

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie  
Département Génie Mécanique

## Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

**Filière : ELECTROMECHANIQUE**  
**Spécialité : ELECTROMECHANIQUE**

### THEME

**Automatisation d'une station de lavage des  
pièces mécaniques après traitement  
thermique**

Présenté par :

- LAZIRI Ouissem
- HADDAD Lamia

Promoteur : **P. Djamel BENAZZOUZ**

**Promo 2020- 2021**

## *Remerciements*

*Nous remercions **ALLAH** De tout puissant de nous avoir procuré la volonté, le courage et la force nécessaires pour mener à terminer ce modeste travail*

*Nous ne remercions jamais assez nos parents respectifs qui nous ont toujours conduit vers le bon chemin et la bonne éducation et que nous ne pouvons jamais leur rendre ce qu'ils ont fait pour nous*

*Nous tenons à remercier notre encadreur le Professeur **BENAZZOZ DJAMEL** pour son encadrement, son aide et ses conseils, ainsi que tous nos enseignants du département mécanique qui ont contribué à notre formation.*

*Nous remercions l'ensemble du personnel de l'entreprise SNVI, en particulier notre encadrant Mr : **IFRENE** pour toutes ses explications et orientations*

*Sans oublier les membres de nos familles respectives et nos amis (es) pour leur soutien et encouragement.*

*Enfin nous présentons nos remerciements aux membres de jury de bien voulu accepter de juger notre travail.*

# Dédicace

*C'est avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail à la plus précieuse de ma vie*

*MA MERE RADHIA qui a bravé toutes les difficultés de la vie pour le bien de mon éducation*

*MON PERE MOHAMMAD qui m'a inculqué l'amour d'apprendre*

*...Merci, PAPA, Merci, MAMA. Je vous aime tous les deux...*

*Vous m'avez toujours soutenu et encouragé dans les moments difficiles, et ici je vous témoigne à la fois de l'affection et de la gratitude.*

*Ma sœur LYNA pour son soutien pende mes études*

*Mes frères : SIDOU, CHAMSOU, BILAL, SAMY*

*Ma chère tante NAIMA qui m'a aidé et soutenue dans toutes les parties de de ma vie par ces conseils et son amour*

*Mon chère oncle HAMZA qui a était toujours présent pour m'aider dans toutes les problèmes, ça soit dans mes études ou autres choses*

*Mon binôme et amie : HADDAD LAMIA*

*Toutes mes amis AKRAM RACHAD, RABAH*

*Toutes mes amies de promotion 2ème année master électromécanique*

*Toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*

**LAZIRI OUISSEM**

## ***Dédicace***

*Grace à Dieu le tout puissant, j'ai achevé la réalisation de ce modeste travail que je tien très chaleureusement à le dédier à :*

*-A la mémoire de mon grand-père, merci d'avoir pris soin de moi quand j'étais enfant et de m'avoir aidé dans mes devoirs tout au long de ma scolarité, ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour, que ce rapport soit le meilleur cadeau que je puisse l'offrir.*

*-A l'être le plus cher de ma vie, ma mère qui m'a épaulé, supporté et encouragé durant mes études.*

*- A mon très cher frère **MOHAMED** mon soutien moral et source de joie.*

*- A mes très chères sœurs pour leurs amour et encouragements permanents, et leur soutien moral, plus particulièrement ma grande sœur **LILY** merci de me suivre et de m'encourager dans mon projet et dans mes rêves et sans oublier son mari **NABIL**.*

*-Mes adorables cousines **LILIA** et **IMANE** pour leurs encouragement indéfectible.*

*- Ma cher binôme et amie **L. OUISSEM** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*

*-A mon cher **RAOUF** qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles, tu m'as soutenu, réconforté et encouragé que dieu te garde toujours pour moi.*

*-A mes amies **Anfel, Céline, Rania, Haoua, Sarah, Insaf, Asma, Manel**, je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous étés pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter.*

*Lamia.*

## Résumé

Dans ce mémoire nous avons étudié et proposé des améliorations représentées en l'automatisation de la station de lavage des pièces mécaniques après trempe que l'on trouve dans la société nationale des véhicules industriels (SNVI) à Rouïba. L'automate programmable utilise les trois opérations principales de la machine lavage, rinçage et le séchage. Aussi le contrôle des moteurs tables motorisées ainsi les doigts de transfert. Dans ce travail, on a adopté la gamme siemens s7-300 pour l'automatisation de la station ainsi que le logiciel STEP7 pour la programmation de l'automate choisie.

Mots clé :

- Lavage, rinçage, séchage, API, SIEMENS, CPU, STEP7, GRAFCET, SNVI, Machine lavage des pièces mécaniques.

## Abstract

In our thesis we have studied and proposed improvements represented in the automation of the washing station for mechanical parts after quenching that can be found in the national company of industrial vehicles (SNVI) in Rouïba. The PLC used performs the three main operations of the washing, rinsing and drying machine. Also, control the motor of the motorized tables and transfer fingers. We adopted the siemens s7-300 range for station automation as well as the STEP7 software for programming the chosen PLC.

Keywords :

- Washing, rinsing, drying, API, SIEMENS, CPU, STEP7, GRAFCET, SNVI, Machine washing mechanical parts.

## ملخص

في هذه المذكرة قمنا باقتراح تطويرات تتمثل في برمجته محطه غسيل القطع الميكانيكية بعد التبريد التي توجد في للسيارات الصناعية في رويبة. يقوم جهاز البرمجة الاوتوماتيكي المستخدم بالعمليات الثلاثة المتمثلة في الشركة الوطنية الغسيل، الشطف والتجفيف، كذلك يقوم ب التحكم في محركات الطاولات الاليه وكذلك الاصابع المتنقلة.

في هذا العمل اعتمدنا مجموعه Siemens S7-300

كذلك استعملنا برنامج STEP7 لبرمجة API المختار

الغسيل والشطف والتجفيف

## الكلمات المفتاحية

سيمنس، وحدة المعالجة المركزية، تجفيف، غسل، آلة غسيل الاجزاء الميكانيكية، جرافسيت

الشفط، API، STEP7، SNVI

# Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERALE.....	1
A.Présentation de SNVI.....	1
A.1 Présentation de l'entreprise Berliet-Algérie.....	1
1.Objectifs principaux de la SNVI.....	2
2.Composition de la SNVI.....	2
Chapitre I : Analyse organique de la machine.....	4
I.1 Introduction.....	5
I.2 Description de la machine.....	5
I.2.1 Généralité.....	5
I.2.2 Partie opérative.....	5
I.2.3 Partie commande.....	14
I.2 Processus de lavage.....	18
Conclusion.....	18
Chapitre II : Analyse fonctionnelle de la machine.....	19
II.1. Introduction.....	20
II.2. Principe de fonctionnement.....	20
II.3 Les améliorations à apporter pour la machine.....	21
a)La partie commande.....	21
b)Partie opérative.....	21
II.4 Le GRAFCET.....	21
II.4.1 Définition du grafcet.....	21
II.4.2 Pourquoi le GRAFCE.....	21
II.4.3 Description du GRAFCET.....	22
II.4.4 Les concepts de base du GRAFCET.....	23
II.4.5 Structures de base :.....	25
II.4.6 Règles d'évolution d'un GRAFCET :.....	28
II.4.7 Niveaux d'emploi du GRAFCET.....	29
II.4.8 Grafcet niveau 1 de la machine.....	29
II.4.9 Tableau des entrés et tableau des sorties.....	31
II.4.10 Grafcet niveau II de la station de lavage.....	33

<b>II.4.11 Fonctionnement détaillé de la machine :</b> .....	<b>35</b>
<b>II.6 Conclusion :</b> .....	<b>37</b>
Chapitre III : Présentation de l'automate programmable S7-300.....	38
<b>III.1 Introduction :</b> .....	<b>39</b>
<b>III.2 Automates Programmables Industriels (API).....</b>	<b>39</b>
<b>III.2.1 Définition :</b> .....	<b>39</b>
<b>III.2.2 Rôle de l'API :</b> .....	<b>39</b>
<b>III.2.3 Structure de l'API.....</b>	<b>40</b>
<b>III.2.4 Description des éléments d'un API .....</b>	<b>40</b>
<b>III.2.5 Principe de fonctionnement d'un API .....</b>	<b>41</b>
<b>III.3 Critères de choix d'un API .....</b>	<b>43</b>
<b>III.4 API de Siemens .....</b>	<b>44</b>
<b>III.5 Critères de choix de l'automate S7-300 .....</b>	<b>45</b>
<b>III.5.1. Description de l'Automate S7-300.....</b>	<b>45</b>
<b>III.5.2 Module d'alimentation (PS).....</b>	<b>46</b>
<b>III.5.3 Description de la CPU .....</b>	<b>47</b>
<b>III.6. Principe de fonctionnement .....</b>	<b>49</b>
<b>III.6.1 Le module central CPU .....</b>	<b>49</b>
<b>III.6.2 Réception des informations sur les états du système .....</b>	<b>49</b>
<b>III.6.3 Exécution du programme utilisateur .....</b>	<b>49</b>
<b>III.6.4 Commande du processus.....</b>	<b>49</b>
<b>III.7 Nature des informations traitées par l'automate.....</b>	<b>50</b>
<b>III.8. Conclusion .....</b>	<b>50</b>
<b>Chapitre IV : Programmation de l'automate S7-300.....</b>	<b>51</b>
<b>IV.1 Introduction.....</b>	<b>52</b>
<b>IV.2 Programmation de l'automate Siemens SIMATIC S7-300.....</b>	<b>52</b>
<b>IV.2.1 STEP 7 .....</b>	<b>52</b>
<b>IV.2.2 Langage de programmation.....</b>	<b>53</b>
<b>IV.2.3 Blocs du programme utilisateur .....</b>	<b>53</b>
<b>IV.2.4 Configuration matériels.....</b>	<b>54</b>
<b>IV.2.5 Création d'un projet dans S7-300.....</b>	<b>54</b>
<b>IV.3 Programmation avec S7-PLCSIM.....</b>	<b>58</b>
<b>IV.4 Conclusion .....</b>	<b>60</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>61</b>
<b>Référence bibliographique.....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXE 1 : Tableau mnémonique.....</b>	<b>63</b>
<b>ANNEXE 2 : programmation sous STEP7 (Ladder / CONT) .....</b>	<b>65</b>

## Listes des acronymes et abréviations

**FRL** : Filtre, Régulation, Lubrification.

**TOR** : Tout Ou Rien.

**GRAFCET** : Graphe Fonctionnel de Commande des Etapes de Transitions.

**API** : Automate Programmable Industriel.

**CPU** : Central Processing Unit.

**OB** : Bloc d'organisation.

**FB** : Bloc fonctionnel.

**DB** : Bloc de données.

**CP** : Module de communication.

**FM** : Module de fonction.

**IM** : Module de coupleur.

**PS** : Module d'alimentation.

**CP** : Processeur de communication.

**FM** : Module de fonction.

**IM** : Module coupleur.

**SM** : Module de signaux

**SNVI** : société nationale des véhicules industriels

## La liste des figures

### CHAPITRE I

Figure I.1: Table motorisée .....	6
Figure I.2: Table mécanisée .....	6
Figure I.3: Doigt de distribution .....	7
Figure I.4: Cuve .....	7
Figure I.5: Etuve de séchage.....	8
Figure I.6: Extracteur de buées.....	8
Figure I.7 : Schéma pneumatique des portes étuve.....	9
Figure I.8 : Unité de conditionnement de l'air F.R.L.....	10
Figure I.9 : Régulateur de débit .....	12
Figure I.10: Capteurs de fin de course.....	13
Figure I.11 : Armoire électrique. ....	15
Figure I.12: Armoire pneumatique lavage rinçage.....	16
Figure I.13 : Armoire pneumatique des portes .....	16
Figure I.14 : : Régulateur de température .....	17
Figure I.15: pupitre de commande de la machine lavage pièce mécanique .....	17

### CHAPITRE II

Figure II.1 : Elément constituant un grafcet.....	23
Figure II.2 : Les étapes de Grafcet .....	23
Figure II.3 : Les actions de Grafcet .....	24
Figure II.4 : Transition de Grafcet .....	24
Figure II.5 : Les liaisons de Grafcet .....	25
Figure II.6 : Convergence et divergence en ET .....	26
Figure II.7 : Saut d'étapes.....	27
Figure II.8 : reprise d'étape.....	27
Figure II.9 : Evolution des étapes actives.....	28
Figure II.10 : Grafcet niveau 1 de la station de lavage.....	30
Figure II.11 : Grafcet niveau 2 de la station de lavage.....	34

### CHAPITRE III

Figure III.1 : Situation de l'automate d'automate dans un système automatisé de protection.....	39
Figure III.2 : Structure interne d'un API.....	40
Figure III.3 : Architecture d'un API.....	42
Figure III.4 : Structure interne des automates.....	43
Figure III.5 : Constituants de l'automate S7-300.....	46
Figure III.6 : Alimentation d'un API. ....	47

### CHAPITRE IV

Figure IV.1 : Fenêtre de création d'un projet.....	55
Figure IV.2 : Fenêtre pour choisir la station.....	55
Figure IV.3: Fenêtre de configuration matérielle.....	56
Figure IV.4 : Fenêtre du programme S7.....	56
Figure IV.5 : Fenêtre de table des mnémoniques.....	56
Figure IV.6 : Sélection de bloc de programmations. ....	57
Figure IV.7 : Choix de langage de programmation. ....	57
Figure IV.8 : Exemple d'une fenêtre de programmation. ....	58
Figure IV.9 : Fenêtre du S7-PLCSIM. ....	58
Figure IV.10: Chargement de programme dans l'API de simulation. ....	59
Figure IV.11 : Exécution et visualisation du programme. ....	60

## Liste des tableaux

### CHAPITRE I

Tableau I.1: Description des électrovannes de la machine-----	Page12
Tableau I.2: Description des fins de course de la machine-----	Page13
Tableau I.3: Description des capteurs détecteurs de présence de la machine-----	Page14
Tableau I.4 : Description des boutons du pupitre de commande-----	Page17

### CHAPITRE II

Tableau II.1 : Objets d'entrés -----	Page31
Tableau II.2 : Objets de sortie-----	Page32

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'évolution rapide des nouvelles technologies a permis de contourner la plupart des difficultés rencontrées dans le monde industriel, et de fournir plusieurs possibilités pour satisfaire les exigences et les critères demandés tels que la productivité, la sécurité, l'optimisation des coûts de production et l'amélioration des conditions de travail.

L'automatisation est la priorité absolue dans les industries modernes, le débat sur ce phénomène est toujours sujet à controverse vu que la machine a tendance à remplacer l'homme dans plusieurs tâches, il ne peut hélas assurer les tâches que fait la machine dans plusieurs domaines. Elle consiste à en assurer la conduite par un dispositif technologique qui se substitue aux opérations manuelles. Le système ainsi conçu sait prendre en compte les situations pour lesquelles sa commande a été réalisée.

La SNVI (société nationale de véhicules industriels) en Algérie fait partie de ces industriels qui cherchent à moderniser leurs systèmes de production pour les raisons qu'on a citées dans le paragraphe précédent et c'est en son sein que se fera notre travail.

L'automatisation et la supervision de la station qui est le sujet de notre travail, consiste à comprendre le fonctionnement du processus et étudier toutes ses parties. Dans ce but, notre travail sera décomposé en quatre chapitres :

Le premier chapitre présente une analyse organique de la machine avec ses différentes parties.

Le deuxième chapitre est consacré pour la modélisation de la station par GRAFCET, à partir d'une définition générale du GRAFCET et ses règles d'évolution ainsi que ses structures de base, afin d'arriver à tracer le GRAFCET des deux étapes du processus.

Dans le troisième chapitre, on présente une étude générale sur les automates programmables industriels ainsi qu'une présentation de l'automate programmable S7-300, le matériel choisi pour réaliser la solution d'automatisation proposée.

Le dernier chapitre est consacré à l'automatisation et la supervision de la station, où on définira les organes de contrôle et de commande utilisées, puis on passera à l'élaboration du programme du fonctionnement automatique du processus à l'aide du logiciel de base Step7. Nous clôturerons notre travail par une conclusion générale.

## **A. Présentation de SNVI**

### **A.1 Présentation de l'entreprise Berliet-Algérie**

- La création de la société française BERLIET le 02 juin 1957 sur le territoire algérien par la construction en juin 1957, d'une usine de montage de véhicules poids lourds à 30 km à l'Est d'Alger
- En octobre 1958, sortie du premier véhicule Berliet (entièrement monté en Algérie). Dès lors, la production de Berliet-Algérie a connu une progression régulière.
- En juin 1964 le gouvernement Algérien par l'intermédiaire de la Caisse algérienne du Développement prend une participation à 40% dans la société (Berliet - Algérie).

### **A.2. Présentation de la SONACOME**

1967-1981 Après 1962, l'industrie mécanique en Algérie était au stade embryonnaire, se limitant aux besoins de l'époque. Par ordonnance N° 67-150, en 1967, fut créée la SONACOME regroupant en son sein 11 entreprises.

. Le politique adopte par la SONACOME pour la mise en place de cet appareil de production est fondé sur les options suivantes :

- Création de complexes industriels liés aux produits à fabriquer ;
- Promotion de l'industrie par l'utilisation et le développement de toutes les techniques de transformation des métaux (fonderie / forge / emboutissage/ usinage /etc.) Formations intensives des hommes (outilleurs / réglés / techniciens / agents de maîtrise.).

### **A .3. Présentation de la SNVI**

Le décret présidentiel 81/348 portant restructuration des entreprises donne naissance à la SNVI en décembre 1981. Le décret de sa création lui consacra, un statut d'Entreprise Socialiste à caractère économique, régie par les principes directeurs de la gestion socialiste des entreprises (G.S.E) en vigueur au plan institutionnel. Elle est chargée dans le cadre de développement économique et social :

- De la recherche
- De développement
- De la production
- De l'importation
- De l'exportation
- De la distribution des véhicules industriels

Dans le cadre de la raison sociale, la SNVI est chargée d'assurer et de promouvoir les activités d'après la vente des véhicules industriels

## **1. Objectifs principaux de la SNVI**

- ❖ Satisfaire les besoins nationaux en véhicules industriels
- ❖ Comblent l'écart entre la production et la demande
- ❖ Formation massive des hommes.
- ❖ Contribuer au progrès économique et social

## **2. Composition de la SNVI**

Une société mère

Filiale Carrosseries Industrielles de Tiaret (C.I.T)

Filiale Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires d'Annaba (FERROVIAL)

Filiale Fonderies de Rouïba (FOR)

Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba (C.I.R)

Filiale véhicules industriels Rouïba (VIR) :

Le complexe produit des camions de 6,6 à 26 tonnes de poids total en charge, des tracteurs routiers, des autocars et des autobus mettant en œuvre des technologies et des techniques d'élaboration telles que, l'estampage à chaud (forge), l'emboutissage, l'usinage, le taillage d'engrenage, la rectification et les traitements thermiques.

Capacité de production installée : 4 500 véhicules/an.

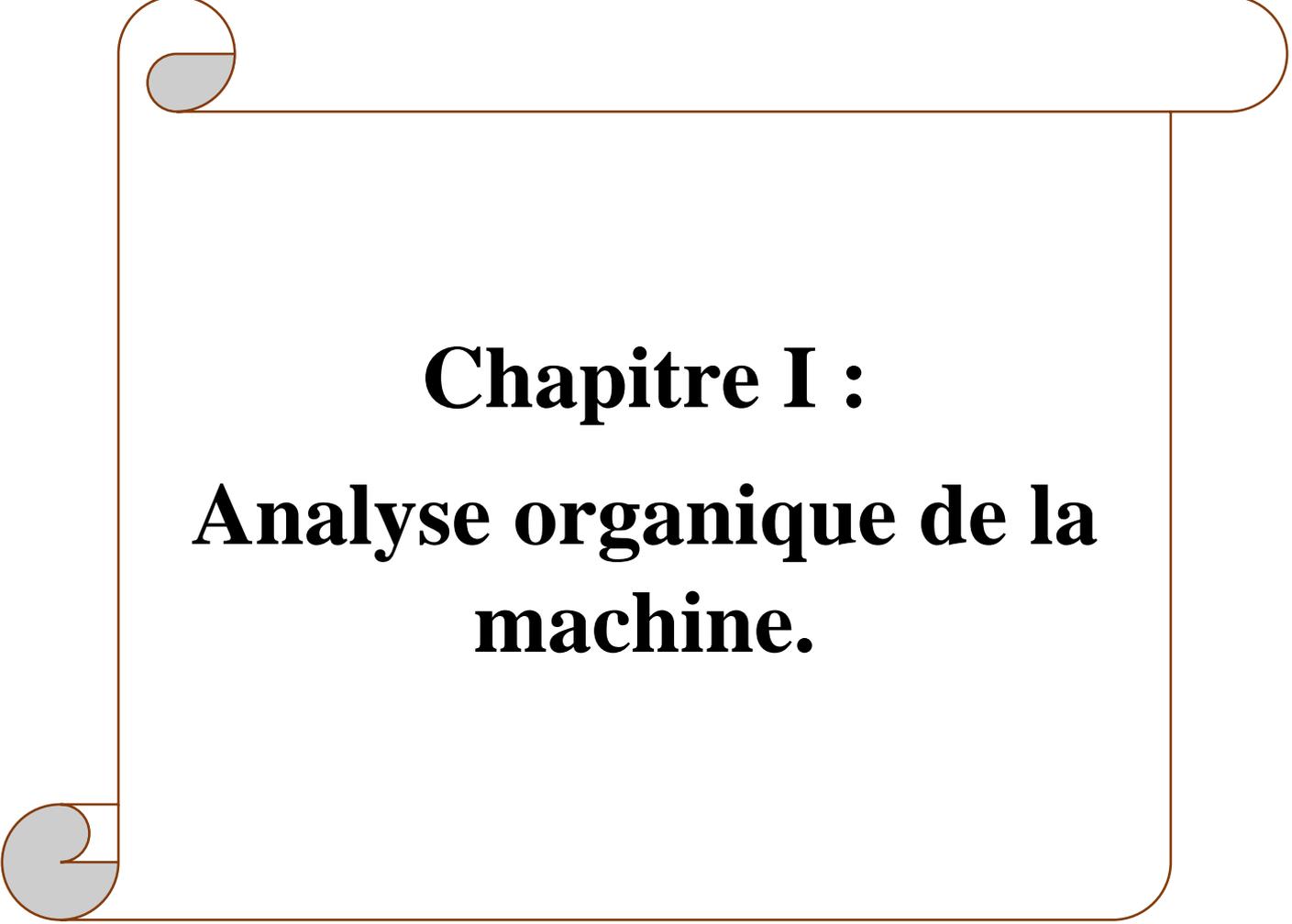
Cette filiale regroupe elle-même cinq (05) centres de production :

- Forge : Obtention des bruts par déformation plastique à chaud.
- Mécanique : produit des ponts, des essieux, des directions et des pièces de liaisons.
- Tôlerie et emboutissage : produit des longerons pour cadres châssis, des cabines et des pièces de liaisons.
- Montage Camions : assemble les camions.
- Montage Auto cars et Autobus : produit les caisses, les treillis et assemble les cars & bus et produit également des pièces en polyester et sièges.

-

### **Production :**

- Camions routiers
- Camions chantier
- Camions tous terrains
- Tracteurs routiers
- Autocars et autobus
- Minicars et minibus

A decorative scroll frame with a brown border and rounded corners. The top-left and bottom-left corners are rolled up, revealing a light gray interior. The text is centered within the frame.

**Chapitre I :**  
**Analyse organique de la**  
**machine.**

## I.1 Introduction

Le lavage des pièces après trempe est l'étape finale dans la production des pièces pour qu'elle soit une pièce nette, pour cela il existe une station spéciale pour le lavage de ces pièces. Dans ce chapitre nous avons fait une description des organes constituant la station de lavage de pièces mécaniques les opérations et les étapes que subisse la pièce.

## I.2 Description de la machine

### I.2.1 Généralité

La machine à laver MABOR type AJA-LIF, à transfert automatique, assure le nettoyage des pièces mécaniques préalablement trempées en four N 113 P ou sous presse à tremper Gleason.

- **But de la station de lavage**

Elle a pour but de débarrasser un matériau des contaminations et autres salissures présentes à sa surface. Elles sont susceptibles d'entraver le bon déroulement du processus de production, et d'altérer la qualité et la fiabilité des produits finis.[1]

La station de lavage des pièces mécanique se compose de 3 parties qui assurent le bon fonctionnement de la station de lavage :

- partie opérative
- partie commande

### I.2.2 Partie opérative

Appelée parfois partie puissance, partie opérative d'un automatisme est le sous-ensemble qui effectue les actions physiques, mesure des grandeurs physiques.

La partie opérative d'un automatisme assure la transformation de la matière d'œuvre.

#### I.2.2.1 Partie mécanique

##### 1-Tables à rouleaux

Deux tables à rouleaux assurant l'avancement des plateaux :

**-Les rouleaux motorisés :** Elle est motorisée par un motoréducteur, et dispose de 2 tables motorisées :

- La première pour transporter les plateaux au niveau du doigt de transfert
- L'autre pour sortir les plateaux de l'étuve de séchage.



Figure I.1: Table motorisée. 1

### - Rouleaux mécanisés

- Sert comme un support pour le déplacement de la pièce et disposé de 3 tables mécanisées
- La première se trouve entre la table motorisée 1 et la cuve de lavage.
- La deuxième se trouve entre la cuve de lavage et la cuve de rinçage.
- La troisième se trouve entre la cuve de rinçage et la table motorisée 2.



Figure I.2: Table mécanisée. 1

### ***2-Doigt de distribution***

Trois doigts de distribution assurent les transports des plateaux entre les différentes stations de la machine de lavage.

- Le premier assure le transfert des pièces de table motorisée, un vert la cuve de lavage

- Le deuxième de la cuve de lavage vert la cuve de rinçage
- La troisième de la cuve de rinçage vert l'étuve de séchage



Doigt de transfert

Figure 1.3: Doigt de distribution. 1

### 3- Cuves

Des réservoirs qui sont utilisés pour nettoyer les pièces mécaniques contiennent une vanne d'eau et un brûleur.



Bruleur

Cuve.

Figure 1.4: Cuve. 1

- **Brûleur**

Le brûleur est soumis à des réglages et à des vérifications. Un brûleur est l'élément mécanique permettant la production de chaleur en assurant un mélange entre un combustible gaz ou fioul, avec de l'air et du comburant chargé d'oxygène, produisent ainsi une combustion. Le mélange nécessite le meilleur réglage pour que le rendement de combustion soit maximum et que la combustion soit parfaite.[2]

### 4- Etuve de séchage

Constitué d'une résistance et d'un ventilateur, fonctionnant le plus souvent à la pression atmosphérique et permettant d'effectuer le séchage des pièces à température régulée.[3]

Elle fonctionne comme un four à chaleur tournante : l'air circule au sein de l'étuve en circuit fermé. D'abord mis en circulation par le moto-ventilateur, on le chauffe ensuite par la résistance électrique. Il circule dans l'enceinte du bas vers le haut.[4]



Figure 1.5: Etuve de séchage 1

- **Ventilateur**

Il permet la circulation de l'air dans l'étuve, ce qui permet de prévenir d'une trop grande élévation de la chaleur et empêche la stagnation de l'air

- **Résistance**

Une résistance chauffante est un matériau conducteur à base de métal présentant une résistance électrique au passage d'un courant qui la porte à une température donnée par effet joule.[5]

### 5- Extracteur des buées

Il est nécessaire de disposer d'un système d'extraction de buées pour extraire les buées générées par l'humidité causées par la vaporisation d'eau et de garantir un bon renouvellement de l'air ambiant, situé au plafond de l'étuve.



Figure 1.6: Extracteur de buées.

### I.2.2.2 Installation pneumatique

Dans les systèmes pneumatiques, l'air comprimé est utilisé comme source d'énergie est présent dans l'installation automatisé. Elle comprend :

- Une centrale pneumatique,
- Un appareil de distribution
- Conditionnement ainsi que d'un ensemble de vérins

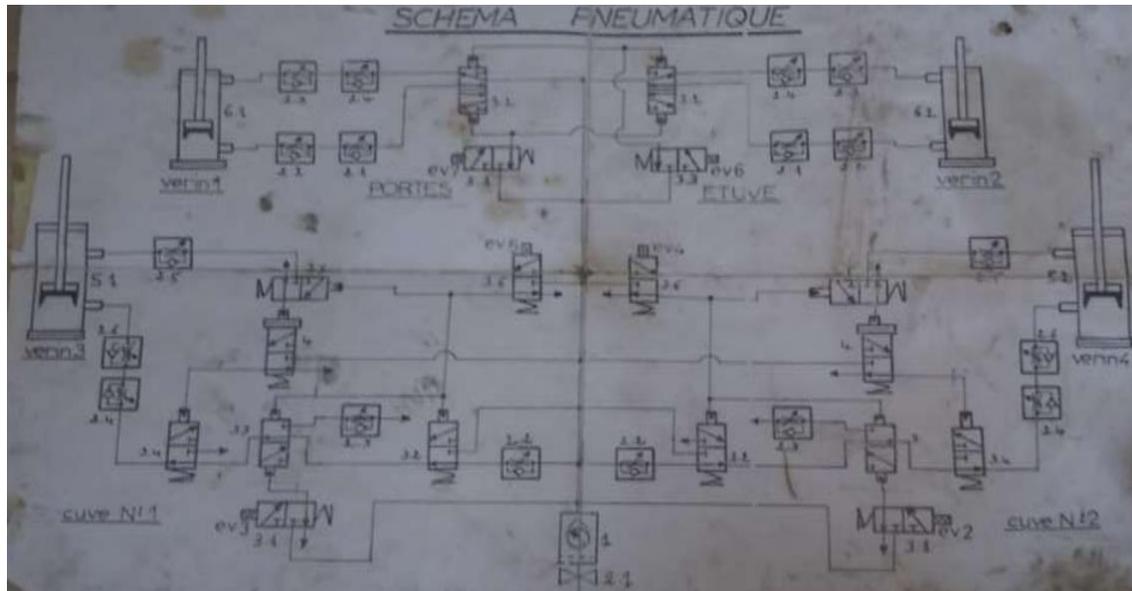


Figure I.7 : Installation pneumatique.

### Unité de traitement d'air comprenant (FRL)

L'unité de conditionnement est destinée à préparer l'air en vue de son utilisation, dans les systèmes, en se débarrassant des poussières, vapeurs d'eau et autres particules nuisibles qui peuvent provoquer des pannes dans les installations.

Cet ensemble modulaire est constitué de deux ou trois appareils montés en série dans un ordre déterminé, sa composition est la suivante :

- Un filtre qui épure l'air et le purge de l'eau qu'il contient.
- Un régulateur de pression qui maintient l'air à une pression constante et réglable.
- Un lubrificateur qui a pour rôle d'incorporer à l'air comprimé un brouillard d'huile afin de lubrifier les parties mobiles des composants constituant le système pneumatique. [6]

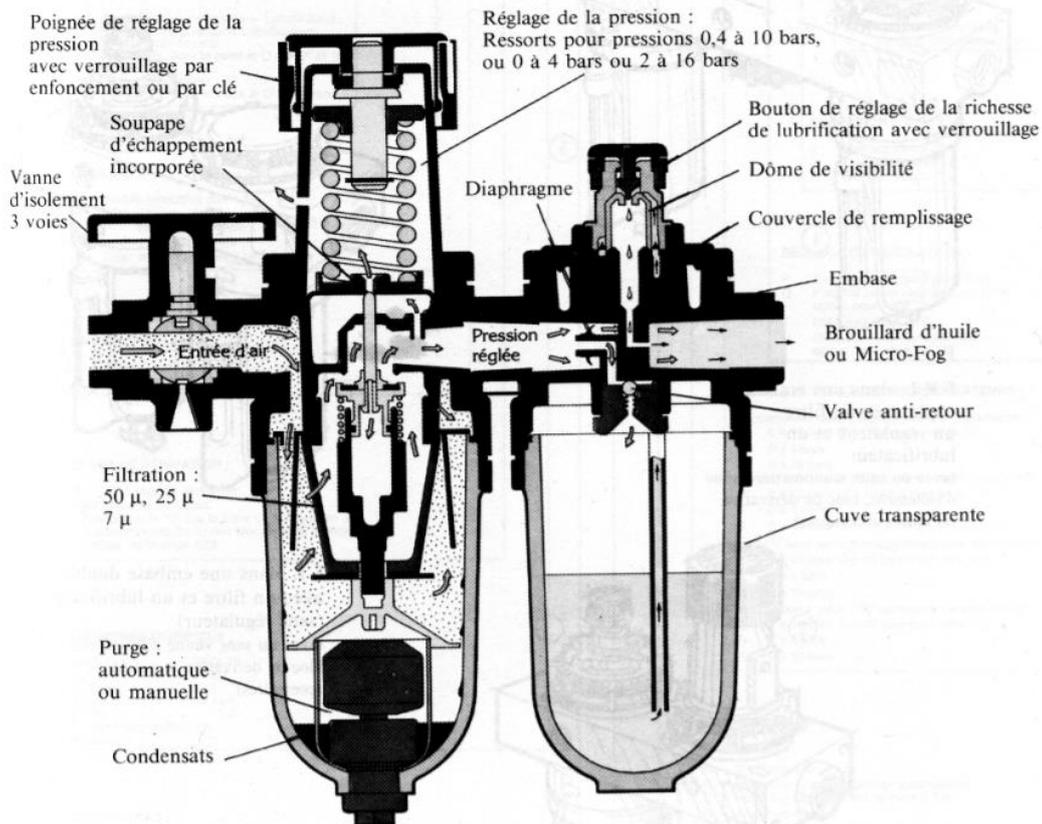


Figure I.8 : FRL 1

### I.2.2.3 Actionneur

Les actionneurs sont des objets techniques permettant de convertir une énergie d'entrée (électrique, pneumatique, hydraulique, magnétique) en une énergie autre de sortie utilisable pour obtenir une action définie. Un actionneur est l'organe de la partie opérative qui, recevant un ordre de la partie commande via un éventuel pré-actionneur, convertit l'énergie qui lui est apportée en un travail utile à l'exécution des tâches, peut-être programmées d'un système automatisé. [7]

#### 1-Actionneurs pneumatiques

Ces sont des vérins qui utilisent directement l'air comprimé distribué sur les machines. Ils se présentent sous diverses formes. Les pré-actionneurs associés à ces actionneurs sont les distributeurs qui peuvent être à commande pneumatique ou électrique. [8]

- **Vérin pneumatique :** Un vérin pneumatique est un actionneur qui permet de transformer l'énergie de l'air comprimé en un travail mécanique. Un vérin pneumatique est soumis à des pressions d'air comprimé qui permettent d'obtenir des mouvements dans un sens puis dans l'autre. Les mouvements obtenus peuvent être linéaires ou rotatifs. [9] Dans les applications courantes, nous pouvons distinguer essentiellement deux types de vérins : Vérins simple effet et vérins double effet

- **Vérins double effet** : Ces vérins comportent deux orifices d'admission de l'air comprimé ce qui permet de commander la sortie ou la rentrée de la tige en fonction du besoin. Ainsi ces vérins permettent d'exercer un effort dans les deux sens. [8]

On dispose de 4 vérins doubles effet qui sont :

**Vérin 1** : actionne la porte d'entrée d'étuve de séchage.

**Vérin 2** : actionne la porte de sortie d'étuve de séchage.

**Vérin 3** : réalise l'action d'agitation dans la cuve de lavage.

**Vérin 4** : réalise l'action d'agitation dans la cuve de rinçage.

## 2- Actionneurs électriques

Transforment l'énergie électrique en énergie mécanique sous forme de mouvement de rotation (moteur) ou de translation (électroaimant). On trouve deux types de moteurs qui alimentent la machine qui sont des moteurs asynchrones et des moteurs réducteurs.

### A-Moteur asynchrone

Les moteurs asynchrones triphasés sont utilisés pour transformer l'énergie électrique en énergie mécanique grâce à des phénomènes électromagnétiques.

De part, sa construction la machine asynchrone est la plus robuste et la moins chère du marché. De plus, la vitesse de rotation est presque constante sur une large plage de puissance. La machine dispose de 2 moteurs asynchrones qui sont alimentés par un réseau triphasé alternatif (220V/380V) à fréquence de 50Hz, courant nominal de 40A.

- **Moteur de brassage étuve (M1)**

Est commandé par les trois contacts CA, tourne à une vitesse nominale de 3000 tr/min et délivre une puissance utile de 1KW. Le moteur sert à tourner le ventilateur pour mélanger l'air chaud produit par la résistance dans l'étuve.

- **Moteur extracteur de buées (M2)**

La fermeture des contacts CB déclenche la rotation du moteur qui produit une vitesse nominale 3000 tr/min et une puissance de 1 KW. Son rôle est de se débarrasser de la vapeur qui sort de l'étuve.

### B-Motoréducteur

Un motoréducteur est un moteur électrique couplé à un réducteur, destiné à réduire la vitesse de rotation d'un arbre tout en augmentant le couple. Ce rendement du motoréducteur est aussi dû à son axe de sortie.

La machine dispose de 4 motoréducteurs qui sont alimentés par un réseau triphasé alternatif (220V/380V) à fréquence de 50Hz, courant nominal de 40A.

#### -Moteur table motorisée 1(M 3) et table motorisée 2 (M4)

Des motoréducteurs à un seul sens de rotation, caractérisés par :

- Vitesse nominale 1390 tr/min.
- Puissance : 0.25 KW.

**-Moteur relevage doigt (M6)**

C'est un moteur à deux sens de rotation, une action sur le contacteur CG active le démarrage du moteur dans le 1<sup>er</sup> sens de rotation pour baisser les doigts. Et La fermeture du contact CH active le démarrage du moteur dans le 2<sup>ème</sup> sens de rotation du moteur pour revenir à leur place initiale CF actionne son retour.

**- Moteur transfert charge (M5)**

C'est un moteur à deux sens de rotation, l'alimentation de contacteur CE active l'avance de transfert de charge et CF actionne son retour.

**I.2.2.4 Pré-actionneurs**

Sont les éléments qui fournissent à l'actionneur associé l'énergie nécessaire pour s'actionner à la demande de la partie commande

**I.2.2.4.1 Pré actionneurs pneumatiques :**

- **Distributeur**

Ils ont pour fonction essentielle de distribuer l'air sous pression aux différents orifices des actionneurs pneumatiques à partir d'un signal de commande.

- **Electrovanne**

Une électrovanne est une vanne commandée électriquement. La commande ou le pilotage des distributeurs est assuré par une électrovanne à partir d'un signal électrique. Le rôle de cette dernière est de transformer le signal électrique en un signal pneumatique (cas d'un circuit pneumatique) destiné à provoquer l'inversion du distributeur.

Tableau I.1: Description des électrovannes de la machine.

EV2	Active la descente cuve rinçage.
EV3	Active la descente cuve lavage.
EV4	Active-la montée cuve rinçage
EV5	Active-la montée cuve lavage
EV6	Active l'ouverture des portes étuve
EV7	Active la fermeture des portes étuve

- **Limiteurs de débit unidirectionnels**

Les limiteurs de **débit** unidirectionnels règlent la vitesse du piston des vérins pneumatiques à l'entrée et la sortie. Ceci est obtenu grâce à la restriction de l'écoulement de l'air comprimé dans la direction d'alimentation et d'échappement [10]



Figure I.9 : Régulateur de débit.

### I.2.2.5 Capteurs

Sont des composants de la chaîne d'acquisition, dans une chaîne fonctionnelle, ils prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande.[11]

#### 1. Capteur fin de course :

Ils fournissent à la partie commande des comptes rendus sur l'état du système, de telle sorte qu'ils convertissent les informations physiques, de la partie opérative, en grandeurs électriques exploitables par la partie commande.

Les capteurs utilisés dans la station sont des capteurs mécaniques de type TOR (Tout ou Rien). Il est divisé en deux groupes selon les types de leur participation dans la machine



Figure I.10: Capteurs de fin de course

- Description du capteur de fin de course

Ce type d'interrupteur est dit de "fin de course", car il sert à démarrer ou à arrêter une pièce mécanique lorsque celle-ci arrive en fin de course. Il est placé aux extrémités d'une translation ou d'une rotation pour visualiser le déplacement de la pièce.

Tableau I.2: Description des fins de course de la machine.

FC1	Fin de course fermeture porte 1
FC2	Fin de course ouverture porte 1
FC3	Fin de course fermeture porte 2
FC4	Fin de course ouverture porte 2
FC5	Fin de course table cuve1 en haut
FC6	Fin de course table cuve1 au milieu
FC7	Fin de course table cuve1 en bas
FC8	Fin de course table cuve2 en haut
FC9	Fin de course table cuve2 au milieu
FC10	Fin de course table cuve2 en bas

- **Description des capteurs détecteurs de présence :**

Dans ce tableau nous avons représenté les différents capteurs détecteurs de présence de type tout ou rien de chaque étape de fonctionnement de cette machine (lavage, rinçage, séchage)

Tableau I.3: Description des capteurs détecteurs de présence de la machine.

Cp1	Arrivée pièce à la table motorisée 1
Cp2	Doigts en haut
Cp3	Doigts en bas
Cp4	L'arrivée de la pièce à la fin de la table 1
Cp5	Pièce sur table lavage
Cp6	Pièce sur table rinçage
Cp7	Pièce sur table séchage
Cp8	Position initiale de transfert charge
Cp9	Arrivée pièce à la fin de table motorisée 2

### I.2.2.6 Thermocouple

Un thermocouple est donc un instrument de mesure thermique. Il permet de connaître la température d'une pièce ou d'une surface, il se base sur une propriété physique : l'effet Seebeck.[12]

### I.2.3 Partie commande

La commande de la machine lavage des pièces est actionnée manuellement à l'aide du panneau de commande. La partie motrice est gérée par l'armoire électrique (Logique filaire).

#### I.2.3.1 Définition de la logique câblée

L'automatisme est obtenu en connectant différents composants de base entre eux ou réaliser la fonction logique grâce au câblage. La logique filaire correspond au traitement parallèle information. Plusieurs composants peuvent être sollicités en même temps. Elle était instruite et effectuée une fois pour toute sur le tableau donné.

- **Avantage de la logique câblée**
  - Vitesse de fonctionnement simultanée des opérations.
- **Inconvénient de la logique câblée**
  - Elle exige un grand nombre de composants et rend les montages encombrants et chers.
  - Elle n'offre pas de souplesse : les modifications de la commande impliquent des modifications de câblage.

#### I.2.3.2. Armoire électrique

L'armoire électrique est alimentée par un réseau 380 V. Elle est équipée de composants électriques, d'un sectionneur général qui permet la séparation mécanique du circuit et de son alimentation, de six sectionneurs auxiliaires, chacun relié à un relais de phase pour éviter les chutes de tension et les surtensions, six contacteurs de moteur, relais et contacteurs de cycle. La fonction des minuteries de cycle est de définir un temps de cycle spécial pour chaque pièce, qui peut être ajusté manuellement avant le démarrage du cycle.

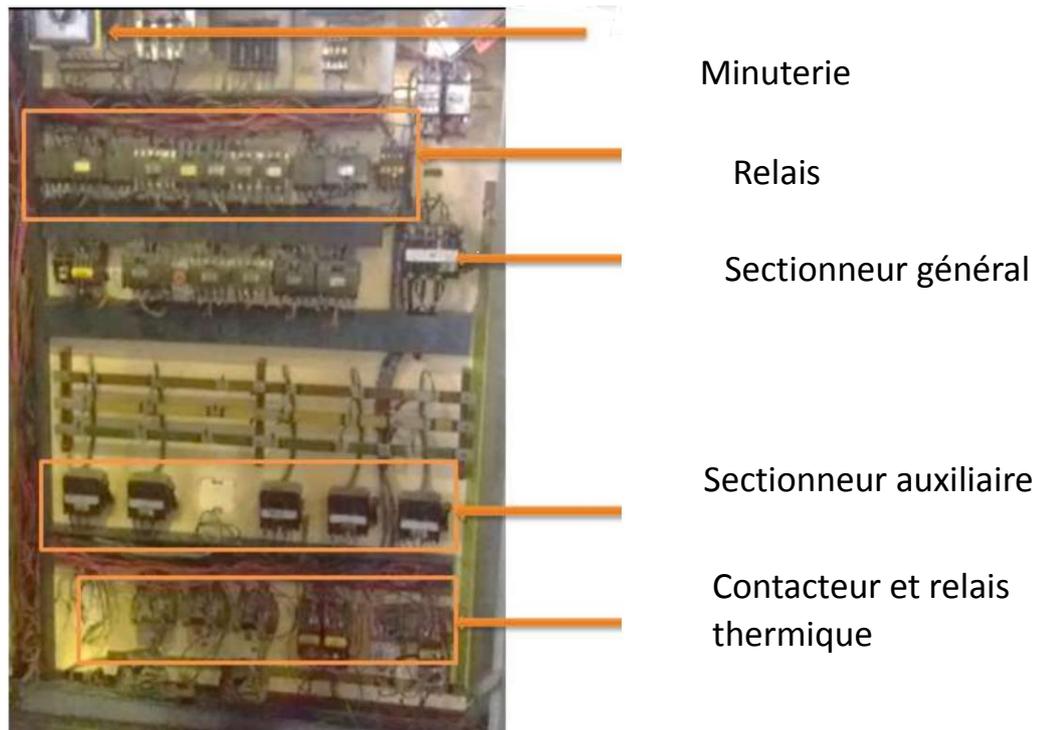


Figure I.11: Armoire électrique

**a. Contacteur de puissance :** Le contacteur de puissance est chargé d'ouvrir ou fermer le circuit électrique. Il comprend une partie fixe et une partie mobile. Cette partie est équipée de ressort qui provoque l'ouverture du contacteur à la mise hors tension.

**b. Sectionneur :** Assurer le sectionnement (séparation du réseau) au départ des équipements. Dans la plupart des cas il comporte des fusibles de protection, ainsi qu'un ou deux contacts de pré coupure. Le sectionneur est un appareil mécanique de connexion, Capable d'ouvrir et de fermer un circuit lorsque le courant est nul ou pratiquement nul, afin d'isoler la partie de l'installation en aval du sectionneur.

**c. Relai thermique :** Le relais thermique est un dispositif qui protège les récepteurs en aval contre les surcharges et les défaillances de phase. À cette fin, il surveille en permanence le courant dans le récepteur. En cas de surcharge, le relais thermique n'agira pas directement sur le circuit de puissance. Le contact du relais thermique ouvre le circuit de commande du contacteur et le contacteur coupe le courant dans le récepteur.

**d. Relais électrique :** Un relais (contacteur de puissance) est composé principalement d'un électroaimant, qui lorsqu'il est alimenté, transmet une force à un système de commutation électrique il a la même fonction qu'un relais électromécanique sauf que ses contacts sont prévus pour supporter un courant beaucoup plus important. Ainsi, des contacteurs sont utilisés afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance (plus de 50 kW) et en général des consommateurs de fortes puissances.

**e. Minuterie :** Pour rôle de régler le temps de cycle.

### I.2.3.3 Armoire pneumatique Lavage rinçage



Figure I.12: Armoire pneumatique lavage rinçage

### I.2.3.4 Armoire pneumatique porte



Electrovanne ←

Distributeur  
d'agitation

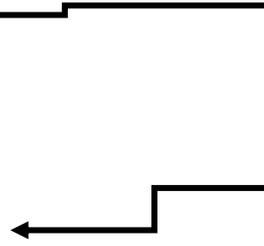


Figure I.13 : Armoire pneumatique des portes

### I.2.3.5 Régulateur de température :

Un régulateur de température est un instrument pour contrôler la température. Le régulateur de température prend une entrée provenant d'un capteur de température, et a une sortie qui est reliée à un élément de commande, tel qu'un dispositif de chauffage ou de ventilation



Figure I.14 : Régulateur de température. 1

### I 2.3.6. Pupitre de commande

La machine de lavage pièce mécanique comporte un seul pupitre de commande, le pupitre comporte plusieurs boutons poussoirs, il permet à l'opérateur de commander le système manuellement (marche, arrêt, départ cycle, lavage, rinçage, séchage,). Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants et d'afficheurs, éventuellement dans des installations modernes de terminal de dialogue ou d'interface homme/machine (HMI).

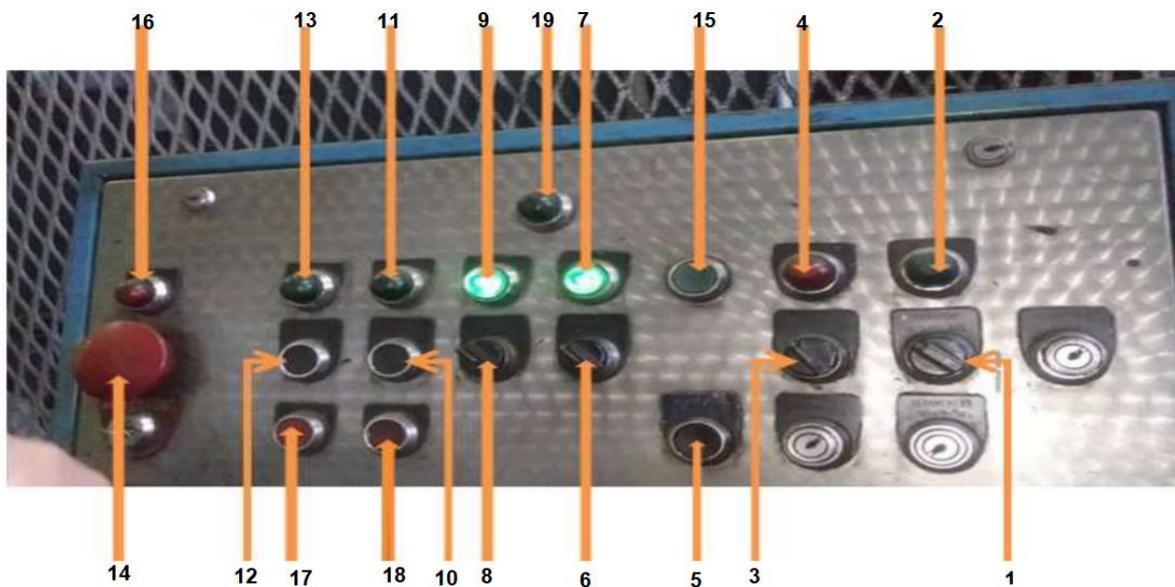


Figure I.15: pupitre de commande de la machine lavage pièce mécanique

La structure de pupitre de commande est présentée dans le tableau I.4.

Tableau I.4 : description des boutons du pupitre de commande

1-S1	Transfert de charge	11-L7	Voyant « marche» ventilateur
2-L3	Voyant « marche» transfert de charge	12-P5	Activation brasage étuve

3-S2	Distribution	13-L8	Voyant « marche» brasage étuve
4-L4	Voyant « marche» doigt	14-P1	Arrêt d'urgence
5-P3	Descente des deux tables (lavage, rinçage)	15-P2	Ouverture et fermeture porte
6-S4	Bruleur n°2	16-L1	Voyant Arrêt d'urgence
7-L6	Voyant « marche» bruleur n°2	17-P6	Activation table motorisé 1
8-S3	Bruleur n°1	18-P7	Activation table motorisé 2
9-L5	Voyant « marche» bruleur n°1	19-L2	Voyant Ouverture porte
10-P4	Activation ventilateur		

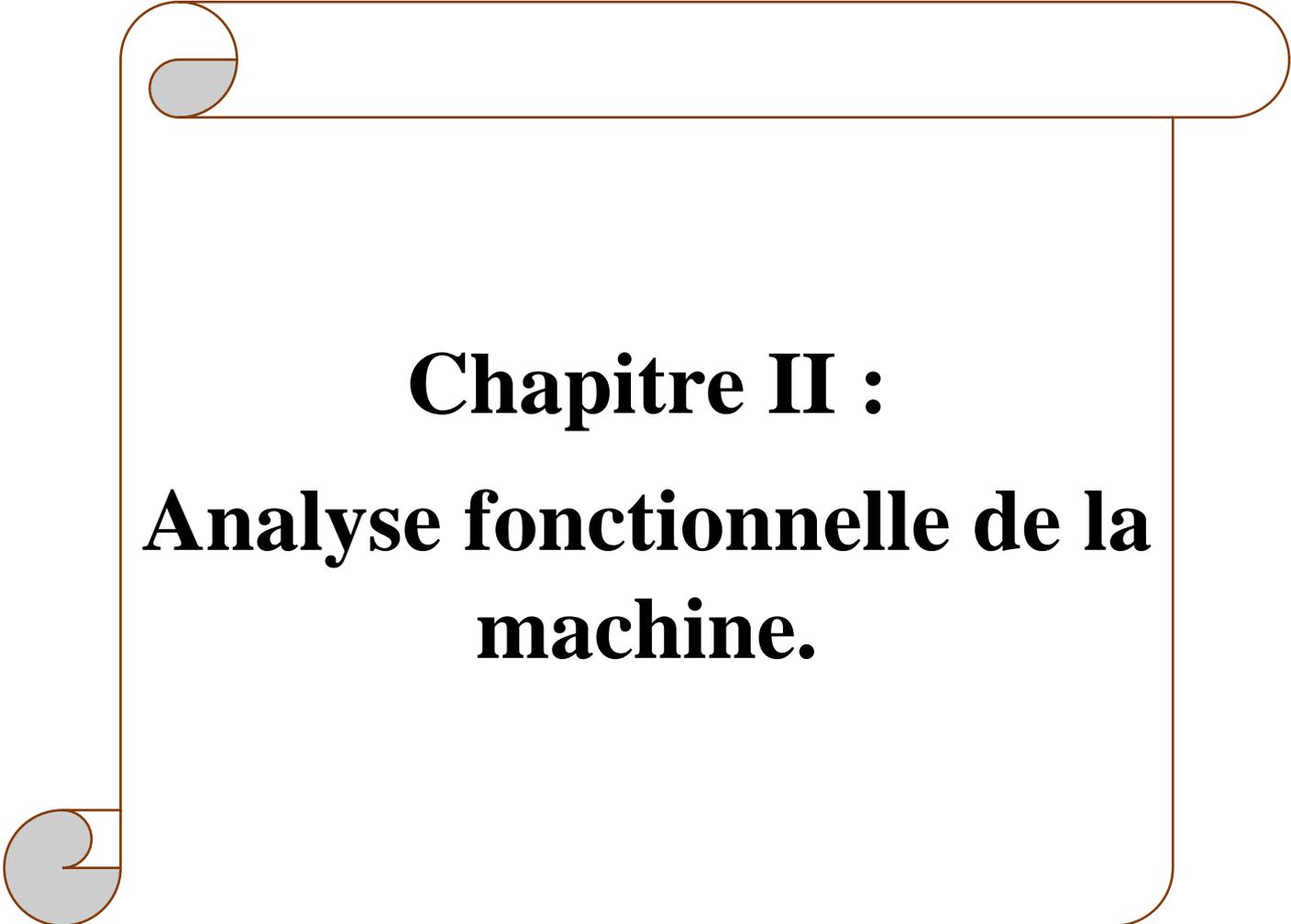
## I.2 Processus de lavage

- **Lavage** : l'opération de lavage se fait à l'intérieur de la 1<sup>ère</sup> cuve nommée bac de lavage avec un mélange d'eau et d'un produit chimique : la potasse caustique (Hydroxyde de potassium KOH) avec une augmentation de la température du mélange à l'aide d'un brûleur. Le principe de cette opération est de faire dégraisser toutes les salissures interposées sur la pièce en effectuant un mouvement oscillatoire verticale de la table créant ainsi une agitation pendant une durée précise différente d'une pièce à une autre.
- **Rinçage** : l'opération de rinçage ce fait à l'intérieur de la 2<sup>ème</sup> cuve nommée bac de rinçage avec seulement de l'eau et une augmentation de température à l'aide d'un brûleur. Le but de cette étape est de se débarrasser de la saleté restante sur la pièce du mélange (eau + potasse) de l'étape précédente et cela aussi se fait avec le mouvement vertical de la table créant une agitation pendant une durée précise.
- **Séchage** : Une fois le rinçage terminé, l'étape de séchage entre en jeu, il s'agit de la dernière étape du traitement. La pièce entre dans l'étuve de séchage. Les deux portes se ferment pour bloquer l'air chaud crée à l'intérieur avec un ventilateur dans le but est le réglage actif de l'humidité de la pièce. Cette opération se poursuit pendant une période spécifique en fonction de la pièce. A la fin les portes s'ouvrent et la pièce sort.

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en détail les diverses parties de l'installation de la station de lavage en mettant en exergue toutes les étapes constituant le lavage. Cette station de lavage est équipée d'un automatisme à logique câblée assurant ainsi son fonctionnement.

Le but de notre étude est d'automatiser cette station de lavage contrôlée par un automate programmable en remplacement de l'ancienne installation.

A decorative scroll frame with a brown border and grey scroll tabs at the top-left and bottom-left corners. The text is centered within the frame.

**Chapitre II :**  
**Analyse fonctionnelle de la**  
**machine.**

## II.1. Introduction

Le développement des ateliers flexibles a imposé un outil graphique simple qui permet, à partir d'un cahier des charges bien défini de résoudre le problème d'automatisation et d'établir le cycle de fonctionnement du processus. Cet outil est le grafcet qui répond particulièrement aux besoins de l'industrie et nous permet non seulement d'analyser le problème posé mais, également de concevoir une solution programmable quel que soit la technologie de l'automate. Cet outil se base sur une représentation graphique très détaillée d'un système avant de faire sa synthèse.

## II.2. Principe de fonctionnement

Les mouvements sont synchronisés et le cycle est entièrement automatique. Considérant la machine en service approvisionnée, C'est-il dire :

- Bouton distribution sur un service (voyant vert allumé)
- Bouton transfert sur un service voyant vert allumé.
- Déverrouillée.
- Un plateau dont les tubes de séchage.
- Un plateau en agitation dans la cuve de rinçage.
- Un Plateau on agitation dans la cuve de lavage.
- Un plateau sur les rouleaux motorisés.
- 4 plateaux on attend sur les rouleaux mécanisés.

Lorsque le temps de lavage est écoulé, le cycle se déroule de la façon suivante :

- Monter des plateaux des cubes de lavage et rinçage.
- Ouverture des portes de l'étuve.
- Avance du bras de transfert en position intermédiaire.
- Descends des doigts.
- Avance du bras de transfert et pousser des plateaux. En cours d'avance, le bras de transfert enclenche la rotation des rouleaux motorisé qui s'arrête rends enfin d'avance du bras de transfert
- Recule du bras de transfert en position intermédiaire.
- Remonter des doigts et descendre des plateaux.
- Recule du bras de transfert jusqu'à sa position de départ. En cours de sans recul le bras de transfert enclenche la rotation des rouleaux motorisé et mécanisée, et l'agitation
- Fermeture des portes de l'étuve

Le premier plateau, en passant sur la première des pédales, arrêtera le rouleau mécanisé vergue, puis continuera jusqu'à la seconde pédale qui immobilisera les rouleaux motorisés et le plateau

Puis le cycle se poursuivront, à la condition que le contact situe sur la table de déchargement table de stockage de four de revenu soit libre. À ce moment, deux possibilités sont offertes :

- Cycle de revenu
- Déchargement

### II.3 Les améliorations à apporter pour la machine

#### a) La partie commande

Remplacement du système de commande câblé par un **API SIEMENS S7-300** pour mettre en place un système de commande automatique au lieu du simple mode manuel ou semi-automatique.

#### b) Partie opérative

- Suppression du temporisateur des agitations et du séchage remplacé par des compteurs de nombre d'oscillations pour les agitateurs, et une temporisation programmée pour le séchage.
- Suppression des régulateurs de température remplacés par des thermostats.
- Ajout de détecteurs de fin de courses afin de réaliser un cycle de fonctionnement automatique.

### II.4 Le GRAFCET

#### II.4.1 Définition du grafcet

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande par Etapes et Transitions) ou SFC (Séquentiel Fonction Chart) est un outil graphique qui décrit les différents comportements de l'évolution d'un automatisme et établit une correspondance à caractère séquentiel et combinatoire entre :

- Les ENTREES, c'est-à-dire les transferts d'informations de la Partie Opérative vers la Partie Commande,
- Les SORTIES, transferts d'informations de la Partie Commande vers la Partie Opérative.

C'est un outil graphique puissant, directement exploitable, car c'est aussi un langage pour la plupart des API existants sur le marché. Lorsque le mot GRAFCET (en lettre capitale) est utilisé, il fait référence à l'outil de modélisation. Lorsque le mot grafcet est écrit en minuscule, il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles du GRAFCET.

Le GRAFCET comprend :

- Des étapes associées à des actions.
- Des transitions associées à des réceptivités.
- Des liaisons orientées reliant étapes et transitions.[14]

#### II.4.2 Pourquoi le GRAFCET

-Le GRAFCET fut donc créé pour représenter de façon symbolique et graphique le fonctionnement d'un automatisme.

-Le GRAFCET permet une meilleure compréhension de l'automatisme par tous les intervenants.

-Un GRAFCET est établi pour chaque machine lors de sa conception, puis utilisé tout au long de sa vie : réalisation, mise au point, maintenance, modifications, réglages.

-Le langage GRAFCET doit donc être connu de toutes les personnes concernées par les automatismes, depuis leur conception jusqu'à leur exploitation.[15]

### II.4.3 Description du GRAFCET

La description du comportement attendu d'un automate peut se représenter par un GRAFCET d'un certain « niveau ».

La caractérisation du « Niveau » du GRAFCET nécessite de prendre en compte trois dimensions :

- **Le point de vue** : caractérisant le point de vue selon lequel un observateur s'implique dans le fonctionnement du système pour en donner une description. On distingue trois points de vue :
  - Un point de vue système,
  - Un point de vue Partie Opérative,
  - Un point de vue Partie Commande.
  
- **La spécification** : caractérisant la nature des spécifications techniques auxquelles doit satisfaire la Partie Commande. On distingue trois groupes de spécifications :
  - Spécifications fonctionnelles,
  - Spécifications technologiques,
  - Spécifications opérationnelles.
  
- **La finesse** : caractérisant le niveau de détail dans la description du fonctionnement, d'un niveau global (ou macro-représentation) jusqu'au niveau de détail complet où toutes les actions et informations élémentaires sont prises en compte.[14]

II.4.4 Les concepts de base du GRAFCET

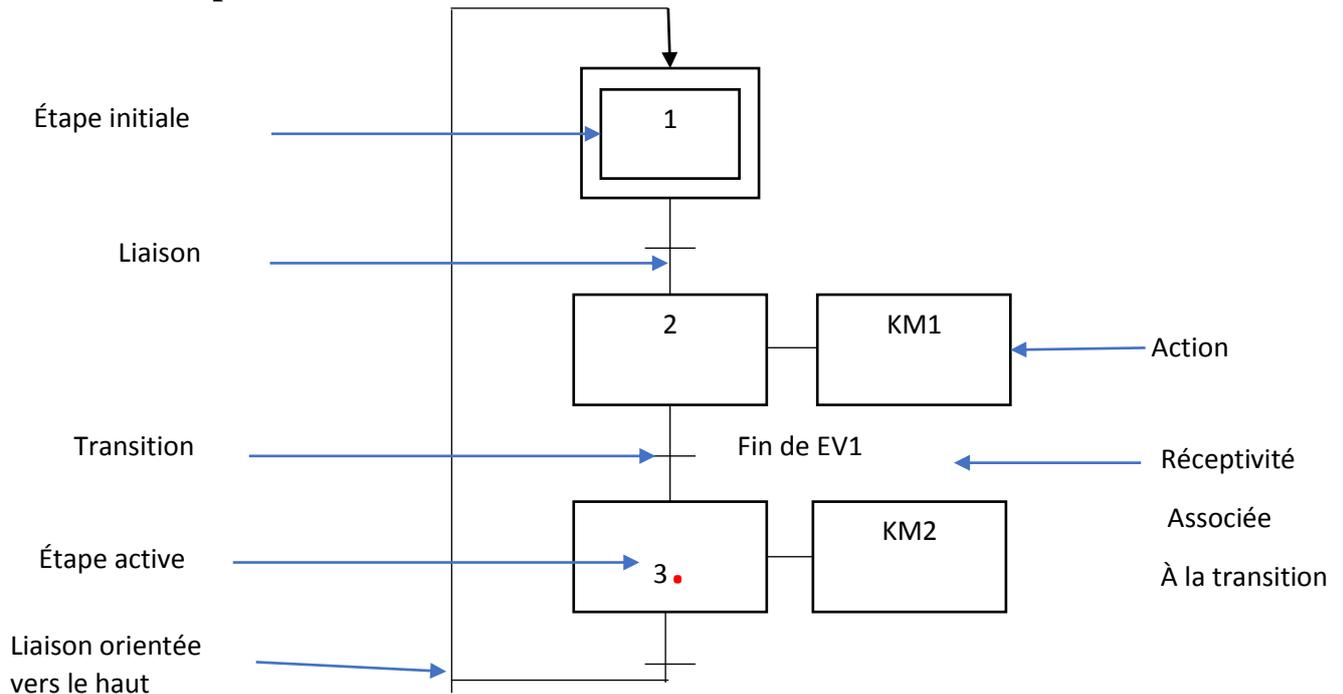


Figure II.1 : Le Grafcet.

➤ **Étape :**

Une **étape** symbolise un état ou une partie de l'état du système automatisé. L'étape possède deux états possibles : **active** représentée par un jeton dans l'étape ou **inactive**.

L'étape *i*, représentée par un carré repéré numériquement, possède ainsi une variable d'état, appelée variable d'étape ***Xi***. Cette variable est une variable booléenne valant **1** si l'étape est active, **0** sinon.

La situation initiale d'un système automatisé est indiquée par une étape dite **étape initiale** et représentée par un carré double.

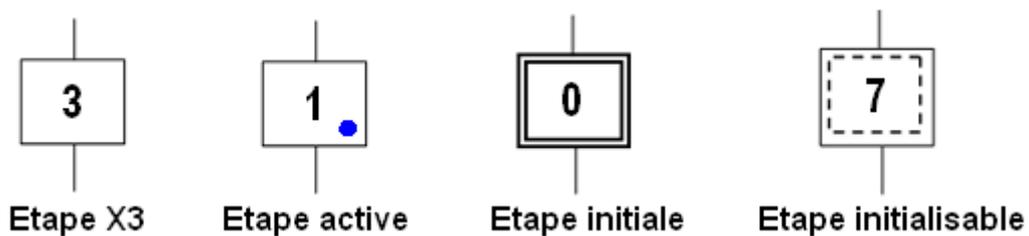


Figure II.2 : Les étapes de Grafcet 1

**Remarque :** Dans un grafcet il doit y avoir au moins une étape initiale.

### ➤ Actions associées aux étapes :

A chaque étape est associée une **action** ou plusieurs, c'est à dire un ordre vers la partie opérative ou vers d'autres grafquets. Mais on peut rencontrer aussi une même action associée à plusieurs étapes ou une étape **vide** (*sans action*).

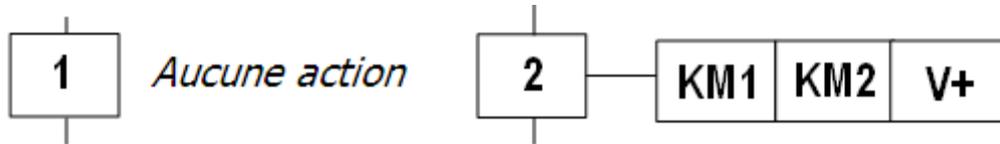


Figure II.3 : Les actions de Grafcet. 1

**Action temporisée** : est une action conditionnelle dans laquelle le temps intervient comme condition logique. Elle est notée : T/Xi/q sec.

Xi : désigne le numéro de l'étape.

Q : la durée écoulée depuis l'action Xi.

### ➤ Transition :

Une transition indique la possibilité d'évolution qui existe entre deux étapes et donc la succession de deux activités dans la partie opérative.

Lors de son franchissement, elle va Permettre l'évolution du système. A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité qui exprime la condition nécessaire pour passer d'une étape à une autre.

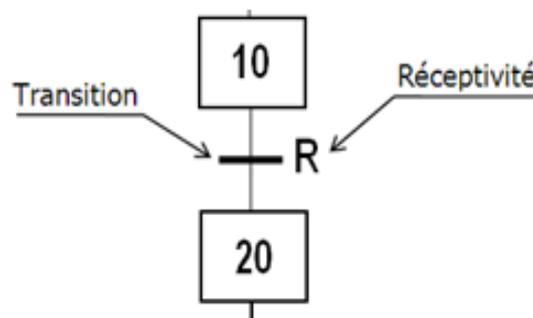


Figure II.4 : Transition de Grafcet. 1

-La réceptivité qui est une information d'entrée qui est fournie par :

- **L'opérateur** : pupitre de commande,
- **La partie opérative** : états des capteurs,
- **Du temps**, d'un comptage ou tout opération logique, arithmétique...
- **Du grafcet** : d'autres grafcet pour la liaison entre grafquets ou de l'état courant des étapes du grafcet (les Xi),
- **D'autres systèmes** : dialogue entre systèmes,

Remarque : Si la réceptivité n'est pas précisée, alors cela signifie qu'elle est toujours vraie.  
(=1)

➤ **Liaisons orientées :**

Elles sont de simples traits verticaux qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles sont normalement orientées de haut vers le bas. Une flèche est nécessaire dans le cas contraire

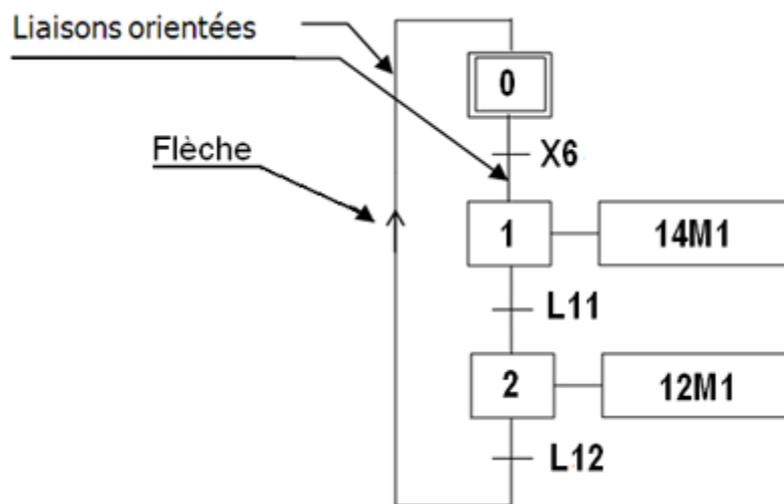


Figure II.5 : Les liaisons de GRAFCET.

**II.4.5 Structures de base :**

➤ **Séquence linéaire :**

Une séquence linéaire ou unique est composée d'un ensemble d'étapes successives où chaque étape est suivie d'une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape.

➤ **Séquences simultanées**

**a. Divergence en ET**

Le système se dirige vers l'étape 2 ET l'étape 12 si a est franchie. Quand a est franchie, les étapes 2 ET

12 sont actives  
 $X2 = X12 = X1.a$

**b. Convergence en ET**

La transition d sera validée quand les étapes 3 ET 13 seront actives. Si la réceptivité associée à cette transition est vraie alors celle-ci est franchie  $X14 = X3 . X13.d$

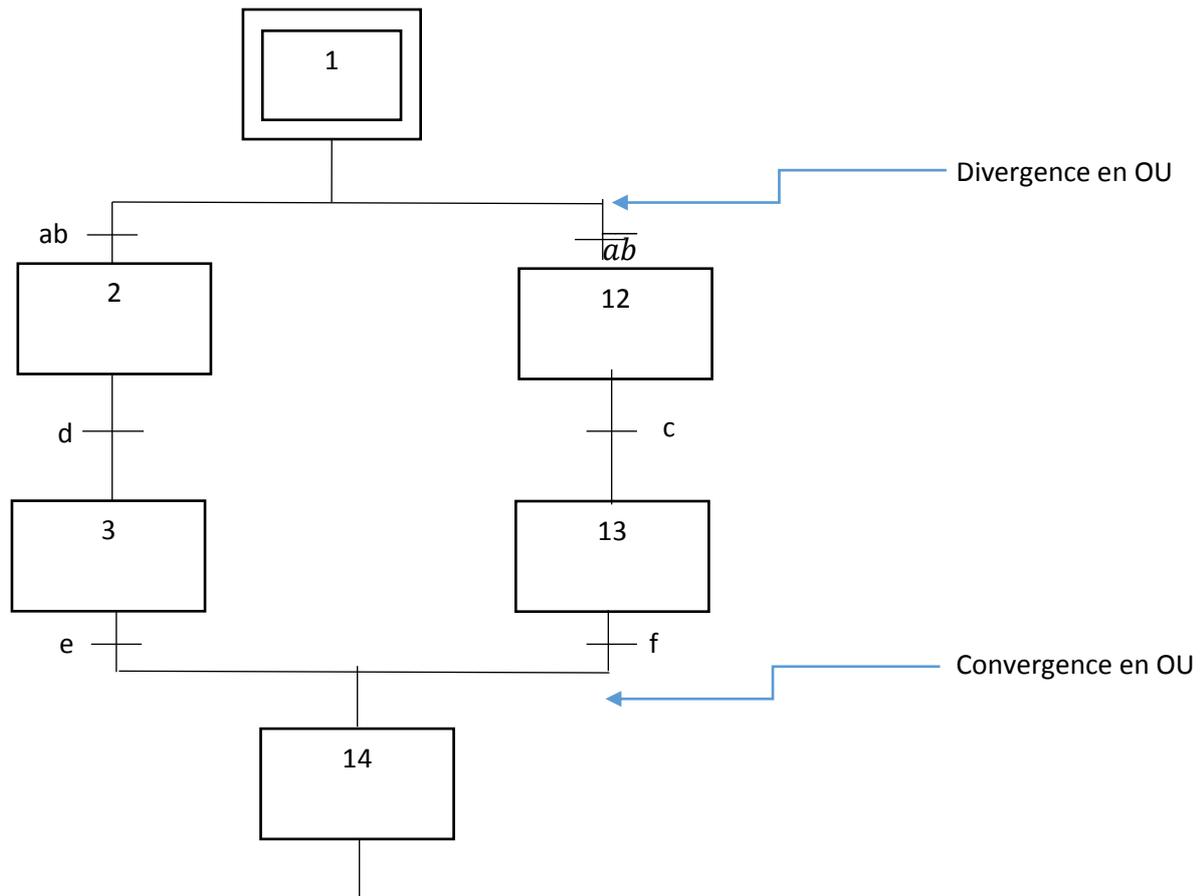


Figure II.6 : Convergence et divergence en ET

➤ **Sélection de séquences**

**a. Divergence en OU**

Le système se dirige vers l'étape 2 si (a.b) est vraie OU vers l'étape 12 si  $\overline{a.b}$  est vraie.

$$\square X2 = X1. (a.b) \quad \text{OU} \quad X12 = X1. \overline{a.b}$$

Le système converge vers l'étape 14 si e est vraie OU si f est vraie  $\square X14 = (X3.e) + (X13.f)$ .

➤ **Saut d'étapes :**

Le saut d'étapes permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes deviennent inutiles.

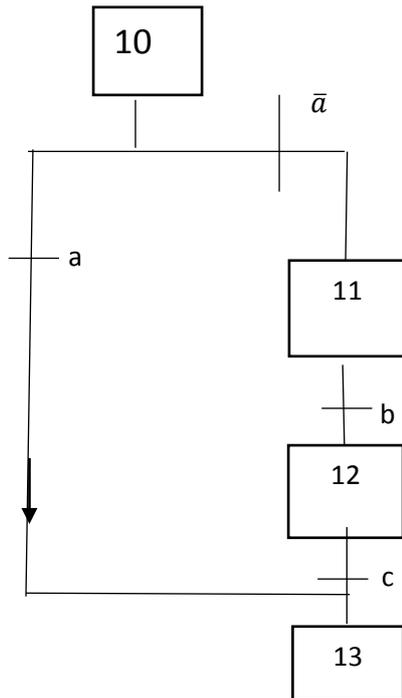


Figure II.7 : Le saut d'étapes.

➤ **Reprise de séquence :**

La reprise de séquence permet de recommencer plusieurs fois la même séquence tant qu'une condition n'est pas obtenue

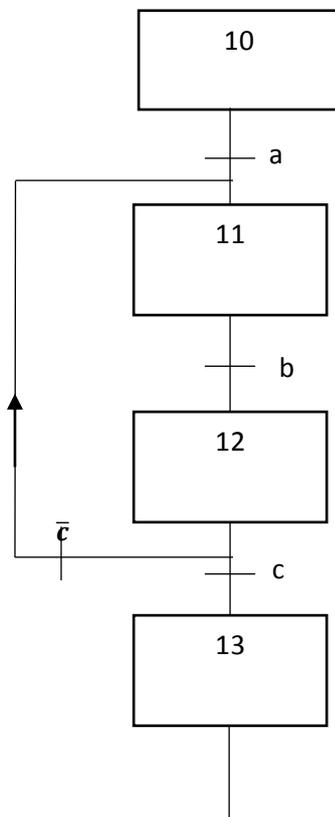


Figure II.8 : La reprise de séquence.

### II.4.6 Règles d'évolution d'un GRAFCET :

#### ➤ Règle N°1 : Condition initiale.

A l'instant initial, seules les étapes initiales sont actives.

#### Règle N°2 : Franchissement d'une transition.

Pour qu'une transition soit validée, il faut que toutes ses étapes amont (immédiatement précédentes reliées à cette transition) soient actives. Le franchissement d'une transition se produit lorsque la transition est validée, **ET seulement si** la réceptivité associée est **vraie**.

#### Règle N°3 : Evolution des étapes actives.

Le franchissement d'une transition entraîne obligatoirement l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

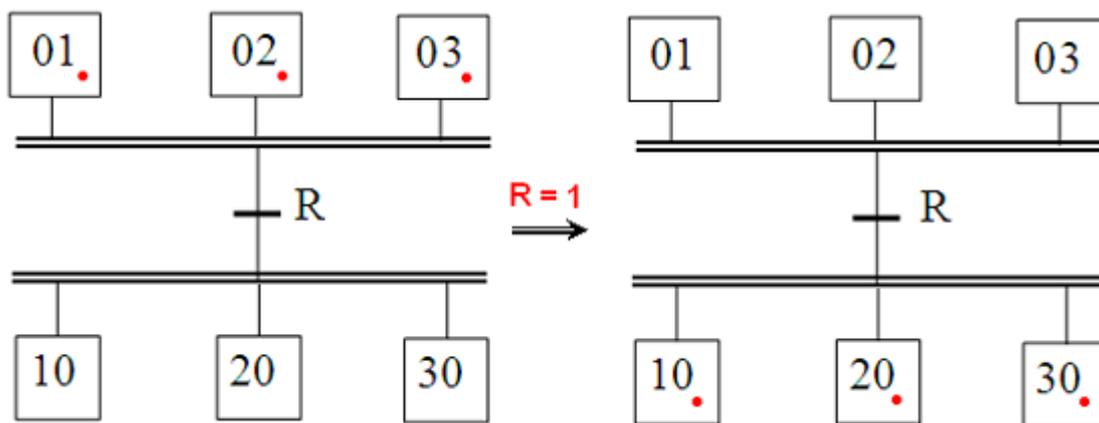


Figure II.9 : Evolution des étapes actives

#### Règle N°4 : Franchissement simultané

Toutes les transitions simultanément franchissables à un instant donné sont simultanément franchies.

#### Règle N°5 : Conflit d'activation

Si une étape doit être simultanément désactivée par le franchissement d'une transition aval, et activée par le franchissement d'une transition amont, alors elle reste active. On évite ainsi des commandes transitoires (néfastes à la partie opérative).

### II.4.7 Niveaux d'emploi du GRAFCET

Afin de définir correctement le cahier des charges d'un équipement, le diagramme fonctionnel est utilisé à 2 niveaux :

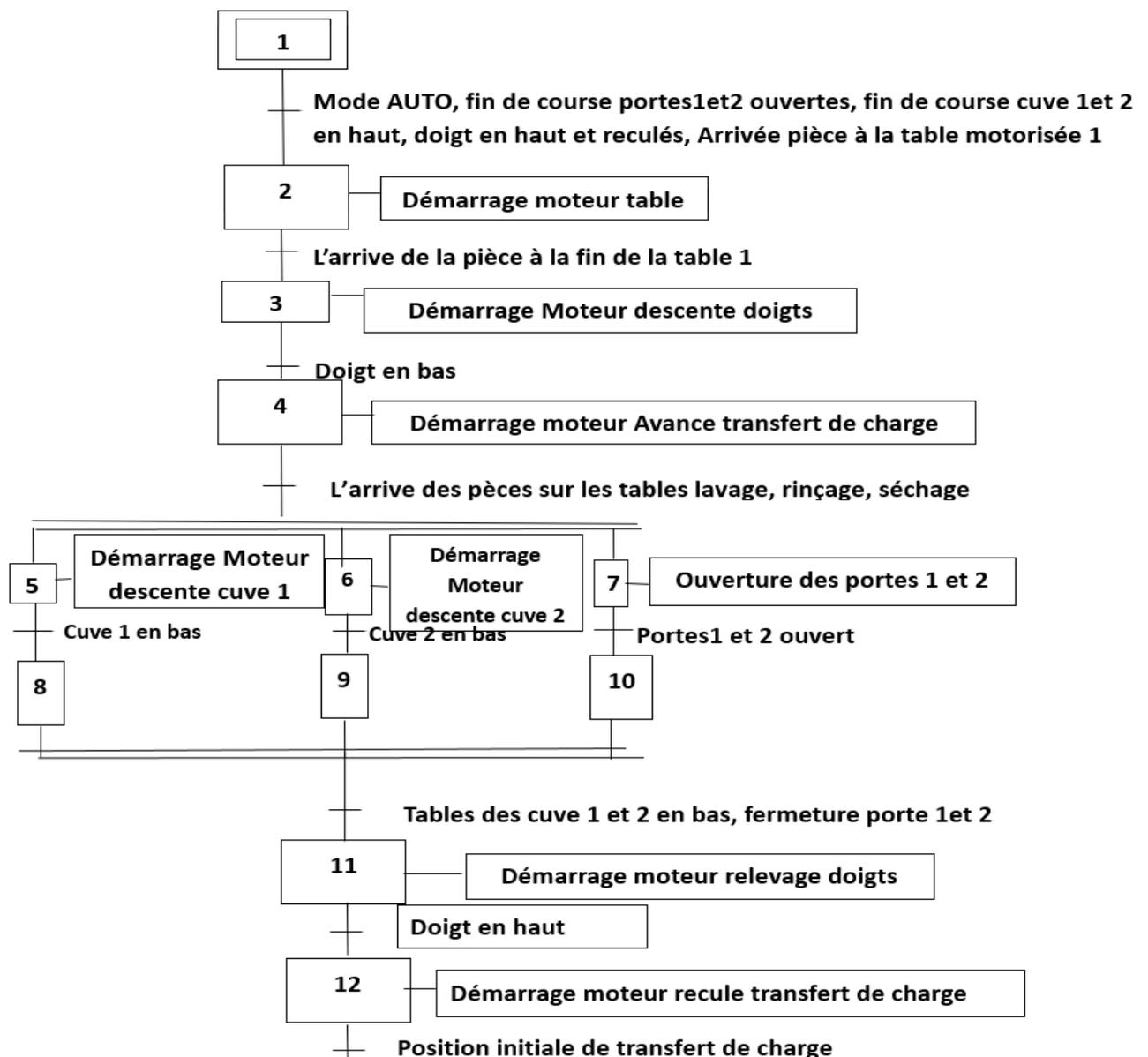
#### Niveau 1 :

Ne prend en compte que l'aspect fonctionnel du cahier des charges. Il ne considère que les actions à réaliser et les informations nécessaires pour les obtenir, sans spécifier comment elles seront technologiquement obtenues.

#### Niveau 2 :

Pourra être différent du grafcet de niveau 1 compte tenu de la nature et en particulier de la technologie des capteurs et actionneurs utilisés.

### II.4.8 Grafcet niveau 1 de la station de lavage des pièces mécanique



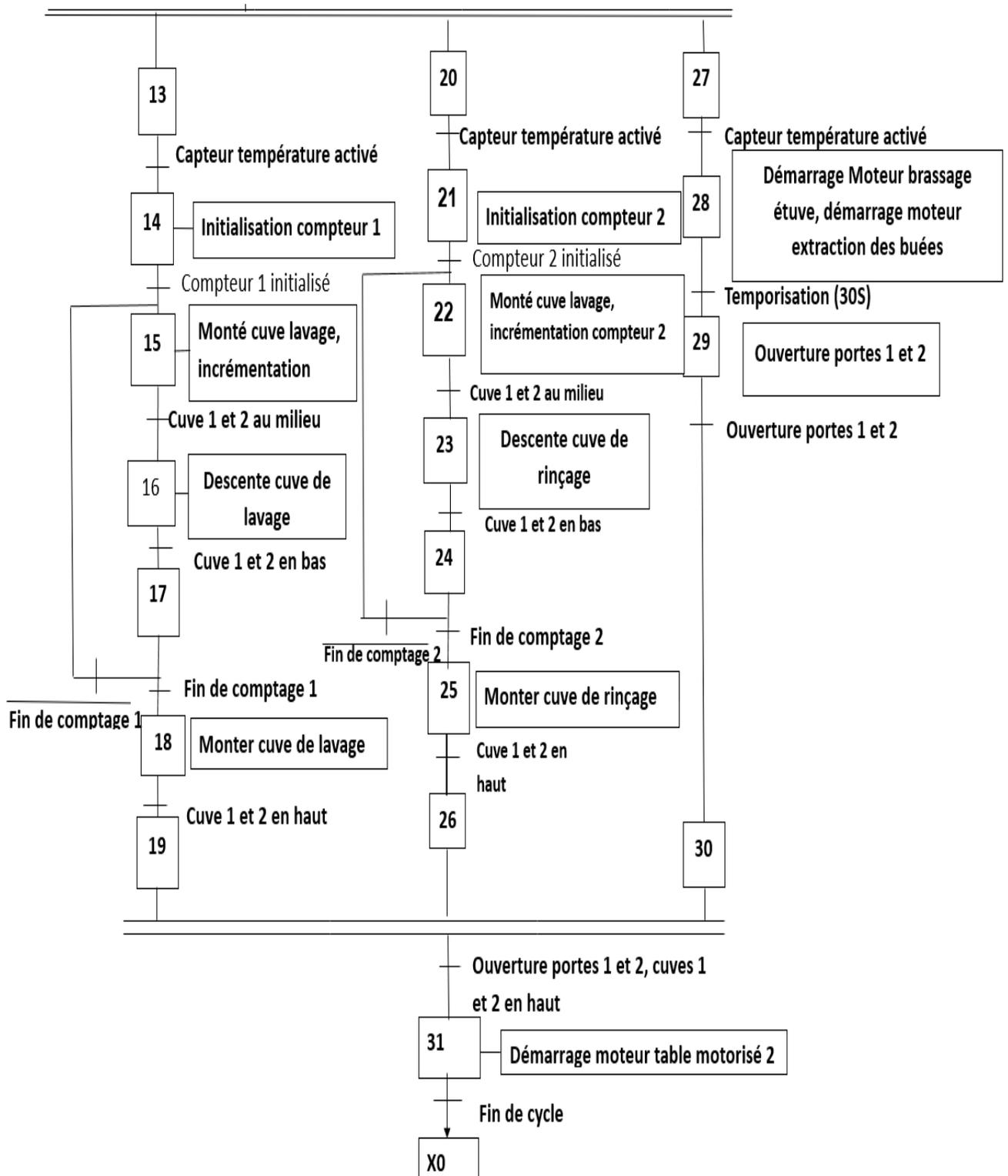


Figure II.10: Grafcet niveau 1 de la station de lavage

## II.4.9 Tableau des entrées et tableau des sorties

Tableau II.1 : Objets d'entrée

CP1	Début cycle.
CP2	Doigt en haut.
CP3	Doigt en bas.
CP4	L'arrive de la pièce à la fin de la Table 1.
CP5	Pièce sur table de lavage.
CP6	Pièce sur table de rinçage.
CP7	Pièces sur table de séchage.
CP8	Capteur fin de cycle.
CP9	Position initiale de transfert de charge
FC1	Fin de course fermeture de la porte 1
FC10	Fin de course table cuve 2 en bas
FC2	Fin de course ouverture de la porte 1
FC3	Fin de course fermeture de la porte 2
FC4	Fin de course ouverture de la porte 2
FC5	Fin de course table cuve 1 en haut
FC6	Fin de course table cuve 1 au milieu
FC7	Fin de course table cuve 1 en bas
FC8	Fin de course table cuve 2 en haut
FC9	Fin de course table cuve 2 au milieu
FDC1	Fin de comptage lavage
FDC2	Fin de comptage rinçage
FC1	Fin de course fermeture de la porte 1
FC10	Fin de course table cuve 2 en bas
FC2	Fin de course ouverture de la porte 1

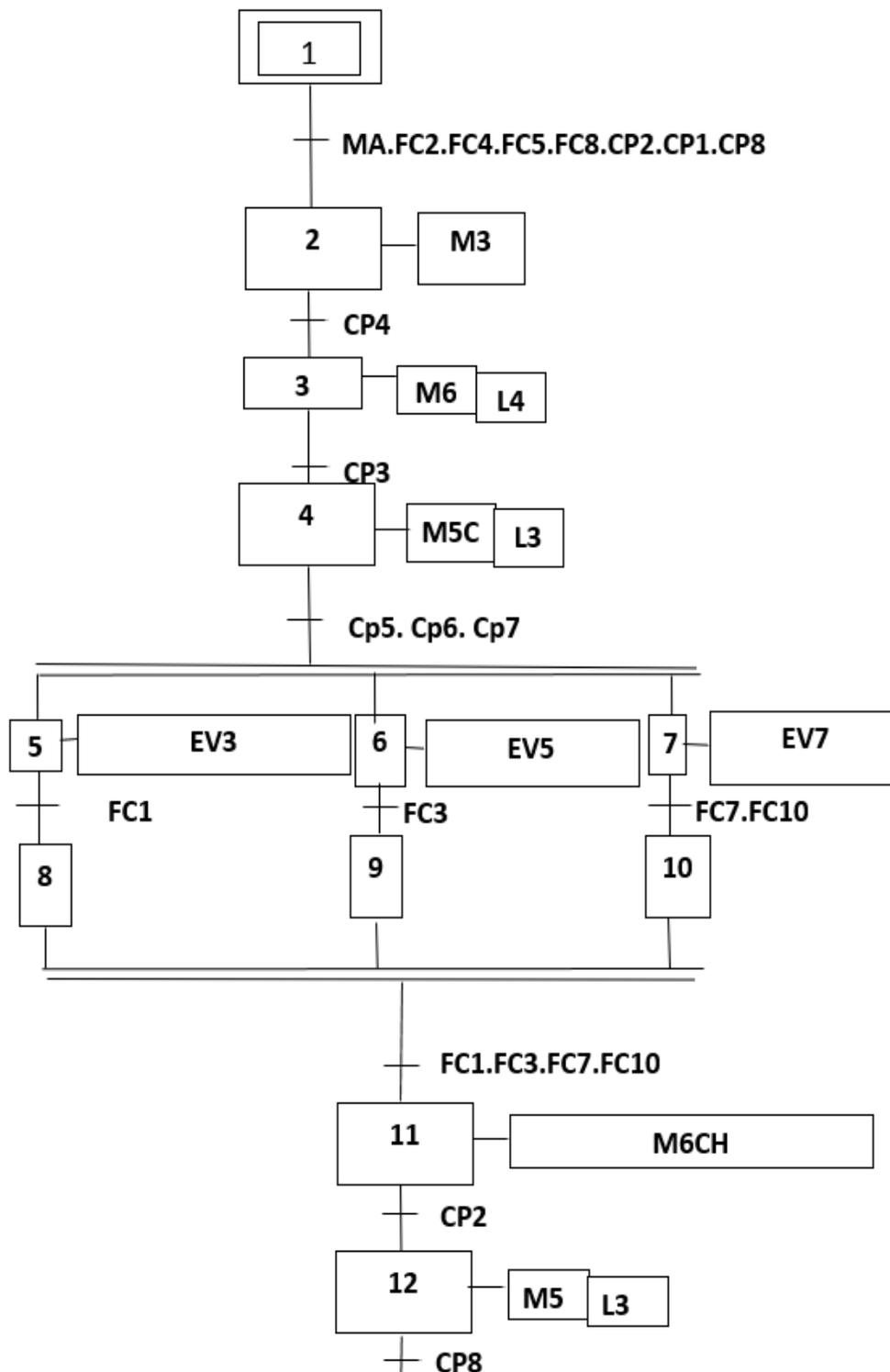
<b>FC3</b>	<b>Fin de course fermeture de la porte 2</b>
<b>FC4</b>	<b>Fin de course ouverture de la porte 2</b>
<b>FC5</b>	<b>Fin de course table cuve 1 en haut</b>
<b>FC6</b>	<b>Fin de course table cuve 1 au milieu</b>
<b>FC7</b>	<b>Fin de course table cuve 1 en bas</b>
<b>FC8</b>	<b>Fin de course table cuve 2 en haut</b>
<b>FC9</b>	<b>Fin de course table cuve 2 au milieu</b>
<b>FDC1</b>	<b>Fin de comptage lavage</b>
<b>FDC2</b>	<b>Fin de comptage rinçage</b>
<b>ARRET</b>	<b>Arrêt d'urgence</b>

Tableau II.2 : Objets de sortie.

<b>EV2</b>	<b>Active la descente cuve rinçage</b>
<b>EV3</b>	<b>Active la descente cuve de lavage</b>
<b>EV4</b>	<b>Active la montée cuve rinçage</b>
<b>EV5</b>	<b>Active la montée cuve lavage</b>
<b>EV6</b>	<b>Active l'ouverture des portes étuve</b>
<b>EV7</b>	<b>Active la fermeture des portes étuve</b>
<b>FC1</b>	<b>Fin de course fermeture de la porte 1</b>
<b>FC10</b>	<b>Fin de course table cuve 2 en bas</b>
<b>FC2</b>	<b>Fin de course ouverture de la porte 1</b>
<b>FC3</b>	<b>Fin de course fermeture de la porte 2</b>
<b>FC4</b>	<b>Fin de course ouverture de la porte 2</b>
<b>FC5</b>	<b>Fin de course table cuve 1 en haut</b>
<b>FC6</b>	<b>Fin de course table cuve 1 au milieu</b>
<b>FC7</b>	<b>Fin de course table cuve 1 en bas</b>
<b>FC8</b>	<b>Fin de course table cuve 2 en haut</b>
<b>FC9</b>	<b>Fin de course table cuve 2 au milieu</b>
<b>FDC1</b>	<b>Fin de comptage lavage</b>
<b>FDC2</b>	<b>Fin de comptage rinçage</b>
<b>L3</b>	<b>Voyant « marche » transfert de charge</b>
<b>L4</b>	<b>Voyant « marche » transfert de charge</b>
<b>L7</b>	<b>Voyant « marche » ventilateur</b>
<b>L8</b>	<b>Voyant « marche » brassage étuve</b>
<b>M1</b>	<b>Moteur brassage étuve</b>
<b>M2</b>	<b>Moteur extraction de buées</b>

M3	Moteur de table motorisé 1
M4	Moteur de table motorisé 2
M5CE	Moteur avance transfert de charge
M5CF	Moteur recule transfert de charge
M6CH	Moteur relevage doigts
M6G	Moteur descente de doigts

II.4.10 Grafcet niveau II de la station de lavage



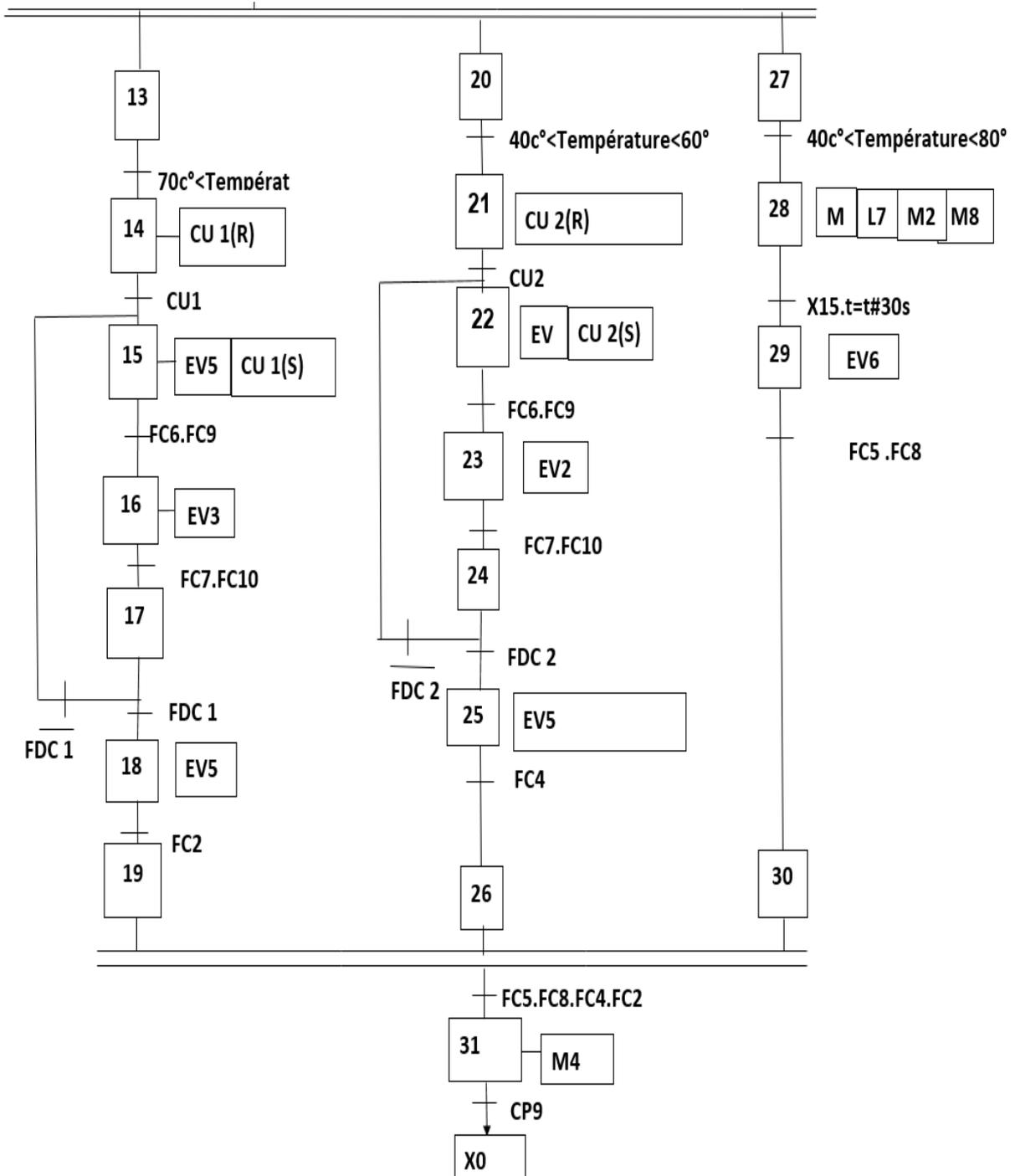


Figure II.11 : Grafcet niveau 2 de la station de lavage

### II.4.11 Fonctionnement détaillé de la machine :

#### ➤ Conditions initiales :

Le démarrage de la machine se fait par plusieurs conditions initiales qui assurent son bon fonctionnement.

- Les portes étuve sont ouvertes.
- Les tables des cuves de lavage et de rinçage sont en haut.
- Les doigts sont en haut.
- Les tables motorisées de transfert charge sont au repos.
- Température cuve de lavage entre 70° et 90°.
- Température cuve de rinçage entre 40° et 60°.
- Température étuve entre 40° et 80°.

#### 1. Transfert de charge :

La charge se déplace manuellement du four à l'aide d'une table mécanisée vers l'entrée de la table motorisée 1.

L'arrivée de la pièce est détectée par le capteur **Cp1**. Ce dernier va actionner la table motorisée 1 pour déplacer le plateau jusqu'à ce que le capteur **Cp4** détecte son arrivée à la fin de la table motorisée 1.

Le transfert de la charge de la fin de la table motorisée 1 vers la cuve de lavage (doigt 1) puis de la cuve de lavage vers la cuve de rinçage (doigt 2) puis vers l'étuve de séchage (doigt 3) est assuré à chaque étape par un doigt dédié.

Les trois doigts sont entraînés par le moteur **M6** en même temps, de sorte que les doigts qui étaient initialement en position verticale sont abaissés en position horizontale (Doigts en bas **Cp3**).

Le moteur **M6** est mis en marche par le capteur **Cp4**. Le moteur **M6** démarre et le voyant **L4** s'allume.

Chaque mouvement horizontal du doigt entraînant la charge sur la table mécanisée est assuré par le moteur **M5** activé par le capteur **Cp3**. Le voyant **L3** indique que le moteur **M5** a démarré jusqu'à ce que les pièces atteignent les tables et l'étuve de séchage (**Cp5, Cp6 et Cp7**).

Une fois que les pièces atteignent sur les tables et l'étuve de séchage (**Cp5, Cp6 et Cp7**), le vérin à double effet est commandé en position basse (**FC7**) par l'électrovanne **EV3**, et l'établi de l'étuve de lavage tombe. Dans le même temps, comme l'électrovanne **EV2** commande le vérin à double effet en position basse (**FC10**), la table de la cuve de rinçage est abaissée.

Une fois la table du réservoir en position basse (**FC7, FC10**), le moteur **M6** démarrera dans un autre sens de rotation, ce qui provoquera le soulèvement du doigt et le retour à la position initiale détectée par le capteur **Cp2**.

En démarrant le moteur **M5** dans un autre sens de rotation contrôlé par le capteur **Cp2**, le doigt peut être rétracté. Jusqu'à ce que vous atteigniez la position initiale (**Cp8**).

Avant de commencer l'opération de lavage, le réservoir d'eau doit être rempli jusqu'au niveau d'eau attendu mélangé au sel de potassium (ajouter un capteur de niveau d'eau si nécessaire).

Une fois les pièces arrivées sur les tables et l'étuve de séchage (**Cp5, Cp6 et Cp7**), la table de la cuve de lavage descend grâce à un vérin double effet commandé par l'électrovanne **EV3** jusqu'à la position basse (**FC7**). En même temps la table de la cuve de rinçage descend grâce à un vérin double effet commandé par l'électrovanne **EV2** jusqu'à la position basse (**FC10**).

Une fois les tables des cuves en position basse (**FC7, FC10**), le moteur **M6** démarre dans l'autre sens de rotation ce qui provoque le relevage des doigts qui retournent en position initiale détectée par le capteur **Cp2**.

Le recul des doigts est réalisé par le démarrage du moteur **M5** dans l'autre sens de rotation commandé par le capteur **Cp2**. Jusqu'à arriver à sa position initiale (**Cp8**).

### Opération de lavage :

Avant la mise en marche de l'opération de lavage, on doit remplir la cuve d'eau jusqu'au niveau prévu (ajouter capteur de niveau si nécessaire) mélangé avec la potasse. Ce processus nécessite une température spécifique pour chaque pièce qui est assuré par le bruleur 1, contrôlé par un régulateur de température.

Une fois les doigts reculé (**Cp8**), le cycle de lavage commence en réalisant des agitations entre la fin de course **FC7** et **FC6** jusqu'à la fin d'un nombre d'oscillations définies par le compteur **CU1**.

Une fois le nombre d'oscillations voulu atteint (**CU1**), la table de lavage remonte en activant l'électrovanne **EV5** jusqu'à atteindre la fin de course **FC5**.

### 3. Opération de rinçage

Le rinçage est l'opération d'élimination de la saleté et le mélange (Eau + potasse) restante sur la pièce en utilisant seulement de l'eau, nécessite une température moins que celle de lavage qui est assuré par le bruleur 2, contrôlé par un régulateur de température.

Le cycle de rinçage se déroule en même temps que le cycle de lavage (**Cp8**). Commence en réalisant des agitations entre la fin de course **FC9** et **FC10** jusqu'à la fin d'un nombre d'oscillations définies par le compteur **CU2**.

Une fois le nombre d'oscillations voulu atteint (**CU2**), la table de rinçage remonte en activant l'électrovanne **EV4** jusqu'à atteindre la fin de course **FC8**.

### 4. Opération de séchage

Le séchage se déroule en même temps que le lavage et le rinçage (**Cp8**). Ce cycle commence par la fermeture des portes en activant l'électrovanne **EV7** jusqu'à l'activation des fins de course (**FC1 et FC3**).

Une fois les portes fermées (**FC1 et FC3**), le **M1** brassage étuve et **M2** extracteur de buées démarre entraînée une temporisation **T**.

A la fin de la temporisation **T**, les portes s'ouvrent en excitant l'électrovanne **EV6**.

Une fois les portes ouvertes (**FC2 et FC4**), la pièce qui se trouve à l'intérieur de l'étuve est évacuée par la mise en marche de la table motorisée 2 entraînée par le moteur **M4** jusqu'à l'activation du capteur **Cp9**.

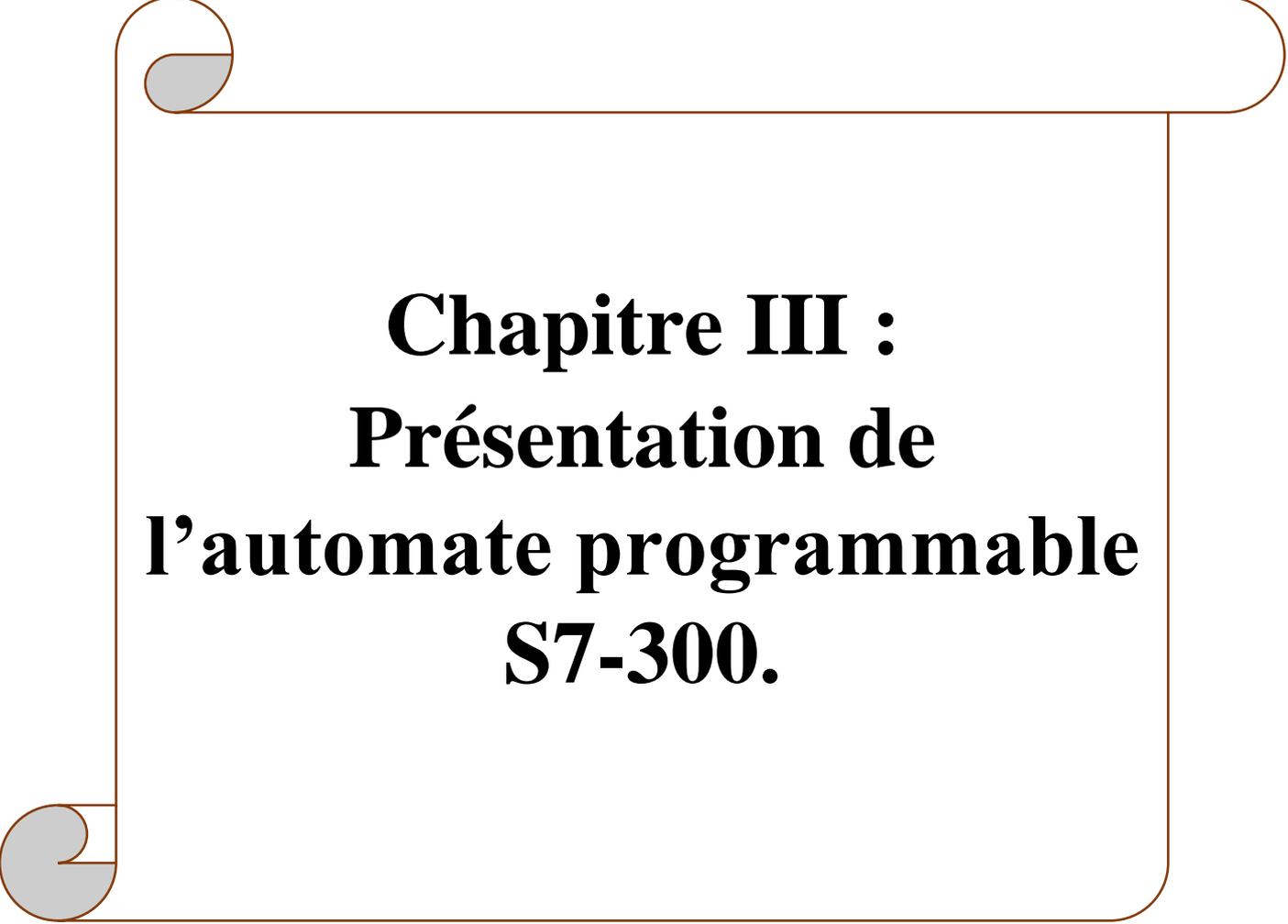
La régulation des températures est réalisée par des régulateurs tout ou rien.

Remarque :

Les trois opérations (lavage, rinçage et séchage) s'effectuent simultanément

## **II.6 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons cité toutes les modifications proposées à la station et les différentes notions de base du **GRAFCET**, qui est l'outil avec lequel on a modélisé notre station et qui nous permet le passage facilement à la programmation.



**Chapitre III :  
Présentation de  
l'automate programmable  
S7-300.**

### III.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons des généralités sur les automates programmables industriels et une description sur l'automate programmable S7-300. Après la compréhension du fonctionnement de la station de lavage on a conçu le GRAFCET niveau I. L'étape suivante consiste à concevoir le GRAFCET niveau II puis la programmation qui sera implanté dans l'automate S7-300. Avant d'entamer la programmation nous avons jugé utile de présenter l'automate utilisé et citer les critères de notre choix.

### III.2 Automates Programmables Industriels (API)

#### III.2.1 Définition :

Un automate programmable industriel (API ou PLC en anglais) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien (automaticien) qui a été développée depuis les années 70 pour faire la commande sur un site industriel de machines selon un programme préétabli.

#### III.2.2 Rôle de l'API :

L'automate programmable peut réaliser une boucle de régulation d'une grandeur physique (pression, tension, courant ...). L'API peut aussi réaliser une opération de commande d'un système (électrique, physique, mécanique...) selon une logique combinatoire ou séquentielle. Il peut commander un processus qui fonctionne selon une logique combinatoire (fonctions ET, OU, ...) ou bien un processus qui fonctionne selon une logique séquentielle (fonction de mémorisation, fonction de temporisation, de comptage, ...).

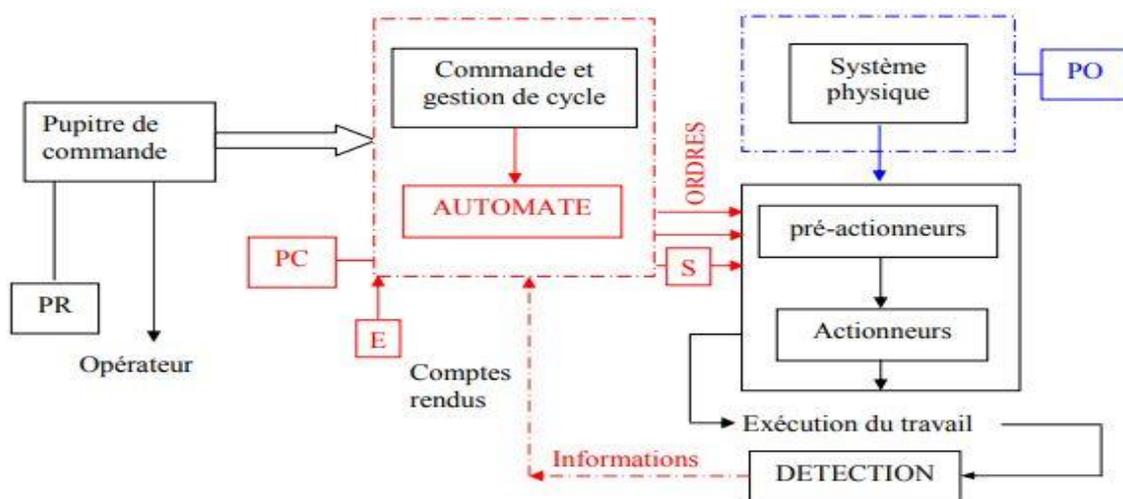


Figure III.1 : Situation de l'automate d'automate dans un système automatisé de protection

### III.2.3 Structure de l'API

Cet ensemble électronique gère et assure la commande d'un système automatisé. Il se compose de plusieurs parties et notamment d'une mémoire programmable dans laquelle l'opérateur écrit, dans un langage propre à l'automate, des directives concernant le déroulement du processus à automatiser.

Son rôle consiste donc à fournir des ordres à la partie opérative en vue d'exécuter un travail précis comme par exemple la sortie ou la rentrée d'une tige de vérin, l'ouverture ou la fermeture d'une vanne. La partie opérative lui donnera en retour des informations relatives à l'exécution du travail.

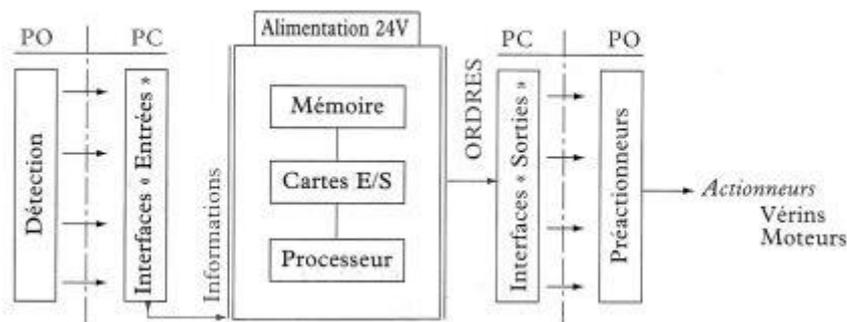


Figure III.2 : Structure interne d'un API

Les API comportent quatre parties principales :

- Une mémoire.
- Un processeur.
- Des interfaces d'Entrées/Sorties.
- Une alimentation (240 Vac → 24 Vcc).

Ces quatre parties sont reliées entre elles par des bus (ensemble câble autorisant le passage de l'information entre ces 4 secteurs de l'API). Ces quatre parties réunies forment un ensemble compact appelé automate.

### III.2.4 Description des éléments d'un API

- **Processeur**

Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'E/S et d'autre part à gérer les instructions du programme.

- **Interface**

- L'interface d'Entrées : comporte des adresses d'entrée, une pour chaque capteur relié.
- L'interface de Sorties comporte des adresses de sorties, une pour chaque pré-actionneur.
- Le nombre d'E/S varie suivant le type d'automate.
- Les cartes d'E/S ont une modularité de 8, 16 ou 32 voies. Elles admettent ou délivrent des tensions continues 0 - 24 Vcc.

- **Mémoire :**

Elle est conçue pour recevoir, gérer, stocker des informations issues des différents secteurs du système que sont le terminal de programmation (PC ou console) et le processeur, qui lui gère et exécute le programme. Elle reçoit également des informations en provenance des capteurs.

Il existe dans les automates plusieurs types de mémoire qui remplissent des fonctions différentes :

- la conception et l'élaboration du programme font appel à la RAM et l'EEPROM.
- la conservation du programme pendant l'exécution de celui-ci fait appel à une EPROM.

- **Alimentation :**

Tous les automates actuels utilisent un bloc d'alimentation alimenté en 240 Vac et délivrant une tension de 24 Vcc.

### III.2.5 Principe de fonctionnement d'un API

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire :

**-Traitement interne :** l'automate effectue des opérations de contrôles et met à jour certains paramètres systèmes (détection des passages en RUN/STOP, mises à jour des valeurs de l'horodateur...).

**-Lecture des entrées :** l'automate lit les entrées (de façon synchrone) et les recopie dans la mémoire image des entrées.

**-Exécution du programme :** l'automate exécute le programme instruction par instruction et écrit les sorties dans la mémoire image des sorties.

**-Ecriture des sorties :** l'automate bascule les différentes sorties (de façon synchrone) aux positions définies dans la mémoire image des sorties. Ces quatre opérations sont effectuées continuellement par l'automate (fonctionnement cyclique).

**-Aspect extérieur :** Les automates peuvent être de type compact ou modulaire :

**-Compacte :** Il intègre le processeur, l'alimentation et les entrées/sorties. Il peut réaliser certaines fonctions supplémentaires et recevoir des extensions limitées. Il est généralement destiné à la commande de petits automatismes.

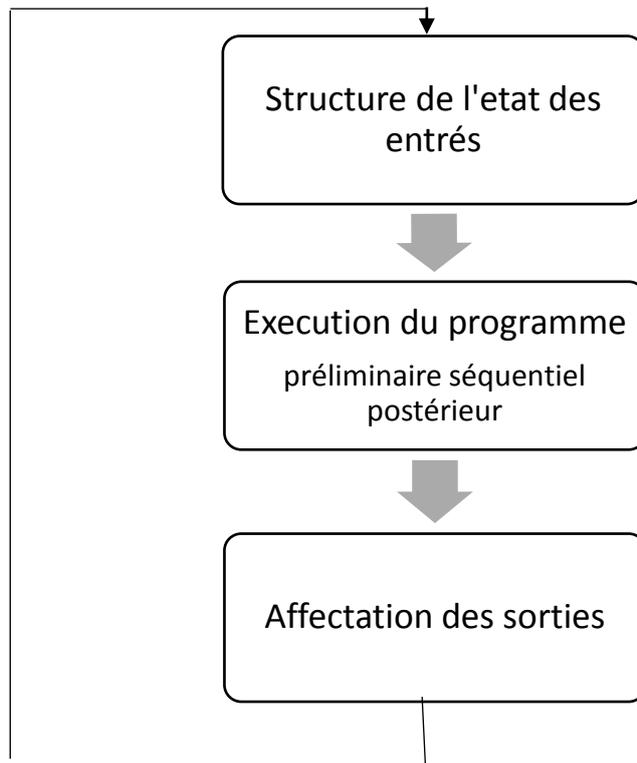


Figure III.3 : Architecture d'un API. 1

#### - Modulaire

Dans ce modèle le processeur, l'alimentation et les interfaces entrées/sorties résident dans des unités séparées (modules). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes de grande puissance et de capacité de traitement

#### -Structure interne :

-**Module d'alimentation** : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

-**Unité centrale** : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).

-**Mémoires** : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).

-Interfaces d'entrées / sorties.

-**Interface d'entrée** : elle permet de recevoir les informations du Système automatisé ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal.

-**Interface de sortie** : elle permet de commander les divers pré actionneurs et éléments de signalisation du système.

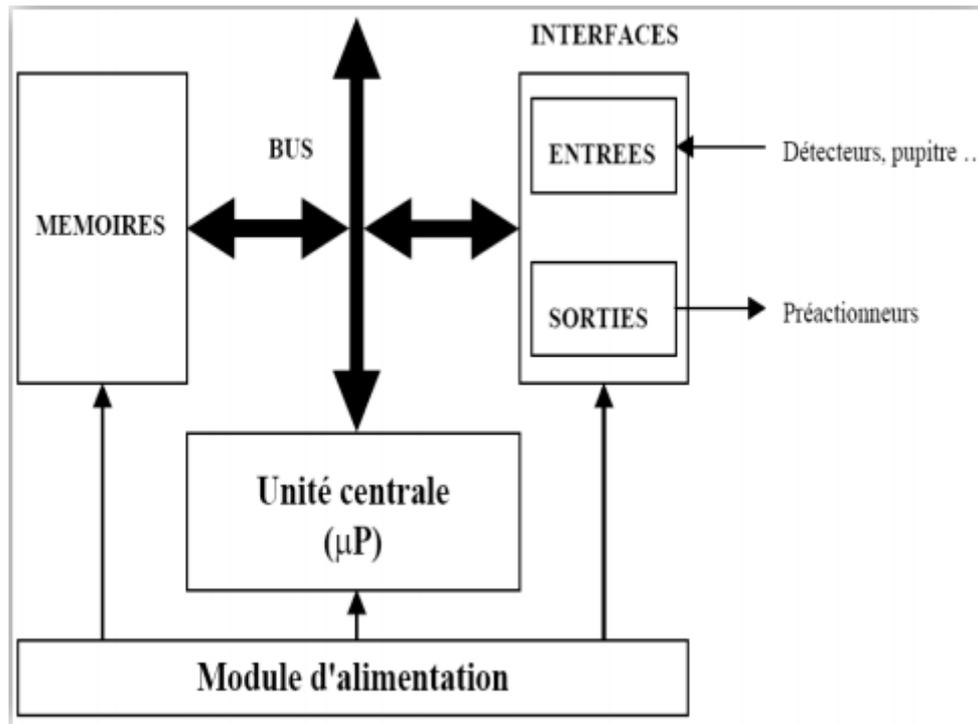


Figure III.4 : Structure interne des automates.

### III.3 Critères de choix d'un API

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ. Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir "se retourner" en cas de "perte de vitesse" de l'une d'entre elles.

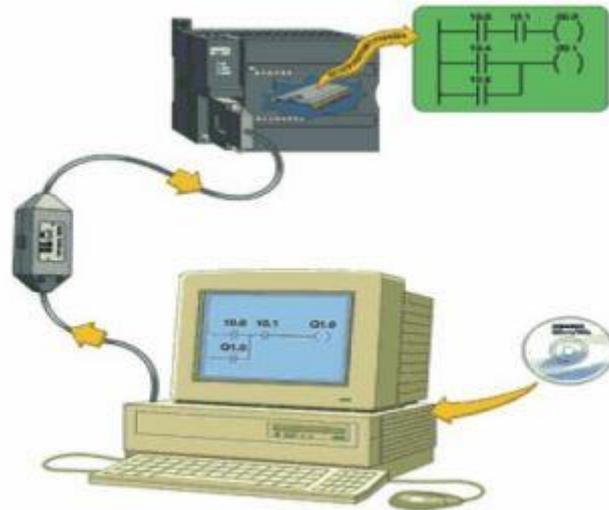
Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions. Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions. La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

Il faut ensuite quantifier les besoins : Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.

**1. Type de processeur :** la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue.

**2. Fonctions ou modules spéciaux :** certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).

**3. Fonctions de communication :** l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).



Tout en facilitant la mise au point des programmes ainsi que le dépannage des systèmes. On peut également traduire un grafset en langage en contacts et l'implanter sur tout type d'automate.

Pour notre travail, nous avons choisi à l'automate SIEMENS S7-300 et cela :

- Le nombre d'entrées/sorties (34/30).
- La nature TOR et analogique d'entrées/sorties.

Notre choix se base sur ces normes, puis Siemens Industriel Automation.

### III.4 API de Siemens

L'automatisation industrielle de Siemens garantit l'efficacité de l'ingénierie.

L'architecture système ouverte couvre toute la chaîne de production et assure l'interaction efficace de tous les constituants d'automatisation. Ce but est atteint par la consistance des données, la mise en œuvre de standards internationaux et l'homogénéité des interfaces matérielles et logicielles. Cette transversalité minimise grandement les travaux d'ingénierie.

Cela vous permet de faire des économies, réduit vos temps de mise sur le marché et augmente votre flexibilité. La gamme automate de Siemens contient 5 types d'automates :

- **Logo** : Solution très simple et combinatoire - SIMATIC S7-1200 : Solution séquentielle simple, mais précise ;
- **SIMATIC S7-200** : Solution séquentielle simple, performante en termes de temps réel et de communication ;
- **SIMATIC S7-300** : Solution séquentielle complexe. Il permet de réaliser la majorité des applications d'automatisme intégrant des architectures décentralisées ;
- **SIMATIC S7-400** : Solution séquentielle complexe, hautes performances en termes de communication et de mémoire.

Nous choisissons l'automate programmable S7-300 comme un API pour commander les différentes opérations de la soudeuse.

### III.5 Critères de choix de l'automate S7-300

D'après le cahier des charges établi, l'automate choisi doit répondre à certains critères qui sont :

- La capacité de traitement du processeur.
- Le nombre entrées/sorties.
- La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléennes).
- La qualité du service après-vente.
- La durée de garantie.

#### III.5.1. Description de l'Automate S7-300

Le S7-300 est un automate modulaire d'une gamme excellente des produits SIMENS, il est synonyme de la nouvelle technologie des automates programmables. Le S7-300 est utilisé dans presque toutes les branches de l'industrie où les applications les plus variées. Sa modularité permet de réaliser des fonctions d'automatisations les plus diverses à partir des différents modules.

Ses principales caractéristiques son :

- Gamme diversifiée de la CPU.
  - Gamme complète du module.
  - Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
  - Bus de fond de panier intégré au module.
  - Possibilité de mise en réseaux avec MPI, PROFIBUS ou INDUSTRIAL ETHERNET.
  - Raccordement central de la PG avec accès à tous les modules.
  - Liberté de montage au différent emplacement.
  - Configuration et paramétrage à l'aide de l'outil de configuration matériels.
    - Sa puissance et sa rapidité.
    - La possibilité d'intégration de nouvelles tâches.
    - Haute performance grâce aux nombreuses fonctions intégrées.
- IV.2.5.1 Constitution de l'automate S7-300 Un système d'automatisation S7-300 est un système modulaire, comprend les composantes indiquées ci-dessous :

##### -Module d'alimentation (PS) :

Transforme la tension secteur en une tension d'alimentation, et délivre sous une tension de 24 V, un courant de sortie assigné de 2A, 5A et 10A.

##### -Unité centrale :

C'est le cerveau de l'automate, exécute le programme utilisateur et commande les sorties, elle comporte les éléments suivants en face avant :

- Des leds pour la signalisation d'état et de défaut ;
- Commutateur à clé amovible à 4 positions ;
- Raccordement pour tension 24 V DC ;
- Interface multipoint MPI pour console de programmation ou couplage à un autre système d'automatisation ;
- Compartiment pour pile de sauvegarde ;

-Logement pour carte mémoire.

**-Module de signaux (SM) :**

C'est des modules E/S sont sélectionnés en fonction de la plage de tension ou de la tension de sortie, utilisés pour les E/S TOR ou analogiques et qui est devisé :

-Modules d'entrée : permettent à l'automate de recevoir des informations prévenantes soit de la part des capteurs (entrée logique, analogique ou numérique) ou bien du pupitre de commande.

-Modules de sortie : permettent de raccorder l'automate avec les différents pré-actionneurs (contacteurs, relais...) ainsi avec les actionneurs (moteurs, pompes...).

**-Module coupleur (IM) :**

C'est un coupleur qui permet la configuration multi rangée du S7-300, et assure la liaison entre les châssis et le couplage entre les différentes unités.

**-Module de fonction (FM) :**

Assure des taches lourdes en calcul ainsi des fonctions spéciales comme le positionnement, la régulation, le comptage, la commande numérique... etc.

**-Processeur de communication (CP) :**

Permet la communication entre plusieurs automates.

**-Le Rais**

Profilé Constitue le châssis de S7-300.

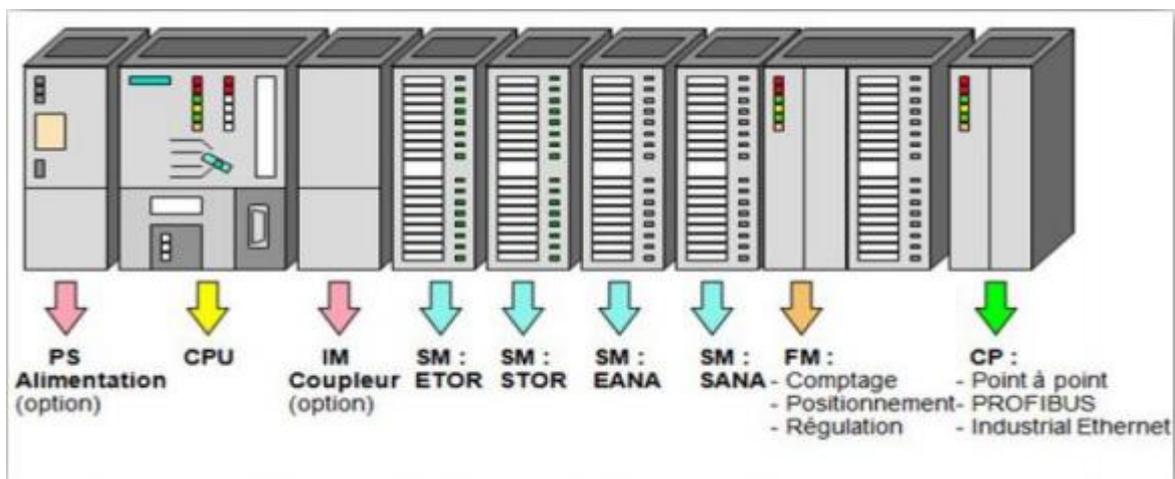


Figure III.5 : Constituants de l'automate S7-300

### III.5.2 Module d'alimentation (PS)

Tout réseau 24 volts industriels peut être utilisé pour alimenter la CPU du S7- 300. Les modules d'alimentation suivants, de la gamme S7, sont prévus pour être utilisés.

Tableau III.1 : Modules d'alimentation.

Désignation	CS	Tension à l'entrée	Tension à la sortie
PS307	2A	AC120 v/230 v	DC24v
PS307	5A	AC120 v/230 v	DC24v
PS307	10A	AC120 v/230 v	DC24v

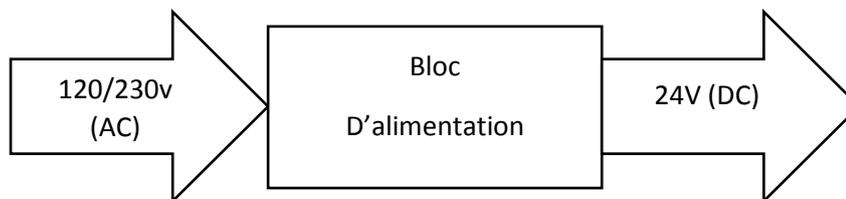


Figure III.6 : Alimentation d'un API. 1

### III.5.3 Description de la CPU

L'unité centrale de traitement (CPU) d'un ordinateur est un matériel qui exécute les instructions d'un programme informatique.

Il effectue les opérations arithmétiques, logiques et d'entrée/sortie de base d'un système informatique. Le processeur est le cerveau de l'automate.[16]

Elle comporte une unité de commande et de calcul, des mémoires, un programme système et des interfaces vers les modules de signaux.[17]

La CPU constituée de :

- **Interface MPI :**

Est une norme de passage de messages standardisée et portable conçue pour fonctionner sur des architectures de calcul parallèle ,Chaque CPU est équipée d'une interface MPI pour la connexion de la console de programmation (PG) ou un autre appareil.[18]

- **Commutateur de mode Fonctionnement :**

Le commutateur de mode fonctionnement permet de changer le mode de fonctionnement. Chaque position de commutateur de mode autorise certaines fonctions à la console de programmation. Les modes de fonctionnement suivants, sont possibles :

-**RUN-P** : exécution de programme, accès en écriture et en lecteur avec la PG.

-**RUN** : exécution de programme, accès en lecture seule avec la PG.

-**STOP** : le programme n'est pas exécuté, toutes les fonctions avec la PG sont autorisées.

-**MRES** : position dans la quelles un effacement général de la CPU peut être effectué.

- **Signalisation d'état :**

Certains états de l'automate sont indiqués par les LED en face avant CPU, par exemple :

-**SF** : signalisation groupée des défauts, défauts interne de la CPU ou d'un module avec fonction diagnostique.

-**BATF** : Défaillance de la batterie, batterie faible ou manquante.

-**DC5V** : signal de tension d'alimentation 5V, allumé : 5V sont Actuellement, clignotant : surcharge de courant.

-**FCRE** : Force un signal qu'au moins une entrée ou une sortie est forcée Permanent.

-**RUN** : le processeur commence à clignoter et continue de s'allumer Mode de fonctionnement.

-**STOP** : allumé en continu et clignote rapidement en mode STOP Effacement complet en cours.

- **La Carte mémoire :**

Vous pouvez installer la carte mémoire sur le CPU, elle conserve La marche à suivre en cas de coupure de courant, même en cas de perte de la batterie.

- **La pile :**

Il enregistre le contenu de la RAM en cas de panne de courant.[19]

- **Borne pour l'alimentation et la terre fonctionnelle :**

Ce bloc est commun à la plupart des CPU S7-300, on trouve les différentes Borne de puissance, par exemple :

-Le cavalier détachable peut être assemblé sans mise à la terre.

-Terre.

### III.5.4 Module de coupleur (IM) :

Les coupleurs peuvent être utilisés pour un couplage sur de courtes distances. Pour un couplage sur de longues distances, il est recommandé d'émettre les signaux via le bus Profibus. Les coupleurs IM306 / IM361 ou IM365 permettent de réaliser des configurations à plusieurs châssis.

### III.5.5. Module de signaux :

Ils comportent plusieurs types tels que : STOR, ETOR, SANA, EANA ou E/SANA, et E/STOR, ils ont comme fonction l'adaptation des niveaux de signaux entre le processus et le S7-300.

#### **A) Module de fonction (FM) :**

Les modules de fonctions offrent les fonctions suivantes : Comptage, régulation, positionnement.

#### **B) Module de simulation :**

Le module de simulation nous permet de :

- simuler les grandeurs d'entrée avec des interrupteurs.

- Afficher les grandeurs de sortie TOR.

#### **C) Module de communication (CP) :**

Ils permettent d'établir des liaisons hommes-machines qui sont réalisé à l'aide des interfaces de communication :

- Point à point.

- Profibus.

- Industriel Ethernet.

#### **D) Châssis d'extension (UR) :**

Il est constitué d'un profilé support en aluminium et bus de fond de panier avec Connecteur. Il permet le montage et raccordement électrique de divers modules Tels que : les modules d'entrées /sorties et d'alimentation. Il est possible d'utiliser plusieurs racks en fonction du nombre d'entrées/ sortie.

### **III.6. Principe de fonctionnement**

L'automate programmable **reçoit** les informations relatives à l'état du système et puis **commande** les pré-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire.[20]

#### **III.6.1 Le module central CPU**

La tension venant du signaleur est connectée sur la barrette de connexion de module d'entrée. Dans la CPU (Module central), le processeur traite le programme se trouvant dans la mémoire et interroge les entrées de l'appareil pour savoir si elles délivrent de la tension ou pas. En fonction de l'état des entrées et du programme se trouvant en mémoire, le processeur ordonne au module de sortie de commuter sur le connecteur de la barrette de connexion correspondante. En fonction de l'état de tension sur les connecteurs des modules de sortie, les appareils à positionner et les lampes indicatrices sont connectés ou déconnectés. Le compteur d'adresses interroge les instructions du programme mémoire les unes après les autres (série) et provoque la transmission d'informations dépendantes de programme depuis la mémoire programme au registre d'instructions. On appelle usuellement les mémoires d'un processeur les registres. Le bus de périphérie exécute l'échange de données entre le module central et la périphérie. Les modules numériques d'entrée/sortie, les modules analogiques d'entrée/sortie et les modules de temporisation, de compteur appartiennent à la périphérie.

#### **III.6.2 Réception des informations sur les états du système**

Le S7-300 reçoit des informations sur l'état du processus via les capteurs de signaux reliés aux entrées. Le S7-300 met à jour la mémoire image des entrées au début de chaque cycle de programme en transférant le nouvel état des signaux d'entrées des modules vers la mémoire image des entrées ce qui permet à la CPU de savoir l'état du processus.

#### **III.6.3 Exécution du programme utilisateur**

Après avoir acquis les informations d'entrées et exécuter le système d'exploitation, la CPU passe à l'exécution du programme utilisateur, qui contient la liste d'instruction à exécuter pour faire fonctionner le procédé. Il est composé essentiellement de bloc de données, bloc de code, et bloc d'organisation.

#### **III.6.4 Commande du processus**

Pour commander le processus, on doit agir sur les actionneurs. Ces derniers reçoivent l'ordre via le module de sortie du S7-300. Donc l'état des sorties est connu après l'exécution du programme utilisateur par la CPU, puis elle effectue la mise à jour de la mémoire image des sorties pour communiquer au processus le nouvel état.

#### **III.6.5 Mise en œuvre d'un automate**

A partir d'un problème d'automatisme donné, dans lequel on définit les commandes les capteurs, les organes de sortie et le processus à réaliser, il faut établir :

- Le graficet niveau 1 et le graficet niveau2.
- Faire le repérage des entrées/sorties.
- Ecrire le programme, le charger dans la mémoire RAM/EEPROM et le transférer dans l'unité centrale de l'automate.
- Tester à vide (mise au point).
- Raccorder l'automate a la machine.

### III.7 Nature des informations traitées par l'automate

Les informations traitées par l'automate peuvent être de type :

- **Tout ou rien (T.O.R) :**

L'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1...). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir, etc.

- **Analogique :**

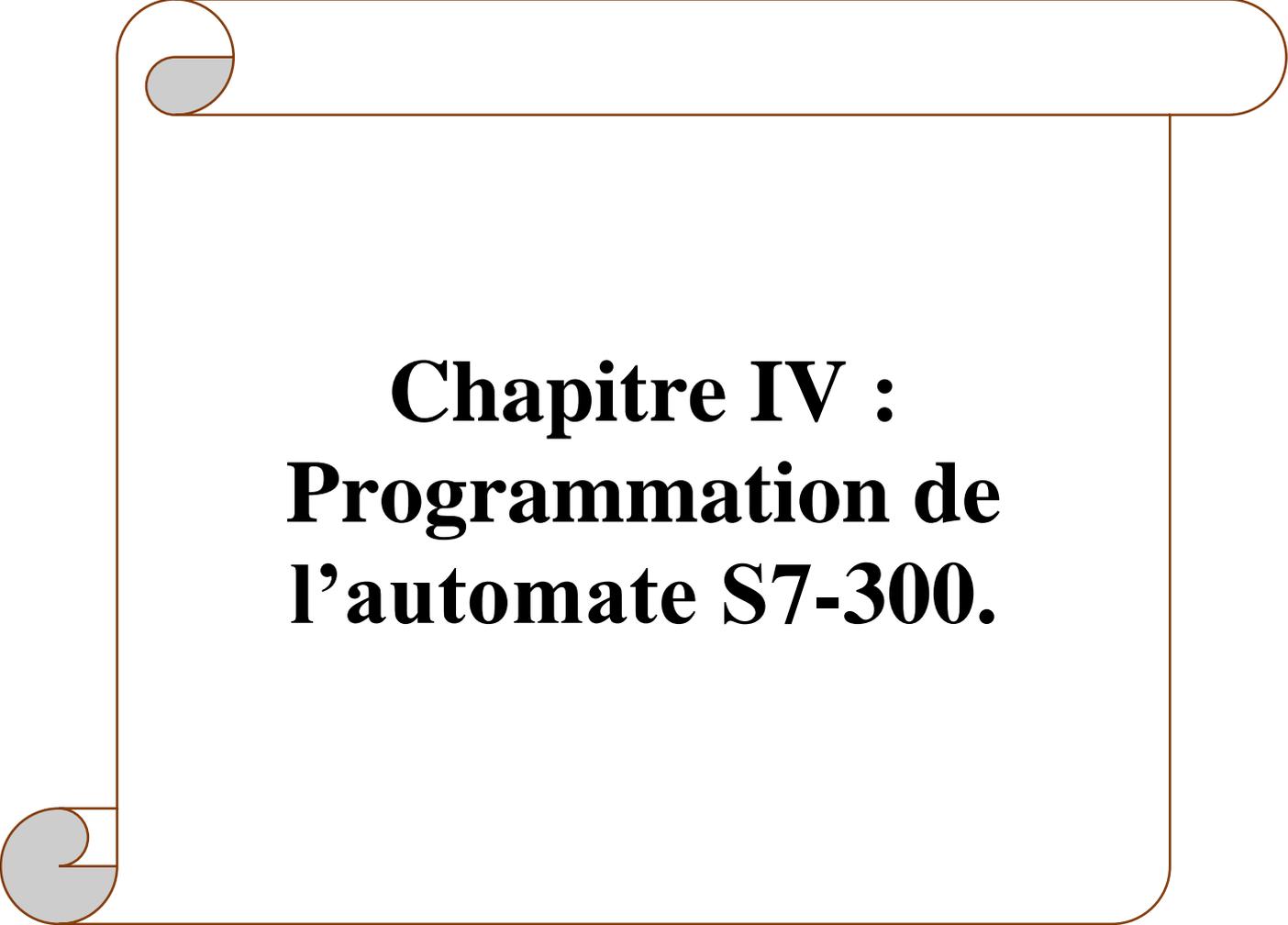
L'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température).

- **Numérique :**

L'information est continue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent. 35 Choix de l'automate programmable industriel.

### III.8. Conclusion

Nous avons présenté l'automate programmable industriel particulièrement l'automate S7-300 qui a été choisi comme proposition de l'automatisation de la station. Il est adéquat et extensible, facile à adapter aux diverses conditions non seulement industrielles mais aussi dans des différents secteurs.

A decorative scroll frame with a brown border and rounded corners. The top and bottom edges are slightly curved, and the left side has a scroll-like opening. The text is centered within this frame.

**Chapitre IV :  
Programmation de  
l'automate S7-300.**

## IV.1 Introduction

La programmation est un moyen pour automatiser des opérations des machines et des installations. Après la configuration matérielle et avec l'exploitation de la table des mnémoniques, la programmation sous Step7 est la troisième étape à réaliser pour créer un programme S7. La compilation et le diagnostic des programmes réalisés sont effectuées après le chargement dans la CPU pour chercher d'éventuelles erreurs dans le programme.

Dans ce chapitre nous allons définir les différentes étapes de programmation qui permettent de mettre au point la solution proposée dans le chapitre précédent.

## IV.2 Programmation de l'automate Siemens SIMATIC S7-300

Le programme est l'ensemble ordonné des instructions à exécuter pour réaliser le fonctionnement recherché. Ce programme est rangé dans la zone mémoire prévue à cet effet et appelée mémoire de programme. L'écriture du programme se fait en trois étapes :

- Analyse du problème.
- Rédaction du programme (programmation).
- Introduction du programme dans la mémoire de programme.

La gamme d'automates Siemens a un logiciel de programmation qu'on appelle Step7.

### IV.2.1 STEP 7

STEP 7 est le progiciel de base pour la configuration et la programmation de système d'automatisation SIMATIC. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le progiciel de base STEP 7 existe en plusieurs versions :

- STEP 7-Micro/DOS et STEP 7-Micro/Win pour des applications autonomes simples sur SIMATIC S7 - 200.

- STEP 7 pour des applications sur SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 et SIMATIC C7 présentant des fonctionnalités supplémentaires :

- Possibilité d'extension grâce aux applications proposées par l'industrie logicielle SIMATIC (voir aussi Possibilités d'extension du logiciel de base STEP 7)

- Possibilité de paramétrage des modules fonctionnels et des modules de communication

- Forçage et fonctionnement multiprocesseur

- Communication par données globales

- Transfert de donnée commandé par événement à l'aide de blocs de communication et de blocs fonctionnels

- Configuration de liaison STEP 7 fait l'objet du présent manuel d'utilisation, STEP 7-Micro étant décrit dans la documentation "STEP 7-Micro/DOS".

### IV.2.2 Langage de programmation

Les langages de base proposés dans l'éditeur du programme du logiciel STEP 7 sont : le CONT, le LIST et le LOG.

#### a. Langage contact (contact)

Le langage CONT (langage contact) ou LADDER est un langage dont la logique est inspirée des réseaux électriques. Le schéma à contact (CONT) est un langage de programmation graphique, dont la syntaxe des instructions est issue des schémas à relais, CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts (à fermeture et à ouverture), les éléments complexes et les bobines.

#### b. Logigramme (LOG)

Le logigramme est une représentation graphique ayant recours aux symboles de la logique. Les différentes fonctions sont représentées par un symbole avec indicateur de fonction. Les entrées sont disposées à gauche du symbole et les sorties à droite de ce dernier.

#### c. List d'instruction (LIST)

La liste d'instruction (LIST) est un langage textuel proche de la machine, dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par les quelles la CPU traite le programme, Les programmes d'automatisation programmés en CONT ou en LOG sont en principe toujours traduisibles en LIST.

### IV.2.3 Blocs du programme utilisateur

Il faut avoir l'habitude de subdiviser le procédé à automatiser en différentes tâches. Les parties d'un programme utilisateur structuré correspondant à ces différentes tâches, sont les blocs de programmes.

Le STEP7 offre la possibilité de structurer le programme utilisateur, c'est-à-dire le subdiviser en différentes parties autonomes qui donnent les avantages suivants :

- Écrire des programmes importants et clairs.
- Standardiser certaines parties du programme.
- Simplification de l'organisation du programme.
- Modification facile du programme.
- Simplifier le test du programme, car on peut l'exécuter section par section.
- Faciliter la mise en service.

Le logiciel de base STEP7 dans ses différents langages de programmation possède un nombre important de blocs d'utilisateur, destiné à structurer le programme utilisateur.

#### A. Bloc d'organisation (OB)

Un **OB** est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc une interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation.

L'**OB** contient des instructions d'appel de blocs indiquant à l'unité de Commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

### **B. Bloc fonctionnel (FB)**

Un bloc fonctionnel contient un programme qui est exécuté dès son appel par un autre bloc de code. Il facilite la programmation des fonctions complexes, comme la commande de moteur (accélérateur...etc.).

### **d. Fonction (FC)**

Les fonctions (FC) font partie des opérations que le concepteur programme.

Elles ne possèdent pas de mémoires.

Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile de données locales. Ces données sont perdues après exécution de la fonction. Les fonctions peuvent faire appel à des blocs de données globaux pour la sauvegarde de données. Une fonction contient un programme qui est exécuté lorsqu'elle est appelée par un autre bloc de code. Elle peut être utilisée pour :

- Renvoyer une valeur de fonction au bloc appelant (exemple : fonction mathématique).
- Exécuter une fonction technologique.

### **d. Bloc de données**

Les **BD** sont utilisées pour la mise à disposition de l'espace mémoire pour des variables de type données.

Tous les **FB**, **FC**, **OB** peuvent lire les données contenues dans un **BD** global ou écrire des données dans un **BD** global. Ces données sont conservées dans le bloc de données même lorsqu'on quitte le **BD**.

## **IV.2.4 Configuration matériels**

La configuration consiste en la disposition des châssis (rack), de module d'appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont représentés par une table de configuration, dans laquelle on peut enficher un nombre défini de modules, comme dans les châssis réels.

Nous avons choisi une configuration matérielle qui est justifiée par le nombre d'entrée/sorties de notre installation.

## **IV.2.5 Création d'un projet dans S7-300**

Pour créer un projet **STEP7**, on dispose d'une certaine liberté d'action, en effet on a deux solutions possibles soit :

- Commencer par la configuration matérielle.
- Commencer par écrire le programme.

Dans notre cas les procédures suivies pour la création du projet sous le logiciel **STEP7**, sont comme suit :

- Lancer **SIMATIC managé** par un double clic sur son icône.
- La fenêtre suivante permet la création d'un projet.

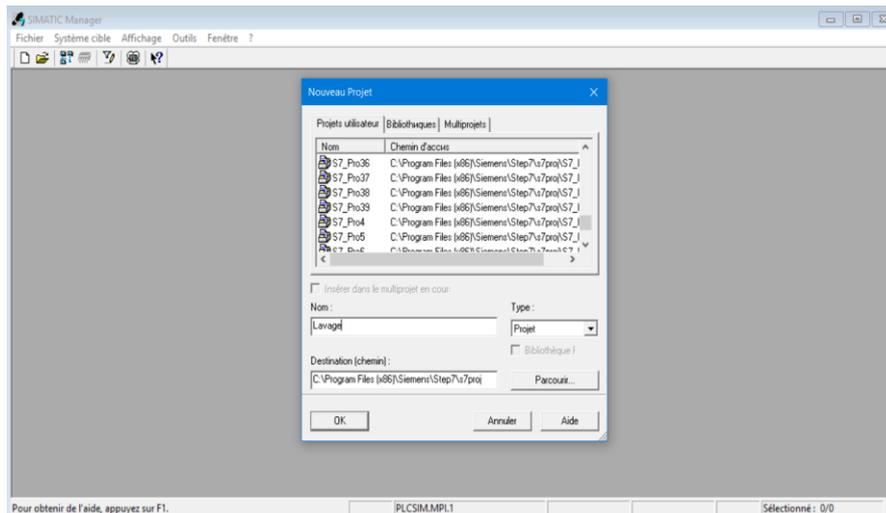


Figure IV.1 : Fenêtre de création d'un projet.

- Après avoir créé un fichier nouveau qu'on a nommé (Lavage), on clique sur **insertion station** et choisir la **SIMATIC 300**.

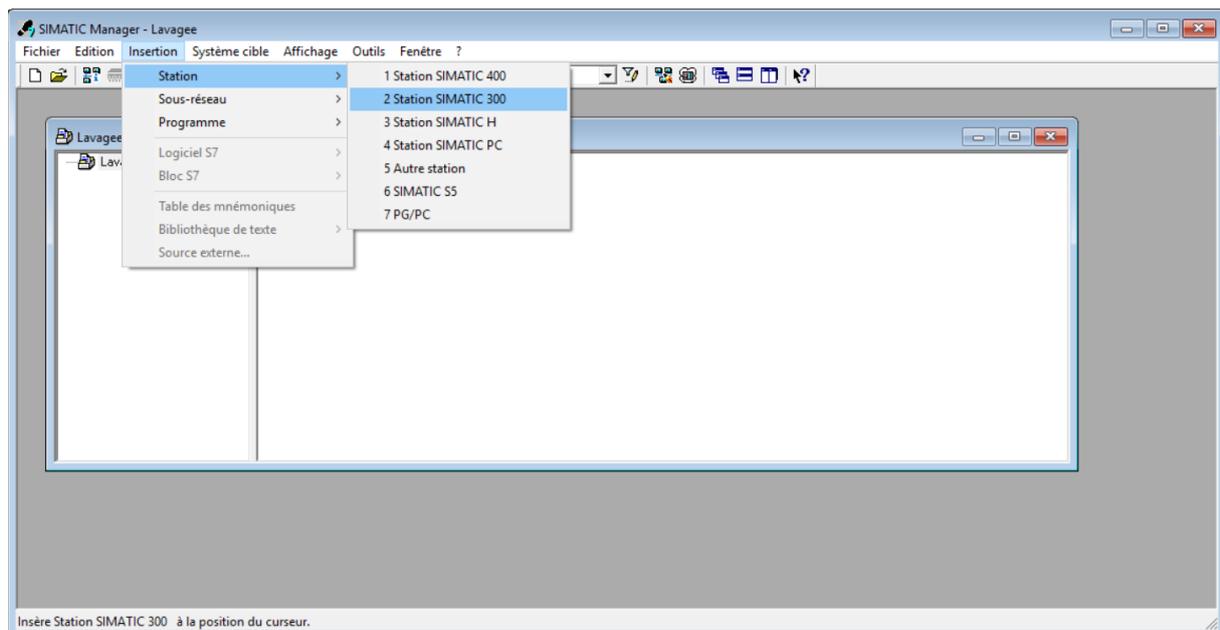


Figure IV.2 : Fenêtre pour choisir la station.

- La prochaine étape consiste à choisir la configuration matérielle, pour cela on double clic sur la fenêtre  **Matériel**, cette étape permet de choisir la configuration matérielle nécessaire pour notre projet (le châssis, alimentation, la CPU et les modules d'entrées et de sorties).

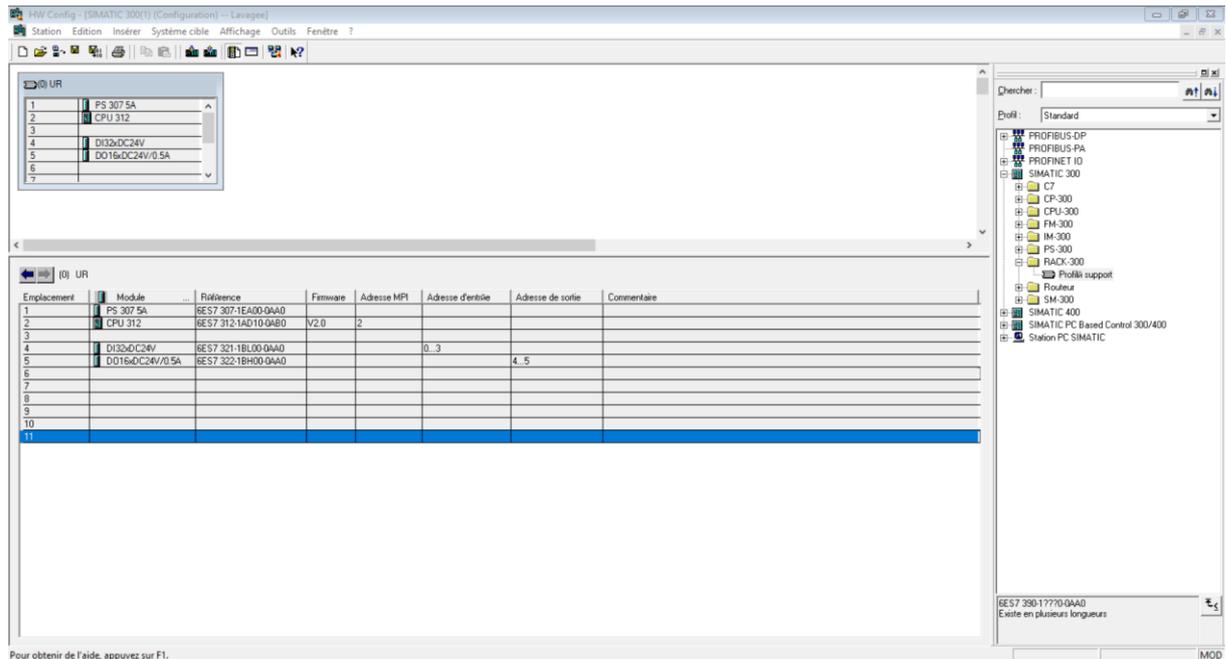


Figure IV.3: Fenêtre de configuration matérielle

- Après avoir choisi la configuration matérielle nécessaire on revient à notre espace de travail où on doit éditer les mnémoniques qu'on a attribué (voir chapitre II), la fenêtre suivante apparaît :



Figure IV.4 : Fenêtre du programme S7.

- Double clic sur l'icône et on fait entrer les mnémoniques. Comme le montre la fenêtre suivante :

Etat	Mnémoniques	Opérande	Type de do	Commentaire
	Cycle Exécution	OB 1	OB 1	
	FC1	E 0.0	BOOL	Fin de course fermeture de la porte 1
	FC2	E 0.1	BOOL	Fin de course ouverture de la porte 1
	FC3	E 0.2	BOOL	Fin de course fermeture de la porte 2
	FC4	E 0.3	BOOL	Fin de course ouverture de la porte 2
	FC5	E 0.4	BOOL	Fin de course table cuve 1 en haut
	FC6	E 0.5	BOOL	Fin de course table cuve 1 au milieu
	FC7	E 0.6	BOOL	Fin de course table cuve 1 en bas
	FC8	E 0.7	BOOL	Fin de course table cuve 2 en haut
	FC9	E 1.0	BOOL	Fin de course table cuve 2 au milieu
	FC10	E 1.1	BOOL	Fin de course table cuve 2 en bas
	CP1	E 1.2	BOOL	Début cycle
	CP2	E 1.3	BOOL	Doigt en haut
	CP3	E 1.4	BOOL	Doigt en bas
	CP4	E 1.5	BOOL	L'arrivée de la pièce à la fin de la Table 1
	CP5	E 1.6	BOOL	Pièce sur table de lavage
	CP6	E 1.7	BOOL	pièce sur table de rinçage
	CP7	E 2.0	BOOL	Pièces sur table de séchage
	CP8	E 2.1	BOOL	Capteur fin de cycle

Figure IV.5 : Fenêtre de table des mnémoniques

Nous avons choisi de suivre, pour la programmation de notre application, le type structuré complexe qui consiste en la subdivision du programme en petites parties,

correspondantes aux fonctions (FC) du processus d'automatisation qui peuvent être utilisées en leurs faisant appel dans le bloc organisationnel (OB).

Pour créer un bloc il faut cliquer sur l'icône  puis en cliquant sur le bouton droit, on choisit **insérer un nouvel objet** puis **bloc d'organisation** ou **fonction**.

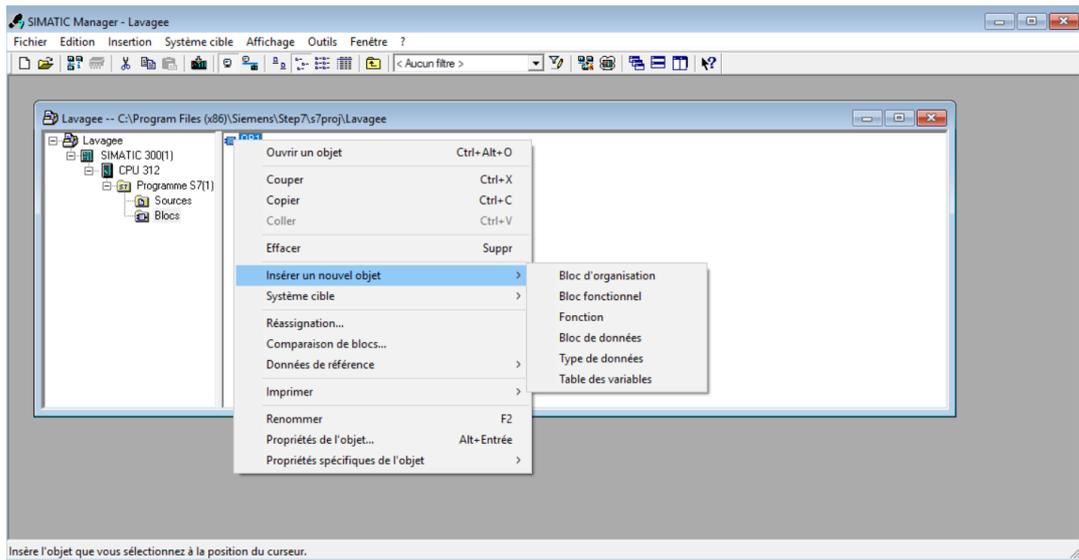


Figure IV.6 : Sélection de bloc de programmations.

- **Choix du langage de programmation**

Pour choisir le langage de programmation il faut aller vers **Afficher** puis **CONT**, **LIST** ou **LOG**.

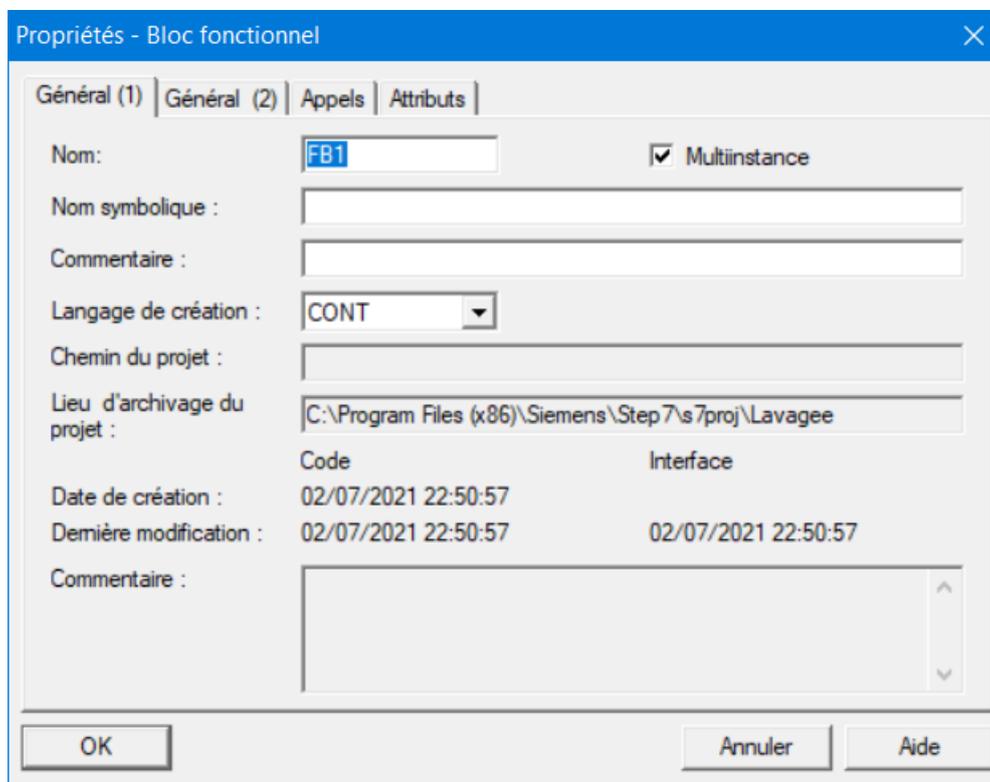


Figure IV.7 : Choix de langage de programmation.

- Après avoir entamé les étapes précédentes, on passe à la création des réseaux et des instructions du programme.

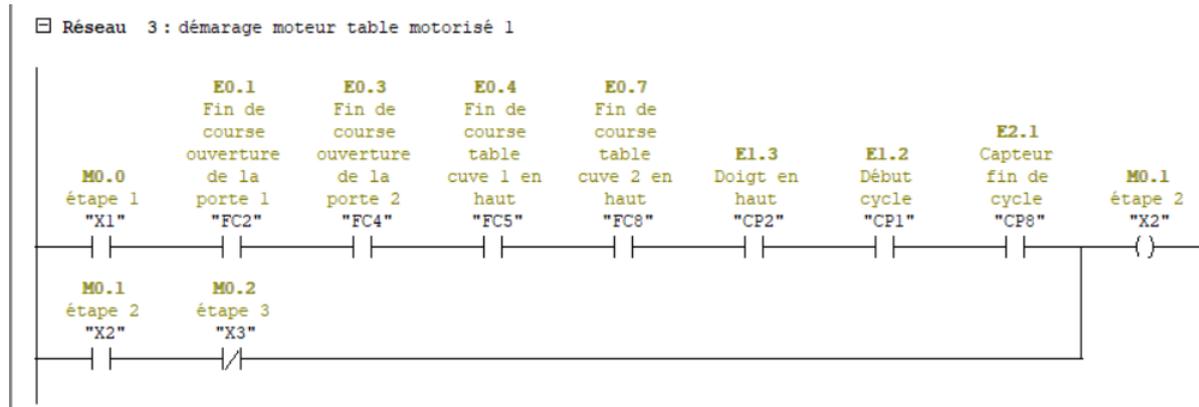


Figure IV.8 : Exemple d'une fenêtre de programmation.

### IV.3 Programmation avec S7-PLCSIM

Le développement de notre programme est fait sous le logiciel de simulation de l'automate S7-PLCSIM, intégré dans l'atelier logiciel Step7 professionnel. Il permet de faire des tests dynamiques des programmes de toute configuration sous l'automate SIMATIC S7 sans disposer de matériel cible. Il permet aussi de réduire de manière significative, les temps de mise en service de notre installation grâce à la mise au point et l'optimisation anticipée des programmes automates.

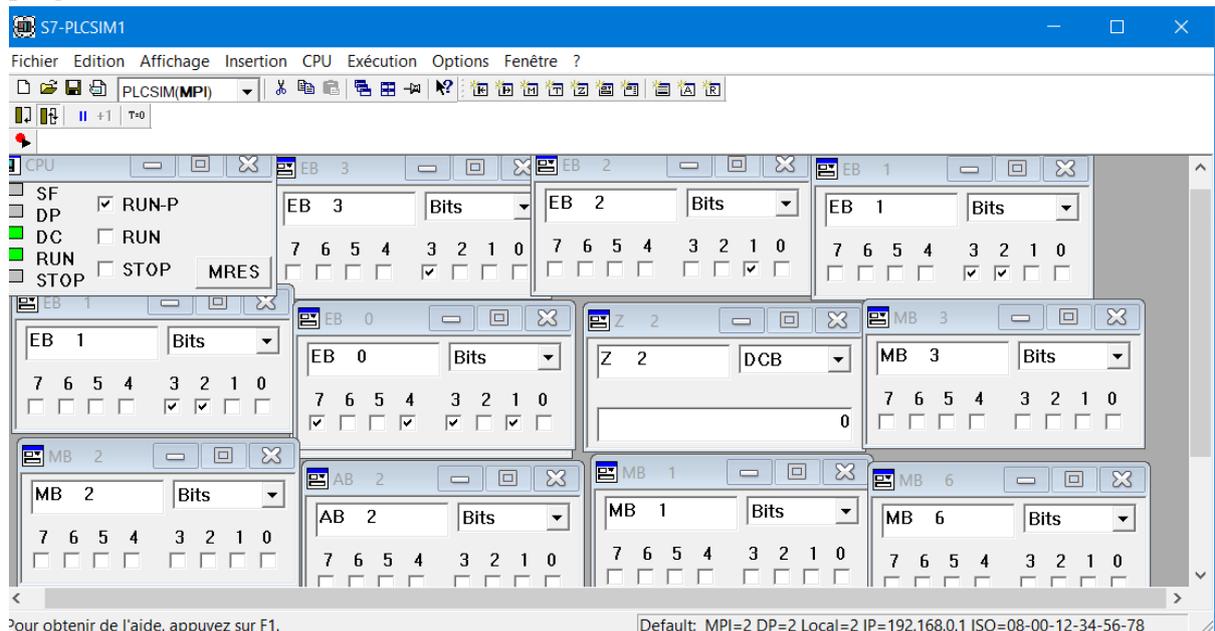


Figure IV.9 : Fenêtre du S7-PLCSIM. 1

#### a) Chargement de programme

On procède de la manière suivante pour le programme édité :

- Pour ouvrir le projet programme final, on utilise la commande **fichier ouvrir projet** du gestionnaire de projet SIMATIC.
- Parcourir la boîte de recherche jusqu'au classeur des blocs et la structure hiérarchique du projet est représenté à la figure (IV.10).

Pour charger le classeur des blocs dans la CPU de simulation, on choisit la commande

Système cible chargé ou on clique sur le bouton de chargement.

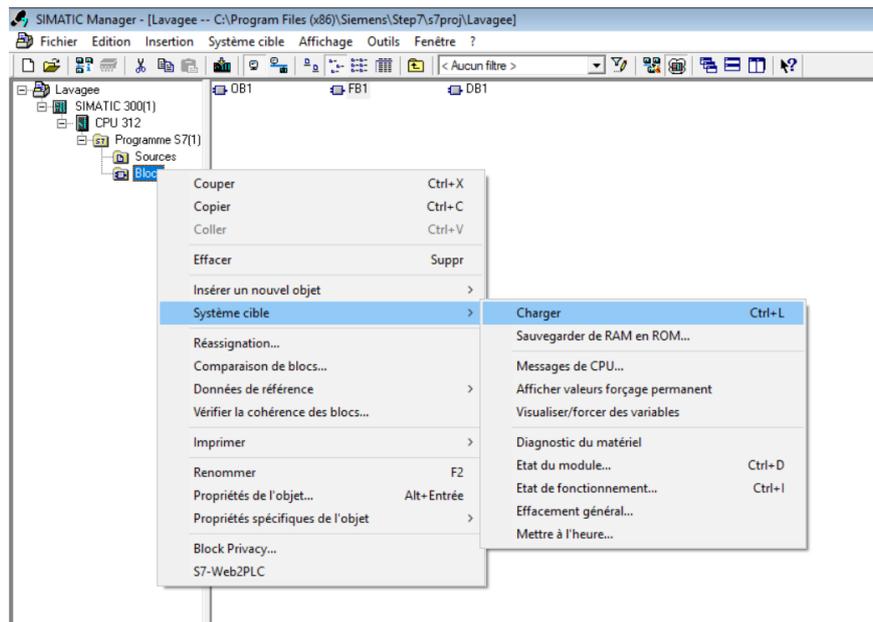


Figure IV.10: Chargement de programme dans l'API de simulation.

## b) Exécution et visualisation du programme

Pour exécuter et visualiser le programme utilisateur chargé, on procède de la manière suivante :

- Choisir la commande **Test-visualiser** ou directement à partir de la barre d'outils en cliquant sur l'icône  afin de visualiser le programme pendant l'exécution.
- On sélectionne la case **RUN-P** de la CPU pour mettre en marche et démarrer ainsi le cycle de l'exécution du programme.
- On force l'état des entrées, mémentos... etc. et cela en sélectionnant le bit correspondant dans les fenêtres des variables créées préalablement puis, on constate l'évolution des états des sorties à travers la fenêtre de sortie précédemment créée.

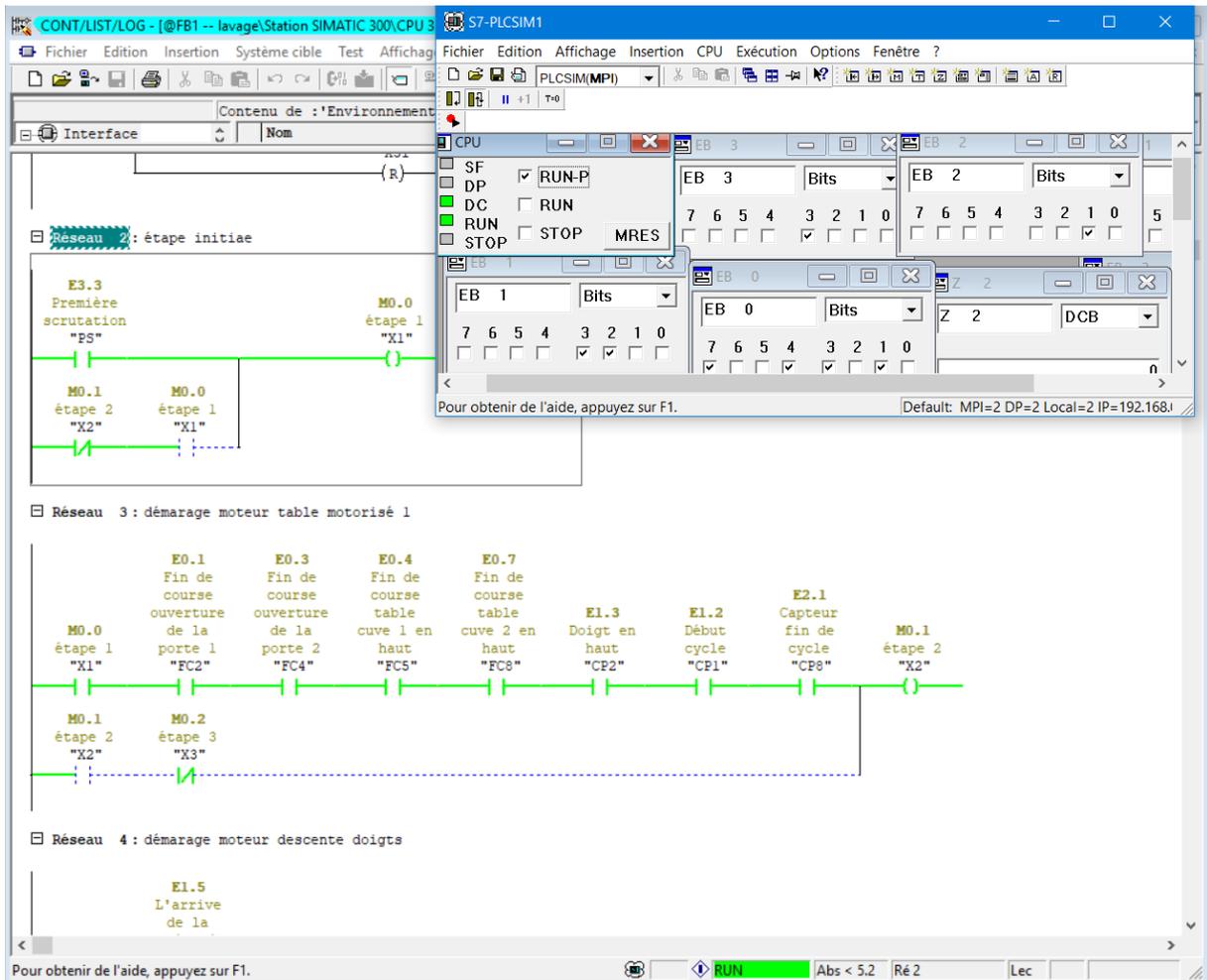


Figure IV.11 : Exécution et visualisation du programme.

#### IV.4 Conclusion

Le programme utilisateur que nous avons développé pour la machine a été réalisé grâce à l'utilisation de S7-PLCSIM. Ce logiciel dispose d'une interface, permettant de surveiller et de modifier le programme développé afin de le rendre opérationnel pour une éventuelle implantation réelle sur un automate Programmable industriel.

## Conclusion générale

Au terme de ce travail, nous avons constaté que la réussite d'une réalisation d'un Système de contrôle-commande repose essentiellement sur une meilleure analyse du procédé à Commander, ainsi que le bon choix de l'équipement à utiliser.

Le travail réalisé est l'étude et l'automatisation avec l'automate programmable **S7-300**, de la station de lavage de pièces mécanique à la Société Nationale de Construction Mécanique (SONACOME).

Après l'étude de fonctionnement de la station, nous avons proposé quelques modifications pour améliorer le cycle de traitement. Ensuite on a modéliser la station à l'aide de l'outil de modalisation **GRAFCET** ; et on a simulé notre programme avec le logiciel de simulation de **step7** le : **S7 PLCSIM**.

Cette expérience pratique sur le terrain nous a rendus attentif à l'importance des relations humaines, d'abord au sein d'une équipe, à tous les niveaux de responsabilité, et elle nous a fait comprendre que la réalité du travail sur le terrain est bien plus complexe que les théories acquises durant nos études.

Notre stage au sein de SONACOME nous a permis d'enrichir nos connaissances au niveau théorique d'une part à savoir la manipulation de différents documents, la méthodologie du travail, et sur le niveau pratique d'autre part en tenant compte de toutes les techniques acquises durant cette période.

Pour terminer, ce projet a élaboré à notre évolution dans plusieurs domaines, Éventuellement le nôtre et il nous a donné un plan pour débiter notre vie professionnelle.

## Référence bibliographique

[1] <https://www.materiel-industriel.com/solutions-industrielles-de-nettoyage-de-pieces-mecaniques/#:~:text=Son%20objectif%20est%20de%20d%C3%A9barrasser,la%20fiabilit%C3%A9%20des%20produits%20finis.>

<https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-bruleur-10554/>

[4] : <https://pages.binder-world.com/fr/etuve-de-sechage#:~:text=D%C3%A9finition%20%3A%20qu'est%20ce,d%C3%A9shumidification%20d'objets%20%C3%A0%20contr%C3%B4ler.>

[3] : <https://tricolor-industries.fr/comment-fonctionne-une-etuve/>

[5] : <https://www.climamaison.com/lexique/resistance.htm>

[6] ROYAUME DU MAROC / Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION / RESUME THEORIQUE & GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES MODULE N 12 : MONTAGE DE CIRCUITS PNEUMATIQUES SECTEUR : ELECTROTECHNIQUE SPECIALITE : ELECTROMECHANIQUE NIVEAU : QUALIFICATION ANNEE 2010

[7] <http://www.electrosup.com/actionneur.php>

[8] [https://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/Automatismes/chapitre1\\_systeme.pdf](https://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/Automatismes/chapitre1_systeme.pdf)

[9] [http://www.lycee-ferry-versailles.fr/si-new/synthese/cours/5\\_2\\_verin.pdf](http://www.lycee-ferry-versailles.fr/si-new/synthese/cours/5_2_verin.pdf)

[10] B. SMAÏL ; << Modélisation des Modes de Démarrages Sans à-coups et Freinage des Entraînements Electriques à Moteur Asynchrone » ; UMMTO, 17 Octobre 2017

[11] <https://datafranca.org/wiki/Capteur>

[12] <https://www.technologuepro.com>

[13] <https://gaz-tarif-reglemente.fr/lexique-gaz/definition-thermocouple.html>

[14] <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Cours-Grafcet-notions-de-base.htm>

[15] : [http://www.est.usmba.ac.ma/GRAF CET/co/module\\_cours\\_grafcet\\_2.html#:~:text=Le%20langage%20courant%20est%20mal,automatisme%20par%20tous%20les%20intervenants.](http://www.est.usmba.ac.ma/GRAF CET/co/module_cours_grafcet_2.html#:~:text=Le%20langage%20courant%20est%20mal,automatisme%20par%20tous%20les%20intervenants.)

[16] : Unité centrale de traitement (CPU) : Pièces, définition & fonction - Vidéo & Transcription de la leçon | Study.com

[17] : BerrahmounHamid\_BecharHamid.pdf

[18] : Interface de transmission de messages - Wikipédia (wikipedia.org)

[19] : cpumemoire2.ppt (umontreal.ca)

[20] : <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm>

## ANNEXE 1 : Tableau mnémorique

	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de do	Commentaire
1		CP1	E 1.2	BOOL	Début cycle
2		CP2	E 1.3	BOOL	Doigt en haut
3		CP3	E 1.4	BOOL	Doigt en bas
4		CP4	E 1.5	BOOL	L'arrive de la pièce à la fin de la Table 1
5		CP5	E 1.6	BOOL	Piece sur table de lavage
6		CP6	E 1.7	BOOL	piece sur table de rinçage
7		CP7	E 2.0	BOOL	Pièces sur table de séchage
8		CP8	E 2.1	BOOL	Capteur fin de cycle
9		CP9	E 2.2	BOOL	Position initiale de transfert de charge
10		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
11		EV2	A 0.5	BOOL	Active la descente cuve rinçage
12		EV3	A 0.6	BOOL	Active la descente cuve de lavage
13		EV4	A 0.7	BOOL	Active la montée cuve rinçage
14		EV5	A 1.0	BOOL	Active la montée cuve lavage
15		EV6	A 1.1	BOOL	Active l'ouverture des portes étuve
16		EV7	A 1.2	BOOL	Active la fermeture des portes étuve
17		FC1	E 0.0	BOOL	Fin de course fermeture de la porte 1
18		FC10	E 1.1	BOOL	Fin de course table cuve 2 en bas
19		FC2	E 0.1	BOOL	Fin de course ouverture de la porte 1
20		FC3	E 0.2	BOOL	Fin de course fermeture de la porte 2
21		FC4	E 0.3	BOOL	Fin de course ouverture de la porte 2
22		FC5	E 0.4	BOOL	Fin de course table cuve 1 en haut
23		FC6	E 0.5	BOOL	Fin de course table cuve 1 au milieu
24		FC7	E 0.6	BOOL	Fin de course table cuve 1 en bas
25		FC8	E 0.7	BOOL	Fin de course table cuve 2 en haut
26		FC9	E 1.0	BOOL	Fin de course table cuve 2 au milieu
27		FDC1	E 3.1	BOOL	Fin de comptage lavage
28		FDC2	E 3.2	BOOL	Fin de comptage rinçage
29		L3	A 0.3	BOOL	Voyant "marche" transfert de charge
30		L4	A 0.4	BOOL	Voyant "marche" transfert de charge
31		L7	A 2.0	BOOL	Voyant "marche" ventilateur
32		L8	A 2.2	BOOL	Voyant "marche" brassage étuve
33		M1	A 1.7	BOOL	Moteur brassage étuve
34		M2	A 2.1	BOOL	Moteur extraction de buées
35		M3	A 0.0	BOOL	Moteur de table motorisé 1
36		M4	A 2.3	BOOL	Moteur de table motorisé 2
37		M5CE	A 0.2	BOOL	Moteur avance transfert de charge
38		M5CF	A 1.4	BOOL	Moteur récule transfert de charge
39		M6CH	A 1.3	BOOL	Moteur relevage doigts
40		M6G	A 0.1	BOOL	Moteur descente de doigts
41		PS	E 3.3	BOOL	Première scrutation
42		TMAX1	E 2.3	BOOL	Capteur de valeur maximale de thermostat de bruleur 1
43		TMAX2	E 2.5	BOOL	Capteur de valeur maximale de thermostat de bruleur 2
44		TMAX3	E 2.7	BOOL	Capteur de valeur maximale de thermostat de résistance de séchage

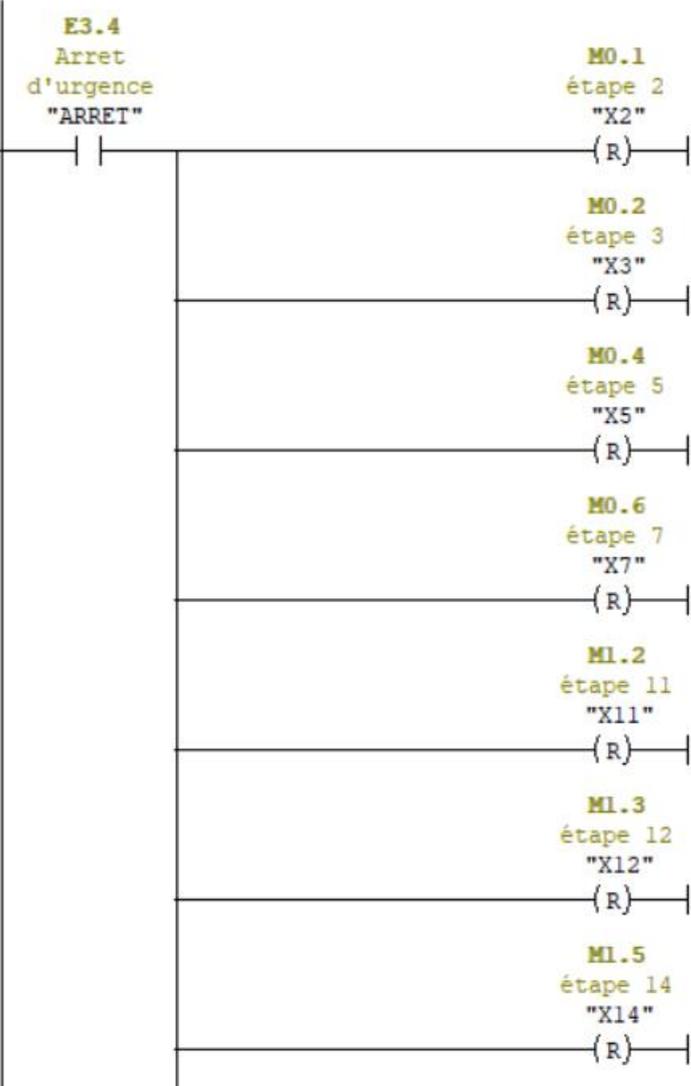
Table Edition Insertion Affichage Outils Fenêtre ?					
Tous les mnémoniques					
	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de do	Commentaire
38		M5CF	A 1.4	BOOL	Moteur récule transfert de charge
39		M6CH	A 1.3	BOOL	Moteur relevage doigts
40		M6G	A 0.1	BOOL	Moteur descente de doigts
41		PS	E 3.3	BOOL	Première scrutation
42		TMAX1	E 2.3	BOOL	Capteur de valeur maximale de thermostat de bruleur 1
43		TMAX2	E 2.5	BOOL	Capteur de valeur maximale de thermostat de bruleur 2
44		TMAX3	E 2.7	BOOL	Capteur de valeur maximale de thermostat de résistance de séchage
45		TMIN1	E 2.4	BOOL	Capteur de valeur mi,imale de thermostat de bruleur 1
46		TMIN2	E 2.6	BOOL	Capteur de valeur maximale de thermostat de bruleur 2
47		TMIN3	E 3.0	BOOL	Capteur de valeur maximale de thermostat de résistance de séchage
48		X1	M 0.0	BOOL	étape 1
49		X10	M 1.1	BOOL	étape 10
50		X11	M 1.2	BOOL	étape 11
51		X12	M 1.3	BOOL	étape 12
52		X13	M 1.4	BOOL	étape 13
53		X14	M 1.5	BOOL	étape 14
54		X15	M 1.6	BOOL	étape 15
55		X16	M 1.7	BOOL	étape 16
56		X17	M 2.0	BOOL	étape 17
57		X18	M 2.1	BOOL	étape 18
58		X19	M 2.2	BOOL	étape 19
59		X2	M 0.1	BOOL	étape 2
60		X20	M 2.3	BOOL	étape 20
61		X21	M 2.4	BOOL	étape 21
62		X22	M 2.5	BOOL	étape 22
63		X23	M 2.6	BOOL	étape 23
64		X24	M 2.7	BOOL	étape 24
65		X25	M 3.0	BOOL	étape 25
66		X26	M 3.1	BOOL	étape 26
67		X27	M 3.2	BOOL	étape 27
68		X28	M 3.3	BOOL	étape 28
69		X29	M 3.4	BOOL	étape 29
70		X3	M 0.2	BOOL	étape 3
71		X30	M 3.5	BOOL	étape 30
72		X31	M 3.6	BOOL	étape 31
73		X4	M 0.3	BOOL	étape 4
74		X5	M 0.4	BOOL	étape 5
75		X6	M 0.5	BOOL	étape 6
76		X7	M 0.6	BOOL	étape 7
77		X8	M 0.7	BOOL	étape 8
78		X9	M 1.0	BOOL	étape 9
79		ARRET	E 3.4	BOOL	Arret d'urgence
80					

# ANNEXE 2 : programmation sous STEP7 (Ladder / CONT)

FBI : automatisation de station de lavage de pièces mécanaprès trempe

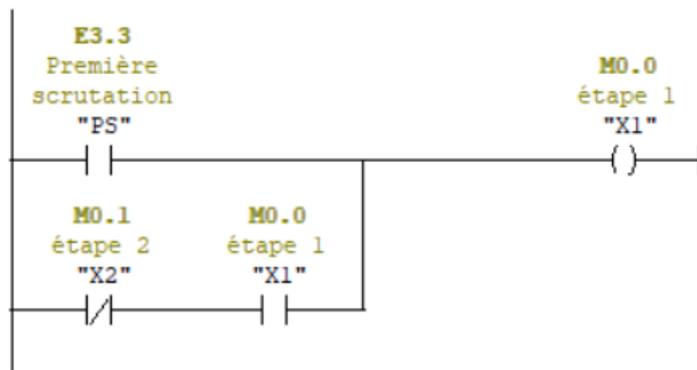
la station da lavage existe au niveau de SRNVIR de département mécanique

☐ Réseau 1 : étape 2

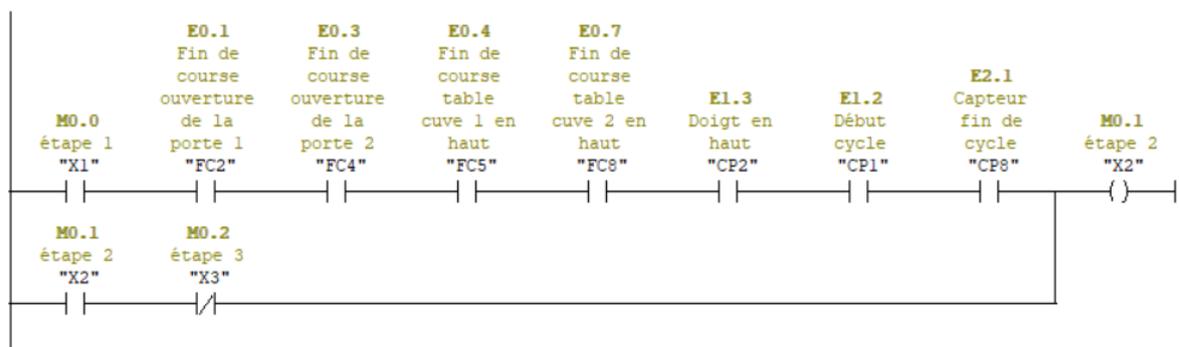




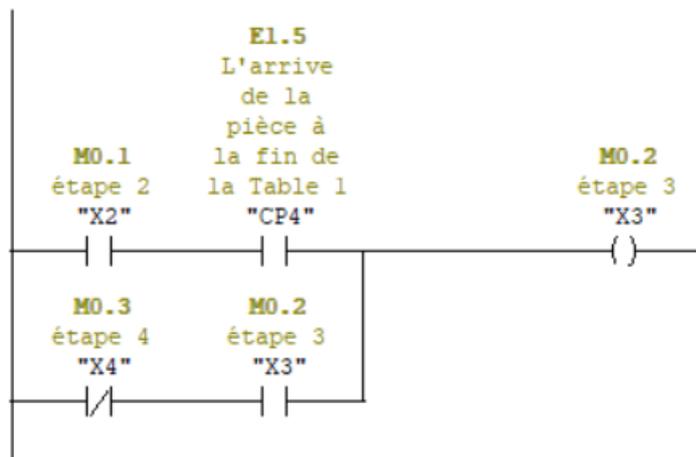
☐ Réseau 2: étape initiaie



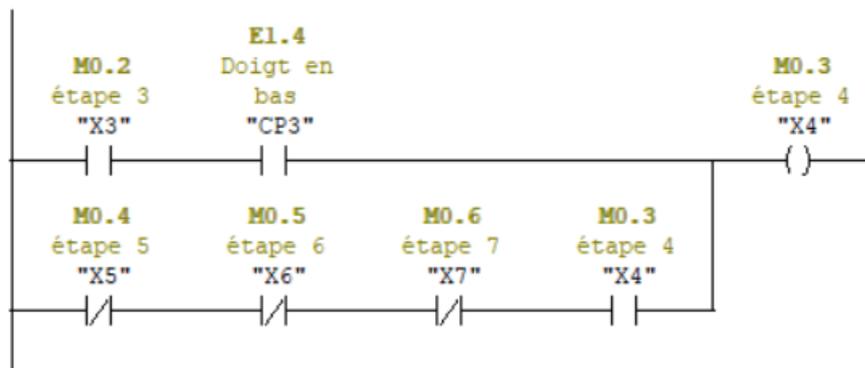
☐ Réseau 3 : démarrage moteur table motorisé 1



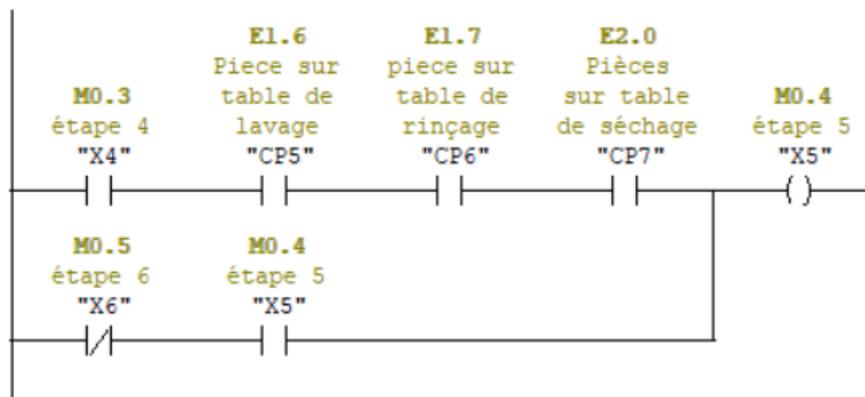
☐ Réseau 4 : démarrage moteur descente doigts



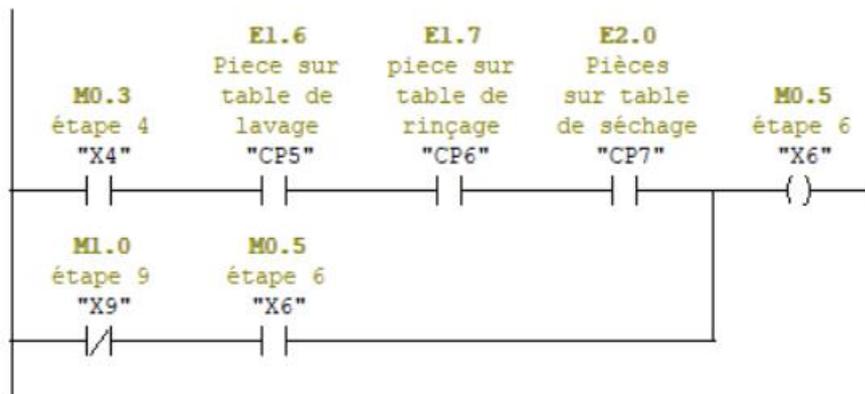
☐ Réseau 5 : Moteur avance transfert de charge



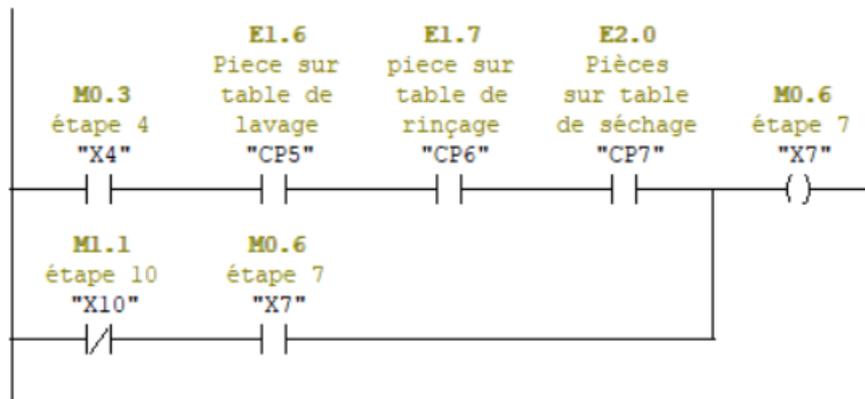
☐ Réseau 6 : Active la descente cuve de lavage



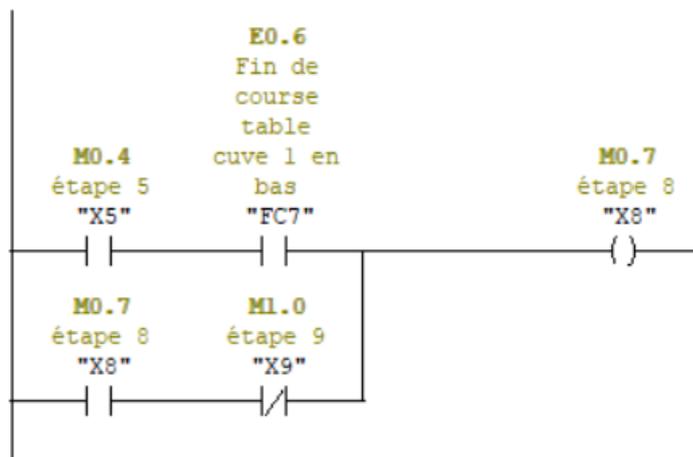
☐ Réseau 7 : Active la descente cuve de rinçage



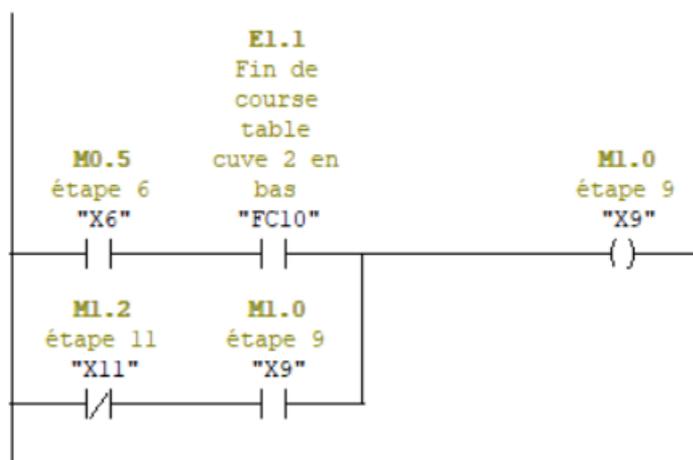
☐ Réseau 8 : demarage moteur ouverture porte 1 et 2



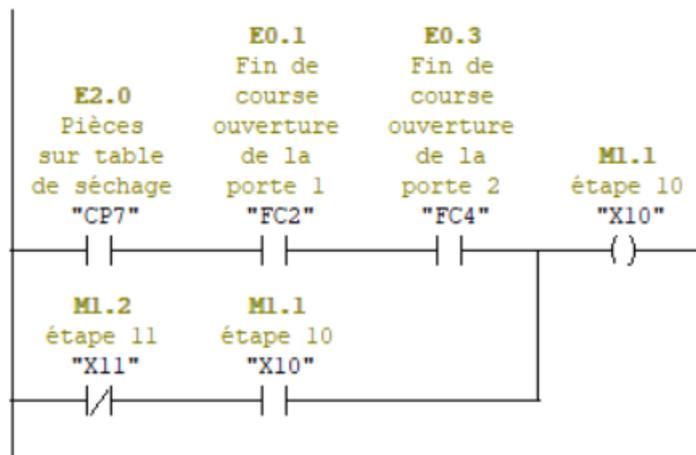
☐ Réseau 9 : repo



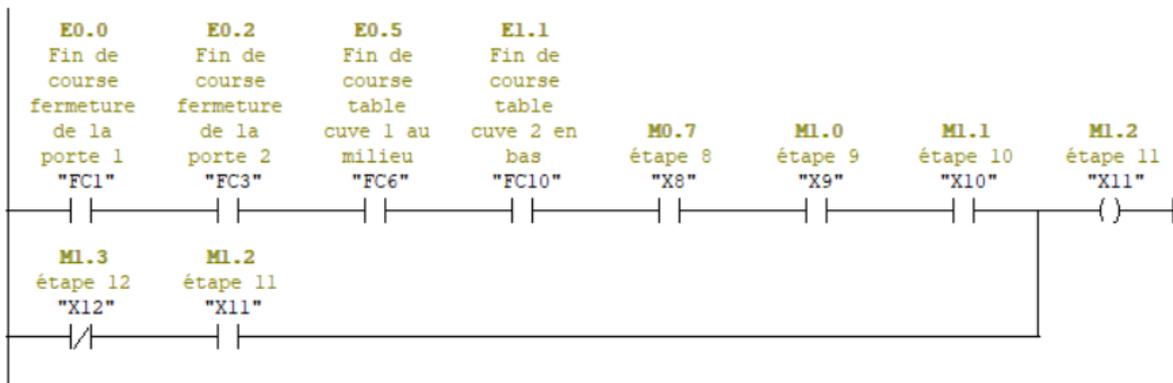
☐ Réseau 10 : repo



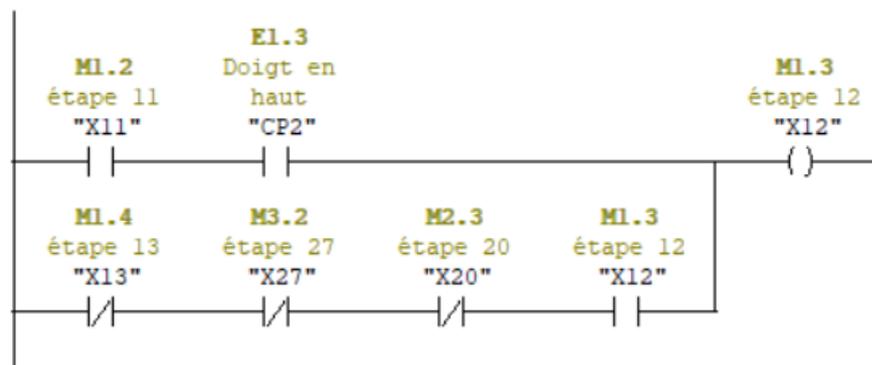
☐ Réseau 11 : repo



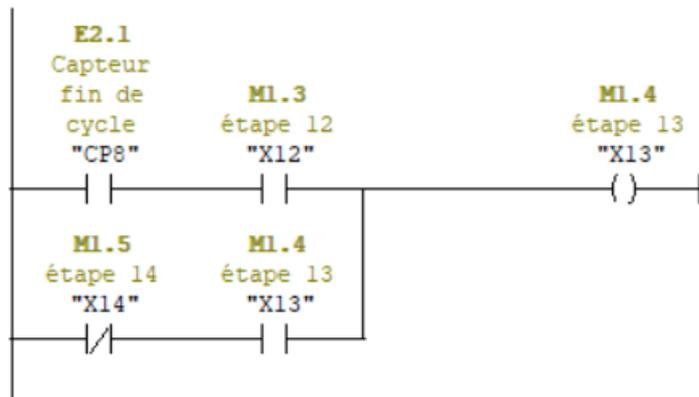
☐ Réseau 12 : Moteur relevage doigts



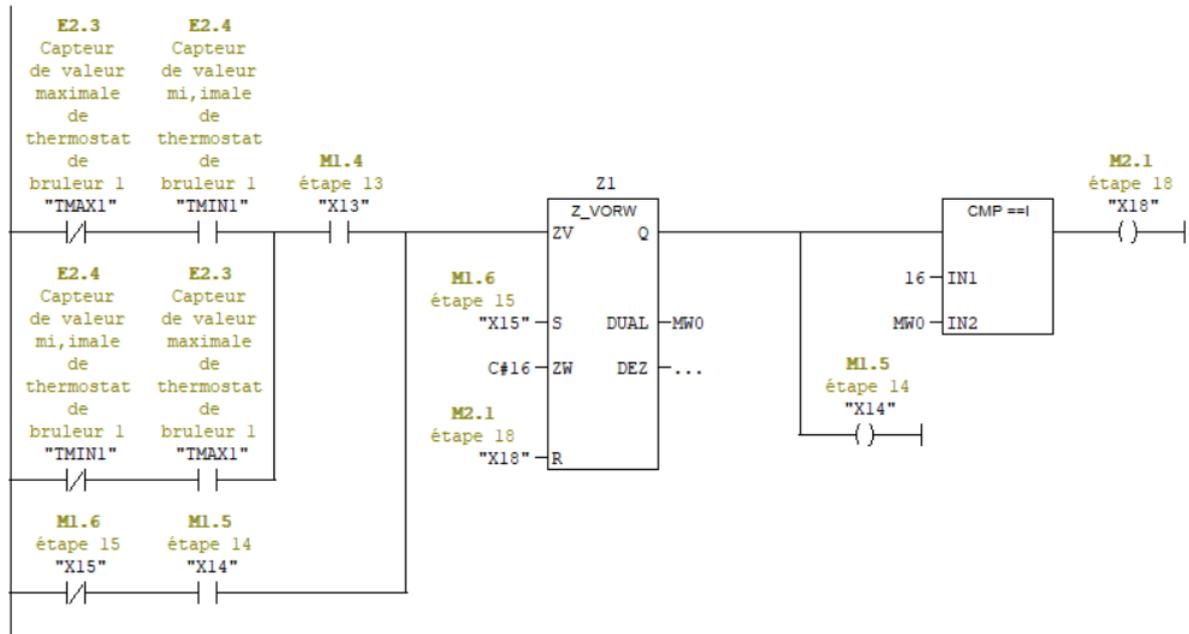
☐ Réseau 13 : Moteur récule transfert de charge



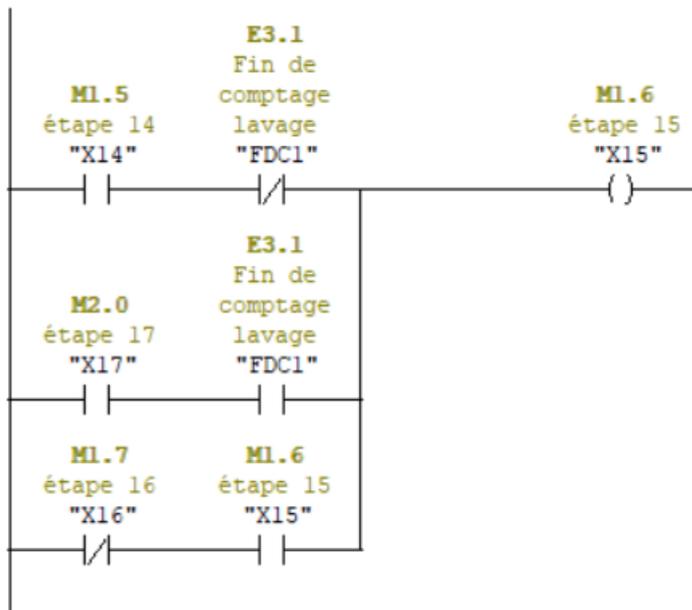
☐ Réseau 14 : repo



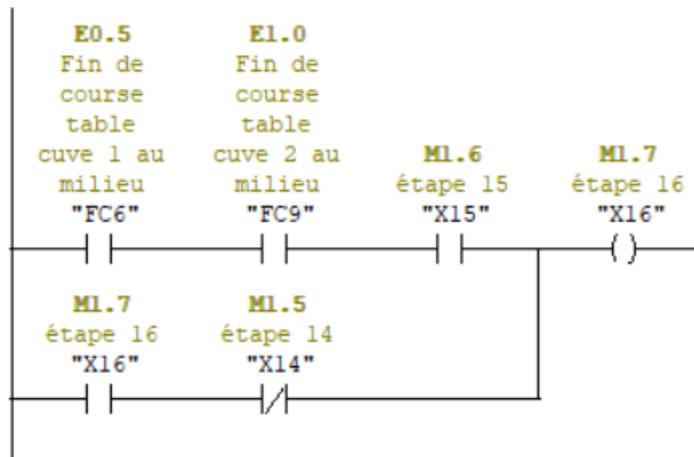
☐ Réseau 15 : initialisation de compteur CUI



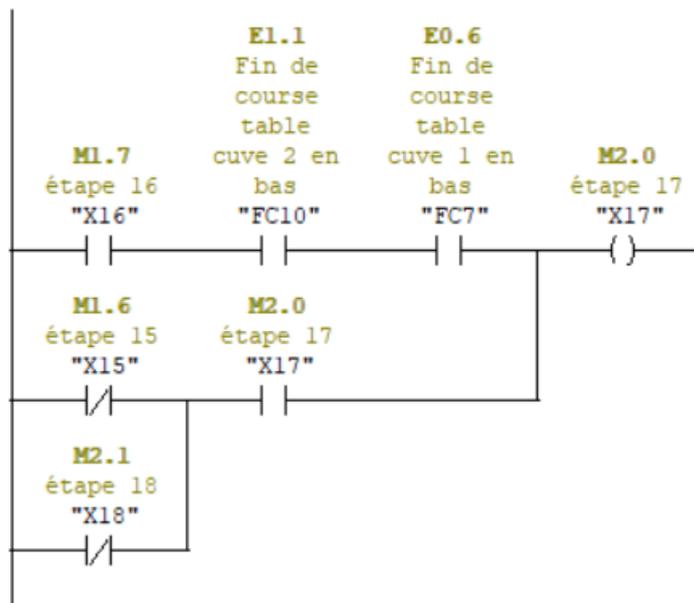
☐ Réseau 16 : Active monté cuve de lavage



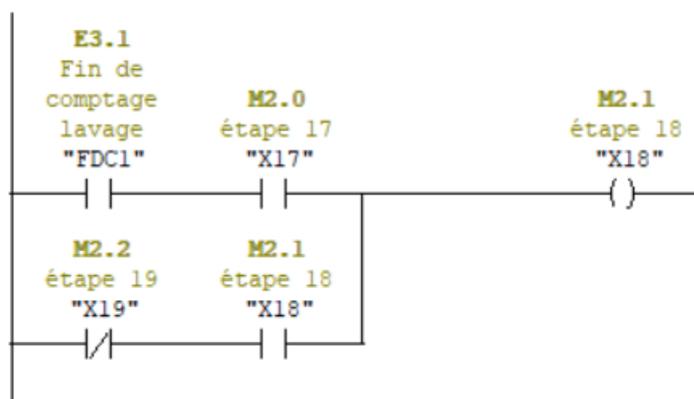
☐ Réseau 17 : Active la descente cuve de lavage



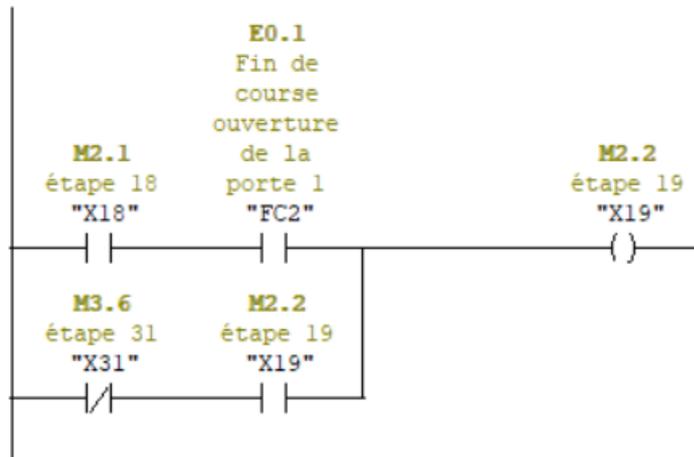
☐ Réseau 18 : repo



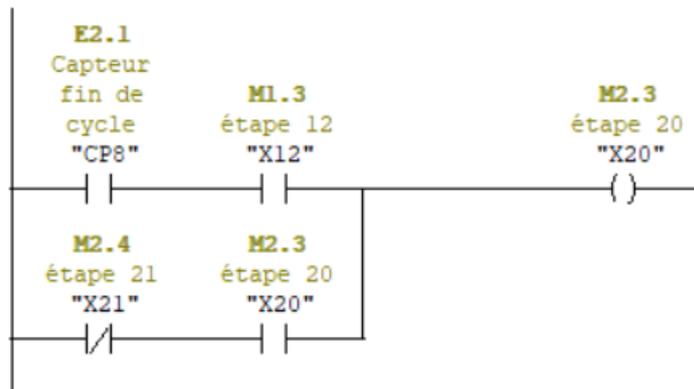
☐ Réseau 19 : Active la montée cuve lavage



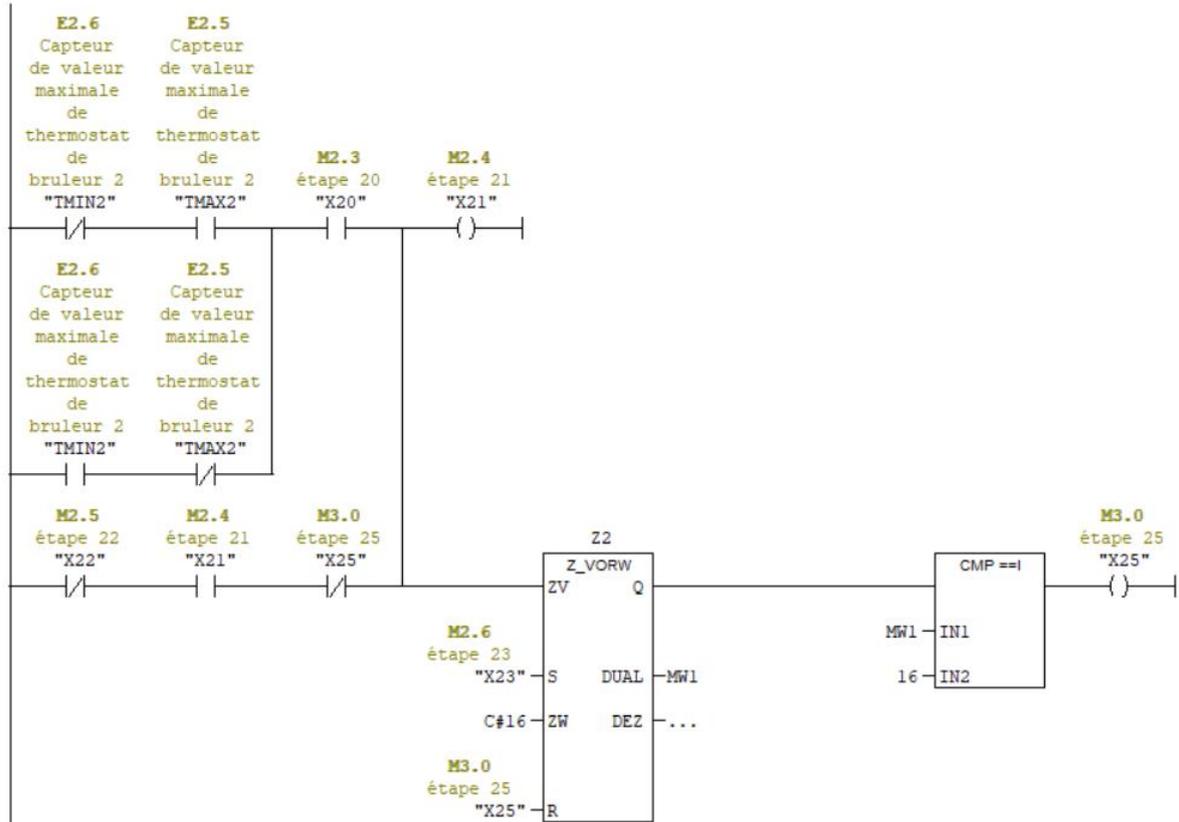
☐ Réseau 20 : repo



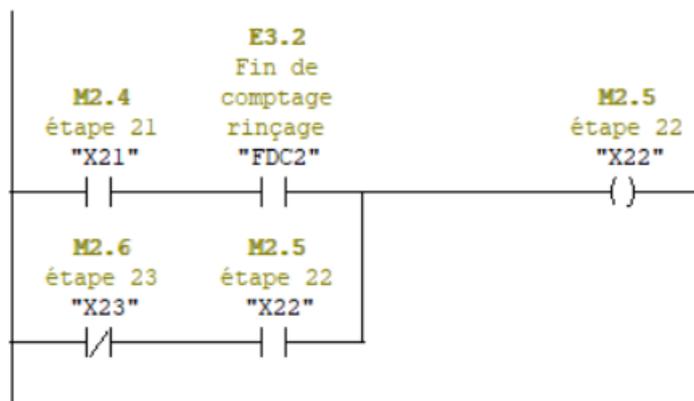
☐ Réseau 21 : étape 20



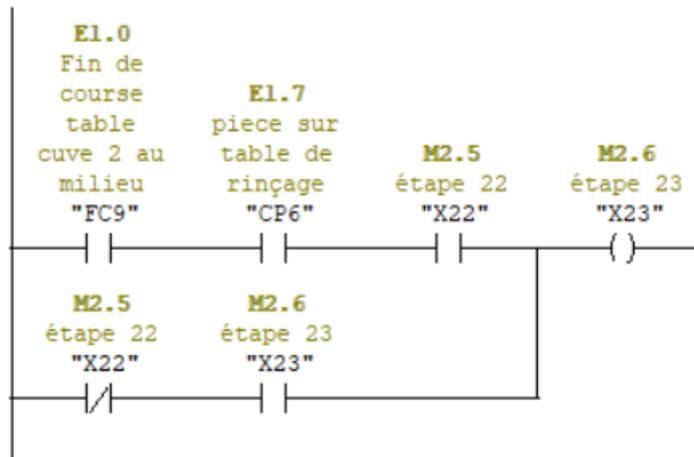
☐ Réseau 22 : étape 21



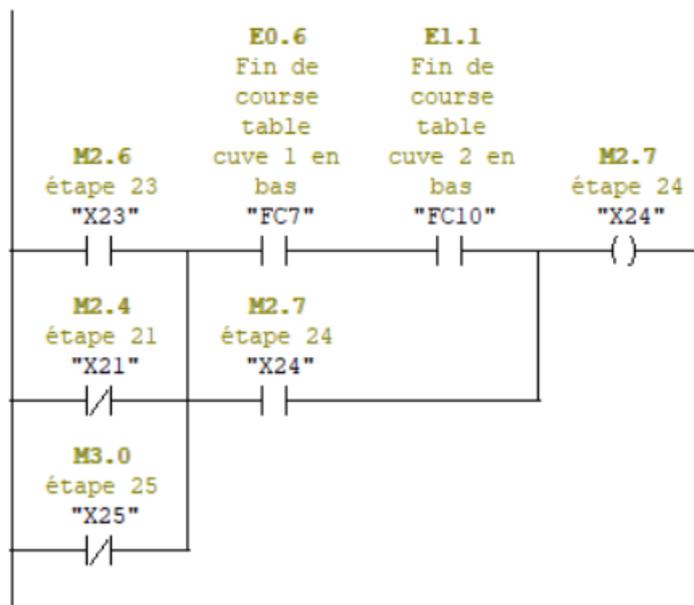
☐ Réseau 23 : étape 22



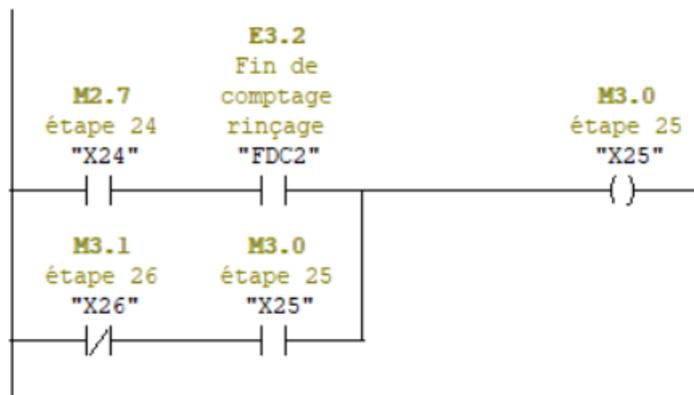
☐ Réseau 24 : étape 23



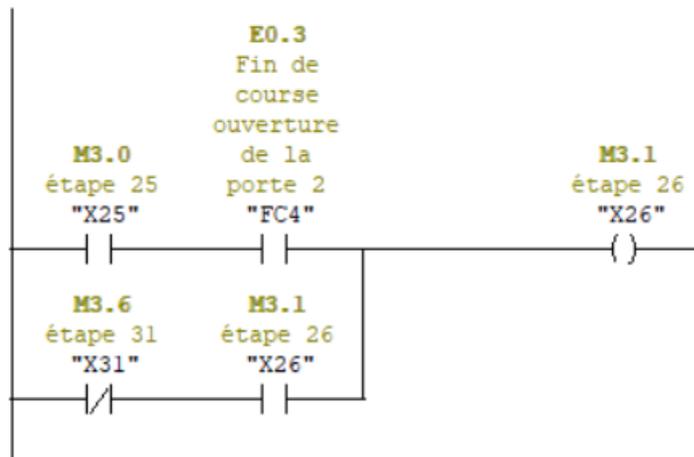
☐ Réseau 25 : repo



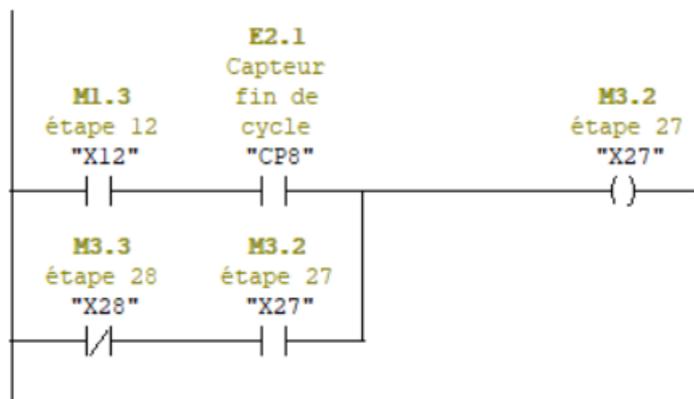
☐ Réseau 26 : Active la montée cuve rinçage



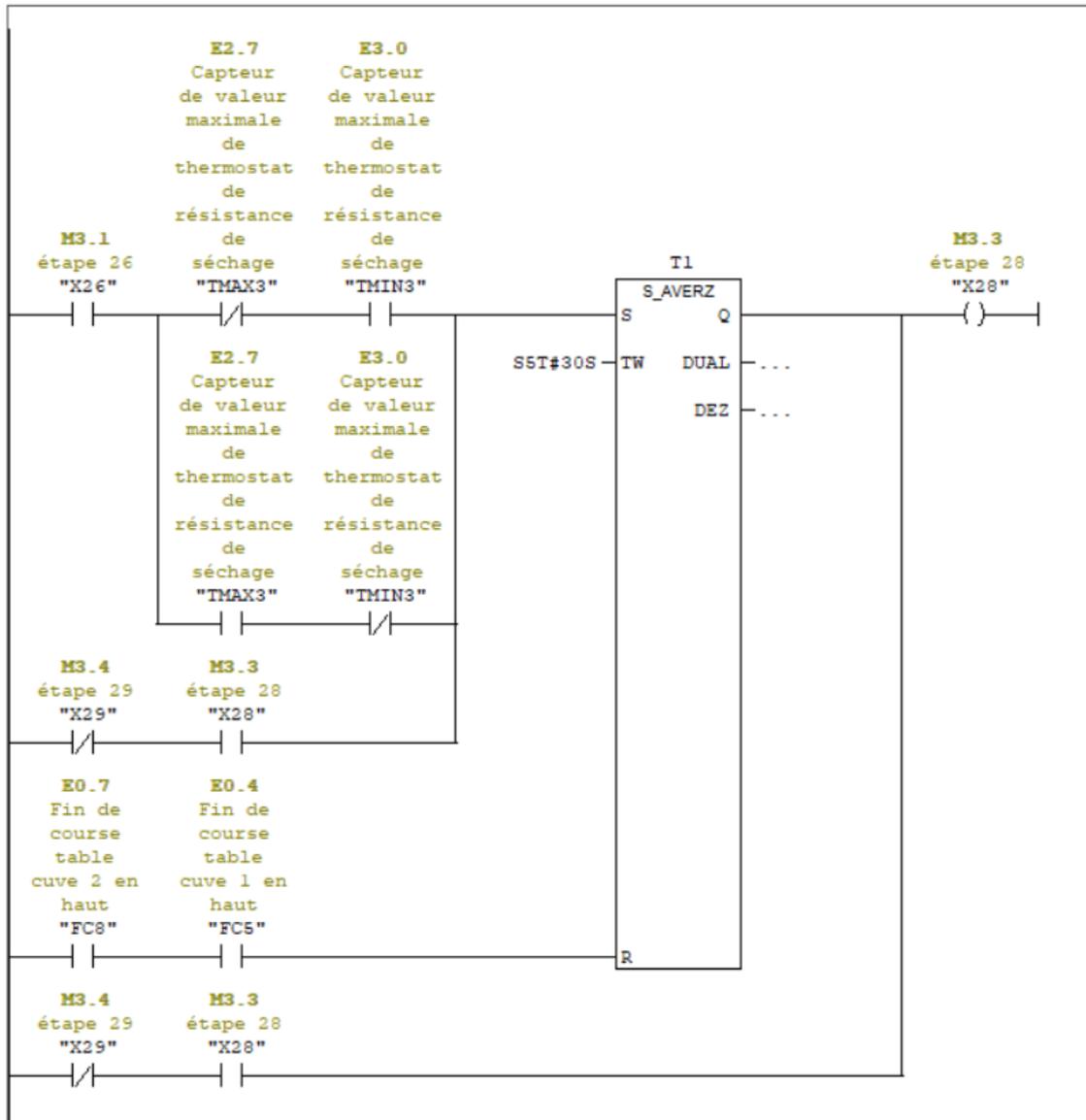
☐ Réseau 27 : étape 26



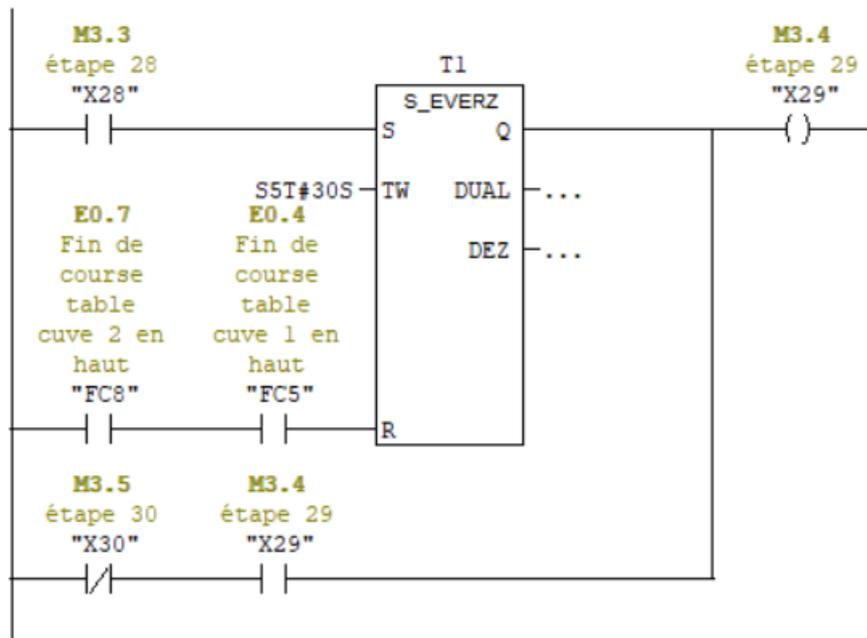
☐ Réseau 28 : étape 27



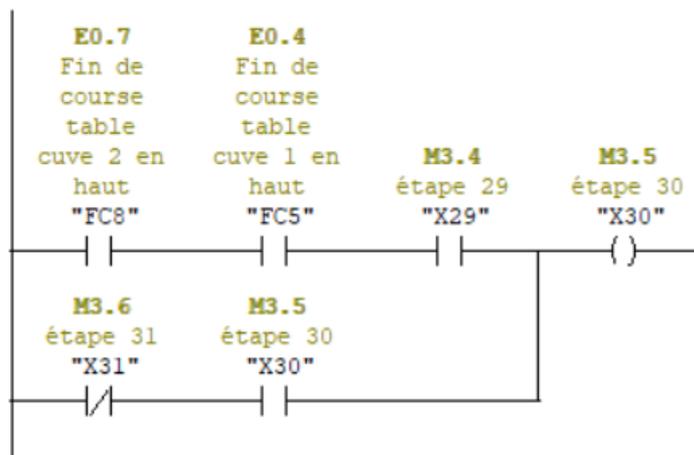
☐ Réseau 29 : étape 9



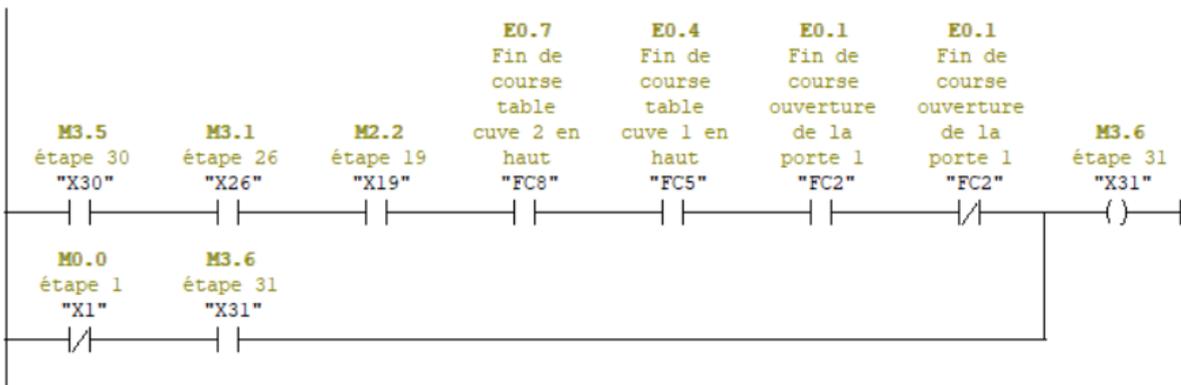
☐ Réseau 30 : Titre :



☐ Réseau 31 : étape 30



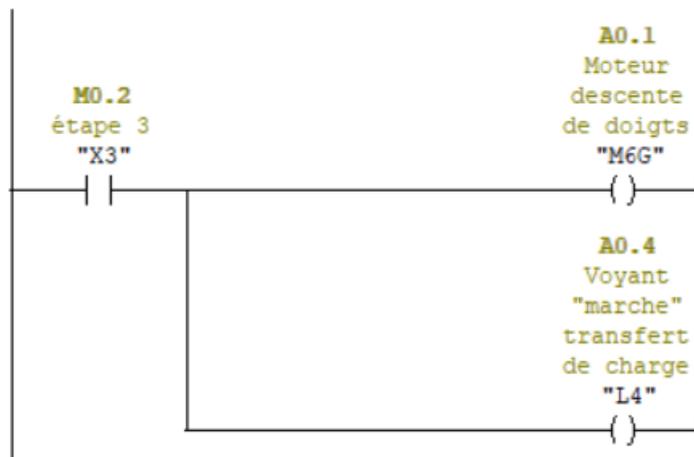
☐ Réseau 32 : Titre :



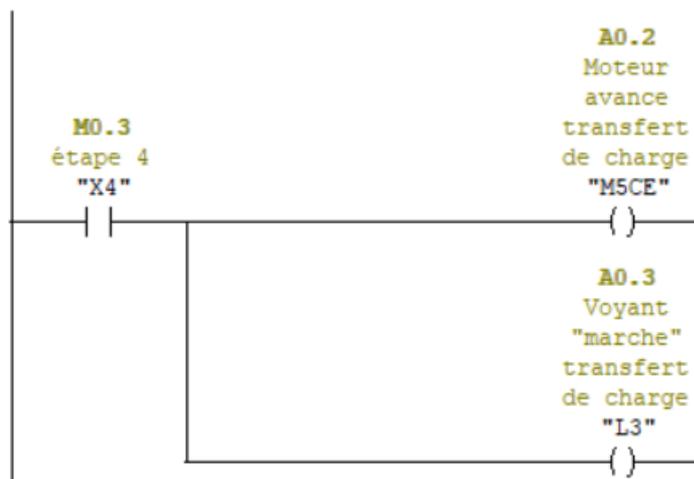
☐ Réseau 33 : Moteur de table motorisé 1



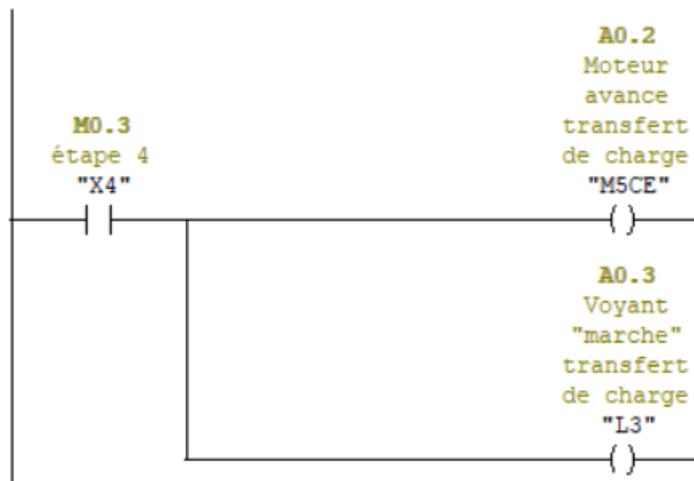
☐ Réseau 34 : Moteur descente de doigts



☐ Réseau 35 : Moteur avance transfert de charge



☐ Réseau 35 : Moteur avance transfert de charge



☐ Réseau 36 : Titre :



☐ Réseau 37 : Titre :



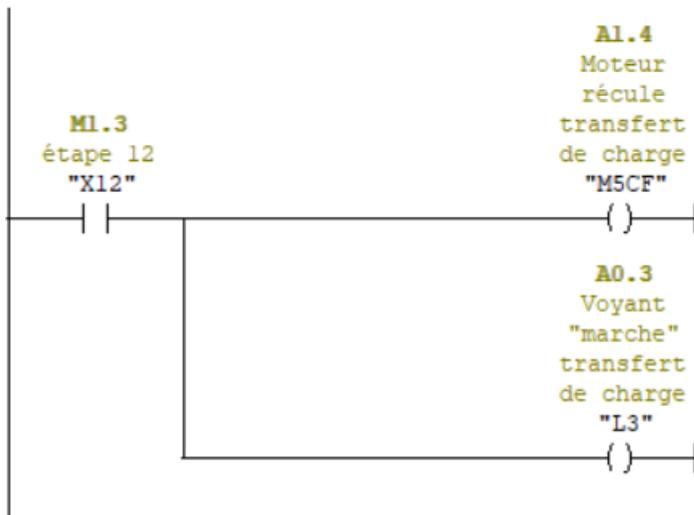
☐ Réseau 38 : Active la fermeture des portes étuve



☐ Réseau 39 : Moteur relevage doigts



☐ Réseau 40 : Moteur récule transfert de charge



☐ Réseau 41 : Titre :



☐ Réseau 42 : Active la montée cuve lavage



☐ Réseau 43 : Titre :



☐ Réseau 44 : Active la montée cuve lavage



☐ Réseau 45 : Titre :



☐ Réseau 46 : Active la montée cuve rinçage



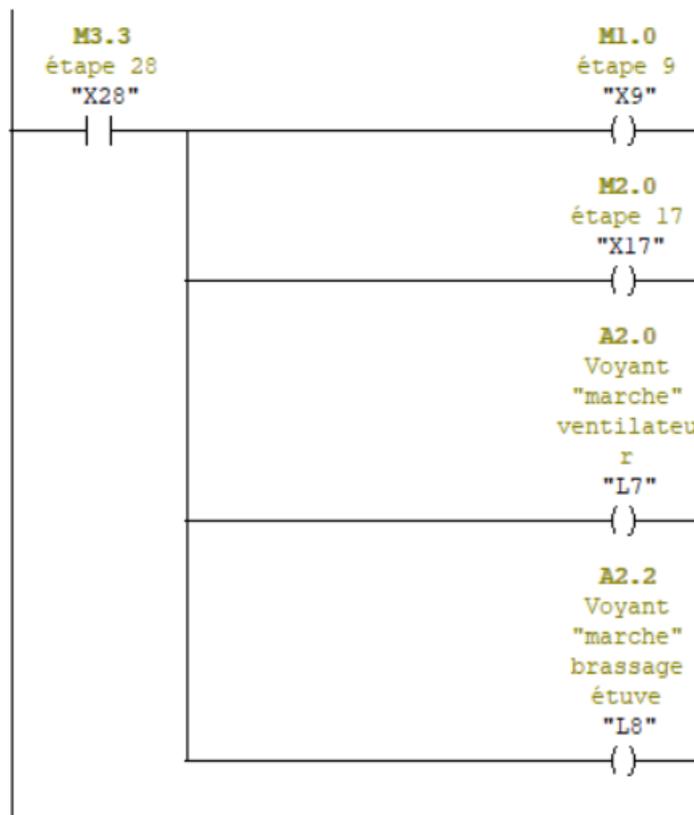
☐ Réseau 47 : Active la descente cuve rinçage



☐ Réseau 48 : Active la montée cuve rinçage



☐ Réseau 49 : Titre :



☐ Réseau 50 : Active l'ouverture des portes étuve



☐ Réseau 51 : Moteur de table motorisé 2

