

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERY DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique industrielle

Présenté par

BELKACEM Imane

ARABI Hayat

Thème

Automatisation de la station de chromage C59 avec un API S7-300

Mémoire soutenu publiquement le 26 / 06 / 2024 devant le jury composé de :

M ALMANSBA Farida

Grade, UMMTO, Président

M ADJEMOUT Ouiza

Grade, UMMTO, Encadrant

M NAIT ABDESLAM Aldjia

Grade, UMMTO, Examineur

M HAMRI Hakima

Grade, UMMTO, Examineur



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu pour nous avoir accordé la volonté et la patience nécessaire pour mener à bien ce travail.

*Ensuite, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers notre promotrice, **Mme O. ADJEMOUI** qui nous a guidé et orienté tout au long de la réalisation de ce projet, son soutien constant et ses précieux conseils tout au long de ce projet.*

*Nos remerciements vont également à **Mr N. LADREM**, pour ses suggestions pertinentes et son accompagnement attentif, ses encouragements et son aide tout au long de notre stage à l'entreprise **ENIEM**.*

*Nous remercions également **Mr. M. CHARIF** enseignant au département d'Automatique pour son aide.*

Ainsi que, tout ceux qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous souhaitons remercier nos familles respectives pour leur soutien indéfectible et leur amour inconditionnel qui nous ont permis d'atteindre nos objectifs.





Dédicaces

Je rends grâce à Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté. Ainsi que la conscience

d'avoir pu terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chères : A celui qui m'a toujours appris comment réfléchir avant d'agir,

à Celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie scolaire, à Celui qui n'a jamais épargner

un effort pour mon bien, Mon cher père.

A celle qui est toujours à coté de mon cœur, à celle qui m'appris le vrai Sens de la vie, à celle qui n'a hésité aucun moment à m'encouragé Ma Chère mère.

A mes frères et sœur : Naima, Ferhat ,Mohamed et le petit Zino pour leur soutien morale.

A toute ma famille grande et petite.

A tous mes amis les plus sincères surtout sofiane qui ma très aider a réaliser ce travaille et ma cher kahina .

Et bien sure a tous la famille "BELKACEM" et à tous ceux que me connaît.

Imane



Dédicace

Pour que ma réussite soit complète je la partage avec toutes les personnes que

J'aime, je dédie ce modeste travail à :

*A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et de ses
dévouements.*

*A ma chère mère a celui qui s'est changé la nuit en jour pour m'assurer les bonnes
conditions.*

A mon cher père

A ma petite famille qui m'a toujours soutenue.

A mes sœurs Nasira, Lydia, Samia, Siham, Milissa et Ikram.

A mon cher frère Hafidh

A tous mes cousins et cousines.

A tous mes collègues et amis.

A tous les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à ma réussite

A tous ceux que j'aime.

Hayat

SOMMAIRE

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

Chapitre I : Etude et description de la chaîne de chromage

Introduction	3
1 Description du processus de chromage	3
1.1 Le chromage	3
1.2 Le Nickelage.....	3
1.3 Le prétraitement.....	3
2 Constitution de la chaine de chromage	4
3 Représentation de la station	4
3.1 Poste de chargement	5
3.2 Poste de déchargement	6
3.3 Les bains	6
3.3.1 Bain de lavage	6
3.3.1.1 Lavage chaud.....	6
3.3.1.2 Lavage froid.....	6
3.3.1.3 Bains morts	6
3.3.2 Bain de traitement	7
3.3.2.1 Bain de dégraissage cathodique.....	7
3.3.2.2 Bain de décapage	7
3.3.2.3 Bain de dégraissage anodique.....	8
3.3.2.4 Bain de neutralisation	8
3.3.2.5 Bain de nickelage.....	8
3.3.2.6 Bain de chromage	8
3.3.2.7 Bain de séchage	9
3.4 Crochet pour les montage	10
3.5 Le groupe de transport.....	10
3.5.1 Portique.....	10
3.5.2 La partie centrale.....	10
3.5.3 Les arbres de transmission	10

3.5.4	Les couple de pinions.....	10
3.5.5	Guides pour les chariots.....	10
3.5.6	Bras porte montage	11
3.5.7	Porte contact.....	11
3.5.8	Poutre centrale.....	11
3.6	Armoire électrique	12
3.6.1	Annotation générale	12
3.6.2	Tableau des services auxiliaires.....	12
3.6.3	Connexions électrique.....	12
3.7	Réseaux auxiliaires	12
3.7.1	Collecteur pour l'alimentation de l'eau	12
3.7.2	Collecteur pour l'eau de refroidissement.....	12
3.7.3	Collecteur des eaux de décharge.....	12
3.7.4	Collecteur de l'eau surchauffée.....	13
3.8	Système d'aspiration.....	13
3.9	Les matériaux utilisés	13
3.9.1	Pompe filtre	13
3.9.2	Les redresseur.....	13
3.9.3	Les moteurs	14
3.9.4	Les vannes	15
3.9.5	Agitateur.....	16
3.9.6	Les capteurs.....	16
3.9.6.1	Les capteurs fins de cours.....	16
3.9.6.2	Les capteurs à induction	17
3.9.6.3	Les capteurs de niveau.....	18
3.9.6.4	Les thermocouples.....	18
3.9.7	Armoire de commande	18
3.9.7.1	contacteurs	18
3.9.7.2	Relais thermique	19
3.9.7.3	fusibles.....	19
3.9.7.4	Transformateur	20
3.9.7.5	Minuterie	20
3.10	Dispositif de sécurité	20

3.11	La passerelle	21
3.12	Instructions de contrôle des pièces	21
3.12.1	Contrôle de l'aspect et l'apparence	21
3.12.2	Mesurer.....	21
4	Principe de fonctionnement de la station	21
	Conclusion.....	22

Chapitre II : Les Automates Programmables Industriels

Introduction	24
1 Les systèmes automatisés	24
1.1 Définition d'un système automatisé	24
1.2 Architecture générale des systèmes automatisés	24
1.2.1 Partie opérative.....	25
1.2.2 Partie commande	25
1.2.3 Partie dialogue.....	25
2 Objectifs de l'automatisation	26
3 Les automates programmables industriels	26
3.1 Définition et historique	26
3.2 Architecture des automates programmables	27
3.2.1 Aspect externe	27
3.2.1.1 Automates Compacts	27
3.2.1.2 Automates Modulaires.....	27
3.2.2 Architecture d'un API	28
3.2.2.1 Unité Centrale de Traitement (CPU)	29
3.2.2.2 Mémoires	29
3.2.2.3 Interfaces d'Entrées/Sorties (E/S)	30
3.2.2.4 Modules d'Extension.....	30
3.2.2.5 Interfaces de communication.....	30
3.2.2.6 L'alimentation	30
3.3 Principe et fonctionnement de l'automate programmable.....	30
3.3.1 Lecture des entrées (Acquisition de l'information).....	31
3.3.2 Traitement du programme (Traitement des données)	31

3.3.3	Écriture des sorties (Émissions des ordres).....	31
3.4	Transfert du programme dans l'automate programmable	31
4	Programmation des API.....	32
4.1	Liste d'instructions (Instruction List IL)	32
4.2	Le langage littéral structuré (Structured text ST)	33
4.3	Le langage LADDER (LD : Ladder Diagram).....	33
4.4	Le langage Booléen : (FBD : Function Bloc Diagram).....	35
5	Présentation de l'automate S7-300	35
5.1	Les différents blocs de S7.....	36
5.1.1	OB (bloc d'organisation) :.....	36
5.1.2	FB (bloc fonctionnel) :	36
5.1.3	FC (fonction) :.....	36
5.1.4	DB (bloc de données) :.....	36
5.1.5	SFB (bloc fonctionnel système) :.....	37
5.1.6	SFC (fonction système) :.....	37
5.1.7	SDB (données système) :	37
5.2	Critères de choix d'un API	37
	Conclusion.....	37

Chapitre III : Modélisation de la station de chromage par GRAFCET

	Introduction	39
1	Généralités sur le GRAFCET	39
1.1	Définition.....	39
1.2	La représentation du GRAFCET	39
1.2.1	Les étapes	39
1.2.2	Les transitions	39
1.2.3	Les réceptivités.....	40
1.2.4	Les liaisons orientées	40
1.2.5	Actions	40
1.3	Règles d'évolution d'un Grafcet.....	41
1.4	Types du GRAFCET	43
1.4.1	GRAFCET de Niveau 01 (GRAFCET/ partie système)	43
1.4.2	GRAFCET de Niveau 02 (GRAFCET/ partie opérative)	43

1.4.3	GRAFCET de Niveau 03 (GRAFCET/ partie commande).....	43
2	Application du GRAFCET pour modéliser la station de chromage C59.....	44
2.1	GRAFCET de niveau 1.....	44
2.2	Problèmes et Améliorations de la station de chromage.....	46
	Conclusion.....	48

Chapitre IV: La programmation de la station C59 avec langage ladder

Introduction	49
1 Elaboration du système de chromage	49
1.1 Le nouveau cahier de charge incluant les améliorations proposées.....	49
1.2 Différentes abréviations des capteurs, moteurs et les électrovannes	52
2 La programmation de notre station avec STEP7	63
2.1 Création de projet et de la configuration matérielle.....	64
2.2 Simulation avec S7-PLCSIM.....	71
Conclusion	72
Conclusion générale	74

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Etude et description de la chaîne de chromage

Figure I.1 : Photographie de la station de chroma.....	4
Figure I.2 : schéma représente les bains de la station de chromage.....	5
Figure I.3 : Vue de face de la station de chromage	11
Figure I.4 : Exemple de moteur asynchrone	15
Figure I.5 : Exemple de vanne manuelle.....	16
Figure I.6 : Exemple d'une électrovanne	16
Figure I.7: schéma représente les capteurs de la station de chromage.....	17
Figure I.8 : Exemple de contacteur	19
Figure I.9: Exemple de fusible	19
Figure I.10 : Exemple de fusible	19
Figure I.11 : Exemple de transformateur	20
Figure I.12 : Exemple de minuterie.....	20

Chapitre II: Les Automates Programmables Industriels

Figure II. 1 : Architecture générale d'un système.....	24
Figure II.2: Types d'automates programmables.....	28
Figure II.3: Architecture interne d'un automate programmable	29
Figure II .4: Traitement cyclique d'un API.....	31
Figure II.5: Transfert de programme dans un automate.....	32
Figure II.6 : Exemple d'un programme ST	33
Figure II.7 : Exemple de programmation LADDER.....	34

Figure II.8:Exemple de la fonction mémorisation en ladder.....	34
Figure II.9: Schéma extérieur d'un API s7-300	35

Chapitre III : Modélisation de la station de chromage par GRAFCET

Figure III.1:Les différents éléments d'un GRAFCET	40
Figure III.2: Représentation d'un modèle type de GRAFCET	41
Figure III.3: Exemple sur la règle N°3	42
Figure III.3: Exemple sur la règle N°4	43

Chapitre IV : La programmation de la station C59 avec langage ladder

Figure IV.1 : Le schéma de présentation des différentes captures proximité qui nous a été utilisé de la station C59.....	51
Figure IV.2. : Démarche de programmation sur STEP7	64
Figure IV.3 : Fenêtre de création du projet	64
Figure IV.4 : Sélection de la CPU	65
Figure IV.5. : Choix de bloc à insérer	65
Figure IV.6 : Affectation de nom au projet.....	66
Figure IV.7 : Configuration matérielle.....	66
Figure IV.8 : Table des mnémoniques	67
Figure IV.9 : Création des blocs.....	68
Figure IV.10 : Partie 1 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder.....	68
Figure IV.11 : Partie 2 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder.....	69
Figure IV.12 : Partie 3 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder.....	69
Figure IV.13 : Partie 4 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder.....	70

Figure IV.14 : Partie 5 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder.....	70
Figure IV.15 : Le programme du l'électrovanne de remplissage de premier bain en ladder	71
Figure IV.16 : Le programme du moteur d'agitation en ladder.....	71
Figure IV.17 : La simulation avec PLCSIM	72.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Caractéristiques des différents bains de la chaîne de chromage	9
Tableau IV.1. Liste des moteurs.....	52
Tableau IV.2. Liste des électrovannes.....	52
Tableau IV.3. Liste des capteurs analogiques	54
Tableau IV.4. Liste des Capteur TOR.....	55
Tableau IV.5. Liste des boutons	56
Tableau IV.6. Liste des voyants	61
Tableau IV.7. Liste des autres abréviations	62

La présentation de l'entreprise :

A .situation géographique :

L'entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEME) est une entreprise publique économique issue de la destitution de l'ex SONELEC (société nationale de fabrication et de montage au matériel électrique et électronique) en 1983.

Les unités, froid, cuisson et climatisation sont implantés a la zone industrielle AISSAT IDIR a la frontière qui relie les communes de TIZI-OUZOU et TIZI RACHED .L'unité commerciale se trouve en plain ville de TIZI-OUZOU.

L'unité sanitaire se trouve a MILIANA wilaya d'AIN –DEFLA, et la filiale lampe a EL-MOHAMMADIA wilaya de MASCARA.

B. Evolution historique :

L'ENIEME est une entreprise publique de droit algérien constitué le 02/01/1983, mais qui existe depuis 1974 sous l'entreprise SONELEC, elle a été transformé juridiquement en SPA le 08/10/1989, son capital est 2957500 000 ,00DA détenu en totalité par le groupe INDELEC.

C.les unités de production :

➤ **Unité cuisson :**

L'unité cuisson comporte 3 ateliers de fabrication :

Un atelier de tôlerie et un d'assemblage comprenant 2 chaines de montage, avec un atelier de traitement et revêtement de surfaces comprenant une zincage, chromage, nickelage et 2 lignes d'émaillage .

➤ **Unité froid :**

L'unité froid comporte 6 ateliers de fabrication :

-Refonte de tôle et de moussage .Presse et soudure des pièces métallique

-Thermo formatage, injection plastique et peinture.

Elle comporte aussi 3 chines de montages : une chaine semi –automatique, une chaine manuelle de montage des réfrigérateurs est une manuelle de montage des congélateurs.

➤ **Unité climatisation :**

Elle est équipée de moyens de production répartie en :

- un atelier de peinture par électrostatique.
- un atelier de montage de final avec deux chînes d'assemblage de climatiseurs, une chaîne d'assemblage chauffe-bain et des équipements pour la fabrication des pièces en tôle.
- un atelier de montage de râles autonomes de climatisation.
- un atelier de montage de radiateur a gaz, et des centrales autonomes de climatisation.

➤ **Unité produits sanitaires :**

Elle est entrée en production en 1979 pour la fabrication sous licence RIA (Allemagne) de produits sanitaires, pour disposé pour la fabrication de pièces en tôle de :

- un atelier de presse mécanique et hydraulique.
- un atelier de traitement a revêtement de surface.

➤ **Unité prestation technique :**

Cette unité assure les fonctionnements de soutien aux unités de productions, son potentiel industriel est constitué d'un atelier central équipé des machines d'essuyage et par électroérosion ainsi qu'un lige de traitement technique, et d'un équipement pour la production et la distribution.

Elle gère également les moyens généraux et assure pour elle compte des unités implantées à TIZI-OUZOU les prestations suivantes :

- gardiennage et sécurité
- travaux d'imprimerie
- travaux de nettoyage

➤ **Filiale FILAMP :**

Cette filiale est spécialisée dans la fabrication, la commercialisation ainsi que la recharge et l'enveloppement des produits d'éclairage (lampes standard et filaments)

D. Certification :

L'ENIEM est certifiée ISO 9001 version 2000 depuis 1998, elle a par ailleurs, obtenu la certification de conformité a la norme CE pour les cuisinières de modèle 6400 et 8200 en juin 2005.

Les résultats de se dispositif de management sont probants : les rebuts de fabrication sont faible (1 ,8% en 1,7% en 2006).Les produits ENIEM sont réputées de bonne qualité.

E. Ressources humaines :

ENIEM employait 2550 dont 460 travailleurs temporaires. 79% du personnel sont âgés de plus de 40 ans.

Introduction générale

L'industrie moderne repose sur des technologies de pointe, des chaînes d'approvisionnement complexes et une main-d'œuvre hautement qualifiée. Face à des défis constants tels que la mondialisation, la concurrence accrue, les réglementations environnementales et les avancées technologiques rapides, les entreprises industrielles ne cessent d'évoluer. Malgré ces obstacles, l'industrie continue de prospérer et de se transformer, repoussant les frontières de l'ingénierie et de l'innovation pour répondre aux demandes croissantes des consommateurs.

L'automatisation joue un rôle cruciale en permettant aux entreprises de maintenir leur compétitivité. Elle améliore significativement l'efficacité, la qualité et la flexibilité des processus de production. Au cœur de cette révolution industrielle, les systèmes automatisés proposent des solutions avancées pour contrôler et superviser des opérations complexes.

Les systèmes automatisés représentent le pilier central de l'industrie moderne, regroupant des technologies conçues pour accomplir des tâches spécifiques avec un minimum d'intervention humaine directe. Ces systèmes comprennent une diversité de composants, tels que les automates programmables industriels (API), des capteurs, des actionneurs et des interfaces homme-machine (IHM). Ils collaborent étroitement pour surveiller, contrôler et réguler les processus industriels d'une manière efficace.

Les automates programmables industriels (API) jouent un rôle central dans les systèmes automatisés. Programmables pour exécuter des tâches spécifiques, ils suivent des instructions précises basées sur les données collectées par les capteurs. Ces derniers, sont chargés de détecter et de mesurer divers paramètres, comme la température, la pression, ou le niveau de liquide, fournissant ainsi des informations essentielles aux API pour des décisions en temps réel.

Les actionneurs, quant à eux, sont chargés de recevoir les commandes des API et effectuer des actions physiques correspondantes. Cela peut inclure l'ouverture ou la fermeture de vannes, le déplacement de pièces ou l'ajustement de paramètres. Ensemble, ces composants forment un système intégré qui permet non seulement de surveiller et de contrôler les processus industriels, mais aussi d'optimiser l'efficacité, la précision et la sécurité des opérations.

Pour mener à bien notre projet de modélisation et automatisation la station de chromage située dans l'unité de cuisson de l'Entreprise Nationale des Industries de l'Électroménager (ENIEM). Cette station est chargée d'effectuer des traitements de surface, notamment le nickelage et le chromage, sur des pièces métalliques. Pour réaliser cette automatisation, nous avons utilisé un automate Siemens S7-300 et le langage de programmation LADDER.

Notre travail est structuré en quatre chapitres. le chapitre 1 présente une description détaillée de la station de chromage située à l'unité de cuisson de l'ENIEM. Nous y examinons en détails les composantes de la station, ainsi que les processus de traitement de surface comme le nickelage et chromage, en précisant les équipements utilisés.

Le chapitre 2 traite des systèmes automatisés et les automates programmables industriels. Nous y exposons les principes fondamentaux des systèmes automatisés, en mettant en lumière les principaux composants clés tels que les automates programmables industriels (API), les capteurs, les actionneurs et les interfaces homme-machine (IHM). Nous avons également donné les avantages et les applications des systèmes automatisés dans l'industrie moderne.

Le chapitre 3 est consacré à la modélisation de la Station de Chromage par l'Outil Grafcet. Cette phase implique la modélisation de la station de chromage à l'aide de l'outil Grafcet. Le Grafcet est un langage graphique utilisé pour représenter et analyser les processus automatisés. Nous avons utilisé cette méthode pour décomposer le processus de chromage en différentes étapes logiques distincts et définir les séquences d'actions à réaliser.

Enfin, le dernier chapitre traite de la programmation avec le Langage Ladder et des simulations. Nous avons programmé l'automate S7-300 en utilisant le langage Ladder, largement utilisé dans l'automatisation industrielle. Nous avons développé des programmes spécifiques pour contrôler les opérations automatisées de chromage. Par la suite, des simulations ont été réalisées pour vérifier leur fonctionnement et corriger les éventuelles erreurs.

Nous avons terminé notre travail par une conclusion générale et proposé des perspectives futures pour l'automatisation de la station de chromage à l'ENIEM.

Introduction

L'importance du traitement de surface dans l'industrie réside dans sa capacité à apporter des modifications spécifiques aux propriétés superficielles des matériaux. Au-delà des considérations esthétiques, ce processus englobe des aspects cruciaux tels que la résistance à la corrosion, la conductivité et d'autres caractéristiques essentielles à la qualité des produits manufacturés. En optimisant ces propriétés, le traitement de surface joue un rôle significatif dans l'amélioration des performances, de la durabilité et de l'innovation des produits industriels.

Dans ce chapitre nous allons décrire la station de chromage que nous allons automatiser, ainsi que les différentes étapes de ce processus.

1 Description du processus de chromage

1.1 Le chromage

Le chromage est un processus de revêtement de surface dans lequel une fine couche de chrome de métal est déposée sur un substrat métallique. Ce revêtement de chrome est réalisé dans le but d'améliorer la résistance à la corrosion, la résistance à l'usure, ou à des fins esthétiques pour donner un aspect brillant et attrayant.

Ce traitement est effectué pour deux types d'applications :

Le chromage dur : principalement employé dans l'industrie, le chromage dur vise la dureté superficielle des pièces à traitées, améliorant ainsi leur résistance à l'usure.

Le chromage décoratif : contrairement au chromage dur, le chromage décoratif offre également une protection contre la corrosion, mais son utilisation est principalement motivée par des aspects esthétiques et la brillance qu'il confère à la pièce traitée.

La différence majeure entre ces deux types de chromage réside dans l'épaisseur de la couche de chrome déposée sur la pièce à protéger.

1.2 Le Nickelage

Le nickelage est une étape préalable au chromage où les pièces métalliques sont revêtues d'une fine couche de nickel avant l'application du revêtement de chrome. Visant ainsi, à améliorer l'adhérence, protéger contre la corrosion et assurer l'uniformité de la surface des pièces métalliques.

1.3 Le prétraitement

Avant le nickelage et le chromage, les pièces métalliques peuvent nécessiter un prétraitement pour éliminer les impuretés et les contaminants. La chaîne dispose alors de plusieurs bains pour effectuer le rinçage, le décapage et le dégraissage.

2 Constitution de la chaîne de chromage

La station de chromage illustrée dans la figure 1, suit un parcours circulaire à travers une série de bains successifs, créant ainsi une boucle continue où les pièces subissent plusieurs traitements chimiques.



Figure I.1 : Photographie de la station de chromage

3 Représentation de la station

L'installation est de type automatique à portique de mouvement carrousel, ce qui permet une gestion continue des opérations de traitement de pièces. Les principaux traitements appliqués sont le chromage et le nickelage, deux procédés essentiels pour améliorer la résistance à la corrosion et l'esthétique des pièces métalliques. La zone de travail de l'installation est principalement limitée au chargement et au déchargement des pièces, optimisant ainsi le flux de production.

L'installation comprend une série des cuves alignées, formant des chaînes de production bien structurées. Chaque cuve est destinée à une étape spécifique du processus, incluant des bains de traitements, de lavage et de séchage. Les pièces sont émergées successivement dans ces différents bains afin d'obtenir le traitement désiré. [1]

La station de chromage est composée de 18 baigns et de 3 postes distincts : un poste de chargement, un poste de déchargement et un poste de séchage. La figure I.2 illustre cette disposition.

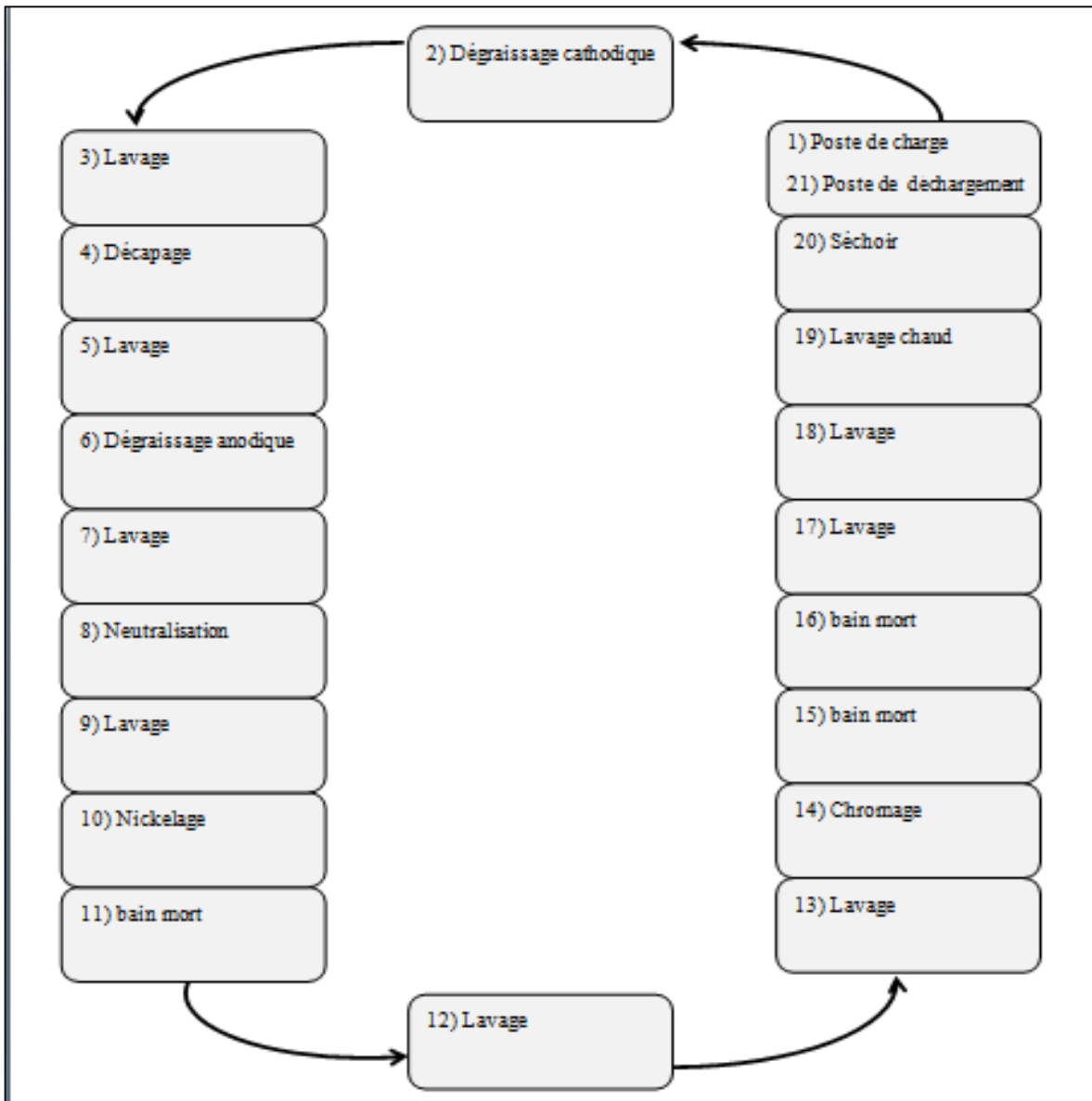


Figure I.2 : schéma représente les baigns de la station de chromage

3.1 Poste de chargement

Le poste de chargement est un dispositif essentiel pour le chargement des montages avec les pièces à traiter. Il s'agit d'une zone dédiée où un bras mobile se déplace permettant l'accrochage de deux montages à la fois. Ce système assure une manipulation efficace et

sécurisée des pièces, facilitant leur introduction dans le processus de traitement automatisé [1].

3.2 Poste de déchargement

Après avoir subi les différents traitements, les pièces sont déchargées au poste de déchargement, où elles sont prêtes pour des inspections finales ou pour être expédiées à l'étape suivante de la production.

3.3 Les bains

3.3.1 Bain de lavage

Les bains de lavage jouent un rôle crucial dans la préparation des pièces pour le traitement chimique suivant. Ils servent à éviter le mélange des substances entre les différents bains et à stopper les réactions chimiques sur les surfaces des pièces. Il existe deux types de lavage :

3.3.1.1 Lavage chaud

La cuve, dont les dimensions intérieures sont indiquées ci-dessus est construite en tôle d'acier adéquatement renforcée. Les parois sont isolées avec des panneaux synthétiques et protégés par une couche de tôle d'acier peinte avec du plastisol, appliquée au pistolet et cuite au four pour assurer une adhérence durable. A l'extérieur, elle est revêtue d'une peinture anti acide à base de céramique pour une protection supplémentaire.

La cuve est équipée de plusieurs éléments :

- Une décharge à bride pour évacué les liquides usagés en toute sécurité.
- Un bac de trop-plein pour empêcher tout débordement et assurer un contrôle efficace du niveau de liquide.
- Une vanne de décharge complète en PVC, offrant un contrôle précis du débit lors de la vidange de la cuve.
- Un dispositif pour l'alimentation en eau équipé d'une vanne de réglage en PVC, pour ajuster le débit selon les besoins du processus de lavage [1].

3.3.1.2 Lavage froid

La cuve est équipée de plusieurs éléments :

- Une décharge à bride pour une évacuation sécurisée des liquides usagés.
- Un bac de trop-plein
- Une vanne de décharge complète, en PVC
- Un dispositif pour l'alimentation en eau, avec une vanne de réglage en PVC. [1]

3.3.1.3 Bains morts

Ce bain, appelé "bain mort", est conçu pour récupérer les gouttes de chrome des pièces sortantes du bain de chromage, empêchant ainsi la contamination croisée et le gaspillage de matériau. La cuve est équipée de plusieurs éléments :

- Une décharge à bride
- Une vanne de décharge complète, en PVC [1]

3.3.2 Bain de traitement

3.3.2.1 Bain de dégraissage cathodique

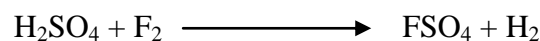
Dans ce bain l'électrode cathodique attire les impuretés organiques, facilitant leur élimination et améliorant ainsi la propreté des pièces avant les traitements ultérieurs.

La cuve est équipée de plusieurs éléments :

- Une décharge à bride pour évacuation sécurisée des liquides usagés.
- Une vanne de décharge complète en PVC, permettant un contrôle précis du débit lors de la vidange de la cuve.
- Une armature galvanique en cuivre de section adéquate, isolée avec des croche et spéciaux
- Un serpentin de chauffage en acier inoxydable pour maintenir la température optimale du bain.
- Une gaine en pyrex pour le thermostat, garantissant une régulation précise de la température.
- Deux hottes d'aspiration en pvc placées sur les bords de la cuve pour évacuer les vapeurs et les gaz, assurant ainsi un environnement de travail sûr et sain [1].

3.3.2.2 Bain de décapage

Ce bain, est utilisé pour nettoyer les pièces métalliques de la rouille en utilisant de l'acide sulfurique, selon la réaction chimique suivante :



Cette réaction permet de dissoudre efficacement l'oxyde de fer (rouille) et de laisser la surface du métal propre et prête pour les traitements ultérieurs.

La cuve est équipée de plusieurs dispositifs pour améliorer son efficacité et sa sécurité :

- Une décharge à bride
- Une vanne de décharge complète, en PVC
- Deux hottes d'aspiration en PVC placées sur les bords de la cuve. [1]

3.3.2.3 Bain de dégraissage anodique

Ce bain est conçu pour le dégraissage anodique des pièces métalliques, un processus essentiel pour préparer les surfaces avant les traitements électrolytiques. La cuve est complétée par :

- Une décharge à bride
- Une vanne de décharge complète, en PVC
- Une armature galvanique en cuivre de section adéquate et isolée avec des spéciaux crochets.
- Un serpentin de chauffage en acier inox
- Une gaine en pyrex pour le thermostat
- Deux hottes d'aspiration en pvc placées sur les bords de la cuve.
- Un dispositif pour l'agitation mécanique. [1]

3.3.2.4 Bain de neutralisation

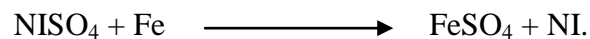
Il contient une faible quantité d'acide HCl, permettant de neutraliser et d'enlever les traces de dégraissage.

La cuve est équipée de :

- Une décharge à bride
- Une vanne de décharge complète, en PVC. [1]

3.3.2.5 Bain de nickelage

Le processus de nickelage permet de recouvrir les pièces par une couche de nickel, selon la réaction d'oxydoréduction suivante :



Cette réaction électrochimique dépose une couche uniforme de nickel sur les surfaces métalliques, améliorant ainsi leur résistance à la corrosion et leur durabilité.

La cuve est équipée de plusieurs dispositifs :

- Une décharge à bride
- Une vanne de décharge complète, en PVC
- Une armature galvanique en cuivre de section adéquate et isolée avec des spéciaux crochets.
- Un serpentin de chauffage en acier inox
- Une gaine en pyrex pour le thermostat
- Un dispositif pour l'agitation mécanique. [1]

3.3.2.6 Bain de chromage

Ce bain contient de l'acide chromique, utilisé pour le dépôt de chrome sur les pièces métalliques, améliorant leur résistance à l'usure, à la corrosion et leur apparence esthétique. La cuve est équipée des dispositifs suivants :

- Une décharge à bride
- Une vanne de décharge complète, en PVC
- Une armature galvanique en cuivre de section adéquate et isolée avec des spéciaux crochets.
- Un serpentín de chauffage en acier titane
- Une gaine en pyrex pour le thermostat
- Deux hottes d'aspiration en pvc placées sur les bords de la cuve. [1]

3.3.2.7 Bain de séchage

Le séchoir, fabriqué en tôle d'acier, fonctionne avec un système de ventilation forcée à air chaud. L'air chaud, diffusé par trois ventilateurs situés en face du radiateur, circule autour des pièces pour en détacher les gouttes d'eau et les sécher. Un système de hotte soufflantes est fixée autours de la cuve, et l'ensemble est isolé avec des panneaux synthétiques protégés par une tôle d'acier peinte au pistolet, l'intérieur étant également protéger de la même manière.

Chaque radiateur à eau surchauffée a une puissance de 1800kcal/h. Au fond du séchoir, un manchon de décharge permet l'évacuation de l'eau d'égouttement.

Tableau I.1 : Caractéristiques des différents bains de la chaîne de chromage

Nbr de bain	Nature	V (m ³)	T °C	concentration	renouvellement	Produit utilisé	Durée de traitement
01	Dégraissage cathodique	2352	40°C	80 à85 G/L	Selon l'alcalinité de bain		2 min
08	Lavage	1176	ambiante				1 min
01	Décapage	4704	ambiante	40%	50% G/L de fer		4 min
01	Dégraissage anodique	2352	40°C	80 à 85 G/L	Selon l'alcalinité de bain	HCL concentré	2 min
01	Neutralisation	1176	ambiante	2 à 4 L	Après un mois	H ₂ SO ₄	1 min

01	Nickelage	11760	60°C	≥280 G/L ≥1G/L ≥45G /L 3L/J	Filtration continue, pas de renouvellement	NISO ₄ NICl ₂ H ₃ BO ₃ Brillant NI	1 min
03	Bain mort	1176	ambiante				1 min
01	Chromage	2352	35°C		Pas de renouvellement	Acide chromique	2 min
01	Lavage chaud	1176	60°C				1 min
01	Séchoir	3528	60°C				1 min

3.4 Crochet pour les montages

L'installation est équipée de 76 crochets en bronze, spécialement conçus pour accrocher les montages sur les bras de l'équipement. Ces crochets robustes et durables assurent une fixation sécurisée et stable des montages pendant les différentes phases du processus. Il est important de noter que les crochets inclus dans les montages spécifiques ne sont pas comptabilisés parmi ces 76 crochets.

3.5 Le groupe de transport

3.5.1 Portique

La logique de fonctionnement du portique est basée sur un système pas à pas entièrement mécanique. Dans ce système, les deux montages, solidement accrochés aux bras du portique se déplacent simultanément d'un pas à la fois. Ce mouvement coordonné permet aux montages de passer successivement à travers chaque cuve, depuis le point de chargement jusqu'au point de déchargement.

3.5.2 La partie centrale

La partie centrale de la machine se compose d'un châssis métallique fabriqué à partir d'un profilé en acier. Ce châssis constitue le support principal des guides des bras ainsi que tous les mécanismes essentiels de l'équipement.

3.5.3 Les arbres de transmission

Sur le premier et le dernier montant, sont fixés deux arbres de transmission verticaux. Ces arbres jouent un rôle essentiel dans le mécanisme de fonctionnement de l'équipement. A chaque arbre sont montés deux couples de pignons, permettant la transmission efficace du mouvement à travers le système.

3.5.4 Les couple de pinions

Il y a deux couples de pinions, avec deux ensembles situés à la partie inférieure et deux autres à la partie supérieure. Chaque couple de pignon entraîne une chaîne, et le mouvement est généré par un motoréducteur de grande puissance. [1]

3.5.5 Guides pour les chariots

Entre les deux chaînes, 38 groupes de guides sont montés verticalement pour supporter les chariots. Chacun de ces chariots est équipé de roues en plastique dotées de roulements, assurant un déplacement fluide et précis le long des guides.

3.5.6 Bras porte montage

Chaque chariot, est équipé d'un bras porte montage, qui est isolé du reste de la machine pour garantir un fonctionnement indépendant. Ce bras est tendu par une baguette en acier spécialement conçue pour accrocher les montages.

3.5.7 Porte contact

Sur chaque bras, il y a un porte-contact en bronze conçu pour établir une connexion électrique en courant continu. Ces porte-contacts assurent un transfert fiable et stable de l'électricité aux montages pendant leur déplacement à travers la machine.

3.5.8 Poutre centrale

Les chariots sont soulevés simultanément par une poutre centrale, qui est supporté par deux couples de bielles actionnées par deux réducteurs et un motoréducteur central. Pour équilibrer le mouvement, la poutre est accrochée à un contrepoids placé sur des guides et des poulies, garantissant une stabilité optimale et un fonctionnement fluide du système de levage [1]

La figure suivant montre les composants de cycle de chromage :

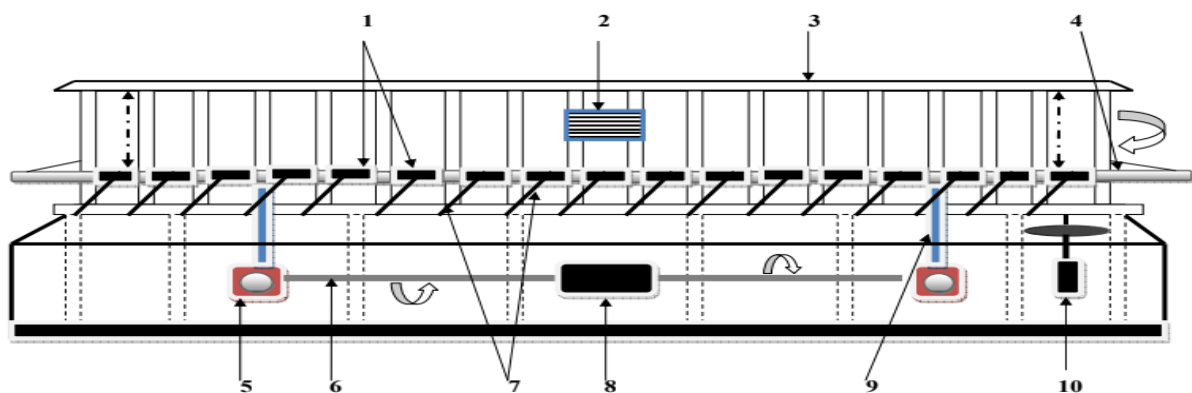


Figure I.3 : Vue de face de la station de chromage

- | | |
|--------------------|---------------------------|
| 1- Chariots | 6- Arbre de transmission |
| 2- Contrepoids | 7- Bras porte montage |
| 3- Passerelle haut | 8- Moteur de soulèvement |
| 4- Passerelle bas | 9- Bielle |
| 5- Pignon | 10- Moteur de translation |

3.6 Armoire électrique

3.6.1 Annotation générale

Cette armoire contient tous les appareils nécessaires pour les services auxiliaires sur les cuves. Elle est équipée de disjoncteur, des boutons de marche et arrêt, des lampes de signalisations, des instruments de lecture et de contrôle, des relais, des transformateurs, des fusibles et des bornes de connexion.

Le tableau de commande fonctionne à 24 V et est alimenté en 380V ,50 Hz, avec un neutre pour assurer un fonctionnement fiable et sécurisé des équipements auxiliaires.

3.6.2 Tableau des services auxiliaires

Le tableau des services auxiliaires comprend les éléments suivants :

- 5 thermorégulateurs digitaux : pour les cuves de dégraissage chimique et électrolytique, nickelage, chromage, lavage à chaud et de séchoir.
- boutons de mises en marche des aspirateurs
- 1 bouton de mise en marche de l'agitation mécanique
- 1 bouton de mise en marche du séchoir
- bouton de contrôle température du séchoir

3.6.3 Connexions électrique

Tous les appareils électriques de l'installation sont raccordés à une boîte à bornes situé au début de l'installation. Les câbles nécessaires aux services des cuves sont acheminés à travers des caniveaux en plastique, offrant une protection et une organisation efficaces des câbles.

3.7 Réseaux auxiliaires

3.7.1 Collecteur pour l'alimentation de l'eau

Le collecteur pour l'alimentation en eau est un tube en PVC, disposé tout autour de l'installation. Des prises d'alimentation pour le rinçage sont raccordé à ce collecteur, chacune équipée d'une vanne de réglage en PVC.

3.7.2 Collecteur pour l'eau de refroidissement

Les dispositifs de refroidissement sont connectés à des tubes en série avec le système d'alimentation en eau de rinçage.

3.7.3 Collecteur des eaux de décharge

Les tuyaux de collecte des eaux de décharge sont disposés le long de toute la ligne des cuves, raccordent à la fois les cuves et les bacs de trop plein. Pour permettre la connexion à un système de dépuratif final, trois différents tubes sont prévus, avec des connexions spécifiques pour chaque cuve.

Le collecteur est construit en tubes PVC, complet avec des supports et des mamelons de jonction, ainsi que la tuyauterie pour le raccordement des vannes et des dispositifs de trop plein.

3.7.4 Collecteur de l'eau surchauffée

Le collecteur de l'eau surchauffée est construit avec des tubes en fer noir thermique isolés. Les deux lignes (allée et retour) sont fixées aux cuves à l'aide des étriers en acier plastifié et se terminent dans un coin de l'installation.

Chaque dispositif de chauffage est connecté au collecteur par un groupe de réglage pneumatique, qui peut être commandé automatiquement.

3.8 Système d'aspiration

Le système d'aspiration comprend, en plus des hottes en pvc placées sur chaque cuve comme indiqué dans la fiche technique jointe, des ventilateurs et des débits et puissances adéquates, ainsi que des collecteurs qui les relient aux hottes.

Les aspirateurs sont fabriqués en matériaux ant-acide et fonctionnent à basse vitesse de rotation, ce qui réduit le bruit. Ils sont également équipés d'un manchon de décharge sur la base pour faciliter l'évacuation.

Les collecteurs sont constitués de tube de pvc avec le diamètre adéquat, les jonctions aux hottes se font via des tubes flexibles, tandis qu'un manchon élastique relie chaque collecteur au ventilateur.

3.9 Les matériaux utilisés

3.9.1 Pompe filtre

Une filtration périodique est nécessaire dans certains bains, et cela est accompli à l'aide de pompes puissantes équipées de filtres, pour cette installation les pompes utilisées sont :

- Une pompe filtre à disque, d'une capacité de débit de 2000L/h, est prévue pour le bain de nickelage.

- Une pompe filtre pour les gaz de chromage est également installée. Elle est conçue pour éviter la dispersion des aérosols d'acide chromique aspirés depuis le bord de la cuve vers l'extérieur autour de la cheminée. A cet effet, un laveur de gaz à sec est prévu, fonctionnant selon le principe des séparateurs de gouttes.

3.9.2 Les redresseur

Les redresseurs, éléments essentiels de l'électronique de puissance, assurent la conversion directe du courant alternatif en courant continu. Ils sont alimentés par une source de tension alternative et fournissent en sortie un courant continu, assurant ainsi l'alimentation continue des dispositifs connectés.

Les redresseurs de cette installation sont équipés d'un système de refroidissement à air et fonctionnent sous une alimentation de 380 V 50 Hz triphasé. A l'aide d'une fiche électronique connecté à ces derniers, les redresseurs contrôlent la tension de sortie en limitant le courant maximum.

Redresseur pour la cuve de dégraissage cathodique : qui présente les caractéristiques suivantes :

- **Puissance :** 24 KVA
- **Performances :** 2000 ampères à 12 Volts en courant continu (DC).

Redresseur pour la cuve de dégraissage anodique : il a les caractéristiques suivantes :

- **Puissance :** 30 KVA
- **Performances :** 2500 ampères 12 Volts en courant continu (DC).

Redresseur pour la cuve de nickelage: ses caractéristiques sont les suivantes :

- **Puissance :** 40 KVA
- **Performances :** 5000Ampères 8 Volts en courant continu (DC).

Redresseur pour la cuve de chromage : il a les caractéristiques suivantes :

- **Puissance :** 24 KVA
- **Performances :** 3000 ampères à 8 Volts en courant continu (DC).

3.9.3 Les moteurs

Les moteurs électriques sont des composants électromécaniques, conçus pour convertir l'énergie électrique en énergie mécanique. Dans la station à étudier, on retrouve des moteurs triphasés asynchrones.

Moteur de soulèvement (levage) : Il s'agit d'un moteur asynchrone triphasé à deux sens de rotation, il est caractérisé par :

- **Puissance :** 1.5KW
- **Tension d'alimentation :** 380 v

- **Vitesse de réducteur** : 18 tr/min

Moteur de translation : ce moteur asynchrone triphasé possède un seul sens de rotation, il est caractérisé par :

- **Puissance** : 0.55KW
- **Tension d'alimentation** : 380 v
- **Vitesse de réducteur** : 18 tr/min

Moteur d'agitation : il est utilisé pour agiter le bain de dégraissage cathodique et le bain de nickelage afin d'assurer une bonne concentration des produits.

Moteur de ventilation : trois moteurs de ventilation sont présent au poste de séchage pour éliminer les gouttelettes d'eau et assurer un séchage efficace.

Moteur d'aspiration : le processus d'aspiration contient trois moteurs qui aspirent les vapeurs émanant des bains de dégraissage et des bains d'acide.



Figure I.4 : Exemple de moteur asynchrone

3.9.4 Les vannes

Les vannes sont des dispositifs mécaniques conçus pour contrôler le flux d'un fluide, qu'il soit liquide, gazeux, pulvérulent ou multiphasique. Elles sont utilisées aussi bien dans les environnements ouverts que dans des systèmes fermés comme les canalisations. Différents types de vannes sont utilisés :

- **Les vannes manuelles**

Les vannes manuelles sont des vannes dont le fonctionnement est commandé manuellement (Figure I.5).



Figure I.5 : Exemple de vanne manuelle

- **Les électrovannes**

Les électrovannes, également connus sous le nom d'électrovalve, sont un type de vanne activée électriquement. Elles sont conçues pour contrôler le débit d'un fluide en réponse à un signal électrique. Dans notre cas, nous avons utilisé des électrovannes Tout Ou Rien (TOR), ce qui signifie qu'elles peuvent être soit complètement ouvertes, soit complètement fermées, sans états intermédiaires.



Figure I.6 : Exemple d'une électrovanne

3.9.5 Agitateur

Les agitateurs industriels jouent un rôle essentiel dans divers secteurs tels que la chimie, l'alimentation, la pharmacie et la cosmétique pour mélanger ou synthétiser des produits. Ces agitateurs de présentent sous plusieurs types, parmi lesquels les agitateurs mécaniques, utilisés dans notre installation.

3.9.6 Les capteurs

3.9.6.1 Les capteurs fins de cours

Les capteurs fins de cours sont des dispositifs conçu pour détecter la position d'un objet ou d'une pièce à fabriquer en établissant un contact entre l'objet ou la pièce et l'actionneur du

capteur. Ce système mécanique simple et efficace permet de modifier l'état de contact, passant de la fermeture à l'ouverture du circuit électrique, et vice versa.

La figure suivant montre les différentes captures dans la station :

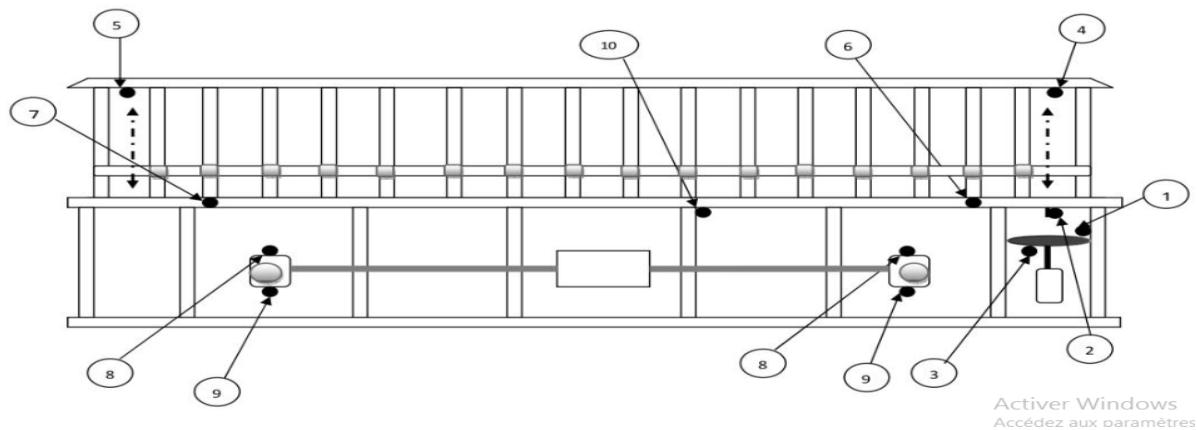


Figure I.7: schéma représente les capteurs de la station de chromage

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1-Limite arrêt centre cuve | 6- limite descente droit |
| 2-position départ de moteur de rotation | 7- limite descente gauche |
| 3-fin de rotation | 8-émergence bielle monté |
| 4-limite monté droit | 9-émergence bielle descente |
| 5- limite monté gauche | 10- limite translation |

3.9.6.2 Les capteurs à induction

Les capteurs à induction sont des dispositifs électroniques conçus pour détecter la présence de matériaux conducteurs, comme le métal, à proximité. Ils opèrent en générant un champ magnétique alternatif à haute fréquence, qui interagit avec un matériau conducteur pour créer un courant induit. Ce courant induit est alors détecté par le capteur, ce qui permet de déterminer la présence, et parfois la distance, du matériau conducteur.

Ces capteurs à induction sont largement utilisés dans diverse applications industrielles, telles que la détection de métaux dans les convoyeurs de tri et la détection de la présence d'objets

métalliques dans les machines automatiques. Ils sont également employés dans les systèmes de sécurité pour détecter toute intrusion d'objets métalliques dans une zone protégée.

3.9.6.3 Les capteurs de niveau

Un capteur de niveau d'eau est un dispositif électronique qui sert à mesurer avec précision le niveau d'eau dans un réservoir, une cuve, un bassin ou tout autre contenant similaire. Il existe différents types de capteurs de niveau d'eau, chacun utilisant des technologies spécifiques pour détecter le niveau d'eau de manière fiable.

Par exemple, les capteurs à ultrasons mesurent la distance entre le capteur et la surface de l'eau en utilisant des ondes sonores, calculant ainsi le niveau d'eau grâce au temps de réflexion des ondes.

3.9.6.4 Les thermocouples

Un thermocouple est un capteur de température qui est composé de deux conducteurs métalliques de différents métaux soudés ensemble à une extrémité. Lorsque la jonction de ces deux métaux est chauffée ou refroidie, une différence de potentiel électrique est générée, ce qui peut être mesuré pour déterminer la température.

Le fonctionnement d'un thermocouple est basé sur l'effet Seebeck, qui est le phénomène où une différence de température entre deux conducteurs métalliques génère une tension électrique. Plus la différence de température est importante, plus la tension générée sera élevée. Les thermocouples sont ainsi capables de mesurer une large gamme de températures avec une grande précision.

3.9.7 Armoire de commande

Fonctionnant comme un centre de contrôle, elle dirige les moteurs ainsi que les accessoires de commande et de sécurité de notre station. Elle contient des relais thermiques, des contacteurs, des minuteriers, des fusibles, transformateur et des disjoncteurs.

3.9.7.1 contacteurs

Un contacteur est un dispositif électrique utilisé pour contrôler l'alimentation d'un appareil électrique, comme un moteur, en ouvrant ou en fermant un circuit électrique.

Le contacteur permet d'alimenter le moteur soit par une commande manuelle, soit automatiquement via un automate programmable.



Figure I.8 : Exemple de contacteur

3.9.7.2 Relais thermique

Le relais thermique est spécialement conçu pour protéger le moteur contre les dommages dus aux surcharges de courant. Sa capacité à ajuster l'intensité maximale autorisée est variable. De plus, sa fonction différentielle lui permet de détecter les variations de courant entre les phases, ce qui est essentiel en cas de rupture de connexion, par exemple.



Figure I.9: Exemple de fusible

3.9.7.3 fusibles

Un fusible, souvent constitué d'un cylindre en verre ou en céramique, est un dispositif de sécurité essentiel. Il protège contre les courts-circuits et les surcharges en utilisant un filament traversant son cœur.



Figure I.10 : Exemple de fusible

3.9.7.4 Transformateur

Le transformateur joue un rôle crucial en abaissant la tension secteur à 24V pour garantir la sécurité des utilisateurs dans la partie commande.

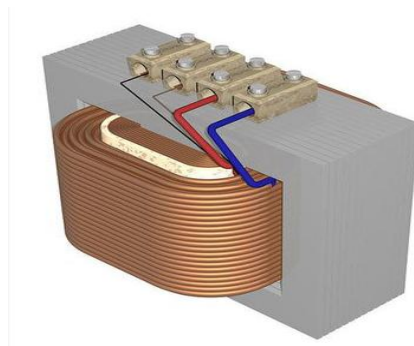


Figure I.11 : Exemple de transformateur

3.9.7.5 Minuterie

Les symboles électriques d'une minuterie est (Min), les minuteurs sont des dispositifs utilisés pour mesurer le temps et déclencher une alarme une fois le délai défini écoulé.



Figure I.12 : Exemple de minuterie

3.10 Dispositif de sécurité

Les dispositifs de sécurité installés sur les chariots sont essentiels pour garantir un contrôle automatique de fonctionnement électrique. Ces dispositifs sont illustrés dans les schémas électriques pour une compréhension claire de leur fonction.

Autour de la zone où les charges sont fixées sur les bras du chariot, une corde est positionnée pour activer un arrêt d'urgence instantané en cas de nécessité. Sur la passerelle opposée au poste de chargement, des boutons pour l'arrêt d'urgence sont également installée.

3.11 La passerelle

La passerelle entourant l'installation est construite à partir de profilés en acier revêtu du plastique. Le sol de la passerelle est composé des grilles en polypropylène d'une largeur de 800mm. Pour assurer la sécurité, la balustrade du côté opposée aux cuves atteint une hauteur d'un mètre, tandis que l'échelle adjacente et ses marches sont dotée des grilles. [1]

3.12 Instructions de contrôle des pièces

3.12.1 Contrôle de l'aspect et l'apparence

- Vérifier une brillance homogène sur toute la surface
- S'assurer de l'absence d'écaillage et de piqures
- Examiner l'absence de fissures
- Vérifier la répartition uniforme du revêtement

3.12.2 Mesurer

- L'épaisseur couche doit être comprise entre 2 et 12 microns
- Effectuer un test adhérence en utilisant des limes avec des angles de 45° et s'assurer qu'aucun décollement n'apparait à l'interface

4 Principe de fonctionnement de la station

Avant d'initier le processus de chromage, il est impératif de s'assurer du respect des contraintes suivantes :

1. Vérifier que le niveau des bains et la température sont conformes aux normes établies.
2. Actionner les pompes et ouvrir les vannes d'eau trois heures avant le démarrage.
3. Activer les filtres des bains pour garantir la pureté des produits chimiques présents.
4. Assurer que les deux postes (chargement et déchargement) sont en position initiale.

Après la validation de toutes les contraintes, procéder en fixant une pièce dans le gabarit à l'aide de deux supports-gorge, puis en enclenchant le bouton de démarrage pour initier le cycle de chromage.

1. La pièce est soulevée à l'état haut grâce à un moteur électrique et un système mécanique complet comprenant engrenages, bielle-manivelle et arbre de transmission.
2. Une fois la pièce à l'état haut, détecté par un capteur de fin de course, elle progresse vers le premier bain.
3. Arrivée au premier bain, la pièce descend à l'état bas (indiqué par un capteur de fin de course) et demeure 1 minute 20 à l'intérieur du bain, le temps étant contrôlé par une minuterie électrique.
4. Ensuite, la pièce remonte à l'état haut et continue à avancer vers le deuxième bain, le cycle se répétant jusqu'au 18e bain. Après le 18e bain, elle passe au poste de séchage puis au poste de déchargement où elle est déchargée manuellement.

- Mouvement verticale :

Dans un système de levage vertical de pièces, une bielle-manivelle est utilisée pour convertir le mouvement rotatif du moteur-réducteur en un mouvement linéaire vertical. La bielle est connectée à la manivelle, qui est entraînée en rotation par le moteur-réducteur. Lorsque la manivelle tourne, la bielle effectue un mouvement alternatif vertical, ce qui soulève ou abaisse la pièce.

- L'arbre de transmission transmet le mouvement de la sortie du moteur-réducteur à la bielle-manivelle, assurant ainsi la conversion efficace du mouvement rotatif en mouvement vertical.

Conclusion

Après l'étude de la station de chromage et identification de ses problèmes, il est évident que des défis majeurs tels que les pertes d'énergie, les contraintes temporelles et les difficultés de maintenance nécessitent une approche innovante.

Ce chapitre a été consacré consacré à la description du processus de chromage ainsi qu'a une présentation détaillé le matériel utilisé dans cette station. L'objectif est de modéliser le système afin de concevoir une solution basée sur un automate programmable industriel.

Introduction

Les automates programmables (AP) sont des dispositifs électroniques essentiels dans le domaine de l'automatisation industrielle. Ils sont conçus pour automatiser et superviser des processus complexe de manière autonome.

Ces dispositifs jouent un rôle central dans l'amélioration de l'efficacité, productivité et de la sécurité des systèmes industriels, en remplaçant les opérations manuelles par des opérations automatisées.

Ce chapitre vise à fournir une compréhension approfondie des automates programmables, leur architecture, leur fonctionnement et leur rôle essentiel dans le domaine de l'automatisation industriel, ainsi que l'environnement de programmation des automates siemens S7.

1 Les systèmes automatisés

1.1 Définition d'un système automatisé

Un système automatisé est une structure intégrée de composants matériels et logiciels interconnectés, conçue pour exécuter des tâches ou des processus de manière autonome, c'est-à-dire sans intervention humaine directe ou continue. Ces systèmes utilisent des contrôleurs programmables, des logiciels, des capteurs, des actionneurs et d'autres composants pour superviser, réguler et contrôler le processus.

1.2 Architecture générale des systèmes automatisés

Un système automatisé est composé de deux parties principales : la partie opérative et la partie commande à lesquelles s'ajoute une troisième c'est la partie dialogue (Figure II.1).

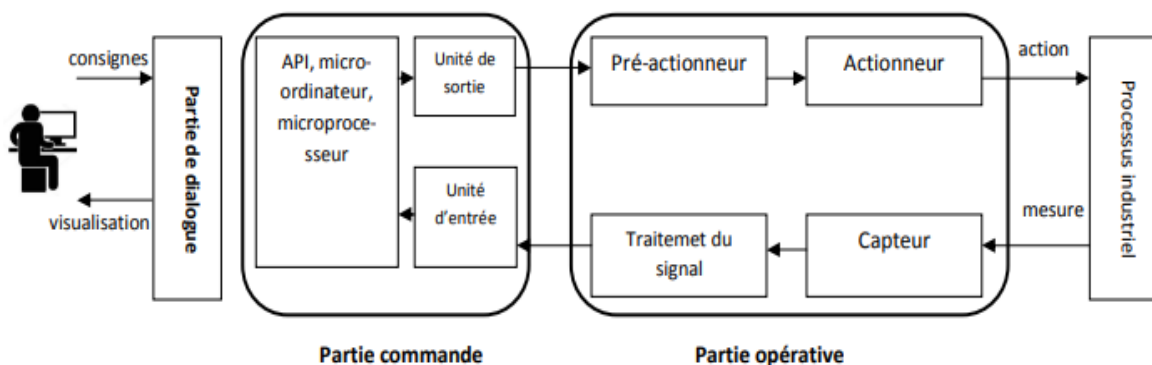


Figure II. 1 : Architecture générale d'un système

1.2.1 Partie opérative

C'est la partie visible du système. Elle se compose des ensembles suivants :

- Le processus physique : Cette partie constitue le cœur du système automatisé. Il s'agit des équipements, des machines ou des processus physiques sur lesquels le système automatisé agit.
- Les capteurs : qui créent, à partir de grandeurs physiques de natures diverses (températures, pression, positionnement, etc.), des informations utilisables par la partie commandent.
- Les pré-actionneurs : qui sont directement dépendants des actionneurs et sont nécessaires à leur fonctionnement (distributeurs, contacteurs, etc.).
- Les actionneurs : qui apportent à l'unité de production l'énergie mécanique nécessaire à son fonctionnement à partir d'une source d'énergie extérieur (vérins, moteurs, vannes, etc.).

1.2.2 Partie commande

La partie commande se compose des ensembles suivants

- Les interfaces d'entrée qui transforment les informations issues des capteurs placés sur la partie opérative ou dans la partie dialoguent en informations de nature et d'amplitude compatible avec les caractéristiques technologiques du système.
- Les interfaces de sortie qui transforment les informations élaborées par l'unité de traitement en informations de nature et d'amplitude compatibles avec les caractéristiques technologiques des pré-actionneurs d'une part, des visualisations et avertisseurs d'autre part ;
- L'unité de traitement (automates programmables industriels API, ordinateur, microprocesseurs) qui élabore les ordres destinés aux actionneurs en fonction des informations reçues des différents capteurs et du fonctionnement à réaliser.

1.2.3 Partie dialogue

Interface Utilisateur : L'interface utilisateur permet aux opérateurs ou aux superviseurs de surveiller et de contrôler le système automatisé. Cela peut inclure des écrans tactiles, des panneaux de commande, des indicateurs lumineux ou des interfaces web qui affichent des informations sur l'état du système, permettent la saisie de données et la modification des paramètres de fonctionnement.

2 Objectifs de l'automatisation

L'automatisation industrielle offre de nombreux avantages significatifs pour les entreprises et les industries, ce qui explique en grande partie son adoption généralisée. Voici quelques-uns des principaux objectifs de l'automatisation industrielle :

- Accroître la productivité (rentabilité et compétitivité) du système ;
- Améliorer la flexibilité de production ;
- améliorer la qualité du produit ;
- Adaptation à des contextes particuliers tels que des environnements hostiles pour l'homme, des tâches intellectuelles pénibles.
- Réduction des coûts de main-d'œuvre ;
- Augmenter la sécurité.

3 Les automates programmables industriels

3.1 Définition et historique

Les Automates Programmables Industriels (API), également connus sous le nom Programmable Logico Controller PLC dans le domaine industriel, sont des dispositifs électroniques utilisés pour automatiser des processus industriels, des machines et des lignes de production. Ces systèmes jouent un rôle crucial dans l'amélioration de l'efficacité, de la précision et de la sécurité des opérations industrielles.

Les API ont fait leur apparition aux Etats-Unis dans les années 1960, en réponse à un besoin exprimé par Général Motors pour remplacer les systèmes de relais électromécaniques complexes et coûteux utilisés dans ses usines. En 1968, l'entreprise américaine Bedford Associates a développé le premier automate programmable le Modicon 084, marquant ainsi le début d'une révolution dans le domaine industriel.

Les API sont spécialisées dans la conduite et la surveillance en temps réel des processus industriels. Leur capacité à exécuter des programmes préétablis permet d'automatiser des tâches répétitives et complexes avec une grande fiabilité. Ils sont largement utilisés dans de nombreux secteurs, tels que l'automobile, l'agroalimentaire, la fabrication, la gestion des flux de production, etc.

3.2 Architecture des automates programmables

3.2.1 Aspect externe

Les automates peuvent être classifiés de différentes manières en fonction de plusieurs critères, notamment leur forme, leur taille, leur apparence, leur mode d'alimentation, leur puissance ou leur langage de programmation. Parmi les classifications les plus courantes, on trouve souvent la distinction entre les automates compacts et les automates modulaires [2] :

3.2.1.1 Automates Compacts

Les automates compacts se distinguent par leur taille relativement réduite et leur conception intégrée (Figure II.1). Ils intègrent le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, ils peuvent réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, les E/S analogiques, etc.).

Ils sont spécifiquement conçus pour être installés dans des espaces restreints. Ces dispositifs intègrent généralement toutes les fonctionnalités nécessaires pour superviser un processus spécifique au sein d'un seul boîtier, simplifiant ainsi leur installation et leur configuration. Ils sont couramment utilisés dans des domaines telles que la domotique, les petits systèmes de contrôle de machines ou les machines autonomes de petite taille.

3.2.1.2 Automates Modulaires

Les automates modulaires sont constitués de modules individuels qui peuvent être assemblés et combinés pour répondre aux besoins spécifiques d'une application particulière. Pour ce type, le processeur, l'alimentation et les interfaces entrées/sorties résident dans des unités séparées (modules), et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant des bus plus connecteurs.

Les automates modulaires (Figure II.2) sont souvent utilisés dans des applications où une grande flexibilité est nécessaire, telles que les systèmes de contrôle de processus complexes, les installations industrielles à grande échelle ou les lignes de production automatisées.

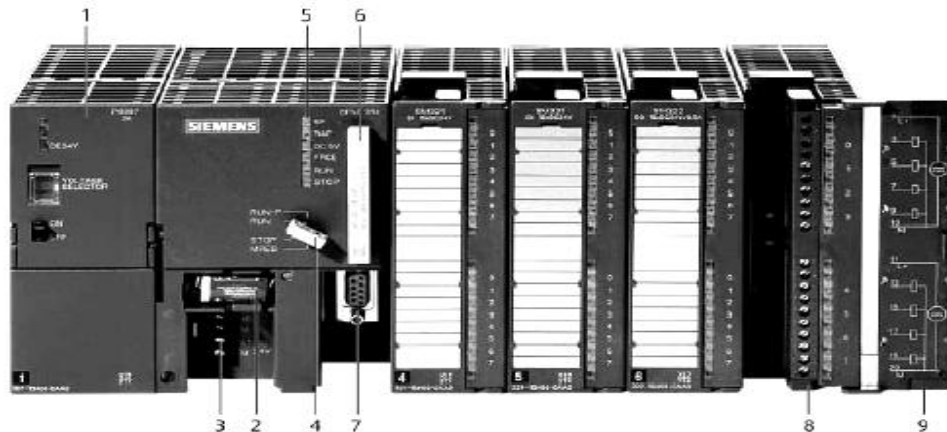
Chaque type d'automate présente des avantages et des inconvénients et convient à des applications spécifiques en fonction des besoins de l'utilisateur, de l'environnement d'exploitation et des exigences du processus automatisé.



Automate compact (Allen-bradley)



Automate modulaire (Modicon)



Automate modulaire (Siemens)

- | | | | |
|---|---|---|----------------------------|
| 1 | Module d'alimentation | 6 | Carte mémoire |
| 2 | Pile de sauvegarde | 7 | Interface multipoint (MPI) |
| 3 | Connexion au 24V cc | 8 | Connecteur frontal |
| 4 | Commutateur de mode (à clé) | 9 | Volet en face avant |
| 5 | LED de signalisation d'état et de défauts | | |

Figure II.2: Types d'automates programmables

3.2.2 Architecture d'un API

La structure d'un API peut varier en fonction du modèle spécifique et du fabricant, mais en général, un API comprend plusieurs composants essentiels. La structure interne d'un API peut se présenter comme suit :

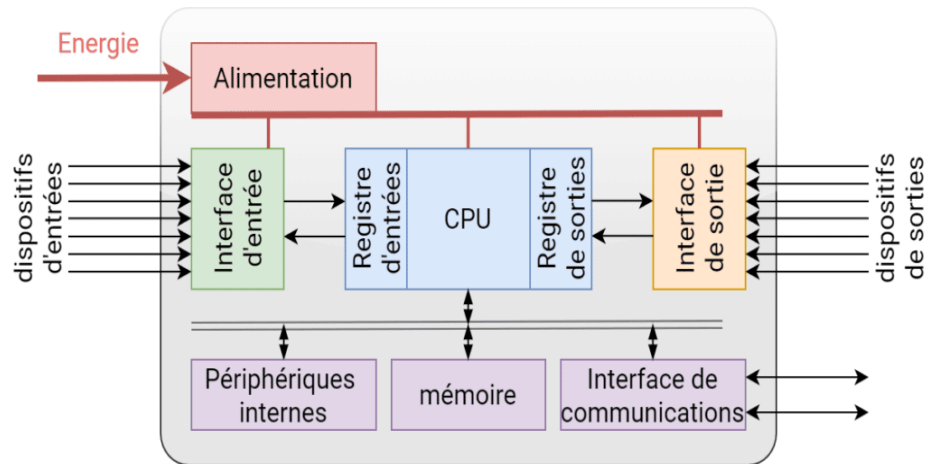


Figure II.3: Architecture interne d'un automate programmable

3.2.2.1 Unité Centrale de Traitement (CPU)

L'unité centrale de traitement (CPU) est le cœur de l'automate programmable, assurant l'exécution des programmes, le traitement des données, la gestion des entrées/sorties, la communication et d'autres fonctions essentielles pour le contrôle automatisé des processus industriels.

3.2.2.2 Mémoires

Les mémoires dans un automate programmable jouent un rôle essentiel dans le stockage temporaire et permanent des données nécessaires à l'exécution du programme. Chaque type de mémoire a des caractéristiques spécifiques adaptées à différentes fonctions dans le fonctionnement global de l'automate.

L'API contient plusieurs types de mémoires pour stocker différentes informations :

- **RAM (Random Access Memory) :** c'est une mémoire vive qui nécessite l'alimentation électrique pour pouvoir conserver les informations (lecture/écriture)
- **ROM (Read Only Memory) :** mémoire à lecture uniquement, elle stocke le programme utilisateur, c'est-à-dire l'instruction qui définissent le comportement de l'automate. Elle conserve les données même après l'arrêt de l'alimentation.
- **Mémoire de données (Data Memory) :** elle est utilisée pour stocker des données de configuration, des constantes, et d'autres informations qui peuvent être modifiées pendant l'exécution du programme.

- **Mémoire flash** : utilisée pour stocker le micrologiciel de l'automate. Elle permet la mise à jour du micrologiciel pour prendre en charge de nouvelles fonctionnalités, améliorer la sécurité, ou corriger des erreurs.
- **Cartes mémoires amovibles** : Certains automates permettent l'utilisation de cartes mémoire amovibles pour le stockage de programmes, de configurations, de données, et de sauvegardes. Cela facilite la maintenance, la mise à jour, et le transfert d'informations entre différents automates.

3.2.2.3 Interfaces d'Entrées/Sorties (E/S)

Les interfaces entrées /sorties(E/S) dans un automate programmable sont des composants essentiels permettant la communication entre l'automate et le monde extérieur. Ces interfaces permettent de recevoir des informations provenant des capteurs (entrées) et de commander des actionneurs (sorties) pour automatiser des processus industriels

3.2.2.4 Modules d'Extension

Certains automates programmables industriels permettent l'ajout de modules d'extension pour étendre les capacités d'E/S, de communication ou d'autres fonctionnalités. Ces modules peuvent inclure des cartes d'E/S supplémentaires, des modules de communication réseau, des modules de comptage rapide, etc.

3.2.2.5 Interfaces de communication

Les APIs peuvent être équipées de diverses interfaces de communication pour permettre la communication avec d'autres dispositifs et systèmes. Cela peut inclure des ports série (RS-232, RS-485), des ports Ethernet, des ports USB, des interfaces de bus de terrain (Profibus, Modbus, Ethernet/IP, etc.).

3.2.2.6 L'alimentation

Les automates utilisent un bloc d'alimentation qui fonctionne sous une tension d'entrée de 240 Vac (courant alternatif) et délivre une tension de sortie de 24 Vcc (courant continu).

3.3 Principe et fonctionnement de l'automate programmable

L'automate programmable fonctionne par déroulement cyclique du programme. Ce cycle peut être décomposé en 3 parties :

3.3.1 Lecture des entrées (Acquisition de l'information)

Cette partie permet d'acquérir diverses informations utiles sur l'état du système à partir des différents capteurs/détecteurs placés stratégiquement sur l'ensemble des équipements de l'installation pour obtenir diverses informations locales qui constituent les données de l'automatisation. Ces capteurs/détecteurs transfèrent leurs états dans la zone image des entrées de l'automate.

3.3.2 Traitement du programme (Traitement des données)

Cette deuxième partie traite les informations obtenues à partir de ces entrées puis le processeur exécute les instructions de la mémoire programmée (programme qui est prédéfini par l'automaticien).

3.3.3 Écriture des sorties (Émissions des ordres)

Cette troisième et dernière partie du processus agit sur les actionneurs de notre installation (moteurs, vanne). Ces actionneurs agissent à leur tour sur la partie mécanique du système. Les images des sorties dans la mémoire des données sont transférées dans le module de sortie pour être converties en signaux électriques pour la commande des pré-actionneurs et des dispositifs de visualisation. Ces valeurs sont verrouillées jusqu'au cycle prochain[3].

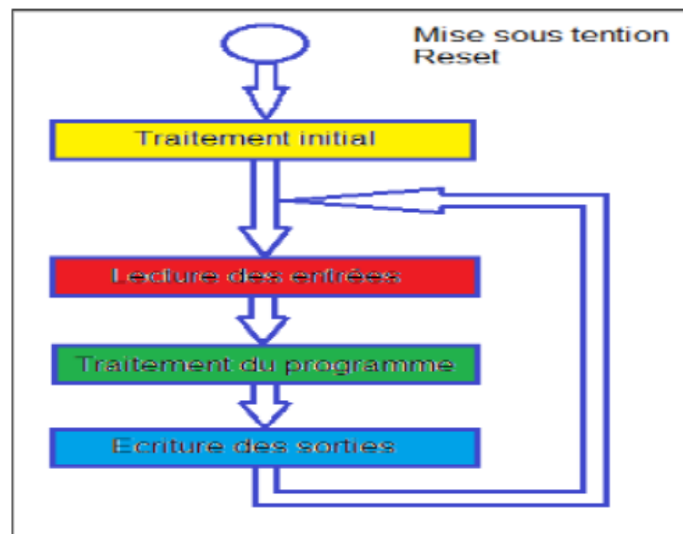


Figure II .4: Traitement cyclique d'un API.

3.4 Transfert du programme dans l'automate programmable

Le transfert du programme dans l'automate programmable peut être fait soit manuellement en entrant le programme et l'état initial à l'aide d'une console de programmation. Ou

automatiquement en transférant le programme à l'aide du logiciel d'assistance, et en réalisant la liaison série entre l'ordinateur et l'automate.

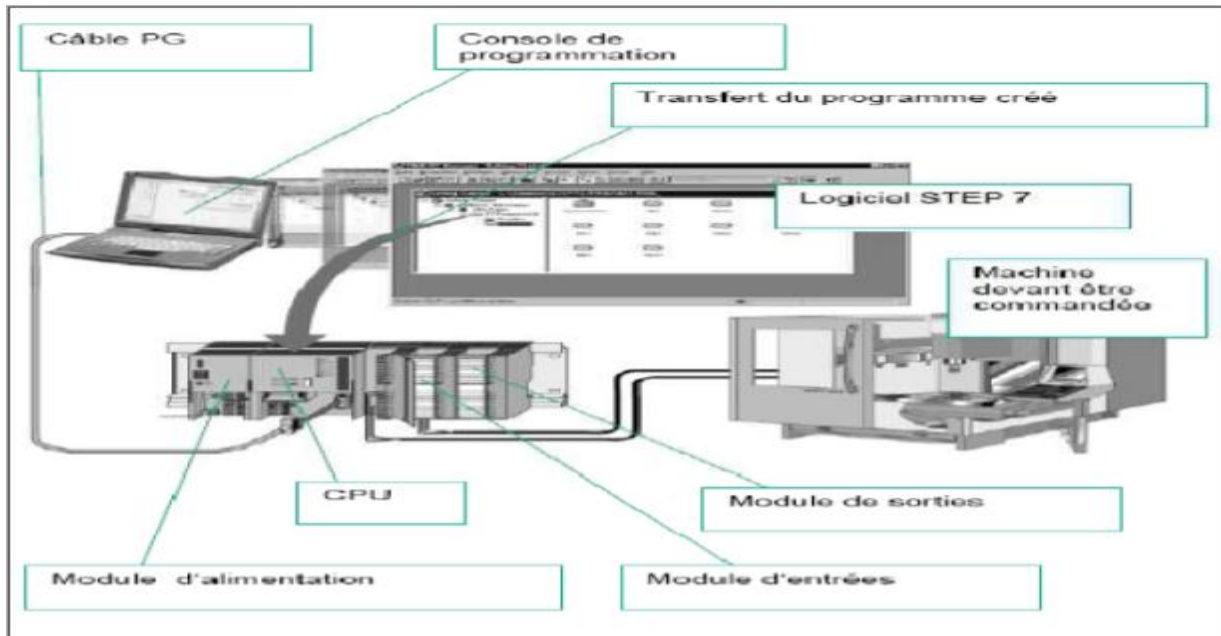


Figure II.5: Transfert de programme dans un automate

4 Programmation des API

Les programmes utilisés avec les API peuvent être écrits dans différents formats. Au début, chaque fabricant d'automates a eu tendance à développer ses propres méthodes de programmation pour les API. Une norme fut créée en 1993 par la commission électrotechnique internationale, désignée sous la référence CEI 61131-3. Cette norme définit quatre langages de programmation utilisables. [4]

4.1 Liste d'instructions (Instruction List IL)

La Liste d'Instructions, ou LIST, est un langage de programmation textuel qui utilise des instructions écrites sous forme de mots-clés et de symboles. Contrairement aux langages graphiques, la LISTE offre une approche textuelle de la programmation. Elle est souvent utilisée pour des tâches complexes ou des opérations nécessitant des calculs mathématiques. La syntaxe de la LISTE est similaire à celle des langages de bas niveau, ce qui en fait un choix privilégié pour les programmeurs habitués à ce type d'approche.

4.2 Le langage littéral structuré (Structured text ST)

Le texte structuré est un langage de programmation d'automate défini par la PLCOpen dans la norme CEI 61131-3. Ce langage est basé sur le texte comparé au Ladder qui est graphique.

Au début il peut sembler préférable d'utiliser un langage de programmation graphique pour la programmation d'automate, cependant cela reste idéal surtout pour les petits programmes.

Alors en utilisant le langage ST par rapport à ces avantages déjà le programme prendra moins d'espace avec ce langage, et sera plus facile à lire et à comprendre et aussi on peut combiner les différents langages de programmation et on peut avoir des blocs fonctionnels contenant des fonctions écrites en texte structuré. [5]

```
(* simple state machine *)
TxtState := STATES[StateMachine];

CASE StateMachine OF
  1: ClosingValve();
ELSE
  ;; BadCase();
END_CASE;
```

Figure II.6 : Exemple d'un programme ST

4.3 Le langage LADDER (LD : Ladder Diagram)

Appelé aussi langage à contact, langage à relais ou réseau en échelle. Ce langage utilise des symboles graphiques tels que : contact, relais, bobine et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels).

Le langage Ladder se compose de "réseaux", chacun correspondant à une équation logique. Il utilise des signaux TOR (Tout ou Rien), où chaque réseau manipule ces signaux pour calculer un résultat basé sur des signaux d'entrée. Ce résultat est symbolisé par une bobine. Chaque signal d'entrée est représenté par un contact, pouvant être normalement ouvert ou normalement fermé. Un réseau ne peut contenir qu'une seule bobine.

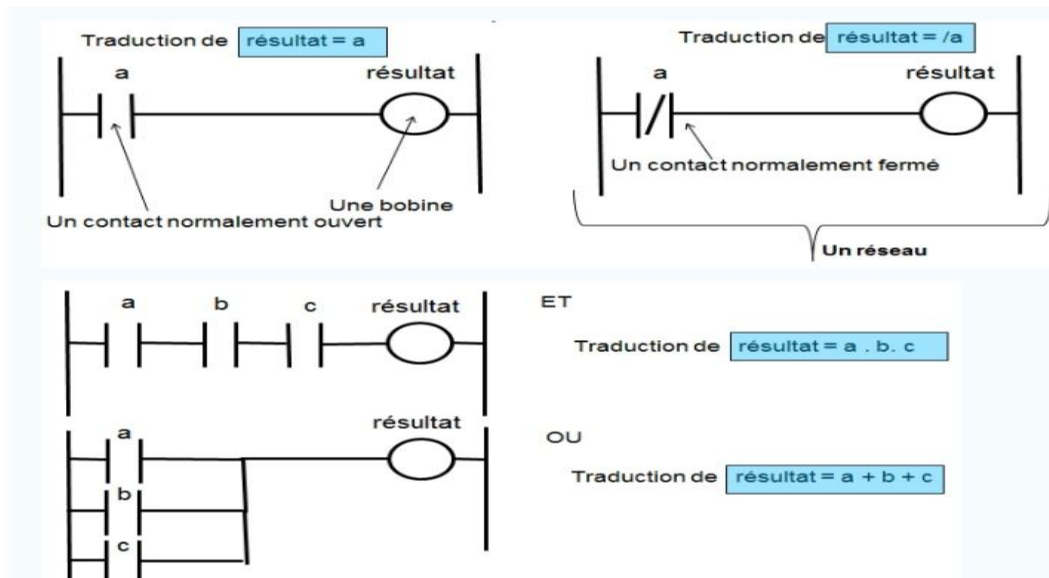


Figure II.7 : Exemple de programmation LADDER

- Toutes les combinaisons sont permises.
- Les contacts (comme a et b) peuvent être des entrées automates, des bits internes, les résultats booléens d'inégalités, la fin d'un timer, etc... Les bobines peuvent être des sorties automates, des bits internes, des affectations, la validation de fonctions, le lancement de timer, etc...
- A chaque cycle de l'automate, les réseaux sont exécutés du premier (celui du haut de la première section) au dernier (celui du bas de la dernière section), séquentiellement. Le cycle se répète environ toutes les 10ms.
- Par rapport à la représentation électrique, la barre de gauche représente l'alimentation Vcc et celle de droite la masse GND.

La fonction "mémoire" existe en Ladder. On utilise alors les bobines SET (mémoire d'un '1') et RESET (mémoire d'un '0'). Ceci est présenté dans l'exemple ci-dessous.[6]

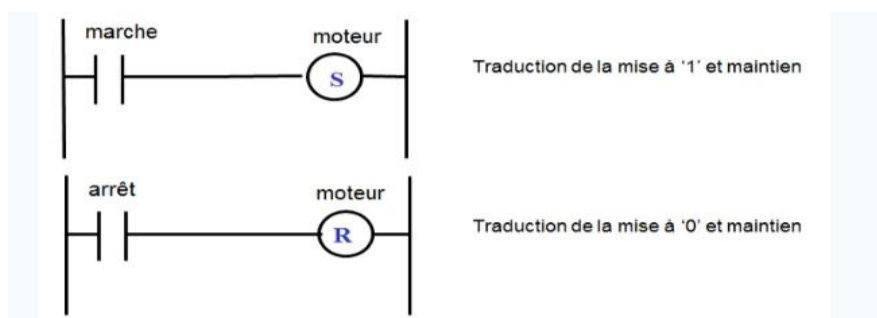


Figure II.8: Exemple de la fonction mémoire en ladder

4.4 Le langage Booléen : (FBD : Function Bloc Diagram)

Ce langage utilise les symboles du logigramme. Il peut être facilement traduit en langage machine. Il est utile pour modéliser des systèmes avec une logique complexe.

5 Présentation de l'automate S7-300

Le S7-300 est un automate de conception modulaire destiné à des tâches d'automatisation de moyenne et haute complexité, sa gamme est caractérisée par :

- Gamme diversifiée de la CPU
- Gamme complète de module
- Possibilité d'extension jusqu' à 32 modules
- Possibilité de mise en réseau avec :
 - ✓ Profibus
 - ✓ L'interface multipoint (MPI)
 - ✓ L'industrie Ethernet.
- Raccordement central de la console de programmation (PG) avec accès à tous les modules
- Liberté de montage aux différents emplacements [7].

La famille S7-300 est constituée d'automates programmables de conception modulaire utilisés pour des automatismes de moyenne gamme, et peuvent être connectés entre eux.

Cette famille a la possibilité d'extension jusqu'à 32 modules, et une mise en réseau par l'interface multipoint (MPI), PROFIBUS et Industriel Ethernet.

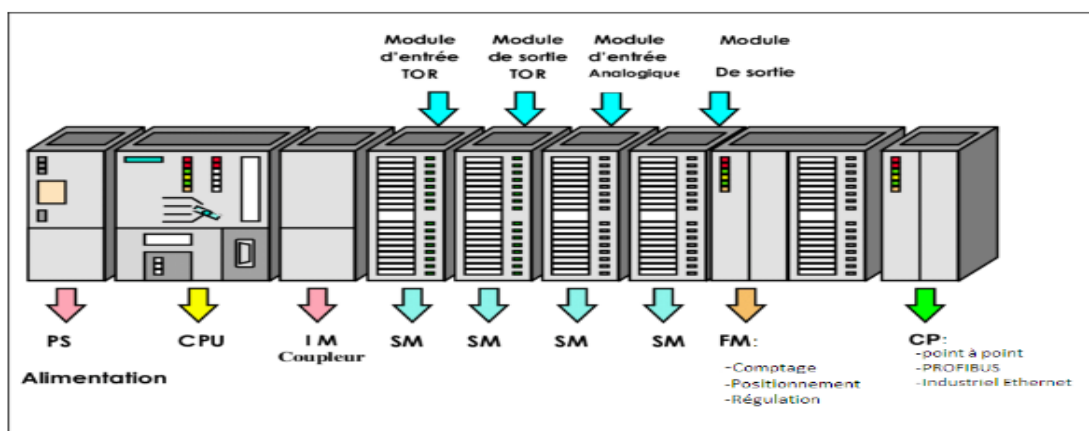


Figure II.9: Schéma externe d'un API s7-300.

CPU : unité centrale.

PS : module d'alimentation.

IM : coupleur.

CP : processeur de communication.

FM : module de fonctionnement il comporte : le comptage, la régulation et le positionnement

SM : module de signaux.

5.1 Les différents blocs de S7

Dans le STEP7, il existe plusieurs blocs utilisateurs pour un programme structuré :

5.1.1 OB (bloc d'organisation) :

Un OB est appelé cycliquement par le système d'exploitation et constitue donc l'interface entre le programme utilisateur et le système d'exploitation. L'OB contient des instructions d'appels de blocs indiquant à l'unité de commande de l'automate l'ordre dans lequel il doit traiter les blocs.

5.1.2 FB (bloc fonctionnel) :

Le FB dispose d'une zone de mémoire qui lui est affectée en propre. Il est possible d'affecter un bloc de données (DB) au FB à l'appel du bloc. Il est possible d'accéder aux données du DB d'instance via les appels contenus dans le FB. On peut affecter plusieurs à un FB. Il est possible d'appeler d'autres FB et FC dans un bloc fonctionnel via des instructions d'appels de blocs.

5.1.3 FC (fonction) :

Un FC ne possède pas une zone de mémoire propre. Les données locales d'une fonction sont perdues après l'exécution de la fonction. Il est également possible d'appeler d'autres FB et FC dans une fonction via des instructions d'appels de blocs.

5.1.4 DB (bloc de données) :

Les DB sont utilisés pour la mise à disposition d'espace mémoire pour les variables types données. Il existe deux types de blocs de données. Les DB globaux dans lesquels tous les OB, FB et FC peuvent lire les données enregistrées ou écrire des données et les DB d'instance qui sont affectés à un FB donné.

Le STEP 7 dispose de blocs nommés bloc-système. Ces blocs peuvent être appelés par l'utilisateur et utilisés dans le programme, mais on ne peut pas changer ni accéder à leurs programmes.

5.1.5 SFB (bloc fonctionnel système) :

Bloc fonctionnel stocké dans le système d'exploitation de la CPU et pouvant être appelé par l'utilisateur.

5.1.6 SFC (fonction système) :

Fonction stockée dans le système d'exploitation de la CPU et pouvant être appelée par l'utilisateur.

5.1.7 SDB (données système) :

Zone de mémoire dans le programme configuré par différentes applications de STEP 7 (par exemple S7 Configuration, Communication...), pour le stockage des données dans les systèmes d'automatisation. [8]

5.2 Critères de choix d'un API

Les critères de choix d'un automate programmable sont:

- Le nombre d'entrées / sorties nécessaire : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.
- Les capacités de traitement du 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.
- 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 ...).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré les systèmes automatisés et les automates programmables industriels (API), en soulignant leur rôle essentiel dans la simplification des processus et l'amélioration de l'efficacité. Les systèmes automatisés permettent une gestion rationalisée des opérations, réduisant les erreurs humaines et augmentant la productivité. Les API, quant à eux, facilitent l'intégration et la communication entre différentes applications, assurant une synchronisation des processus industriels.

Grace à leur capacité à exécuter des tâches complexes avec précision, les API permettent aux industries de répondre aux exigences croissantes en matière de qualité et de sécurité.

Introduction

Le chromage est un processus essentiel dans nombreuses industries, notamment l'aéronautique et l'automobile, car il permet de protéger les surfaces métalliques contre la corrosion. Cependant, ce processus complexe nécessite une modélisation précise pour garantir son bon déroulement. Dans ce chapitre, nous aborderons la modélisation du cycle de chromage à l'aide du grafcet niveau 1, en mettant en lumière les problèmes rencontrés et les solutions proposées pour améliorer l'efficacité de ce processus crucial.

1. Généralités sur le GRAFCET

1.1. Définition

Le **GRAFCET** (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande par **E**tapes et **T**ransitions) 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** transferts d'informations de la Partie Opérative vers la Partie Commande
- Les **SORTIES** transferts d'informations de la Partie Commande vers la Partie Opérative.[9]

1.2. La représentation du GRAFCET

Sa représentation est faite à partir d'éléments graphique de base qui comprennent :

1.2.1. Les étapes

- **Étape initiale** : représente une étape caractérisée qui est active au début du fonctionnement.

Elle se différencie de l'étape en doublant les côtés du carré.

- **Étape** : chaque étape est représentée par un carré repéré numériquement.

1.2.2. Les transitions

Les transitions indiquent les possibilités d'évolution entre étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.

Une transition est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont activées. Une transition entre deux étapes se représente par une barre perpendiculaire aux liaisons. Lorsque plusieurs arcs arrivent ou partent d'une transition, leur regroupement est indiqué par une double ligne horizontale

1.2.3. Les réceptivités

Une réceptivité correspond à la condition logique qui doit être remplie pour qu'une transition puisse s'effectuer. Si la réceptivité est vraie (=1), cela le cycle peut évoluer. Les réceptivités proviennent du pupitre de commande, des fins de courses ou d'information provenant de la partie opérative

1.2.4. Les 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 III.1).

1.2.5. Actions

Ce sont les actions ou les opérations effectuées lorsque le système passe d'une étape à une autre. Elles peuvent être associées à des étapes ou à des transitions et sont souvent représentées dans le GRAFCET par des actions symboliques (par exemple, des actions à effectuer sur des actionneurs).[10]

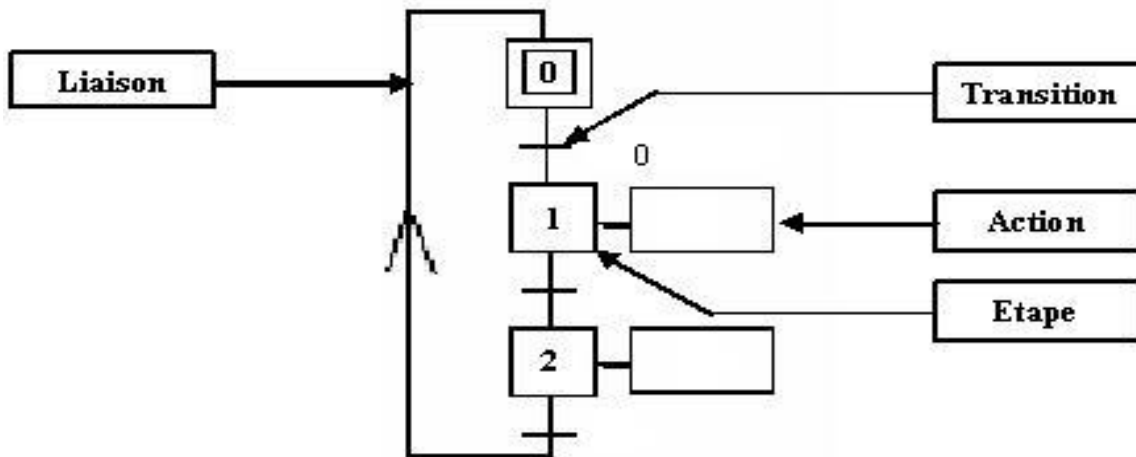


Figure III.1: Les différents éléments d'un GRAFCET

Exemple : fonctionnement d'une fraiseuse

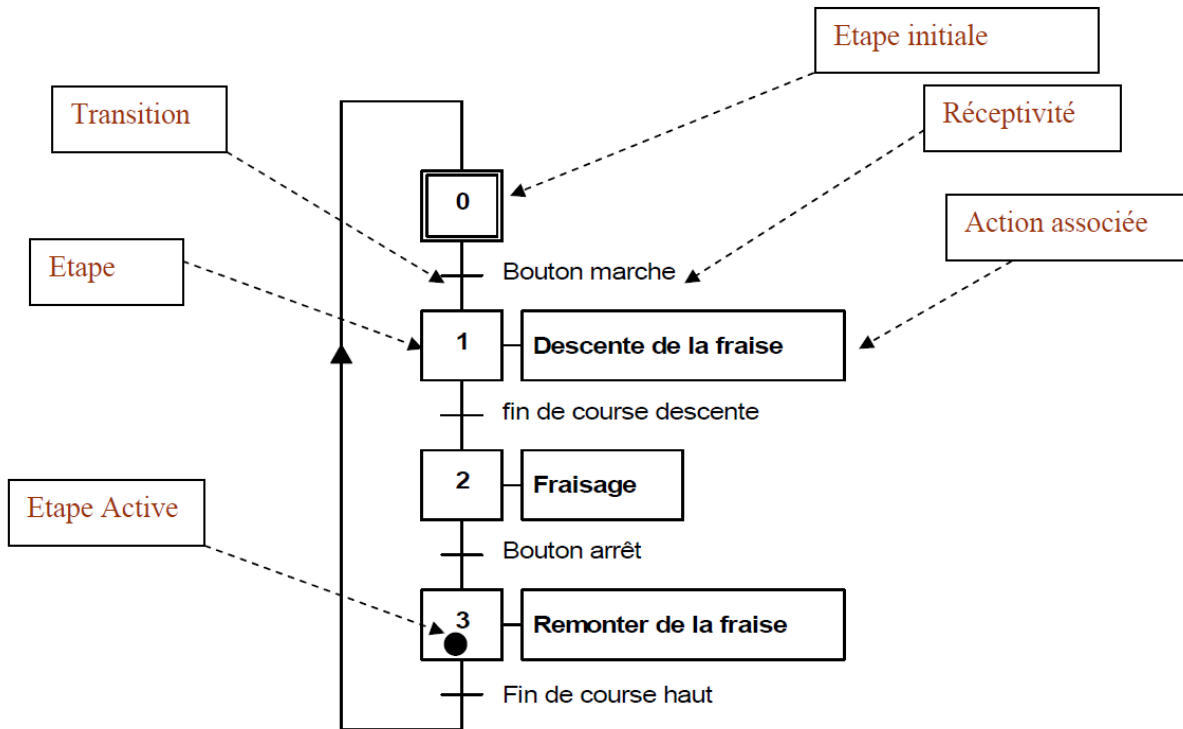


Figure III.2: Représentation d'un modèle type de GRAFCET

1.3. Les règles d'évolution du Grafcet

Règle N°1 : Initialisation

La situation initiale caractérise le comportement initial de la partie commande vis - vis de la Partie opérative, correspondant à l'étape active au début du fonctionnement. Elle représente généralement un état de repos. Le symbole utilisé est le double carré.

Règle N°2 : Franchissement d'une transition

Le franchissement d'une transition s'effectue sous deux conditions :

- l'étape précédente est active
- la réceptivité associée à la transition est vraie

Lorsque ces deux conditions sont remplies, la transition devient franchissable et doit être obligatoirement franchie.

Règle N° 3 : Évolution des étapes actives

Lorsqu'une transition est franchie, cela provoque simultanément :

- L'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes.
- La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

Exemple :

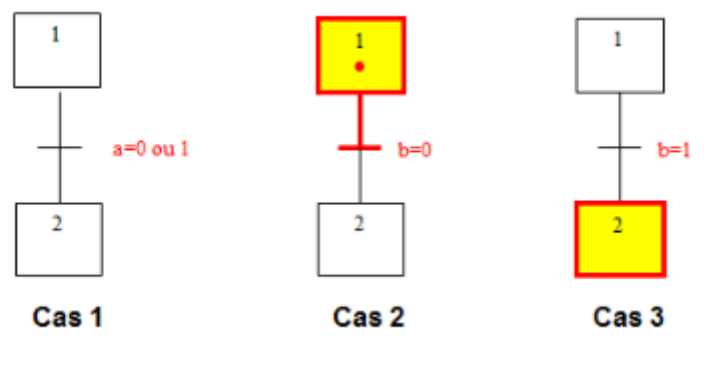


Figure III.3:Exemple sur la règle N°3

Cas 1 : La transition 1-2 est non validée, l'étape 2 étant inactive.

Cas 2 : L'étape 1 étant active, la transition 1-2 est validée mais ne peut être franchie car la Réceptivité n'est pas vraie : $b=0$.

Cas 3 : La transition 1-2 est franchie car la réceptivité est vraie : $b=1$. Dans ce cas l'étape 2 est activée et l'étape 1 est désactivée.

Règle 4 : Évolutions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies, Cette règle de franchissement permet notamment de décomposer un grafcet en plusieurs diagramme sin dépendants.

Exemple

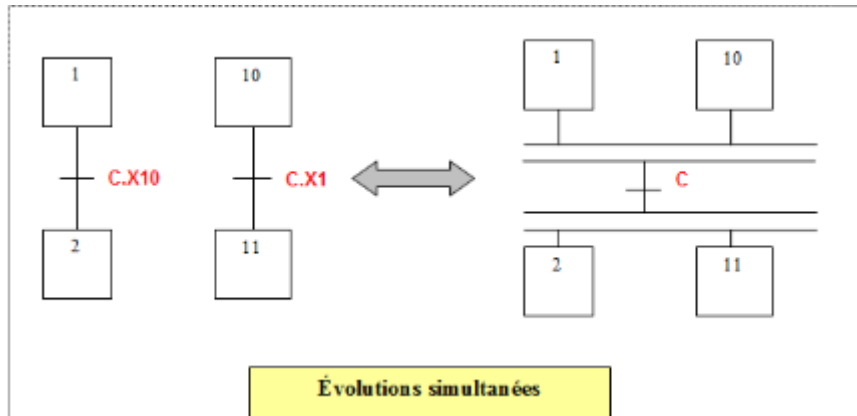


Figure III.4: exemple sur la règle N°4

X1 :Variable Booléenne correspondant à l'étape 1 :

- Si l'étape 1 est active $X1= 1$
- Si l'étape 1 est inactive $X1=0$

Règle 5 : Activation et désactivation simultanée

Si au cours du fonctionnement de l'automatisme une même étape doit être simultanément activée et désactivée, elle reste activée.[11]

1.4 Types du GRAFCET

Il existe trois types du GRAFCET qui sont :

1.4.1 GRAFCET de Niveau 01 (GRAFCET/ partie système)

Ce type de GRAFCET est basé sur la représentation de toutes les parties du système automatisé avant l'existence de ce dernier (système automatisé). Par ailleurs le GRAFCET de niveau 1 est un GRAFCET de coordination des données et des actions.

1.4.2 GRAFCET de Niveau 02 (GRAFCET/ partie opérative)

Ce type de GRAFCET est basé sur la technologie des actionneurs (moteurs électriques, vérins, ...etc.) et capteurs, ces derniers nous permettent de réaliser un diagramme séquentiel qui définit le comportement de la partie commande d'un système automatisé.

1.4.3 GRAFCET de Niveau 03 (GRAFCET/ partie commande)

Ce type de GRAFCET prend le matériel existant (automates programmables, contacteurs, boutons poussoirs, ...etc.) pour réaliser la partie commande. Le GRAFCET de niveau 03 est

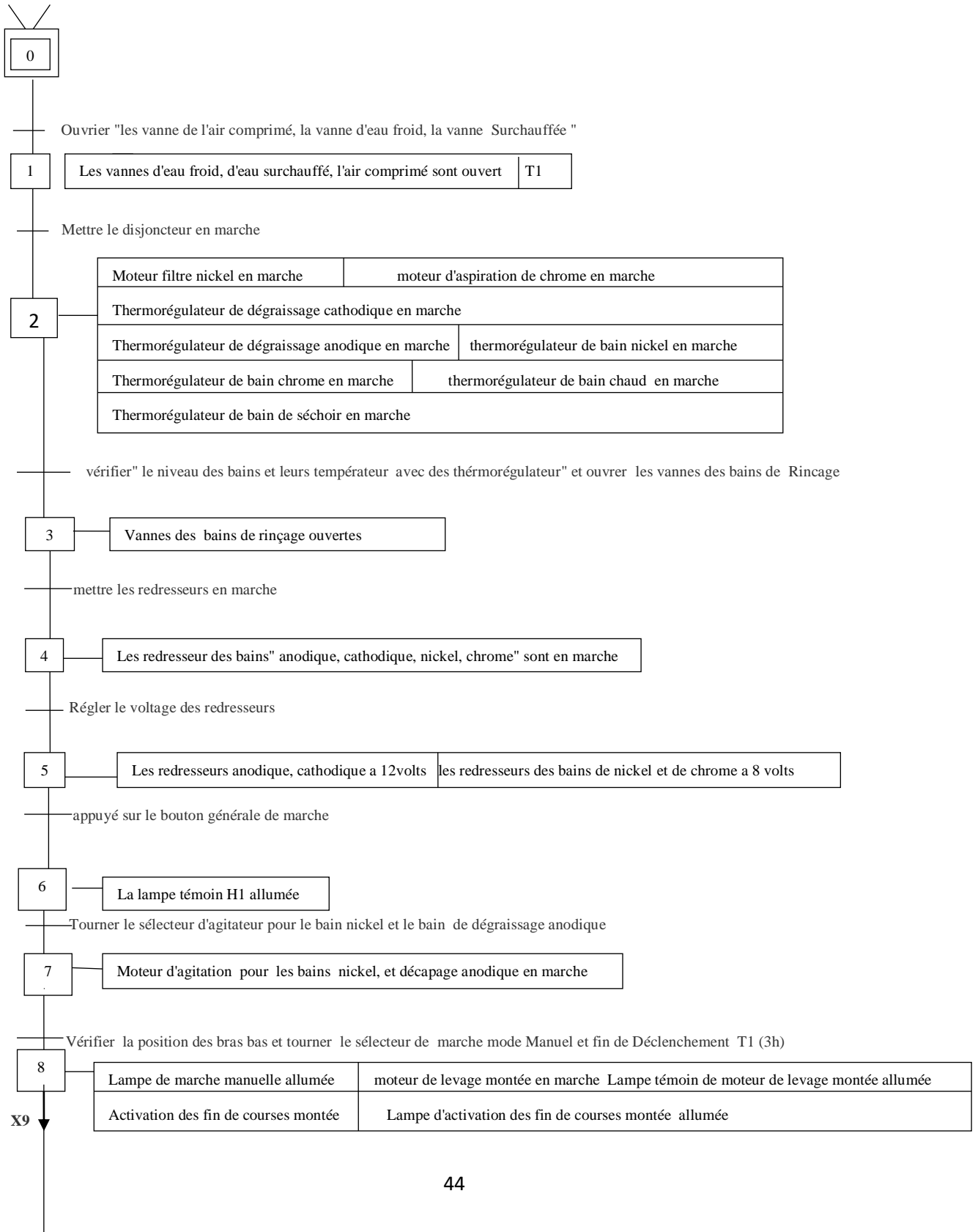
Chapitre III Modélisation de la station de chromage par GRAFCET

basé sur la programmation des automates programmables en utilisant par exemple le langage ladder dont les entrées et les sorties.[12]

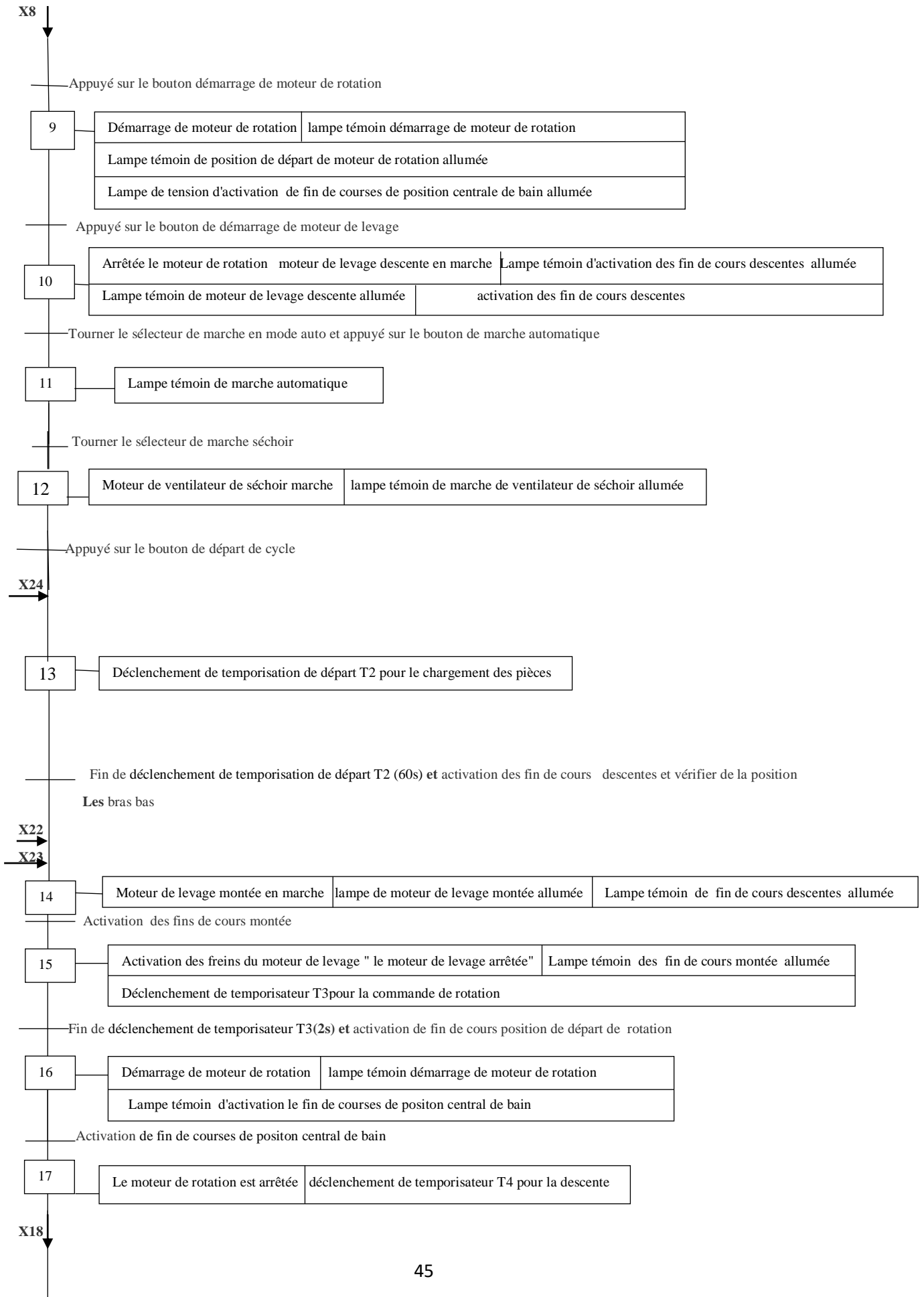
2. Application du GRAFCET pour modéliser la station de chromage C59

2.1 GRAFCET de niveau 1

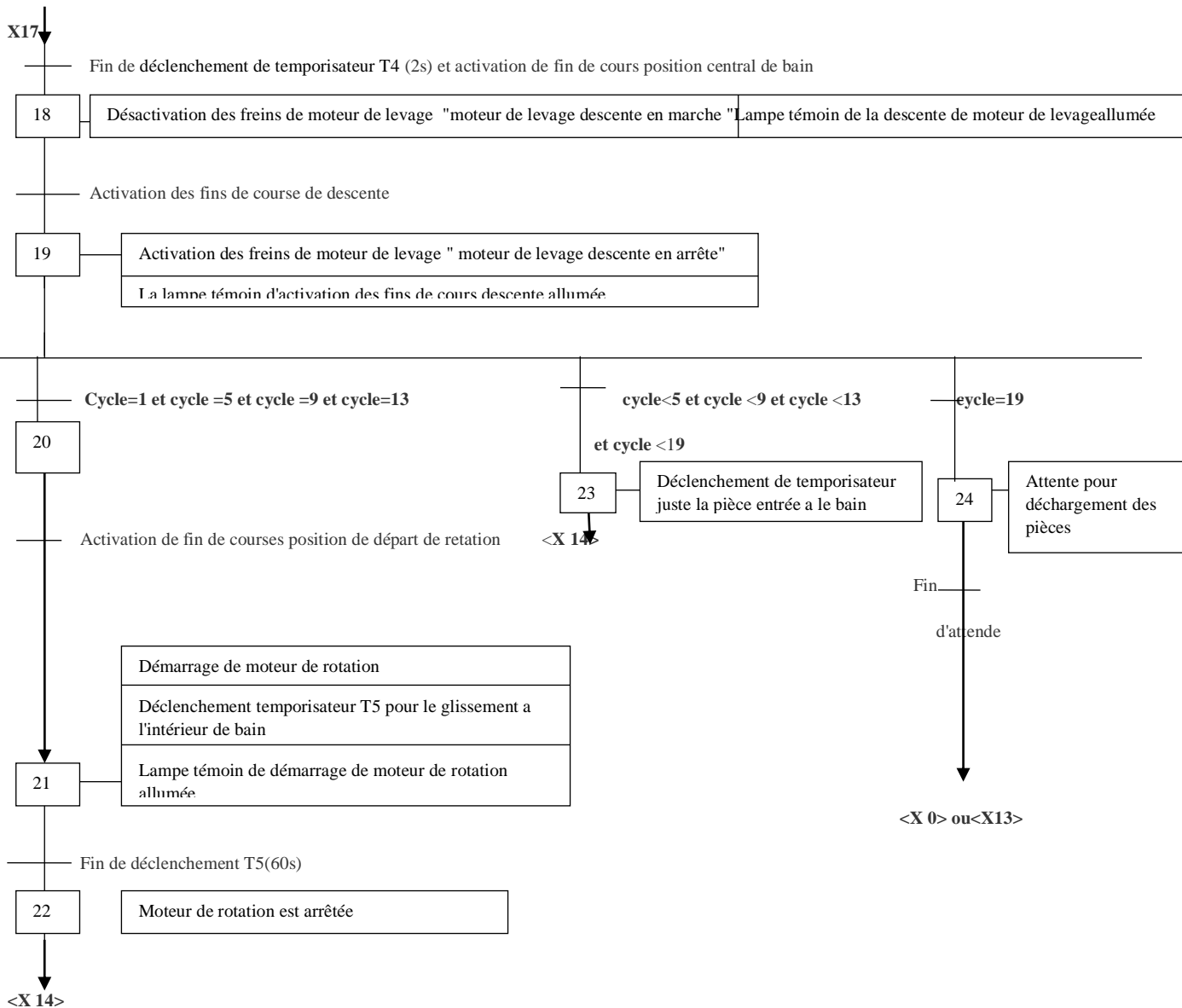
X 24



Chapitre III Modélisation de la station de chromage par GRAFCET



Chapitre III Modélisation de la station de chromage par GRAFCET



2.2 Problèmes et Améliorations de la station de chromage

➤ Actuellement, l'utilisation d'une logique câblée pour faire fonctionner la station de chromage est obsolète, encombrante couteuse et difficile à adapter à l'évolution du processus. Pour résoudre ces problèmes, nous avons développé une solution qui consiste à remplacer la logique câblée par une logique programmée. Cette transition offre flexibilité accrue, pour ajuster et modifier les paramètres du cycle de chromage en fonction des besoins spécifiques de la production.

L'utilisation d'un automate programmable permet une surveillance plus efficacement du processus, la détection proactive des erreurs potentielles et l'optimisation globale des performances globales de la station de chromage.

➤ Les opérateurs font face à des difficultés lors de la manipulation et du positionnement des bras de la machine pendant le processus de chromage, en raison de fins de course peu fiables, de courte durée et imprécise. Ces problèmes entraînent fréquemment des arrêts de production, des coûts de réparation élevés et ont un impact significatif sur la qualité de la pièce finie.

Pour remédier à ces inconvénients liés au contrôle du mouvement et de la position du bras par les interrupteurs de fin de course, nous avons proposé de les remplacer par des capteurs à induction en raison de leur robustesse, de leur fiabilité et de leur précision. Les capteurs à induction détectent les variations du champ magnétique générées par le mouvement du bras, offrant ainsi une solution plus fiable que les interrupteurs de fin de course. De plus, ces capteurs sont moins sensibles aux chocs et à l'usure, réduisant ainsi le risque de dysfonctionnement.

En substituant les interrupteurs de fin de course par des capteurs à induction, nous visons à contourner les problèmes actuels liés au contrôle du mouvement et de la position du bras. Cette modification va garantir un fonctionnement plus fiable et plus précis du système.

➤ Lorsqu'ils manipulent manuellement les vannes pour réguler l'eau surchauffée, l'eau froide et l'eau chaude afin de contrôler les niveaux et les températures des bains, les opérateurs rencontrent fréquemment des problèmes récurrents. Ces difficultés peuvent entraîner l'arrêt de la machine et nécessiter une intervention importante de la main d'œuvre, ce qui prolongeant ainsi la durée du processus, notamment au démarrage du cycle.

Pour résoudre ces problèmes, nous avons proposé de remplacer les vannes manuelles par des électrovannes reliées à l'automate. Cette solution permettra aux opérateurs de contrôler le fonctionnement de la station de manière rapide et efficace, sans nécessiter d'intervention manuelle.

➤ Pour améliorer le contrôle des bains, des capteurs numériques de niveau et de température seront installés dans chaque bain et connectés à l'automate pour permettre un contrôle automatisé plus précis. Cette mise en place permettra de surveiller en temps réel le niveau et la température des bains, d'ajuster les paramètres en fonction des besoins et d'optimiser les

Chapitre III Modélisation de la station de chromage par GRAFCET

processus de traitement. En automatisant ces fonctions, nous réduiront également le risque d'erreur humaine et améliorera la qualité et les performances des opérations.

➤ Une pompe de filtration sera installée pour éliminer les résidus de chrome du bain mort. Les substances filtrées seront ensuite réacheminées vers les bains spécifiques, afin d'éviter des pertes importantes de cet élément coûteux tout au long du processus d'exploitation.

➤ Un tapis sensible à la pression sera installé dans la zone de chargement de la station de chromage. Ce tapis est conçu pour détecter la présence d'une personne pendant le chargement ou le déchargement de l'assemblage. En cas de détection, si la personne ne quitte pas la zone de chargement/déchargement dans les 30 secondes suivant l'alarme, le moteur de levage (pour la translation verticale) s'arrêtera automatiquement.

Conclusion

La modélisation de la station de chromage à l'aide du GRAFCET démontre clairement l'importance cruciale de cet outil dans l'automatisation des processus industriels. En implémentant un GRAFCET de niveau 1 pour de la station C59, nous avons clairement défini les étapes nécessaires, optimisant ainsi les performances de notre processus.

Le GRAFCET utilise des symboles graphiques intuitifs pour représenter les étapes, les actions, les transitions et les conditions d'un processus. Cela permet une compréhension visuelle immédiate du fonctionnement du système automatisé.

Le chapitre suivant sera consacré à la programmation avec STEP 7 ce qui permettra de traduire le GRAFCET en code exécutable par un automate programmable industriel.

Introduction

Après avoir étudié de fonctionnement du processus de la station et identifier les différents organes électriques et mécaniques, nous avons modélisé notre système afin de pouvoir l'automatiser à l'aide d'un automate programmable S7-300 (ladder). Le programme a été développé à l'aide du logiciel Step7. Pour finaliser notre projet, nous allons effectuer une simulation, jouant un rôle crucial dans le développement et le déploiement des systèmes de contrôle.

1 Elaboration du système de chromage

1.1 Le nouveau cahier de charge incluant les améliorations proposées

Notre plan est organisé à trois parties

➤ Partie de démarrage

Au démarrage, l'opérateur active le sélecteur pour allumer la machine de chromage. Dès l'allumage de la machine, elle commence à vérifier les conditions de niveau et température des bains à l'aide des capteurs dédiés. En fonction des résultats, elle ajuste automatiquement les électrovannes d'eau chaude, froide et les liquides chimiques selon les besoins spécifiques. Par exemple si la température du bain de lavage chaud est inférieure à 60 degré, l'électrovanne pour l'eau chaude s'ouvre automatiquement jusqu'à atteindre la température souhaitée de 60 degré. Simultanément, si le niveau d'eau dépasse les 1176 litres, l'électrovanne de vidange s'ouvre pour éviter tout débordement, redirigeant l'eau excédentaire vers le réservoir approprié.

En appuyant sur le bouton BM, les moteurs suivant s'allumeront :

- ✓ Le moteur d'agitation pour le bain dégraissage anodique et le bain de nickel.
- ✓ Les 3 moteurs de ventilation dans le poste de séchage des pièces.
- ✓ Le moteur de filtrage du nickel.
- ✓ Le moteur d'aspiration des vapeurs chrome.
- ✓ La pompe de filtration du chrome dans les bains morts.
- ✓

Ensuite, la pièce sera chargée sur les bras manuels, détectée par un capteur à induction présence de pièce.

➤ Partie de traitement

Une fois que toutes les conditions requises sont vérifiées, en appuyant sur le bouton de démarrage du cycle, le moteur de levage est activé et la pièce est élevée à la position haute. Lorsque la pièce atteint cette position, le capteur B1 détecte sa présence et active le moteur de translation, permettant ainsi au dispositif de se déplacer jusqu'à la position B2 au-dessus du premier bain. Une fois que le dispositif atteint le capteur B2, le moteur de translation s'arrête et le moteur de translation verticale est activé, permettant à la pièce de descendre jusqu'à la position D1-1. Le capteur D1-1 arrête alors le moteur de translation verticale et active un temporisateur, ainsi que le moteur de translation horizontale pour faire avancer la pièce à l'intérieur du bain jusqu'à la position D1-2. Une fois que la pièce détecte le capteur D1-2, le moteur de translation horizontal est arrêté et le moteur de translation vertical est à nouveau enclenché pour ramener la pièce à la position B3. Il est à noter que la pièce ne monte vers la position qu'après l'expiration du temporisateur.

Remarque 1 :

Le cycle de fonctionnement du premier bain se répétera pour les bains, dégraissage anodique, Le nickelage et le chromage.

Lorsque le dispositif atteint la position B3, le capteur B3 arrête le moteur de transition verticale et active le moteur de transition horizontale pour avancer jusqu'à la position B4. Une fois à la position B4, le capteur B4 arrête le moteur horizontal et active le moteur vertical pour descendre jusqu'à la position C2 où la présence de la pièce est détectée. Le capteur C2 déclenche alors une temporisation d'une minute. A la fin de cette minute, le capteur C2 déclenche la remontée de la pièce jusqu'à la position B4. Ensuite, le capteur B4 arrête le moteur vertical et active le moteur horizontal pour déplacer la pièce jusqu'à la position B5.

Remarque 2:

Le cycle de fonctionnement de deuxième bain est similaire pour les bains restants, à l'exception des capteurs qui diffèrent. Chaque bain possède ses propres capteurs.

➤ Partie de déchargement

Lorsque le dispositif arrive à la position B 1 et qu'il n'y a pas de personne sur le tapis dans le poste de chargement et déchargement le moteur de translation horizontale s'éteint et le moteur de translation verticale se déclenche pour ramener la pièce à la position A1.

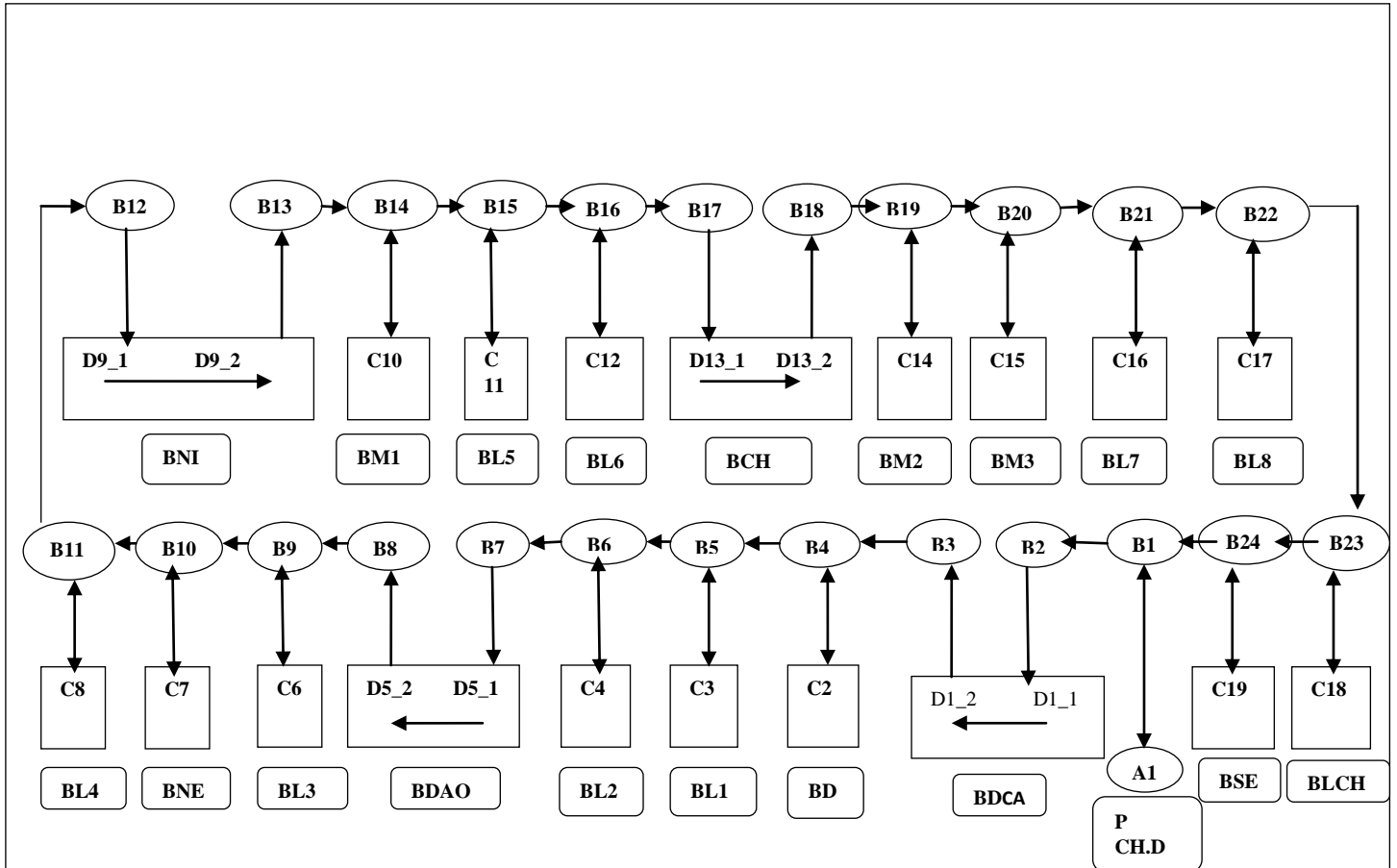


Figure IV.1 : Schéma de présentation des différentes captures proximité utilisés dans la station C59

PCH.D: poste de chargement et déchargement
BDCA: bain de dégraissage cathodique
BD: bain de décapage
BL1: bain de lavage 1
BL2: bain de lavage 2
BDAO: bain de dégraissage anodique
BL3: bain de lavage 3
BNE: bain de neutralisation
BL4: bain de lavage 4
BNI: bain de nickelage

BM1: bain mort 1
BL5: bain de lavage 5
BL6: bain de lavage 6
BCH: bain de chromage
BM2: bain mort 2
BM3: bain mort 3
BL7: bain de lavage 7
BL8: bain de lavage 8
BLCH: bain de lavage chaud
BSE: bain de séchage

1.2 Différentes abréviations des capteurs, moteurs et les électrovannes

Tableau IV.1. Liste des moteurs

Abréviations	Signification
KM1	le premier sens de moteur de levage qui permet de faire la montée des bras
KM2	le deuxième sens de moteur de levage qui permet de faire la montée des bras
KM3	le premier sens de moteur de rotation qui permet de faire la translation avant des bras
KM4	le deuxième sens de moteur de rotation qui permet de faire la translation arrière des bras
MO-APCH	moteur d'aspiration préparation de chrome
MO-FN	moteur de filtrage nickel
MO_AG	moteur d'agitation pour les deux bains dégraissage anodique et le bain de nickel
MO_PCH	moteur de préparation de chrome
MO_VOT1	moteur de ventilation 1
MO_VOT2	moteur de ventilation 2
MO_VOT3	moteur de ventilation 3

Tableau IV.2. Liste des électrovannes

Abréviations	Signification
EVR1	électrovanne de remplissage le liquide chimique dans le bain 1
EVV1	électrovanne de vidange pour le bain 1
EVRF2	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain 2
EVV2	électrovanne de vidange pour le bain 2
EVRF3	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain 3
EVV3	électrovanne de vidange pour le bain 3
EVRF4	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain 4
EVV4	électrovanne de vidange pour le bain 4
EVR5	électrovanne de remplissage le liquide chimique dans le bain5
EVV5	électrovanne de vidange pour le bain 5
EVRF6	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain 6

EVV6	électrovanne de vidange pour le bain 6
EVRF7	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain 7
EVV7	électrovanne de vidange pour le bain 7
EVRF8	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain 8
EVR9	électrovanne de remplissage le liquide chimique dans le bain 8
EVV9	électrovanne de vidange pour le bain 9
EVRF10	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain 10
EVV10	électrovanne de vidange pour le bain 10
EVRF11	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain
EVV11	électrovanne de vidange pour le bain11
EVRF12	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain
EVV12	électrovanne de vidange pour le bain12
EVR13	électrovanne de remplissage liquide chimique dans le bain13
EVV13	électrovanne de vidange pour le bain13
EVRF14	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain14
EVV14	électrovanne de vidange pour le bain14
EVRF15	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain 15
EVV15	électrovanne de vidange pour le bain 15
EVRF16	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain16
EVV16	électrovanne de vidange pour le bain16
EVRF17	électrovanne de remplissage eau froid dans le bain17
EVV17	électrovanne de vidange pour le bain17
EVRC18	électrovanne de remplissage eau chaud dans le bain18
EVV18	électrovanne de vidange pour le bain18
EVCC	électrovanne de l'eau chaude circulation dans le bain séchoir

Tableau IV.3. Liste des capteurs analogiques

Abréviations	Signification
CAP_TEM1	capteur de température analogique pour le bain 1
CAP_TEM5	capteur de température analogique pour le bain 5
CAP_TEM9	capteur de température analogique pour le bain 9
CAP_TEM13	capteur de température analogique pour le bain 13
CAP_TEM18	capteur de température analogique pour le bain 18
CAP_TEM19	capteur de température analogique pour le bain 19
CAP_NIV1	capteur de niveau du bain 1
CAP_NIV2	capteur de niveau du bain 2
CAP_NIV3	capteur de niveau du bain 3
CAP_NIV4	capteur de niveau du bain 4
CAP_NIV5	capteur de niveau du bain 5
CAP_NIV6	capteur de niveau du bain 6
CAP_NIV7	capteur de niveau du bain 7
CAP_NIV8	capteur de niveau du bain 8
CAP_NIV9	capteur de niveau du bain 9
CAP_NIV10	capteur de niveau du bain 10
CAP_NIV11	capteur de niveau du bain 11
CAP_NIV12	capteur de niveau du bain 12
CAP_NIV13	capteur de niveau du bain 13
CAP_NIV14	capteur de niveau du bain 14
CAP_NIV15	capteur de niveau du bain 15
CAP_NIV16	capteur de niveau du bain 16

CAP_NIV17	capteur de niveau du bain 17
CAP_NIV18	capteur de niveau du bain 18

Tableau IV.4 : Liste des Capteurs TOR

Abréviations	Signification
A0	capteur de présence des pièces
A1	capteur de position des bras bas
B1	capteur de position haute des bras au niveau de poste de chargement et déchargement
B2	capteur de position haute droite des bras au niveau de premier bain
B3	capteur de position haute gauche des bras au niveau de premier bain
B4	capteur de position haute des bras au niveau de deuxième bain
B5	capteur de position haute des bras au niveau de troisième bain
B6	capteur de position haute des bras au niveau de quatrième bain
B7	capteur de position haute droite des bras au niveau de cinquième bain
B8	capteur de position haute droite des bras au niveau de cinquième bain
B9	capteur de position haute des bras au niveau de sixième bain
B10	capteur de position haute des bras au niveau de septième bain
B11	capteur de position haute des bras au niveau de huitième bain
B12	capteur de position haute droite des bras au niveau de neuvième bain
B13	capteur de position haute droite des bras au niveau de neuvième bain
B14	capteur de position haute des bras au niveau de dixième bain
B15	capteur de position haute des bras au niveau de onzième bain
B16	capteur de position haute des bras au niveau de douzième bain
B17	capteur de position haute droite des bras au niveau de treizième bain
B18	capteur de position haute droite des bras au niveau de treizième bain
B19	capteur de position haute des bras au niveau de quatorzième bain
B20	capteur de position haute des bras au niveau de quinzième bain
B21	capteur de position haute des bras au niveau de seizième bain
B22	capteur de position haute des bras au niveau de dix-septième bain
B23	capteur de position haute des bras au niveau dix-huitième bain
B24	capteur de position haute des bras au niveau de dix-neuvième bain
D1_1	capteur de position basse droite des bras au niveau de premier bain

D1_2	capteur de position haute gauche des bras au niveau de premier bain
D5_1	capteur de position basse droite des bras au niveau de cinquième bain
D5_2	capteur de position basse gauche des bras au niveau de cinquième bain
D9_1	capteur de position basse droite des bras au niveau de neuvième bain
D9_2	capteur de position basse gauche des bras au niveau de neuvième bain
D13_1	capteur de position basse droite des bras au niveau de treizième bain
D13_2	capteur de position basse gauche des bras au niveau de treizième bain
C2	capteur de centre de deuxième bain
C3	capteur de centre de troisième bain
C4	capteur de centre de quatrième bain
C6	capteur de centre de sixième bain
C7	capteur de centre de septième bain
C8	capteur de centre de huitième bain
C10	capteur de centre de dixième bain
C11	capteur de centre de onzième bain
C12	capteur de centre de douzième bain
C14	capteur de centre de quatorzième bain
C15	capteur de centre de quinzième bain
C16	capteur de centre de seizième bain
C17	capteur de centre de dix-septième bain
C18	capteur de centre de dix-huitième bain
C19	capteur de centre de dix-neuvième bain
CPP	capteur de présence d'une personne

Tableau IV.5 : Liste des boutons

Abréviations	Signification
BA	bouton d'arrêt
BAM_KM1	bouton de marche manuel de premier sens de moteur de levage qui fait la montée des bras
BAM_KM2	bouton de marche manuel de deuxième sens de moteur de levage qui fait la descente des bras
BAM_MA	bouton d'arrêt manuel de moteur d'agitation

BAM_MFN	bouton d'arrêt manuel de moteur de levage du filtre nickel
BAM_MAPCH	bouton d'arrêt manuel de moteur d'aspiration préparation de chrome
BAM_KM3	bouton d'arrêt manuel de premier sens de moteur de translation
BAM_KM4	bouton d'arrêt manuel de deuxième sens de moteur de translation
BAM_MV1	bouton d'arrêt manuel de moteur de ventilation 1
BAM_MV2	bouton d'arrêt manuel de moteur de ventilation 2
BAM_MV3	bouton d'arrêt manuel de moteur de ventilation 3
BAM_PFCH	bouton d'arrêt manuel de pompe filtre chrome
BAM1	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de premier bain
BAM2	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de deuxième bain
BAM3	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de troisième bain
BAM4	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de quatrième bain
BAM5	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de cinquième bain
BAM6	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de sixième bain
BAM7	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de septième bain
BAM8	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de huitième bain
BAM9	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de neuvième bain
BAM10	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de dixième bain
BAM11	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de onzième bain
BAM12	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de douzième bain
BAM13	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de treizième bain
BAM14	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de quatorzième bain
BAM15	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de quinzième bain
BAM16	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de seizième bain
BAM17	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de dix-septième bain
BAM18	bouton d'arrêt manuel de l'électrovanne de remplissage de dix-huitième bain

BDC	bouton de départ du cycle
BM	bouton de marche
BMM_KM1	bouton de marche manuel de premier sens de moteur de levage
BMM_KM2	bouton de marche manuel de moteur de deuxième sens de moteur de levage
BMM_MA	bouton de marche manuel de moteur d'agitation
BMM_MAPCH	bouton de marche manuel de moteur d'aspiration préparation de chrome
BMM_MFN	bouton de marche manuel le moteur de levage du filtre nickel
BMM_MPCH	bouton de marche manuel de moteur de préparation de chrome
BMM_KM3	bouton de marche manuel de translation avant des bras
BMM_KM4	bouton de marche manuel de translation arrière des bras
BMM_MV1	bouton de marche manuel de moteur de ventilation 1
BMM_MV2	bouton de marche manuel de moteur de ventilation 2
BMM_MV3	bouton de marche manuel de moteur de ventilation 3
BMM_PFCH	bouton de marche manuel de pompe filtre chrome
BMM1	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de premier bain
BMM2	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de deuxième bain
BMM3	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de troisième bain
BMM4	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de quatrième bain
BMM5	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de cinquième bain
BMM6	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de sixième bain
BMM7	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de septième bain
BMM8	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de huitième bain
BMM9	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de neuvième bain
BMM10	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de dixième bain
BMM11	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de onzième bain
BMM12	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de douzième bain

BMM13	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de treizième bain
BMM14	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de quatorzième bain
BMM15	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de quinzième bain
BMM16	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de seizième bain
BMM17	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de dix-septième bain
BMM18	bouton de marche manuel de l'électrovanne de remplissage de dix-huitième bain
BP_FER1	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de premier bain
BP_FER2	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de deuxième bain
BP_FER3	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de troisième bain
BP_FER4	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de quatrième bain
BP_FER5	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de cinquième bain
BP_FER6	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de sixième bain
BP_FER7	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de septième bain
BP_FER8	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de huitième bain
BP_FER9	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de neuvième bain
BP_FER10	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de dixième bain
BP_FER11	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de onzième bain
BP_FER12	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de douzième bain
BP_FER13	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de treizième bain
BP_FER14	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de quatorzième bain
BP_FER15	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de quinzième bain
BP_FER16	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de seizième bain
BP_FER17	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de dix-septième bain
BP_FER18	bouton poussoir de fermeture de l'électrovanne de vidange de dix-huitième bain

BP_OUV1	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de premier bain
BP_OUV2	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de deuxième bain
BP_OUV3	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de troisième bain
BP_OUV4	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de quatrième bain
BP_OUV5	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de cinquième bain
BP_OUV6	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de sixième bain
BP_OUV7	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de septième bain
BP_OUV8	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de huitième bain
BP_OUV9	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de neuvième bain
BP_OUV10	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de dixième bain
BP_OUV11	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de onzième bain
BP_OUV12	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de douzième bain
BP_OUV13	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de treizième bain
BP_OUV14	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de quatorzième bain
BP_OUV15	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de quinzième bain
BP_OUV16	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de seizième bain
BP_OUV17	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de dix-septième bain
BP_OUV18	bouton poussoir de l'ouverture de l'électrovanne de vidange de dix-huitième bain
BP_AS	bouton poussoir d'arrêt de moteur de séchage
BP_MS	bouton poussoir de marche de moteur de séchage
BU	bouton d'urgence

Tableau IV.6. Liste des voyants

Abréviations	Signification
LAMP-TB	la lampe témoin blanche définie que toutes les conditions initiales sont vérifiant
LED1 _R	la LED1 rouge définie que l'un ou plus parmi les conditions initiales ne sont pas vérifiant
LAMP_ R:	la Lampe rouge
LED1_CR	la LED clignotant rouge définie
LAMP1	la lampe 1 définie l'état de moteur d'aspiration de préparation de chrome
LAMP2	la lampe 2 définie l'état de pompe filtre chrome
LAMP3	la lampe 3 définie l'état de moteur filtre nickel
LAMP4	la lampe 4 définie l'état de moteur d'agitation
LAMP5	la lampe 5 définie l'état de moteur d'aspiration de chrome
LAMP6	la lampe 7 définie l'état de moteur de ventilation 1
LAMP7	la lampe 7 définie l'état de moteur de ventilation 2
LAMP8	la lampe 8 définie l'état de moteur de ventilation 3
LAMP9	la lampe 9 définie l'état de premier sens de moteur de levage
LAMP10	la lampe 10 définie l'état de premier sens de moteur de translation
LAMP11	la lampe 11 définie l'état de deuxième sens de moteur de levage
LED _V	La LED vert définie que la température du bain séchoir est idéale
LED3_R	la LED 3 rouge définie que la température bain séchoir n'est pas idéale

➤ **Différentes temporisations**

T1 et T5 et T13 : temporisateur de 2min

T2 et T3 et T4 et T6 et T7 et T8 et T10 et T11 et T12 et T14 et T15 et T16 et T17 et T18 et T19 : sont des temporisateurs de 1min

T20 et T21 et T22 et T23 et T24 et T25 et T26 et T27 et T28 et T29 et T30 et T31 et T32 et T33 et T34 : sont des temporisateurs de 5S

T35 : temporisateur de 30s

Tableau IV.7 : Liste d'autres abréviations

Abréviations	Signification
NI1	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 1
NI2	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 2
NI3	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 3
NI4	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 4
NI5	niveau inférieur de la capture analogique de niveau 5
NI6	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 6
NI7	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 7
NI8	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 8
NI9	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 9
NI10	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 10
NI11	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 11
NI12	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 12
NI13	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 13
NI14	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 14
NI15	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 15
NI16	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 16
NI17	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 17
NI18	niveau inférieur de capteur analogique de niveau 18
NMAX1	niveau maximum de capteur analogique de niveau 1
NMAX2	niveau maximum de capteur analogique de niveau 2
NMAX3	niveau maximum de capteur analogique de niveau 3
NMAX4	niveau maximum de capteur analogique de niveau 4
NMAX5	niveau maximum de capteur analogique de niveau 5

NMAX6	niveau maximum de capteur analogique de niveau 6
NMAX7	niveau maximum de capteur analogique de niveau 7
NMAX8	niveau maximum de capteur analogique de niveau 8
NMAX9	niveau maximum de capteur analogique de niveau 9
NMAX10	niveau maximum de capteur analogique de niveau 10
NMAX11	niveau maximum de capteur analogique de niveau 11
NMAX12	niveau maximum de capteur analogique de niveau 12
NMAX13	niveau maximum de capteur analogique de niveau 13
NMAX14	niveau maximum de capteur analogique de niveau 14
NMAX15	niveau maximum de capteur analogique de niveau 15
NMAX16	niveau maximum de capteur analogique de niveau 16
NMAX17	niveau maximum de capteur analogique de niveau 17
NMAX18	niveau maximum de capteur analogique de niveau 18
TI1	température inferieur de capteur analogique de température 1
TI5	température inferieur de capteur analogique de température 5
TI9	température inferieur de capteur analogique de température 9
TI13	température inferieur de capteur analogique de température 13
TI18	température inferieur de capteur analogique de température 18
TI19	température inferieur de capteur analogique de température 19
TMAX1	température maximum de capteur analogique de température 1
TMAX5	température maximum de capteur analogique de température 5
TMAX9	température maximum de capteur analogique de température 9
TMAX13	température maximum de capteur analogique de température 13
TMAX18	température maximum de capteur analogique de température 18
TMAX19	température maximum de capteur analogique de température 19
MAN/AUT	mode manuel ou automatique

2 La programmation de notre station avec STEP7

La conception d'un projet avec STEP7, peut se résumer comme illustré sur la figure suivante :

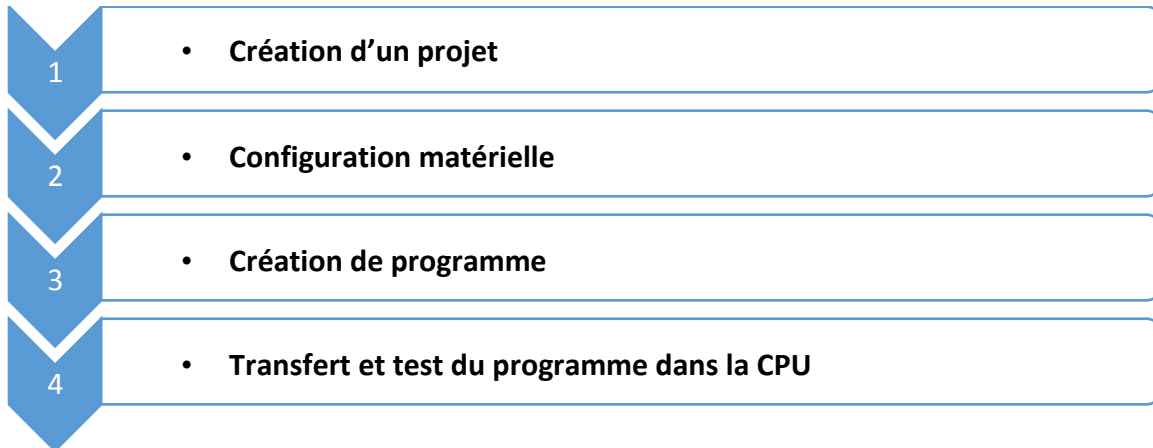


Figure IV.2 : Démarche de programmation sur STEP7

2.1 Création de projet et de la configuration matérielle

Les procédures suivantes permettent la création d'un projet sous le logiciel STEP7 :

a) Lancer SIMATIC manager par un double clic sur son icône



b) La fenêtre suivante permet de créer un projet :



Figure IV.3 : Fenêtre de création du projet

c) En cliquant sur suivant, la fenêtre suivante s'affiche et nous donne le choix de la CPU

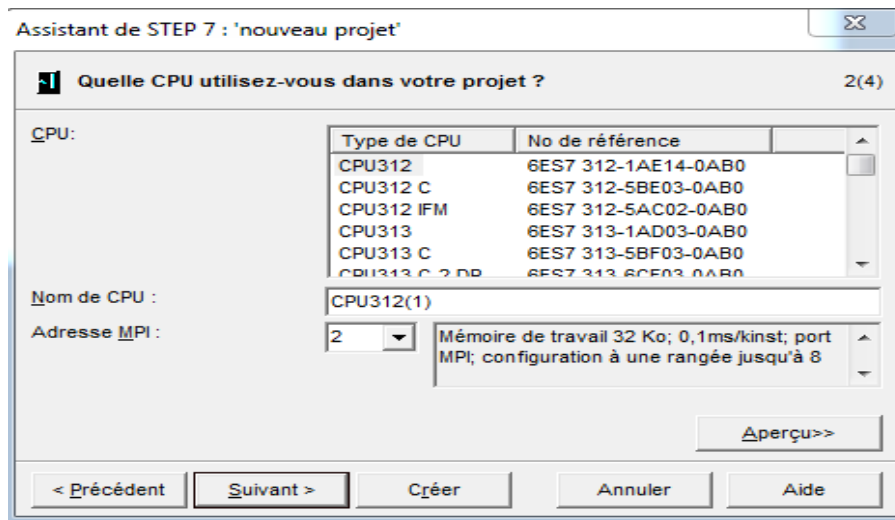


Figure IV.4. : Sélection de la CPU

d) Après la validation de la CPU, la fenêtre suivante s'affiche et nous permet de choisir Le bloc à insérer

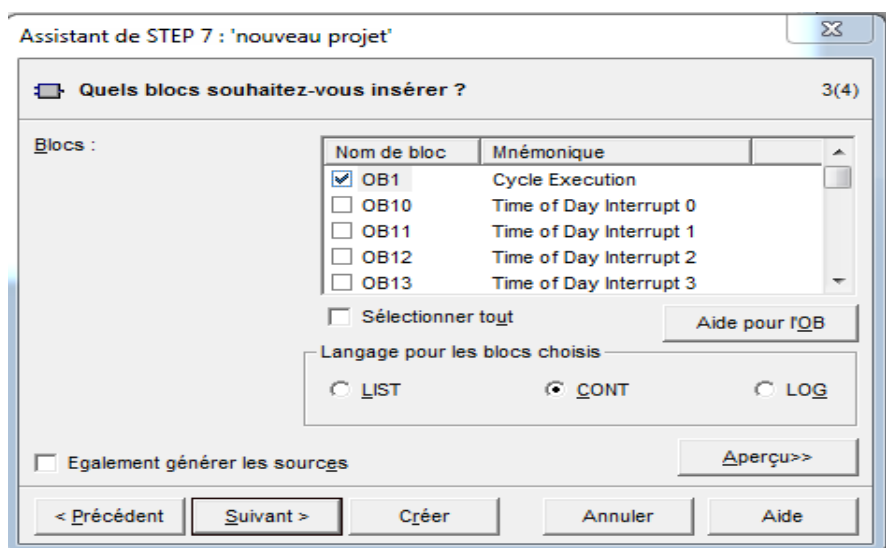


Figure IV.5 : Choix de bloc à insérer

e) En clique sur suivant, une dernière fenêtre s'affiche pour donner un nom au projet :

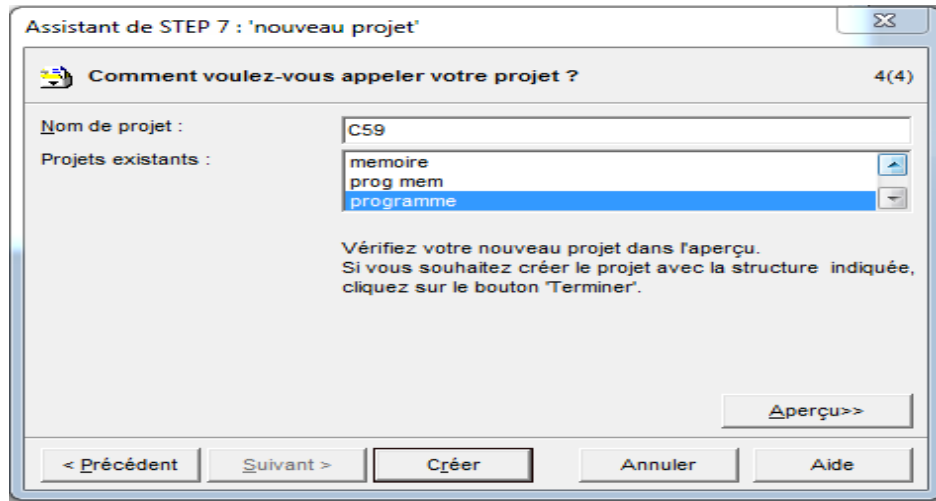


Figure IV.6 : Affectation de nom au projet

- f) En cliquant sur créer, une fenêtre s'affiche, nous permettant de configurer le matériel nécessaire en fonction des besoins de notre système, notamment en ce qui concerne le nombre d'entrées /sorties

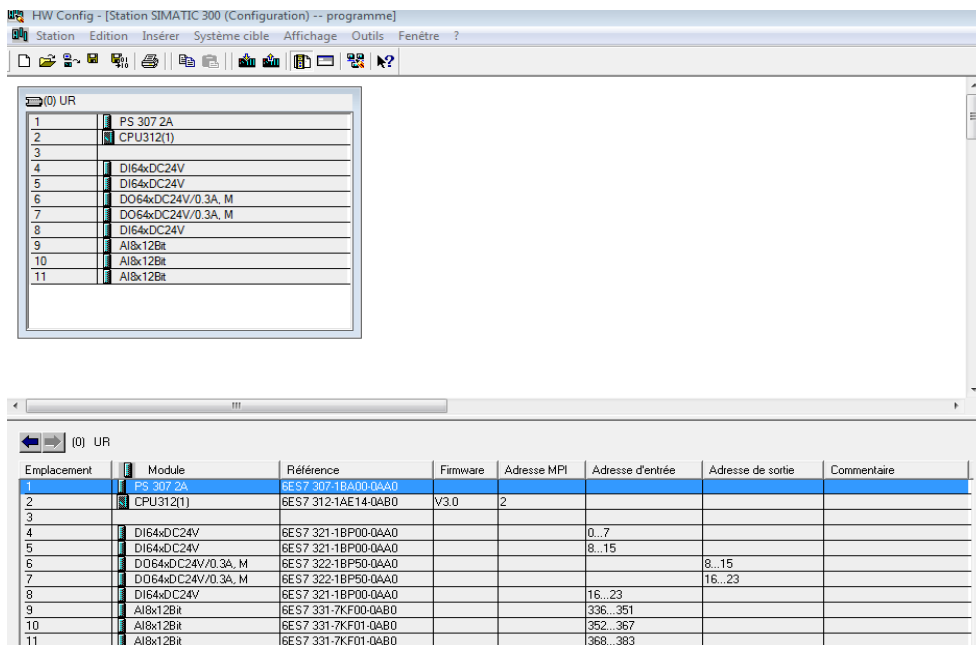


Figure IV.7 : Configuration matérielle

g) Table des mnémoniques

Dans un programme STEP7, nous utilisons des opérandes tels que des signaux des entrées /sorties, des mémoires, des capteurs, des temporisateurs, des blocs

fonctionnels, etc. Ces opérandes peuvent être accédé par adressage absolu dans notre programme.

Cependant, lisibilité de notre programme est grandement améliorée si nous utilisons des mnémoniques. Les mnémoniques nous permettent d'accéder aux opérations de notre programme via des noms que l'utilisateur définit en respectant les règles de syntaxe imposées.

Une mnémonique est conçue pour rendre le programme utilisateur très lisible et faciliter la gestion des grands nombres de variables couramment rencontrés dans un programme.

	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de do	Commentaire
133		C14	E 8.4	BOOL	
134		C15	E 8.5	BOOL	
135		C16	E 5.6	BOOL	
136		C17	E 5.7	BOOL	
137		C18	E 6.0	BOOL	
138		C19	E 6.1	BOOL	
139		C2	E 5.3	BOOL	
140		C3	E 7.2	BOOL	
141		C4	E 7.3	BOOL	
142		C6	E 7.4	BOOL	
143		C7	E 7.5	BOOL	
144		C8	E 8.0	BOOL	
145		CAP_NV19	MD 240	REAL	
146		CAP_TEM5	MD 70	REAL	
147		CAP_NV1	MD 11	REAL	
148		CAP_NV10	MD 130	REAL	
149		CAP_NV11	MD 140	REAL	
150		CAP_NV12	MD 150	REAL	
151		CAP_NV13	MD 160	REAL	
152		CAP_NV14	MD 180	REAL	
153		CAP_NV15	MD 190	REAL	
154		CAP_NV16	MD 200	REAL	
155		CAP_NV17	MD 210	REAL	
156		CAP_NV18	MD 220	REAL	
157		CAP_NV2	MD 45	REAL	

Figure IV.8 :Table des mnémoniques

h) Création des blocs

Pour créer un bloc il faut cliquer sur l'icône blocs. Dans la fenêtre qui apparaîtra, cliquez sur le bouton droit et choisissez « Insérer un nouvel objet ; bloc d'organisation, bloc fonctionnel ou fonction ». Après avoir choisi l'un des blocs précédents la fenêtre suivante apparaîtra :

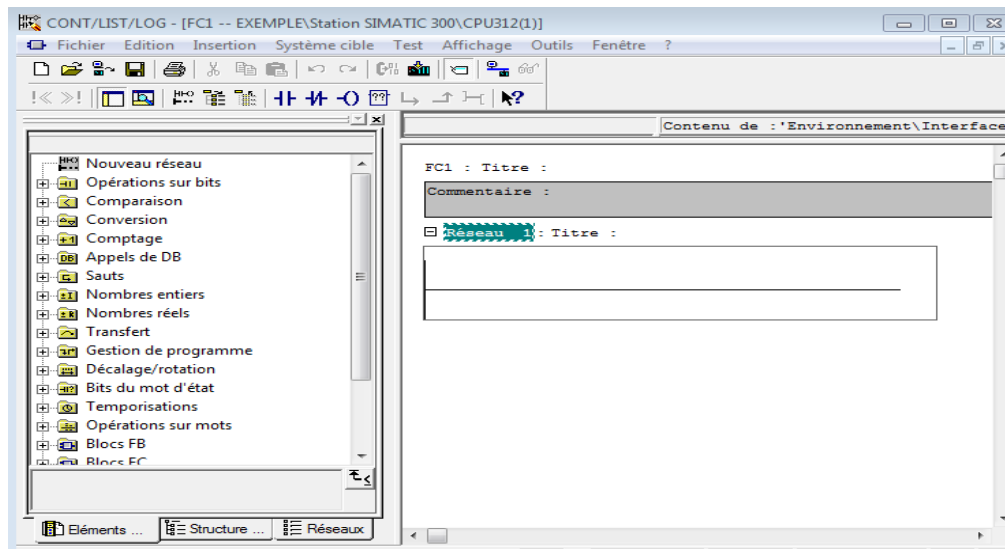


Figure IV.9 : Création des blocs

Nous présentons dans les figures ci-dessous quelques programmes de notre station de chromage programmés en langage ladder :

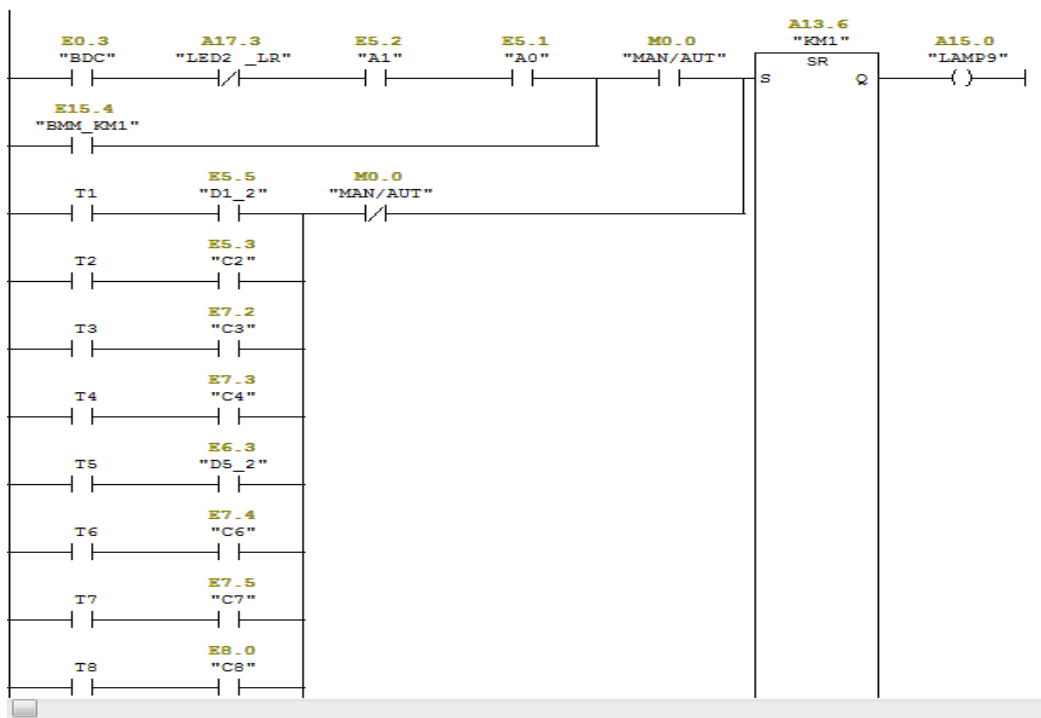


Figure IV.10 : Partie 1 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder

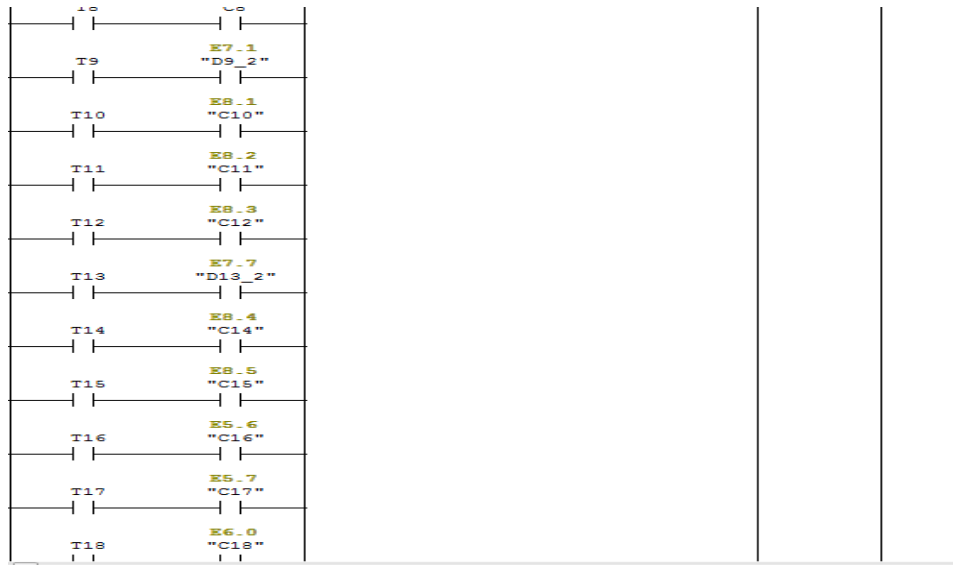


Figure IV.11 : Partie 2 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder

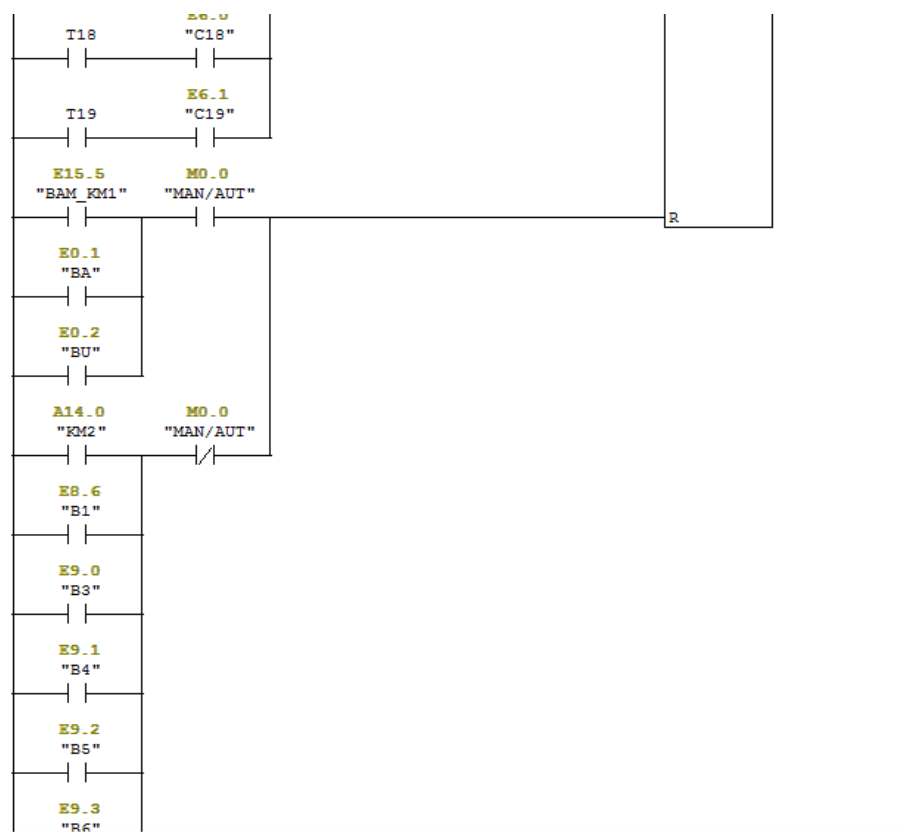


Figure IV.12 : Partie 3 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder

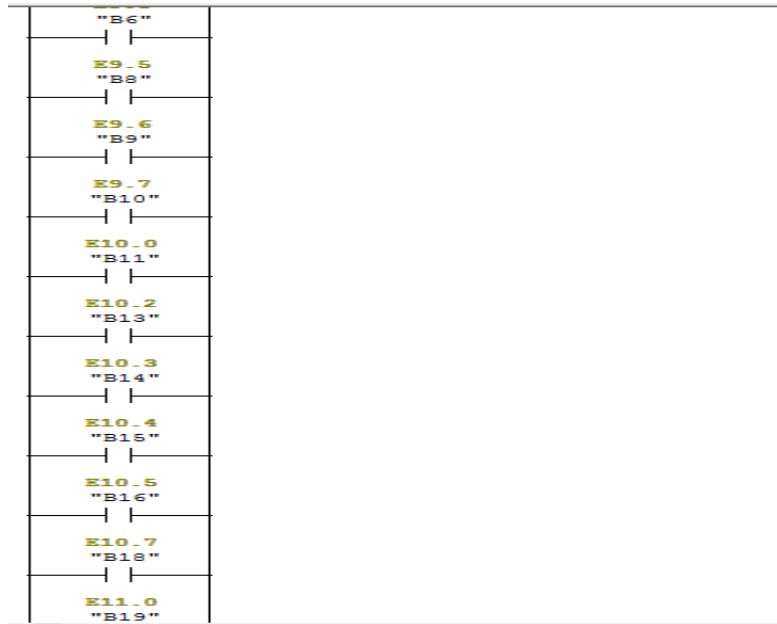


Figure IV.13 : Partie 4 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder

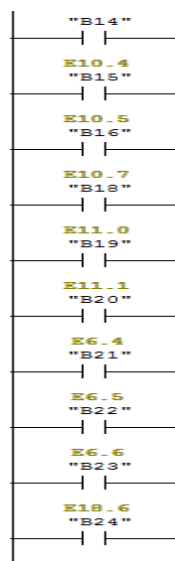


Figure IV.14 : Partie 5 du programme du premier sens du moteur de levage en ladder

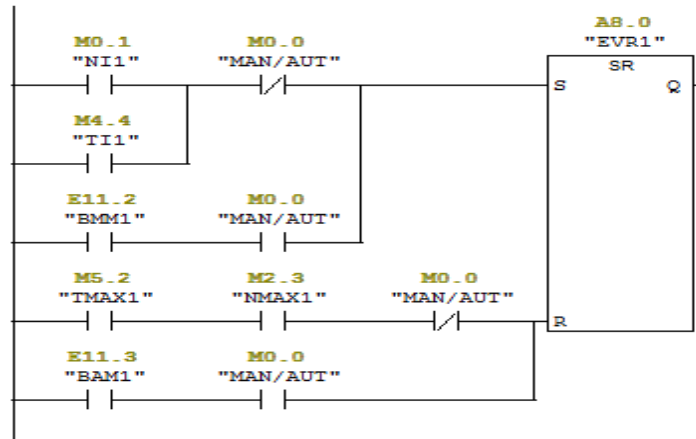


Figure IV.15 : Le programme du l'électrovanne de remplissage de premier bain en ladder

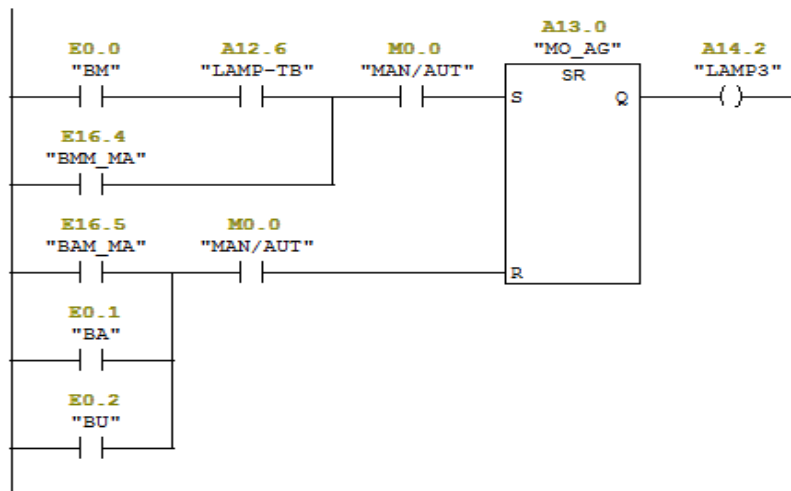


Figure IV.16 : Le programme du moteur d'agitation en ladder

2.2 Simulation avec S7-PLCSIM

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le programme dans un automate programmable (AP) simulé sur un ordinateur ou une console de programmation. Cette simulation s'effectue entièrement à l'intérieur du logiciel STEP7, sans nécessiter de connexion à un matérielle S7 réel. Elle est destinée aux CPU S7-300, aux CPU S7-400 et aux contrôleurs Win AC 3.x permettant ainsi de détecter et de corriger d'éventuelles erreurs.

S7-PLCSIM dispose d'une interface conviviale permettant de visualiser et de forcer différents paramètres utilisés par le programme, tels que l'activation et désactivation des entrées. Pendant l'exécution du programme dans l'AP simulé, il est également possible d'utiliser des

fonctionnalités avancées de STEP7 comme, par exemple la table des variables (VAT), pour de visualiser et de forcer les variables.

Une fois la programmation de tous les blocs terminés, le programme est chargé dans le système cible en utilisant la commande "**système cible> charger**". Ensuite la simulation peut être lancée à l'aide du logiciel S7-PLCSIM en sélectionnant l'option **outil>simulation** de modules.

La figure suivante montre la fenêtre du S7-PLCSIM

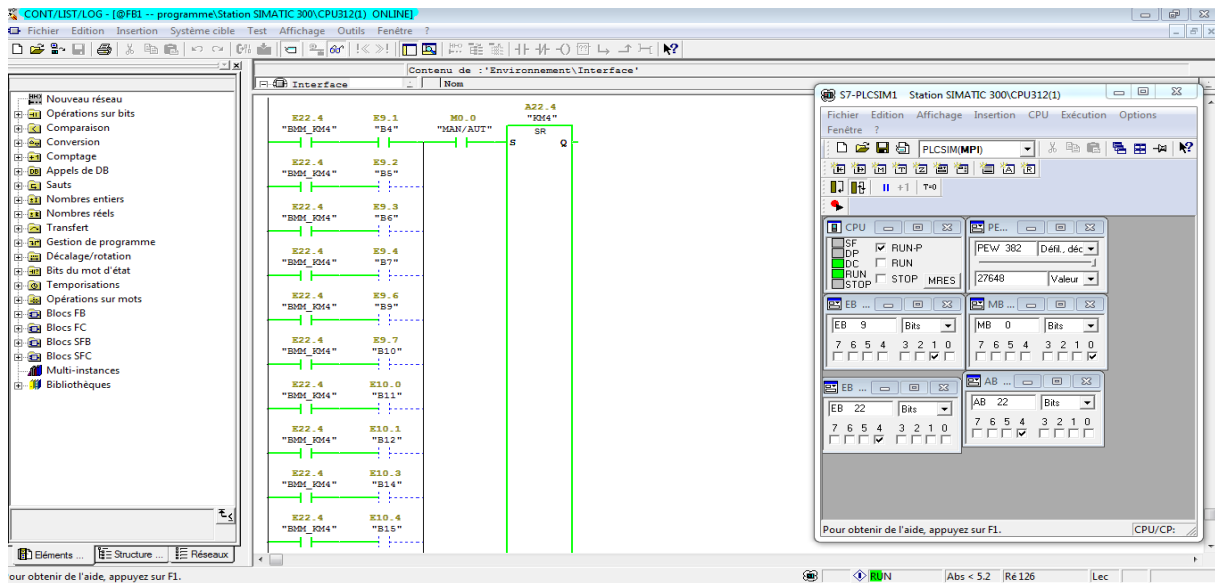


Figure IV.17 : la simulation avec PLCSIM

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de comprendre l'importance cruciale de la simulation industrielle dans le contexte de la modernisation de la station de chromage.

Le langage ladder, utilisé pour programmer le fonctionnement automatisé, joue un rôle clé en offrant une interface visuelle intuitive qui simplifie en générale, la conception, la programmation et la maintenance des systèmes de contrôle industriels.

Nous avons également souligné l'importance de remplacer les dispositifs classiques par un automate programmable industriel pour moderniser la station de chromage. Cette transition est essentielle pour l'application de revêtements métalliques qui améliorent la résistance à la corrosion, l'aspect esthétique et d'autres propriétés des pièces métalliques. En intégrant des

automates programmables industriels, l'entreprise peut bénéficier d'une meilleure précision, d'une gestion optimisée des paramètres de traitement et d'une réduction des coûts opérationnels.

Conclusion Générale

Ce mémoire a entrepris une exploration exhaustive et méthodique de la chaîne de chromage, en abordant des aspects essentiels allant de l'étude descriptive à la programmation de la station. Nous avons débuté par une analyse détaillée de la chaîne de chromage, mettant en lumière les processus et les équipements impliqués. Cette première étape a fourni une base solide pour comprendre les opérations complexes et les exigences techniques du chromage industriel.

Ensuite, nous avons étudié les automates programmables industriels (API), mettant en lumière leur rôle crucial dans l'automatisation des processus de chromage. Cette partie a permis de démontrer comment les API contribuent à améliorer l'efficacité, la précision et la fiabilité des opérations, tout en facilitant la supervision et le contrôle des différentes étapes du processus.

La modélisation de la station de chromage à l'aide du GRAFCET a été une étape essentielle pour visualiser et planifier le déroulement des opérations. Cette approche a permis de structurer de manière claire et séquentielle les différentes phases du processus de chromage, assurant ainsi, une transition fluide et synchronisée entre chaque étape.

Enfin, la programmation de la station C59 en langage Ladder a concrétisé l'application pratique des concepts théoriques abordés. Cette section a démontré comment traduire les modèles et les spécifications en instructions concrètes pour l'API, garantissant ainsi le fonctionnement optimal et fiable de la station de chromage.

En conclusion, ce mémoire a démontré l'importance de l'intégration des connaissances théoriques et pratiques pour optimiser les processus industriels. La combinaison de l'étude descriptive, de la modélisation GRAFCET et de la programmation Ladder a offert une vision complète et intégrée de la chaîne de chromage, ouvrant des perspectives pour des améliorations futures et des innovations dans le domaine de l'automatisation industrielle.

Après l'automatisation de la station de chromage, plusieurs perspectives peuvent être envisagées pour optimiser davantage les processus et maximiser les bénéfices de cette automatisation. Comme par exemple continuer à affiner les paramètres de traitement

automatisés tels que la température, la durée d'immersion, les concentrations de solutions pour améliorer la qualité et la reproductibilité des revêtements de nickel et de chrome.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : documentation de l'entreprise ENIEM
- [2] : Automate programmable industriel (API) MR philipe le BRUN décembre(1999)
- [3] : Les automates programmables Mr Jean-Louis (18/12/2002)
- [4] :extrait dans Acadimie.edu LES AUTOMATES PROGRAMMABLE INDUSTRIELS ,Alain GONZAGUE, page 4.
- [5]:extrait d'automation sense.
- [6]:extrait dans IUTenligne,Principe du langage LADDER.
- [7] : CHRISTIAN MERLAUD .JACQUES PERRIN .JEAN –PAUL TRICHARD
« Automatique Informatique industrielle « Edition DUNOD ,1995.
- [8]: Yakoub MERZOUK,Amara MENHOUK*Etude et amélioration de la station empilage au sein de unité EURL Briqueterie IRDJEN avec la réalisation un système de la surveillance intelligente a un RNA,université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou,2022
- [9] Description générale du grafcet E PEULOT et S MORENO 12/03/2003
- [10] Automates programmables industriel Mr L. BERGOUGNOUX (POLYTECH MARSEILLE 2004-2005)
- [11]Cours grafcet Mr Robert valette
- [12]Paulo Jorge Oliveira José Gaspar , "industriel automation PLC programming language" , "instruction liste ,2010/2011

DEDICACE

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

INTRODUCTION

GENERALE

CHAPITRE I

Etude et description de la chaîne de chromage

CHAPITRE II

Les Automates

Programmables

Industriels

CHAPITRE III

Modélisation de la station de chromage par GRAFCET

CHAPITRE IV

La programmation de la station C59 avec langage ladder

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE