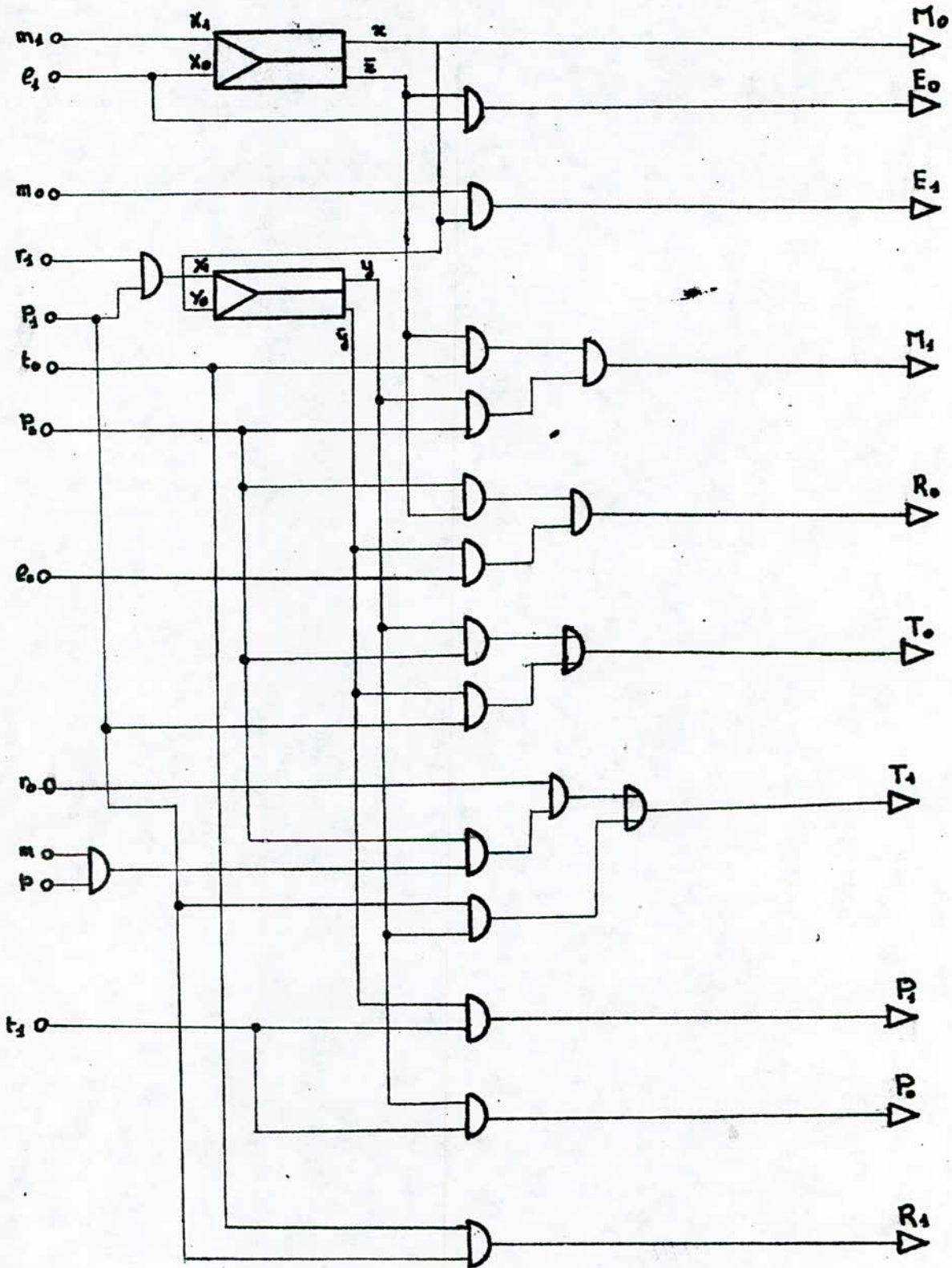


schéma de commande à cellules. Fig. VII. 8



## Chapitre VIII

# ETUDE DU MANIPULATEUR

### VIII.1 Généralités

Comme nous pouvons le constater, le manipulateur constitue la pièce maîtresse de notre banc d'essai; sa réalisation se trouve donc être essentielle, si ce n'est indispensable.

Dans ce chapitre, nous allons ébaucher l'étude mécanique de ce manipulateur, tout en précisant les lignes directrices nécessaires à son exécution. Toutefois, on tient à préciser qu'une étude impeccable et parfaite sort du cadre de ce projet, et qu'à elle seule constituerait un projet de fin d'études; en outre l'étude d'un tel système doit tenir compte des moyens disponibles pour sa réalisation, ainsi il serait tout à fait aberrant de proposer des solutions, quoique justes, mais faisant intervenir des moyens indisponibles dans notre département, tel que, par exemple, un bâti en fonte qui sortirait directement de la fonderie, alors qu'on sait qu'on ne dispose pas de tels possibites; mais en contre partie on pourrait très bien le réaliser à la fraise à partir d'un bloc d'acier.

Il serait donc plus indiqué d'associer l'étude à la réalisation, ainsi les solutions adoptées répondraient à des contraintes d'ordre fonctionnelles et possibilités disponibles.

Notre tâche se trouve donc limitée au calcul des éléments essentiels et au dessin d'ensemble du système.

### VIII.2 Calcul du pignon

- Module  $m$  :

$$m = 2,3 \sqrt{\frac{I}{K.R.fv}}$$

où

- F = effort tangentiel en daN.
- K = coefficient de largeur de denture.
- R = contrainte admissible en daN/mm<sup>2</sup>.
- f<sub>v</sub> = facteur de vitesse.

on a :

- T = 52 daN
- K = 8
- R = 12 daN/mm<sup>2</sup>
- f<sub>v</sub> = 0,75

on trouve : m = 2 mm.

### - Nombre de dents Z :

Le nombre de dents dépend de l'angle de rotation α qu'on veut donner au manipulateur, et de la course c du vérin commandant la crémaillère.

$$Z = \frac{360}{\alpha} \cdot \frac{c}{m}$$

- α : angle de rotation du manipulateur en degrés.
- C : course du vérin en mm.
- m : module en mm

En choisissant :

$$\begin{aligned} \alpha &= 180^\circ \\ c &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

On obtient : Z = 70

### - Caractéristiques générales du pignon :

- Diamètre primitif : d = mZ = 140 mm.
- Diamètre de tête : d<sub>a</sub> = m(Z+2) = 144 mm.
- Diamètre de pied : d<sub>f</sub> = m(Z-2,5) = 135 mm.
- Largeur de denture : l = Km = 16 mm.



### VIII.3 Calcul de l'axe de rotation

Effort normal :  $N = T \cdot \text{tg} 20^\circ = 19 \text{ daN}$ ,  
Effort tangentiel :  $T = 52 \text{ daN}$ .

#### Diagrammes des moments:

Plan vertical:

Diagramme des efforts:

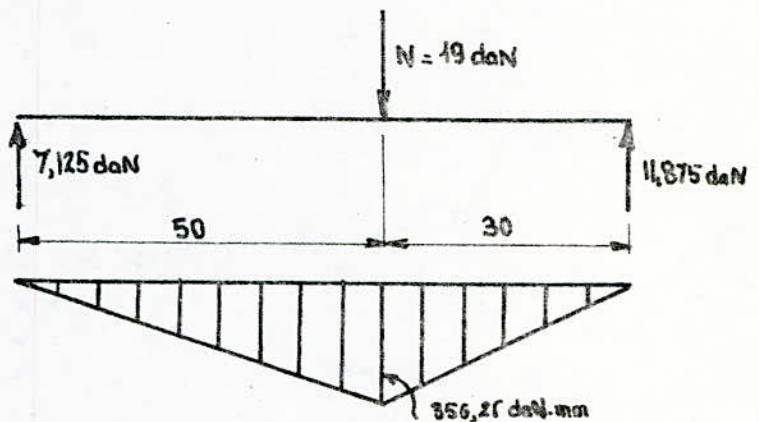


Diagramme du moment fléchissant vertical  
 $M_{fv}$

Plan horizontal:

Diagramme des efforts:

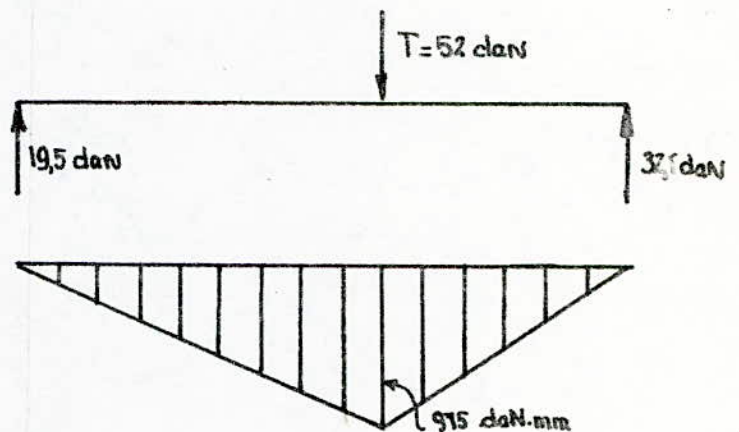


Diagramme du moment fléchissant horizontal  
 $M_{fh}$

Moment idéal de flexion  
au niveau de la section dangereuse :

$$M_i = 1040 \text{ daN}\cdot\text{mm}$$

### - Diamètre minimal à la flexion

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{10 m^3}{R}}$$

$$R = 12 \text{ daN/mm}^2$$

$$d_{\min} = 10 \text{ mm.}$$

### - Diamètre minimal à la flèche

$$d_{\min} = \sqrt[4]{\frac{64}{3\pi} \frac{P \cdot a^3 \cdot b^3}{E \cdot f_{\max} \cdot l}}$$

$$P = 55,4 \text{ daN.}$$

$$f_{\max} = 0,02 \text{ mm.}$$

$$a = 30 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$l = 80 \text{ mm}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ daN/mm}^2$$

$$\text{on trouve : } d_{\min} = 13 \text{ mm}$$

Le diamètre minimal à adopter pour notre axe est donc de 13 mm.

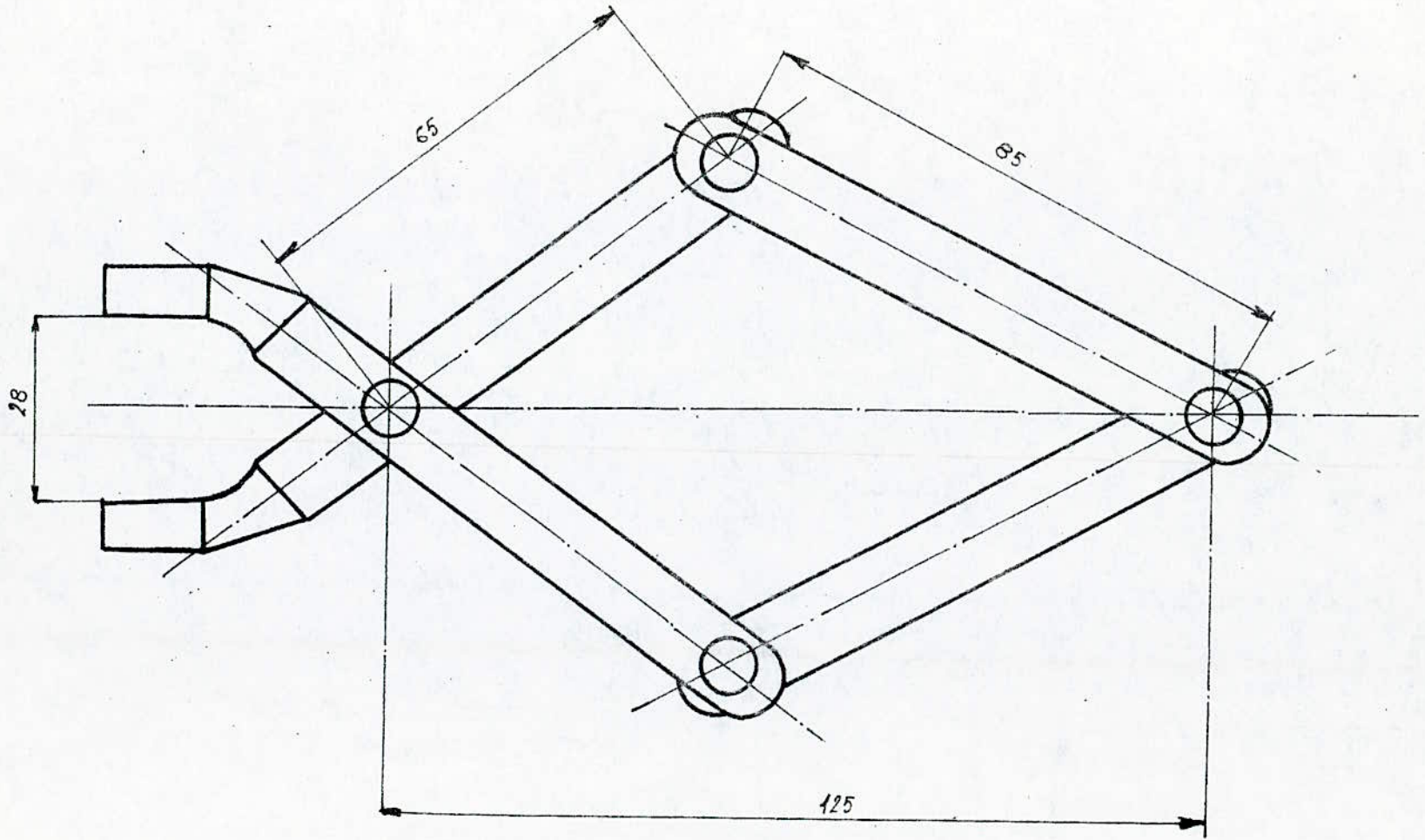
## VIII.4 Détermination des dimensions de la pince.

Cette pince doit servir à appréhender une pièce cylindrique dont les cotes ne sont pas tout à fait imposées, toutefois, il nous semble qu'une pièce ayant un diamètre de l'ordre de 20 à 30 mm et une hauteur de 50 ferait très bien l'affaire.

Pour établir les dimensions de cette pince, on opte pour une solution graphique, qui consiste à tracer à l'échelle une pince en respectant la course du vérin ( $c = 25 \text{ mm}$ ), tout en étant en accord avec les dimensions globales de l'ensemble.

Ainsi, pour une course de 25 mm et un diamètre de la pièce égal à 30 mm on obtient la pince représentée ci-suit (fig. VIII.1).





Pince en position fermée

Fig. VII.1

## VIII.5 Caractéristiques générales des vérins.

	Ø du piston	course	Force
- Vérin commandant la pince :	12 mm	25 mm	5,8 daN
- Vérin commandant la crémaillère :	35 mm	70 mm	52 daN
- Vérin commandant l'avance :	35 mm	70 mm	52 daN

Le dessin d'ensemble, représenté par la planche 1, donne d'amples informations concernant les solutions proposées et les dimensions globales.



## Chapitre IX

# INVENTAIRE DU MATÉRIEL

### IX.1 Généralités

Dans ce chapitre nous allons faire l'inventaire du matériel pneumatique nécessaire à la réalisation du banc d'essai.

Ce banc d'essai comportera plusieurs manipulations, chacune mettra en œuvre une certaine quantité de matériel. Dans ce qui va suivre nous précisons l'inventaire du matériel pneumatique nécessaire à la réalisation de ces manipulations.

On tient à préciser que cet inventaire est le résultat d'une série d'opérations, consistant à déterminer le matériel nécessaire pour chaque système; ces opérations intermédiaires ne figurent pas dans ce projet, afin d'éviter une utilisation excessive de pages, sans intérêt apparent.

### IX.2 Inventaire du matériel

#### *- Vérins à simple et double effet*

Désignation.	Caractéristiques				Nb.
	Ø du piston en mm	Ø tige en mm	Course en mm	orifice de raccordement.	
- Mini - vérin double effet. (DSN)	12	6	25	M5	01.
- Vérins double effet. (Dc)	35	12	70	1/4"	04.
- vérins simple effet.	35	12	70	1/4"	04.

## - Distributeurs

Désignation	Nb.
- Corps de distributeur 2 voies 3 orifices 2 positions à rappel par ressort à connexions instantanées latérales Ø 4 mm avec poussoirs de déconnexion .....	12.
- Têtes de commande à galet .....	10.
- Têtes de commande à poussoir .....	04.
- Têtes de commande à verrouillage .....	06.
- Corps de distributeur 4 voies 6 orifices 2 positions à rappel par ressort à connexions instantanées latérales Ø 4 mm avec poussoirs de déconnexion .....	04.
- Têtes de commande à galet .....	04.
- Têtes de commande à poussoir .....	04.
- Distributeurs 4 voies 5 orifices 2 positions, double pilotage à connexions instantanées latérales Ø 6 mm avec poussoirs de déconnexion .....	05.
- Distributeurs 4 voies 6 orifices 2 positions, commandés par pilote et ressort taré à connexions instantanées latérales Ø 4 mm, avec poussoirs de déconnexion .....	02.
- Distributeurs 4 voies 5 orifices 2 positions double pilotage à connexions instantanées latérales Ø 4 mm avec poussoirs de déconnexion .....	02.
- Distributeurs 2 voies 3 orifices 2 positions commandés par pilote et ressort taré à connexions instantanées latérales Ø 4 mm avec poussoirs de déconnexion .....	02.



# - Cellules logiques

Désignation	Nb.
- Cellules logiques autonomes ET à connexions instantanées latérales Ø4mm avec poussoirs de déconnexion.....	16
- Cellules logiques autonomes OU à connexions instantanées latérales Ø4mm avec poussoirs de déconnexion.....	07
- Cellules logiques autonomes IN à connexions instantanées latérales Ø4mm avec poussoirs de déconnexion.....	05
- Mémoires logiques autonomes à connexions instantanées latérales Ø4mm avec poussoir de déconnexion.....	02

# Raccords et accessoires divers.

Désignation	Nb.		
- Regleurs de vitesse, à implanter sur vérin à connexion instantanée avec poussoir de déconnexion.			
Caractéristiques:			
	Filetage pour orifice de vérin	Connexion pour tube	02
	M5	Ø4mm	
	1/4"	Ø6mm	12
- Bouchons			
	Embout Ømm		
	4		2x50
	6		1x50

- T $\acute{E}$  de d $\acute{e}$ rivation  $\grave{a}$  connexions instantan $\acute{e}$ es avec poussoirs de d $\acute{e}$ connexion

$\phi$  du tube en mm  
H ..... 3x10.  
C ..... 10.

- Multit $\acute{e}$  de d $\acute{e}$ rivation  $\grave{a}$  connexions instantan $\acute{e}$ es avec poussoirs de d $\acute{e}$ connexion  $\phi$  4 mm ..... 3x10.

- Union  $\grave{a}$  connexions instantan $\acute{e}$ es avec poussoirs de d $\acute{e}$ connexion :

$\phi$  du tube en mm  
H ..... 3x10.  
C ..... 2x10.

- Tubes en polyamide.

$\phi$ int $\acute{e}$ rieur en mm	$\phi$ ext $\acute{e}$ rieur en mm	Couleur	
4	6	Rouge	1x21m.
2	4	bleu	2x21m.
2	4	incolor	1x21m.

- Outil universel pour d $\acute{e}$ connecter les tubes ..... 01

- Coupe tube ..... 01

- Silencieux ..... 400



- Piquage droit.

Filetage

M5

1/4"

Ø tube

4

C

40

2x10

- Réduction fileté femelle.

Filetage

1/8"

1/4"

Taraudage.

M5

1/8"

2x10

2x10

## Eléments de fixation et accessoires de montage

Désignation.

Nb.

- Equerre (HC) Pour vérin de (en mm) 35 (DC). Trous de fixation M5. .... 16

- Ensemble Vis + clip (permet l'encliquetage des cellules et des distributeurs sur le support profilé Ø). ..... 8x10

Profilé « chapeau » (Ø).

longueur  
en mm

L  
en mm

H  
en mm

e  
en mm

2000

15

35

1,5

04

- Platine perforée 900x700..... 01

- Entretoise de support de profilé (hauteur 20 mm)..... 40x4

- Support de profilé pour montage de distributeurs..... 40x4

- Lyre encliquetable sur platine  
pour passage de tubes..... 5x10

## - Compresseur

Caractéristiques:

Type: AX 101M/T  
Reservoir (litre): 100  
Pression Maxi (en bar): 10  
Puissance (ch): 1,5  
Alimentation: Monophasé.  
Débit engendré (m<sup>3</sup>/h): 12  
longueur (mm): 1040  
largeur (mm): 370  
Hauteur (mm): 780  
Poids (Kg): 48.

## - Ensemble de traitement de l'air

Filtre + Régulateur + lubrificateur, série V<sub>4</sub> avec bague de fixation.

On tient à signaler que cet inventaire est inspiré d'une documentation publiée par la firme Télémécanique.



## CONCLUSIONS

Dans ce projet, nous avons fait une étude en vue de la réalisation d'un banc d'essai, qui aura pour tâche principale l'initiation aux méthodes d'analyse des systèmes logiques.

Pour mener à bien cette étude, nous avons tout d'abord sélectionné un certain nombre de systèmes qui, d'une part peuvent être facilement réalisés en banc d'essai, et d'autre part présentent un intérêt indéniable.

Parmi ces systèmes, on y trouve non seulement des systèmes élémentaires qui portent sur la réalisation des fonctions logiques de base, à l'aide d'éléments pneumatiques à cellules et à tiroirs, mais également des systèmes plus compliqués, qui mettent en oeuvre des méthodes d'étude élaborées.

Après avoir fait l'étude logique de ces systèmes, notre attention s'est concentrée sur un système bien précis qui est le manipulateur, celui-ci peut être assez facilement réalisé en banc d'essai et pour ces fins nous avons donné les solutions mécaniques concernant la fixation des vérins, et la disposition relative des capteurs, ainsi que le calcul des éléments constitutifs essentiels.

Enfin, nous avons terminé cette étude par un inventaire du matériel pneumatique nécessaire à la réalisation du banc d'essai, tout en précisant les moyens de fixation des éléments mobiles.

Nous espérons la réalisation de ce banc d'essai dans un futur immédiat, ce qui permettra d'enrichir notre école d'un nouveau banc d'essai, et en outre, attirera l'attention des étudiants sur les possibilités qu'offrent les systèmes logiques.

ANNEXE

## ANNEXE 1

# ELEMENTS D'ALGEBRE BINAIRE APPLIQUÉS AUX AUTOMATISMES

### 1.1 Repérage des éléments de commutation.

#### 1.1.1 Repérage binaire.

La particularité des systèmes logiques consiste dans le fait que les grandeurs d'entrée et de sortie peuvent prendre deux valeurs seulement, exclusives l'une de l'autre et dites discrètes.

Ainsi dans un circuit logique on convient de repérer les deux états de chacun de ses éléments, respectivement par les chiffres binaires 1 et 0: 1 représente un récepteur alimenté, ou un contact en position travail. 0 représente un récepteur non alimenté, ou un contact en position repos.

#### 1.1.2 Notion de fonction de commutation.

Considérons un récepteur  $X$  alimenté par l'intermédiaire de trois contacts  $a, b, c$ , on dit que l'état de  $X$  est fonction des états des trois variables  $a, b, c$ , cette fonction peut s'exprimer soit par un schéma, soit par un tableau, dit table de vérité ou table des combinaisons dans lequel la valeur de  $X$  est indiquée en face des huit combinaisons possibles des trois contacts.

Un ensemble de contacts (Fig. 1.1) partant d'un même point  $M$  pour aboutir à un autre point commun  $N$  peut être assimilé à un contact unique  $y$ , dont les conditions de fonctionnement seraient définies par la table des combinaisons; On dit que  $y$  est le dipôle équivalent à l'ensemble des contacts  $a, b, c$ .

D'autre par, nous distinguerons deux sortes de fonctions de commutation: les fonctions combinatoires dans lesquelles l'état de  $X$  ne dépend que de l'état présent des contacts, les fonctions séquentielles, dans lesquelles l'état de  $X$  dépend à la fois de l'état présent des contacts et de leur état antérieur.



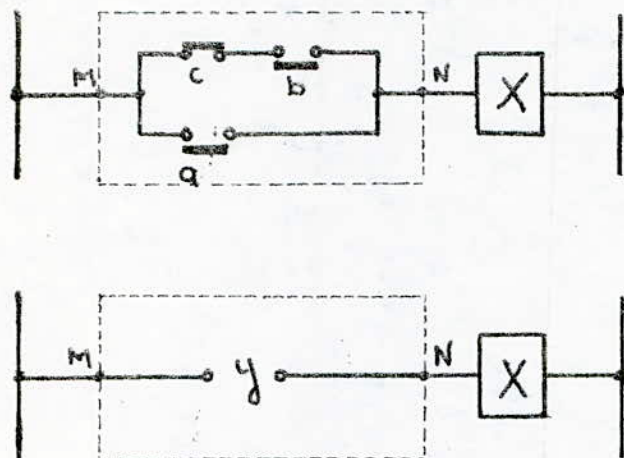


Fig. 1.1

a	b	c	X	y
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	0	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1
1	0	1	1	1
1	0	0	1	1

### 1.1.3 Numération binaire numération decimal.

Considérons la table de vérité (fig. 1.1). Chaque état des trois contacts pris dans l'ordre a, b, c est un nombre dans le système de base deux; il peut être intéressant de caractériser cet état par un nombre plus simple, pris dans le système décimal; pour cela on fait correspondre les nombres de même rang dans les deux systèmes:

Numération décimale.

0 1 2 3 4 5 6 7

Numération binaire normale.

0 1 10 11 100 101 110 111

Repérage binaire de trois variables.

000 001 010 011 100 101 110 111

Pour déterminer le nombre décimal correspondant à un nombre binaire, de quatre chiffres par exemple et représenté par la succession abcd. On applique à chaque lettre un rang (ou poids) de 0 à 3 à partir de la droite, ce rang représente l'exposant de la puissance de deux par laquelle il faut multiplier chacune des lettres.





2<sup>e</sup> carreaux. Pour représenter tous les états des quatre variables  $a, b, c, d$  nous pouvons par exemple tracer un carré de quatre lignes et quatre colonnes ; horizontalement les lignes repérées 00, 01, 11, 10 correspondent aux états de  $a$  et  $b$  ; verticalement les colonnes correspondent aux états de  $c$  et  $d$  ; chacun des 16 carreaux correspond à un état bien défini des variables  $a, b, c, d$ .

Il est souvent plus clair et plus simple de remplacer le repérage 0 ou 1 par le tracé en tête de lignes ou de colonnes d'un trait pour désigner la valeur de la variable correspondante.

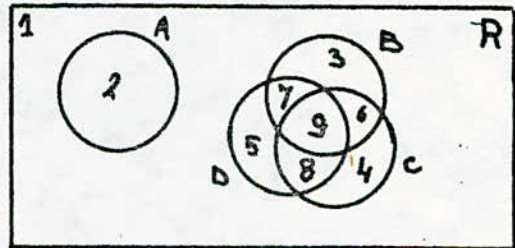
Pour représenter une fonction de commutation par un tableau de Karnaugh, il suffit d'inscrire dans chaque case la valeur 0 ou 1 de la grandeur de sortie.

## 1.2 Définition des fonctions logiques.

### 1.2.1 Représentation de Venn.

Considérons une portion finie du plan, dite référentiel et limitée par un contour fermé  $R$  ; le plan est ainsi partagé en deux classes, la portion intérieure qui correspond à la valeur unité du référentiel, le reste l'espace vide, valeur nulle du référentiel.

Fig. 1.3



A l'intérieur du référentiel, considérons une courbe  $A$  : deux zones sont alors délimitées dans cette surface ; on peut affecter aux points qui définissent la grandeur 0, la valeur 1 à l'intérieur du contour, 0 à l'extérieur. Les quatre contours  $A, B, C, D$  (fig. 1.3) définissent, séparément dans les mêmes conditions les grandeurs  $a, b, c, d$  ; ils délimitent dans les conditions de la figure, à l'intérieur du référentiel neuf zones homogènes repérées par les nombres suivants :

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| 1) 0000 | 4) 0010 | 7) 0101 |
| 2) 1000 | 5) 0001 | 8) 0011 |
| 3) 0100 | 6) 0110 | 9) 0111 |

Toute surface fermée limitée par les contours  $A, B, C, D$  ou des portions de ceux-ci représente une fonction logique des variables  $a, b, c, d$ .



### 1.2.2 Fonction OUI (égalité).

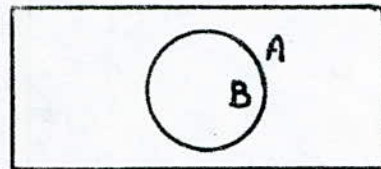
Deux grandeurs  $a$  et  $b$  sont égales si elles sont représentées par les mêmes points du référentiel, c'est-à-dire si les contours qui les définissent sont confondus

$$a=1 \text{ si } b=1 \text{ et réciproquement } a=0 \text{ si } b=0.$$

### 1.2.3 Fonction complémentaire.

Les deux grandeurs  $a$  et  $b$  sont définies par le même contour, les points intérieurs à ce contour correspondent à  $a=1$  et à  $b=0$  les points extérieurs à  $a=0$  et  $b=1$ .  $A$  est la fonction contraire ou complémentaire de  $b$  (fig. 1.4).

Fig. 1.4.

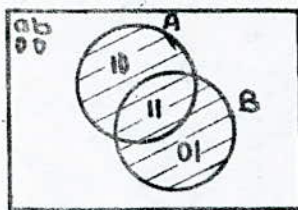


$$A = \bar{B}$$

### 1.2.4 Fonction OU. Somme logique.

On appelle réunion de plusieurs grandeurs, l'ensemble représenté par les éléments appartenant à chacune de ces grandeurs. La réunion des grandeurs représentées par les contours  $A$  et  $B$  (fig. 1.5) est représentée par la surface hachurée.

Cette opération dite réunion, fonction OU, ou somme logique est le plus couramment représentée par le signe somme, quand il ne peut y avoir de confusion avec l'addition arithmétique.



$$S = a + b.$$

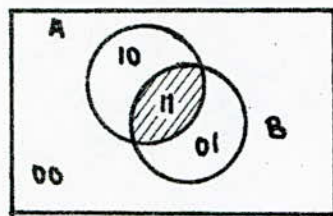
a	b	s
0	0	0
1	0	1
1	1	1
0	1	1

Fig. 1.5

### 1.2.5 Fonction ET. Produit logique

On appelle intersection de plusieurs grandeurs l'ensemble représenté par les éléments communs à ces grandeurs. L'intersection des grandeurs représentées par les contours  $A$  et  $B$  (fig. 1.6), est représentée par la surface hachurée, commune

à ces contours.



a	b	P
0	0	0
0	1	0
1	1	1
1	0	0

$$P = a \cdot b$$

Fig. 1.6

Cette opération dite intersection, fonction ET, produit logique est représentée le plus couramment par le signe produit, quand il ne peut y avoir de confusion avec la multiplication arithmétique.

### 1.2.6 Théorème de Morgan.

Le théorème de Morgan stipule que le complément d'une somme logique est le produit des compléments, et le complément d'un produit logique est la somme des compléments. C'est-à-dire, si l'on considère deux variables a et b :

$$\overline{a+b} = \overline{a} \cdot \overline{b} \quad \text{et} \quad \overline{a \cdot b} = \overline{a} + \overline{b}$$

### 1.2.7 Fonctions NI et NAND.

Les complémentaires des fonctions somme et produit sont respectivement les fonctions NI et NAND; leurs expressions prennent une deuxième forme après application du théorème de Morgan.

$$\begin{array}{ll} \text{fonctions NI} & y = \overline{a+b} \quad \text{ou} \quad y = \overline{a} \cdot \overline{b} \\ \text{NAND} & z = \overline{c \cdot d} \quad \text{ou} \quad z = \overline{c} + \overline{d} \end{array}$$

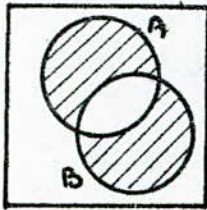
### 1.2.8 Disjonction et conjonction de deux variables.

On appelle disjonction, ou fonction OU exclusive de deux grandeurs a et b, l'ensemble représenté par les éléments appartenant à chacune des grandeurs, à l'exclusion des éléments qui sont communs. Elle se représente par le signe de l'addition cerclé  $\oplus$ . Son expression se déduit de la table de vérité (fig. 1.7c).

$$t = a \oplus b = \overline{a}b + a\overline{b}$$

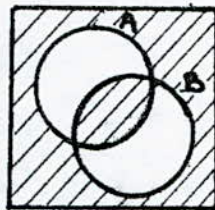


$$t = a \oplus b$$



(a)

$$u = a \odot b$$



(b)

a	b	$a \oplus b$	$a \odot b$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	1	0	1
1	0	1	0

(c)

Fig. 1.7

On appelle conjonction de deux variables la fonction contraire de la disjonction, elle est représentée par le signe du produit cerclé  $\odot$ , son expression se déduit de la table de vérité (fig. 1.7c)

$$u = a \odot b = ab + \bar{a}\bar{b}$$

$$u = \bar{t}$$

$$u = a \oplus b = \overline{a \odot b} = ab + \bar{a}\bar{b}$$

## 1.2.9 Théorèmes et postulats.

Pour clore cette étude sur les fonctions logiques, on passera en revue les postulats et les théorèmes les plus importants de l'algèbre de Boole.

1) Idempotence

a)  $a + a = a$

b)  $a \cdot a = a$

5) Complémentarité

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

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

2) Commutativité.

a)  $a + b = b + a$

b)  $a \cdot b = b \cdot a$

7) Involutive

$\overline{(\bar{a})} = a$ .

3) Associativité.

a)  $a + (b + c) = (a + b) + c$

b)  $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$

4) Distributivité

a)  $a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$

b)  $a + (b \cdot c) = (a + b) \cdot (a + c)$

5) L'élément neutre

a)  $a + 0 = a$

b)  $a \cdot 1 = a$

### 1.3 Simplification des fonctions logiques.

Parmi les méthodes de simplification les plus couramment utilisées on peut citer : la méthode directe, graphique et algébrique. La méthode directe procède par transformations successives, en se basant sur les postulats et théorèmes de l'algèbre booléenne. La méthode graphique utilise la propriété d'adjacence des cases voisines de la table de Karnaugh; les groupements des cases adjacentes donnent des termes simplifiés. La méthode algébrique utilise systématiquement une transformation du type:  $X + \bar{X} = 1$  ou  $X + 1 = 1$  (méthode de Quine Mc Cluskey) pour la recherche des intersections premières; on procède ensuite à la recherche de la réunion minimale à l'aide d'une table des inclusions.

Dans ce qui va suivre, on donnera un aperçu sur la simplification des fonctions logiques par l'emploi du tableau de Karnaugh.

#### 1.3.1 Association des cases dans le tableau de Karnaugh.

Deux cases, colonnes ou lignes sont dites adjacentes si leurs numéros en repérage binaire ne diffèrent que par l'inversion d'un chiffre. La recherche des adjacences est facilitée si on utilise le code binaire réfléchi, par la

	c		d		e			
	000	001	011	010	110	111	101	100
	0	1	3	2	6	7	5	4

Fig. 1.8.

mise en évidence d'axes de symétrie partielle; le repérage par traits facilite la mise en place de ces axes (fig. 1.8)

la case 0 est adjacente à 1, 2, 4  
 " 1 " 0, 3, 5  
 " 3 " 1, 2, 7

L'association de deux cases adjacentes est une simplification :

- Le groupement 3-7 représente  $\bar{c}de + cde = de(\bar{c}+c) = de$ ;
- Le groupement 2-6 représente  $d\bar{e}$ ;



### 1.3.2 Simplification par l'emploi du tableau de Karnaugh.

Les cases adjacentes marquées « 1 » sont groupées par deux ou puissance de deux en surfaces aussi grandes que possible, plusieurs surfaces pouvant avoir des parties communes; chaque surface s'exprime par un terme formé d'une des variables ou du produit de certaines d'entre elles; la fonction cherchée est la réunion des termes correspondant à chacune des surfaces.

D'autre part on peut procéder de la même manière pour les cases marquées « 0 » et l'expression, ainsi obtenue, serait le complément de la fonction recherchée.

## ANNEXE 2

# SYMBOLES UTILISÉS



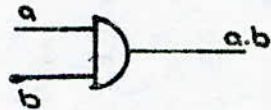
- Cellule OU1.



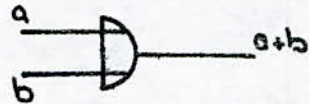
- Cellule NON.



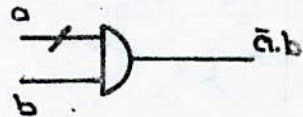
- Cellule N3.



- Cellule ET.



- cellule OU.



- Cellule IN (inhibition).



- Sélecteur de circuit.

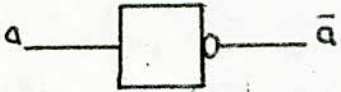




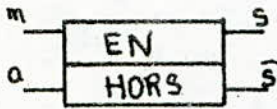
- Porte OU.



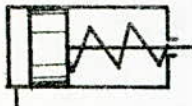
- Porte ET.



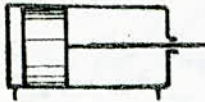
- Porte NON.



- Mémoire.



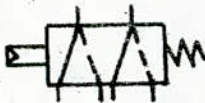
- Vérin simple effet.



- Vérin double effet.



- Distributeur 4 voies 5 orifices 2 positions, double pilotage.



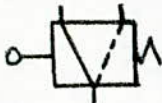
- Distributeur 4 voies 6 orifices 2 positions commandé par pilote et ressort taré.



- Distributeur 4 voies 6 orifices 2 positions commandé par galet et ressort.



- Distributeur 2 voies 3 orifices 2 positions commandé par pilote et ressort taré.

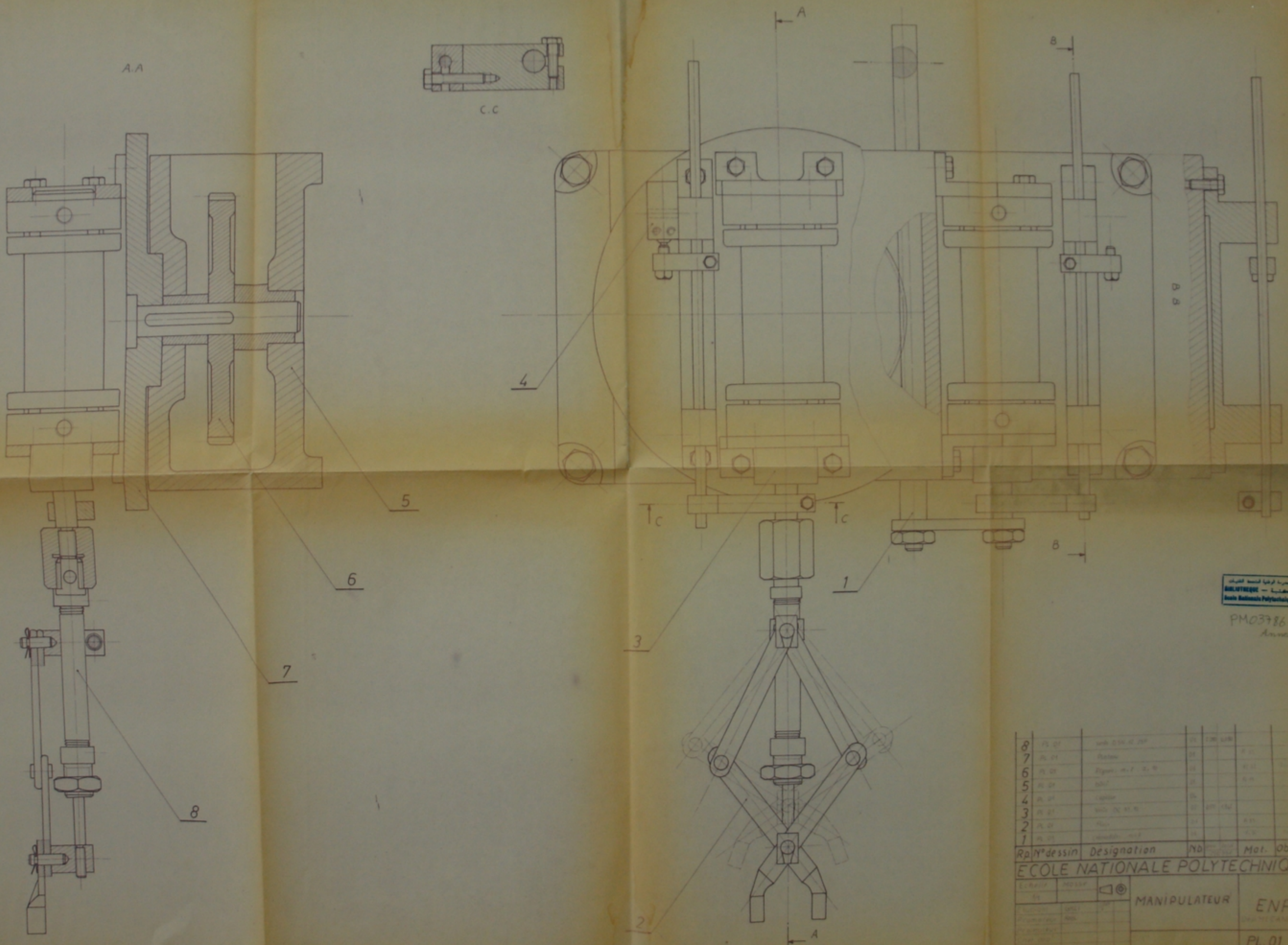


- Distributeur 2 voies 3 orifices 2 positions commandé par galet et ressort.

## BIBLIOGRAPHIE

1. L'Automatique par les problèmes - R. Chappert, J. Cojean, L. Thiberville.  
Les éditions Paris. 1979.
2. Automatismes à séquences - M. Milsant.  
Les éditions Eyrolles 1983.
3. Systèmes logiques. Manuel d'application. C. Novacescu, L. Alil.  
O.P.U. 1984.
4. Les automatismes - R. Chappert, J. Cojean, L. Thiberville, A. Compa.  
Les éditions Foucher. 1983.





جامعة الوطنية للهندسة  
 ENPA - ENPA  
 Ecole Nationale Polytechnique  
 PM03786  
 Annex

Rp	N° dessin	Designation	Nb	Mat.	Observ.
8	PL 01	axe 25x40x200	1	acier	
7	PL 01	manche	1	acier	
6	PL 01	rigor. 4x7 2x5	1	acier	
5	PL 01	barre	1	acier	
4	PL 01	capot	1	acier	
3	PL 01	axe 25x40x40	1	acier	
2	PL 01	manche	1	acier	
1	PL 01	manche 4x7	1	acier	

MANIPULATEUR  
 ENPA  
 PL 01



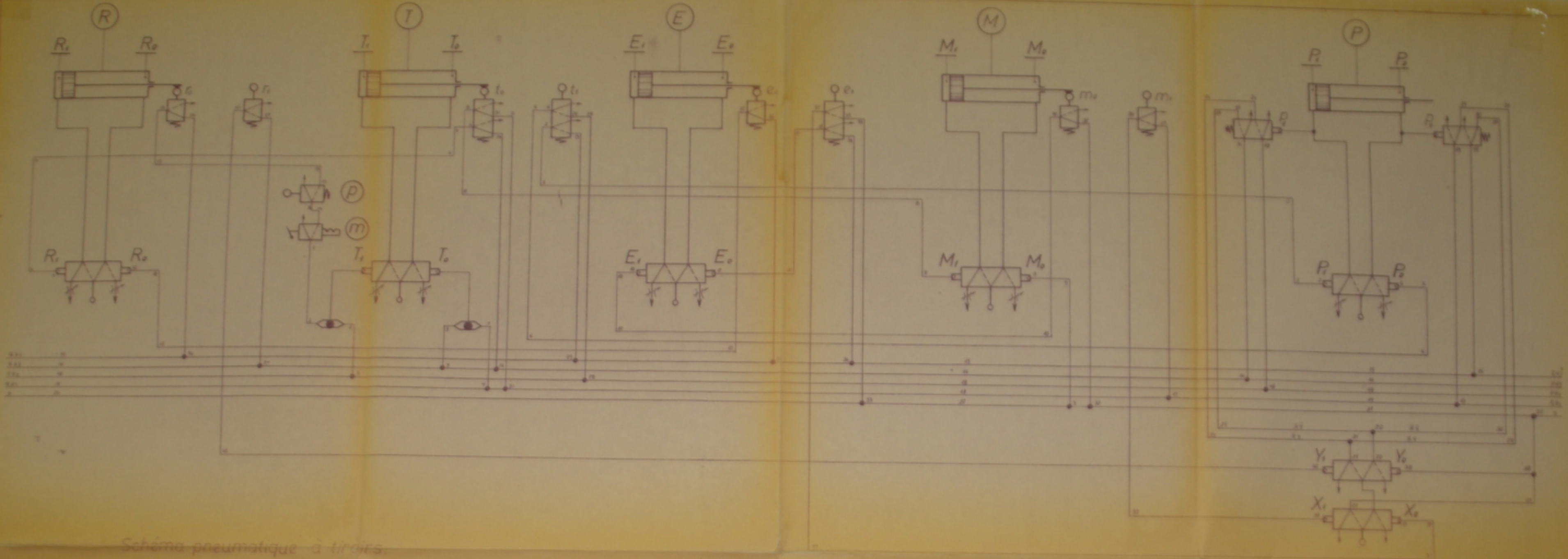
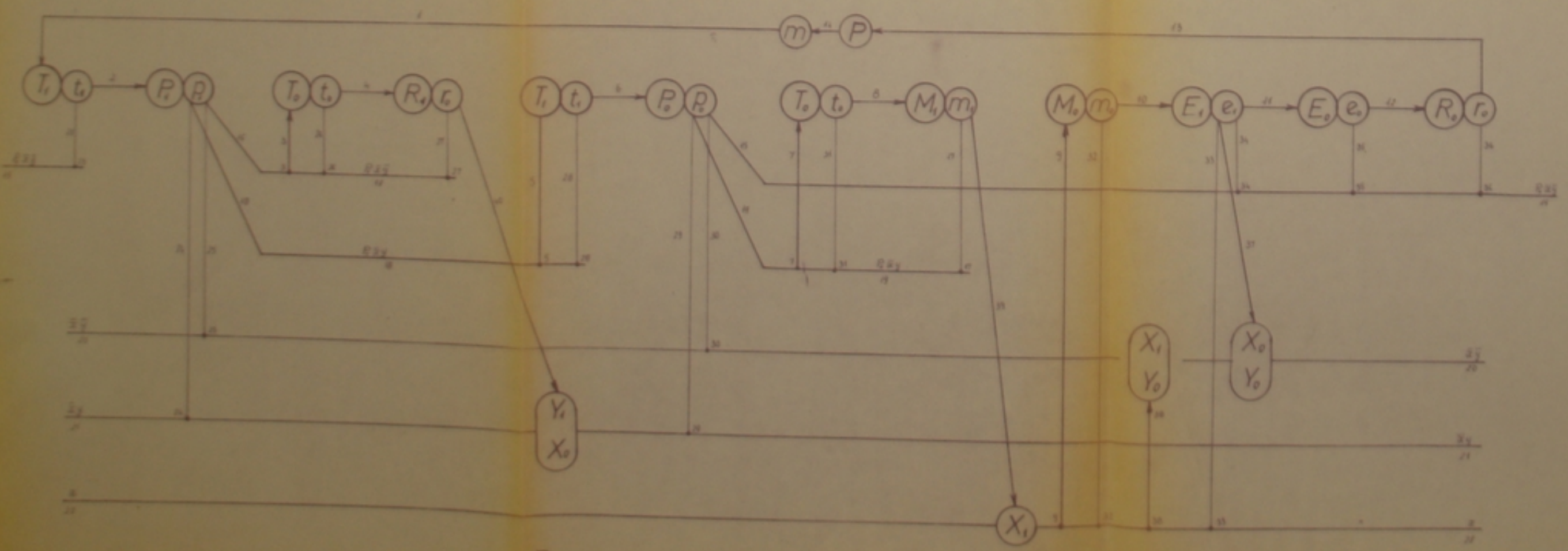


Schéma pneumatique à trois.



Programme de fonctionnement.

Matériel:

- |  |    |
|--|----|
| Désignation  | Nb |
| - vérins à double effet  | 05 |
| - distrib. 4 voies 5 orifices 2 positions double pilotage.                     | 07 |
| - distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commandés par galet et ressort.      | 06 |
| - distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions. commande manuelle à verrouillage.   | 01 |
| - distrib. 4 voies 6 orifices 2 positions commandés par galet et ressort.      | 03 |
| - distrib. 4 voies 6 orifices 2 positions commandés par pilote et ressort taré | 02 |
| - étrangleurs  | 10 |
| - sélecteur de circuit   | 02 |

PM03786  
 المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
 ENP - ENPA  
 Ecole Nationale Polytechnique



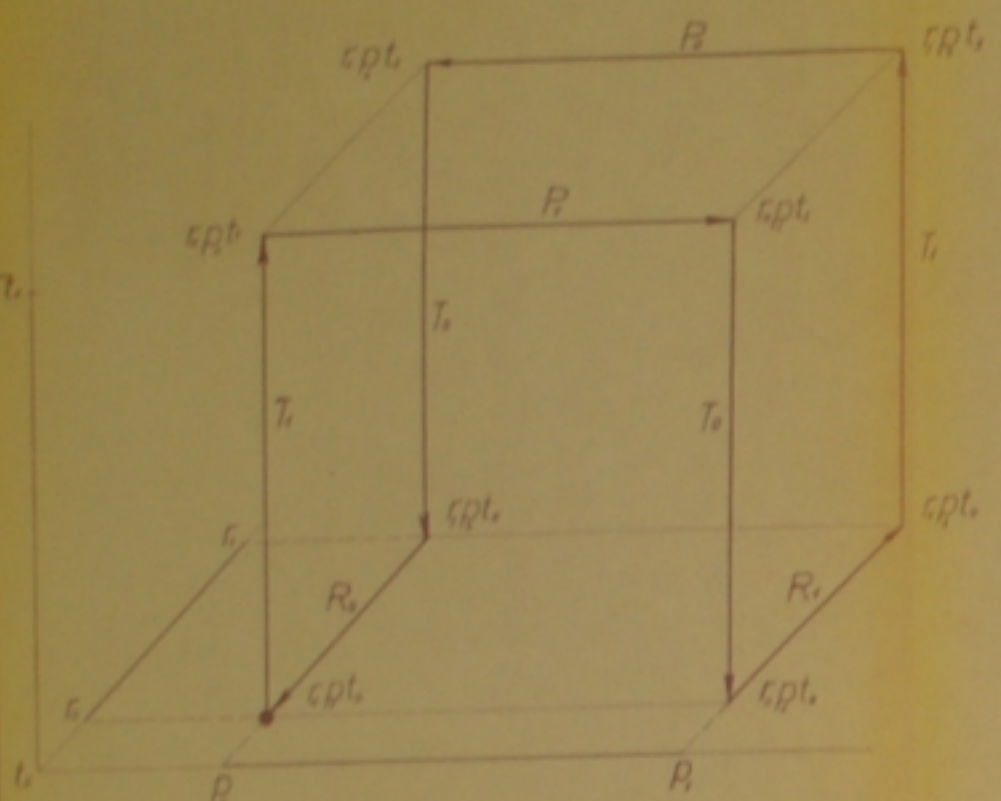


Diagramme de fonctionnement, cycle cubique

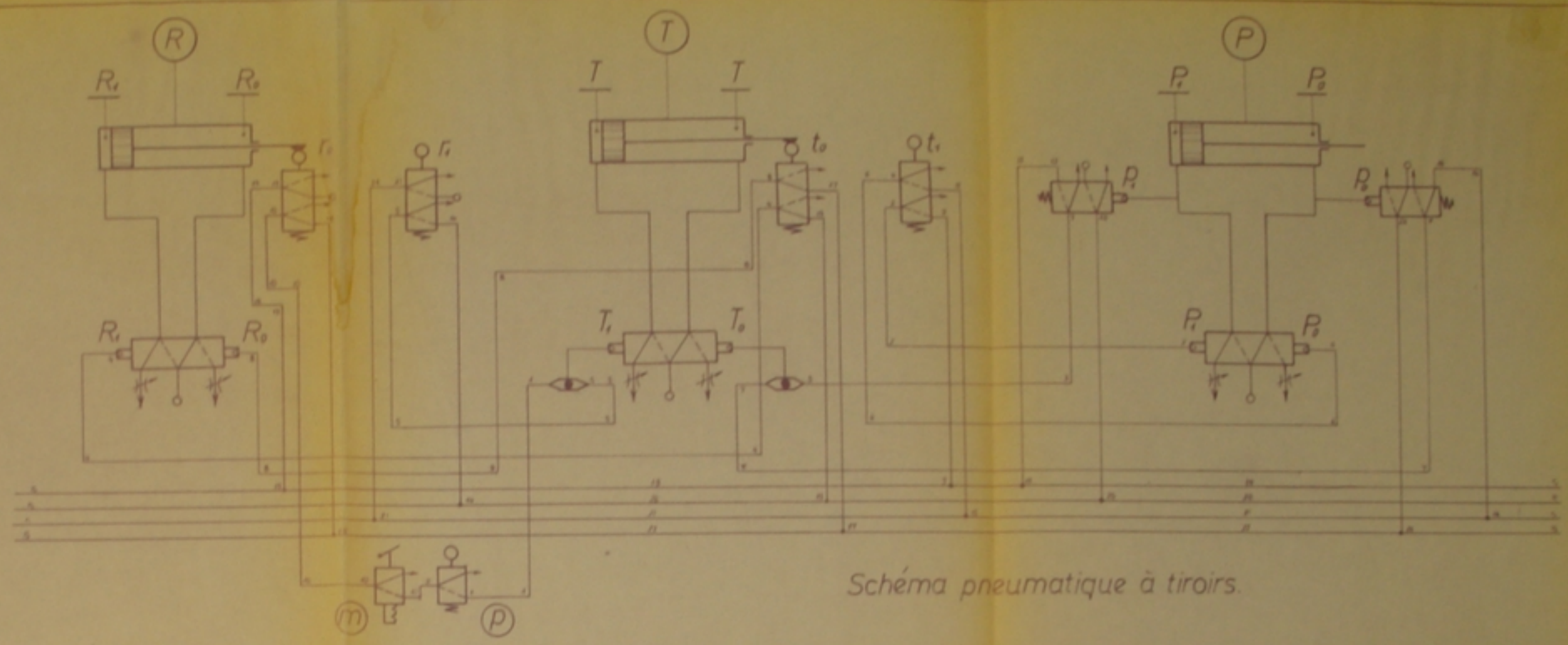
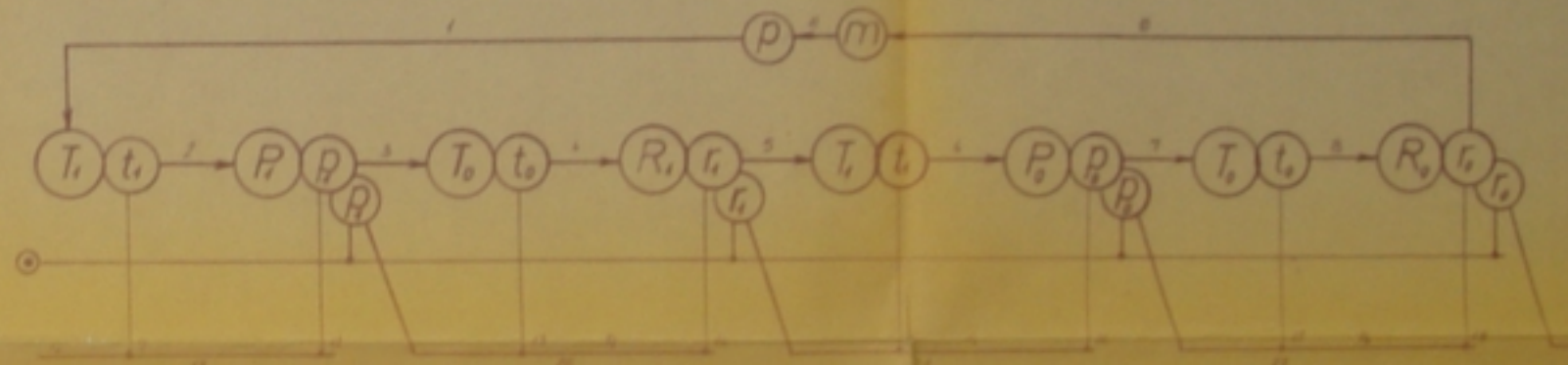


Schéma pneumatique à tiroirs



Programme de fonctionnement

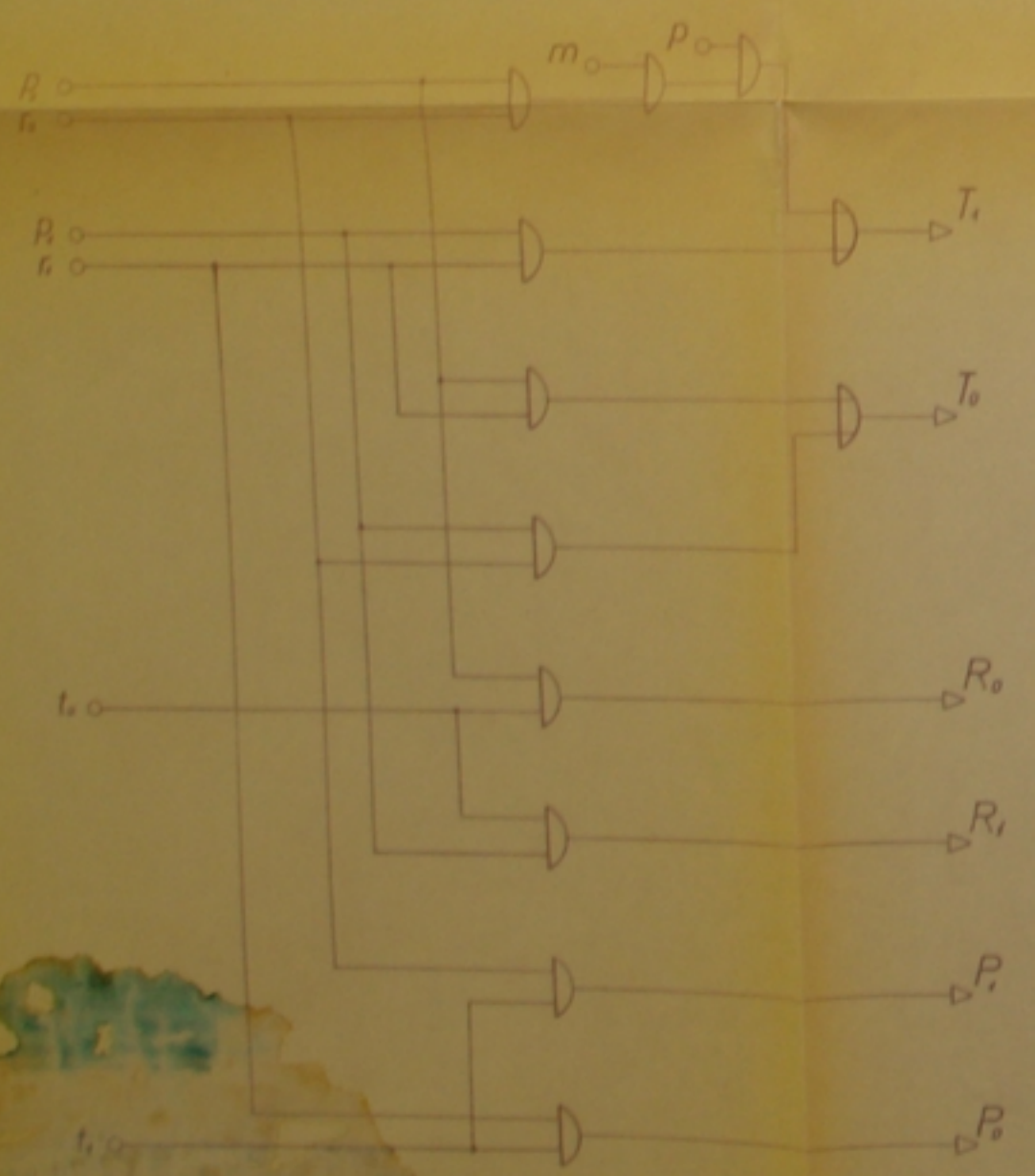


Schéma de commande à cellules

Schéma à cellules.

Désignation	Nb.
_vérins à double effet	03
_distrib. 4 voies 5 orifices 2 positions double pilotage	03
_distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commandés par galet et ressort	05
_distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commande manuelle à verrouillage	01
_cellules OU	02
_cellules ET	10
_étrangleurs	06
distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commandes par pilote et ressort taré	02

Matériel:

Schéma à tiroirs.

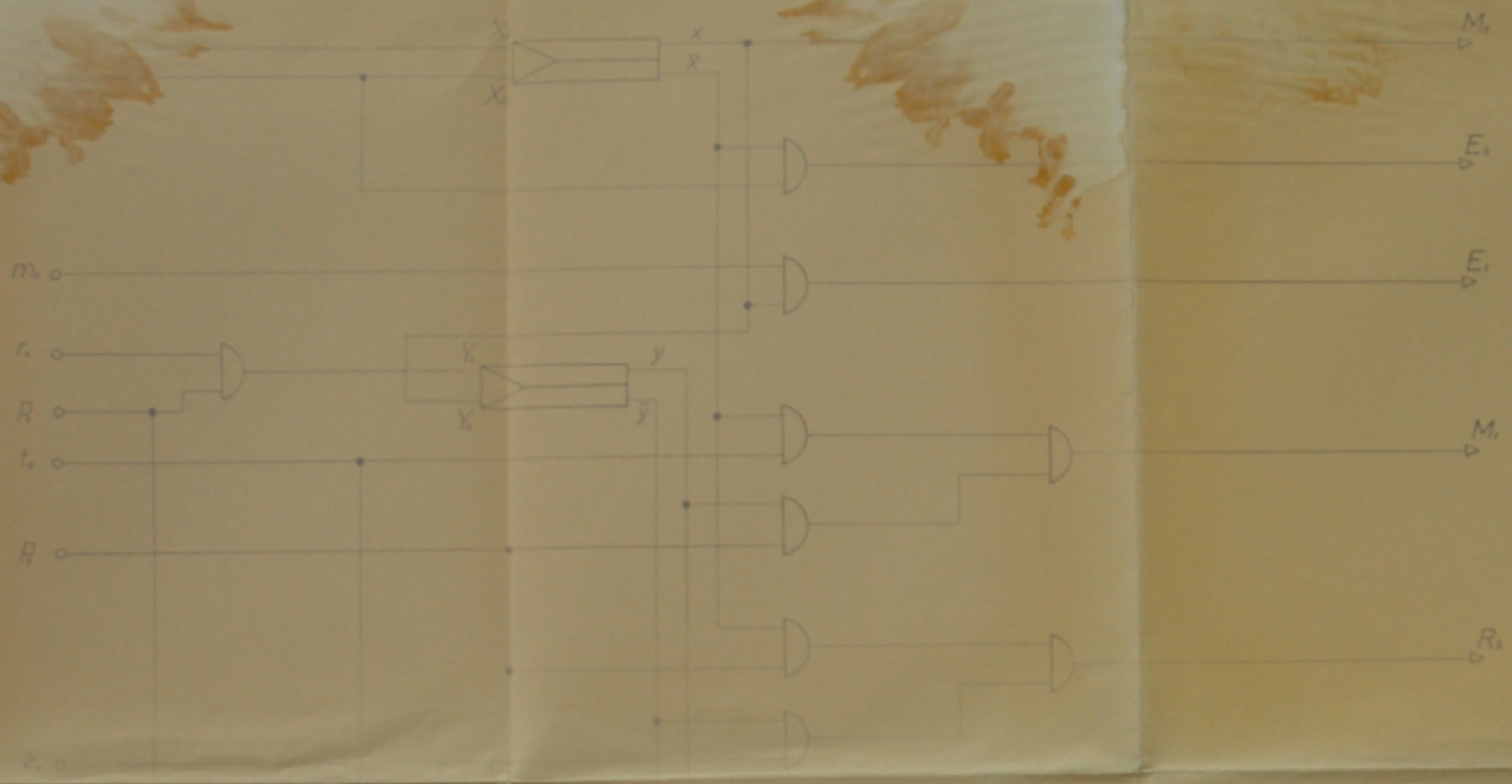
Désignation	Nb.
_vérins à double effet	03
_distrib. 4 voies 5 orifices 2 positions double pilotage	03
_distrib. 4 voies 6 orifices 2 positions commandés par galet et ressort	04
_distrib. 4 voies 6 orifices 2 positions commandés par pilote et ressort taré	02
_distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commandé par galet et ressort	01
_distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commandé manuelle à verrouillage	01
_étrangleurs	06
_sélecteur de circuit	02

PM03786 Annex

المركز الوطني للمعلومات  
BIBLIOTHÈQUE - المكتبة  
École Nationale Polytechnique

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
Échelle	masse	□	●
Étudiant	général		
Manipulateur	hab.		
Chargé de cours			
Professeur			
Manipulateur			ENPA
			Département de Mécatronique
			PL.03

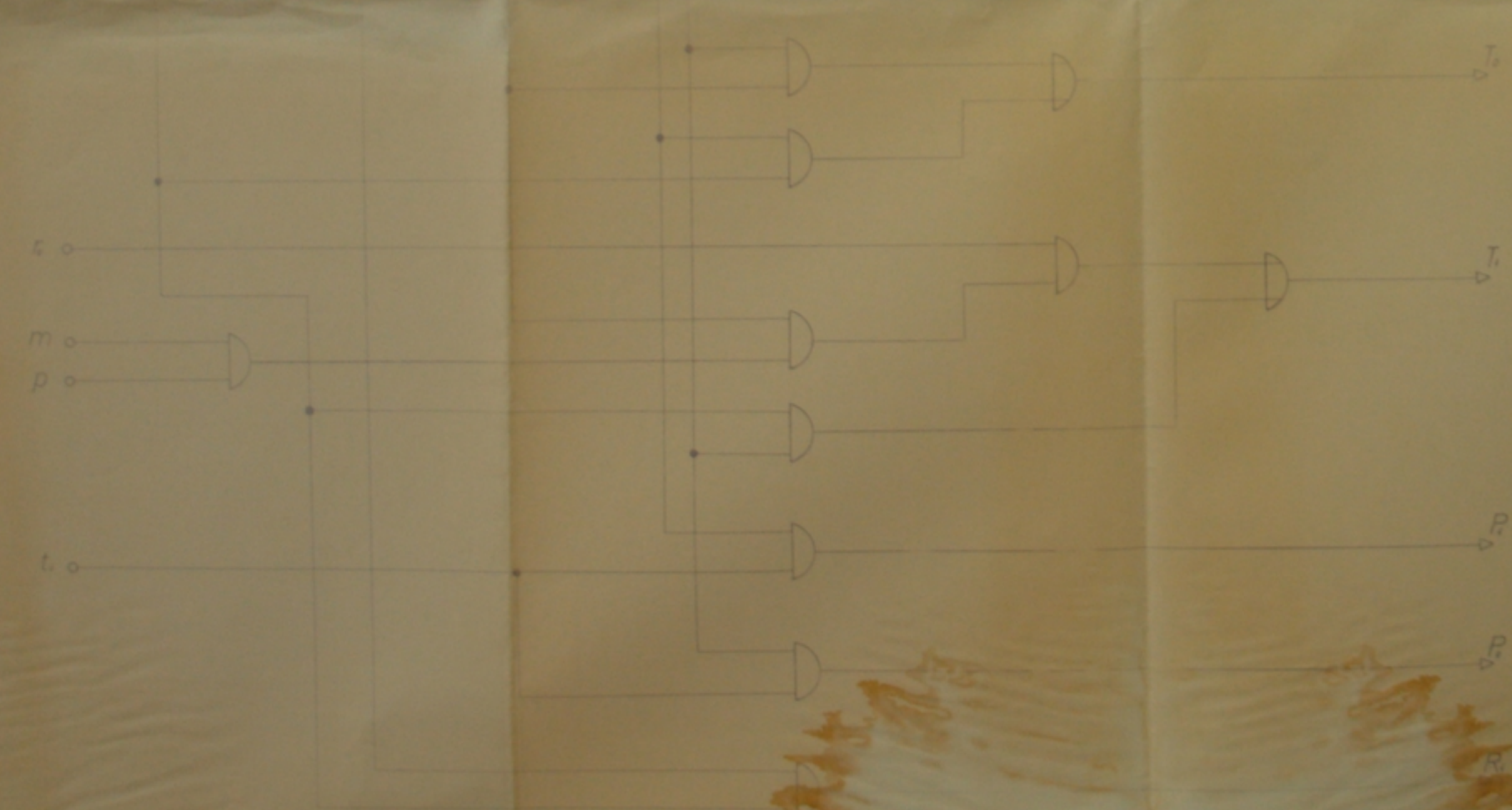




MATÉRIEL :

Designation	Nb.
- vérins double effet	05
- distrib. 4 voies 5 orifices 2 positions double pilotage.	05
- distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commandés par gâchet et ressort	09
- distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commande manuelle à verrouillage	01
- distrib. 2 voies 3 orifices 2 positions commandés par pilote et ressort taré	02
- étrangleurs	10
- cellules ET	18
- cellules OU	02
- membranes	02

Schema de commande à cellules



PM03786

