

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الدكتور الطاهر مولاي سعيـدة

Université Saida Dr Tahar Moulay –

Faculté de Sciences et Technologie



MEMOIRE

Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Diplôme de MASTER

En : Automatique

Option : Automatique et Systèmes

Par :

Gasmi Chouaib

Mebareki Asmaa

Thème

Automatisation de la station de lavage des véhicules par Automate programmable industriel Siemens

Soutenue publiquement en 22/06/2026 devant le jury:

Dr. MEKKAOUI Mohammed

Univ. Saida

Président

Dr. BENMAHDJOUB Amine

Univ. Saida

Examineur

Dr. LABANE Chrif

Univ. Saida

Encadrant

Année universitaire 2025/2026

Remerciement

Je remercie Dieu le tout Puissant qui nous a donné la force et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon encadreur Mr LABANE chrif, pour avoir accepté de m'encadrer tout au long de ce travail, pour ses conseils et suggestions et pour toute l'aide qu'il n'a cessé de me donner.

Je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la finalisation de ce mémoire de fin d'étude.

MERCI A TOUS.

Résumé

Dans ce travail, nous avons étudié une station de lavage automatique, les systèmes automatiques de production ; la structure et les différents types des SAP existants. Chaque système automatisé a un cerveau qui se trouve dans la partie commande. L'utilisation du logiciel SIMATIC manager nous a permis de faire la programmation de la station de lavage objet de notre étude en langage GRAFCET puis on a simulé le fonctionnement à l'aide du PLCSIM. Les résultats obtenus ont été satisfaisants.

On a abordé les parties suivantes : on a commencé par la description du cahier de charge, ensuite une étude détaillée sur les auxiliaires de commande et les automates programmables industriels. Finalement, on a détaillé la partie programmation et simulation.

Mots clés : Station de lavage, API S7-300, Step 7.

Abstract

In this work, we have studied an automatic washing station, automatic production systems; the structure and different types of existing EWS. Every automated system has a brain which is located in the control part. The use of the SIMATIC manager software allowed us to program the washing station object of our study in GRAFCET language then we simulated the operation using the PLCSIM . The results obtained were satisfactory.

We tackled the following parts: we started with the description of the specifications, then a detailed study on control auxiliaries and industrial programmable logic controllers. Finally, we detailed the programming side.

Keywords: Washing station, step7, API S7-300.

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les stations de lavages automatiques

I.1 Introduction.....	2
I.2 Lavage manuel	2
I.3 Lavage à haute pression.....	3
I.4 Lavage automatique.....	3
1.4.1 Les étapes du processus de lavage automatique.....	4
1.4.2 Avantages et inconvénients d'un système automatisé.....	4
I.5 Communication dans un système automatisé.....	5
I.5.1 Le niveau 0.....	6
I.5.2 Le niveau 1.....	6
I.5.3 Le niveau 2.....	7
I.6 Lavage automobile	7
I.6.1 Evolution du monde de lavage.....	7
I.6.2 Système automatisé et automatisme.....	8
I.7 Avantages et inconvénients d'un système automatisé.....	9
I.8 Les capteurs.....	10
I.8.1 Capteur photoélectrique.....	11
I.9 Les moteurs.....	11
I.9.1 Moteur de Convoyeur.....	13
I.9.2 Moteur de Pompe Haute Pression.....	13
I-10 Les Pompes.....	14
I.10.1 Pompes volumétriques.....	15
I.12 Les pré-actionneurs.....	16
I.12.1 Présentation de Fonctionnement de Système.....	17
1.13 Conclusion	18

Chapitre II: API et logiciel Step 7

II.1 Définition.....	19
II.2 Domaines d'utilisation des API.....	19
II.3 Architecture d'un automate programmable	20
II.3.1 Aspect extérieur de l'automate programmable.....	20
II.3.2 Structure interne des automates programmables.....	21
II.4 Traitement du programme automate.....	23
II.5 Critères de choix d'un API.....	24
II.6 Les avantages les inconvénients.....	24
II.6.1 Avantage.....	24
II.6.2 Inconvénients.....	25
II.7 L'automate programmable SIEMENS S7-300.....	25
II.7.1 Constitution de l'Automate S7-300:.....	25
II.7.2 Caractéristiques de l'automate S7-300.....	25
II.7.3 Modularité du S7-300.....	26
II.8 Programmation via STEP 7.....	27
II.8.1 Définition du STEP7.....	27
II.9.2 Les applications disponibles.....	27
II.9.2 .1 Gestionnaire de projets SIMATIC.....	27
II.9.2 .2 Définition des mnémoniques.....	27
II.9.2 .3 Diagnostic du matériel.....	28
II.9.2 .4 Langages de programmation.....	28
II.9.2 .5 Configuration matérielle.....	30
II.9.2 .6 Configuration de la communication.....	31
II.10 Les progiciels de conception des interfaces homme/machine (HMI) Siemens.....	31
II.11 Etapes de conception d'une interface via WinCC.....	32
II.12 Conclusion.....	33

Chapitre III : programmation et simulation

III.1 Introduction.....	34
III.2 SIMATIC Manager.....	34
III.3 Grafcet.....	34
III.4 Programmation sur Step7.....	35
III.4.1 Installation du Step7.....	35
III.4.2 Création de projet.....	35
III.4.3 Configuration matérielle.....	38
III.4.4 Table des Mnémoniques.....	39
III.5 Schéma de principe de la station de lavage.....	40
IV.5 Simulation du système de lavage.....	44
III.6 Logiciel de simulation S7-PLCSIM.....	49
III.6.1 Mise en route du logiciel S7-PLCSIM.....	50
III.6.2 Simulation du programme.....	52
III. 7 Résultat de la simulation de programme.....	53
III.8 Supervision des étapes de la station de lavage.....	57
III. 9 Conclusion.....	60

Liste des figures

Chapite I

Figure I-1 : Lavage manuelle.....	2
Figure I-2 : Nettoyeur haute pression.....	3
Figure I-3 : Exemple d'une station de lavage aux rouleaux.....	4
Figure I-4 : Une figure montrant des liaisons par réseaux.....	6
Figure I-5 : Représentation fonctionnelle d'un système de production.....	9
Figure I-6 : Capteurs TOR.....	10
Figure I-7 : Exemple d'un capteur analogique (capteur de vibration).....	11
Figure I.8 : Capteur photoelectrique.....	11
Figure I-9 : Moteur de Convoyeur.....	12
Figure I.10 : Moteur de Pompe Haute Pression.....	13
Figure I.11 : Moteur de Brosse.....	14
Figure I.12 : Pompes centrifuges.....	15
Figure I.13 : Pompe a vis.....	16
Figure I-15: Les Contacteurs.....	17

Chapitre II

Figure I-2 : Type compact.....	20
Figure I-2 : Les types des automates.....	21
Figure I-3 : Structure interne des API.....	21
Figure I-4 : Schéma récapitulatif du fonctionnement d'un API.....	23
Figure I -5 : Constitant d'un automate S7-300.....	26
Figure I-6 : Différentes application d'un API.....	27
Figure I-6 : Schéma en contact ET.....	29
Figure I-7 : Schéma en contact OU.....	29
Figure I-8 : Schéma en LIST.....	29
Figure I-9 : Schéma en LOG.....	30

Figure I-10 : Interface Homme Machine.....	32
Figure I-11 : Etapes de Conception d'une interface via Wincc.....	32

Chapite III :

Figure III-1 : structure interpretation du Grafcet.....	35
Figure III-2 : Fenetre SIMATIC Manager	35
Figure III-3 : Assistant de STEP 7.....	36
Figure III-4 : Fenetre de choix de la CPU	37
Figure III-5 :Nomination du proget	37
Figure III -6 : Repertoire de la station SIMATIC de la CPU.....	38
Figure III-7 : Fenetre ouvre le dessiner station SIMATIC 300.....	39
Figure III-8 : Configuration du materiel.....	39
Figure III-9 :Commentbcreer une table mnemonique.....	40
Figure III-10 : Organisation d'une station automatisée de lavage de voiture.....	40
Figure III-11 : Schéma de principe de la station de lavage	43
Figure III-12 : FENETRE DU S7-PLCSIM.....	50
Figure III-13 : MISE TENSION DE LA CPU.....	51
Figure III-14 : Mise en marche de la CPU	52
Figure III-15 : Visualisation de l'état du programme.....	52

Liste des tableaux

1.4.1 Les étapes du processus de lavage automatique.....	5
--	---

Tableau III-1 : Tableau récapitulatif des différents pré-actionneurs et actionneurs utilisés dans la station de lavage.....	43
--	----

Tableau III-2 : Capteurs de station de lavage.....	44
--	----

Introduction générale

Liste des abréviations

SAP : Système Automatisés de Production

API : Automate Programmable Industrielle

P.O : Partie Opérative

P.C : Partie Commande

CPU : Unité Centrale de Processus

E/S : Entrée, Sortie

TOR : Tout ou Rien

S7 : STEP7

OB : Bloc Organisation

FB : Bloc de Fonction

FC : fonction

DB : Bloc de Données

M : Moteurs

K : Contacteur

PS : Power Supply

EV : électrovanne

AUT : Automatique

MAN : Manuel

S7 : step7

API : Automate Programmable Industriel

SM : Module de signaux

LIST : Langage liste

LOG : langage logigramme

CONT : Langage contact

GRAFCET : Graphe de Commande Etape Transition

Introduction générale

Introduction générale

L'automatisation sert à remplacer un système à logique câblé par un appareil électronique programmable ou bien on dit une logique programmée, adapté à l'environnement industriel, les automatismes sont devenus indispensables car ils permettent d'augmenter la productivité et la flexibilité, assurent l'amélioration de la qualité ainsi que les conditions de travail. Ce phénomène assure la réalisation des fonctions d'automatisme simple ou complexe pour commander l'ensemble des constituants d'une chaîne de production automatisée à l'aide d'un ou des informations logiques, analogiques ou numériques, et garantit la surveillance ainsi que la sécurité des processus industriels.

Le terme '**nettoyage industriel**' désigne toutes les activités de nettoyage de composants ou pièces au sein de l'industrie. En raison de la diversité des industries et des applications, le nettoyage industriel est un vaste domaine d'expertise. L'industrie automobile, l'industrie alimentaire, les garages et les entreprises d'entretien et de maintenance ont tous recours au nettoyage industriel. Le nettoyage industriel est également critique dans l'industrie médicale et dentaire.

L'introduction des automates programmables industriels API représente l'outil de base de l'automatisation de ces systèmes de production, son intégration a renforcé aussi le degré de fiabilité des équipements et a offert une très grande adaptabilité face aux évolutions de l'environnement.

Il existe plusieurs méthodes de nettoyage industriel respectueuses de l'environnement et des personnes. Dans le domaine du nettoyage industriel, différentes méthodes sont utilisées : le nettoyage manuel et le nettoyage automatique par aspersion.

Le nettoyage automatique convient au lavage régulier de plusieurs produits à la fois. Dans cette catégorie, on trouve notre étude de cas des stations de lavage automatique.

Le mémoire est donc consacré à l'application des outils de modélisation, de programmation, de réglage, et simulation pour automatiser un système industriel simple dans le logiciel STEP 7 de SIEMENS avec le simulateur intégré PLCSIM.

Le travail est organisé comme suit :

Le Premier chapitre est un but de fixer les objectifs industriels. Nous définissons l'origine de ce projet en présentant le contexte industriel de l'étude et une présentation de la station de lavage.

Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des automates programmables ainsi que les différents types d'information traitées par l'API et les critères essentiels pour répondre aux besoins souhaités ;

Le Troisième chapitre présente L'implémentation du programme ainsi que la simulation ,en effet Nous nous pencherons particulièrement sur la simulation dans PLCSIM intégré dans SIMATIC MANAGER du programme en langage contact et Graph (S7) pour une visualisation et test du programme final.

Chapitre I :

**Généralités sur les stations de lavages
automatiques**

I.1 Introduction :

De nombreux automatismes existent dans les systèmes et les objets techniques qui constituent notre environnement, il faut remarquer que les niveaux de complexité sont très divers.

L'automatisation d'une station de lavage permet de minimiser l'intervention humaine et préserver notre environnement par le contrôle de la consommation et éviter le gaspillage de l'eau.

I.2 Lavage manuel :

Lorsque votre auto a besoin d'être lavée de fond en comble, rien ne vaut le lavage à la main qui est le seul pouvant vous garantir une propreté parfaite. Toutefois, cette méthode reste la plus longue, contraignante et il est nécessaire de savoir s'y prendre pour laver la voiture. Les brosses, le seau, les éponges, les chiffons, les lave-vitres sont autant de produits indispensables pour cette tâche, mais il est également possible d'y ajouter par exemple une brosse à dents afin de frotter les endroits les plus inaccessibles.



Figure I-1 : Lavage manuelle

Laver sa voiture à grande eau, dans le jardin ou dans la rue, est néfaste pour l'environnement. Les résidus s'écoulent dans le circuit des eaux de ruissellement, qui n'est pas toujours équipé pour recevoir ces polluants, ou s'infiltrent dans le sol ou les cours d'eau, risquant ainsi de contaminer les nappes phréatiques. De plus, ce type de lavage consomme beaucoup d'eau.

I.3 Lavage à haute pression :

Vous pouvez en premier choix opter pour le lavage à haute pression. Celui-ci consiste tout simplement à asperger votre voiture grâce à un appareil de nettoyage qui propulse de l'eau à haute pression. Cette méthode convient parfaitement pour les lavages rapides et permet

notamment de nettoyer de manière précise les endroits peu accessibles de votre auto tels que les bas de caisses, les jantes ou encore les pare-chocs avant et arrière



Figure I-2 : Nettoyeur haute pression

Néanmoins certaines tâches robustes pourraient vous obliger à réaliser une finition de nettoyage à l'éponge. De plus, il est conseillé de ne pas mettre le jet trop près de la carrosserie afin d'éviter les micro-rayures sur les voitures peu résistantes ou très vieilles. Faire laver sa voiture en haute pression dans une station consomme moins d'eau que de la nettoyer à la main.

I.4 Lavage automatique :

Plus pratique, plus rapide et plus fréquente, la méthode qui consiste à se rendre dans un lave-auto afin de procéder à un lavage automatique est utilisée par la majorité des conducteurs. La technique est simple et consiste à se rendre dans une station de lavage où votre véhicule sera lavé de manière automatique ou semi-automatique selon la méthode de lavage choisie. Les stations de lavage ont l'obligation de rétablir une qualité sanitaire et écologique compatible

Généralités sur les stations de lavages automatiques

avec le milieu naturel. Les plus récentes possèdent donc toutes un dispositif de traitement des eaux usées.



Figure I-3 : Exemple d'une station de lavage aux rouleaux [W11]

En prend l'exemple d'un lavage aux rouleaux. Cette technique qui ne demande aucun effort, est très rapide et reste la moins coûteuse. Le véhicule passe tout simplement à travers un mécanisme de rouleaux qui tournent sur eux-mêmes afin de la laver. Il faut penser à bien fermer les vitres et à baisser l'antenne avant le passage. Cependant, ce système a la mauvaise réputation de laisser des micro-rayures sur la carrosserie à cause des fibres synthétiques des brosses. Cela est plus ou moins vrai selon le type de rouleaux utilisé (les plus récents pallient plus ou moins le problème). [3]

1.4.1 Les étapes du processus de lavage automatique :

La voiture passe généralement par 5 étapes fondamentales pour garantir une propreté optimale :

Étape	Description	Utilité
Le prélavage	Pulvérisation d'eau à haute pression et de produits chimiques pour dissoudre la boue et les saletés incrustées.	Protéger la carrosserie des rayures avant le contact avec les brosses.
L'application de la mousse	Couverture complète de la voiture avec une mousse dense qui décompose les graisses et les taches tenaces.	Faciliter le nettoyage en profondeur.
Le brossage / Lavage	Utilisation de rouleaux	Éliminer complètement la

Généralités sur les stations de lavages automatiques

	rotatifs en fibres souples ou en microfibres pour nettoyer la carrosserie.	saleté des surfaces et des angles.
Le rinçage et cirage	Rinçage du savon à l'eau claire, suivi de la pulvérisation d'une couche de cire liquide (Wax).	Apporter de la brillance et protéger la peinture contre le soleil et l'eau.
Le séchage	Passage de la voiture sous de puissants souffleurs d'air à haute vitesse.	Éliminer les gouttes d'eau et éviter la formation de traces de calcaire.

1.4.2 Avantages et inconvénients d'un système automatisé

Les avantages :

- La capacité de production accélérée.
- L'aptitude à convenir à tous les milieux de production ;
- La souplesse d'utilisation.
- La création de postes d'automaticiens
- Gain du temps.

Les inconvénients :

- Le coût élève du matériel, principalement avec les systèmes hydrauliques
- La maintenance doit être structurée.

I.5 Communication dans un système automatisé :

Un système automatisé doit être mis en liaison avec ses composants afin de permettre des échanges d'information de différents niveaux. Un système de production automatisé utilise à cette fin 3 niveaux de commande assurant des fonctions définies ; ce sont les niveaux de commande 0, 1 et 2.

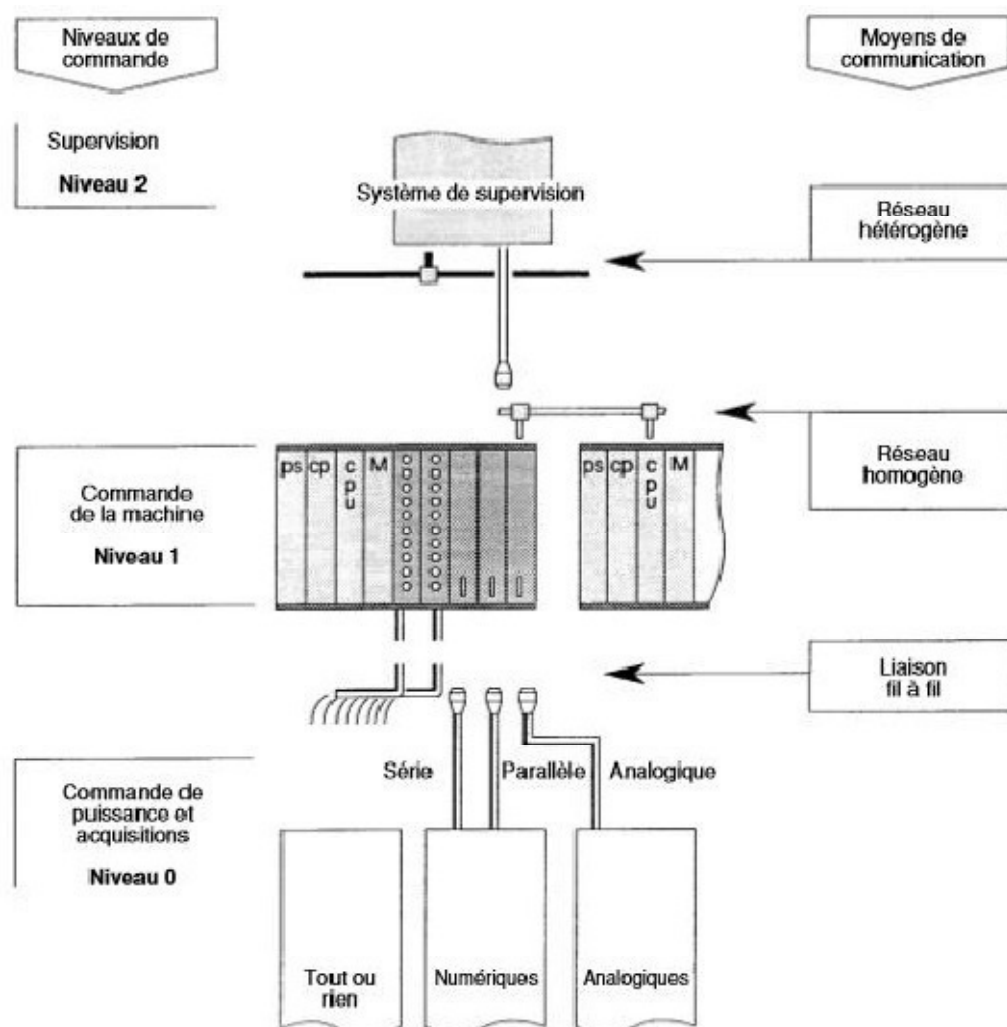


Figure I-4 : Une figure montrant des liaisons par réseaux.[3]

I.5.1 Le niveau 0 :

Permet l'acquisition d'information et la commande des actions de la partie opérative. Les capteurs et les pré-actionneurs Tout Ou Rien sont reliés à l'automate programmable par une liaison fil à fil.

I.5.2 Le niveau 1 :

Permet la coordination au moyen d'échanges d'information entre les éléments de traitement. Un câble d'interconnexion raccorde les automates les uns aux autres par l'intermédiaire de connecteurs prévus à cette fin. Lorsque l'on branche un terminal de programmation sur le

Généralités sur les stations de lavages automatiques

réseau, on peut avoir un accès direct aux programmes résidant dans les différents automates. Dans les applications industrielles, on distingue 2 types de réseaux.

Les réseaux homogènes sont constitués par des automates programmables de même nature et compatibles.

Les réseaux hétérogènes utilisent des éléments interconnectés de nature différente (automates programmables, machines à commande numérique, robots) [3].

I.5.3 Le niveau 2 :

Permet la supervision des différentes unités de production. On y assure la centralisation de l'information et le dialogue avec d'autres organes de communication. Le dialogue de supervision assure la conduite du système de production. Il permet :

- De lancer des campagnes de production ;
- D'effectuer des réglages ;
- D'afficher des messages ;
- De gérer les défauts ;
- De produire des statistiques sur la production ;
- De gérer l'entretien préventif ;

Dans notre étude on s'intéresse au système de lavage de voiture qui fait partie des systèmes de grande diffusion comme il a été défini précédemment ; dans ce qui suit on va donner un bref aperçu sur l'historique et les différents types de lavage automobile existants

I.6 Lavage automobile :

L'entretien d'un véhicule passe obligatoirement par le lavage de celui-ci de manière régulière afin d'éviter le dépôt de poussières et la dégradation de la peinture de votre automobile par la pollution et les intempéries. Pour nettoyer votre voiture, deux solutions s'offrent à vous : le lavage automatique et le lavage manuel.

I.6.1 Évolution du monde de lavage :

Le lavage automobile est passé par plusieurs étapes et a suivi également l'évolution du domaine de l'automobile et de d'automatisme. En 1963, le premier portique de lavage à haute pression a vu le jour ; Dix ans plus tard le premier portique de lavage et séchage automatique

avec brosses a été inventé ; en 1988 le portique automatique a été relié avec un panneau de commande programmable, quelques années plus tard exactement en 1991 le portique de lavage est devenu multi-programme et le développement de ces automatisés est toujours à l'ordre du jour. [15].

I.6.2 Système automatisé et automatisme :

Un système est dit automatisé lorsque le processus qui permet de passer d'une situation initiale à une situation finale se fait sans intervention humaine, et que ce comportement est répétitif chaque fois que les conditions qui caractérisent la situation initiale sont remplies.

L'automatisation conduit à une très grande rapidité, une meilleure régularité des résultats et évite à l'homme des tâches pénibles et répétitives.

- Réalisant leurs fonctions en relative autonomie.
- Assurant un contrôle des performances par la mise en place possible d'une chaîne de retour.

Les objectifs principaux d'automatisation des systèmes de production ont été développés afin de réduire le coût et la complexité de l'installation, de minimiser et simplifier l'intervention de l'homme dans le processus de fabrication et d'assurer une plus grande précision avec le maximum d'économie de ressource donc une ergonomie.

Dans ce domaine, l'automatisation tient une place très importante. Aujourd'hui, il serait difficile de concevoir un système de production sans avoir recours aux différentes technologies et composants qui forment les systèmes automatisés de production. Il faut cependant noter que les moyens de production malgré les avantages qu'ils présentent, peuvent engendrer certains inconvénients qu'il ne faut pas négliger.

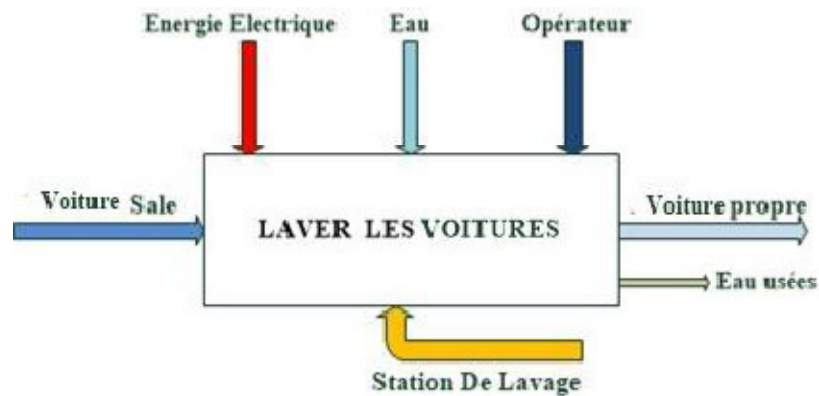


Figure I-5 : Représentation fonctionnelle d'un système de production

La matière d'œuvre peut se présenter sous plusieurs formes à savoir :

- Produit : liquide, solide, gazeux
- Énergie : électrique, thermique, mécaniques, etc.
- Information : physique, audiovisuel, etc.

Environnement ou contexte :

C'est le contexte physique, social, économique, etc. qui joue un rôle essentiel dans le fonctionnement du système et influe sur la qualité et/ou la quantité de la valeur ajoutée. [1]

I.7 Avantages et inconvénients d'un système automatisé :

Les avantages :

- La capacité de production accélérée.
- L'aptitude à convenir à tous les milieux de production
- La souplesse d'utilisation.
- La création de postes d'automaticiens.
- Gain du temps.

Les inconvénients :

- Le coût élevé du matériel, principalement avec les systèmes hydrauliques.
- La maintenance doit être structurée.
- La suppression d'emplois.

I.8 Les capteurs :

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (souvent électrique). Les capteurs servent à détecter des positions physiques, des pressions, des températures, des forces, des vitesses, etc. L'information captée par la partie opérative est transmise à la partie commande par l'intermédiaire d'une interface d'entrée. On peut classer les capteurs en 2 groupes en fonction de la nature de l'information délivrée en sortie. [3]

Les capteurs tout ou rien ou bien TOR comme illustré dans la Figure I-6 fournissent une information électrique binaire (0 ou 1), le type de signal de sortie donne 0V ou 5V



Figure I-6 : Capteurs TOR

Les capteurs analogiques (Fig I-7) fournissent une information électrique à intensité variable en courant (4-20 mA) ou en tension (0-10 V). Cette information est convertie en valeur numérique et stockée dans un registre de l'automate pour être ensuite traitée par la partie commande.

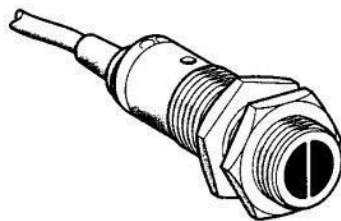


Figure I-7 : Exemple d'un capteur analogique (capteur de vibration).

I.8.1 Capteur photoélectrique :

Un capteur photoélectrique est un capteur de proximité. Il se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur. La détection d'un objet se fait par coupure ou variation d'un faisceau lumineux. Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande.

exemples :



Détecteur photoélectrique cylindrique
(doc Télémécanique)



Détecteur photoélectrique

Figure I.8 : Capteur photoélectrique

I.9 Les moteurs :

Les fabrications industrielles font appel à une grande variété de machines alimentées par des énergies diverses. Toutefois, l'énergie électrique est prépondérante car, pour des raisons

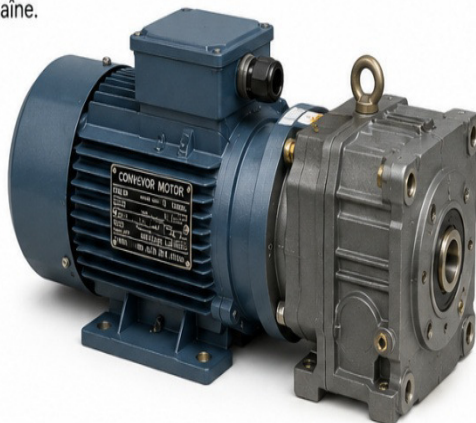
Généralités sur les stations de lavages automatiques

techniques la plupart des dispositifs mécaniques mis en œuvre dans l'industrie sont entraînés par des moteurs électriques.

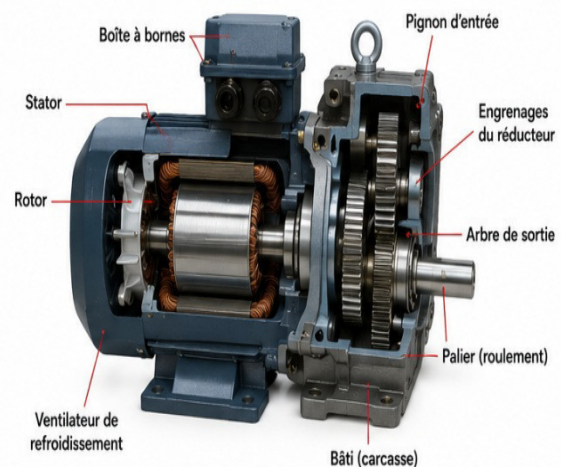
Ce moteur sert à déplacer la chaîne ou le tapis roulant à l'intérieur de la station de lavage automatique, permettant ainsi à la voiture d'entrer et de sortir de manière ordonnée pendant le processus de lavage.

3. MOTEUR DE CONVOYEUR (CHAÎNE OU TAPIS)

Le moteur de convoyeur est utilisé pour entraîner le système de convoyage des voitures dans les stations de lavage automatique. Il assure le déplacement régulier et synchronisé du tapis ou de la chaîne.



Vue en coupe et composants



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Puissance	0,37 – 2,2 kW
Tension	380 V triphasé / 50 Hz
Vitesse nominale	1370 ou 1450 tr/min
Vitesse de sortie	Réduite (selon le réducteur)
Couple	Élevé avec réducteur à vis sans fin
Type de réducteur	À vis sans fin et roue bronze
Fixation	À pattes ou à bride
Indice de protection	IP55 ou IP65
Mode de fonctionnement	Service continu (S1)
Température ambiante	-10°C à +40°C

AVANTAGES

- ✓ Fonctionnement régulier et silencieux
- ✓ Couple élevé pour charges importantes
- ✓ Fiable et robuste
- ✓ Adapté aux environnements humides
- ✓ Longue durée de vie

APPLICATION DANS UNE STATION DE LAVAGE



Figure I-9 : Moteur de Convoyeur

Généralités sur les stations de lavages automatiques

I.9.1 Moteur de Convoyeur :

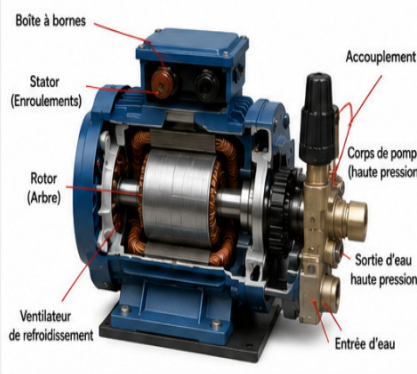
Le moteur de la pompe haute pression est considéré comme l'un des moteurs les plus importants des stations de lavage automatique, car il est responsable du fonctionnement de la pompe à eau qui propulse l'eau à haute pression pour nettoyer la voiture

2. MOTEUR DE POMPE (POMPE À HAUTE PRESSION)

Le moteur de pompe à haute pression est utilisé pour entraîner les pompes qui fournissent l'eau sous haute pression pour le lavage des véhicules.



VUE EN COUPE ET COMPOSANTS



RÉSUMÉ

Le moteur de pompe (pompe à haute pression) est un élément clé dans une station de lavage automatique. Il fournit la puissance nécessaire pour faire fonctionner la pompe qui alimente les buses de lavage en eau sous haute pression. Il est conçu pour un fonctionnement continu, fiable et efficace dans des environnements humides et exigeants.

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Puissance	2,2 – 15 kW
Tension	380 V triphasé / 50 Hz
Vitesse nominale	1450 ou 2900 tr/min
Type de service	Service continu (S1)
Classe d'isolation	F
Protection	IP55 ou IP65
Rendement	Élevé (IE2 / IE3)
Refroidissement	Ventilé (TEFC)
Température ambiante	-10 °C à +40 °C

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

ÉLÉMENT	DÉTAIL
Puissance	2,2 – 15 kW (selon modèle)
Tension	380 V triphasé / 50 Hz
Vitesse	1450 tr/min (4 pôles) ou 2900 tr/min (2 pôles)
Fréquence	50 Hz
Courant nominal	4 – 28 A (selon la puissance)
Couple	Élevé au démarrage
Rendement	IE2, IE3 (haute efficacité)
Facteur de puissance (Cos φ)	0,8 – 0,9
Type de montage	B3 (à pattes) ou B35 (pattes et bride)
Indice de protection	IP55 ou IP65
Classe d'isolation	F
Mode de fonctionnement	S1 (service continu)
Refroidissement	IC411 (ventilation externe)
Niveau sonore	≤ 75 dB(A)
Poids approximatif	20 – 80 kg (selon modèle)

AVANTAGES

- ✓ Fournit une puissance élevée et stable pour les pompes haute pression.
- ✓ Conçu pour un fonctionnement continu et intensif.
- ✓ Résistant à l'eau, à l'humidité et à la corrosion.
- ✓ Haute efficacité énergétique.
- ✓ Faible niveau sonore et vibrations réduites.
- ✓ Longue durée de vie et maintenance réduite.
- ✓ Compatible avec la plupart des pompes haute pression utilisées dans les stations de lavage.

APPLICATION DANS UNE STATION DE LAVAGE



Figure I.10 : Moteur de Pompe Haute Pression

I.9.2 Moteur de Pompe Haute Pression :

Le moteur à brosses est utilisé dans les stations de lavage automatique pour actionner les brosses rotatives qui nettoient la carrosserie pendant le processus de lavage.

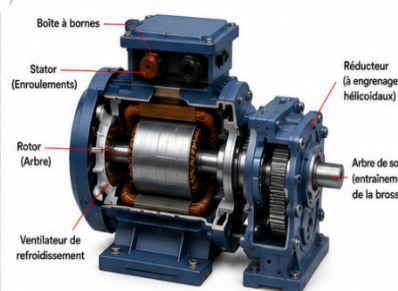
Généralités sur les stations de lavages automatiques

1. MOTEUR DE BROSE (ENTRAÎNEMENT DES BROSSES)

Le moteur de brosse est utilisé pour entraîner les brosses rotatives qui assurent le lavage, le frottement et le séchage de la carrosserie du véhicule dans une station de lavage automatique. Il fournit un couple élevé à basse vitesse pour garantir une rotation puissante et régulière des brosses, même sous charge.



VUE EN COUPE ET COMPOSANTS



RÉSUMÉ

- Fonction : Entraîne les brosses rotatives pour le lavage et le séchage du véhicule.
- Caractéristique principale : Couple élevé à basse vitesse.
- Robuste et fiable : Conçu pour fonctionner en continu dans des environnements humides et exigeants.
- Applications : Brosses verticales, horizontales, et systèmes de séchage.

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Puissance	1,5 - 5,5 kW	Type de réducteur	À engrenages hélicoïdaux
Tension	380 V triphasé / 50 Hz	Mode de fonctionnement	Service continu (S1)
Vitesse nominale du moteur	1450 tr/min (4 pôles)	Classe d'isolation	F
Vitesse de sortie (brosse)	60 - 120 tr/min (selon réducteur)	Indice de protection	IP55 ou IP65
Couple	Élevé à basse vitesse	Refroidissement	Ventilé (TEFC)
		Température ambiante	-10 °C à +40 °C

AVANTAGES

- ✓ Couple puissant pour une rotation efficace des brosses.
- ✓ Fonctionnement stable et silencieux.
- ✓ Résistant à l'eau, à l'humidité et à la corrosion.
- ✓ Grande fiabilité et longue durée de vie.
- ✓ Faible maintenance.
- ✓ Adapté aux cycles intensifs de lavage.

DONNÉES TECHNIQUES DÉTAILLÉES

Puissance disponible	1,5 / 2,2 / 3 / 4 / 5,5 kW
Tension d'alimentation	380 V - 3~ - 50 Hz
Courant nominal (exemple 3 kW)	≈ 6 A
Vitesse moteur	1450 tr/min
Vitesse de sortie (brosse)	60 à 120 tr/min
Couple de sortie	Élevé (selon rapport de réduction)
Rapport de réduction	De 1:15 à 1:40 (selon modèle)
Fixation	À pattes ou à bride
Protection	IP55 / IP65
Niveau sonore	≤ 75 dB(A)
Poids approximatif (3 kW)	40 - 70 kg (selon modèle)

APPLICATION DANS UNE STATION DE LAVAGE



NOTES IMPORTANTES

- Vérifier régulièrement l'état des paliers et des roulements.
- Graisser les paliers selon les recommandations du fabricant.
- Contrôler la tension de la courroie ou de l'accouplement.
- Éviter les chocs mécaniques et les surcharges.
- Installer le moteur dans un endroit protégé des projections d'eau directes autant que possible.

UTILISATIONS DES BROSSES ENTRAÎNÉES



Figure I.11 : Moteur de Brosse

I-10 Les Pompes :

Les pompes centrifuges fonctionnent suivant le principe d'une mise en rotation du fluide à pomper dans une roue tournant à grande vitesse (~600 - 3500 tr.mn-1). En sortie de roue, le fluide est canalisé dans un diffuseur, puis ralenti dans une volute, et la pression dynamique acquise au niveau de la roue (énergie de vitesse ou cinétique) est transformée en pression statique (énergie de pression).

Le débit pompé est essentiellement en fonction:

- de la différence de pression entre aspiration et refoulement.
- de la vitesse de rotation de la roue.
- du diamètre de la roue (vitesse périphérique).



Figure I.12 : Pompes centrifuges

I.10.2 Pompes volumétriques :

Les pompes volumétriques ont pour caractéristiques de prélever, en un temps donné, un volume de liquide incompressible à l'aspiration, et de l'envoyer au refoulement. Certaines pompes volumétriques sont dites rotatives (cylindrée et vitesse de rotation fixent le débit pompé). D'autres sont dites alternatives car font appel au mouvement alterné d'un piston ou d'une membrane (cylindrée et course fixent alors le débit pompé). Certaines pompes combinent les propriétés des deux précédentes

1. Une pompe à vis est un type de pompe volumétrique utilisée pour déplacer des fluides de manière continue et silencieuse, notamment des fluides visqueux ou des fluides contenant de la mousse et des produits chimiques.

Caractéristiques principales :

- débit constant et régulier
- Tension artérielle modérée à élevée
- Convient aux liquides visqueux et mousseux
- Il fonctionne silencieusement avec des vibrations minimales.
- Haute efficacité de pompage

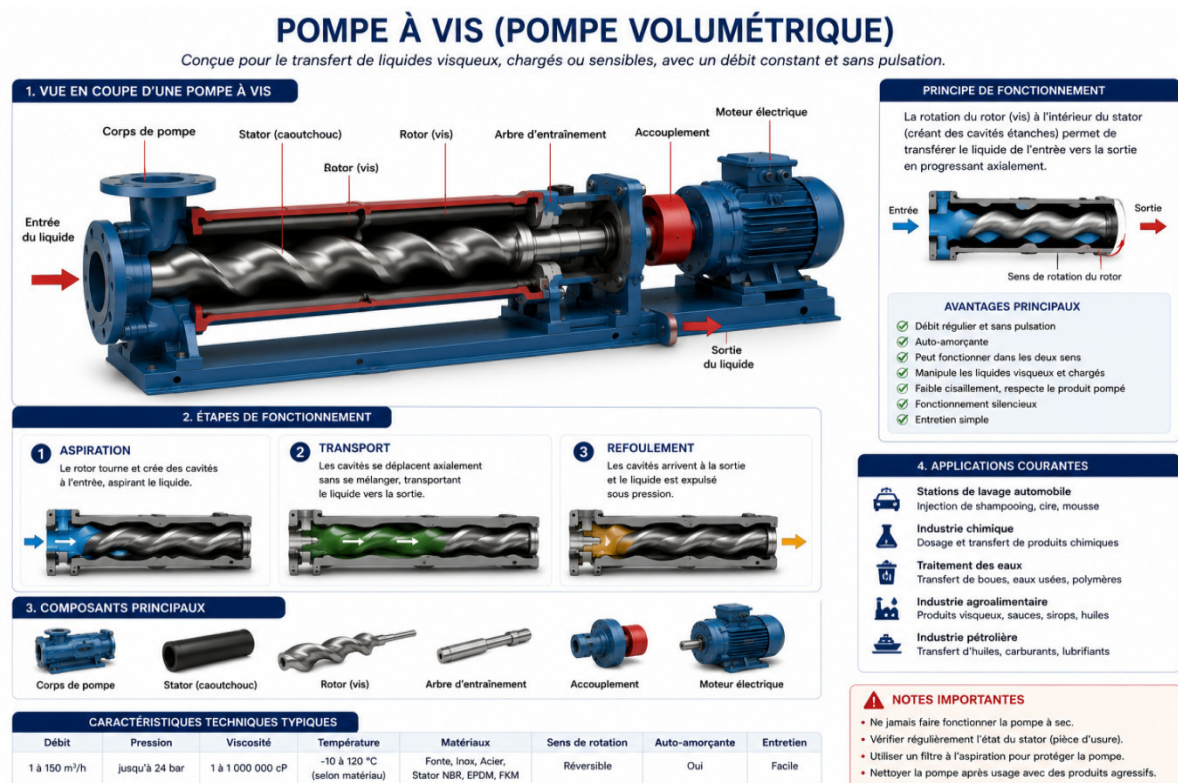


Figure I.13 : Pompe à vis

I.12 Les pré-actionneurs :

Les pré-actionneurs sont des éléments qui, sur réception d'un ordre de la partie commande, fournit à l'actionneur qui lui est associé l'énergie requise pour fonctionner. Les pré actionneurs utilisés avec les actionneurs électriques sont principalement les contacteurs magnétiques, et les variateurs de vitesse , Pour les actionneurs pneumatiques et hydrauliques, les pré-actionneurs les mieux adaptés à la tâche sont les distributeurs électropneumatiques , ou électro hydrauliques, selon le cas



Figure I-14 : Exemple des différents types des pré-actionneurs

Généralités sur les stations de lavages automatiques

Est un constituant dont le rôle est de distribuer, sur ordre de la partie commande, l'énergie utile aux actionneurs. Les pré-actionneurs les plus utilisés dans notre système sont les contacteurs.



Figure I-15: Les Contacteurs.

I.12.1 Présentation de Fonctionnement de Système:

Dans ce système, la partie opérative comporte essentiellement ce qui suit :

- 1- Un portique de lavage se déplace sur des rails entre deux butées avant et arrière afin d'assurer le nettoyage du véhicule présent dans la station ; il supporte deux rouleaux verticaux et un rouleau horizontal, entraîné par un moteur électrique triphasé de puissance 3kW à deux sens de rotation;
- 2- Un moteur électrique triphasé de puissance 4kW associé à un mécanisme permettant la rotation de ces trois rouleaux;
- 3- Un moteur électrique triphasé de puissance 3kW pour la montée et la descente du rouleau horizontal ;
- 4- Une pompe à eau gérée par un moteur triphasé de puissance 0.5 kW ; et deux électrovannes permettant d'arroser le véhicule à travers des buses d'injection de l'eau ou de l'eau savonné et le rinçage;
- 5- Les trois moteurs sont protégés par des disjoncteurs magnétothermiques, et commandés par des contacteurs de puissance;
- 6- Un dispositif de séchage placé sur la partie haute du portique

1.13 Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté la description des éléments de la station de lavage automatiques des véhicules, nous a permis de bien comprendre les Différentes étapes de système et de fonctionnement des étapes et niveaux de la station , ainsi que le rôle de chaque constituant dans le cycle de lavage.

Cela nous facilitera la tâche pour l'élaboration d'une analyse fonctionnelle complète du cycle de fonctionnement du lavage automatique, et de bien satisfaire les objectifs exigés par le cahier des charge, pour l'élaboration d'un nouveau système automatisé qui sera traitée dans le chapitre II.

Chapitre II :

API et logiciel Step7

II.1 Définition :

L'automate programmable industriel est un système de commande conçue autour d'un microprocesseur. C'est un système de commande en pleine évolution. La demande sur le marché est de plus en plus grande. De nouvelles fabrications s'annoncent régulièrement. Leurs possibilités évoluent au même rythme que les technologies utilisées. Les applications envisagées sont de plus en plus variées et des utilisateurs de tous les milieux s'y intéressent. Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises et les tertiaires :

- Il peut être directement connecté aux capteurs et pré actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles.
- Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (température, vibrations, micro coupeurs de la tension d'alimentation, parasites, etc....).
- Enfin, sa programmation à partir des langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en œuvre. Pour étudier cet équipement connecté à des systèmes réels en milieu industriel, il nous faut prendre en considération l'aspect matériel, l'aspect logiciel et la sûreté de fonctionnement.

II.2 Domaines d'utilisation des API :

Les API s'adressent à des applications que l'on trouve dans la plupart des secteurs industriels. Ces machines fonctionnent dans les principaux secteurs suivants et dans le domaine de l'enseignement ou elles ont une valeur pédagogique certaine :

- ♣ Métallurgie et sidérurgie.
- ♣ Mécanique et automobile.
- ♣ Industries chimiques.
- ♣ Industries pétrolières.
- ♣ Industries agricoles et alimentaires.
- ♣ Transports et manutention
- ♣ Application diverse : l'industrie textile, les verreries et cristalleries, certains problèmes de surveillance (bâtiments, usines) et de sécurité (industrie nucléaire).

II.3 Architecture d'un automate programmable :

II.3.1 Aspect extérieur de l'automate programmable :

Aspect extérieur peuvent être de type compact ou modulaire.

A. De type compact :

On distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens, ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Crouzet ...) des micros automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité. Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.



Figure I-2 : Type compact

B. De type modulaire :

Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires

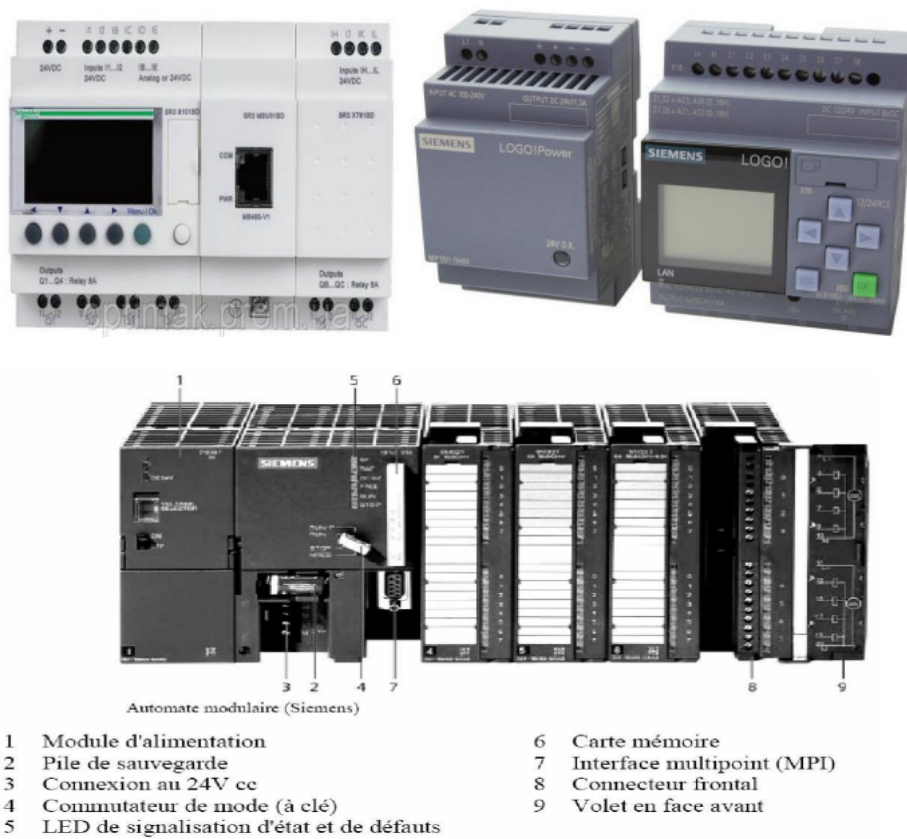


Figure I-2 : Les types des automates

II.3.2 Structure interne des automates programmables :

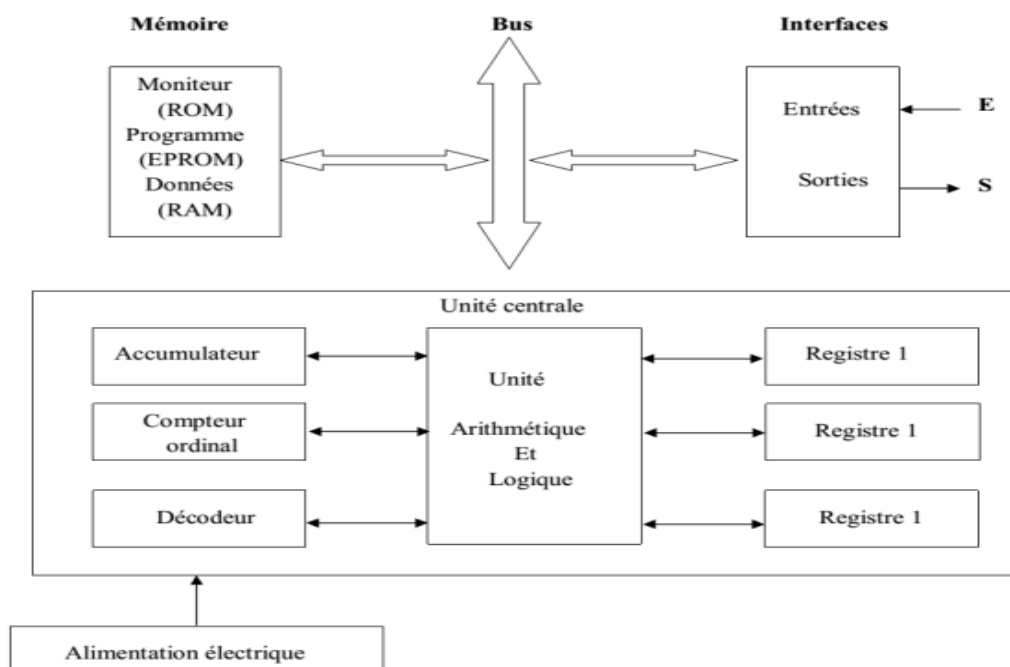


Figure I-3 : Structure interne des API

- L'unité centrale : C'est l'ensemble des dispositifs nécessaires en fonctionnement logique interne de l'API, c'est le cœur à automate basé de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).
- Module d'alimentation : Il assure la distribution d'énergie aux différents modules
- Le bus interne : Il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions
- Mémoires : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires types PCMCIA
- Interface d'entrées/sorties (E/S) :
Ils assurent le rôle d'interface de la partie commande (PC) dans le schéma classique de la figure 5 qui distingue une partie opérative, où les actionneurs agissent physiquement sur le processus, et une partie commande récupérant les informations sur l'état de ce processus et coordonnant en conséquence les actions pour atteindre les objectifs prescrits (matérialisés par des consignes). Pour ce faire, ils doivent :
 - Regrouper des variables de même nature, pour diminuer complexité et coût ;
 - Assurer le dialogue avec l'U C ;
 - « Traduire » les signaux industriels en informations API et réciproquement, avec une protection de Luc et un traitement adéquat. Beaucoup d'automates assurent cet interfaçage par des modules amovibles comportant un nombre fixé de voies d'un certain type

} Alimentation électrique.

II.4 Traitement du programme automate :

Tous les automates fonctionnent selon le même mode opératoire

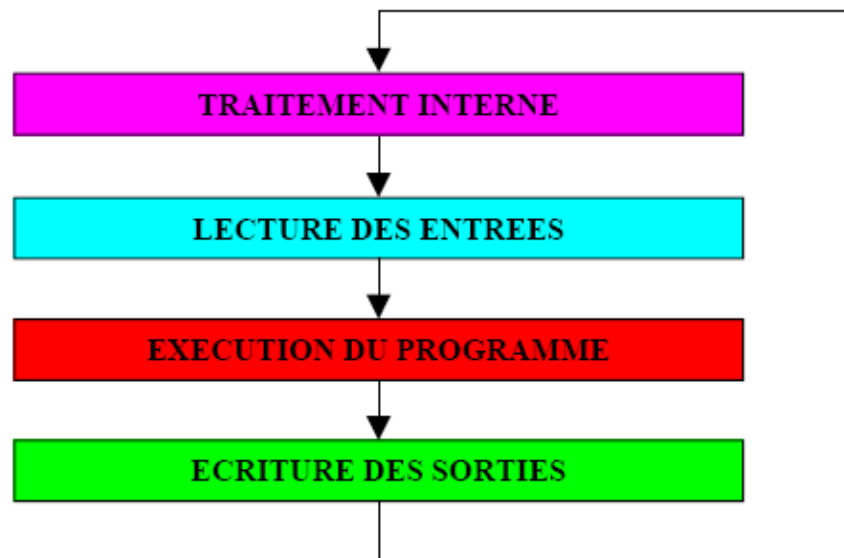


Figure I-4 : Schéma récapitulatif du fonctionnement d'un API

➤ **Traitement interne :**

L'automate effectue des opérations de contrôle 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). On appelle scrutation l'ensemble des quatre opérations réalisées par l'automate et le temps de scrutation est le temps mis par l'automate pour traiter la même partie de programme. Ce temps est de l'ordre de la dizaine de millisecondes pour les applications standard

II.5 Critères de choix d'un API :

Le choix d'un automate programmable est basé sur les critères suivants :

- 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.
- Type de processeur :
La taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans une gamme souvent très étendue.²⁴
- Fonctions de la 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 ...)
- Critères économiques : Le critère économique, est un facteur déterminant dans le choix d'un automate. En effet, le choix de cette dernière dépend non seulement des exigences techniques, mais aussi des différents coûts d'étude, de mise au point et de maintenance

II.6 Les avantages les inconvénients :

II.6.1 Avantage :

Améliorer les conditions de travail en éliminant les travaux répétitifs et les tâches pénibles.

- ✓ Améliorer la productivité en augmentant la production.
- ✓ Amélioration de la qualité des produits et réduction des coûts de production.
- ✓ Les automates programmables sont facilement programmables et ont un langage de programmation facile à comprendre alors la modification du programme est facile par rapport à la logique câblée.
- ✓ Simplification du câblage.
- ✓ Augmenter la sécurité en effectuant les tâches dangereuses.
- ✓ La précision.
- ✓ La flexibilité (une machine peut s'adapter à plusieurs productions).
- ✓ Possibilité de communication avec l'extérieur (ordinateur, autre API).
- ✓ Plus économique

II.6.2 Inconvénients :

- ✓ Il y a trop de travail requis dans les fils de connexion.
- ✓ Besoin de formation d'un personnel plus qualifié.
- ✓ Incidence sur l'emploi (licenciement – chômage).
- ✓ Une importante consommation d'énergie

II.7 L'automate programmable SIEMENS S7-300 :

Le SIMATIC S7-300 est un automate à extensibilité modulaire, utilisé particulièrement dans l'industrie manufacturière, Possédant une gamme régulière de CPU, qui offre un niveau très élevé de performances, avec une grande vitesse de traitement Le SIMATIC S7 désigne un produit de la société SIEMENS

II.7.1 Constitution de l'Automate S7-300 :

L'automate S7-300 possède :

- ✚ Des CPU de différents niveaux de performances
- ✚ Des Modules de signaux pour Entrées/Sorties « TOR » et analogique, ainsi que Des Modules de fonction pour les différentes fonctions technologiques
- ✚ Une possibilité de mise à niveau par MPI
- ✚ Une largeur réduite des Modules, permettant un gain de place au montage
- ✚ Une structure compacte, lui permettant le placement aux milieux exigus

II.7.2 Caractéristiques de l'automate S7-300 :

L'automate S7-300 est spécifié par les caractéristiques suivantes :

- ✚ Gamme diversifiée de la CPU.
- ✚ Gamme complète du module.
- ✚ Possibilité d'exécution jusqu'à 32 modules.
- ✚ Bus de fond de panier intégré en 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 configuration matériels.

Plusieurs automates S7-300 peuvent communiquer entre eux aux moyens d'un câble-bus PROFIBUS pour une configuration décentralisée.

II.7.3 Modularité du S7-300 :

Parmi les caractéristiques essentielles du S7-300, le fait qu'il est disposé d'une vaste gamme de Modules.

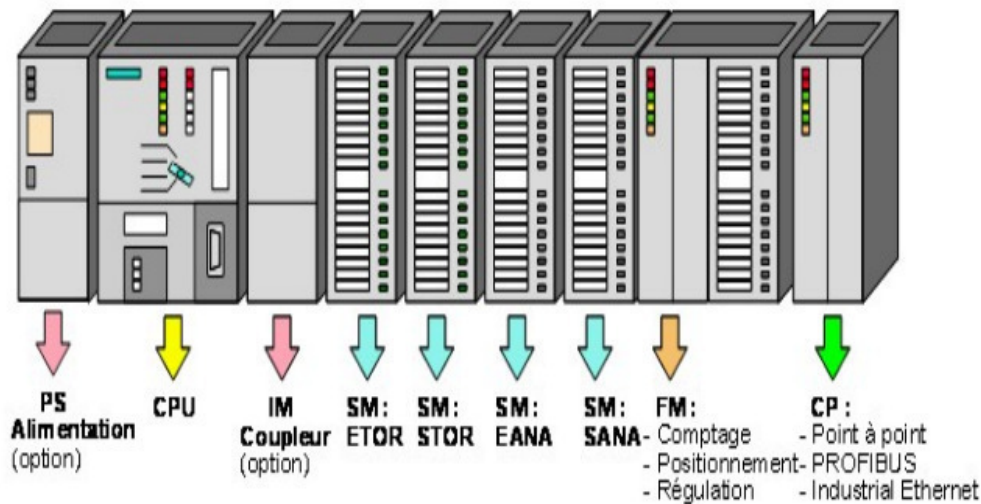


Figure I-5 : Constitant d'un automate S7-300

Module de fonction (FM) : Il a pour rôle, l'exécution de tâche de traitement des signaux du processus temps critique et nécessitant une importante capacité de mémoire comme le comptage, positionnement et régulation.

Module de communication (CP) : Ils permettent d'établir des liaisons homme-machine qui sont effectuées par les interfaces de communications : Point à point, Profibus et l'Ethernet Industriel ;

Caractéristiques de la CPU : la gamme S7-300 offre une grande variété de CPU telle que la CPU312, 314M,

315 ,315-2P, etc. Chacune possède certaines caractéristiques différentes des autres. Par conséquent, le choix de la CPU, pour un problème d'automatisation donné, est conditionné par les caractéristiques offertes par la CPU choisie.

Interface (MPI) : une liaison MPI (multi Point Interface) est nécessaire pour programmer un SIMATIC S7 300 depuis le PC. Elle est une interface de communication utilisée pour la programmation, le contrôle commande avec HMI et l'échange de données entre CPU SIMATIC S7 jusqu'à 32 nœuds maximum. Chaque

CPU du SIMATIC S7-300 est équipée d'une interface MPI intégré.

II.8 Programmation via STEP 7 :

II.8.1 Définition du STEP7 :

STEP7, est un logiciel de base pour la programmation et la configuration de systèmes d'automatisation SIMATIC. Il permet la création et la gestion de projets, la configuration et le paramétrage du matériel et de la communication, la gestion des mnémoniques, et la création de programmes. Il inclut 6 applications

II.8.2 Les applications disponibles :

Le logiciel de base STEP7, met à la disposition des utilisateurs différents applications.

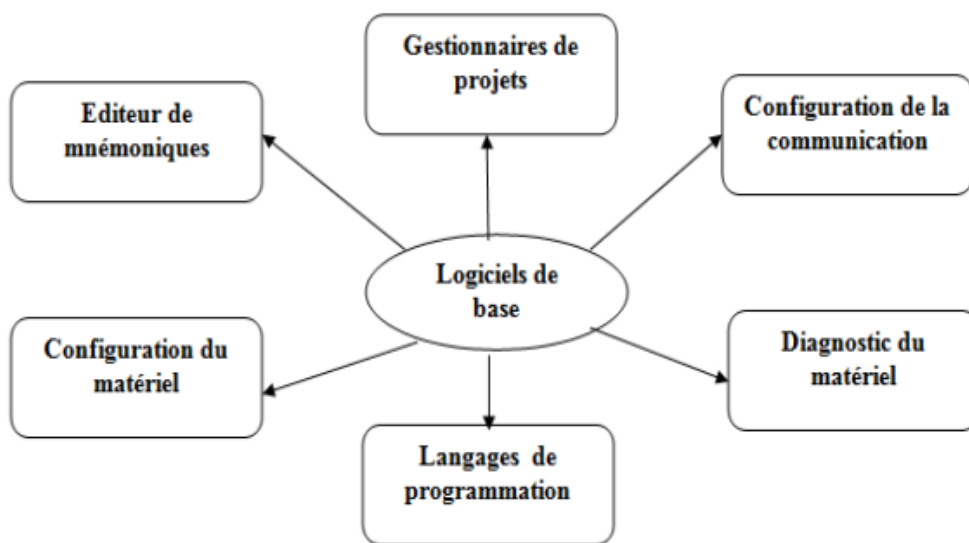


Figure I-6 : Différentes application d'un API

II.8.2 .1 Gestionnaire de projets SIMATIC :

Le gestionnaire de projets SIMATIC gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation – quel que soit le système cible (S7/M7/C7) sur lequel elles ont été créées.

Le gestionnaire de projets

SIMATIC démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données sélectionnées.

II.8.2 .2 Définition des mnémoniques :

L'éditeur de mnémoniques vous permet de gérer toutes les variables globales. Vous disposez dysfonctions suivantes :

- définition de désignations symboliques et de commentaires pour les signaux du processus(entrées/sorties), mémentos et blocs,
- fonctions de tri,
- importation/exportation avec d'autres programmes Windows.

La table des mnémoniques qui en résulte est mise à disposition de toutes les applications. La modification de l'un des paramètres d'un mnémonique est de ce fait reconnue automatiquement par toutes les applications.

II.8.2.3 Diagnostic du matériel :

Le diagnostic du matériel fournit un aperçu de l'état du système d'automatisation. Dans une représentation d'ensemble, un symbole permet de préciser pour chaque module, s'il est défaillant ou pas. Un double clic sur le module défaillant permet d'afficher des informations détaillées sur le défaut.

Les informations disponibles dépendent des différents modules :

- affichage d'informations générales sur le module (p.ex. numéro de commande, version, désignation) et son état (p.ex. défaillant),
- affichage d'erreurs sur les modules (p.ex. erreur de voie) de la périphérie centrale et des esclaves,
- affichage des messages de la mémoire tampon de diagnostic. Pour les CPU, des informations supplémentaires s'affichent :
 - causes de défaillance dans le déroulement d'un programme utilisateur
 - durée de cycle (le plus long, le plus court et dernier),
 - possibilités et charge de la communication MPI,
 - performances (nombre d'entrées/sorties, de mémentos, de compteurs, de temporisations et déblocus possibles)

II.8.2.4 Langages de programmation :

Les langages de programmation CONT, LIST et LOG pour S7-300/400 font partie intégrante du logiciel de base.

- Le schéma à contacts (CONT) est un langage de programmation graphique. La syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits. CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines.

Type de schéma en contact, opération en ET :

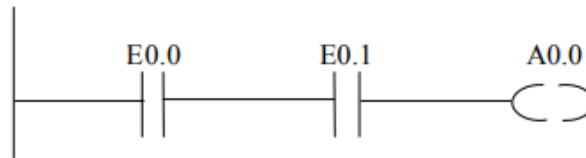


Figure I-6 : Schéma en contact ET

Type de schéma en contact, opération en OU :

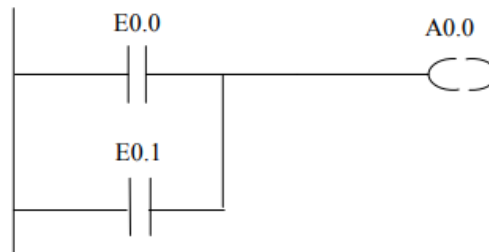


Figure I-7 : Schéma en contact OU

- La liste d'instructions (LIST) est un langage de programmation textuel proche de la machine. Dans un programme LIST, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme. Pour faciliter la programmation, LIST a été complété par quelques structures de langage évoluées (comme, par exemple, des paramètres déblocus et accès structurés aux données).

U E0.0	O E0.0
U E0.1	O E0.1
= A0.0	= A0.0

Figure I-8 : Schéma en LIST

- Le logigramme (LOG) est un langage de programmation graphique qui utilise les boîtes de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques. Les fonctions complexes, comme par exemple les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement combinées avec les boîtes logiques.

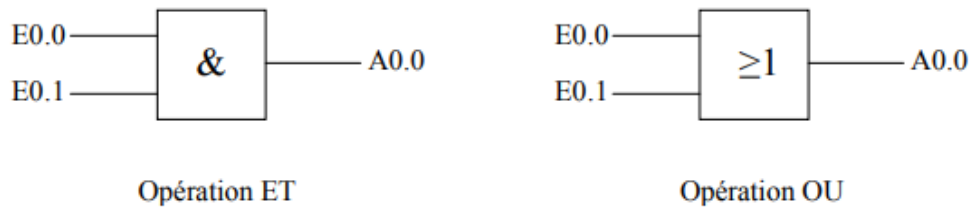


Figure I-9 : Schéma en LOG

Vous pouvez vous procurer d'autres langages de programmation sous forme de logiciels optionnels.

II.8.2.5 Configuration matérielle :

Vous utilisez cette application pour configurer et paramétrer le matériel d'un projet d'automatisation.

Vous disposez des fonctions suivantes :

- Pour configurer le système d'automatisation, vous sélectionnez des châssis (Racks) dans un catalogue électronique et affectez les modules sélectionnés aux emplacements souhaités dans les racks.
- La configuration de la périphérie décentralisée est identique à celle de la périphérie centralisée.
- Pour le paramétrage de la CPU, des menus vous permettent de définir des caractéristiques telles que le comportement à la mise en route et la surveillance du temps de cycle. Le fonctionnement multiprocesseur est possible. Les données saisies sont enregistrées dans des blocs de données système.
- Pour le paramétrage des modules, des boîtes de dialogue vous permettent de définir tous les paramètres modifiables. Les réglages à l'aide de commutateurs DIP s'avèrent inutiles. Le paramétrage des modules est réalisé automatiquement au démarrage de la CPU. L'avantage suivant en résulte. Le remplacement d'un module est ainsi possible sans nouveau paramétrage.
- Le paramétrage de modules fonctionnels (FM) et de processeurs de communication (CP) s'effectue de manière identique à celui des autres modules dans la configuration matérielle. A cet effet, des boîtes de dialogues ainsi que des règles spécifiques aux modules sont ainsi mises disposition pour chaque FM et CP (fournies dans le logiciel fonctionnel du FM/CP). Dans les boites de dialogue, le système ne propose que des saisies possibles, ce qui empêche les entrées erronées

II.8.2.6 Configuration de la communication :

Un transfert de données cyclique déclenché par temporisation via MPI avec :

- choix des participants à la communication,
- saisie de la source et de la destination des données dans un tableau ; la génération de tous les blocs à charger (SDB) et leur transfert complet dans toutes les CPU s'effectuent automatiquement.

En outre, un transfert de données déclenché par événement est possible avec :

- la définition des liaisons de communication,
- le choix des blocs de communication/ blocs fonctionnels dans la bibliothèque des blocs intégrée,
- le paramétrage des blocs de communication/ blocs fonctionnels sélectionnés dans le langage déprogrammation habitue

II.9 Les progiciels de conception des interfaces homme/machine (HMI) Siemens

WinCC flexible est un logiciel de supervision développée et distribué parSIEMENS. Il permet de créer des interfaces homme-machine idéal pour toute application de la machine et du processus sur le pupitre tactile ou sur l'écran.

Les projets peuvent être portés sans conversion et sont exécutables sur diverses plateformes IHM grâce à des logiciels et à des projets multilingues, WinCC flexible peut être utilisé dans le monde entier

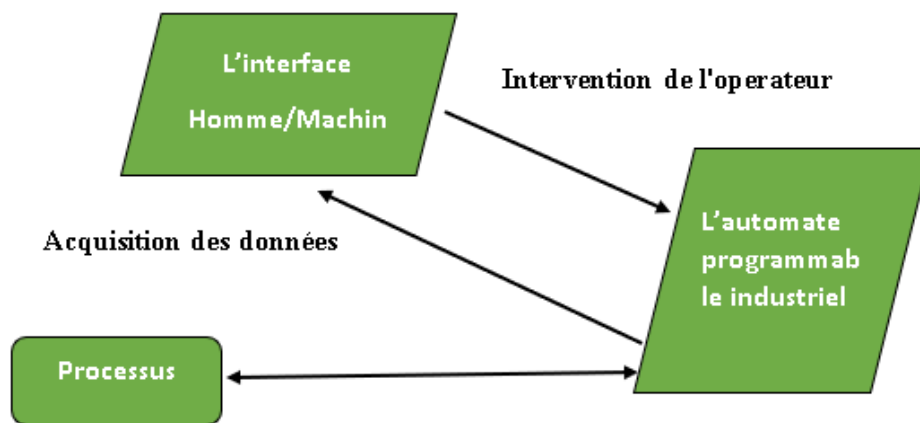


Figure I-10 : Interface Homme Machine

II.10 Etapes de conception d'une interface via WinCC :

L'utilisation de ce logiciel pour la conception d'une interface, passe par plusieurs étapes résumées dans la figure

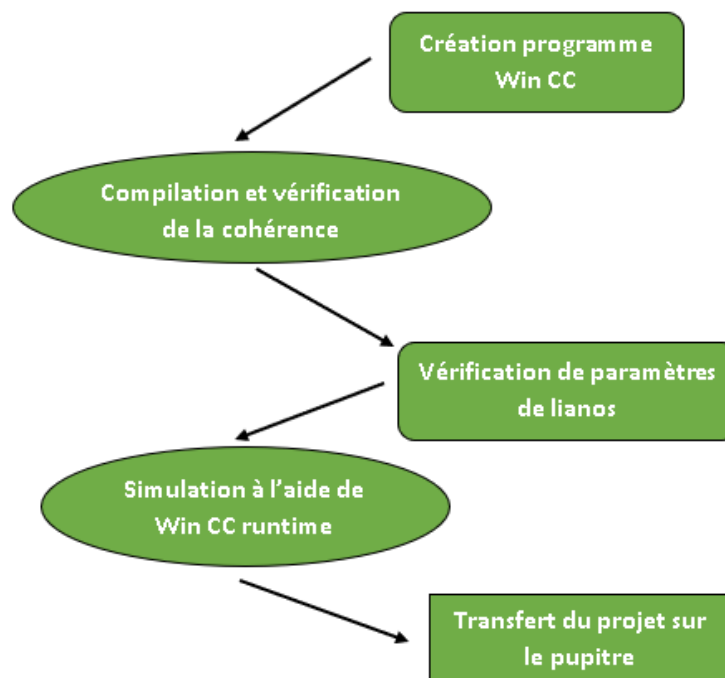


Figure I-11 : Etapes de Conception d'une interface via Wincc

II.11 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons parlé des systèmes automatisés de caractéristiques et de structures externes et internes et de leur rôle dans le développement technologique et d'assurer la communication entre la machine et les capteurs afin d'obtenir un système stable avec plus de précision d'installation industrielle. Depuis lors, nous avons vu A.P.I dans sa programmation, sa connexion et Adapté aux conditions industrielles avec toutes les fonctions nécessaires à l'automatisation processus. Outre son système modulaire et ses fonctions spécifiques prêtes à l'emploi, sa richesse bibliothèque de fonctions. On a vu comment programmer ce type d'automate en utilisant logiciel STEP 7. Avec de brèves informations sur lui.

Chapitre I11 :

Programmation et Simulation

III.1 Introduction :

De nombreux automatismes existent dans les systèmes et les objets techniques qui constituent notre environnement, il faut remarquer que les niveaux de complexité sont très divers.

L'automatisation d'une station de lavage permet de minimiser l'intervention humaine et préserver notre environnement par le contrôle de la consommation et éviter le gaspillage de l'eau.

Dans ce dernier chapitre, on va présenter le cahier des charges et citer les différents constituants de la station de lavage ; la deuxième partie sera consacré à la programmation en utilisant le logiciel STEP 7 qui s'effectuera par le langage LADDER, suit à cela nous présentons la simulation effectuée.

III.2 SIMATIC Manager :

SIMATIC Manager est l'écran d'accueil de la programmation avec STEP 7. Il affiche l'arborescence de tous les objets d'un projet et, à travers ces objets, il vous permet d'accéder à toutes les fonctions qui vous sont nécessaires pour résoudre votre problème d'automatisation.

III.3 Grafcet :

Grafcet (Graphe Fonctionnel de Commande par Etape et Transition) est un graphe ou outil de description du cahier de charge de système automatisé, il est utilisé pour décrire les opérations séquentielles de la partie contrôle associée aux différentes étapes du processus du système automatisé au cours du développement de la production tout en respectant des conditions de transition d'une étape à l'autre, donc on peut dire qu'une série d'étapes temporelles consécutives liées entre elle par la transition.

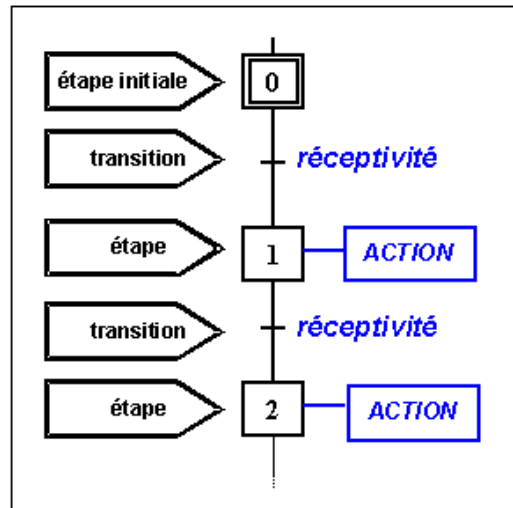


FIGURE [III-1] STRUCTURE ET INTERPRETATION DU GRAFCET

III.4 Programmation sur Step7 :

III.4.1 Installation du Step7 :

Pour installer le logiciel de l'étape 7, l'environnement logiciel et matériel requis doit être pris en compte. Nous découvrons Ceux décrits dans les fichiers sur le CD_ROM de l'étape 7.

Le CD_ROM STEP 7 est inséré dans le lecteur. Le programme d'installation démarre automatiquement

Après l'installation et le redémarrage de l'ordinateur, l'icône "SIMATIC Manager" apparaît sur le bureau

Lancer SIMATIC manager par un double clique sur son icône :

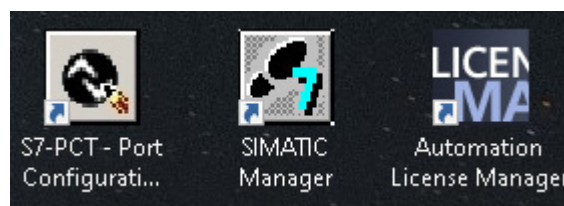


FIGURE [III-2] FENETRE SIMATIC MANAGER

III.4.2 Création de projet :

En entrant dans Step7, il peut y avoir un assistant qui vous propose de créer un nouveau projet, il vaut mieux l'annuler car par défaut il configure mal la liaison avec l'automate. On choisira donc plutôt "fichier -> nouveau" (mettez votre nom dans le nom de projet). Ou alors "fichier -> ouvrir" : pour retrouver un projet existant sur ce poste, cliquez "parcourir" puis

"lancer la recherche" sans rien changer ; mais s'il était sur votre répertoire perso, il sera sur "U :". N'utilisez pas un projet existant autre qu'un des vôtres, suivant les filières les projets peuvent être incompatibles (et quelquefois planter le réseau) ! Si, en lançant Step7, d'autres projets sont ouverts, fermez-les, pour éviter toute interférence avec le votre

- ❖ Etape 1 : On a cliquer sur le bouton « suivant »

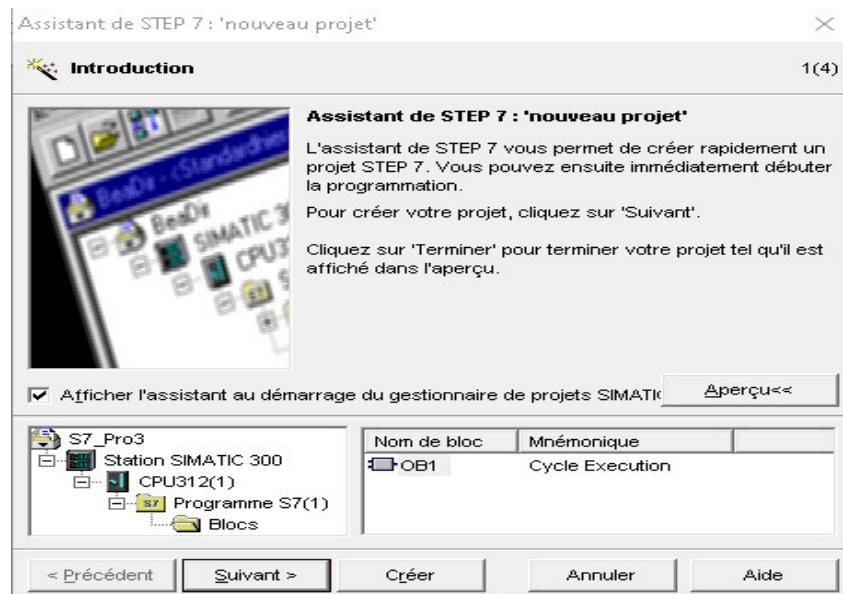


FIGURE [III-3] ASSISTANT DE STEP 7

- ❖ Etape 2 : On a choisir la CPU < CPU313> utilisée pour notre projet. La liste contient normalement toutes les CPU supportées par la version de Step7 utilisée, dans le champ « nom de la CPU »il faut donner un nom à la CPU cela peut s'avérer utile dans le cas où l'on utilise plusieurs CPU dans un même projet ; il faut aussi choisir une adresse MPI pour la CPU, si l'on utilise une seule CPU la valeur par défaut est 2

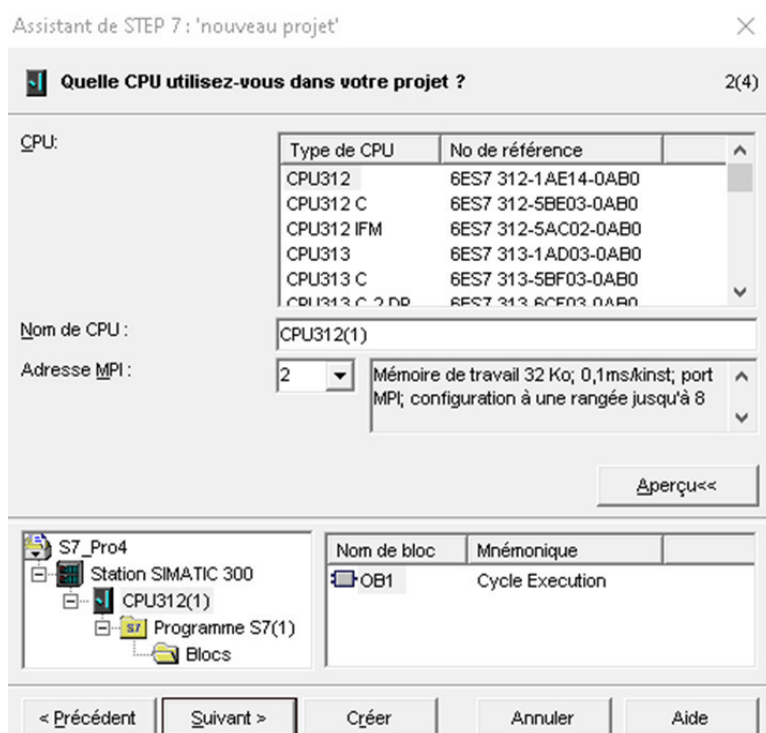


FIGURE [III-4] FENETRE DE CHOIX DE LA CPU

- ❖ Etape 3 : On a nommé notre projet < Station Pompage > et on clique sur Créer. Le projet est maintenant créé, on peut visualiser une arborescence à gauche de la fenêtre qui s'est ouverte

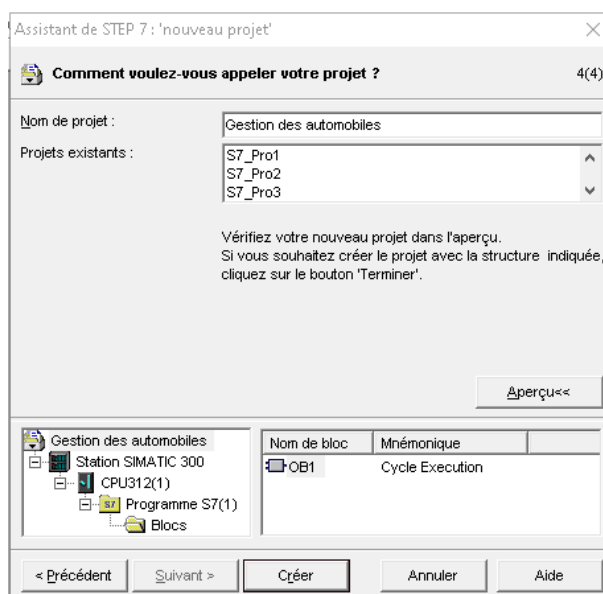


FIGURE [III-5] NOMINATION DU PROJET

La fenêtre suivante apparaît Figure :

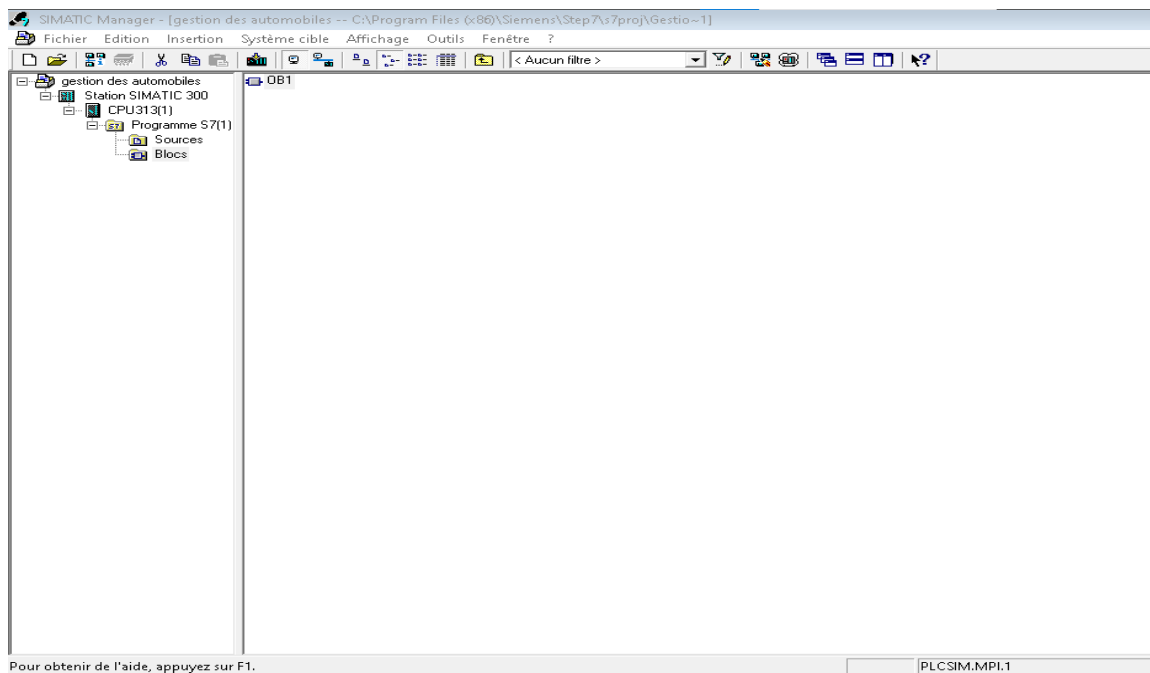


FIGURE [III-6] REPERTOIRE DE LA STATION SIMATIC ET DE LA CPU

III.4.3 Configuration matérielle :

La configuration matérielle est une étape importante. Elle consiste à disposer les châssis (rack), les modules et les appareils de la périphérie centralisée. Les châssis sont représentés par une table de configuration dans laquelle on peut placer un nombre définis de modules comme dans les châssis réels

- On ouvre le dessiner “station SIMATIC 300”, on double clique sur l’icône “Matériel” ’La fenêtre’ ’projet STEP 7-300’’s’ouvre la –CPU qu’a été sélectionnée à la création du projet est affichée
- Avec RACK sélectionné, nous glissons le CPU313 dans le slot 2
- L'emplacement numéro 1 est réservé à l'alimentation et l'emplacement numéro 3 est réservé à l'adresse logique du module dans une configuration multi-châssis
- D'autres emplacements sont réservés aux modules dans le fichier SM-300.L'API se compose de deux modules d'entrées numériques et d'un module de sorties et de trois modules d'entrées analogiques et de deux modules de sorties.

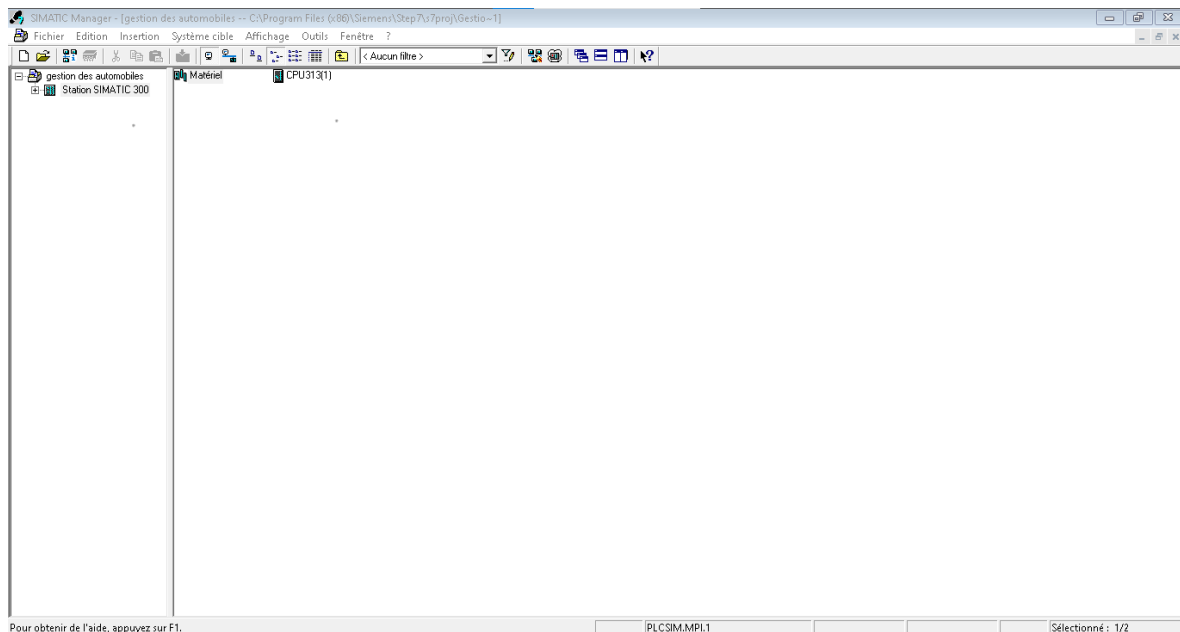


FIGURE [III-7] FENETRE OUVRE LE DESSINER STATION SIMATIC 300

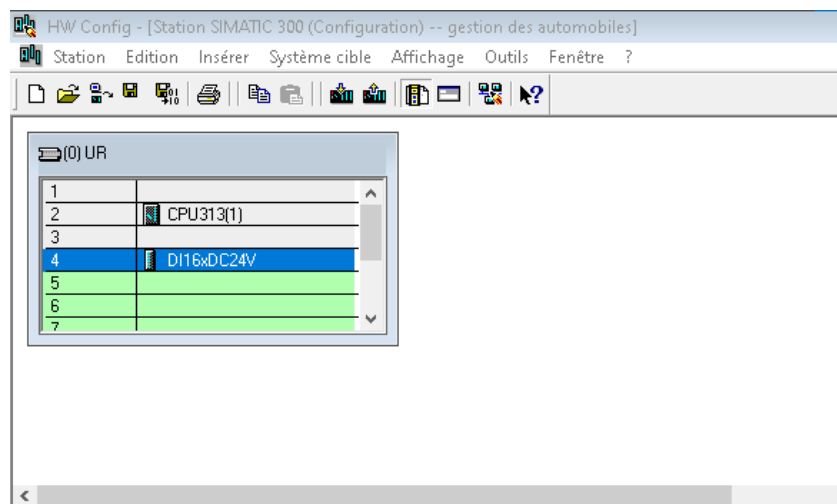


FIGURE [III-8] CONFIGURATION DU MATERIEL

III.4.4 Table des Mnémoniques :

Les mnémoniques sont destinées à rendre le programme utilisateur lisible et à se retrouver facilement dans le cas de grand nombre de variables. Ces mnémoniques remplacent les entrées et les sorties. Le type de données inscrit automatiquement dans la table des mnémoniques indique à la CPU le type de signal qu'elle a à traiter

✓ Cliquer sur « mnémoniques » :

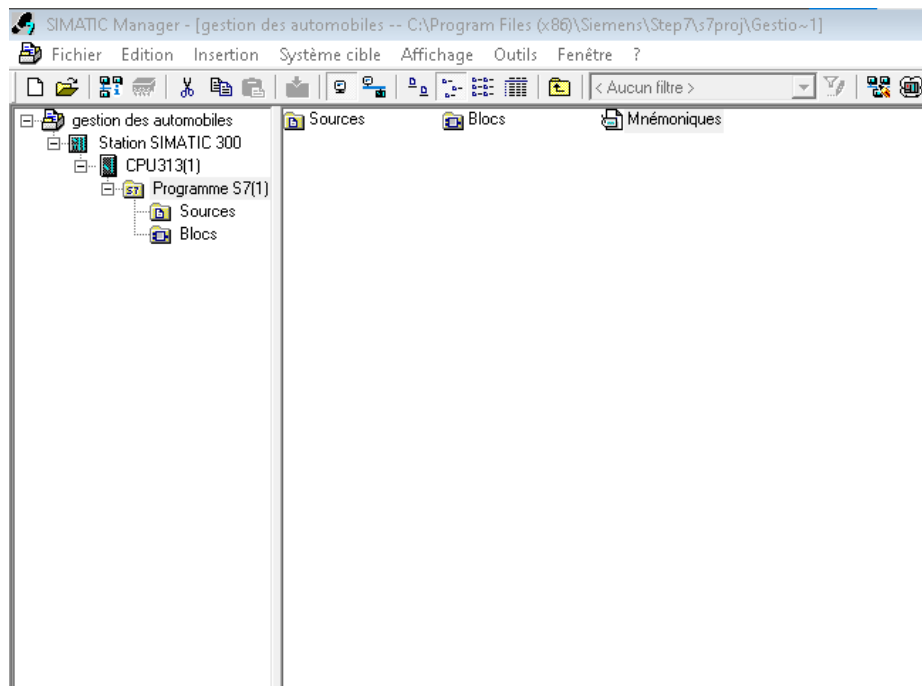


FIGURE [III-9] COMMENT CREER UNE TABLE MNEMONIQUE

III.5 Schéma de principe de la station de lavage

La figure III-1 représente la station de lavage de voitures qu'on veut étudier. On peut voir les différents constituants montés sur le portique mobile.

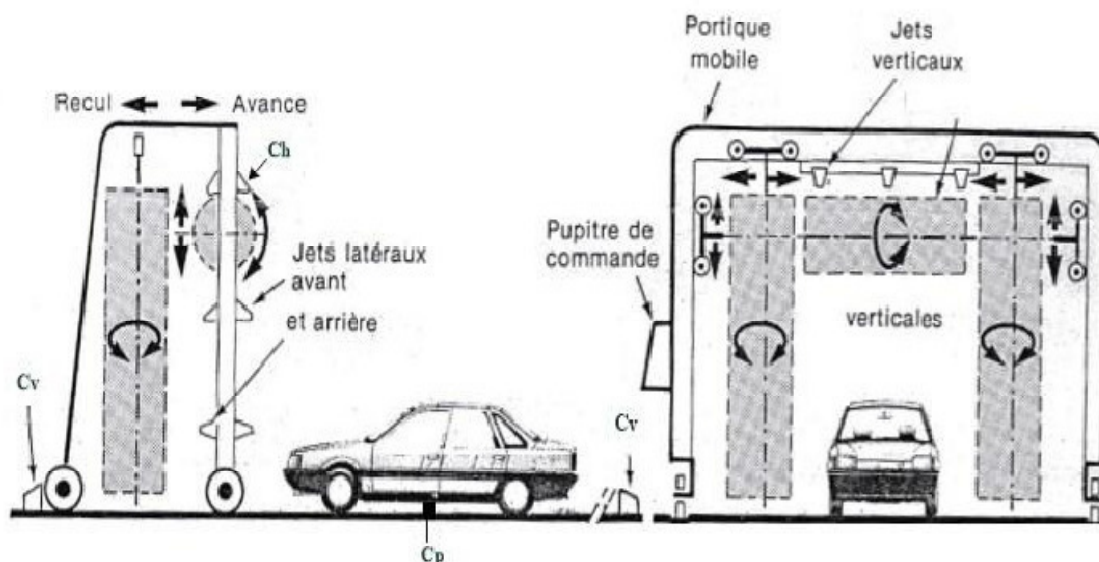


Figure III-10 : Organisation d'une station automatisée de lavage de voiture

Dans le schéma qui suit nous présentons l'cartogramme appropriée de la station de lavage qui permet de définir la fonction globale du système. Cette figure montre la fonction globale de la station de lavage ainsi que la matière d'œuvre et les données de contrôle.

Cahier de charge :

Dans ce système, la partie opérative comporte essentiellement ce qui suit :

- 1- Un portique de lavage se déplace sur des rails entre deux butées avant et arrière afin d'assurer le nettoyage du véhicule présent dans la station ; il supporte deux rouleaux verticaux et un rouleau horizontal, entraîné par un moteur électrique triphasé de puissance 3kW à deux sens de rotation;
- 2- Un moteur électrique triphasé de puissance 4kW associé à un mécanisme permettant la rotation de ces trois rouleaux ;
- 3- Un moteur électrique triphasé de puissance 3kW pour la montée et la descente du rouleau horizontal ;
- 4- Une pompe à eau gérée par un moteur triphasé de puissance 0.5 kW ; et deux électrovannes permettant d'arroser le véhicule à travers des buses d'injection de l'eau ou de l'eau savonné et le rinçage ;
- 5- Les trois moteurs sont protégés par des disjoncteurs magnétothermiques, et commandés par des contacteurs de puissance ;
- 6- Un dispositif de séchage placé sur la partie haute du portique (non présenté dans les figures IV-4 et IV-5) ;

Remarque :

Tous les moteurs utilisés ont les caractéristiques suivantes :

- Tension : 380V,
- Mode de branchement : 3Ph,
- Fréquence : 50Hz.

Description du tableau :

Dans les figures précédentes sont représenté les différents actionneurs et préactionneurs de notre système. Le moteur du portique M1 est commandé par un contacteur KM1 et le convertisseur de fréquence VFR-91 va assurer le sens de rotation (le mouvement d'avancement et le recul du portique) ; Le moteur du rouleau horizontal M2 est commandé par deux contacteur KM2 et KM3 afin de garantir le double sens de rotation (la montée et la descente) ;

Le moteur M3 est responsable de la rotation des trois rouleaux est commandé par le contacteur KM4 ;

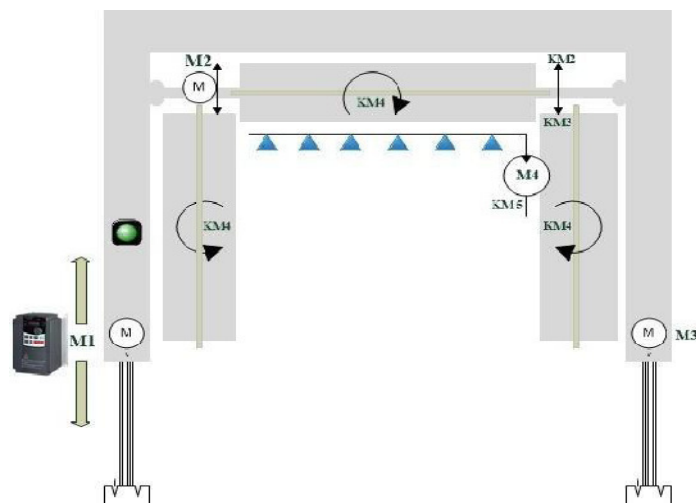


Figure III-11 : Schéma de principe de la station de lavage (point de vue commande)

Actions	Pré actionneurs	actionneurs	adresse
Descente rouleau horizontal	KM3	M1	A124.1
Montée rouleau horizontal	KM2	M1	A124.2
Rotation trois rouleaux	KM4	M2	A124.3
Avance portique	KM1	M3	A124.4
Reculé portique	KM1	M3	A124.5
Prélavage	KEV1 et KM5	Vanne1 et pompe	A124.6\A124.7
Savonnage	KEV2 et KM5	Vanne2 et pompe	A124.8\A124.7
Rinçage	KEV1 et KM5	Vanne1 et pompe	A124.6\A124.7
Séchage	KM5	M4	A125.1

Tableau III-1 : Tableau récapitulatif des différents pré-actionneurs et actionneurs utilisés dans la station de lavage.

Lors du déplacement du portique pendant le lavage :

- On détecte les positions avant et arrière du portique à l'aide de capteurs type inductifs ou photoélectriques Cv et Cr.
- On détecte la présence de la voiture à l'aide de capteur type photoélectrique Cp.
- On détecte la position haute du rouleau horizontal à l'aide de capteur type photoélectrique Ch.

Capteurs	Désignations	adresse
Dcy	dcy	E124.0
Capteur présence de véhicule	Cp	E124.1
Capteur avant portique	Cv	E124.2
Capteur arrière portique	Cr	E124.3
Capteur de position haute du rouleau horizontal	Ch	E124.4
Fin Avance de la portique	Ap	E124.5
Fin Recule de la portique	Rp	E124.6
Fin Montée de rouleau horizontal	Fin km2	E125.0
Fin temporisation	5s \10s	E125.7

Tableau III-2 : Capteurs de station de lavage.

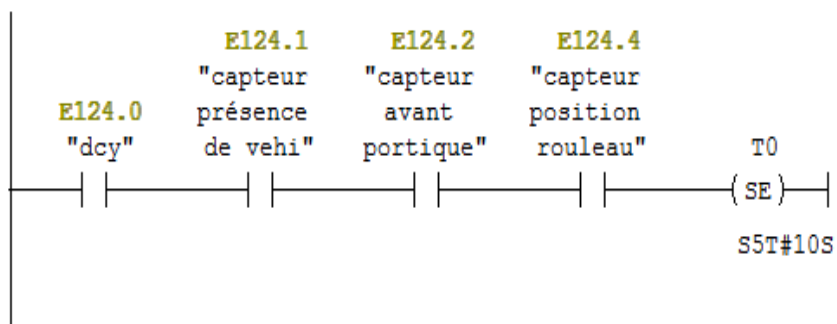
IV.5 Simulation du système de lavage :

Les figures qui suivent, montrent les différentes étapes de la simulation de notre système. Cette opération nécessite le chargement du programme LADDER que nous avons écrit et élaboré. Ce chargement s'effectue dans la CPU virtuelle du PLCSIM qui est une partie du logiciel TIA PORTAL, afin de pouvoir tester les E/S du programme et suivre l'évolution et/ou le déroulement séquentiel des événements de la station ;

Réseaux 1 : Départ Cycle

Réseau 1: Titre :

Commentaire :



Réseaux 2 : Voyant allumer de départ cycle

Réseau 2: Titre :

Commentaire :



Réseaux 3 : Descente de rouleur horizontale

Réseau 3: Titre :

Commentaire :



Réseau 4: Titre :

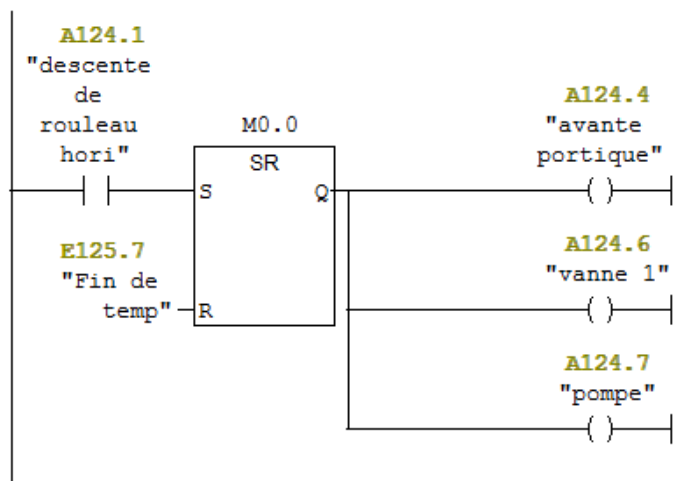
Commentaire :



Réseaux 1 : Prélavage et avancement de portique

Réseau 5: Titre :

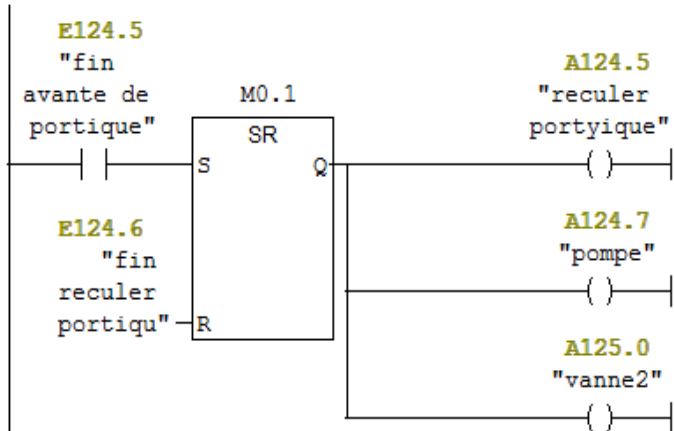
Commentaire :



Réseaux 1 : Savonnage et reculement portique

Réseau 6: Titre :

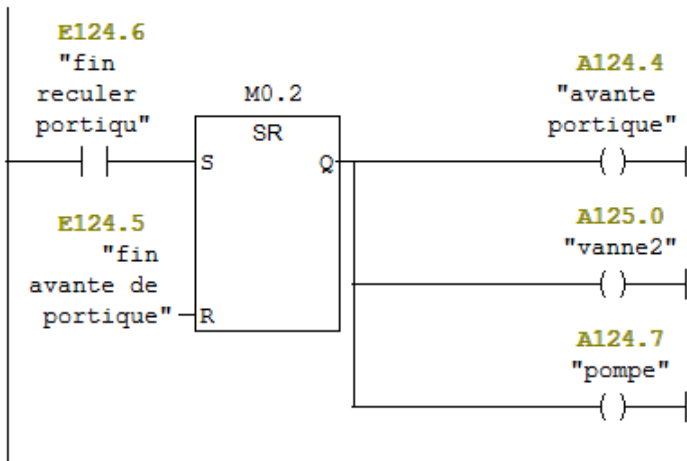
Commentaire :



Réseaux 1 : Rinçage et avancement portique

Réseau 7: Titre :

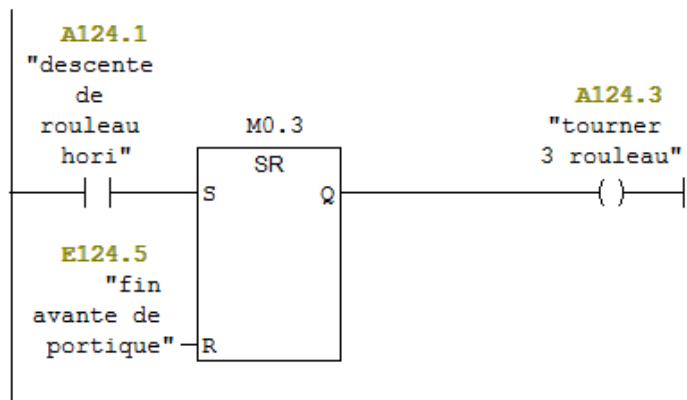
Commentaire :



Réseaux 8 : Tourner les trois rouleaux

Réseau 8: Titre :

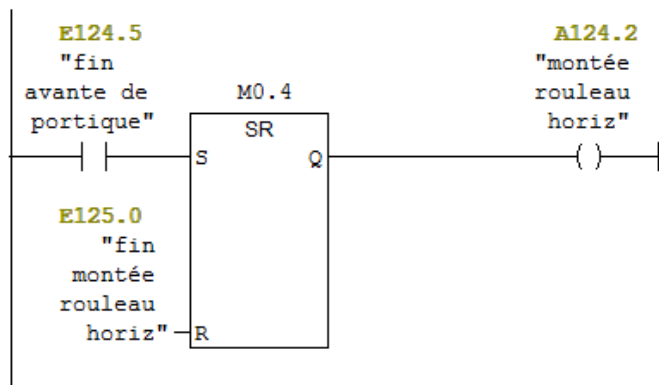
Commentaire :



Réseaux 1 : Monter rouleau horizontal

Réseau 9: Titre :

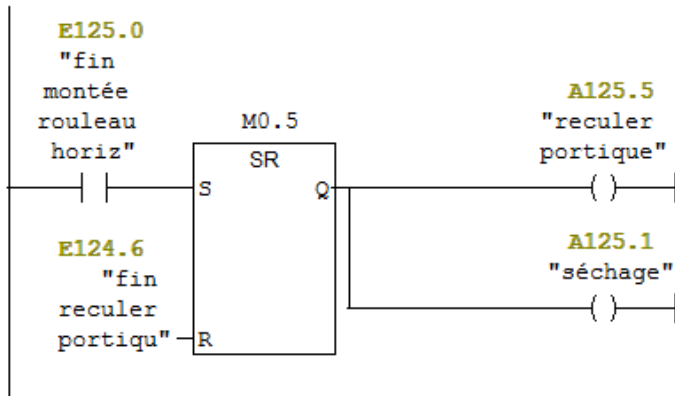
Commentaire :



Réseaux 10 : Reculer portique et Séchage

Réseau 10: Titre :

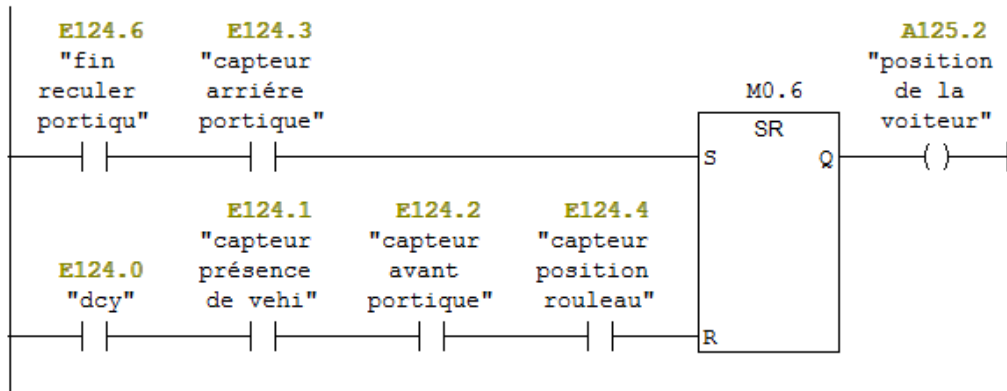
Commentaire :



Réseaux 11 : Position initiale

Réseau 11: Titre :

Commentaire :



III.6 Logiciel de simulation S7-PLCSIM :

Après avoir développé le programme de contrôle du système d'automatisation, nous sommes entrés dans la phase décisive travail effectué. Cette étape consiste à vérifier le programme par simulation et à vérifier son exactitude. Portion. Pour cela, le logiciel S7 PLCSIM est utilisé, qui est un logiciel optionnel STEP 7.

L'application de simulation de module S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester nos programmes dans un automate programmable. Etant donné que la simulation s'effectue

entièrement  is le logiciel STEP 7, Aucune connexion à un matériel S7 (CPU ou modules de signaux) n'est nécessaire.

Le but de ce logiciel est de tester les programmes STEP 7 pour les automates S7-300

Pour diverses raisons, les tests sur le matériel ne sont pas immédiatement possibles, l'application est critique car si des erreurs de programmation se produisent, des dommages matériels ou corporels peuvent en résulter

III.6.1 Mise en route du logiciel S7-PLCSIM :

On ouvre le <<'SIMATIC Manager'>> par un double clic sur son icône dans le bureau.

Cliquez sur ou sélectionnez la commande Outils-simulation de modules, Cela lance l'application S7-PLCSIM et ouvre une fenêtre CPU

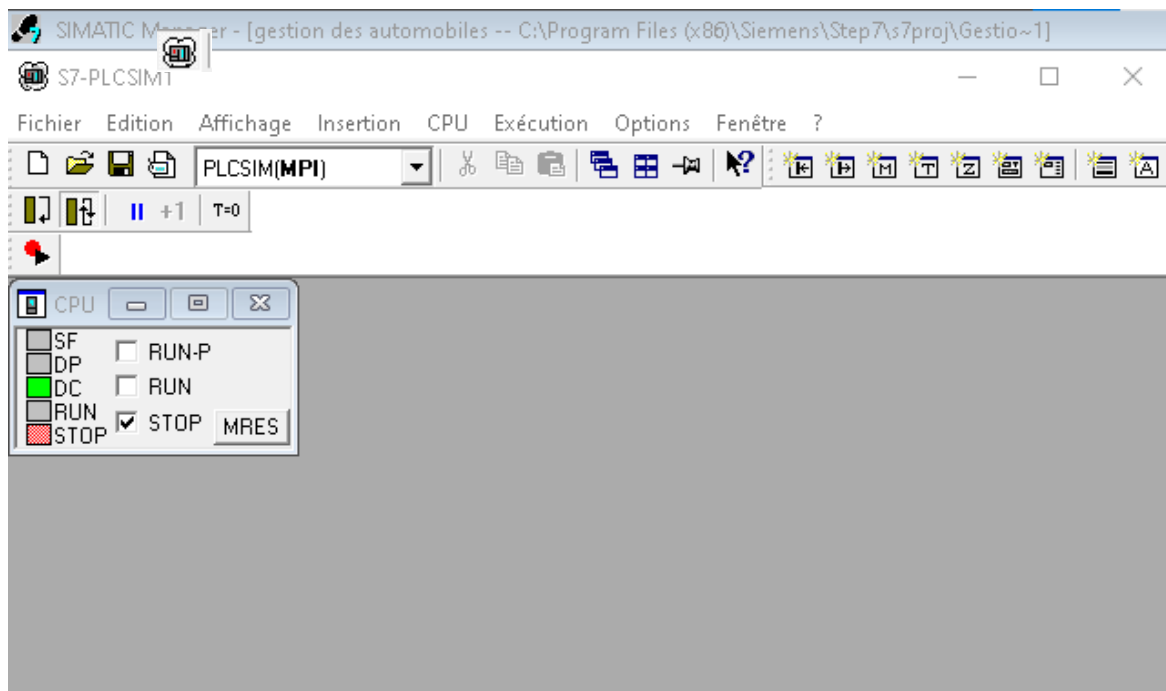


FIGURE [III-12] FENETRE DU S7-PLCSIM

Dans le bloc OB1 cliquez sur  ou choisir la commande Système cible (charger) pour charger le dossier blocs dans l'API de simulation.

Dans l'application S7-PLCSIM, crier de nouvelles fenêtres pour visualiser les informations provenant de l'API de simulation :

Cliquez sur ou choisissez la commande Insertion > Entrée pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des entrées (zone E). Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut EB0.

Cliquez Sour ou choisissez la commande Insertion (Sortie) pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des sorties. Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut AB0

Cliquez sur  choisissez la commande Insertion (Memento) pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer des variables dans la zone de mémoire des mementos. Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut MB0. Mais on peut modifier l'adresse

Cliquez sur  choisissez la commande Insertion (Temporisation) pour créer une fenêtre dans laquelle vous pouvez visualiser et forcer les temporisations utilisées par le programme. Cette fenêtre s'ouvre avec l'adresse de mémoire par défaut T0

Choisir le menu CPU dans la fenêtre du S7-PLCSIM et vérifier que la commande Mettre sous-tension est activé

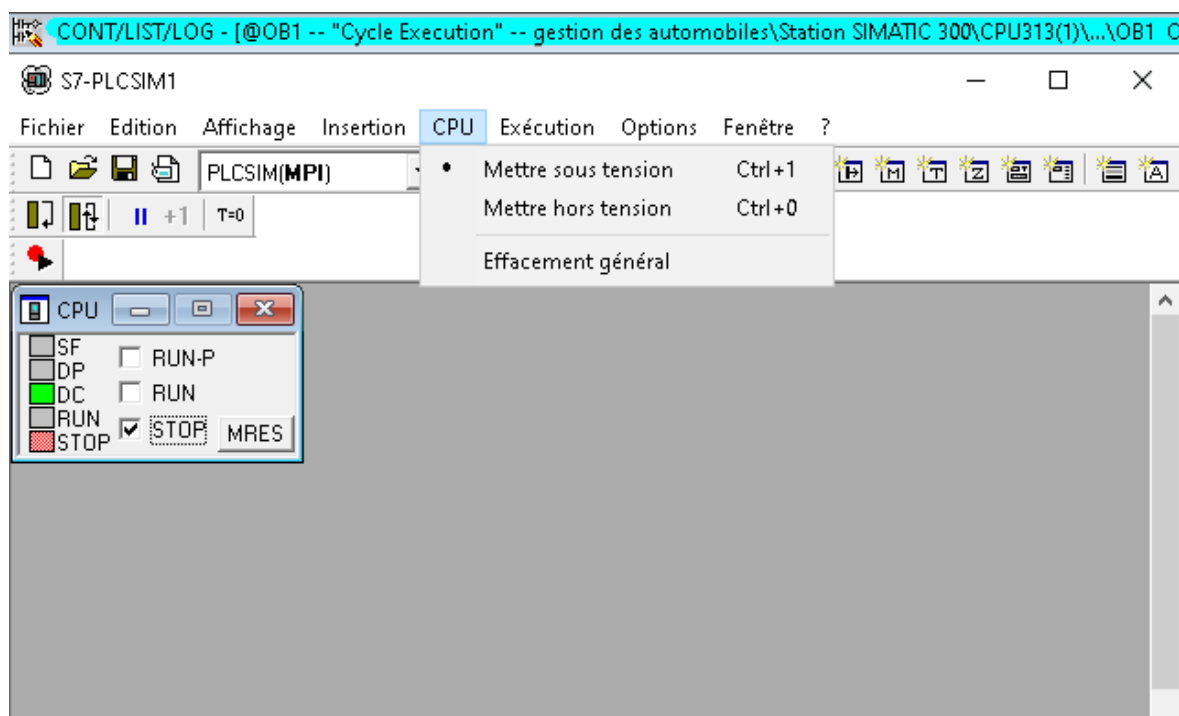


FIGURE [III-13] MISE SOUS TENSION DE LA CPU.

Choisir la commande Exécution (Mode d'exécution) et vérifier que la commande cycle continue est activée.

Mettre la CPU de simulation en marche en cliquant sur l'une des cases à cocher RUN ou RUN-P

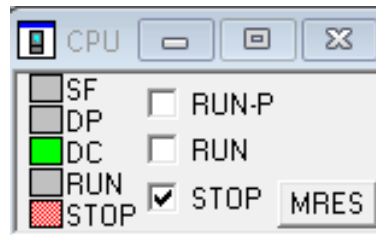


FIGURE [III-14] MISE EN MARCHÉ DE LA CPU

III.6.2 Simulation du programme :

Chargement du programme dans la CPU du simulateur

Cliquant sur l'une des cases à cocher RUN ou RUN-P

Activer la fonction de visualisation 

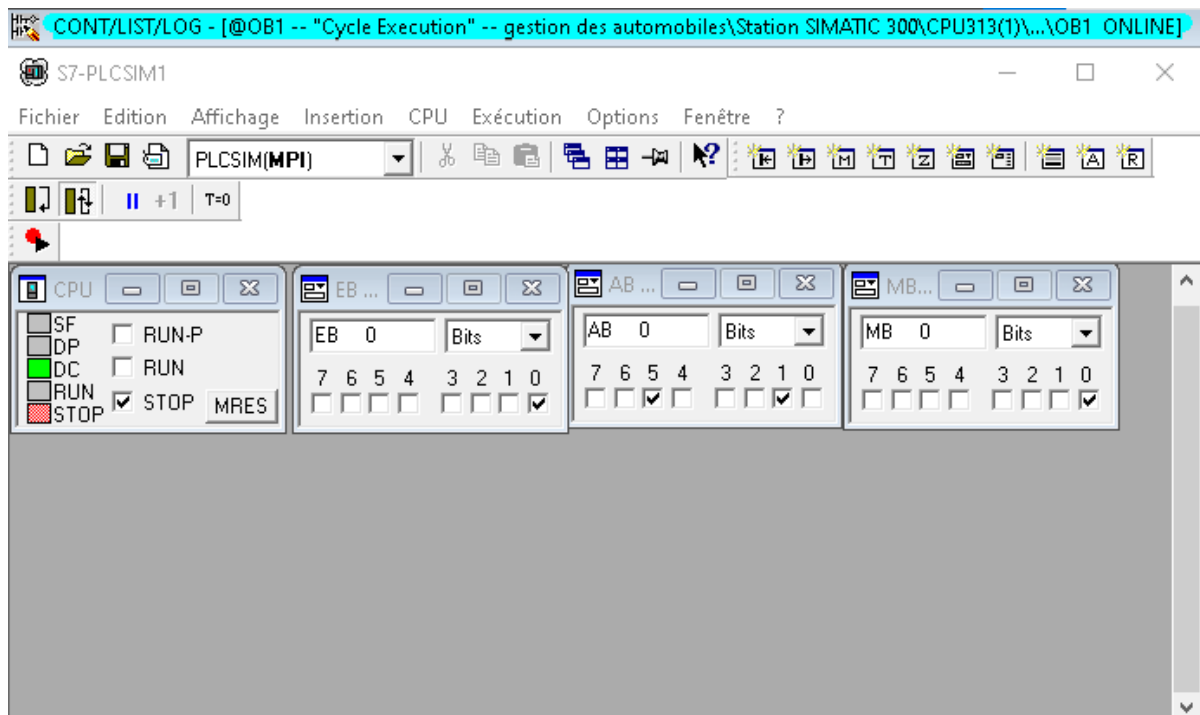
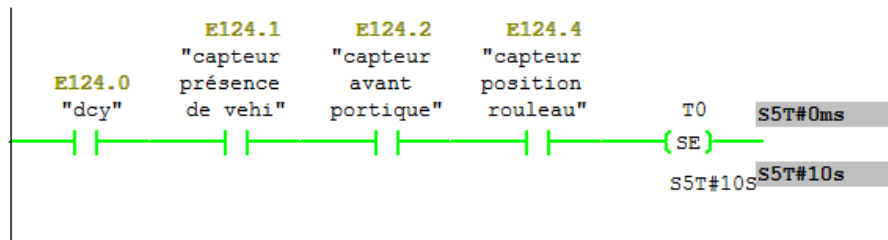


FIGURE [III-15] VISUALISATION DE L'ÉTAT DU PROGRAMME

III. 7 Résultant de la simulation de programme :

Réseau 1 : Titre :

Commentaire :



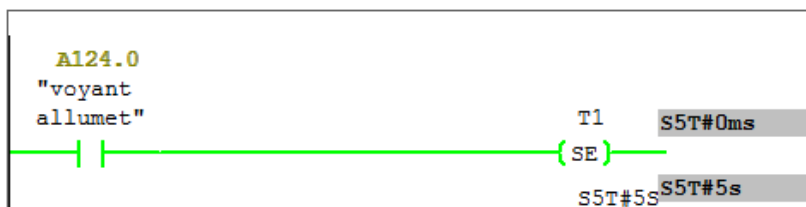
Réseau 2 : Titre :

Commentaire :



Réseau 3 : Titre :

Commentaire :



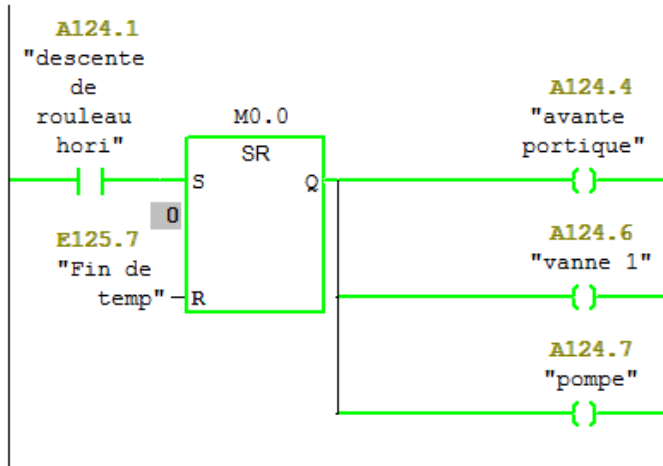
Réseau 4 : Titre :

Commentaire :



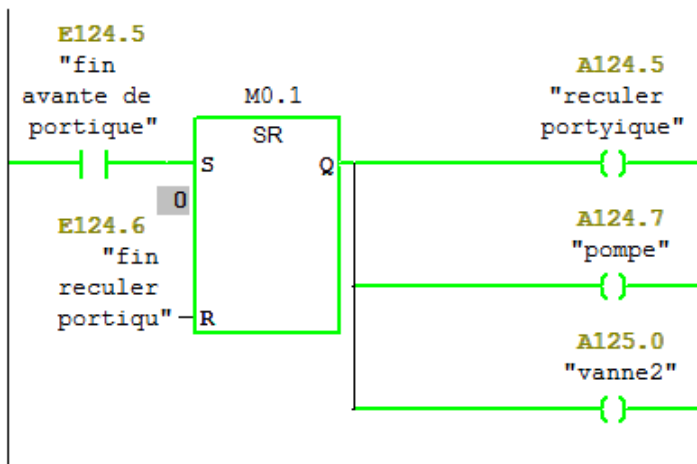
Réseau 5: Titre :

Commentaire :



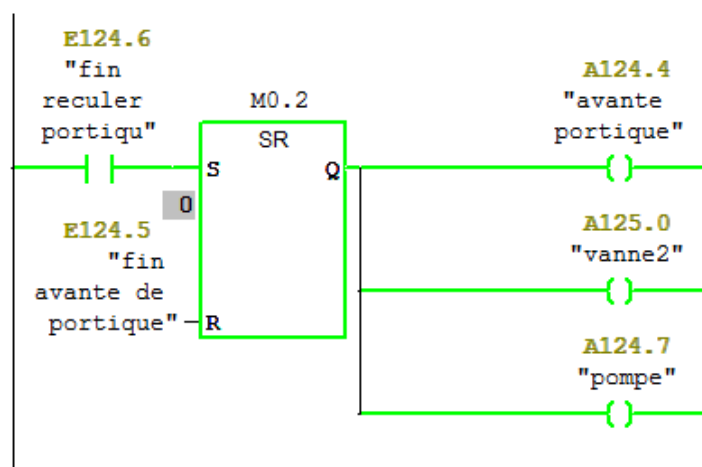
Réseau 6: Titre :

Commentaire :



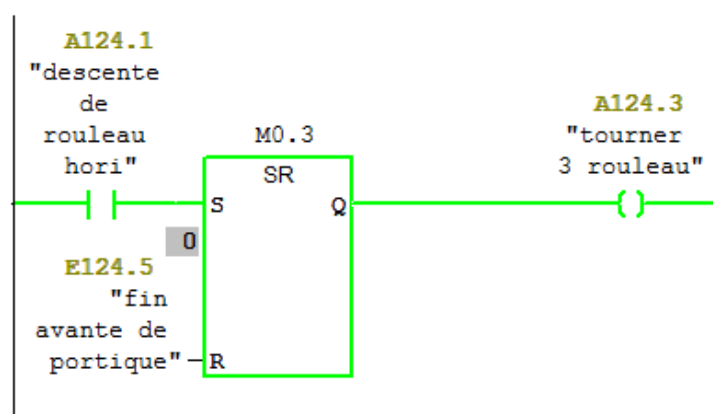
Réseau 7 : Titre :

Commentaire :



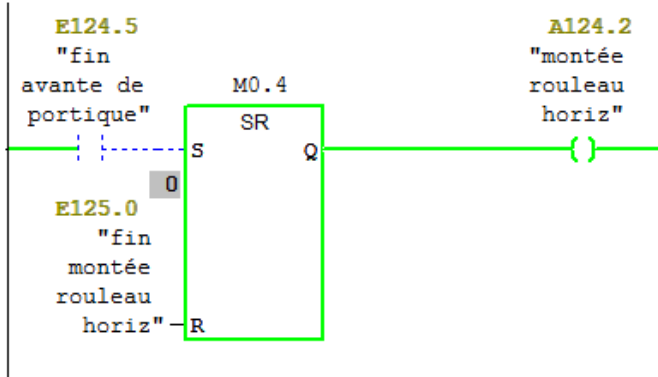
Réseau 8 : Titre :

Commentaire :



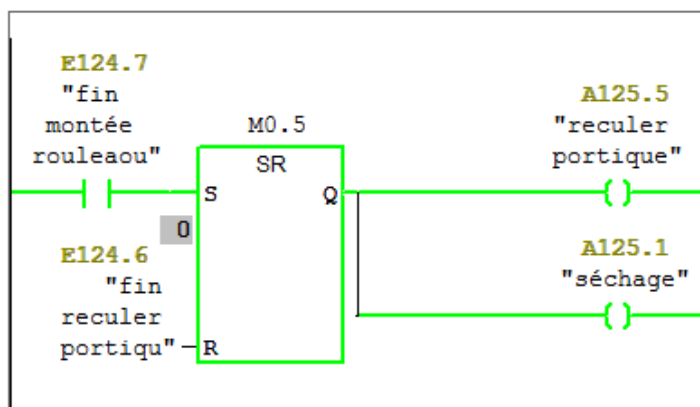
Réseau 9: Titre :

Commentaire :



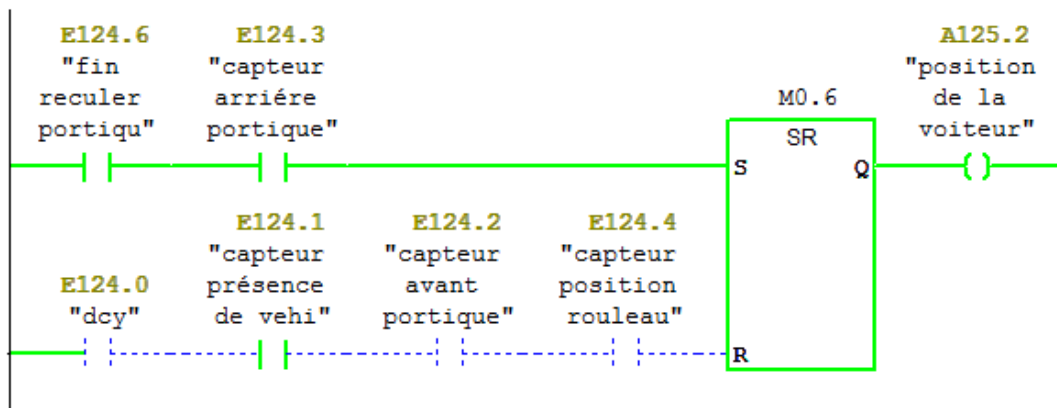
Réseau 10: Titre :

Commentaire :



Réseau 11: Titre :

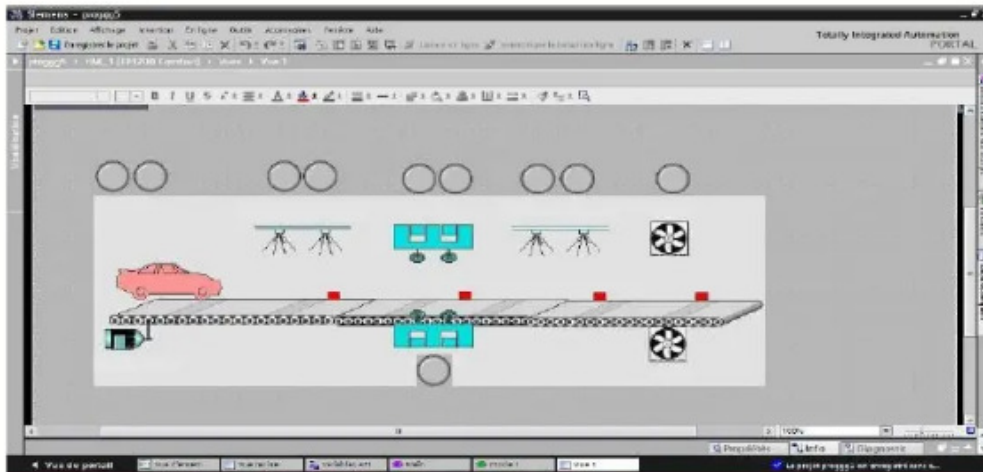
Commentaire :



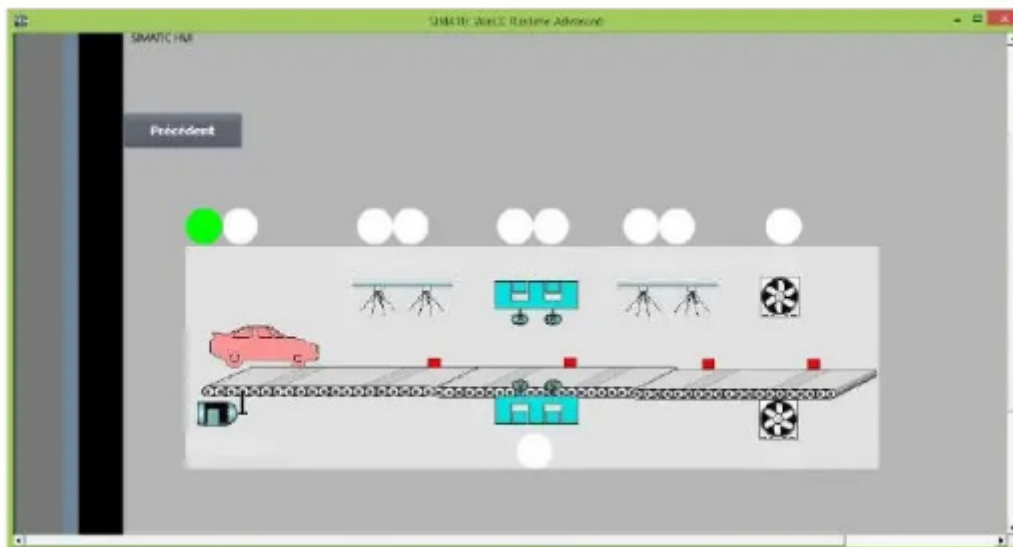
III.8 Supervision des étapes de la station de lavage

Dans cette partie de ce chapitre on a présenter des supervisions des étapes de station de lavage automatique des véhicules par logiciel wincc flexible.

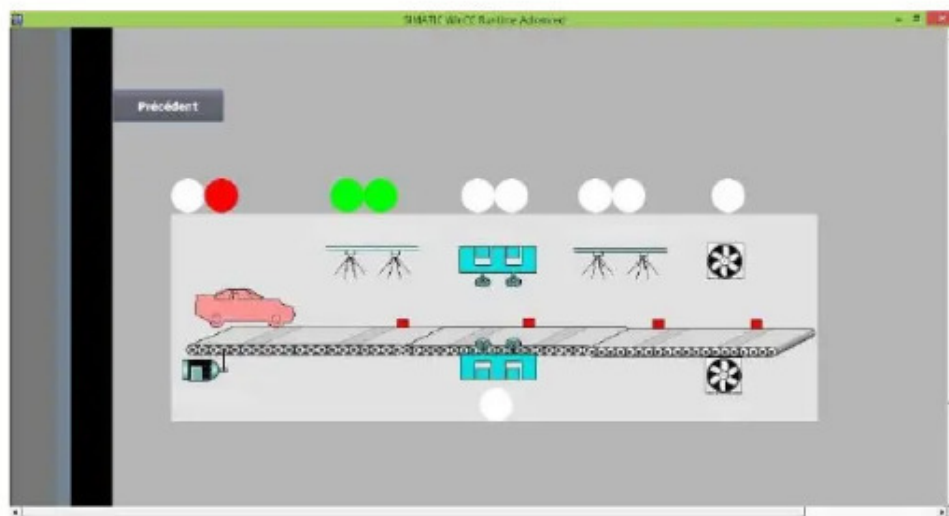
- Etape de position de véhicule



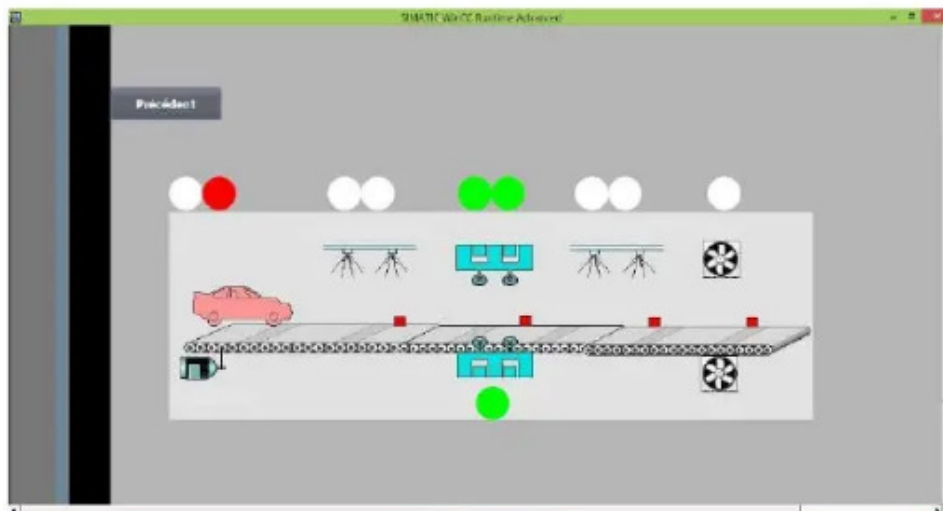
- Etape départ cycle



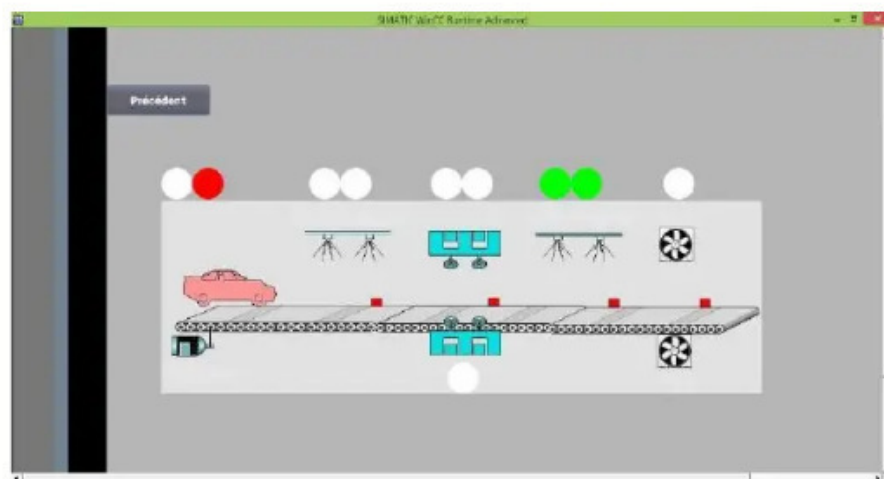
- Etape prélavage



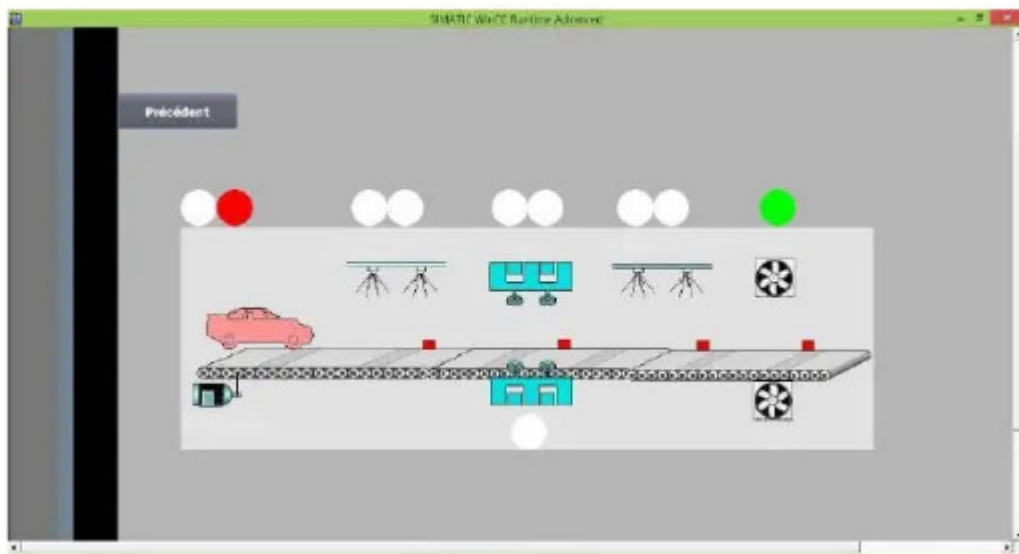
- Etape savonnage



- Etape Rinçage



- Etape Séchage



III. 9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons commencé par présenter le fonctionnement de la station de lavage automatique. Suite à cela, les simulations de programme de la station pour toutes les étapes essentielles le bon fonctionnement du système, ainsi la supervision des étapes de la station tel que départ cycle, prélavage, savonnage, rinçage et séchage

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de l'automatisation d'une station de lavage automobile ; pour cela nous avons commencé par présenté des généralité sur les systèmes automatiques de production ;et monter les éléments essentiel qui nous permettent d'identifier la fonction globale pour chaque système de production ; au cours de ce travail, on a vu que les API sont devenus indispensable dans les chaines de production industriel à cause de leurs diversités d'utilisation comme la surveillance et le diagnostic direct qui nous aide à reconnaître les défauts et de la défaillance.

L'objectif de ce travail est de contribuer aux travaux d'automatisation des SAP afin d'expliquer le processus d'application des automates dans n'importe quel procédé industriel, de l'étude et la simulation (réalisation).

Nous avons présenté en revue les automates programmables industriels, leurs caractéristiques, critères de choix, avantages, ainsi que les langages de programmation utilisables qui rendront un système automatisé plus simple et plus performant.

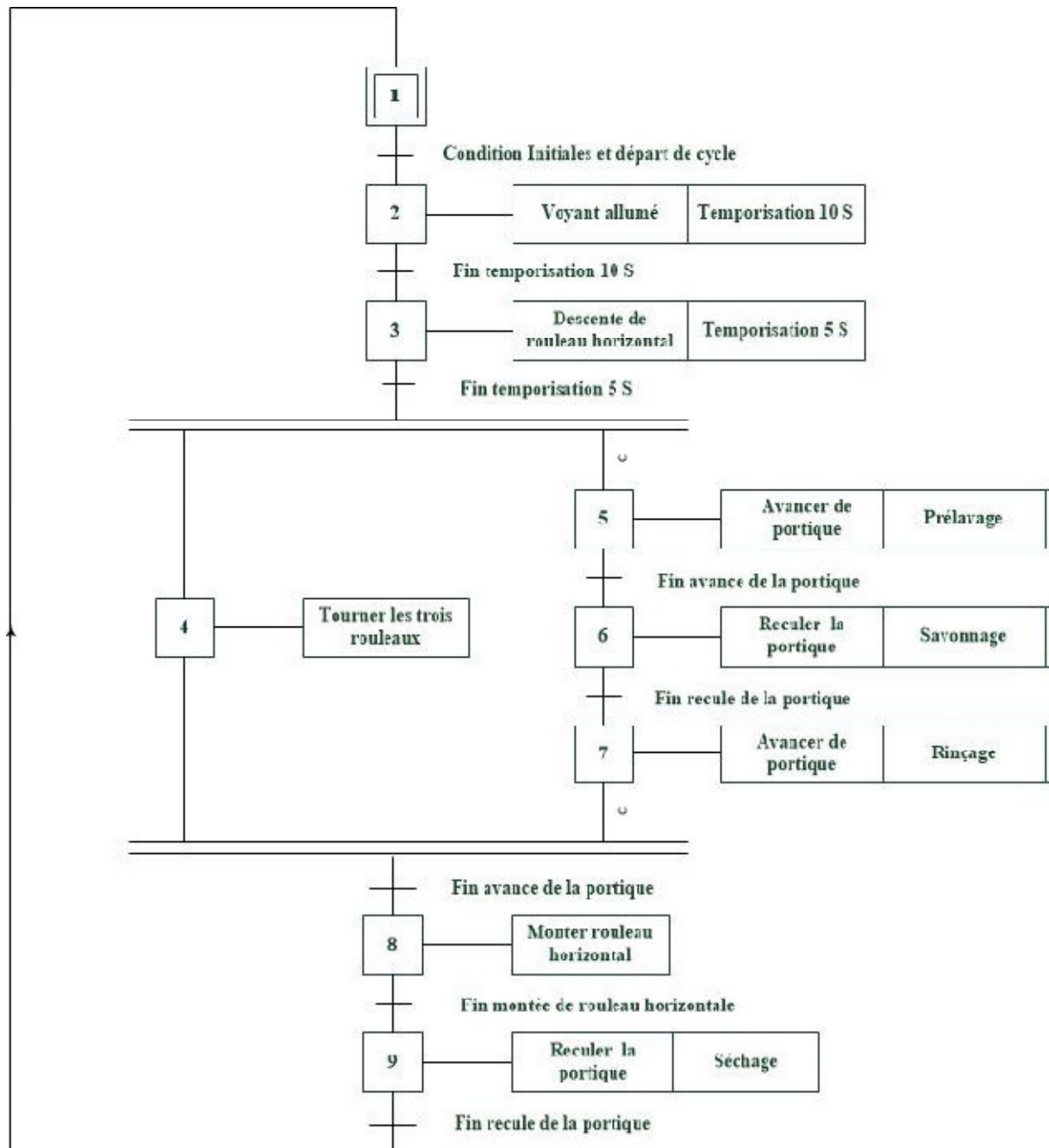
L'utilisation du logiciel STEP7 nous a permis d'implémenter quelques tâches d'automatisation sur l'automate S7-300 Siemens ; qui a la particularité d'intégrer des modules d'entrées/ sorties de type Tout Ou Rien (TOR), avec une programmation faite en langage Ladder.

Ce modeste travail, d'aspect pratique et riche d'informations, ne sera certainement utile dans le domaine professionnel puisque l'utilisation de ce logiciel (STEP 7) de la Gamme Siemens et même pour les API de cette grand famille est actuellement le leader dans le domaine d'automatisation ; il nous permettra de réaliser différentes tâches sans prendre de risque dans un enivrement difficile tout en préservant les performances idéal de chaque système automatisé.

En perspective et en relation à ce travail, la réalisation du système de lavage de véhicule peut être concrétisée.

ANNEXE I

On trouve dans cet annexe le GRAFCET de la station de lavage point vu système



Bibliographie

- [1] Tahar Askri, « Introduction aux systèmes automatisés », 2005.
- [2] J. Perrin et F. Binet et C. Merlaud et J.P. Trichard « Automatique et informatique industrielle Bases théorique, méthodologique et technique »
- [3] BOUAMOUD Mohamed EL Amine et BRAHIMI Sofian Maamar ; « automatisation d'une station de lavage », mémoire de fin d'études de master, université de Saida, 2015.
- [4] Alain RIDEAAU et André BIANCIOTTO, « La technologie des systèmes automatisés », ISTIA, 17 octobre 2005.
- [5] Siemens AG, « SIMATIC STEP 7 dans le portail Totally Integrated Automation Portal », 2013.
- [6] William Bolton, « Automates Programmables Industriels », DUNOD, Paris, 2015.
- [7] Michel G, « Architecture et application des automates programmables industriels », DUNOD, Paris, 1987
- [8] M. Bertrand, « Automates Programmable Industriel »
- [9] Schneider Electric « Automates Nano et plate-forme d'automatisme Micro » 1999
- [10] Salim BEN SAOUD, LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS (API)
- [11] P. Jargot. Langage de programmation pour api. Norme CIE 1131-3. Techniques de l'Ingénieur, S 8030, 23 pages, 1999
- [12] Duysinx P ; « Présentation des langages automates programmables ». Revue technique. SIEMENS PLC série S7, 2008.
- [13] LYCEE MONGE ; LA HAUVINIERE « Initiation-1-TIA-Portal-MS1.doc » 2009
- [14] JOHN alxenedre Rabiou ; Article de journal LE FIGARO « Nettoyer sa voiture lavage manuel ou automatique » le figaro.fr Novembre 2011
- [15] <https://www.istobal.com> « L'impressionnante évolution du monde du lavage »
- [16] Document Siemens, « Automate programmable S7-300, caractéristiques électriques et Techniques des CPU SIMATIC » Edition Siemens, 2001
- [17] Document de formation pour une solution complète d'automatisation « Automatisierung- und Antriebstechnik, Siemens A&D Cooperates with Education, » Edition, 2005
- [18] J.-P. Thomesse, « Technique de l'Ingénieur, Ingénierie des systèmes homme API
- [20] A. Simon, « Automates programmables industriels Niveau 1, » Edition l'Elan-Liège, 1991

[21] Siemens AG, « SIMATIC STEP 7 dans le portail Totally Integrated Automation Portal », 2013.

[22] Programmation des Automates S7-300, Introduction Au Logiciel TIA Portal