

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

الدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

## Projet de fin d'études

*Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie mécanique*

Thème :

الدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

Étude de la commande pneumatique et électrique  
du bras manipulateur RB-3/EV  
et  
remise en marche du banc de commande

Proposé et dirigé par :

M<sup>r</sup> M.MADANI

Étudié par :

M<sup>r</sup> ABDENBI Amine

Promotion  
- Juin 2002 -



## DEDICACES :

*A ma chère mère, A mon cher père que j'aime beaucoup*

*A mon frère ZAKARIA et mes deux sœurs HAKIMA et IMENE que j'adore*

*A mon cher ami et frère Adel qui malheureusement ne peut assister à ma soutenance.*

*A toute ma famille et mes amis.*

*" Je dédie ce modeste travail."*

*Amine*

## REMERCIEMENTS

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu pour m'avoir la force et le courage de continuer.*

*Mes remerciements les plus sincères vont à mon promoteur, Mr. M. MADANI, pour son aide précieuse et sa disponibilité .*

*Je remercie Mr. M. BENBRAIKA, pour l'honneur qu'il me fait en présidant cette assemblée et Mr. Y. BELHADEF, qui a bien voulu examiner ce projet.*

*Je rend hommage à toute ma famille qui était derrière moi durant toute ma scolarité et qui a fait preuve d'une grande patience envers moi.*

*Et je n'oublierai pas de mentionner tous mes amis sur qui je peux toujours compter.*

*Amine*

تعلق عملنا في دراسة وإعادة تشغيل الذراع الألي RB-3/EV بما في ذلك من أجهزة التحكم الهوائية والكهربائية. في هذا الإطار قمنا بتفكيك، دراسة، وفحص مختلف مكونات الجهاز. و لتحقيق ذلك قمنا بإجراء بعض التجارب على الجزء الصالح للتشغيل من الألة بعد إجراء الإصلاحات اللازمة عليه.

### Résumé :

Notre travail a consisté en une étude et remise en marche du robot RB-3/EV incluant le matériel de commande pneumatique et électrique. A cet effet, nous avons démonté, étudié et examiné les différentes pièces composant ce banc d'essai.

Pour caractériser notre étude, nous avons effectué quelques manipulations sur la partie réparée du banc d'essai.

### Summary :

Our work consisted of reactivating and studying the manipulating-robot RB-3/EV and its pneumatic and electric material of control.

However, we have analysed, studied and composing the robot.

For achieving our goal, we have made some manipulations mainly on the operational parts of the robot after having reactivated it.

Mots clés :

Commande, pneumatique, automatique, électrique, bras manipulateur, logique séquentielle, contrôleur logique programmable, interface.

Key words :

Control, pneumatic, automatic, electric, robot arm, sequential logic, programmable logical controller, interface

كلمات مفاتيح:

تحكم، هوائي، أوتوماتيكي، كهربائي، ذراع آلي، المنطق التسلسلي، منظومة التحكم الأوتوماتيكي.

# Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## **CHAPITRE I : Généralités et définitions**

I.1. Introduction.....	5
I.1.1. Algèbre de BOOLE.....	5
I.1.2. Logique combinatoire et séquentielle.....	5
I.1.3. GRAFCET.....	6
I.2. Généralités sur les Robots .....	8
I.2.1. Définition des robots.....	8
I.2.2. Classement des robots.....	8
I.2.3. Robotique.....	9
I.3. Généralités sur les automates programmables.....	10
I.3.1. Définition.....	10
I.3.2. les objectifs de l'automatisation.....	11

## **CHAPITRE II : Composants pneumatiques**

II.1. Introduction.....	13
II.2. Présentation du banc d'essai.....	13
II.3. Composants de sécurité.....	14
II.3.1. Généralités.....	14
II.3.2. Filtre déshumidificateur.....	14
II.3.3. Régulateur de pression.....	15
II.3.4. Lubrificateur.....	16
II.4. Composants pneumatiques de commande.....	17
II.4.1. Les fonctions logiques pneumatiques.....	17

II.4.2. Relais mémoire.....	17
II.4.3. Distributeurs à 4 voies (5 orifices) .....	19
II.4.4. Cellule logique « NON-INHIBITION standard » .....	23
II.4.5. Cellule logique « NON-INHIBITION à seuil ».....	24
II.4.6. Cellule logique « OUI de régénération ».....	25
II.4.7. Cellules logiques « ET » et « OU ».....	26
II.5. Actionneurs.....	27
II.5.1. Introduction.....	27
II.5.2. Principe de fonctionnement des vérins pneumatiques.....	28
1. Vérins simple effet.....	28
2. Vérins double effet.....	29
3. Vérins rotatifs.....	29
II.6. Séquenceur pneumatique.....	32
II.6.1. Introduction.....	32
II.6.2. Fonctionnement.....	34
II.6.3. avantage du schéma modulaire.....	35

## CHAPITRE III : Commande pneumatique du RB-3/EV

III.1. Introduction.....	37
III.2. Description générale du banc.....	37
III.3. Circuit d'alimentation.....	38
III.4. Circuit de puissance.....	41
III.5. Circuit de signalisation.....	45
III.6. Circuit du séquenceur avec visualisation correspondante et circuit de commande....	46
III.7. Techniques de montage et de réglage.....	52
III.8. Conduite à suivre.....	54
III.8.1. Contrôle des alimentations.....	54
III.8.2. Contrôle des positions.....	54
III.8.2. Marche de réglage.....	55
III.8.4. Marche normale.....	57
III.9. Interprétation du travail fait.....	57

III.10. Conclusion .....	62
--------------------------	----

## CHAPITRE IV : Commande électrique du RB-3/EV

IV.1. Automation avec le PLC-2/EV.....	64
IV.2. Présentation du PLC-2/EV.....	65
IV.3. Description du PLC-2/EV.....	66
IV.3.1. Structure du système.....	66
IV.3.2. Description fonctionnelle.....	67
IV.4. Programmeur.....	71
IV.4.1. Caractéristiques.....	71
IV.4.2. Description du programmeur.....	71
IV.4.3. Description fonctionnelle.....	73
IV.5. Conclusion.....	73
IV.6. Commande électrique du RB-3/EV.....	74
IV.6.1. Passage de la commande pneumatique à la commande électro-pneumatique.....	74
IV.6.2. Utilisation du PLC-2/EV.....	75
IV.7. Interprétation du travail fait.....	76
IV.8. Conclusion.....	76
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>78</b>

**Annexe 1** : Instructions utilisées pour la programmation.

**Annexe 2** : Programme séquentiel temporisé.

## LISTE DES ABREVIATIONS

GRAFCET : GRAPhe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions  
LC : Logique Combinatoire ;  
LS : Logique Séquentielle ;  
PLC: Programmable Logic Controller;  
RB: RoBot;  
EV : Elettronica Veneta ;  
RR: Registre des Résultats;  
LD : LOAD (charger) ;  
LDC: LOAD COMPLEMENT (charger l'inverse);  
STO: STORE (fournir);  
STOC: STORE COMPLEMENT (fournir l'inverse);  
IEN: INPUT ENABLE (validité d'entrée) ;  
OEN : OUTPUT ENABLE (validité de sortie) ;  
JUM : JUMP (saut) ;  
NOP: NO OPERATION (aucune operation);  
MEM: MEMoire;  
ROM: Reade Only Memori (mémoire morte);  
RAM:

# TABLE DES FIGURES

	N° page
<b>CHAPITRE I</b>	
<b>Figure I.1</b> : Schéma de base d'un automatisme LC.....	5
<b>Figure I.2</b> : Schéma de base d'un automatisme LS.....	5
<b>Figure I.3</b> : Schéma de base d'un relais mémoire.....	6
<b>Figure I.4</b> : Symbolisation du GRAFCET.....	7
<b>Figure I.5</b> : Transitions à plusieurs branches.....	8
<b>Figure I.6</b> : Schéma de base d'un procédé automatisé.....	10
<b>Figure I.7</b> : Schéma de base d'un procédé automatisé.....	11
 <b>CHAPITRE II</b>	
<b>Figure II.1</b> : Filtre déshumidificateur.....	15
<b>Figure II.2</b> : Lubrificateur.....	17
<b>Figure II.3</b> : Symbole ISO du relais mémoire.....	18
<b>Figure II.4</b> : Principe de fonctionnement d'un relais mémoire.....	18
<b>Figure II.5</b> : Distributeur 3/2.....	19
<b>Figure II.6</b> : Distributeur 4/2.....	20
<b>Figure II.7</b> : Distributeur 5/2.....	20
<b>Figure II.8</b> : Symbole ISO.....	20
<b>Figure II.9</b> : Fonctionnement et réglage.....	21
<b>Figure II.10</b> : Schéma du branchement et réglage.....	21
<b>Figure II.11</b> : Distributeur 5/4.....	22
<b>Figure II.12</b> : Différentes actions du distributeur 5/2 sur le vérin double effet.....	22
<b>Figure II.13</b> : Symbole ISO de la cellule logique « NON inhibition standard ».....	23
<b>Figure II.14</b> : Cellule logique « NONinhibition standard ».....	23
<b>Figure II.15</b> : Symbole ISO de la cellule logique « NONinhibition à seuil ».....	24
<b>Figure II.16</b> : Cellule logique « NONinhibition standard ».....	24
<b>Figure II.17</b> : Symbole ISO de la Cellule logique « OUI de régénération ».....	25
<b>Figure II.18</b> : Cellule logique « OUI de régénération ».....	25
<b>Figure II.19</b> : Cellule « ET » avec symbole ISO.....	26

<b>Figure II.20</b> : Cellule « OU » avec symbole ISO.....	27
<b>Figure II.21</b> : Vérin simple effet.....	28
<b>Figure II.22</b> : Vérin double effet.....	29
<b>Figure II.23</b> : Variation du débattement angulaire .....	30
<b>Figure II.24</b> : Vérin rotatif à double crémaillère.....	30
<b>Figure II.24</b> : Table rotative à double crémaillère.....	31
<b>Figure II.25</b> : Vérin rotatif à simple crémaillère.....	31
<b>Figure II.26</b> : Module de phase.....	32
<b>Figure II.27</b> : Coupe fonctionnelle.....	33
<b>Figure II.28</b> : Schémas modulaires du séquenceur.....	34

### CHAPITRE III

<b>Figure III.1</b> : Circuit d'alimentation.....	39
<b>Figure III.2</b> : Schéma de puissance du bras.....	41
<b>Figure III.3</b> : Schéma de puissance de la perceuse.....	42
<b>Figure III.4</b> : Tableau de synoptique du banc.....	43
<b>Figure III.5</b> : Commande à distance de la perceuse.....	45
<b>Figure III.6</b> : Schéma de signalisation.....	46
<b>Figure III.7</b> : Schéma du séquenceur, de visualisation et de commande.....	47
<b>Figure III.8</b> : Cycle complet avec saut de phases et cycle d'urgence.....	48
<b>Figure III.9</b> : Diagramme des phases (cycle complet).....	49
<b>Figure III.10</b> : Diagramme des phases (cycle avec saut de phases).....	50
<b>Figure III.11</b> : Schéma de commande et de signalisation.....	51
<b>Figure III.12</b> : Organisation des circuits de commande et de puissance.....	52

### CHAPITRE IV

<b>Figure IV.1</b> : Schéma de travail du PLC-2/EV.....	67
<b>Figure IV.2</b> : Modes de travail du programmeur.....	73

# TABLE DES PHOTOS

## CHAPITRE II

N° page

<b>Photo II.1</b> : Filtre déshumidificateur.....	15
<b>Photo II.2</b> : Lubrificateur.....	17
<b>Photo II.3</b> : Relais mémoire.....	18
<b>Photo II.4</b> : Distributeur 5/4.....	20
<b>Photo II.5</b> : Cellule logique « NONinhibition standard ».....	23
<b>Photo II.6</b> : Cellule logique « NONinhibition à seuil ».....	24
<b>Photo II.7</b> : Cellule logique « OUI de régénération ».....	25
<b>Photo II.8</b> : Cellule « ET ».....	26
<b>Photo II.9</b> : Cellule « OU ».....	27
<b>Photo II.10</b> : Vérin simple crémaillère.....	31
<b>Photo II.11</b> : Module de phase.....	32
<b>Photo II.12</b> : Séquenceur pneumatique.....	33

## CHAPITRE III

<b>Photo III.1</b> : Représentation du banc d'essai au complet.....	37
<b>Photo III.2</b> : Commandes d'alimentation du banc.....	40

## CHAPITRE IV

<b>Photo IV.1</b> : Contrôleur logique programmable PLC-2/EV.....	64
<b>Photo IV.2</b> : Système de control.....	64
<b>Photo IV.3</b> : Mémoire de programme EPROM.....	66
<b>Photo IV.4</b> : Connecteur ON-LINE.....	66
<b>Photo IV.5</b> : Programmeur.....	66
<b>Photo IV.6</b> : Description du programmeur.....	72
<b>Photo IV.7</b> : Interfaces électro-pneumatiques (électrovannes).....	75

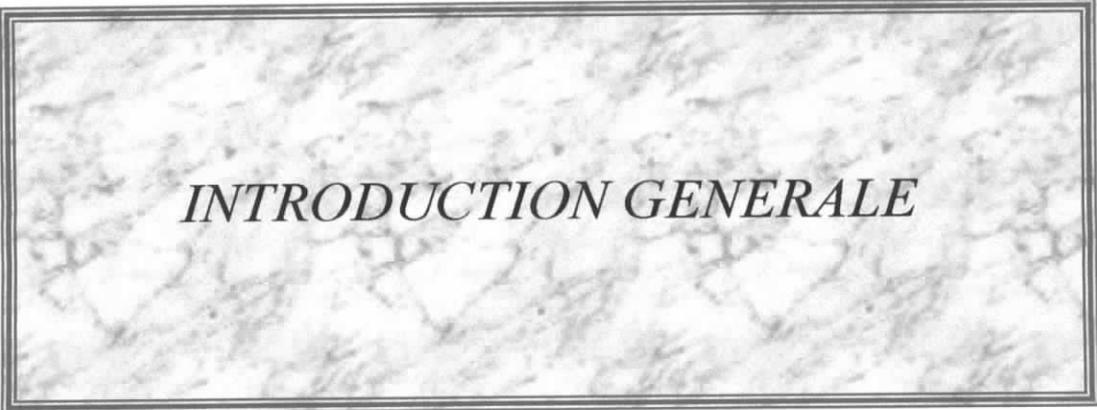
## BIBLIOGRAPHIE

- [1]- J. KUNZMANN. Algèbre de Boole. Dunod. Paris, 1968.
- [2]- J.LAGASSE. Logique combinatoire et séquentielle. 3<sup>e</sup> édition. Dunod. Paris, 1976.
- [3]- L.THIBERVILLE. L'automatique par les problèmes. T II. FOUCHER. Paris, 1979.
- [4]- L.THIBERVILLE. Du GRAFCET aux réseaux de petrie. Dunod. Paris, 1991
- [5]- PETER MARSH. Le temps des robots. Editions Bordas. Paris, 1986.
- [6]- F.SCHAAL. Point en robotique. Vol.2. Paris, 1985.
- [7]- ANDRE SIMON. Les automates programmables. Paris,1991.
- [8]- Intelligent pneumatique robot trainer mod. RB-3/EV. (Manuel d'emploi)
- [9]- JACQUES FAISANDIER. Mécanismes hydrauliques et pneumatiques. 8<sup>e</sup> édition  
Dunod. Paris, 1999.
- [10]- Contrôleur logique programmable mod. PLC-2/EV. (Manuel d'utilisation)

### THESES :

- ❖ Etude d'un mini robot muni du micro-ordinateur du contrôleur logique programmable et les autres interfaces. (A.MADJAHED-1987)- E.N.P.
- ❖ Exploitation du robot RB-3/EV par l'intermédiaire du contrôleur logique programmable mod. PLC-2/EV. (K.ACHICHE-1989)- E.N.P.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique



*INTRODUCTION GENERALE*

Le développement fulgurant que connaît le domaine technologique à travers les temps ne cherchait qu'à atteindre deux objectifs majeurs : gagner de l'argent et améliorer le confort humain.

La fusion de ces deux fut trouvée par l'introduction de l'automatisation dans l'exécution des tâches qui sont considérées comme fatigantes, dangereuses ou même ennuyeuses ; c'était l'apparition des robots.

Ces robots se sont diversifiés durant les années avec l'utilisation de dispositifs pneumatiques, hydrauliques, électriques et électroniques.

L'ordonnement des opérations successives et répétées d'un processus de travail, leur contrôle, la correction permanente des erreurs éventuelles, le traitement des informations et l'exécution des calculs sont désormais assurés par de nouveaux instruments : ordinateurs, calculateurs et automates programmables.

Les robots pneumatiques ont beaucoup évolué ces dernières années. L'industrie les utilise fréquemment vu les nombreux avantages qu'ils offrent à savoir l'abondance de l'air utilisé comme fluide moteur, la puissance fournie, la facilité de maintenance, ...

Le développement de l'informatique et notamment l'introduction des microprocesseurs au milieu des années 70 a donné un nouvel essor aux processus d'automatisation, et c'est de là aussi qu'est développé la robotique (le suffixe «tique» montrant sa filiation avec l'informatique).

En vue de l'étude et de la remise en marche du banc d'essai de commande pneumatique et électrique d'un robot pneumatique, on a réalisé ce travail qui s'intitule : « Étude de la commande pneumatique et électrique du robot RB-3/EV et remise en marche du banc d'essai de commandes ».

Le chapitre I donne quelques brèves définitions sur des notions de base concernant la partie robot.

Une présentation de la console pneumatique de commande, du bras de manipulation et de la perceuse pneumatique sera donnée dans le chapitre II.

Au chapitre III, sera exposé le principe de fonctionnement de la commande à partir de la console pneumatique, avec une étude détaillée de quelques composants pneumatiques. Les travaux de remise en marche du système y seront donnés aussi.

Le quatrième chapitre décrit la partie électrique du banc avec une présentation du contrôleur logique programmable PLC-2/EV , suivie d'une description de l'interface électro-pneumatique utilisée.

Le dernier chapitre illustre la procédure de passage de la commande totalement pneumatique à la commande électro-pneumatique, avec utilisation de la programmation de la console.

Une conclusion générale terminera notre travail en parlant des perspectives attendues de ce projet.

# CHAPITRE I

*Généralités et définitions*

## I.1 INTRODUCTION :

Si les informations traitées dans un système automatisé ont un caractère *tout ou rien*, on dit que ce système est un *automatisme logique*. On utilise donc, pour le traitement de ces informations, l'ALGÈBRE DE BOOLE.

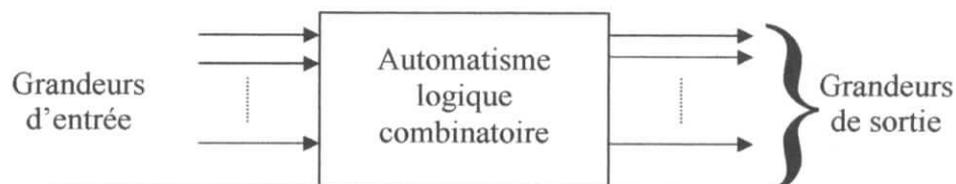
### I.1.1 Algèbre de BOOLE [1]:

Soit un ensemble B comprenant deux éléments notés respectivement 0 et 1.  
 $B = \{0,1\}$ . Toute variable simple pourra prendre l'une de ces deux valeurs.

L'algèbre de BOOLE est un système algébrique constitué de l'ensemble B et des opérations ET, OU, NON. Les variables de ce système sont susceptibles de prendre seulement deux valeurs qui seront désignés par 0 et 1 (vrai ou faux, etc.). On les nomme quantités booléennes simples.

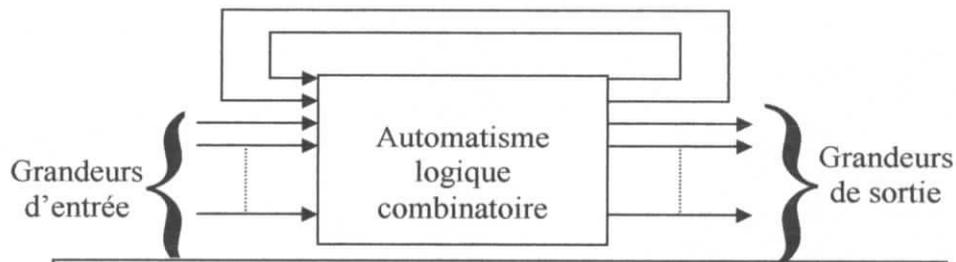
### I.1.2 Logique combinatoire et séquentielle [2]-[3]:

On appelle logique combinatoire, toute combinaison de fonctions logiques simples (ET, OU et NON) d'un automatisme dans lequel l'état des grandeurs de sortie dépend uniquement de l'état des grandeurs d'entrée (il n'y a pas de retour d'informations).



**-Figure I.1-**  
Schéma de base d'un automatisme logique combinatoire

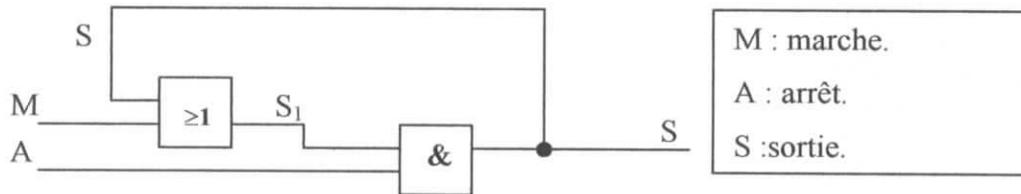
Si par contre, quelques grandeurs de sortie sont utilisées comme entrées, on parlera de logique séquentielle. On obtient donc ce qu'on appelle un *relais mémoire*.



**-Figure I.2-**  
Schéma de base d'un automatisme logique combinatoire

❖ **Exemple :** « Fonction mémoire »

Cette fonction permet de conserver le signal de sortie, même après que les signaux d'entrée qui l'ont engendré aient disparus.



**-Figure I.3-**  
Schéma de base d'un  
relais mémoire

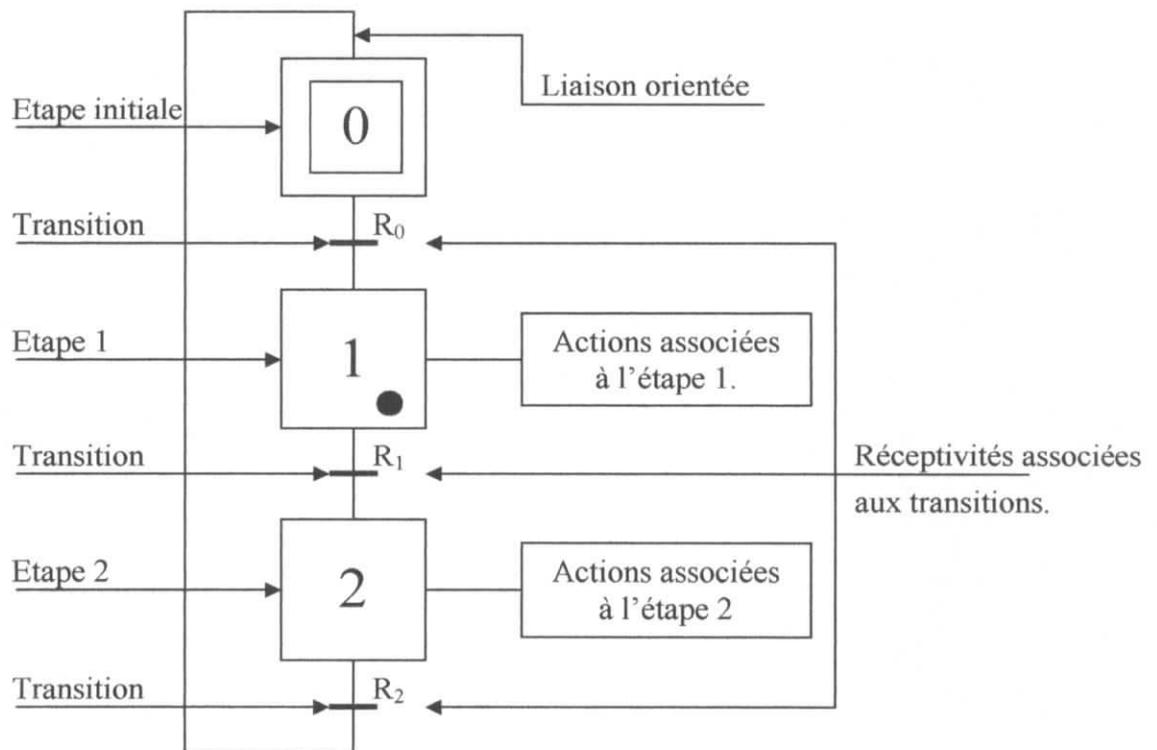
<u>Etape</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>S<sub>1</sub></u>	<u>S</u>
<u>Repos</u>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Enclenchement</u>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<u>Marche</u>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<u>Déclenchement</u>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<u>Repos</u>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**-Tableau I.1-**  
Tableau des valeurs

**I.1.3 GRAFCET [4]:**

Le GRAFCET (GRaphe Fonctionnel de Commande des Etapes et Transitions) est un outil graphique de description des cycles de travail d'un automate logique. Ces cycles sont définis par une succession d'étapes et de transitions ; aux étapes sont associées des actions ; aux transitions, des réceptivités (ou conditions qui sont les comptes rendus des capteurs) qui doivent être satisfaites pour que la transition puisse être faite, permettant ainsi l'évolution d'une étape à la suivante.

Le GRAFCET a une représentation normalisée comme le montre la figure I.4.



**-Figure I.4-**  
Symbolisation du GRAFCET-

Une étape est représentée par un carré. Elle peut être active ou inactive. Un point est mis à l'intérieur du carré correspondant à l'étape active (étape 1 dans la figure I.4). Les étapes qui doivent être actives au moment de la mise en marche du système sont représentés par un double carré (étape 0 dans la figure I.4) ; aux étapes, sont associées des actions, qui sont les sorties du GRAFCET, le numéro d'ordre de chaque étape est inséré à l'intérieur du carré qui lui correspond (voir figure I.4).

Une transition est représentée par un trait horizontal. Ce trait doit être précédé d'un double trait lorsque deux ou plusieurs branches arrivent sur cette transition (figure I.5.a) et suivi d'un double trait lorsque deux ou plusieurs branches partent de cette transition (figure I.5.b). A toute transition sera associée une réceptivité  $R_i$  qui est une fonction des variables d'entrées du GRAFCET, éventuellement de l'état interne.



**-Figure I.5-**  
Transition à plusieurs  
branches

❖ **Remarque :**

*Le numéro d'une étape n'est qu'un repère, ainsi une étape repérée 3, ne fera pas toujours suite à l'étape 2 puisqu'il existe parfois des sauts d'étapes.*

## **I.2 GENERALITES SUR LES ROBOTS [5]:**

### **I.2.1. Définition des robots :**

Le mot ROBOT est d'origine Tchèque « ROBOTA » et qui signifie *corvée*.

Le Larousse le définit comme : appareil capable d'agir de façon automatique pour une fonction donnée. L'ISO et l'AFNOR définissent ce terme par : « manipulateur commandé en position, programmable, polyvalent, à plusieurs degrés de liberté, capable de manipuler des matériaux, des pièces, des outils, et des dispositifs spécialisés au cours de mouvements variables et programmés pour l'exécution d'une variété de tâches ».

### **I.2.2. Classement des robots :**

On classe généralement les robots en fonction de leur système de commande., c'est la proposition de la « Japan Industrial Robot Association » (J.I.R.A.) qui sert le plus souvent de référence.

Selon la J.I.R.A., les robots sont répartis en six classes :

❖ Classe 1 : Elle regroupe les *manipulateurs manuels* , c'est-à-dire les mécanismes à plusieurs degrés de liberté actionnés par l'homme ;

- ❖ Classe 2 : Elle comporte les robots ou manipulateurs à *séquence fixe* qui exécutent des mouvements immuables, chaque articulation allant d'une butée à l'autre dans un ordre préétabli et non modifiable ;
- ❖ Classe 3 : Elle rassemble les robots ou manipulateurs à *séquence variable*, pour lesquels l'ordre aussi bien que l'amplitude de déplacement des articulations sont aisément réglables ;
- ❖ Classe 4 : On y trouve les robots *playback*, qui peuvent effectuer des trajectoires continues ; dans une phase d'apprentissage, l'opérateur humain fait exécuter la tâche au robot en le pilotant manuellement ou depuis une console de commande ; l'information utile est enregistrée et rappelée lorsque c'est nécessaire ; le robot exécute alors seul la tâche autant de fois qu'on le désire ;
- ❖ Classe 5 : Elle est le domaine des *robots à commande numérique* ; l'opérateur humain fournit au robot un *programme* (informatique) de déplacement ; il ne guide plus manuellement le robot, comme précédemment ;
- ❖ Classe 6 : Elle englobe tous les robots dits *intelligents*, dotés de moyens de compréhension de l'environnement et capables de modifier eux-mêmes leur comportement pour mener à bien la tâche demandée.

### **1.2.3. Robotique [5]-[6]:**

Le terme robotique étant dérivé du mot robot, on pourrait penser qu'il s'agit de la science des robots. Cette définition est très ambiguë et laisse penser que la robotique ne s'intéresse qu'aux robots en tant que machines isolées ou groupées pour une collaboration uniquement inter-robots.

Ce point de vue est trop restrictif. Sur la voie de l'automatisation de grands secteurs de l'activité humaine, le robot constitue certes un nouvel outil – aux propriétés jamais égalées par les outils précédents –, mais ce n'est qu'un nouvel outil qui s'adjoint aux outils déjà présents : ordinateurs, automates programmables, machines-outils à commande numérique, systèmes de vision, systèmes experts, réseaux locaux, etc.

La robotique ne se limite donc pas à l'art de concevoir des robots mais à celui de les faire collaborer avec les autres outils de l'automatisation, à les intégrer dans un ensemble d'outils divers. Dans le cadre d'applications liées à la production de biens de

consommation ou d'équipement, la robotique se confond souvent avec la *productive*. C'est en partie grâce à la présence de robots, outils éminemment flexibles, qu'on arrive à la notion de cellule flexible et atelier flexible.

### **I.3. GENERALITES SUR LES AUTOMATISMES [7]:**

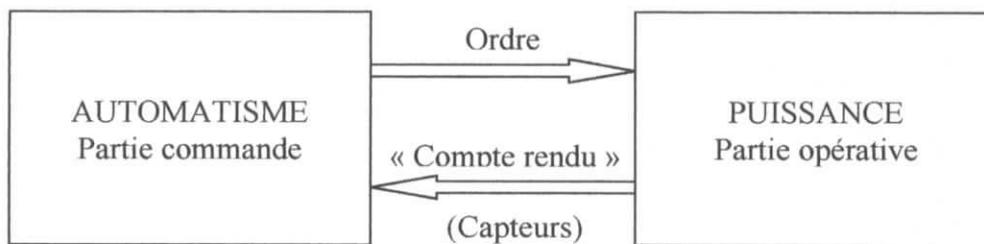
L'automatisation des machines et des installations apporte dans de nombreux cas la seule solution valable aux problèmes actuels de fabrication.

#### **I.3.1. Définition :**

Un automatisme désigne, en général, le dispositif assurant le fonctionnement d'une machine ou d'une installation de production, avec le minimum d'intervention humaine.

Tout procédé automatisé se décompose en deux parties distinctes et complémentaires (figure I.6) :

- ❖ La partie opérative : qui exécute l'action.
- ❖ La partie commande : qui gère et donne l'ordre d'exécuter l'action.



**-Figure I.6-**  
Schéma de base d'un procédé automatisé

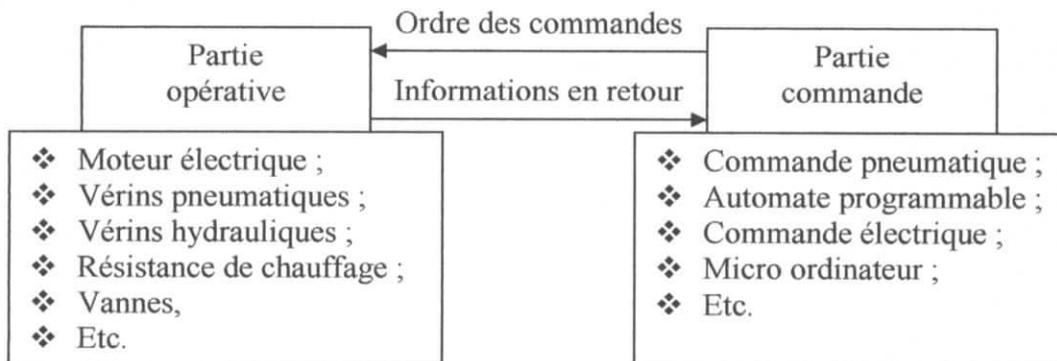
La partie opérative effectue diverses opérations (mécaniques, thermiques, physico-chimiques, ...) sur la nature ou sur la forme des produits traités par la machine ou par l'installation, et leur fait subir des transformations. Mais ces opérations peuvent correspondre aussi à un déplacement, à un changement de position dans l'espace (systèmes de manutention, ascenseurs, etc...), à des régulation, etc.

Elle est caractérisée par une utilisation d'énergie significative contrairement à la partie commande qui n'effectue que du traitement d'information à un faible niveau d'énergie.

Cette énergie est mise en œuvre par des actionneurs (moteurs, vérins, vannes, ...) commandés par des pré-actionneurs eux-mêmes pilotés par la partie commande.

La partie commande coordonne les actions de la partie opérative, en élaborant en sorties des ordres destinés à cette dernière, et des signaux de visualisation qui renseignent l'opérateur humain ; ces ordres sont élaborés en fonction des comptes rendus venant du processus et des ordres reçus.

Pour chacune de ces parties, la figure I.7 ci-dessous montre les différentes technologies qui peuvent être mises en œuvre.



**-Figure I.7-**  
Technologies employées dans les automatismes

### I.3.2. Les objectifs de l'automatisation :

La compétition économique que nous connaissons impose à l'industrie de produire en qualité et en quantité pour répondre à la demande dans un environnement très concurrentiel. En terme d'objectifs, il s'agit :

- De produire à *qualité constante*.
- De fournir les *quantités nécessaires* (adaptabilité).
- D'accroître la *productivité*.

Autrement dit, il est important de tenir un marché, mais aussi de pouvoir en suivre l'évolution (diminution des coûts, complexité technologique croissante,...)

A ces critères, il convient d'ajouter l'amélioration des conditions de travail qui s'impose progressivement comme un objectif essentiel.

# CHAPITRE II

*COMPOSANTS PNEUMATIQUES*

## II.1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous présentons la partie pneumatique du banc d'essai (le bras manipulateur, la perceuse pneumatique et la console de commande pneumatique). Nous décrirons aussi quelques composants pneumatiques que nous jugeons important de connaître.

## II.2. PRESENTATION DU BANC D'ESSAI [8] :

Nous allons maintenant présenter la partie totalement pneumatique du matériel sur lequel ce travail est basé.

Ce banc est fabriqué par la société Italienne ELLETRONICAVENETA spécialisé dans l'équipement didactique de laboratoire (site Internet [www.elletronicaveneta.com](http://www.elletronicaveneta.com) ) .

Il est conçu d'un bras manipulateur, d'un poste de perçage (perceuse pneumatique) et d'une console de commande pneumatique.

Le bras manipulateur a cinq degrés de liberté. Il est doté de capteurs lui permettant de percevoir certaines caractéristiques de son environnement. Il exécute des tâches bien définies sans aucune intervention de l'homme : Ayant un organe manipulateur « pince », le bras saisit des pièces semi-finies à partir d'un chargeur vertical et les transporte vers le lieu d'exécution de l'opération de perçage.

La perceuse est aussi totalement pneumatique, sa descente et sa montée sont assurées par un vérin simple effet, tandis que la rotation est assurée par une turbine située à l'intérieur de la perceuse elle-même.

La console pneumatique est conçue pour commander les mouvements du bras et de la perceuse. Les composants pneumatiques qui la constituent et leurs principes de fonctionnement sont représentés dans ce chapitre.

### II.3. COMPOSANTS DE SECURITE [8]-[9] :

Ce sont les composants non indispensables à la marche des systèmes pneumatiques mais qui, par leur présence, augmentent la fiabilité des systèmes.

#### II.3.1. Généralités :

Dans toutes les installations utilisant l'énergie pneumatique, l'air comprimé est amené sur les lieux d'utilisation au moyen d'un réseau de distribution. Ce réseau est généralement constitué d'une tuyauterie d'acier susceptible de véhiculer des particules solides (calamine, rouilles) issues de ces tuyauteries, ou des déchets et condensas (déchets de soudures, condensas d'eau, résidus gras, etc.). Il est donc nécessaire, pour assurer une meilleure longévité et fiabilité des constituants d'automatisme pneumatique, d'utiliser en amont et au voisinage immédiat de leur alimentation des appareils de traitement de l'air pour satisfaire :

- Les conditions de *filtration* de l'air, c'est à dire éliminer les impuretés solides ou liquides ;
- La régulation de la pression d'alimentation des machines ou des installations, évitant les pointes de surpressions accidentelles du réseau primaire ;
- Les conditions de lubrification de l'air nécessaires au bon fonctionnement de certains récepteurs pneumatiques.

Les unités FRL (filtre, régulateur et lubrifiant) constituent un groupe essentiel pour le fonctionnement des systèmes pneumatiques. De plus, aujourd'hui, on associe à ce groupe des organes permettant une exploitation rationnelle et sécuritive des dispositifs pneumatiques qu'ils alimentent. Ces accessoires permettent en particulier :

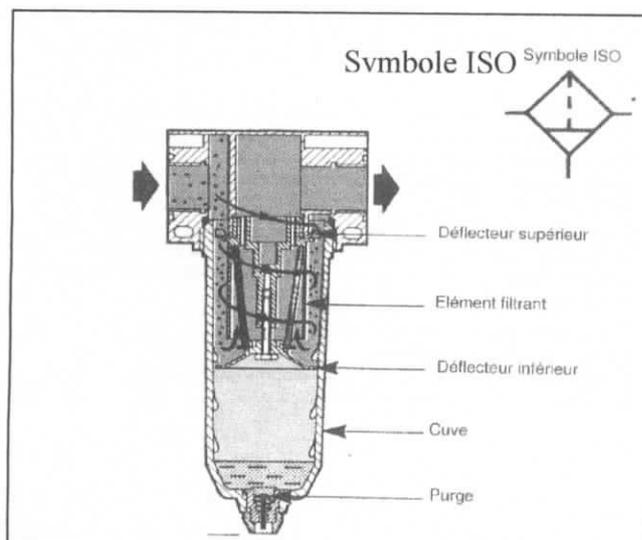
- D'isoler une installation ou une machine ;
- De couper en urgence l'alimentation en air ;
- De piloter une mise en pression progressive après arrêt d'urgence ;
- De surveiller la valeur de pression d'alimentation.

#### II.3.2. Filtre déshumidificateur :

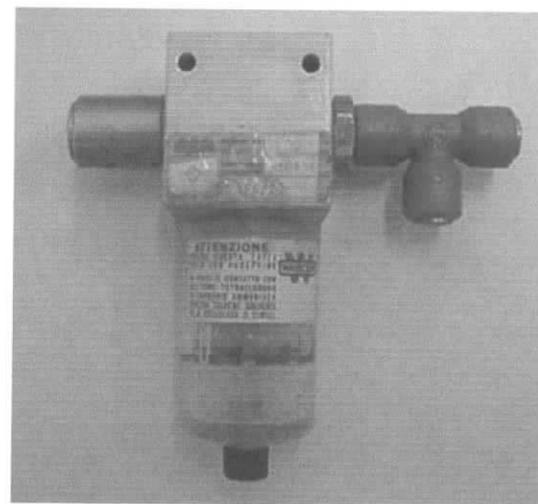
L'air impropre pénètre dans l'appareil et prend un mouvement rotatif après passage par le déflecteur à ailettes. Dans cette région l'air tourne très vite et, par l'effet

de la force centrifuge les particules solides, les gouttelettes d'eau, et résidus d'huile sont projetés contre la paroi interne de la cuve, et s'évacuent vers la partie basse de celle-ci, en zone calme situé sous un deuxième déflecteur, empêchant les contaminants d'entrer à nouveau dans le circuit d'air.

Après cette séparation « cyclonique » l'air partiellement propre passera à travers une cartouche filtrante permettant une filtration de qualité. L'air regagne l'orifice de sortie par la partie centrale de la cartouche.



**-Figure II.1-**  
Filtre déshumidificateur



**-Photo II.1-**  
filtre déshumidificateur

Un purgeur, placé à la partie inférieure de la cuve, généralement transparente, permet d'évacuer les impuretés liquides et solides. Pour les filtres installés sur notre banc, les purgeurs sont à commande manuelles.

L'élément filtrant, pièce majeure de ce dispositif est fait dans notre cas à partir de bronze synthétique avec une porosité de 5 à 20 microns (voir figure II.1).

### **II.3.3. Régulateur de pression :**

Il faut maintenir une pression secondaire constante, quelles que soient les variations du débit utilisé (consommation de l'installation) et les fluctuations de la

pression primaire délivrée par le réseau, sous réserve que celle-ci soit supérieure à la pression que l'on veut avoir.

Réguler la pression automatiquement en fonction du régime du travail demandé, est la fonction principale assignée au régulateur de pression.

Par action manuelle sur un bouton de réglage, l'on comprime plus ou moins un ressort qui, par l'intermédiaire d'une membrane attelée à un clapet, fait varier la section de passage de l'air comprimé, établissant ainsi une pression à la sortie dite pression secondaire.

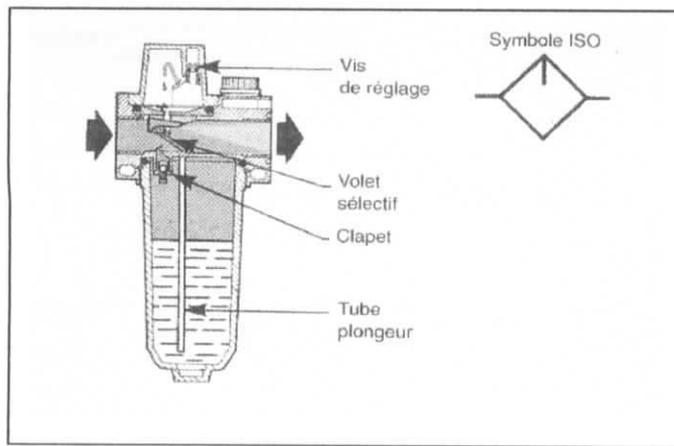
Un manomètre, monté directement sur le régulateur visualise la pression stabilisée d'utilisation (pression secondaire).

#### II.3.4. Lubrificateur :

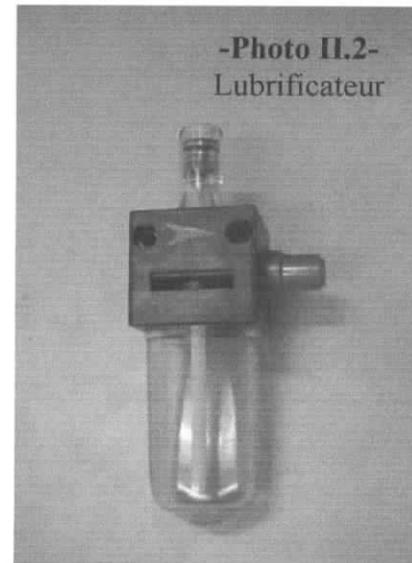
Dernière étape du traitement de l'air à l'entrée d'une machine, la lubrification permet d'effectuer le graissage des pièces mobiles des composants pneumatiques.

L'air comprimé pénètre à l'intérieur du lubrificateur en mettant sous pression l'huile stockée dans la cuve et lui permet alors de remonter au travers du tube plongeur, puis passe à travers un orifice de réglage, puis se dirige vers un siphon qui laisse tomber l'huile goutte à goutte dans un venturi d'atomisation situé sur la veine d'air. Dès la pulvérisation, le « brouillard » d'huile est entraîné à grande vitesse dans la canalisation d'air (voir figure II.2).

Dans les conditions normales d'utilisation on adopte un débit d'huile d'une goutte par minute pour un débit d'air d'environ 300 l/min.



**-Figure II.2-**  
Lubrificateur



## II.4. COMPOSANTS PNEUMATIQUES DE COMMANDE:

### II.4.1. Les fonctions logiques pneumatiques :

C'est aux commutations pneumatiques qu'on doit la possibilité de réalisation directe des principales fonctions logiques. Miniaturisées et fonctionnant à la même pression que les matériels de la partie opérative, ces composants de traitement de l'information se classent en deux grandes familles :

- *Les commutations actives : cellules OUI, NON et mémoires ;*
- *Les commutations passives : cellules ET et OU.*

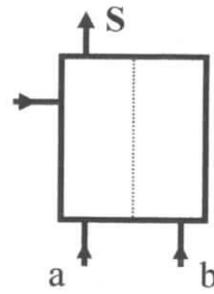
Toutes ces fonctions de base du traitement de l'information expriment la condition logique des automatismes « tout automatique » séquentiels et combinatoires. Leurs technologies de construction, à clapet libre et équilibré (commutation passive) ou à clapet différentiel (commutation active) assure un fonctionnement fiable et ne nécessitant pas de lubrification particulière.

### II.4.2. Relais mémoire :

La cellule "mémoire" est un relais destiné à conserver en mémoire un signal de sortie S après disparition du signal d'entrée l'ayant engendré.



**-Photo II.3-**  
Relais mémoire

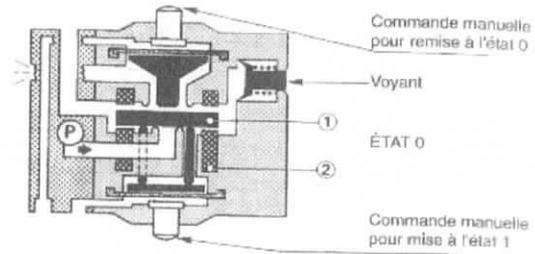


**-Figure II.3-**  
Symbole ISO

**Commutation mémoire.**

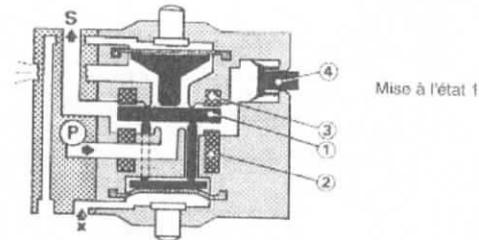
**À l'état 0**

L'orifice d'alimentation  $P$  est obturé par le clapet (1) maintenu en position par l'aimant (2).



**Mise à l'état 1**

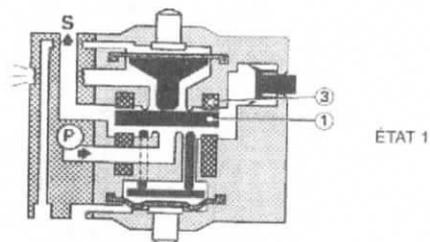
Le signal de pilotage  $x$ , en agissant sur une membrane force le clapet (1) à quitter l'aimant (2) et le colle sur l'aimant opposé (3). On obtient ainsi le signal de sortie  $S$ , ce que témoigne le voyant (4).



**État 1**

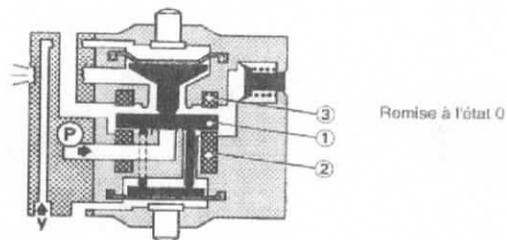
La pression  $x$  disparue, le signal de sortie  $S$  de la mémoire est conservé grâce à l'action de l'aimant (3) sur le clapet (1).

Remarque : en cas de coupure de l'alimentation  $P$  l'état de la mémoire est conservé.



**Remise à l'état 0**

Le signal de pilotage  $y$  en agissant sur l'autre membrane force le clapet (1) à quitter l'aimant (3) pour le coller de nouveau sur l'aimant 2. Le signal  $S$  est mis à l'échappement.



**-Figure II.4-**  
Principe de fonctionnement  
d'un relais mémoire

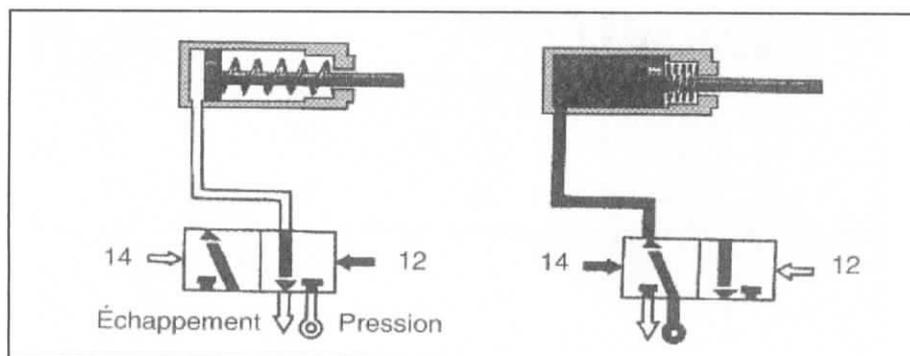
La commutation mémoire utilise un clapet métallique se déplaçant entre deux aimants permanents qu'on peut mettre à l'état 1 ou à l'état 0 avec une commande manuelle.

### II.4.3. Distributeurs à 4 voies (5 orifices) :

#### ❖ Définition des distributeurs :

L'énergie pneumatique destinée aux actionneurs doit être distribuée, le distributeur situé entre la source et les organes moteurs remplit ce rôle. Ce pré-actionneur est associé à un vérin pneumatique, sa taille et son type sont fonction de ce vérin :

- Si le vérin est à simple effet, il ne comporte qu'un seul orifice, on utilise donc un distributeur ne comportant qu'un orifice d'alimentation, un orifice pression et un orifice échappement soit au total trois orifices, et avec deux positions « 3/2 »; cette indication donne le nombre d'orifices et le nombre de positions.

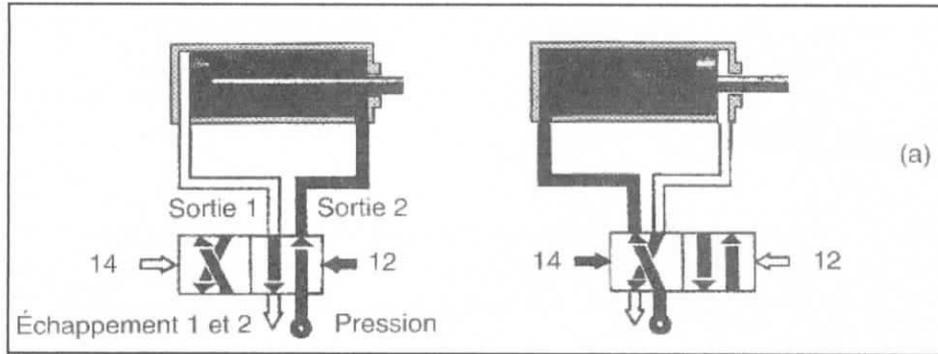


**-Figure II.5-**  
Distributeur 3/2

- Si le vérin est à double effet, il comporte deux orifices d'utilisation sur lesquels il faudra alterner les états de pression et d'échappement.

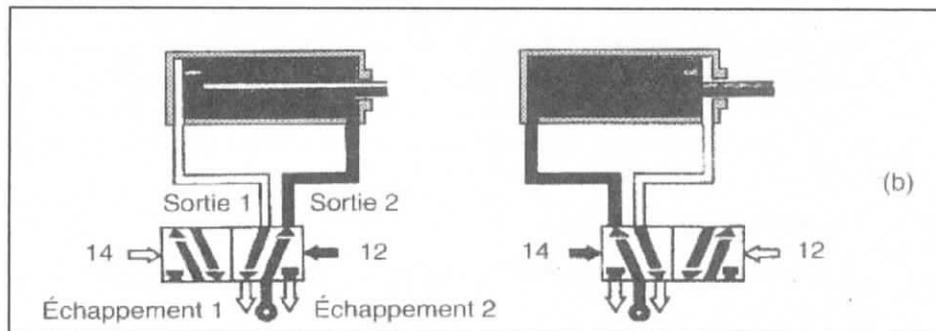
Deux cas sont possibles :

- 1- Distributeur 4/2 à quatre orifices (pression, utilisation 1, utilisation 2, échappement) et à deux positions.



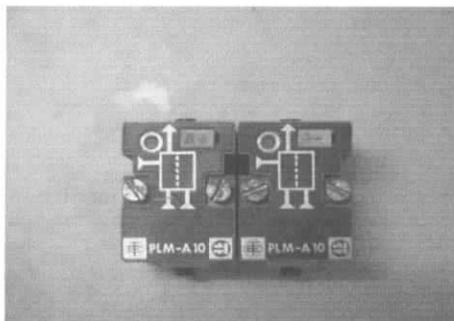
**-Figure II.6-**  
Distributeur 4/2

- 2- distributeur 5/2 à cinq orifices (pression, utilisation 1, utilisation 2, échappement 1, échappement 2) et à deux positions.

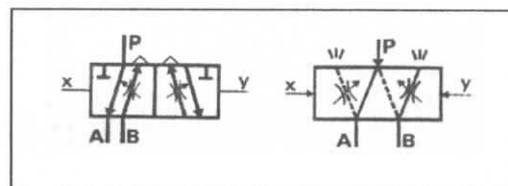


**-Figure II.7-**  
Distributeur 5/2

Le distributeur à 4 voies (5orifices), utilisé sur notre banc, est essentiellement conçu pour alimenter de petits et moyens vérins à double effet.



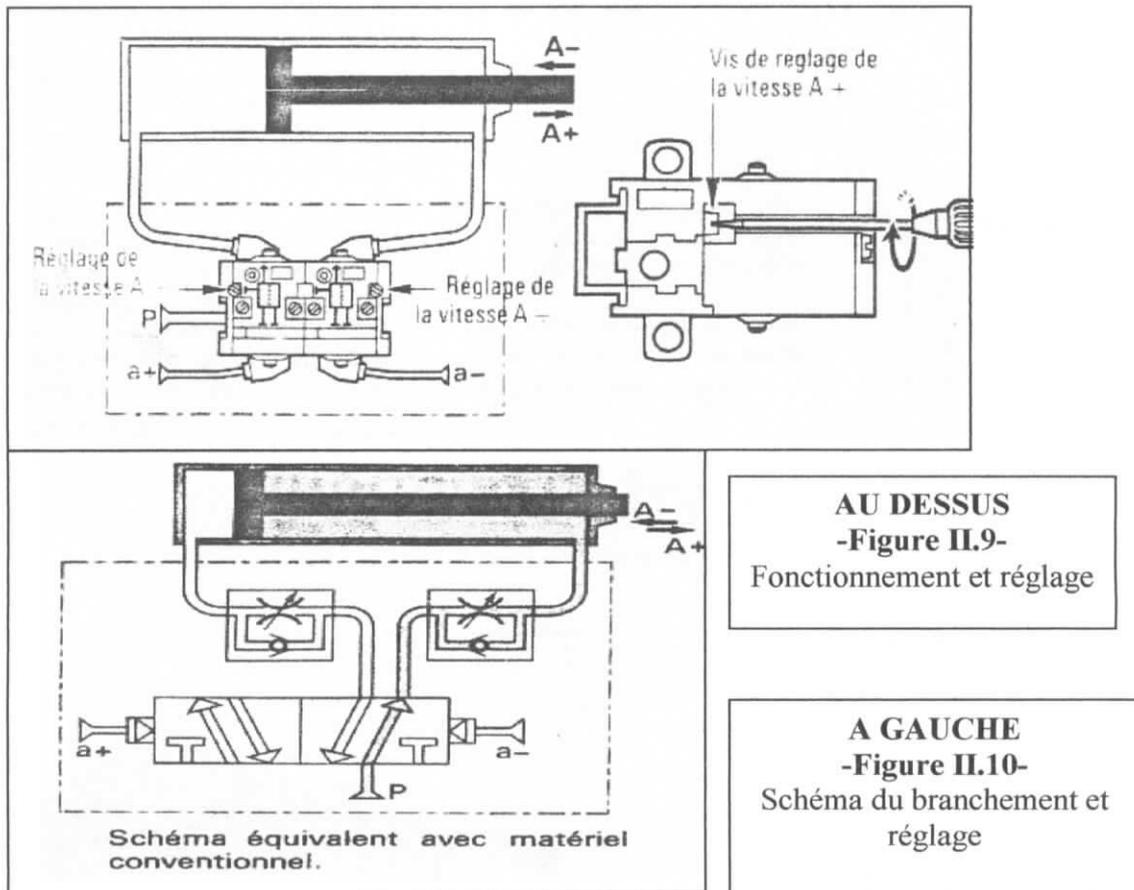
**-Photo II.4-**  
Distributeur 5/4



**-Figure II.8-**  
Symbole ISO

❖ Fonctionnement :

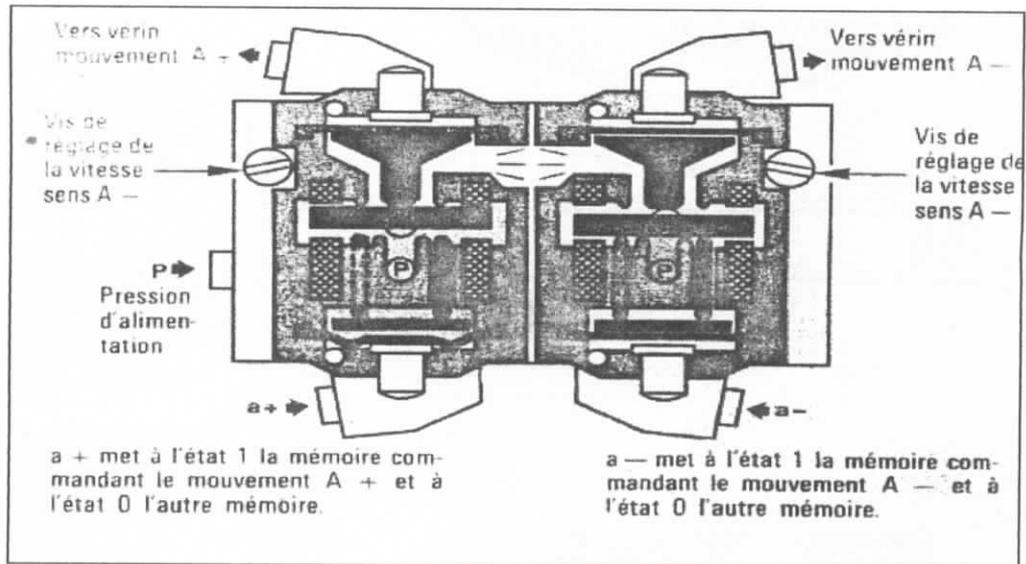
La vitesse du vérin est réglée par réducteurs de débit unidirectionnels intégrés à l'embase associable.



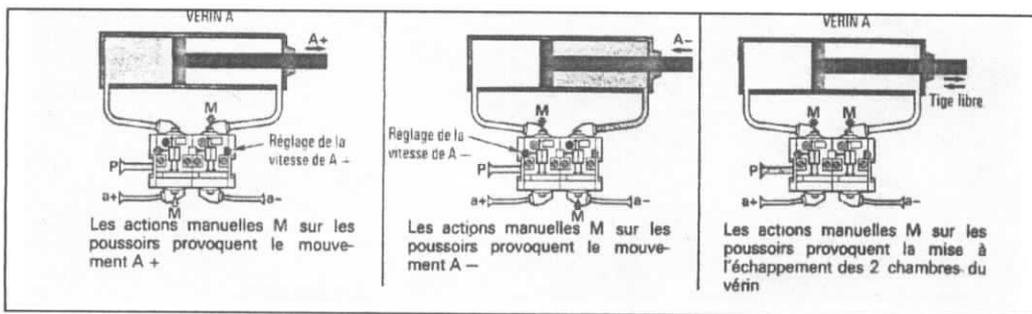
❖ Fonctionnement interne :

Les deux cellules mémoire à une seule sortie sont regroupées sur l'embase. Chacune des mémoires alimente un côté du vérin.

Les signaux de commande a+ et a- sont dirigés par l'embase aux orifices de pilotage des mémoires. Le fonctionnement des commandes manuelles est visible sur la figure II.11.



**-Figure II.11-**  
Distributeur 5/4



**-Figure II.12-**  
Différents actions du distributeur 5/2  
sur le vérin double effet

❖ **Remarques :**

*Pour la commande des vérins simple effet, une seule cellule à mémoire suffit pour remplir ce rôle (c'est un distributeur 3/2).*

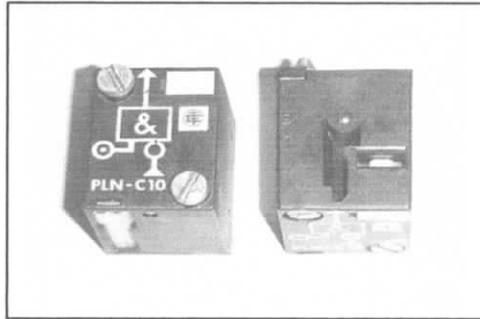
*On remarquera comment, grâce aux vannes bistables 5/2 munies (ainsi que les mémoires 3/2) d'une commande manuelle, il est possible de régler l'ouverture des orifices de vidange et donc les vitesses de déplacement du composant opérationnel correspondant.*

*On notera qu'afin de rendre plus douce la descente du bras (mouvement B-), il a fallu placer un étrangleur unidirectionnel entre la mémoire 3/2 et le composant opérationnel.*

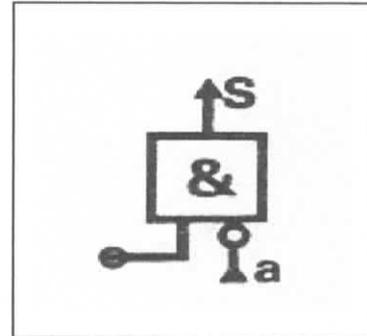
**II.4.4. Cellule logique «non-inhibition standard» :**

La cellule NON est un relais pneumatique d'inversion : Son signal de sortie est l'inverse de son signal de pilotage.

Elle peut aussi être utilisée pour satisfaire la formation logique «inhibition»



**-Photo II.5-**  
Cellule logique  
« NONinhibition standard »



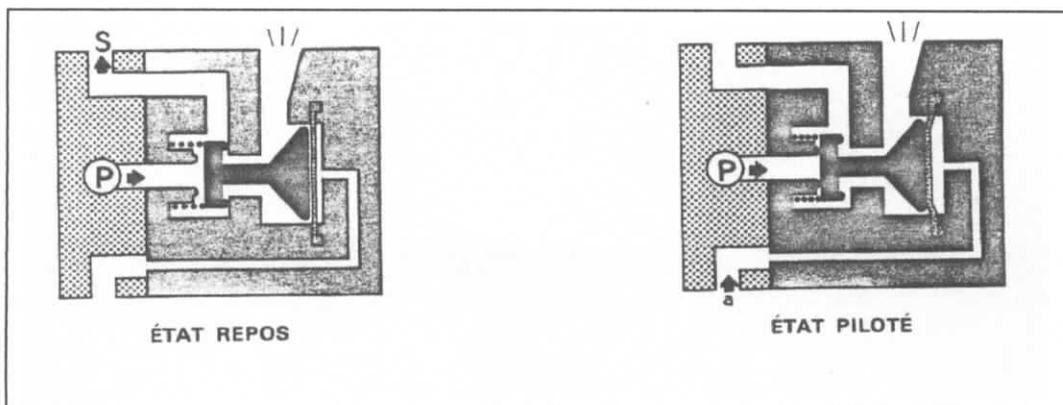
**-Figure II.13-**  
Symbole ISO

❖ Fonctionnement :

Le signal de sortie S, présent à l'état repos de la cellule, disparaît lorsque le signal de pilotage apparaît (état piloté) :  $S = \text{non}(a)$

❖ Remarque :

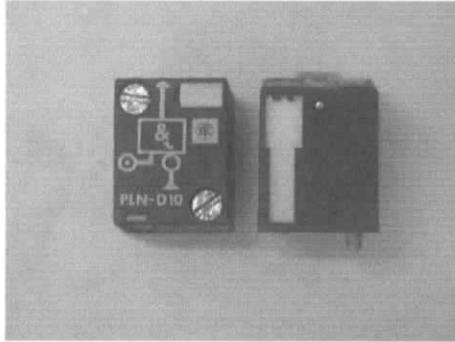
Si l'alimentation P est remplacée par un signal b, cette cellule remplit alors la fonction « inhibition » :  $S = b \text{ et } \text{NON}(a)$  .



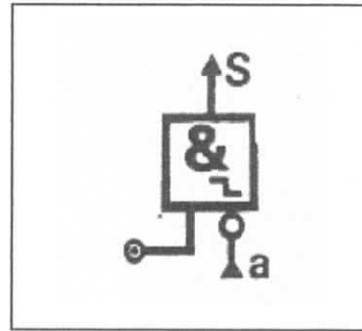
**-Figure II.14-**  
Cellule logique  
« NONinhibition standard »

**II.4.5. Cellule logique «non-inhibition à seuil» :**

De construction identique à la cellule NON-INHIBITION standard, son seuil de pilotage est particulièrement bas, ce qui permet des applications spéciales intéressantes.



-Photo II.6-  
Cellule logique  
« NONinhibition à seuil »



-Figure II.15-  
Symbole ISO

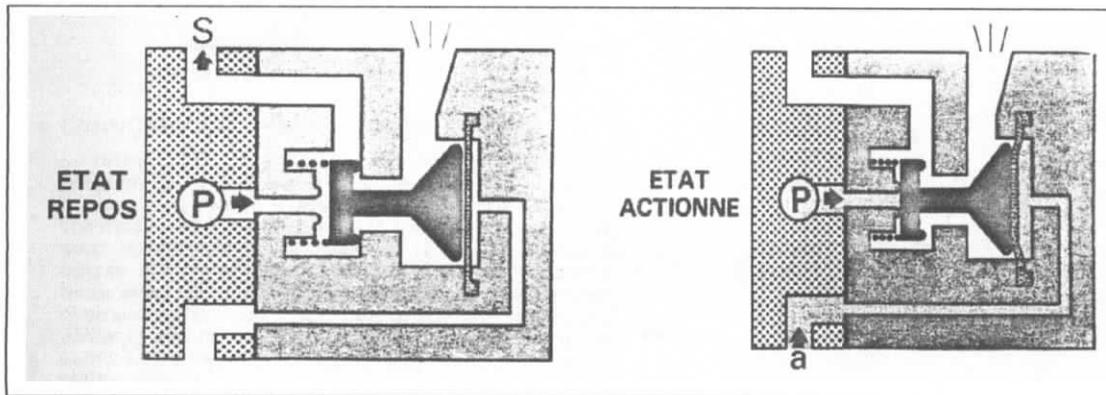
❖ Fonctionnement :

Le signal de sortie S, présent à l'état repos de la cellule, disparaît lorsque le signal de pilotage apparaît (état piloté).  $S = \text{non}(a)$

Le signal de sortie S ne réapparaît que lorsque le signal de pilotage (a) sera tombé à un niveau de pression égal au 1/12 de la pression d'alimentation.

❖ Remarque :

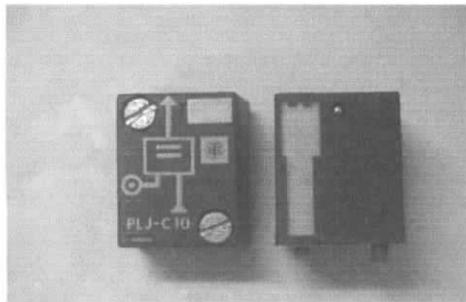
Si l'alimentation P est remplacée par un signal b, cette cellule remplit alors la fonction « inhibition » :  $S = (b \text{ et } \text{NON}(a))$



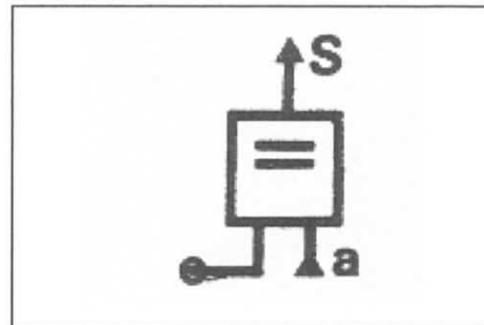
-Figure II.16-  
Cellule logique  
« NONinhibition standard »

### II.4.6. Cellule logique « OUI de régénération » :

La cellule logique OUI est un relais de régénération pneumatique, en pression et en débit.



**-Photo II.7-**  
Cellule logique  
« OUI de régénération »



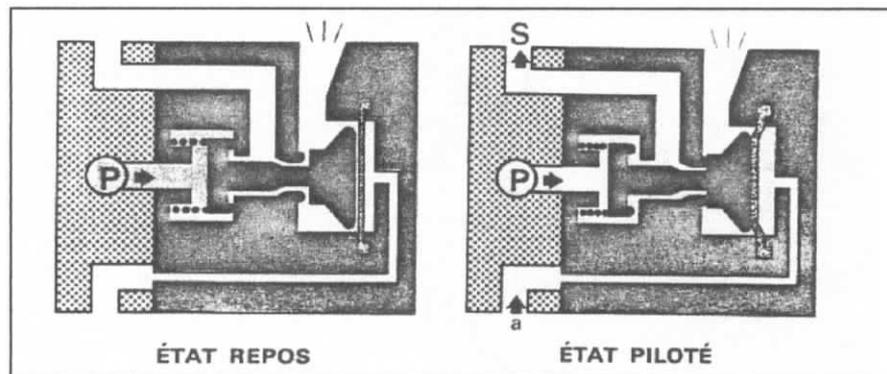
**-Figure II.17-**  
Symbole ISO

❖ Fonctionnement :

Le signal de sortie S apparaît lorsque le signal de pilotage (a) est présent  
 $S = a$ .

❖ Remarque :

Si l'alimentation P est remplacé par un signal (b), cette cellule remplit alors la fonction ET :  $S = (a \text{ et } b) = a \cdot b$ .



**-Figure II.18-**  
Cellule logique  
« OUI de régénération »

### II.4.7. Cellules logiques « ET » et « OU » :

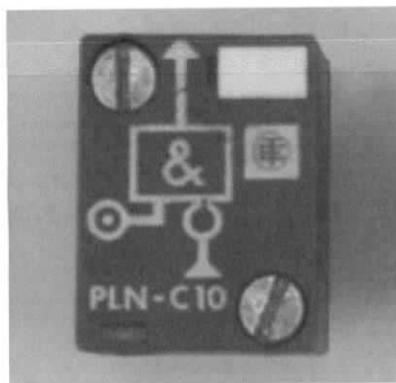
Constituées d'un obturateur libre, les cellules logiques « ET » et « OU » sont de type passif, elles n'ont besoin d'aucune alimentation de pression.

Le signal en sortie est la résultante d'une combinaison des signaux d'entrée. Le niveau du signal de sortie est le même que celui du signal à l'entrée.

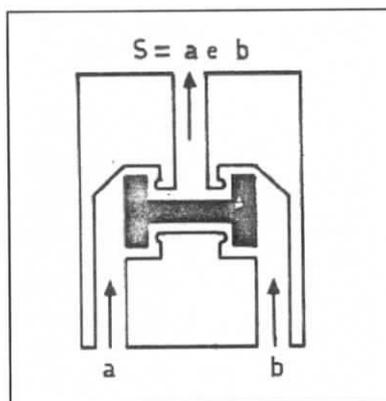
Les cellules logiques autonomes permettent la réalisation de schémas très simples.

Grâce à leur autonomie, elles peuvent s'intégrer simplement au branchement d'un poste de commande ou bien sur une machine.

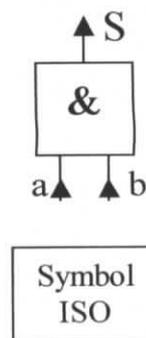
- La cellule logique ET émet le signal en sortie S, si les signaux d'entrée a et b sont présents simultanément.



-Photo II.8-  
Cellule « ET »



-Figure II.19-  
Cellule « ET »



Symbol  
ISO

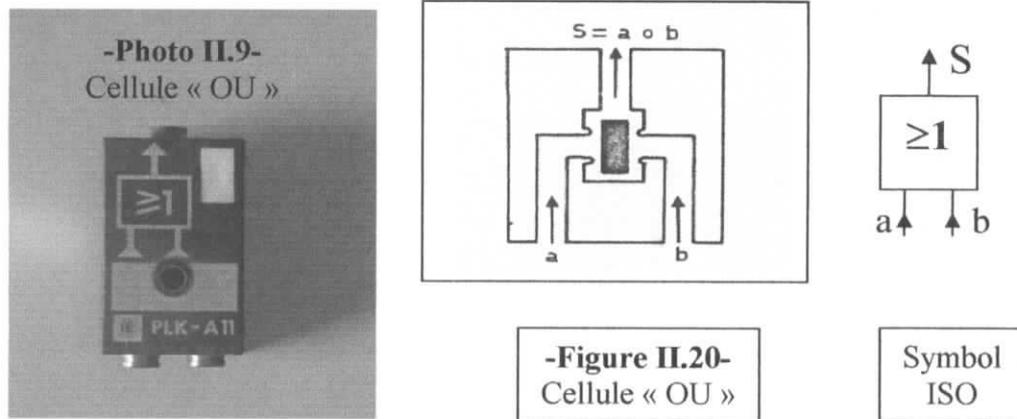
Le signal « a » ferme l'obturateur vers la droite, et « b » le ferme vers la gauche.

Seule la présence des deux signaux « a » et « b » génère un signal en sortie « S » ; l'obturateur ne peut pas, dans ce cas, fermer les deux cotés.

Il n'est pas absolument nécessaire que l'obturateur mobile trouve une position d'équilibre pour qu'il satisfasse la fonction ET.

La position prise par l'obturateur n'a pas d'importance, sa seule fonction est de laisser passer un flux vers la sortie S, si a et b sont présents.

- La cellule logique OU émet le signal en sortie S, si les signaux d'entrées a et b sont présents.



-Figure II.20-  
Cellule « OU »

Symbol  
ISO

Le signal (a) ferme l'obturateur libre sur l'orifice de droite et atteint la sortie S sans déchargement à travers l'orifice (b).

Le signal (b) ferme l'obturateur libre sur l'orifice de gauche et atteint la sortie S sans déchargement à travers l'orifice (a).

Le signal de sortie S est donc présent si (a) ou (b) (ou tout les deux) sont présents.

L'élément OU est également appelé : « *obturateur d'intercommunication* » ou « *sélecteur de circuit* ».

## II.5. ACTIONNEURS :

### II.5.1. Introduction :

Les actionneurs permettent de mécaniser des mouvements rectilignes, réduire des efforts musculaires pour la manutention tel : le serrage, la découpe, etc. Ainsi les vérins pneumatiques réalisent des actions et des opérations pour : déplacer, pousser, tirer, lever, tourner, brider, riveter, presser, couper, etc. On les rencontre dans toutes les branches de l'industrie manufacturière : conditionnement, emballage, manutention, équipement de machines spéciales, etc.

Un cas particulier est représenté par les vérins rotatifs. Ces vérins fournissent un mouvement de rotation limité angulairement. Trois technologies permettent de répondre aux applications de mécanisation les plus variées ; vérins à palette, à pignon-crémaillère, à double crémaillère. Les premiers sont simples et rapides, les seconds robustes et fournissent des couples importants, les vérins à double crémaillère, quand à eux, fournissent des couples très importants sous des encombrements réduits.

Les vérins souples constituent une autre particularité dans la classe des actionneurs pneumatiques.

### II.5.2. Principe de fonctionnement des vérins pneumatiques :

Le principe de fonctionnement des vérins pneumatiques consiste à tirer profit de l'énergie potentielle contenue dans l'air comprimé pour obtenir des mouvements rectilignes ou rotatifs, selon leur conception technologique.

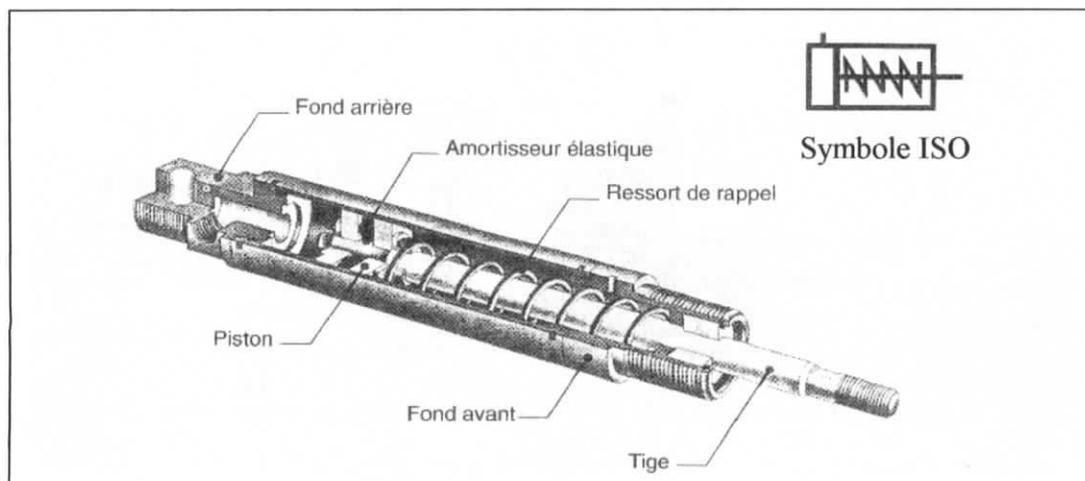
Selon leurs mode de travail, dont dépend leur construction, ils se répartissent en trois catégories :

- Vérins « simple effet », dans lesquels l'air d'alimentation permet un travail dans un seul sens : pousser ou tirer, exclusivement ;
- Vérins « double effet », où les deux sens de travail sont possibles ;
- Vérins particuliers.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les trois types de vérins utilisés pour la génération des différents mouvements de notre bras manipulateur.

#### 1)- Vérins à simple effet :

L'air comprimé n'agit que d'un seul côté du piston en pénétrant dans la chambre « côté travail », l'autre chambre « côté ressort », est toujours à l'atmosphère. Le retour du piston en position repos est assuré par un ressort dès que la chambre « coté travail » est dépressurisée.

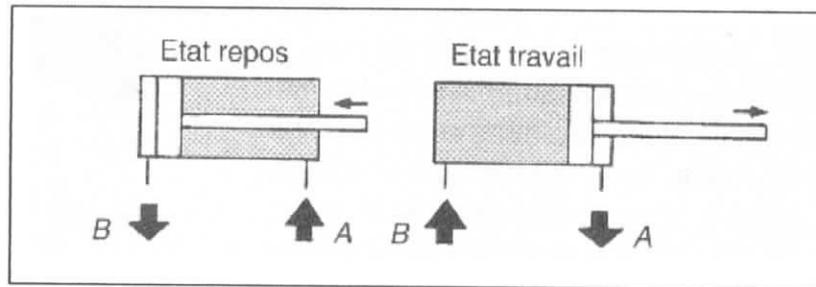


**-Figure II.21-**  
Vérin simple effet

Ce type de vérins est utilisé dans notre bras pour générer les mouvements B+,B-,C+,C-,H+ et H-. son symbole ISO est donné dans la figure II.21.

### 2)- Vérins à double effet :

L'air comprimé agit d'une façon alternative sur les deux faces d'un piston, de manière à utiliser le vérin dans les deux sens de déplacements, soit en poussant, soit en tirant.

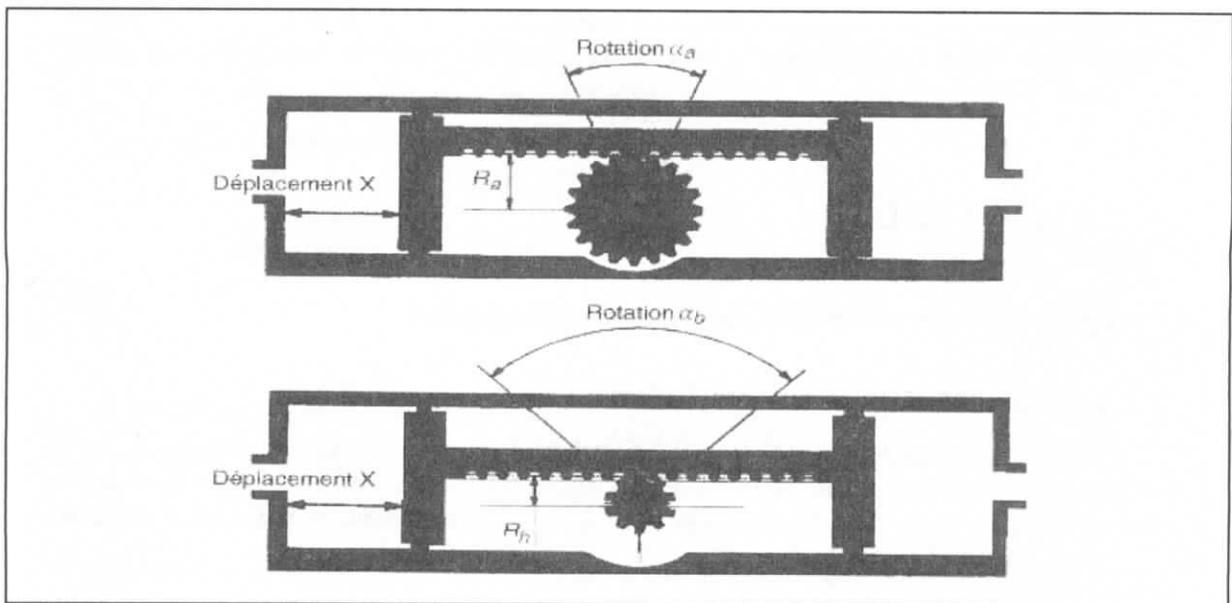


**-Figure II.22-**  
Vérin double effet

Ce type de vérins est utilisé dans notre bras pour réaliser les mouvements D+ et D-. son symbole ISO est donné dans la figure II.22.

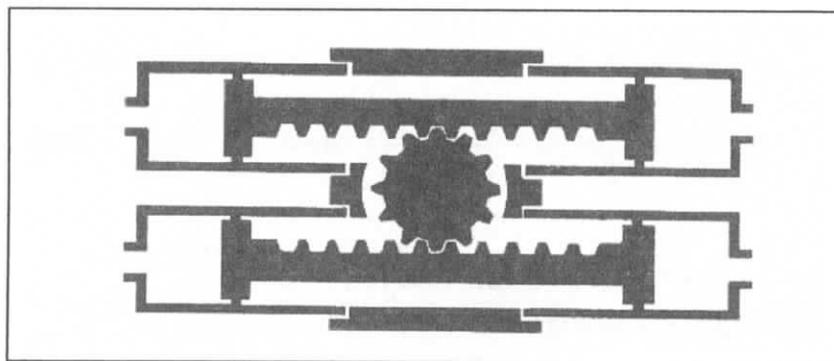
### 3)- Vérins rotatifs :

Sous l'effet du fluide pilote (air filtré et lubrifié à basse pression de 6 bar). L'ensemble piston/crémaillère effectue un mouvement rectiligne. La crémaillère entraîne un pignon solidaire de l'arbre moteur du vérin rotatif, transformant le déplacement rectiligne en mouvement de rotation. Il existe des vérins à simple ou double crémaillère, avec différentes démultiplication entre pignon et crémaillère. En effet, par variation du diamètre primitif du pignon on peut pour un même déplacement de la crémaillère obtenir une variation angulaire différente. Des butées réglables aux extrémités des pistons permettent aussi le réglage du débattement angulaire.

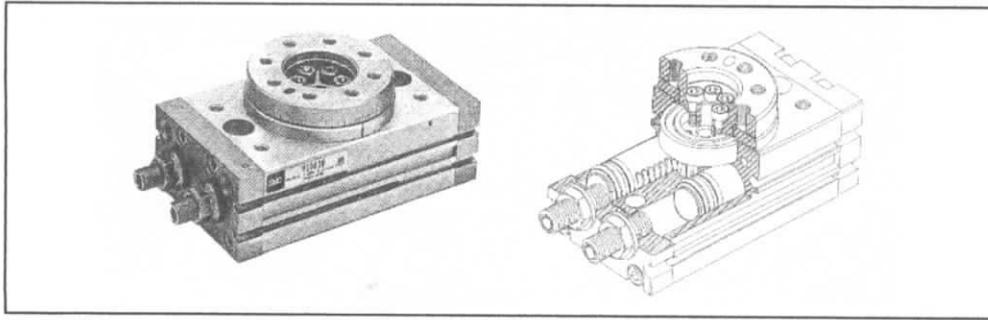


**-Figure II.23-**  
Variation du débattement angulaire en fonction du diamètre primitif du pignon

Pour les mouvement A+ et A-, une table rotative à double crémaillère est utilisée (voir figure II.24). Ces tables ou plateaux rotatifs sont élaborés par adjonction de systèmes vus précédemment et de dispositifs de guidage précis et de centrage.

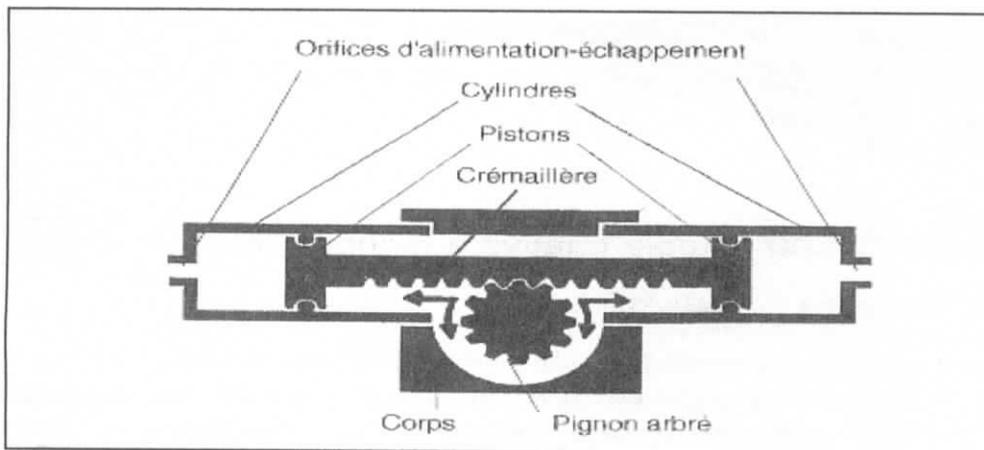


**-Figure II.24-**  
Vérin rotatif à double crémaillère

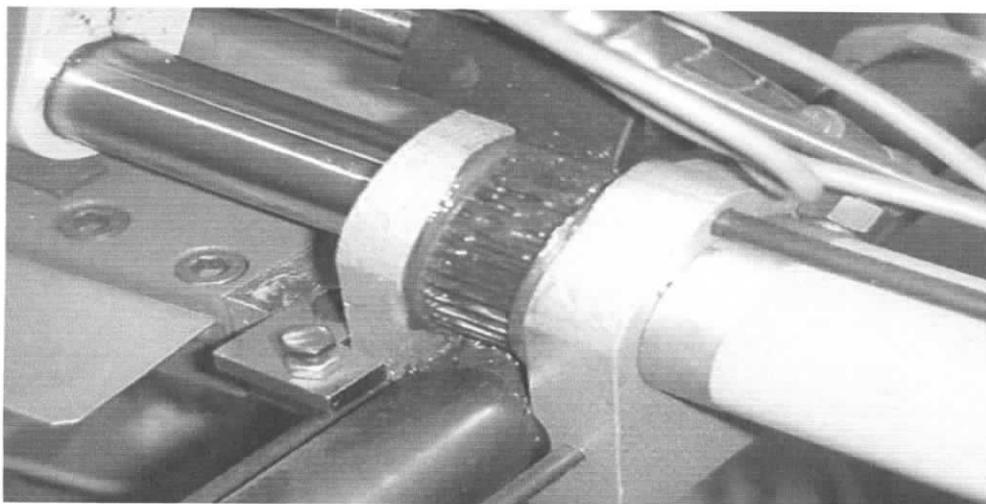


**-Figure II.24-**  
Table rotative à double crémaillère

Pour le mouvement E+ et E-, un vérin rotatif à simple crémaillère est utilisé comme on peut le voir a la figure suivante.



**-Figure II.25-**  
Vérin rotatif à simple crémaillère



**-Photo II.10-**  
Vérin simple crémaillère

## II.6. SEQUENCEUR PNEUMATIQUE :

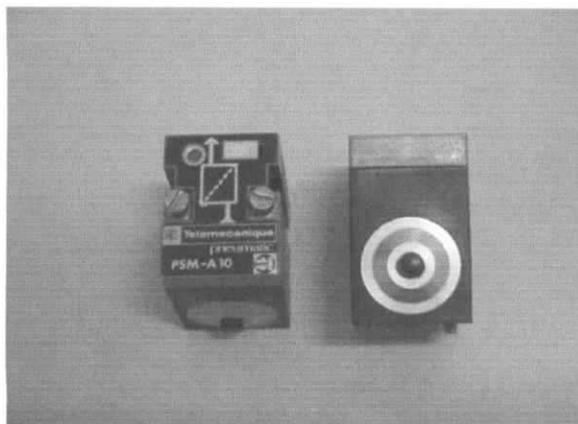
### II.6.1. Introduction :

Le séquenceur permet de traiter facilement tout automatisme pneumatique d'un cycle séquentiel. A chaque phase du cycle correspond un module de phase. Ce module délivre l'ordre du mouvement prévu à la phase, puis reçoit le signal en retour de fin d'exécution du dit mouvement, lequel autorise le passage à la phase voisine.

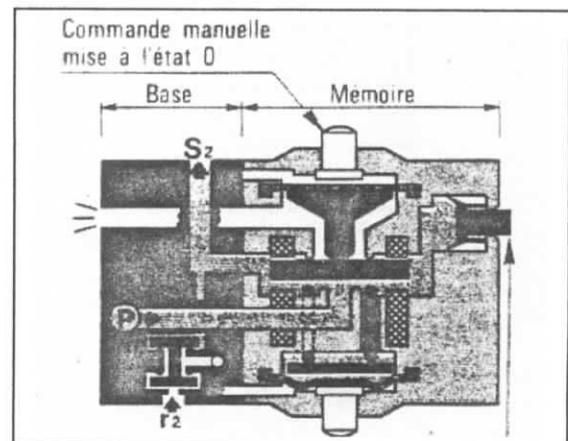
Chaque module de phase comprend une mémoire implantée sur une base. Chaque base inclue une cellule « ET » et une cellule « OU ». Lors de leurs juxtaposition pour la constitution du séquenceur, les modules de phase sont interconnectés entre eux par leur base (voir figure II.27).

Les extrémités-séquenceur (tête et queue) encadrent la série de modules de phase ainsi juxtaposés. L'ensemble est traversé :

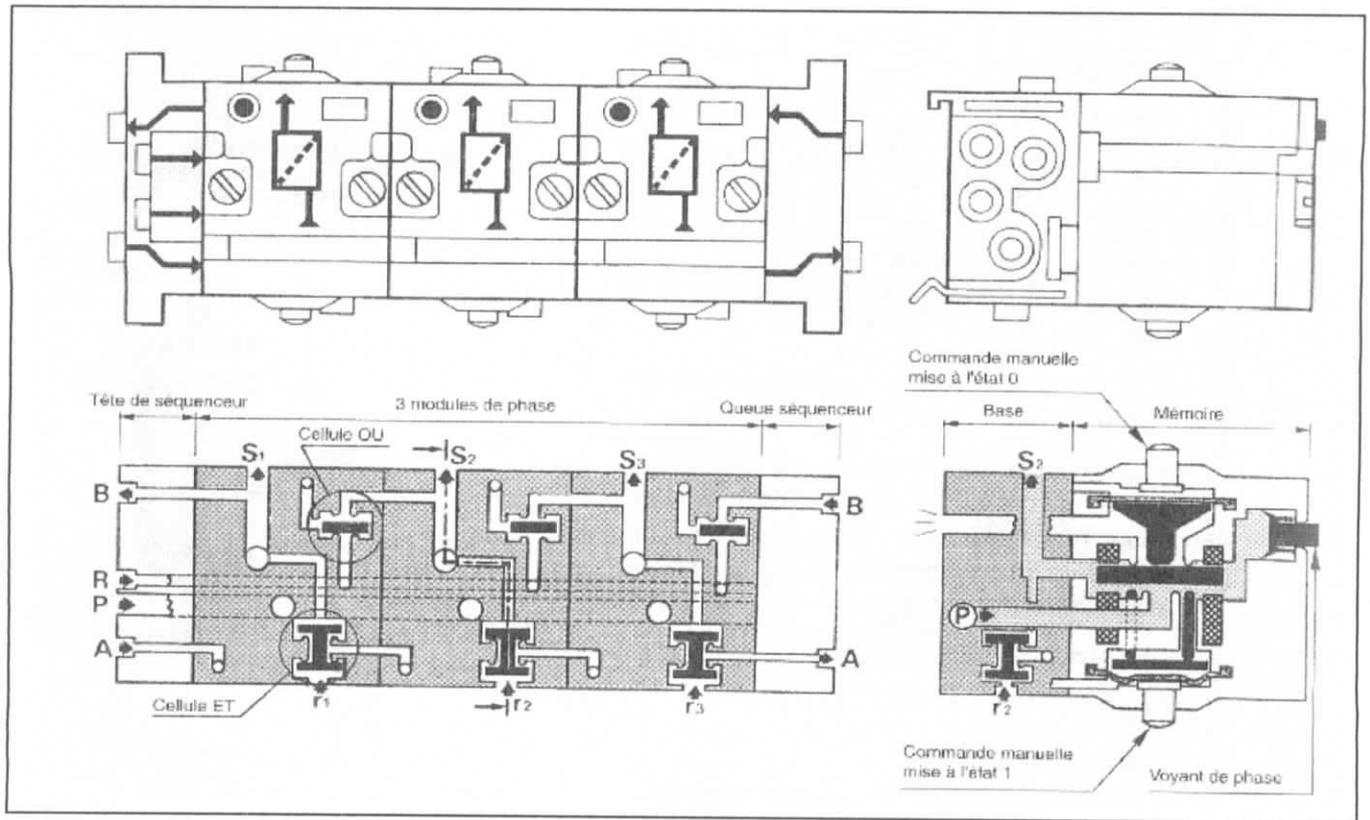
- par le canal de pression P qui, depuis la tête-séquenceur, alimente les mémoires ;
- par le canal de remise à zéro, R, également connectable sur la tête-séquenceur.



**-Photo II.11-**  
Module de phase



**-Figure II.26-**  
Module de phase



-Figure II.27-  
Coupe fonctionnelle



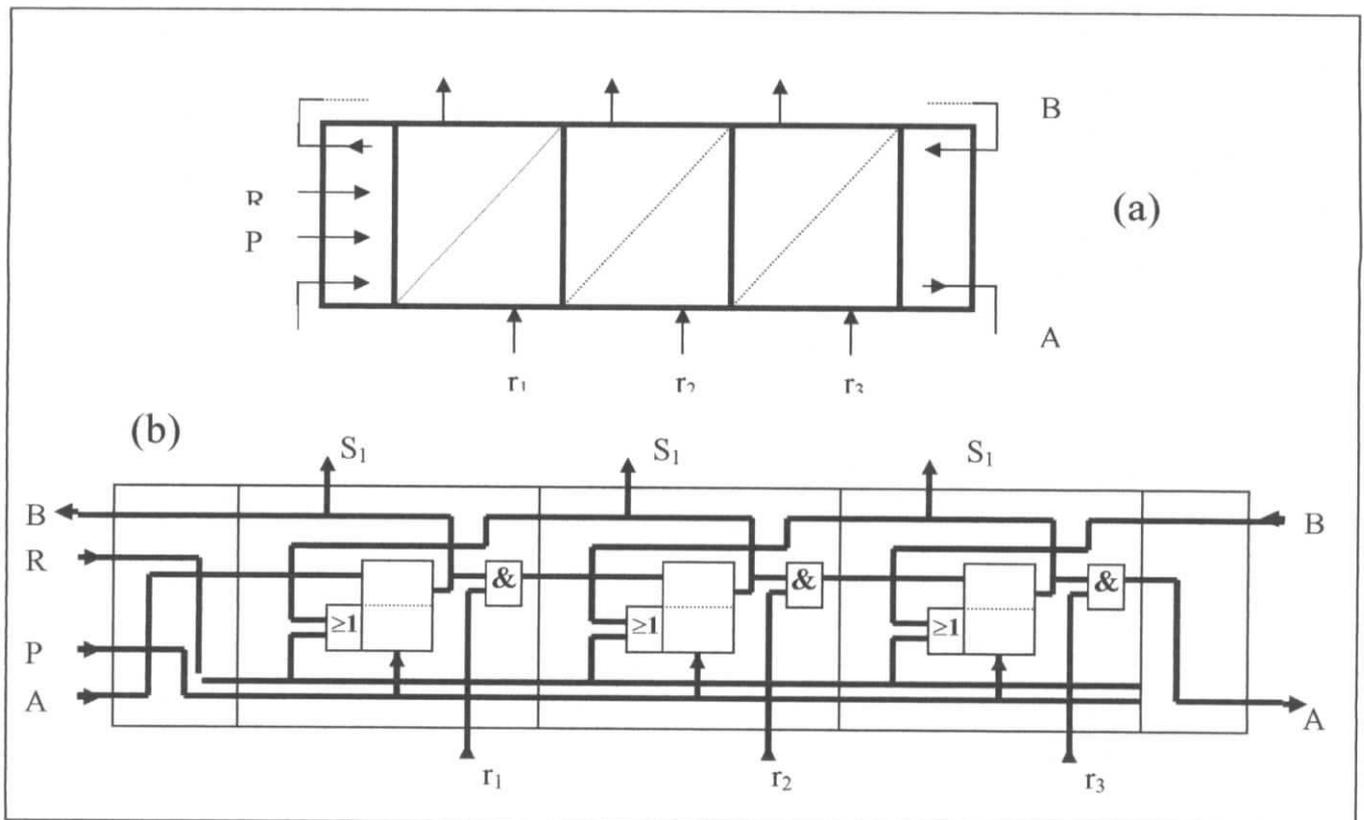
-Photo II.12-  
Séquenceur pneumatique

### II.6.2. Fonctionnement :

La mémoire d'un module de phase est mise à l'état 1 par le signal arrivant de la cellule ET du module de phase précédent. La sortie de cette mémoire provoque alors trois actions :

1. Elle assure le signal de commande  $S$  vers l'extérieur, prévu à cette phase du cycle.
2. Elle met à zéro le module de phase précédent, à travers la cellule OU.
3. Elle alimente une entrée de la cellule ET.

Lorsque le mouvement déclenché à cette phase par le signal  $S$  est terminé, le signal de retour atteint l'autre entrée de la cellule ET qui transmet le signal de mise à 1 au module suivant.



Schémas modulaires du séquenceur : (a) schéma logique ;  
(b) schéma d'usage.

**II.6.3. Avantage du schéma modulaire :**

- La résolution d'un cycle séquentiel est immédiate.
- Le déroulement du cycle séquentiel est visualisé à tout moment, un voyant indique la phase active.
- Le cycle ne peut se dérouler que dans l'ordre prévu : un signal de retour intempestif ne peut le perturber (seule la cellule ET de la phase active est passante).
- L'introduction de mode de marche, arrêts d'urgence, sécurités, etc., est immédiate.

# CHAPITRE III

*Commande pneumatique du RB-3/EV*

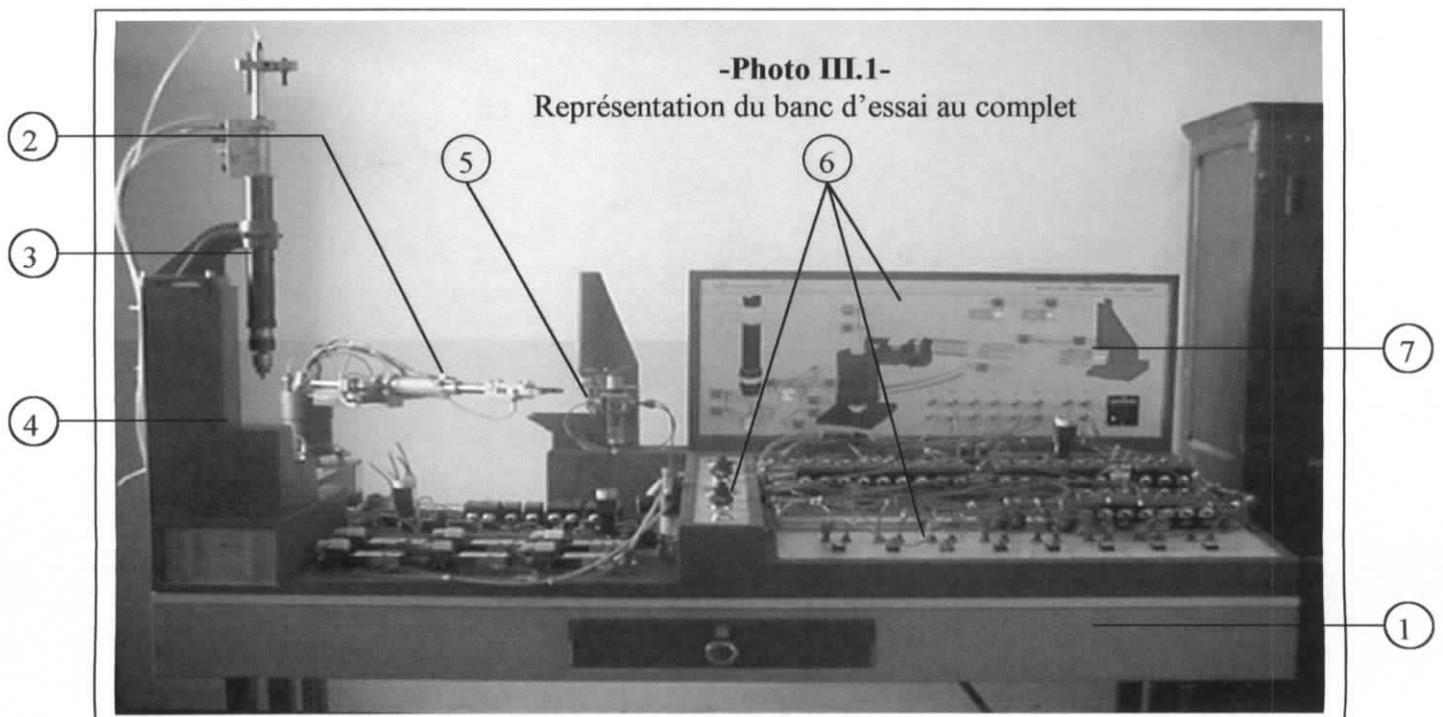
### III.1. INTRODUCTION :

Ce chapitre est consacré à la description détaillée du schéma de réalisation, du fonctionnement du programme séquentiel et de la commande du banc d'essai pour *Robot Intelligent mod.RB-3/EV* est doté.

### III.2. DESCRIPTION GENERALE DU BANC [8] :

La photo III.1 représente l'*intelligent robot trainer mod. RB-3/EV*, qui est ainsi constitué de :

1. Banc avec structure métallique en tôle d'acier, décapée, stucquée, poncée et peinture bicolore ;
2. Bras manipulateur pneumatique à 5 degrés de liberté on-off ;
3. Perceuse pneumatique ;
4. Support de fixation et plan de travail de la perceuse avec dépôt des pièces outillées ;
5. Support avec chargeur vertical des pièces semi-finies ;
6. Plaque traitée contre la corrosion divisée en : secteur d'alimentation, secteur de commande et secteur de puissance ;
7. Synoptique.



Le bras manipulateur est à cinq degrés de liberté, représentés par les lettres  $A \pm$ ,  $B \pm$ ,  $C \pm$ ,  $D \pm$ ,  $E \pm$ . Les mouvements sont générés par des vérins pneumatiques.

Le bras manipulateur est à cinq degrés de liberté, représentés par les lettres A $\pm$ , B $\pm$ , C $\pm$ , D $\pm$ , E $\pm$ . Les mouvements sont générés par des vérins pneumatiques. Mouvement qu'on peut aussi voir dans la séquence vidéo accompagnant ce travail.

### **III.3. CIRCUIT D'ALIMENTATION :**

La figure III.2 qui représente le schéma d'alimentation générale du banc, qui se fait de la manière suivante :

On alimente le banc en air comprimé par un branchement rapide ; un tube  $\varnothing 10$  relie le groupe d'alimentation de la perceuse, constitué d'un réducteur avec manomètre (6 à 7 bars), d'un filtre avec séparateur de vapeur d'eau condensée à commande manuelle et d'un graisseur (connexion finale t<sub>1</sub> pour tube  $\varnothing 6$ ). Le même tube  $\varnothing 10$  alimente également un filtre avec séparateur de vapeur d'eau condensée à vidange manuelle, duquel partent trois conduites pour tube  $\varnothing 6$ . Une d'entre elles alimente la lampe de signalisation « alimentation générale » ; les deux autres vont aux interrupteurs d'alimentations séparées du bras de manipulation et du tableau de commande.

- Pour le bras de manipulation, l'alimentation est constituée d'un réducteur avec manomètre (6 à 7 bars), d'un graisseur et de quatre branchements rapides :
  - m<sub>1</sub> et m<sub>2</sub> pour tube  $\varnothing 6$ .
  - m<sub>3</sub> et m<sub>4</sub> pour tube  $\varnothing 4$ .
- Pour le tableau de commande, l'alimentation est constituée d'un réducteur avec manomètre (6 à 7 bars) et de quatre branchements rapides :
  - c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>, c<sub>4</sub> pour tube  $\varnothing 4$ .

Le branchement c<sub>2</sub> alimente le capteur fluïdique de proximité (situé à la base du support vertical fournissant les pièces semi-finies) par l'intermédiaire du réducteur spécial, muni d'un filtre, d'un séparateur de vapeur d'eau condensée à commande manuelle et d'un manomètre (pression maximale d'utilisation : 200 mbars).

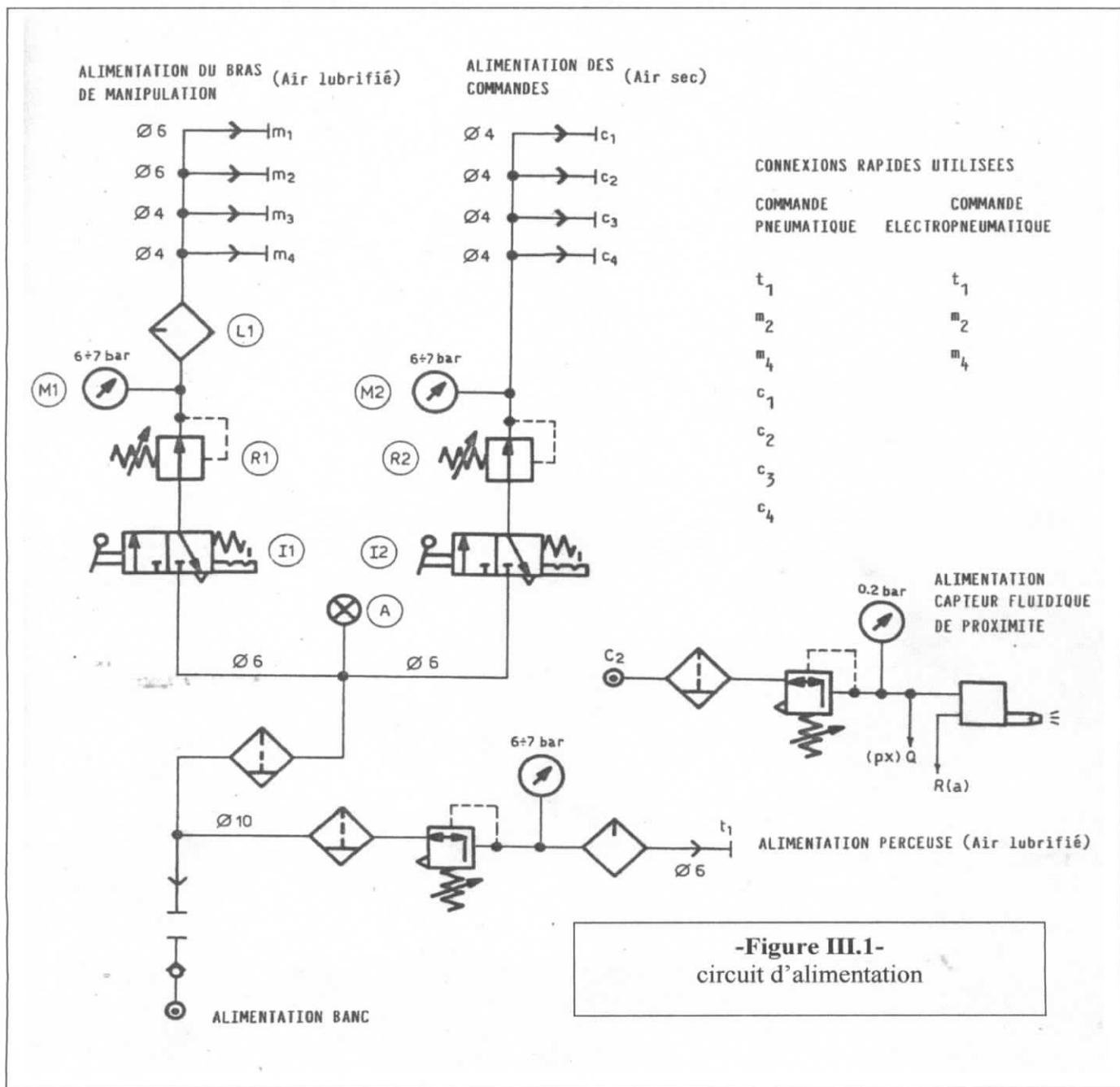
On utilise donc de l'air filtré, déshumidifié et lubrifié pour la perceuse et le bras de manipulation, alors que pour le tableau de commande et le capteur de proximité on utilise de l'air filtré et déshumidifié uniquement.

❖ **Remarque :**

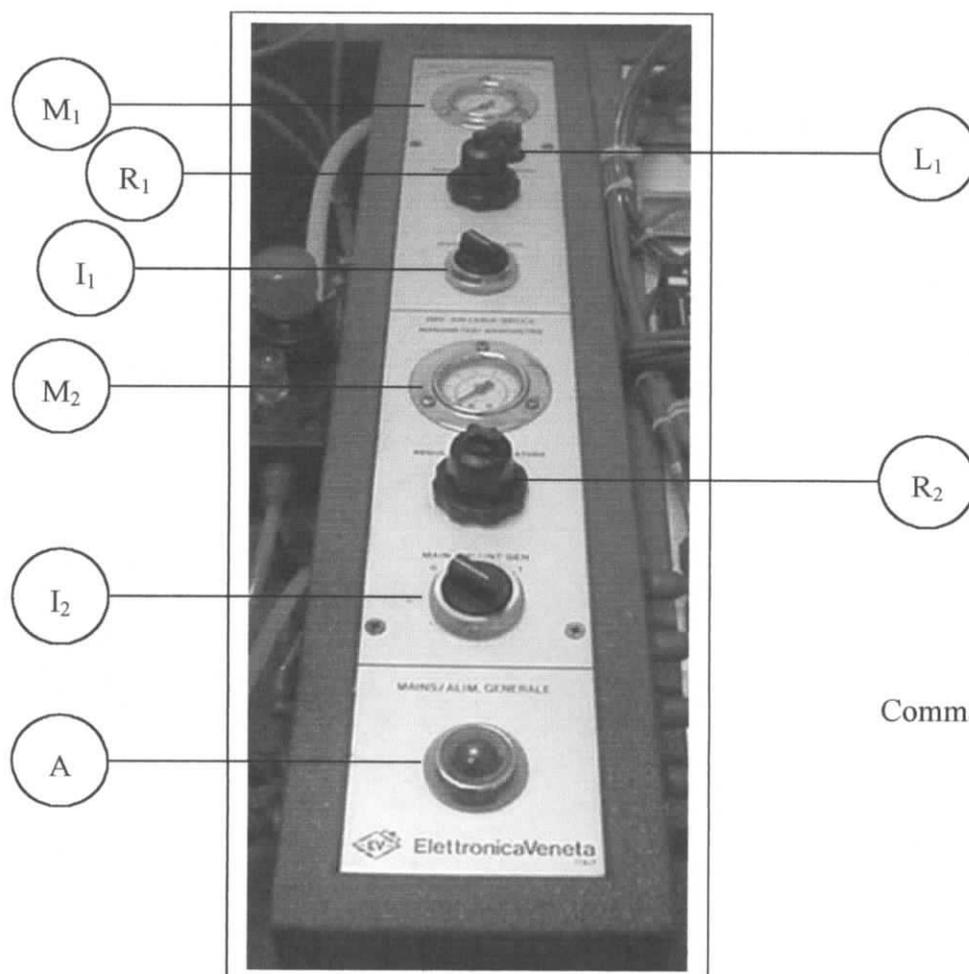
Les connexions rapides utilisées sont :

1.  $t_1, m_3, m_4, c_1, c_2, c_3, c_4$  pour la commande pneumatique.
2.  $t_1, m_2, m_4$  pour la commande électro-pneumatique.

Dans ce cas la, le tableau de commande pneumatique n'est pas alimenté.



-Figure III.1-  
circuit d'alimentation



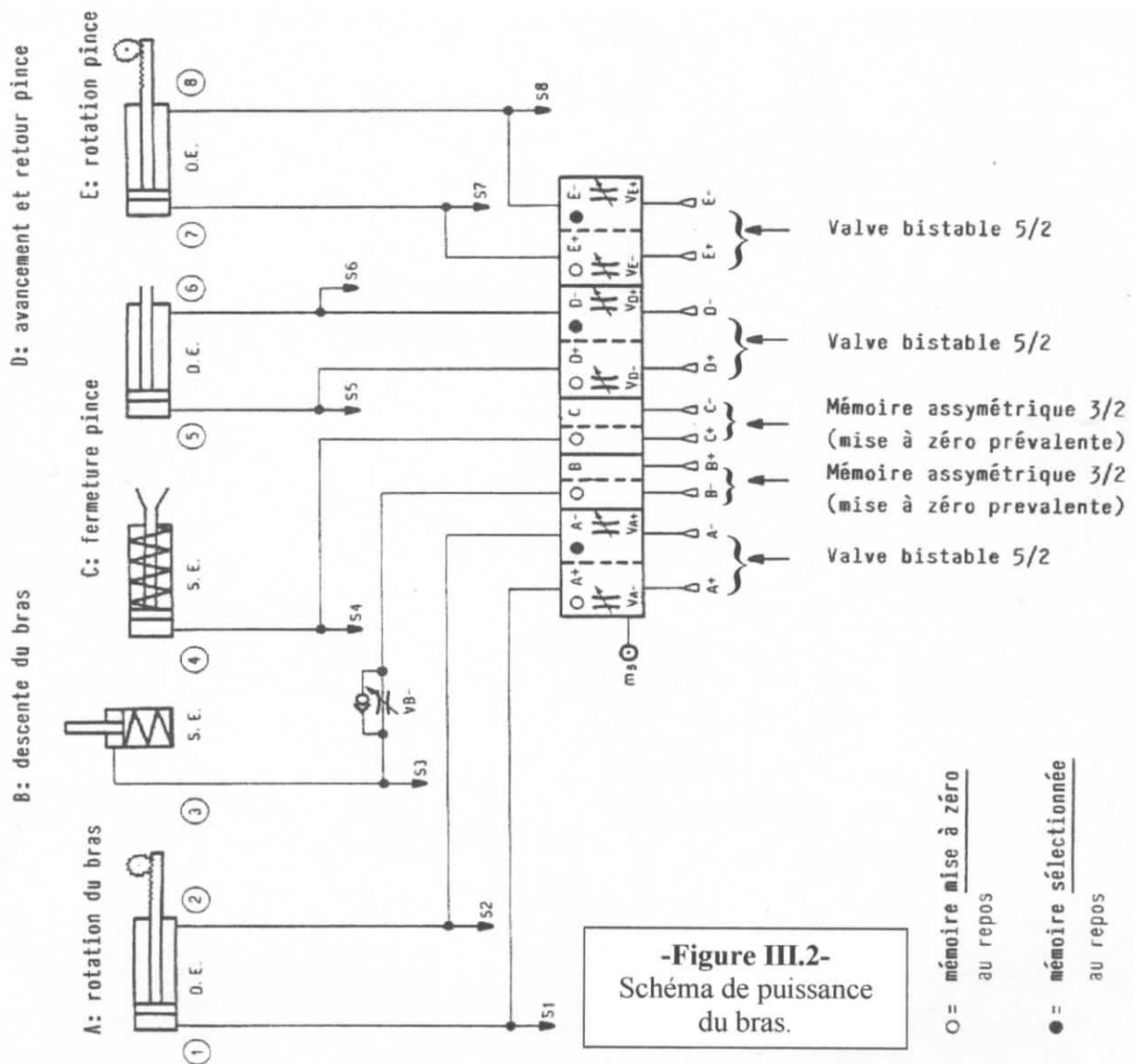
**-Photo III.2-**  
Commandes d'alimentation  
du banc

L'indice 1 correspond à la partie opérative et 2 à la partie commande.

I : interrupteur ; L : lubrificateur ; R : régulateur ; M : manomètre ; A : lampe d'alimentation.

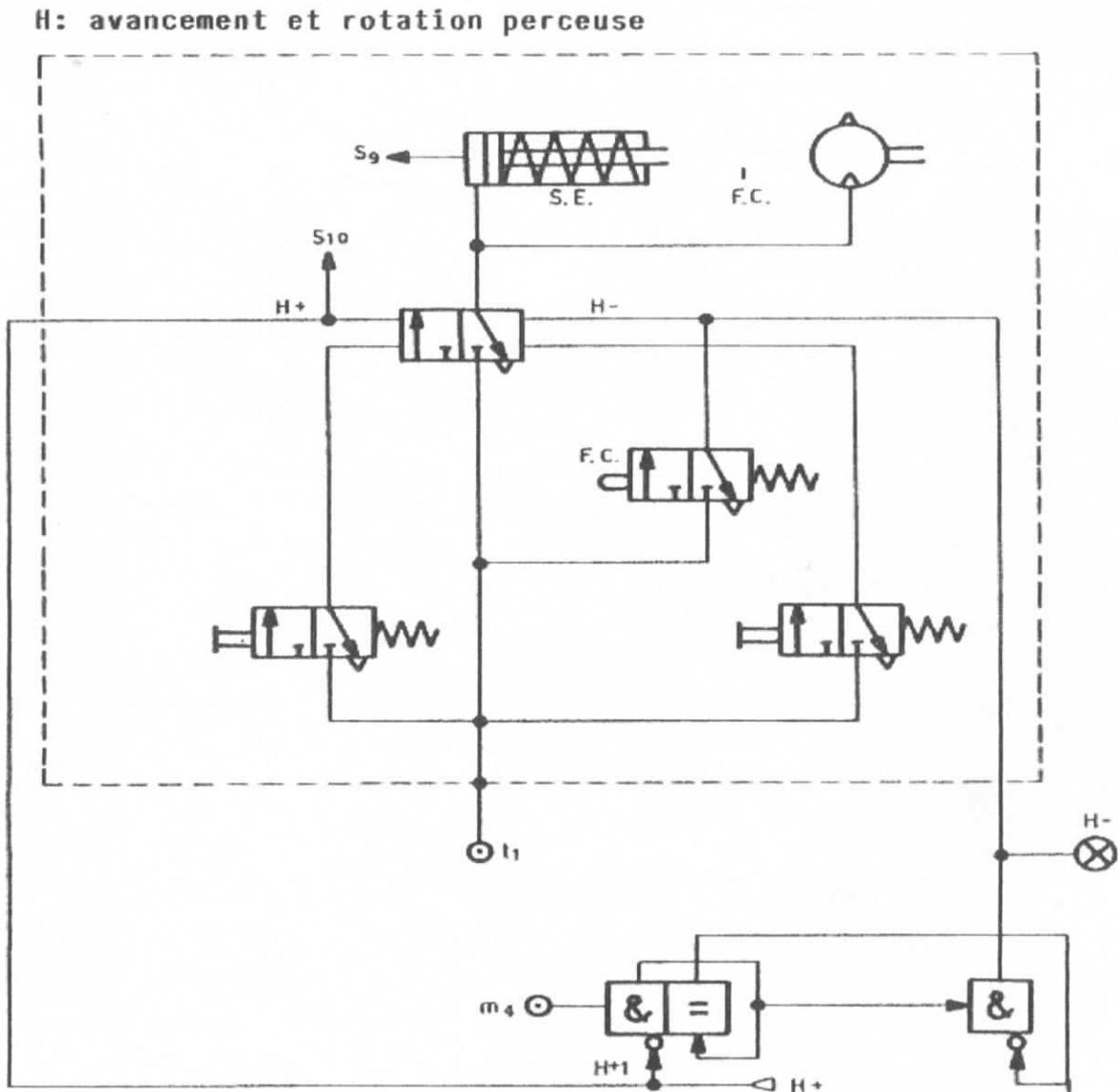
### III.4. CIRCUIT DE PUISSANCE :

La figure III.2 représente le schéma de puissance de la distribution de l'air comprimé et lubrifié aux composants opérationnels du bras manipulateur pneumatique et à la perceuse.



Les actionneurs ont été désignés par les lettres suivantes :

- « A » : vérin à double effet pour la rotation de la base du bras de manipulation ;
- « B » : vérin à simple effet pour la descente du bras ;
- « C » : vérin à simple effet pour la fermeture de la pince ;
- « D » : vérin à double effet pour le déplacement en avant et le retour de la pince ;
- « E » : vérin à double effet pour la rotation de la pince ;
- « H » : perceuse pneumatique.

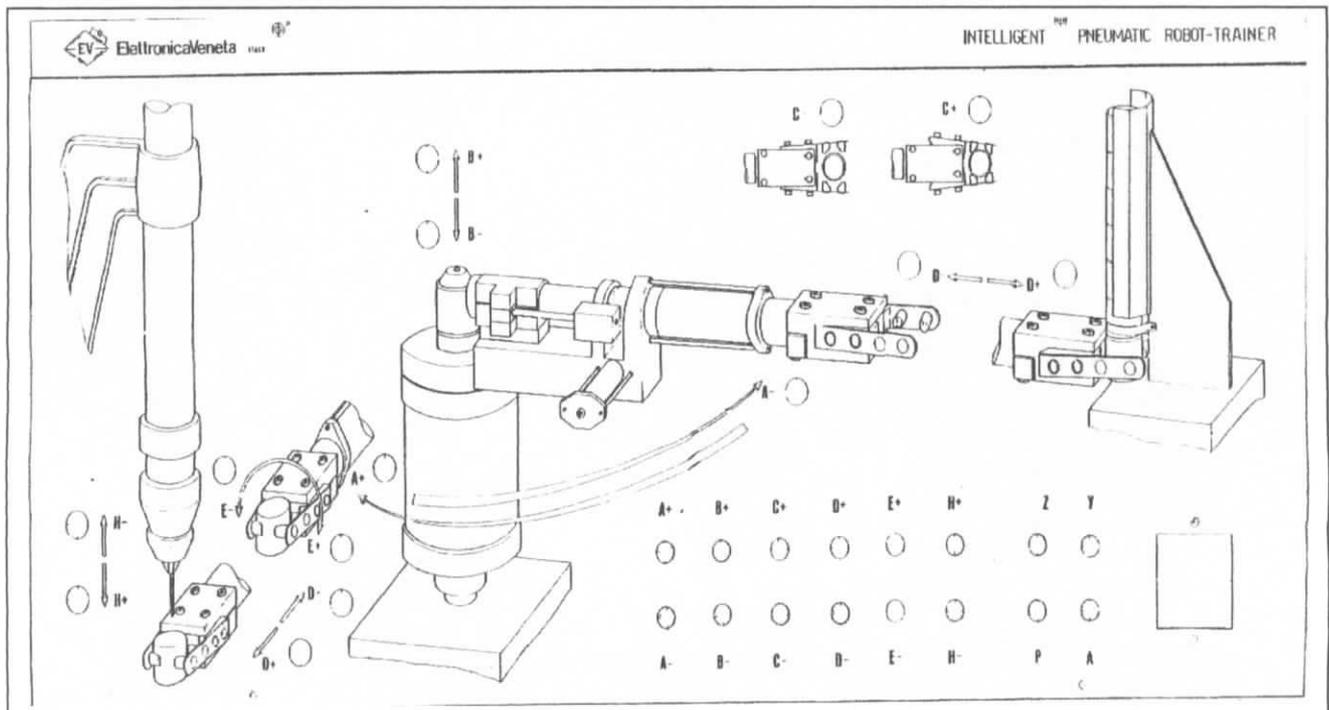


**-Figure III.3-**  
Schéma de puissance  
de la perceuse.

Les *signaux de commande* (que l'on peut également distinguer sur le synoptique reporté à la figure III.4 ), deviennent donc :

- A+ rotation dans le sens inverse aux aiguilles d'une montre de la base du bras de manipulation ;
- A- rotation dans le sens des aiguilles d'une montre de la base du bras de manipulation ;
- B+ montée du bras ;
- B- descente du bras ;
- C+ fermeture de la pince ;

- C- ouverture de la pince ;
- D+ déplacement en avant de la pince ;
- D- retour de la pince ;
- E+ rotation dans le sens des aiguilles d'une montre de la pince ;
- E- rotation dans le sens inverse aux aiguilles d'une montre de la pince ;
- H+ déplacement en avant et rotation de la perceuse ;
- H- retour de la perceuse.



**-Figure III.4-**  
Tableau de synoptique  
du banc

A partir du schéma de la figure III.2, on notera que l'alimentation des composants opérationnels A,B,C,D,E est réalisée par l'intermédiaire d'une batterie de vannes bistables 5/2 (pour l'alimentation des vérins à double effet) et de mémoires 3/2 (pour l'alimentation des vérins à simple effet). Les caractéristiques de tous ces éléments ont été décrites au chapitre précédent.

Le schéma de puissance de la perceuse s'avère plus complexe et est réalisé en un seul bloc. (Une turbine pneumatique pour faire tourner la perceuse et un vérin simple effet pour sa descente).

Nous en donnons ici une illustration schématique (figure III.3).

On remarque que les commandes de la perceuse sont de deux types :

a) *Commande manuelle* : elle est réalisée par l'intermédiaire de deux boutons : vert pour la descente, rouge pour la montée.

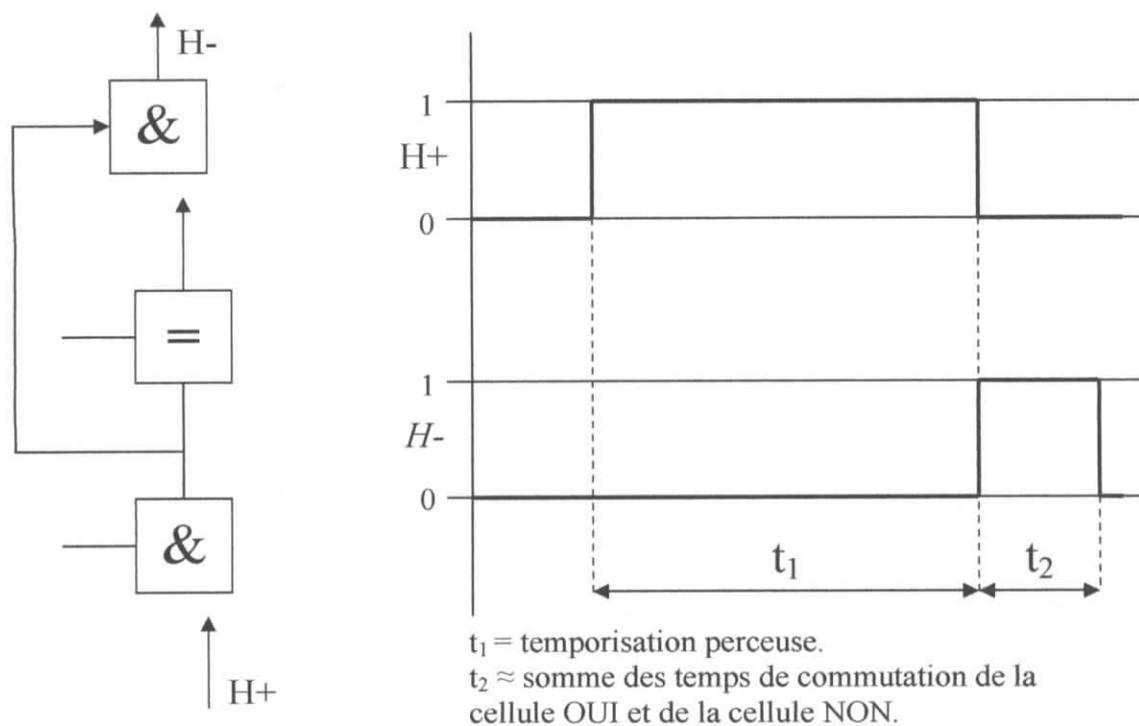
Une fois donnée la commande H+ pour la descente de la perceuse au moyen du bouton vert, sa remontée (signal H-) peut se faire manuellement, au moyen du bouton rouge, ou bien automatiquement une fois atteint l'interrupteur de fin de course pneumatique F.C. (fig.III.4).

En actionnant plusieurs fois les boutons vert et rouge, on se rend compte facilement que le distributeur interne pour l'alimentation du piston d'avancement et de la petite turbine de la perceuse est du type bistable.

b) *Commande à distance* : La « commande pneumatique à distance » a été extrêmement simplifiée par l'introduction d'un circuit logique pneumatique qui émet le signal H- chaque fois que cesse le signal H+ ; ceci signifie qu'il suffit de programmer le signal H+ pour la durée nécessaire pour obtenir le perçage à la profondeur désirée, après quoi la simple interruption du signal H+ engendre une impulsion H- (selon le schéma de la figure III.5) pour le retour de la perceuse.

De cette façon, on est sûr du retour de la perceuse chaque fois que cesse le signal H+ (fin de la programmation dans le temps, actionnement de l'urgence), même si la perceuse n'a pas fini sa course et n'a pas actionné l'interrupteur de fin de course F.C.

Par contre, cette solution présente l'inconvénient, au cas où la perceuse atteint l'interrupteur de fin de course avant la fin du temps programmé, que celle-ci reste dans cette position (en tournant) jusqu'à la fin du temps programmé ; l'opérateur devra alors intervenir en réduisant le temps programmé en jouant sur le bouton réglable du temporisateur.

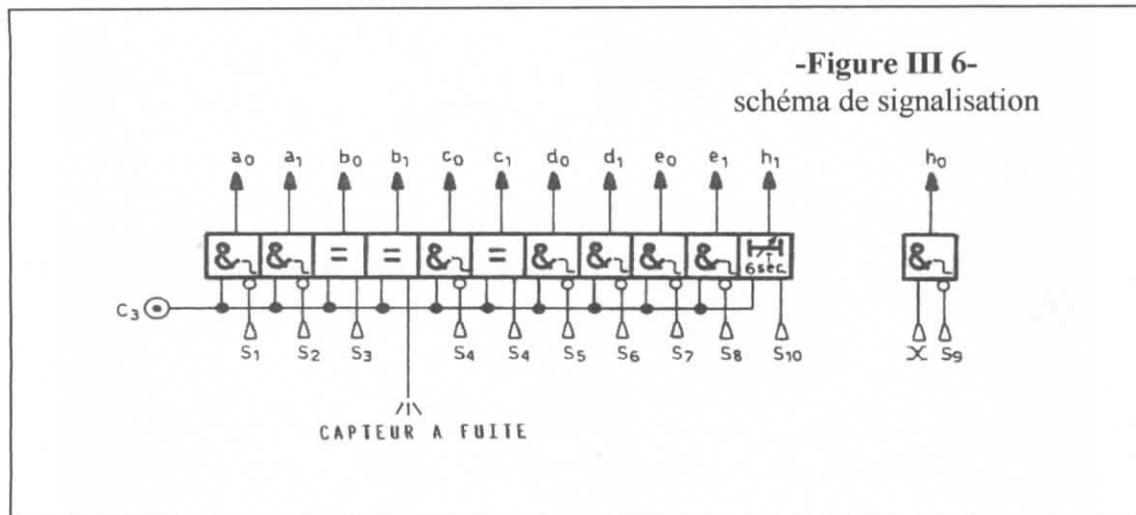


-Figure III.5-  
Commande à distance de la  
perceuse

### III.5. CIRCUIT DE SIGNALISATION :

La figure III.6 représente le schéma de signalisation, utilisé pour la génération des signaux de mise en marche des mouvements du bras manipulateur. On associe donc à chaque signal de commande un signal de mise en marche du mouvement commandé selon le schéma suivant :

A+	a <sub>1</sub>	D+	d <sub>1</sub>
A-	a <sub>0</sub>	D-	d <sub>0</sub>
B+	b <sub>1</sub>	E+	e <sub>1</sub>
B-	b <sub>0</sub>	E-	e <sub>0</sub>
C+	c <sub>1</sub>	H+	h <sub>1</sub>
C-	c <sub>0</sub>	H-	h <sub>0</sub>



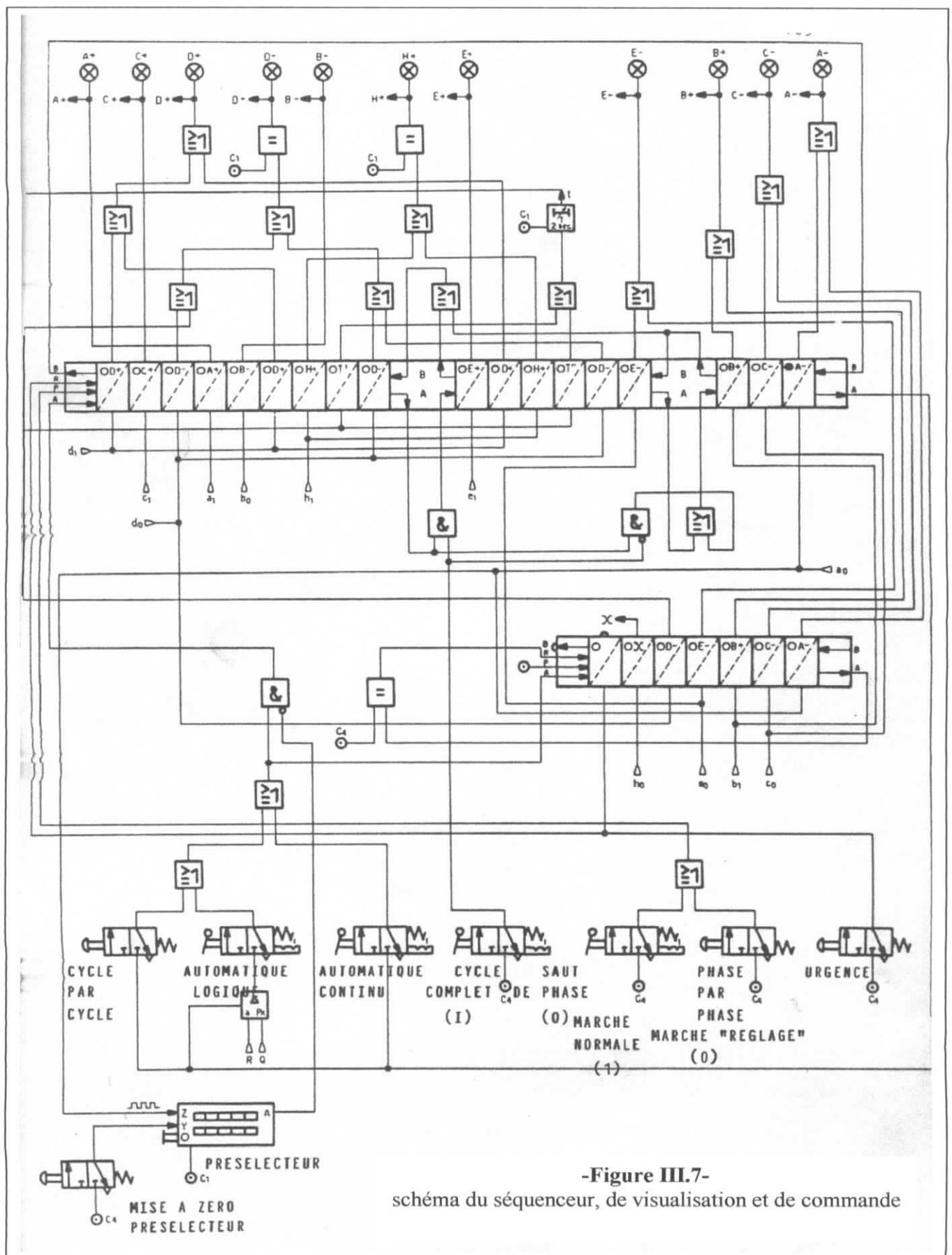
Les signaux  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $c_0$ ,  $d_0$ ,  $d_1$ ,  $e_0$ ,  $e_1$  et  $h_0$  sont obtenus au moyen de cellules logiques NON P/12, avec seuil de dépitotage, c'est à dire à un douzième ( $1/12^{\text{ème}}$ ) de la pression d'alimentation et vont vers les lampes pneumatiques.

### III.6. CIRCUIT DU SEQUENCEUR AVEC VISUALISATION CORRESPONDANTE ET CIRCUIT DE COMMANDE :

La figure III.7 représente le schéma général regroupant les circuits du séquenceur, de visualisation et de commande.

Ce séquenceur regroupe les caractéristiques suivantes :

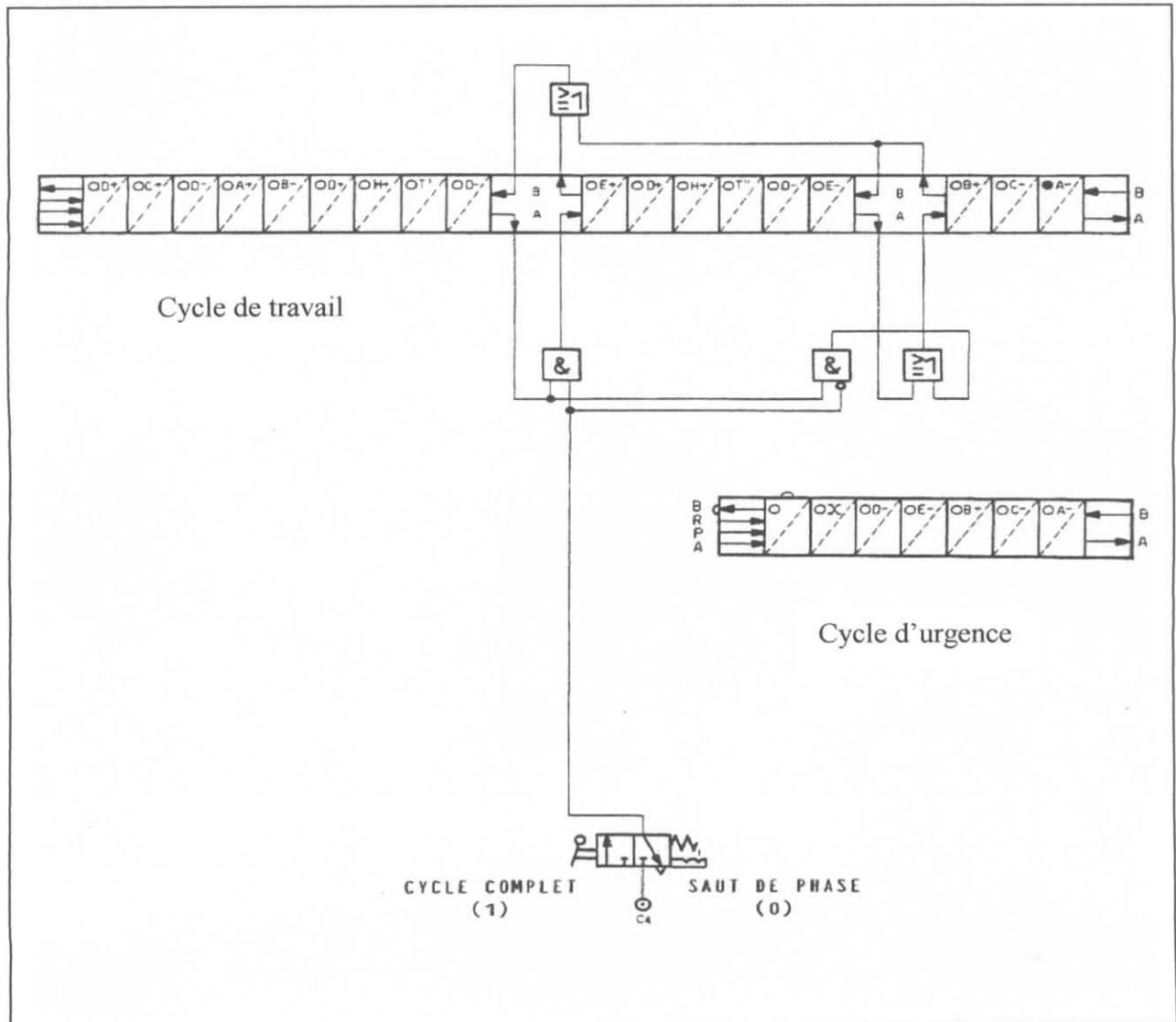
- Cycle à deux lignes : un cycle de travail et un cycle d'urgence.
- Double sélection de marche : marche normale et marche de réglage.



-Figure III.7-  
schéma du séquenceur, de visualisation et de commande

- Deux urgences : au moyen de l'interrupteur de l'alimentation P ou de la mise à zéro R du cycle de travail et de l'alimentation du cycle d'urgence.
- Trois conditions additionnelles de mise en marche : cycle par cycle, automatique continu ou automatique logique.

La figure III.8 représente le cycle séquentiel de travail qui est, comme on le voit bien, doté d'un « saut de phase », son fonctionnement est aussi représenté dans cette figure, ainsi que le cycle séquentiel d'urgence.



**-Figure III.8-**  
Cycle de travail avec saut de phases  
et cycle d'urgence

Le diagramme des phases est donné à la figure III.9 pour un cycle complet et à la figure III.10 pour un cycle avec saut de phase.

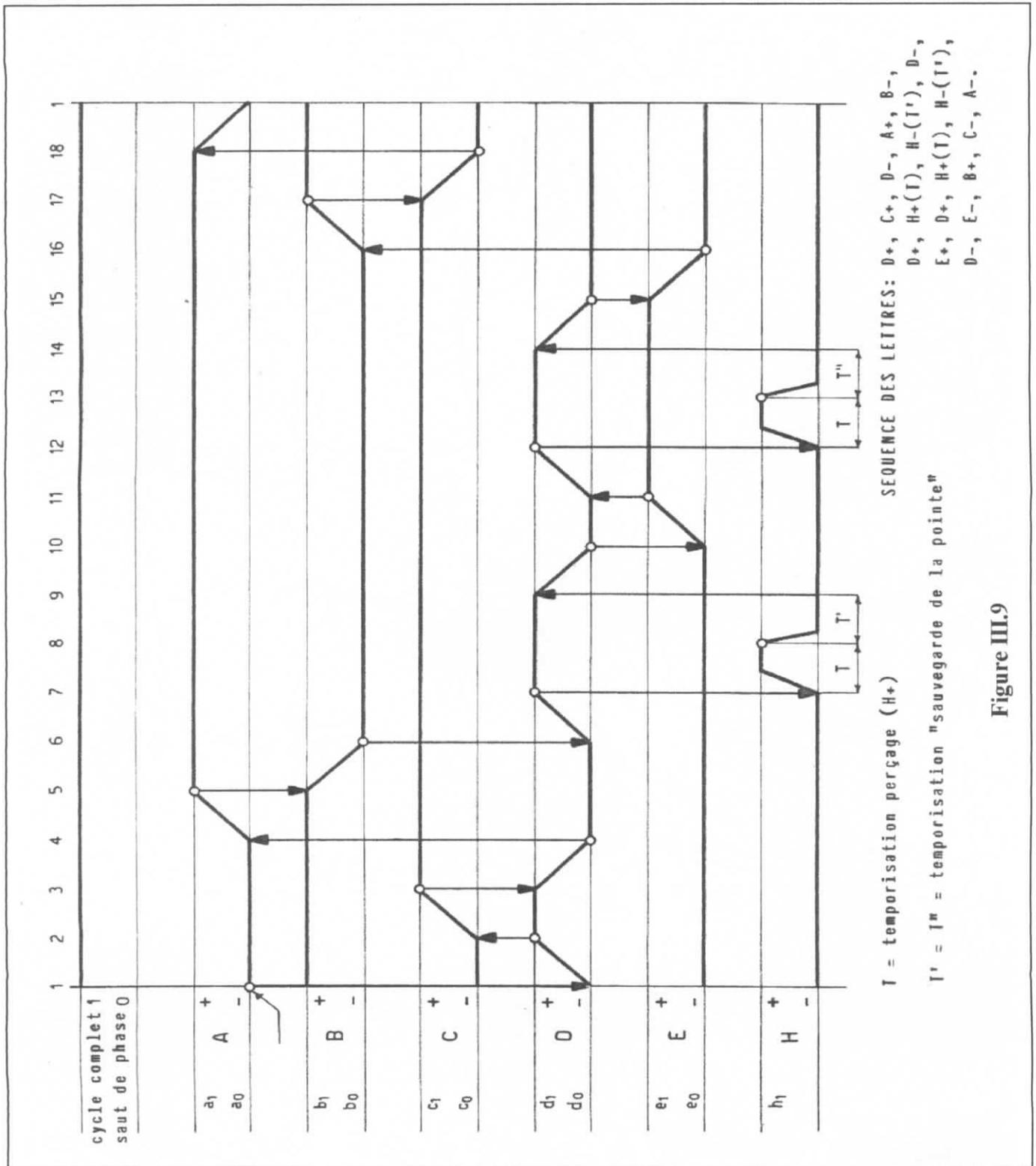


Figure III.9

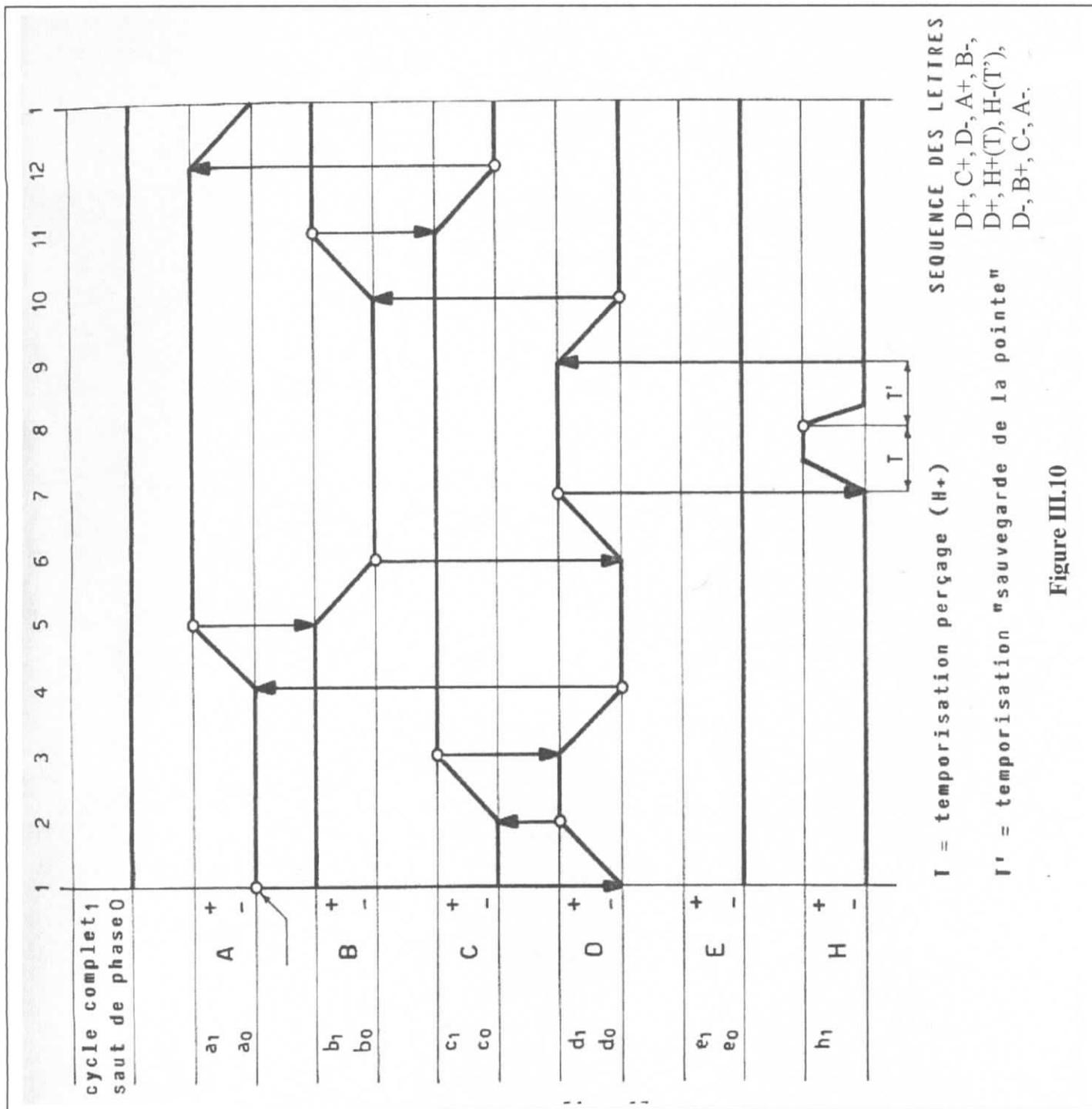
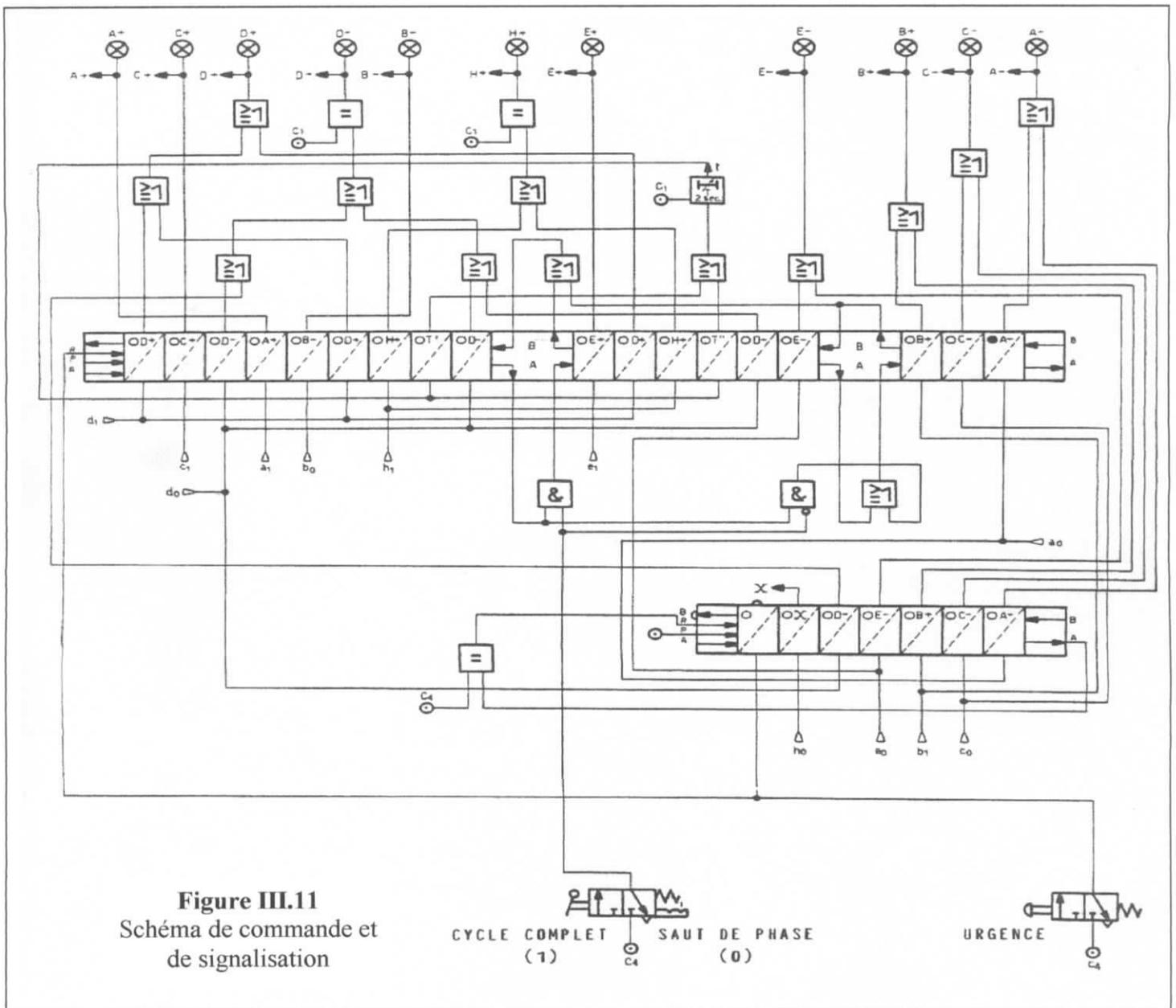


Figure III.10

Les schémas des figures III.9 peuvent être assemblés pour donner la III.11, complétée également par la signalisation relative aux signaux de commande (lampes pneumatiques du synoptique) mais aussi, par les signaux à l'arrivée et au départ du séquenceur correspondant au cycle d'urgence.



**Figure III.11**  
Schéma de commande et de signalisation

CYCLE COMPLET (1) SAUT DE PHASE (0)

URGENCE

❖ **Remarques :**

1. Pour la collecte des signaux relatifs aux mouvements répétés on a utilisé des cellules logiques OU. Exemple : pour le signal D- qui est émis par trois mémoires de phase du séquenceur de travail et par une du cycle d'urgence.
2. La nécessité de régénérer en pression les signaux H+ et D- est présente, en utilisant de manière adéquate des cellules logiques OU.
3. L'utilisation de deux mémoires, T' et T'' dans le séquenceur du cycle de travail juste derrière celle des phases H+, pour l'alimentation d'un temporisateur étaloné de telle façon à générer une phase d'attente avant de donner la commande D- (voir

figures III.10 et III.11). Elle a pour but d'assurer la montée complète de la perceuse avant le mouvement D- pour préserver la pointe de la perceuse elle-même.

4. On remarque aussi que le bouton d'urgence met à zéro le séquenceur du cycle de travail (connexion R) et alimente la conduite  $\chi$  qui alimente à son tour la cellule non P/12 qui reçoit le signal  $S_9$  (voir figure III.4) qui a pour fonction de produire le signal  $h_0$ . Donc si le cycle de d'urgence est enclenché au moment où la perceuse travaille, la mise en décharge du signal  $H+$  et la génération du signal  $H-$  sont exécutés immédiatement pour éteindre la perceuse en premier, ensuite la séquence d'urgence se produit normalement, avec la génération des signaux D-, E-, B+, C-, A-

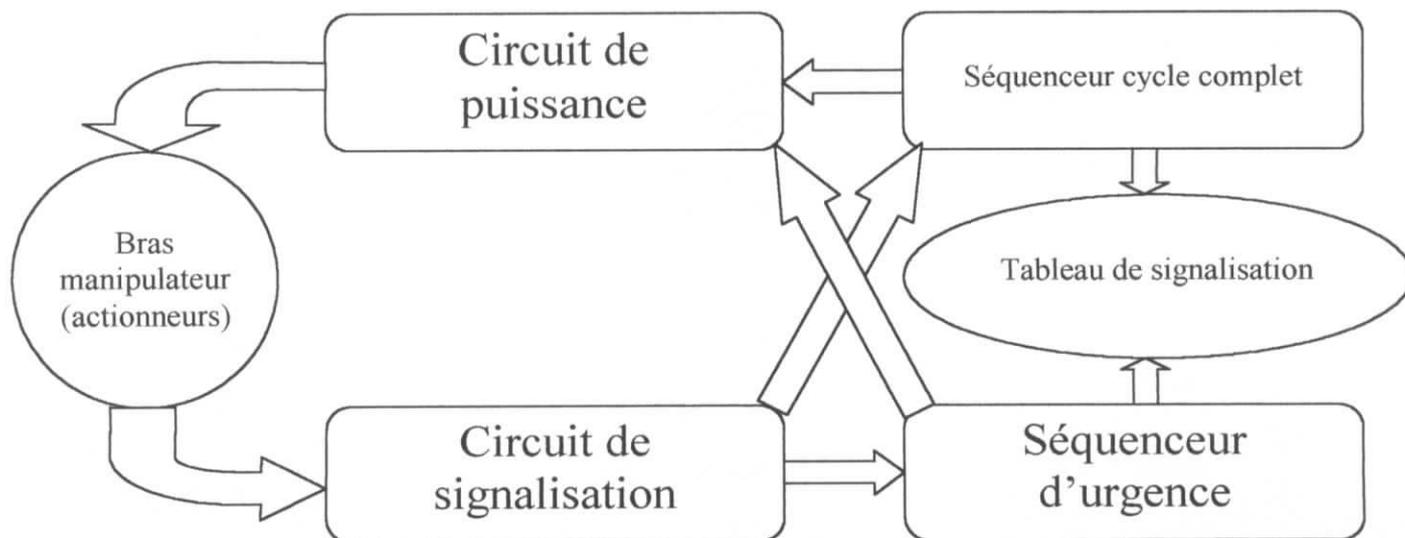
### III.7. TECHNIQUE DE MONTAGE ET DE REGLAGE :

Les circuits pneumatiques, décrits au présent chapitre, doivent être interconnectés en respectant deux règles fondamentales :

1- Réduire au minimum les pertes de charges en ligne, c'est à dire la longueur des tubes qui portent les signaux de commandes et puissance ;

2- Réduire au minimum les pertes de charges localisées, en utilisant de façon adéquate le système de raccord pneumatique fourni avec l'appareil.

3- C'est en respectant ces deux règles fondamentales que la l'organisation des circuits peut être représentée par la figure III.12.



**-Figure III.12-**  
Organisation des circuits de  
commande et de puissance

Une fois exécutées, le seul réglage manuel à effectuer sur la machine concerne les vitesses des composants opérationnels.

On procède de la façon suivante :

- Vérifier que le robot se trouve en position de repos ( A-, B+, C-, D-, E-, H-).
- Vérifier manuellement, au moyen des commandes manuelles prévues à cet effet, que les mémoires relatives au circuit de puissance, reflètent la position au repos du robot (toutes les mémoires mises à zéro, sauf A-, D-, E-, comme le montre la figure III.2).
- Fermer complètement à l'aide d'un tournevis les étrangleurs de décharge, pour le réglage de la vitesse des composants opérationnels comme montré sur les figures II.9 et II.11.
- Amener l'air comprimé au circuit de puissance au moyen de l'interrupteur I<sub>1</sub> des figures III.1 et III.2.
- Si l'on a respecté les points précédents, le robot ne bougera pas alors que les mémoires sélectionnées du circuit de puissance seront repérables par la sortie d'un petit piston rouge (cf. figure III.2 où les pistons rouges sortants, sont représentés par de points noirs).
- Procéder manuellement à la sélection de la mémoire A+ et à la mise à zéro de la mémoire A-. *Il est très important de mettre en 1 la mémoire A+ avant de mettre à zéro la mémoire A-*. Le robot ne bouge toujours pas puisque la vis de réglage de VA+ est complètement serrée.
- Dévisser lentement VA+ jusqu'à l'obtention de la rotation complète du bras, de façon douce, ni trop rapide, ni par à-coups.
- Sélectionner la mémoire A- et mettre à zéro A+. Dévisser lentement VA- jusqu'au retour complet en position de repos du bras.
- Répéter les trois opérations précédentes pour le réglage des vitesses VA+ et VA- jusqu'à ce que l'on obtienne des mouvements continus et suffisamment doux.
- On répète les mêmes opérations, pour le réglage des vitesses VD+, VD-, VE+, VE-.
- On règle enfin la vitesse de descente du bras VB-, en agissant sur l'étrangleur spécial indiqué à la figure III.2.

**❖ Remarque :**

*On relie l'appareil à une source d'air comprimé ayant les caractéristiques suivantes :*

- *Air bien filtré ;*
- *Air bien déshumidifié ;*
- *Pression minimale de 7 bars ;*
- *Débit minimal de 500 NI/min (au cours de la phase de perçage).*

**III.8. CONDUITE A SUIVRE :****III.8.1 Contrôle des alimentations :**

- Avant l'utilisation de l'appareil, contrôler que les pressions d'alimentations de sont comment mentionner dans la figure III.2.
- Avant l'utilisation de l'appareil, contrôler que le temporisateur pour la génération du signal h1 soit réglé sur un temps suffisant pour le perçage de la pièce (généralement aux alentours de 5 secondes).
- Avant l'utilisation de la perceuse, s'assurer que la pression d'alimentation soit correcte ( $> 6$  bars).
- Avant d'utiliser la perceuse, s'assurer que l'air d'alimentation soit suffisamment sec et lubrifié.
- Ne jamais utiliser la perceuse avec une alimentation inférieure à 4 bars ; à ces pressions, le pilotage du distributeur d'alimentation, au moyen des signaux H+ et H-, peut s'avérer impossible ; il peut donc être nécessaire, pour arrêter la perceuse, de supprimer l'alimentation pneumatique.

**❖ Remarque :**

*Dans le but d'éviter tout problèmes dus aux situations particulières difficilement contrôlables, nous vous indiquons que la phase de perçage peut être simplement simulée en démontant la pointe fournie avec la perceuse.*

**III.8.2 Contrôle des positions :**

- Avant d'alimenter le circuit de puissance au moyen de l'interrupteur I1 de la figure 3, il faut s'assurer que la position au repos du bras de manipulation corresponde à celle au repos des valves 5/2 et 3/2 de la figure III.2, c'est à dire :

A+	à zéro
A-	actionné
B	à zéro
C	à zéro
D+	à zéro
D-	actionné
E+	à zéro
E-	actionné

- Si le robot et les mémoires du circuit de puissance ne se trouvent pas en position de repos, il les place.
- Avant d'alimenter le circuit de contrôle et de commande au moyen de l'interrupteur I<sub>2</sub> de la photo III.2, il faut s'assurer que toutes les mémoires du séquenceur du cycle complet et du séquenceur d'urgence sont mises à zéro (Position 0), à l'exception de la dernière mémoire du séquenceur du cycle complet, marquée de la lettre A-, qui doit être sélectionnée (position 1).
- Avant d'alimenter le circuit de contrôle et de commande au moyen de l'interrupteur I<sub>2</sub> de photo III.2, s'assurer que tous les interrupteurs du circuit de commande sont en position 0 (voir figure III.7), que le compteur d'impulsions soit à zéro et que le présélecteur indique le nombre de cycle-machine que l'on désire effectuer.
- Avant d'alimenter le circuit de puissance et celui de contrôle et de commande au moyen des interrupteurs I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub> de la photo III.2, s'assurer que les pièces semi-finies peuvent descendre facilement et sans entraves le long du chargeur vertical.

### **III.8.3 Marche de réglage :**

Après avoir assuré une bonne alimentation et effectuer le contrôle de position, nous entrons dans la phase d'essai de la machine :

- Alimenter les circuits de puissance et de commandes au moyen des interrupteurs I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub> (photo III.2).

- Vérifier que les pressions signalées par les manomètres M1 et M2 soient celles indiquées à la figure III.2 ( $> 6$  bars). En cas contraire, agir sur les régulateurs spéciaux R1 et R2.
- Il faut, afin d'assurer le fonctionnement correct des cellules logiques, qu'entre M1 et M2, la différence ne soit jamais supérieure à  $0.7 \div 0.8$  bars ; si possible, chercher à les maintenir identiques.
- Appuyer maintenant simultanément sur les boutons *cycle par cycle* et *phase par phase* : de cette façon, la première mémoire de phase du séquenceur, indiquée par la lettre D+, est sélectionnée. Relâcher les boutons.
- Chaque fois que l'on actionne la bouton *phase par phase*, la mémoire de phase successive est actionnée. De cette façon, il est possible de vérifier que le robot fonctionne correctement durant le cycle avec saut de phase et durant le cycle complet.
- Vérifier que les vitesses des composants opérationnels soient correctes et apporter les modifications nécessaires en cas de vitesses trop élevées et de mouvements discontinus.
- Chaque fois que l'on actionne le bouton *phase par phase* il est nécessaire de le faire pour l'intervalle de temps qui permet la transmission du signal de commande du séquenceur au circuit de puissance. Si l'on relâche *trop tôt* le bouton, le mouvement commandé n'est pas exécuté et il s'avère donc nécessaire d'actionner à nouveau le bouton *phase par phase*. Si l'on relâche *en retard* le bouton, il se peut qu'entre temps la mémoire successive soit aussi sélectionnée et donc que soit également exécuter le mouvement correspondant à la phase suivante. Durant les phases de perçage, il est nécessaire de maintenir appuyé le bouton *phase par phase* pour toute la durée du perçage. La même chose se produit au cours de la phase succédant au perçage à cause de la présence de la temporisation « sauvegarde de la pointe »
- Une fois le cycle achevé, par l'actionnement de la dernière mémoire de phase (A-), pour recommencer le cycle il faut appuyer simultanément sur les boutons *cycle par cycle* et *phase par phase*.

On pourra procéder selon ce mode de fonctionnement « marche de réglage » jusqu'à se que l'on ait effectué le nombre de cycles présélectionné. Pour pouvoir continuer, il faudra mettre à zéro le compteur pneumatique.

### **III.8.4 Marche normale :**

Une fois vérifiée le fonctionnement correct du robot pneumatique et du séquenceur, au moyen de la marche de réglage, nous pouvons passer à l'utilisation de l'appareil en «marche normale» :

- Mettre l'interrupteur de la position « marche de réglage » (0) sur la position « marche normale » (1). On observera la sortie du petit piston rouge sur la dernière mémoire du séquenceur du cycle complet(A-).
- Maintenant, on peut commander la marche normale, avec saut de phase ou cycle complet ( actionner l'interrupteur correspondant ), selon trois modes différents :

a) *Cycle par cycle.*

b) *Automatique continue.*

c) *Automatique logique.*

- Le fonctionnement *cycle par cycle* s'obtient en actionnant le bouton correspondant ; une fois fini le cycle (complet ou avec saut de phase , selon la position de l'interrupteur correspondant), il faudra actionner à nouveau le bouton cycle par cycle si l'on désire répéter le cycle tout entier.

Après que l'on a réalisé le nombre de cycles présélectionné. Pour pouvoir continuer, il sera donc nécessaire de mettre à zéro le compteur pneumatique.

- Le fonctionnement *automatique continu* s'obtient en mettant l'interrupteur correspondant en position 1.une fois effectué le cycle ( complet ou avec saut de phase ), le cycle lui-même est répété automatiquement, jusqu'à ce que l'on ait effectué le nombre de cycles présélectionné. Afin de pouvoir continuer, il faudra donc mettre à zéro le compteur pneumatique.

### **III.9. INTERPRETATION DU TRAVAIL FAIT :**

Notre travail consistait en partie à faire fonctionner la console de commande pneumatique, mais des problèmes purement pratiques ont empêché la réalisation de nos buts. Ces problèmes sont expliqués dans ce qui suit :

Le défaut principal qui accompagne les systèmes de commande totalement pneumatique, comme celui que nous avons décrit jusqu'ici, réside dans les temps de transmission du signal.

Le mauvais fonctionnement ou le non-fonctionnement des cellules logiques à commutation peuvent donc être engendrés par quatre causes principales :

- A. Défaut du composant ;
- B. Manque d'alimentation ;
- C. Signaux en entrée avec de fortes différences de pression ;
- D. Lenteur de transmission du signal pneumatique.

Dans notre cas, nous nous sommes heurtés à plusieurs défauts imputés par l'une des quatre causes mentionnées ci-dessus :

Pour le cas « A », malgré qu'il soit le moins fréquent, dans la mesure où les composants logiques permettent une ample fiabilité de commutation, on avait quant même trouver quelques composants défectueux. Ils ont été détectés comme suite :

Il a suffi de substituer ou d'échanger le composant douteux avec un autre composant analogue : si le défaut se répète dans la même position, son origine ne vient pas du composant ; si au contraire, le défaut se répète sur le même composant, on procède à son remplacement, mais puisque on a pas de composants de rechanges, on s'est trouvé dans l'obligation de condamner quelques options sur la table de commande pneumatique pour en assurer le bon fonctionnement des autres jugés plus importants (comme on a fait d'ailleurs pour les modules de phase en condamnant le cycle d'urgence pour récupérer des modules de phase en bon état et les mettre à la place des modules défectueux dans le cycle de travail afin d'assurer le bon fonctionnement de celui-ci).

Le cas « B » est le plus fréquent, d'ailleurs, c'est la principale cause de tous nos problèmes. La baisse d'alimentation ou autrement dit, la baisse de pression est due - principalement dans notre cas- à une grosse fuite d'air dans le compresseur lui-même : Un joint d'étanchéité a lâché laissant ainsi une importante ouverture entre la bouteille d'air comprimé et l'atmosphère causant ainsi une fuite qui implique à son tour une baisse considérable de pression.

Nous avons aussi détecté un mauvais fonctionnement des interrupteurs à manette, impliquant une réduction des sections de passage et une chute notable de pression.

Des fuites peuvent aussi parvenir de quelques composants pneumatiques, mais leurs impacts sont moindres relativement à ceux mentionnés ci-dessus.

Le cas « C » peut être imputé à l'un des deux cas qui suivent :

1. Une différence effective dans les pressions d'alimentation ( dans ce cas, on propose la solution qui consiste à jouer sur les pressions au niveau des manomètres M1 et M2 au moyen des régulateurs R1 et R2 pour les rendre égales).

2. Pour parer à une perte de charge dans les tuyauteries, une solution qui consiste en une régénération de la pression et du débit devient possible en utilisant tout simplement une cellule oui pour régénérer ce signal.

Le cas « D » est le plus difficile à résoudre, mais sa résolution peut se faire par une augmentation de la pression d'alimentation sauf que de ce côté, il y a aussi le problème d'insuffisance de la pression d'alimentation.

Nous nous sommes également heurtés à d'autres problèmes qui sont cités ci-dessous :

❖ Le filtre déshumidificateur s'est cassé en deux, la cuve s'est complètement arrachée et l'élément filtrant est sorti de son axe, nous avons donc profité de l'occasion pour le nettoyer (car étant saturé d'impuretés, il ne remplissait pas bien son rôle) nous avons ensuite remonté les pièces à l'intérieur de la cuve que nous avons collé à sa place avec une colle spéciale pour obtenir finalement un filtre fonctionnant parfaitement bien et surtout sans fuite

❖ Nous étions aussi obligés de démonter complètement le bras afin de le dégripper et de le graisser complètement en utilisant comme graisse « la vaseline » qui est une graisse légère et anticorrosive, parfaite pour graisser des petits mécanismes de ce genre.

❖ Il y avait aussi une fuite d'air lubrifié au niveau de la perceuse mais finalement réglé toujours avec cette colle spéciale.

*3. explication du programme:*

- LD IN 16 :

Le processeur lit l'état d'entrée 16 et met cette information dans le registre des résultats.

Commentaire :

IN 16  $\Rightarrow$  RR

- AND IN 17 :

Le processeur compare l'état d'entrée 17 avec l'état du registre des résultats, conformément à la condition logique AND. Le résultat de la comparaison est introduit dans le registre de résultats.

Commentaire :

IN 17.RR  $\Rightarrow$  RR

STO OUT 18 :

Le processeur transfère l'état du registre des résultats à la sortie 18.

Commentaire :

Le contenu du registre des résultats reste inchangé.

RR  $\Rightarrow$  OUT 18

Le processeur comprend deux registres supérieurs ou de haut rang qui sont IEN (validité d'entrées) et OEN (validité des sorties).

Les entrées peuvent avoir lieu seulement quand IEN a l'état logique « 1 ». Le processeur peut lire ainsi de façon normale l'état 0 et 1 de ces entrées tandis qu'indifféremment de l'état logique du signal de ces derniers, l'état logique « 0 » du registre IEN (étant un des signaux d'entrées dans l'élément AND), fait lire au processeur toutes les entrées (IN, OUT, MEM) comme états logiques « 0 » (figure IV.1).

De la même manière, les signaux de sortie sont contrôlés par l'état logique du registre OEN.

Quand le registre OEN a l'état logique « 1 », on peut donner de manière normale l'état 0 ou 1 du registre des résultats aux sorties (OUT, MEM).

L'état logique « 0 » du registre OEN, comme un des signaux d'entrée dans l'élément AND (voir figure I.V), *bloque* les signaux de sortie.

En conclusion, on doit attribuer l'état logique « 1 » au registres IEN et OEN pour un fonctionnement normal.

L'instruction « ORC IN 00 » donne toujours l'état logique 1 au registre des résultats sans tenir compte de l'état qu'il avait précédemment. « IN 00 » est l'adresse du registre des résultats.

Le tableau suivant illustre ce qu'on vient de dire :

ETAT PRECEDENT DU REGISSTRE DES RESULTATS	INSTRUCTION	ETAT FINAL DU REGISTRE DES RESULTATS
RR	ORC IN 00	$\overline{RR + RR} \Rightarrow RR$
0	1	1
1	0	1

Les instructions « OEN IN 00 » et « IEN IN 00 » sont ensuite utilisées pour attribuer aux deux registres l'état logique 1 qui a lieu dans le registre des résultats à la suite de l'instruction ORC IN 00.

En conclusion, tous les programmes doivent commencer en donnant l'état logique 1 à IEN et OEN, par l'intermédiaire des instructions suivantes :

ORC IN 00

IEN IN 00

OEN IN 00

Les deux registres IEN et OEN fournissent les moyens pour contrôler tout le bloc des programmes (voir appendice A).

## IV.4. PROGRAMMATEUR :

### IV.4.1. Caractéristiques :

Le programmeur est utilisé pour programmer le système de contrôle, sa tension d'alimentation est de 220 VDC (50/60 Hz).

Il peut être utilisé sous deux modes :

1. Mode *off-line* : c'est à dire sans être branché au système de contrôle ;
2. Mode *on-line* : c'est à dire branché au système de contrôle, le programme est enregistré, corrigé mis au point en même temps.

Cinq opérations sont possibles avec le programme :

- Développement des programmes pour le système de contrôle ;
- Contrôle et correction des programmes avec la fonction *on-line* (on peut lire l'état du registre des résultats pour chaque instruction) ;
- Enregistrement de programmes dans les mémoires de programme ;
- Lecture des programmes à partir des mémoires de programme ;
- Impression des programmes au moyen de l'imprimante encastré dans le programmeur.

Pour écrire un programme dans la mémoire MEV, qui est une RAM incluse dans l'appareil, le programme est doté d'un clavier à instructions que nous présenterons dans ce chapitre.

### IV.4.2. Description du programmeur :

Le clavier du programmeur se divise en quatre blocs caractérisés par une couleur particulière (photoIV.6) :

- ❖ Bloc orange : touche instruction ;
- ❖ Bloc bleu : touche adresse (sélection de variable) ;
- ❖ Bloc noir : touches chiffres (pour adresses décimales) ;
- ❖ Bloc rouge : touche fonctions.

Le programmeur comprend les fonctions suivantes : (photo IV.6)

1. Branchement pour la mémoire de programme ou du connecteur *on-line* ;

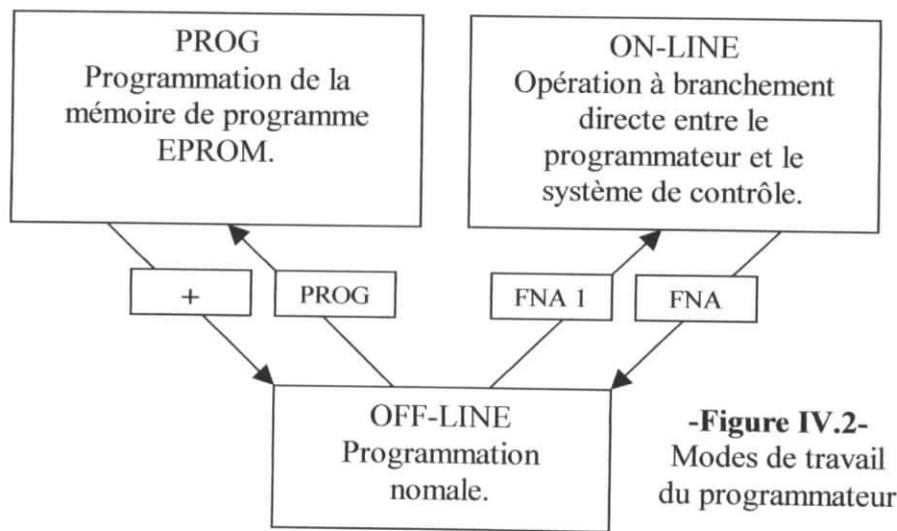


### IV.4.3. Description fonctionnelle :

Le programmeur peut fonctionner de différentes manières :

- *Off-line* (de manière autonome) ;
- *On-line* (en branchement direct) ;
- Avec programme en EPROM.

La figure suivante illustre les différents modes et les instructions utilisées pour faire travailler le programmeur selon les modes susmentionnés :



Par défaut, quand on allume le programmeur, on est en mode *off-line*.

Si une mémoire de programme doit être programmée, il faut appuyer sur la touche PROG. Quand la programmation est terminée, on retourne en *off-line* en appuyant sur la touche +. Par contre, si on veut le faire fonctionner en mode *on-line* en appuyant sur la touche FNA suivie de la touche 1 et sa, après avoir brancher l'*on-line connector*. On retourne en *off-line* en appuyant sur la touche FNA.

### IV.5. CONCLUSION :

Après avoir étudié le principe de fonctionnement du contrôleur logique programmable et vu son principe de fonctionnement, on constate facilement qu'il s'adapte très bien à tout système basé sur les diagrammes fonctionnels ou l'algèbre de Boole (système logique), ce qui est convenable pour nous dans la mesure où on va l'utiliser pour commander le RB-3/EV.

**❖ Remarque :**

*Les instructions utilisées pour la programmation sont données dans l'annexe 1. on trouve aussi un programme de commande du bras manipulateur dans l'annexe 2.*

**IV.6. COMMANDE ELECTRIQUE DU RB-3/EV :**

Dans cette partie, on va étudier la partie commande électrique du bras de manipulation, en utilisant le contrôleur logique programmable PLC-2/EV.

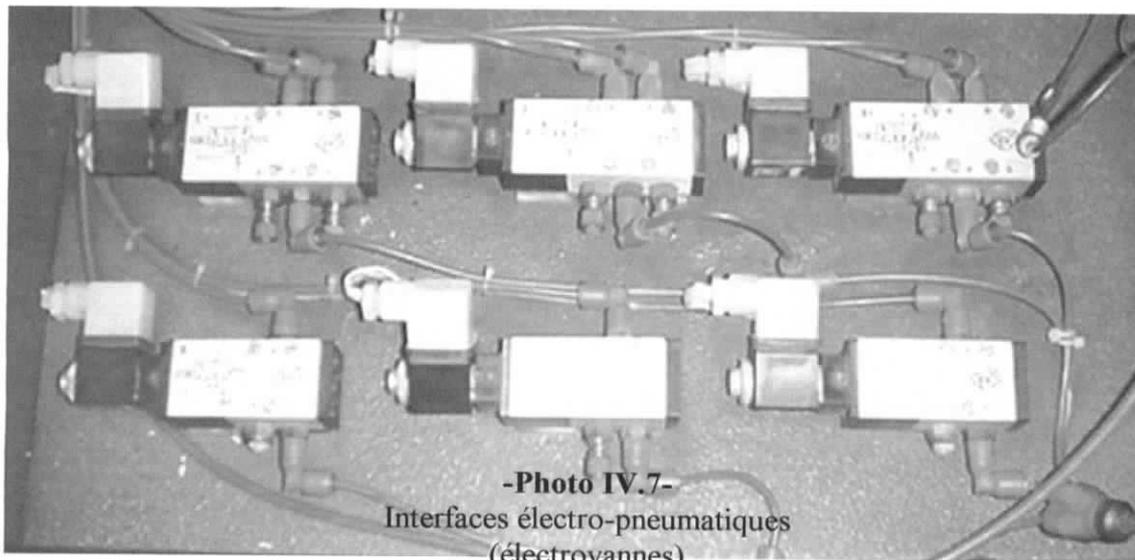
On présentera d'abord la procédure de passage de la commande purement pneumatique à la commande électrique, suivie du mode d'emploi du PLC-2/EV ( la saisie du programme, son enregistrement, sa compilation et enfin son exécution).

**IV.6.1. Passage de la commande pneumatique à la commande électro-pneumatique :**

Ce passage nécessite l'introduction de composants électriques pour la commande de la partie pneumatique tout en modifiant quelques connexions pneumatiques :

- ❖ Substituer les alimentations provenant des vannes pneumatiques de la figure III. Par celles provenant des vannes électro-pneumatiques de la figure V. ;
- ❖ Sur la perceuse : substituer le tube H+ par le tube H+EL ;
- ❖ Sur le circuit logique pour la génération du signal H- (figure III.4 ) : substituer le tube H+1 par le tube H+2 ;
- ❖ Supprimer l'alimentation aux distributeurs pneumatiques (photo II.4 et figure II.8 ) en déconnectant le tube d'alimentation de la prise M<sub>3</sub> et fermer cette dernière à l'aide d'un bouchon ;
- ❖ Alimenter les vannes électro-pneumatiques (figure IV.7 ) en branchant sur la prise M<sub>2</sub> le tube d'alimentation correspondant Ø6 ;
- ❖ Éviter d'alimenter le « secteur de commande » au moyen de l'interrupteur I<sub>2</sub> ;

- ❖ Après avoir contrôlé la position au repos du bras de manipulation pneumatique, alimenter les électrovannes en mettant en position 1 l'interrupteur  $I_1$ .



#### IV.6.2. Utilisation du PLC-2/EV :

Nous allons maintenant, donner le mode d'emploi du PLC-2/EV :

Tout d'abord, et après la mise sous tension du programmeur, on a saisi le programme. Deux cas se présentent :

- ❖ Si, on est en mode ON-LINE le programme sera directement chargé sur l'unité d'élaboration centrale, compilé, et prêt à être exécuté ; sauf que dans ce cas, ces données seront perdues lors de la mise hors tension du contrôleur.

- ❖ Si, par contre, on est au mode OFF-LINE, le programme sera chargé en mémoire MEV. En suite, on le sauvegarde dans une mémoire EPROM. Le programme, peut dorénavant être chargé directement à partir de cette dernière en appuyant sur la touche READ après l'avoir inséré dans le lecteur. Il sera ensuite chargé sur l'unité d'élaboration centrale pour être compilé.

Après compilation du programme, l'afficheur donne l'état logique de chaque entrée et sortie, le programme est prêt à être exécuté.

### IV.7. INTERPRETATION DU TRAVAIL FAIT :

Au début des manipulations du contrôleur logique programmable, on avait un problème de compilation du programme par l'unité d'élaboration centrale au moment du passage en mode « ON-LINE » (un message d'erreur paraissait chaque fois sur l'afficheur) et pour cause, une coupure du câble de transmission du connecteur *on-line*. Pour remédier à ce problème, on avait soudé convenablement les fils coupés, ce qui à régler définitivement le problème.

Mais au moment du passage de la compilation du programme à son exécution, les sorties ne réagissaient pas car après avoir tester-les composants électroniques constituant les unités d'entrée sortie et l'unité centrale, on avait constaté la présence de quelques-uns défectueux. Malheureusement, il s'est avéré impossible de les réparer ou de les remplacer vue leur indisponibilité aux marchés.

On avait pu saisir un programme, le sauvegarder sur une mémoire EPROM, le recharger ensuite sur la mémoire MEV à partir de cette dernière et de le compiler en passant au mode *on-line* (on pouvait même voir les états logiques des différentes entrées et sorties à partir de l'afficheur) sans pouvoir l'exécuter.

En vue de voir les avantages que donne la commande électrique par rapport à la commande pneumatique mais aussi de mettre en œuvre les interfaces électro-pneumatiques, on avait élaboré une petite console électrique de commande manuelle reliée d'une part aux sorties du PLC-2/EV, d'autre part aux interfaces électro-pneumatiques.

### IV.8. CONCLUSION :

En conclusion à ce qui précède, on peut dire que la commande électrique bras manipulateur est plus fiable que la commande pneumatique malgré les avantages que donne cette dernière, vu le temps de réponse de la partie opérative qui se trouve réduit avec la commande électrique (on évite donc le problème de lenteur de transmission du signal pneumatique de commande).



*Conclusion générale*

Le projet qu'on a présenté, nous a donné l'occasion d'élargir nos connaissances à l'un des moyens les plus puissants utilisés dans l'industrie, à savoir les processus de travail automatisé.

Le concept a été introduit ici dans la commande d'un bras robotisé en utilisant une console pneumatique de commande et un contrôleur logique programmable.

On a ainsi étudié tous les composants utilisés dans la commande pneumatique du bras (composants pneumatiques), on a ensuite vu comment ajouter une commande électrique au système à l'aide des interfaces électro-pneumatiques. Puis, on a intégré la commande programmée grâce au contrôleur logique programmable en y incorporant un programme de commande du bras.

Le but de notre travail consistait à :

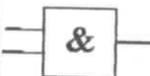
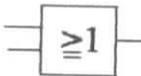
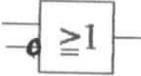
- ❖ Etudier la commande pneumatique séquentielle du bras ;
- ❖ Introduire la programmation dans la commande ;
- ❖ Remettre en marche le système en vue d'un TP de démonstration.

N'ayant pas pu réparer ni trouver sur le marché les circuits intégrés ainsi que les composants électroniques défectueux, on a réalisé une petite commande manuelle électrique du bras mettant en œuvre les interfaces électro-pneumatiques présentes sur le banc.

L'optimisation de la programmation du bras manipulateur utilisant un micro ordinateur à la place du contrôleur logique peut se faire dans le cadre d'un projet futur en collaboration avec d'autres départements. Il consistera à faire adapter les interfaces électro-neumatiques avec le micro ordinateur. La conception d'une interface électronique entre les électrovannes et le PC s'avère nécessaire après quoi, un programme de commande sera établi mettant en œuvre les deux interfaces.

# ANNEXE 1

## INSTRUCTIONS UTILISEES POUR LA PROGRAMMATION :

Instruction	Nom	Fonction	Exemple schéma log.	Programme
LD	LOAD	Charge les états d'entrées, sorties et des mémoires de travail au registre des résultats. Commence une ligne de connexion.		LD IN 16 STO OUT 20
LDC	LOAD COMPLEMENT	Charge les états inverses des entrées, sorties et des mémoires de travail au registre des résultats. Commence une nouvelle connexion.		LDC IN 17 STO OUT 20
STO	STORE	Fournit les états du registre des résultats aux sorties et au mémoires de travail. Conclut une ligne de connexion.		LD IN 20 STO OUT 24
STOC	STORE COMPLEMENT	Fournit les états inverses du registre des résultats aux sorties et au mémoires de travail. Conclut une ligne de connexion.		LD IN 18 STO MEM 90
AND	AND	Fonction logique AND entre le registre des résultats et l'état de la variable relative. Le résultat est placé dans le registre des résultats. Branche en série les connecteurs.		LD IN 16 AND IN 18 STO OUT 22
ANDC	AND COMPLEMENT	Fonction logique AND entre le registre des résultats et l'état de la variable relative. Le résultat est placé dans le registre des résultats. Branche en série les connecteurs.		LD IN 20 AND IN 17 STO OUT 23
OR	OR	Fonction logique OR entre le registre des résultats et l'état de la variable relative. Le résultat est placé dans le registre des résultats. Branche en parallèle les connecteurs.		LD IN 18 OR IN 19 STO OUT 21
ORC	OR COMPLEMENT	Fonction logique OR entre le registre des résultats et l'état inverse de la variable relative. Le résultat est placé dans le registre des résultats. Branche en parallèle les		LD IN 18 ORC IN 21 STO MEM 32

		connecteurs.		
XNOR	NOR EXCLUSIF OU L'IDENTITE LOGIQUE	Fonction logique AND entre le registre des résultats et la variable relative. Quand celles-ci sont semblables, on associe l'état logique 1 au registre des résultats.		LD IN 20 XNOR IN 23 STO OUT 18
IEN	INTERDICTION D'ENTREE	Fonction logique supérieure. Toute les opération de chargement son interdites, c'est à dire que toute les entrées sont lues avec états 0, quand on attribue l'état 0 à IEN. Quand on attribue a nouveau l'état 1 a IEN, les entrées suivantes sont lues comme d'habitude. La fonction IEN fait son possible pour contrôler les blocs de programme complets (fonction de relais principal ). On doit prêter une attention particulière a LDC,ORC et a ANDC dans le bloc du programme. IN 00 est l'adresse du registre des résultats. IEN IN 00 signifie qu'on a donne l'état du registre des résultats a IEN. On conclut la section du programme en fournissant l'état 1 a IEN,ORC IN 00 fournit toujours un état 1 au registre des résultats.		
OEN	INTERDICTION DE SORTIE	Fonction logique supérieure. Toutes les sorties sont interdites, quant on attribue l'état 0 a OEN. Cela signifie que les sorties restent dans leurs états et ne peuvent pas être changees avec STO ou STOC,tant qu'on ne fournit pas l'état 1 a ONE. La fonction ONE permet le saut de blocs du programme. IN 00 est l'adresse du registre des résultats. OEN IN 00 signifie qu'on fournit l'état du registre		

		des résultats a OEN. On conclut la section du programme en donnant l'état 1 a OEN.		
JMP	JUMP	Cette instruction fournit le retour a la 1° instruction dans le programme, quand la sortie OUT 00 a l'état 1. Quand OUT 00 = 0, l'instruction JMP est ignorée et le programme continue.		
NOP	AUCUNE OPERATION	Cette instruction ne provoque aucune opération.		

# ANNEXE 2

## **PROGRAMME SEQUENTIEL TEMPORISE :**

Le programme séquentiel, décrit au cours de cet annexe, réalise la séquence typique en 18 phases :

D+,C+,D-,A+,B-,D+,H+,H-,D-,E+,D+,H+,H-,D-,E-,B+,C-,A-

Ce programme comprend un compteur binaire avec décodeur, réalisé en fonction de l'intervalle de temps 0.4 sec mesuré et contrôlé par la minuterie interne de l'unité centrale.

Quant le programme est en marche, il compte de 1 à 46, avec des intervalles de temps de 0.4 seconds et, en fonction de valeurs déterminées du comptage, produits les signaux de commande pour les composants opérationnels, complétant le cycle de 18 phases. Grâce à ceci, on peut déduire que le cycle complet a une durée de 18,4 secondes.

## DESCRIPTION DU PROGRAMME

0000	ORC	IN	00
0001	IEN	IN	00
0002	OEN	IN	00
0003	LDC	IN	17
0004	OEN	IN	00
0005	LD	MEM	98
0006	STO	MEM	99
0007	LD	MEM	97
0008	STO	MEM	98
0009	ANDC	MEM	99
0010	STO	MEM	00
0011	LD	MEM	28
0012	ORC	IN	16
0013	OEN	IN	00
0014	STOC	MEM	01
0015	STOC	MEM	02
0016	STOC	MEM	03
0017	STOC	MEM	04
0018	STOC	MEM	05
0019	STOC	MEM	06
0020	OEN	MEM	00
0021	LD	MEM	01
0022	STOC	MEM	01
0023	STO	MEM	00
0024	OEN	MEM	00
0025	LD	MEM	02
0026	STOC	MEM	02
0027	STO	MEM	00
0028	OEN	MEM	00
0029	LD	MEM	03
0030	STOC	MEM	03
0031	STO	MEM	00
0032	OEN	MEM	00
0033	LD	MEM	04

0034	STOC	MEM	04
0035	STO	MEM	00
0036	OEN	MEM	00
0037	LD	MEM	05
0038	STOC	MEM	05
0039	STO	MEM	00
0040	OEN	MEM	00
0041	LD	MEM	06
0042	STOC	MEM	06
0043	STO	MEM	00
0044	ORC	IN	00
0045	OEN	IN	00
0046	LD	MEM	01
0047	ANDC	MEM	02
0048	ANDC	MEM	03
0049	ANDC	MEM	04
0050	ANDC	MEM	05
0051	ANDC	MEM	06
0052	STO	MEM	10
0053	LD	MEM	01
0054	AND	MEM	02
0055	ANDC	MEM	03
0056	ANDC	MEM	04
0057	ANDC	MEM	05
0058	ANDC	MEM	06
0059	STO	MEM	11
0060	LDC	MEM	01
0061	ANDC	MEM	02
0062	AND	MEM	03
0063	ANDC	MEM	04
0064	ANDC	MEM	05
0065	ANDC	MEM	06
0066	STO	MEM	12
0067	LDC	MEM	01
0068	AND	MEM	02
0069	AND	MEM	03

0070	ANDC	MEM	04
0071	ANDC	MEM	05
0072	ANDC	MEM	06
0073	STO	MEM	13
0074	LD	MEM	01
0075	ANDC	MEM	02
0076	ANDC	MEM	03
0077	AND	MEM	04
0078	ANDC	MEM	05
0079	ANDC	MEM	06
0080	STO	MEM	14
0081	LDC	MEM	01
0082	AND	MEM	02
0083	ANDC	MEM	03
0084	AND	MEM	04
0085	ANDC	MEM	05
0086	ANDC	MEM	06
0087	STO	MEM	15
0088	LDC	MEM	01
0089	ANDC	MEM	02
0090	AND	MEM	03
0091	AND	MEM	04
0092	ANDC	MEM	05
0093	ANDC	MEM	06
0094	STO	MEM	16
0095	LDC	MEM	01
0096	AND	MEM	02
0097	AND	MEM	03
0098	ANDC	MEM	04
0099	AND	MEM	05
0100	ANDC	MEM	06
0101	STO	MEM	17
0102	LD	MEM	01
0103	AND	MEM	02
0104	AND	MEM	03
0105	ANDC	MEM	04
0106	AND	MEM	05
0107	ANDC	MEM	06

0108	STO	MEM	18
0109	LD	MEM	01
0110	ANDC	MEM	02
0111	ANDC	MEM	03
0112	AND	MEM	04
0113	AND	MEM	05
0114	ANDC	MEM	06
0115	STO	MEM	19
0116	LDC	MEM	01
0117	AND	MEM	02
0118	ANDC	MEM	03
0119	AND	MEM	04
0120	AND	MEM	05
0121	ANDC	MEM	06
0122	STO	MEM	20
0123	LDC	MEM	01
0124	ANDC	MEM	02
0125	ANDC	MEM	03
0126	AND	MEM	04
0127	AND	MEM	05
0128	ANDC	MEM	06
0129	STO	MEM	21
0130	LDC	MEM	01
0131	AND	MEM	02
0132	AND	MEM	03
0133	ANDC	MEM	04
0134	ANDC	MEM	05
0135	AND	MEM	06
0136	STO	MEM	22
0137	LD	MEM	01
0138	AND	MEM	02
0139	AND	MEM	03
0140	ANDC	MEM	04
0141	ANDC	MEM	05
0142	AND	MEM	06
0143	STO	MEM	23
0144	LD	MEM	01
0145	ANDC	MEM	02

0146	ANDC	MEM	03
0147	AND	MEM	04
0148	ANDC	MEM	05
0149	AND	MEM	06
0150	STO	MEM	24
0151	LDC	MEM	01
0152	AND	MEM	02
0153	ANDC	MEM	03
0154	AND	MEM	04
0155	ANDC	MEM	05
0156	AND	MEM	06
0157	STO	MEM	25
0158	LD	MEM	01
0159	AND	MEM	02
0160	ANDC	MEM	03
0161	AND	MEM	04
0162	ANDC	MEM	05
0163	AND	MEM	06
0164	STO	MEM	26
0165	LDC	MEM	01
0166	ANDC	MEM	02
0167	AND	MEM	03
0168	AND	MEM	04
0169	ANDC	MEM	05
0170	AND	MEM	06
0171	STO	MEM	27
0172	LDC	MEM	01
0173	AND	MEM	02
0174	AND	MEM	03
0175	AND	MEM	04
0176	ANDC	MEM	05
0177	AND	MEM	06
0178	STO	MEM	28
0179	LD	IN	16
0180	ANDC	IN	29
0181	ANDC	MEM	28
0182	ANDC	MEM	97
0183	STOC	OUT	07

0184	LD	IN	16
0185	ANDC	IN	29
0186	AND	IN	04
0187	STO	MEM	97
0188	LD	MEM	10
0189	OR	MEM	15
0190	OR	MEM	20
0191	OEN	IN	00
0192	STO	MEM	30
0193	LD	MEM	12
0194	OR	MEM	18
0195	OR	MEM	23
0196	ORC	IN	16
0197	OEN	IN	00
0198	STOC	MEM	30
0199	ORC	IN	00
0200	OEN	IN	00
0201	LD	MEM	17
0202	OEN	IN	00
0203	STO	MEM	31
0204	LD	MEM	26
0205	ORC	IN	16
0206	OEN	IN	00
0207	STOC	MEM	31
0208	ORC	IN	00
0209	OEN	IN	00
0210	LD	MEM	13
0211	OEN	IN	00
0212	STO	MEM	32
0213	LD	MEM	27
0214	ORC	IN	16
0215	OEN	IN	00
0216	STOC	MEM	32
0217	ORC	IN	00
0218	OEN	IN	00
0219	LD	MEM	14
0220	OEN	IN	00
0221	STO	MEM	33

0222	LD	MEM	25
0223	ORC	IN	16
0224	OEN	IN	00
0225	STOC	MEM	33
0226	ORC	IN	00
0227	OEN	IN	00
0228	LD	MEM	16
0229	OR	MEM	21
0230	OEN	IN	00
0231	STO	MEM	34
0232	LD	MEM	17
0233	OR	MEM	22
0234	ORC	IN	16
0235	OR	IN	17
0236	OEN	IN	00
0237	STOC	MEM	34
0238	ORC	IN	00
0239	OEN	IN	00
0240	LD	MEM	19
0241	OEN	IN	00
0242	STO	MEM	35
0243	LD	MEM	24
0244	ORC	IN	16
0245	OEN	IN	00
0246	STOC	MEM	35
0247	ORC	IN	00
0248	OEN	IN	00
0249	LDC	IN	16
0250	IEN	IN	00
0251	LD	IN	20
0252	STO	MEM	42
0253	LD	IN	21
0254	STO	MEM	43
0255	LD	IN	22
0256	STO	MEM	41
0257	LD	IN	23
0258	STO	MEM	40
0259	LD	IN	24

0260	STO	MEM	45
0261	LD	IN	25
0262	STO	MEM	44
0263	ORC	IN	00
0264	IEN	IN	00
0265	LD	MEM	32
0266	OR	MEM	42
0267	STO	OUT	16
0268	LD	MEM	33
0269	OR	MEM	43
0270	STO	OUT	17
0271	LD	MEM	31
0272	OR	MEM	41
0273	STO	OUT	18
0274	LD	MEM	30
0275	OR	MEM	40
0276	STO	OUT	19
0277	LD	MEM	35
0278	OR	MEM	45
0279	STO	OUT	20
0280	LD	MEM	34
0281	OR	MEM	44
0282	STO	OUT	21
0283			
0284			
0285			