

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

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Ingénierie des Systèmes Electriques

Mémoire de Master

Présenté par

Salhi Wassim

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et informatique industriel

Etude de l'installation du control ultrason

Soutenu le 30/06/2024 devant le jury :

Gabour	Nou el houda	MCB	UMBB	Président
Riache	Samah	MCB	UMBB	Examineur
Metidji	Rebiha	MCB	UMBB	Rapporteur
Ararby	Hamid	Ingénieur	ANABIB	Membre invité

Année Universitaire : 2023/2024

Dédicaces

Ce projet de fin d'étude est dédié à mes chers parents et mes frères, qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études.

Sans eux, je n'aurais certainement pas terminé mes études. Ce projet de fin d'étude représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité.

I. À tous mes ami(e)s

Enfin, à tous mes enseignants, en particulier l'enseignant

Guermat

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu de nous avoir accordé toute la patience, le courage, la volonté et la motivation qui nous ont permis de mener à bien ce travail jusqu'à sa fin.

Nous tenons à exprimer nos remerciements à notre promoteur, le Dr Metidji Rebiha, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour l'aide, pour tous les conseils qu'elle nous a apportés, et pour les encouragements continus qu'elle n'a cessé de nous prodiguer tout au long de cette étude. Puissiez-vous trouver ici l'expression de toute notre gratitude.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadrant, M. Arabi Hamid, Ingénieur en Automatisation Industrielle et Technologies de l'Information, pour son aide précieuse, ces bons conseils, et pour nous avoir guidé tout au long de la mise en œuvre de ce travail malgré ses nombreuses préoccupations.

Nous remercions infiniment les responsables d'ALTEMUT SPA pour leur confiance en nous, pour leur patience et leurs encouragements constants tout au long de la réalisation de ce projet.

Je remercie Mabrouk et Youssef d'Automatique Service.

Nous remercions les membres du jury de bien vouloir accepter d'évaluer notre mémoire.

Enfin, nous souhaitons remercier tous nos enseignants du département Génie électrique.

Résumé

Le but de mon projet est d'étudier le mécanisme d'une machine de détection de défauts par ultrasons, et pour y parvenir, j'ai suivi le schéma suivant :

La première étape a été des visites sur le terrain à l'usine pour réaliser des études sur la machine.

La deuxième étape consistait à analyser la machine et son mécanisme de travail

Finalement, j'ai créé mon propre programme de supervision pour elle et je l'ai testé à l'aide du programme TIA PORTAL.

Mot clé :

Programme de supervision, TIA PORTAL, Automate, STEP7, WinCC, SIEMENS S7 300/400, PLC.

ملخص

الهدف من مشروعي هو دراسة آلية آلة الكشف عن الأعطاب بالأمواج فوق الصوتية ولي تحقيقه تتبعت المخطط التالي:

الخطوة الأولى كانت زيارات ميدانية إلى المصنع لإجراء دراسات حول الآلة وكانت الخطوة الثانية تحليل الآلة وآلية عملها

وأخيراً أنشأت برنامج إشراف لها خاص بي وتجربته باستعمال برنامج TIA PORTAL
الكلمات المفتاحية:

برنامج إشراف, TIA PORTAL, SIEMENS S7 300/400, PLC, WinCC, STEP7, Automate ,

Abstract

The goal of my project is to study the mechanism of an ultrasound defect detection machine, and to achieve it, I followed the following diagram:

The first step was field visits to the factory to conduct studies on the machine

The second stage was analyzing the machine and its working mechanism

Finally, I created my own supervision program for her and tested it using the TIA PORTAL program.

Keywords :

Supervision, automation, TIA Portal V13, PLC, STEP7, WinCC, SIEMENS S7 300/400,

ABREVIATIONS

ALTUMET : algérienne des tubes métalliques.

ANABIB : Entreprise Nationale de Tubes et Transformation de Produits Plats

API : automate programmable industriel.

HMI : homme machine interface.

DI : digital input.

DQ : digital output

AI : analogique input.

AQ : analogique output.

DC : direct curent

OB : bloc d'organisation.

FC : fonction.

DB : bloc des données.

FB : bloc fonctionnelle.

MPI : message passing interface.

PLC : programmable logique Controller.

CPU : Unité centrale de l'automate (Central processing unit).

GRAFCET : Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions.

Tia : Totally Integrated Automation.

SIMATIC : Siemens Automatique.

Win CC : Windows Control Center.

NFA : Norme d'application française

UT : Ultrasonic Testing (contrôle ultrason)

CND : Contrôles Non Destructifs

CCD : Charge-Coupled Devices (Dispositifs à transfert de charge)

AS-i : AS-Interface

MPI : message passing interface.

Un **bit** : binary digit

DP: Profibus

Sommaire :

Abréviation

Liste de figure

Introduction Générale.....	1
I. Chapitre 1 : La présentation de l'entreprise.	4
I.1. Introduction	4
I.2. Présentation de l'entreprise ANABIB.....	4
I.2.1. La situation géographique de l'entreprise :	5
I.2.2. Historique de l'entreprise :	5
I.2.3. L'objet social de l'entreprise :	6
I.3. La chaîne de production des pipelines l'entreprise :	6
I.3.1. Métal de base :	7
I.3.2. Les étapes de fabrication des pipelines :	8
I.3.2.1. Première étape formage et soudage de tube :	8
I.3.2.1.1. Formage de tube :	8
I.3.2.1.2. Soudage	9
I.3.2.1.3. Coupage.....	9
I.3.2.2. Deuxième étape Chanfreinage :	10
I.3.2.3. Troisième étape tests et Contrôle de qualité :	11
I.3.3. Tests à effectuer avant la production des pipelines :	11
I.3.3.1. Essai de traction	11
I.3.3.2. Essai de dureté	11
I.3.3.3. Essai de résilience	11
I.3.3.4. Essai de pliage.....	12
I.3.3.5. Contrôle visuel	12
I.3.4. Contrôle de la qualité des pipelines :	12
I.3.4.1. Contrôle hydraulique	12

I.3.4.2.	Contrôle ultrason.....	13
I.3.4.3.	Contrôle par rayons X.....	13
I.3.5.	Quatrième étape revêtement des tubes	14
I.3.5.1.	Revêtement extérieure.....	14
I.3.5.2.	Revêtement intérieure	14
I.3.6.	Finalisation et stockage	15
I.4	Conclusion.....	15
II.	Chapitre 2 : Présentation de la machine de contrôle ultrason	17
II.1.	Introduction	17
II.2.	L’ultrason :	17
II.2.1.	Domaines d’application des ultrasons :.....	18
II.2.1.1.	Dans le domaine médical :.....	18
	Dans l'industrie :.....	18
II.2.1.2.	Dans la mesure des distances :.....	18
II.2.2.	II.2 Utilisation de l’ultrason pour la détection de défauts :.....	18
	Inspection des soudures :.....	19
	Détection de fissures :	19
	Mesure d’épaisseur :.....	19
	Contrôle de corrosion :	19
II.2.3.	Principe de détection de défauts par l’ultrason :	19
II.2.3.1.	Inspection avec une sonde droite (plaques, barres, pièces forgées, fonte, etc.)	19
II.2.4.	Cas d’absence d’indication.....	20
II.2.4.1.1.	Cas de présence d’indication	20
II.2.5.	Inspection avec une sonde d’angle	21
II.3.	Présentation de la machine MDDUS à étudier.....	23
II.3.1.	Définition	23

II.3.2.	Description de la machine et son système d'automatisation :.....	23
II.3.2.1.	La machine :.....	23
II.3.2.2.	Le système d'automatisation de la machine OFF-LINE UT :	25
II.3.2.3.	Panneau de commande principal de l'opérateur	26
II.3.2.4.	Panneau de commande principal (servomoteur).....	27
II.3.2.5.	Panneau pneumatique « soudure ».....	28
II.3.2.6.	Panneau pneumatique « feuillette du corps »	28
II.3.3.	Le fonctionnement global de la machine :	28
II.3.3.1.	Les chariots :	28
II.3.3.1.1	Rotation horaire / anti-horaire.....	29
II.3.3.1.2	Mouvement avant/arrière synchronisé	29
II.3.3.1.3.	Chargement et déchargement de tube :	29
II.3.3.2.	Le fonctionnement de la machine :	29
II.3.3.3.	Test d'extrémité de tube END1/Têtes 1 et 2	30
II.3.3.3.1.	Test de l'extrémité END1	30
II.3.3.3.2.	Test WELD (test de soudure avec tête 1 et 2).....	31
II.3.3.3.3.	Laser et suivi	32
II.3.3.4.	Test de feuillage par la tête 3 (métal de base).....	32
II.3.3.5.	Test de feuillette de l'extrémité END2 du tube	33
II.4.	CONCLUSION	33
III.	Chapitre 3 : le fonctionnement de la machine (GRAFCET) et sa modélisation	36
III.1.	Introduction :	36
III.2	Cahier de charge de la machine :	36
III.2.1.	Chargement de TUBE	36
III.2.2.	Début de test générale :	37
III.2.2.1.	END 1	37
III.2.2.2.	HEAD 1 (tête 1) :	37

III.2.2.3. HEAD 2	37
III.2.2.4. OSCILLATEUR (tête 3) :	38
III.2.2.5. END 2 :	38
III.2.3. Déchargement de tube :	39
III.3. GRAFCET du système automatisé de la machine :	39
III.3.1. GRAFCET générale :	40
III.3.2. GRAFCET END 1 & 2 :	42
III.4. GRAFCET DE HEADs 1/2/3 :	42
III.5. Calcul des vitesses des moteurs :	43
III.5.1. Mode synchrone	43
III.5.2. Vitesse linéaire du tube	44
III.5.3. Vitesse de rotation du tube	44
III.5.4. Moteur linéaire vitesse de rotation	44
III.5.5. Rotation moteur rotation Speed.....	44
III.5.5.1. La vitesse de soudure :	44
III.6. Conclusion.....	45
IV. Chapitre 4 : la programmation et la supervision de la machine en TIA PORTAL V18	
47	
IV.1. INTRODUCTION :	47
IV.2. La logique câblée :	47
IV.3. La logique programmée :	47
IV.4. Automates programmables industriels :	48
IV.4.1. Définition et historique de l'automate programmable industriel :	48
IV.4.2. Structure des systèmes automatisés :	49
IV.4.2.1. La partie opérative (OP) :	49
IV.4.2.2. La partie commande (P.C) :	49
IV.4.2.3. La partie interface (P.I) :	49

IV.5. TIA PORTAL V18 :	49
IV.6. Les caractéristiques de l'API utilisé dans la simulation :	49
IV.6.1. Le CPU315-2DP :	49
IV.6.2. AS-Interface :	50
IV.6.2.1. Avantages de l'interface AS-I :	51
IV.6.3. Autre matérielle :	51
IV.6.4. La configuration du matérielle :	52
.IV.6.4.1 Bloc d'organisation OB :	53
.IV.6.4.2 Le bloc fonctionnel – FB :	53
.IV.6.4.3 Les fonctions – FC :	53
.IV.6.4.4 Bloc des données (DB) :	53
IV.6.5. Elaboration du programme TIA PORTAL V18 :	53
IV.6.5.1. La configuration de OB1 :	54
IV.6.5.2. GRAFCET	54
IV.6.5.3. La translation de chariot 1 :	55
IV.6.5.4. Moteur de rotation du chariot 1	56
IV.6.5.5. Les bars de chariot 1 :	57
IV.6.5.6. La fonction d'END 1 :	58
IV.6.5.7. HEAD 1 :	59
IV.6.5.8. HEAD 2 :	60
IV.6.5.9. HEAD 3 :	61
.IV.6.5.10 END 2 :	62
IV.6.5.11. Les fonctions des vitesses :	62
IV.6.5.11.1. Vitesse de rotation en mm/s de tube :	62
IV.6.5.11.2. Vitesse Linéaire en mm/s :	63
IV.6.5.11.3. Vitesse de Rotation des moteurs en (tr/m) :	63

IV.6.5.11.4. Vitesse de rotation des deux moteurs en mouvement linéaire de tube (tr/m) :	63
IV.7. La supervision :	64
IV.7.1. La différence entre le contrôle et la supervision :	64
Contrôle	64
Supervision :	64
IV.7.2. Avantages de la supervision industrielle :	64
IV.8. Panel IHM :	65
IV.8.1. SIMATIC WINCC :	65
IV.8.2. Programmation IHM :	65
IV.8.3. Bibliothèque WINCC :	67
IV.8.4. Les alarmes HMI	68
.IV.8.4.1 Affichage des alarmes :	68
IV.8.4.2. Types d'alarmes :	68
.IV.8.4.2.1 Alarmes visuelles :	68
.IV.8.4.2.2 Alarmes sonores :	68
.IV.8.4.2.3 Alarmes combinées :	68
IV.8.4.3. Configuration des alarmes :	69
IV.8.4.4. Sécurité :	69
IV.8.5. Test et simulation de l'HMI :	69
IV.9. CONCLUSION :	74
Conclusion générale :	76
La bibliographie :	78

Table de figure :

Figure I.1 : L'entreprise ALTUMET	4
Figure I.2 : L'emplacement de l'entreprise ALTUMET	5
Figure I.3 : Quelques types de tubes métalliques fabriqués par l'entreprise.	6
Figure I.4: Schéma de production des pipelines.....	7
Figure I.5 : Métal de base.....	7
Figure I.6 : la machine SP1200	8
Figure I.7 : coupage par plasma	9
Figure I.8 : Le file de soudage.....	9
Figure I.9: les étapes de machine SP 1200.....	10
Figure I.10 : machine de chanfreinage	10
Figure I.11 : pipe après chanfreinage	10
Figure I.12 : machine de traction.....	11
Figure I.13 : Machine de dureté Vickers ZHV10.....	11
Figure I.14 : Machine de l'essai résilience.....	12
Figure I.15 : la machine banc d'épreuve hydrostatique	12
Figure I.16 : la machine NDT	13
Figure I.17 : L'intérieur de la chambre de l'exposition aux rayons X.	13
Figure I.18 : La machine du revêtement.....	14
Figure II.1: Échelle de fréquence audio	17
Figure II.2 le SONDEUR	18
Figure II.3: le signal d'ultrason en absence le défaut	20
Figure II.4: les ondes ultrason en l'absence de défaut	20
Figure II.5: le signal d'ultrason en présence le défaut	21
Figure II.6: Ultrason en présence le défaut	21
Figure II.7: Le sonde est en position inclinée	22
Figure II.8: présence de défaut	22
Figure II.9: l'absence de défaut	22
Figure II.10: la machine de contrôle ultrason.....	23
Figure II.11: partie de test de l'extrémité.....	24
Figure II.12:Tete 1 & 2	24
Figure II.13: l'oscillateur (Tête 3)	25
Figure II.14:Panneau de commande principal de l'opérateur	26

Figure II.15: Panneau de commande servomoteur	27
Figure II.16: panneau de test Weld	28
Figure II.17: Test de l'extrémité	30
Figure II.18: Test Weld de soudure.....	32
Figure II.19: Test de feuillage par l'oscillateur (Tête 3).....	33
Figure III.1: Tube sur les chariots	36
Figure III.2: Test weld de soudure	37
Figure III.3: L'oscillateur (Tête 3).....	38
Figure III.4: END 2 (extrémité 2)	38
Figure III.5: Le chariot	39
Figure III.6: un exemple pour le GRAFCET [5].....	39
Figure III.7: GRAFCET de chariot partie 1	40
Figure III.8: GRAFCET de chariot partie 2	41
Figure III.9: GRAFCET de test de l'extrémité 2	42
Figure III.10: GRAFCET de test de l'extrémité 1	42
Figure III.11: GRAFCET de test de tête 1	42
Figure III.12: GRAFCET de test de l'oscillateur.....	43
Figure III.13: GRAFCET de test tête 2	43
Figure III.14: les signaux des paramètres de test	44
Figure IV.1: Automate [9].....	48
Figure IV.2: Vue TIA PORTAL V18	49
Figure IV.3: CPU 315-2 DP	50
Figure IV.4: Module AS-I.....	50
Figure IV.5: Les caractéristique de l'API	52
Figure IV.6: les blocs de programmation.....	52
Figure IV.7: la structure de programme	53
Figure IV.8: vue de fonction des alarmes	54
Figure IV.9: Deux Étapes de GRAFCET	54
Figure IV.10: La fonction de translation de chariot 1	55
Figure IV.11: la fonction de rotation de chariot 1	56
Figure IV.12: la fonction des bras de chariot 2	57
Figure IV.13: la fonction de l'extrémité 1	58
Figure IV.14: la fonction de tête 1	59
Figure IV.15: la fonction de tête 2	60

Figure IV.16: la fonction de l'oscillateur.....	61
Figure IV.17: la fonction de l'extrémité 2	62
Figure IV.18; la fonction de vitesse de rotation de test.....	62
Figure IV.19: la fonction de vitesse linéaire de test	63
Figure IV.20: la fonction de vitesse de rotation de moteur de rotation.....	63
Figure IV.21: la fonction de vitesse de rotation de moteur de mouvement linéaire	64
Figure IV.22: un panneau HMI [14]	65
Figure IV.23. Ajouter un panneau HMI	66
Figure IV.24: vue de projet	66
Figure IV.25: table des tags.....	67
Figure IV.26: bibliothèque WinCC	67
Figure IV.27: la vue de création HMI	68
Figure IV.28: les tags Word des alarmes	69
Figure IV.29: les alarmes en HMI.....	69
Figure IV.30: Vue principale de HMI	70
Figure IV.31: vue des états des moteur	70
Figure IV.32: la déclaration des alarmes.....	71
Figure IV.33vue de commande en mode manuelle.....	71
Figure IV.35: vue de configuration des moteurs.....	72
Figure IV.34: vue de configuration des chariots	72
Figure IV.36: vue des paramètres des têtes et les extrémités.....	73
Figure IV.37: vue de commande manuelle des extrémités	73
Figure IV.38: vue de paramètre du l'oscillateur	74

Introduction générale

Introduction Générale

Dans le contexte économique actuel, les sociétés continuent de chercher des solutions pour augmenter leur efficacité. Confronté à une compétition acharnée et à la mondialisation des produits et services. À l'heure actuelle, les systèmes automatisés performants sont des solutions efficaces pour augmenter la productivité et rechercher l'excellence.

Effectivement, l'utilisation de tels systèmes permet aux entreprises de contrôler les processus de production afin de satisfaire de manière efficace et/ou optimale les demandes des clients et les exigences du marché.

La supervision est une méthode industrielle qui vise à représenter, superviser et évaluer le bon fonctionnement d'un processus automatisé afin d'assurer son bon fonctionnement. L'objectif est de pouvoir visualiser en temps réel l'évolution des paramètres du processus. Cela facilite la prise de décisions rapides par l'opérateur, comme : la vitesse de production, la qualité des produits et la sécurité des biens des individus.

Pour mettre en place un système, il est nécessaire d'avoir un cahier des charges fourni par le client qui inclut les exigences de l'industrie.

L'automatisation présente des avantages dans divers secteurs, tels que la gestion de la chaîne de production dans les usines, comme dans le cas de l'usine de production de pipelines (ALTEMUT) où on a fait une étude d'une machine de détection de défauts par ultrason et une simulation de son système d'automatisation en utilisant le logiciel TIA PORTAL V18.

L'usine ALTEMUT étant l'une des meilleures usines de production de canalisations pour l'eau, le gaz et le pétrole. C'est pour cette raison que j'ai voulu découvrir et m'informer sur les méthodes de contrôle et d'assurance de la qualité des canalisations. Lors de ma visite, ma curiosité a été attirée par la machine qui sert à détecter les défauts à l'aide d'ondes ultrasonores.

Donc l'objet de notre projet, c'est l'étude de l'installation de la machine de contrôle ultrason.

A cet effet, le présent mémoire est réparti en quatre chapitres comme suit :

Le premier chapitre a été consacré à la présentation générale de l'entreprise ainsi que la ligne de production du pipeline.

Le second chapitre présente le fonctionnement de la machine de contrôle ultrason.

Le troisième chapitre est consacré au cahier de charge, la conception du GRAFCET et la modélisation de la machine.

Le dernier chapitre explique les étapes de la réalisation ainsi que la programmation avec le TIA PORTAL V18 et la supervision de la machine.

Nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale et avec des propositions pour l'amélioration de notre travail.

Chapitre 1 :

La présentation de l'entreprise ALTUMET

I. Chapitre 1 : La présentation de l'entreprise.

I.1. Introduction

À notre époque, les matières premières telles que le pétrole et le gaz font désormais partie intégrante de nos vies, de nos industries et de nos médicaments. Nous ne devons pas oublier que l'eau est le secret de notre vie et que nous devons pouvoir l'utiliser. Il faut l'éloigner de sa source.

Pour transporter ces liquides, nous avons besoin d'eaux usées sans interruption ni dépenses supplémentaires. C'est pourquoi nous utilisons des canalisations en fer, notamment pour les longues distances et les hautes pressions.

Cette idée a conduit à la création d'une usine de tubes métalliques, ALTUMET, affiliée à ANABIB.

Dans ce chapitre, nous explorerons à la fois l'environnement de fabrication et l'environnement industriel et identifierons les différentes structures qui le composent ainsi que les équipements de production et de contrôle qui sont fournis.

I.2. Présentation de l'entreprise ANABIB

L'unité ALTUMET (Tubes Métalliques Algériens) est une filiale de la société mère ANABIB est connue sous le nom de « Société Nationale de Transformation des Tubes et Produits Plats ».

Cette unité est spécialisée dans la fabrication et la vente de tuyaux métalliques.

Le soudage en spirale est principalement utilisé pour les hydrocarbures et l'hydraulique [1].



Figure I.1 : L'entreprise ALTUMET

I.2.1. La situation géographique de l'entreprise :

L'unité ALTUMET se situe dans la zone industrielle de Réghaïa route nationale n°5 sur une superficie de 32 785 m², elle est implantée à 25Km d'Alger côte est, et bénéficie du double avantage, de la proximité du port d'Alger et desservie d'une voie ferrée mitoyenne, cela lui facilite d'une part, l'approvisionnement en matières premières et la pièce de rechange et d'autre part, la livraison de son produit



Figure I.2 : L'emplacement de l'entreprise ALTUMET

I.2.2. Historique de l'entreprise :

La création de la société « ALTUMET » remonte à l'époque coloniale et plus encore c'est en juin 1960 que le groupe français « VALLOUREC » a créé la société Fabricant algérien de tubes mécaniques "ALTUMEC".

Après sa nationalisation le 13 juin 1968, l'unité devient l'unité « GROS TUBES ».

Il s'agit de la première usine de production de tubes spiralés de la sidérurgie algérienne.

De 1971 à 1972, l'unité est placée sous la direction de la National Pipe Compagnie.

Et la transformation des produits plats à mesure que la production de tubes se développe (E.N.T.T.P.P)

Via (SNS).

-ENTTPP regroupe 7 unités déconcentrées en juin 1978, ce sont :

- Tuyaux et équipements d'aspiration et d'irrigation (B.B.A).
- Profils froids (PAF) [Réghaïa].
- Tubules et tubes fins [Réghaïa].

- Appareil Grand Tube (GT) [Réghaïa].
- Spirales et Sections (UPD) [Ghardaïa].
- Unité des Prestataires de Services (UPD) [Réghaïa].
- Raccords de tuyauterie gaz (T.G) [Tébessa] [1].

I.2.3. L'objet social de l'entreprise :

L'objectif de l'entreprise est de fabriquer et de fournir des tuyaux soudés en spirale revêtements adaptés. Elle mène également des recherches pour développer d'autres procédés et méthode de fabrication. Les entreprises interagissent avec l'environnement économique à travers les importations et les exportations

Exporter des tubes soudés en spirale et distribuer des tubes et autres produits et dérivés Le soudage est utilisé pour le transport d'hydrocarbures, d'eau et à diverses autres fins (support, construction, pieux battus, etc.) [1].



Figure I.3 : Quelques types de tubes métalliques fabriqués par l'entreprise.

I.3. La chaîne de production des pipelines l'entreprise :

La fabrication de tuyau se fait en enroulant la bande en spirale jusqu'à ce qu'elle soit réalisée Finition. Les tuyaux fabriqués sont utilisés dans les canalisations de fluides (eau, Gaz naturel, pétrole, etc.).

La production de tubes passe par trois étapes principales : la fabrication, le contrôle et Revêtement (Figure 3) [2].

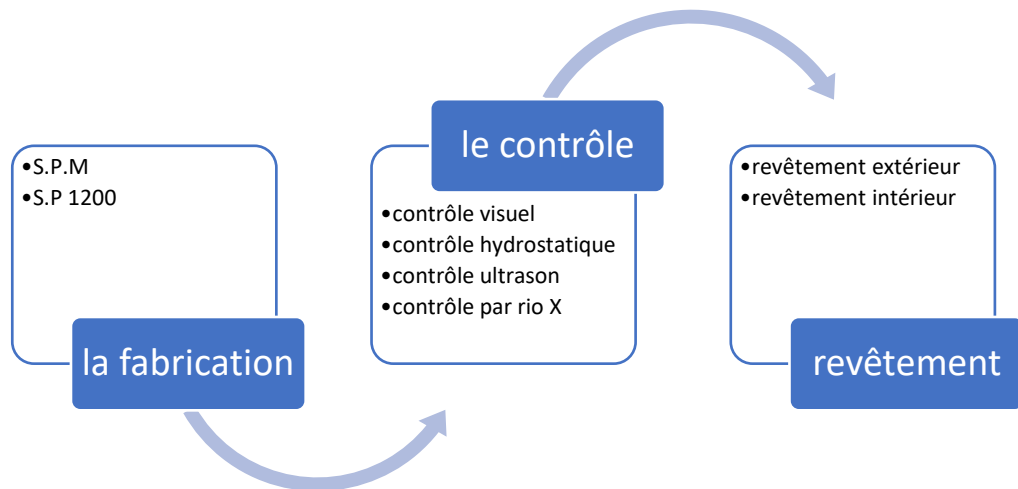


Figure I.4: Schéma de production des pipelines

Mais avant de donner les étapes de fabrication de ces pipelines, on va tout d'abord définir les matières premières avec les quelles sont fabriqués :

I.3.1. Métal de base :

Les aciers utilisés dans les pipelines de transport d'hydrocarbures et de gaz naturel sont répertoriés dans bobine laminée à chaud (LAC) d'un diamètre de 711 mm et d'un poids de 13 à 25 tonnes.

Il est issu du groupe "ALTUMAT".

-La bobine est réalisée en acier non allié répondant aux normes suivantes :

NFA (Norme d'application française) : pour canalisations hydrauliques.

API (American Petroleum Institute) : pour les conduites de gaz [3].



Figure I.5 : Métal de base

I.3.2. Les étapes de fabrication des pipelines :

Le processus de fabrication s'effectue en passant par plusieurs étapes de fabrication et de test de qualité.

I.3.2.1. Première étape formage et soudage de tube :

A cette étape, le tube est formé et cela se fait en trois étapes à l'aide de la machine SP 1200. Ces étapes sont le formage, puis le soudage, puis la découpe.

I.3.2.1.1. Fromage de tube :

Les bobines seront placées dans une 3 machines {M600, M900 SP1200} existante dans le premier service de fabrication. La bobine de la tôle sera passée sur des étapes pour enlever l'humidité les étapes suivantes sont déroulée et tirée aplati et dernièrement échauffée. Elle continue son parcours vers la cage de formage ou les tubes prendront leurs formes, Les tubes passeront par le procédé de soudage intérieur et extérieur avec la Soudure à l'arc submergé [2].



Figure I.6 : la machine SP1200

I.3.2.1.2. Soudage

Une fois que le tuyau a pris sa forme en spirale, les parties intérieures et extérieures du tuyau sont soudées à l'aide de la machine SP1200 NA NLAT et d'un fil de soudage composé de tuyaux en acier et en cuivre et d'un fil de soudage avec flux de soudage [2].

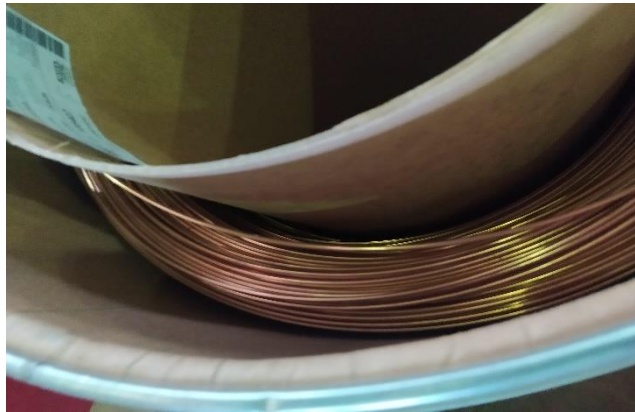


Figure I.8 : Le file de soudage



Figure I.7 : coupage par plasma

I.3.2.1.3. Coupage

Après une certaine longueur (au choix du client), les tubes sont découpés par oxycoupage (traditionnel) ou coupage plasma.

Et la figure suivante représente toutes les étapes de la machine de la première étape [2].

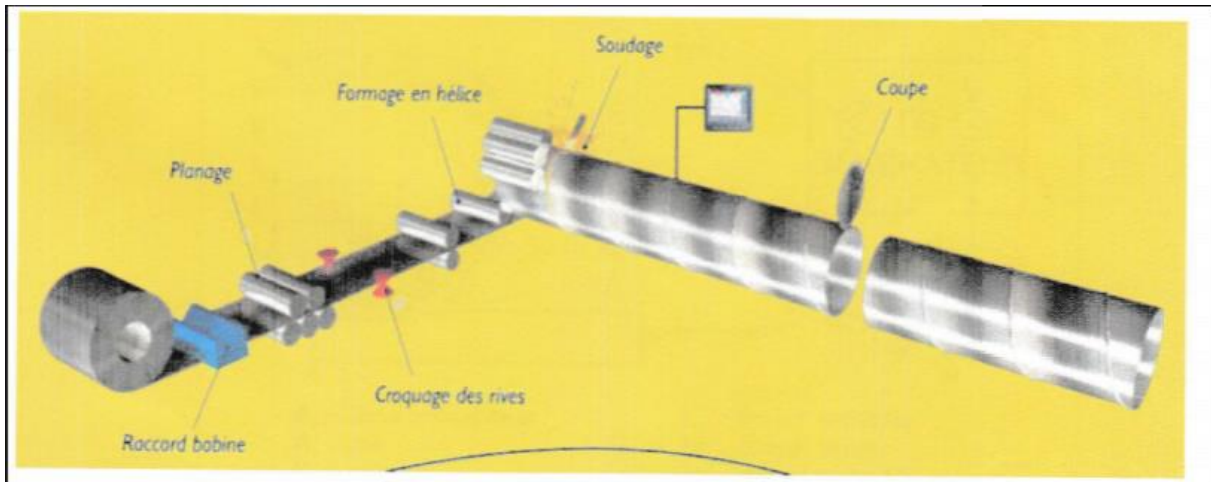


Figure I.9: les étapes de machine SP 1200

I.3.2.2. Deuxième étape Chanfreinage :

Après inspection visuelle, le tube « brut » envoyé au poste de chanfreinage final, le tube sur l'outil, les outils de coupe (des deux côtés) tournent autour de l'axe du tube, créant chanfrein. Une salle de soudage lors l'installation des canalisations,[2].



Figure I.11 : pipe après chanfreinage



Figure I.10 : machine de chanfreinage

I.3.2.3. Troisième étape tests et Contrôle de qualité :

Les tests de qualité et de validité des conduites sont effectués en plusieurs étapes : Contrôle Visual, test de pression, test par ultrasons et en fin test par rayons X.

I.3.3. Tests à effectuer avant la production des pipelines :

I.3.3.1. Essai de traction

L'essai de traction est un essai physique qui mesure la résistance à la rupture d'un matériau. Ce test consiste à placer une petite tige du matériau à examiner dans les mâchoires de la machine de traction et à tirer la tige jusqu'à ce qu'elle se brise [2].



Figure I.12 : machine de traction

I.3.3.2. Essai de dureté

Est un test qui caractérise la surface du matériau. Le test consiste à placer une plaque avec un objet sous une certaine charge. Le niveau de résistance atteint est lié à la limite élastique R_e et à la fissure R_m [2].

R_e : limite d'élasticité, point A. conventionnellement cette limite élastique est définie

R_m : résistance ultime à la traction, point B

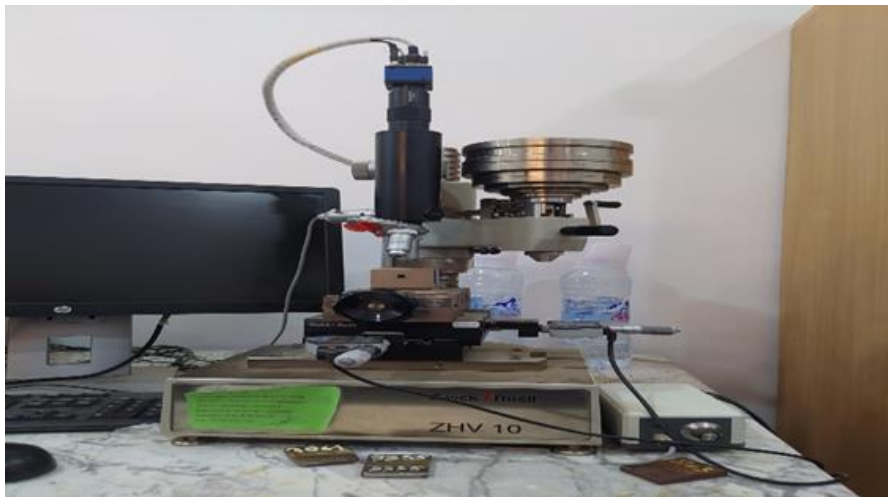


Figure I.13 : Machine de dureté Vickers ZHV10

I.3.3.3. Essai de résilience

Dans cet essai on teste la capacité du matériau à absorber l'énergie changeante due à un impact (déformation accélérée) pour distinguer entre les matériaux métalliques et mous, ce test se fait par la machine ci-dessous [2].

I.3.3.4. Essai de pliage

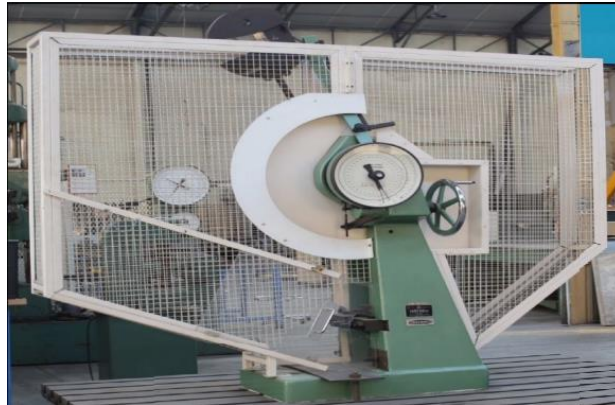


Figure I.14 : Machine de l'essai résilience

Ce test permet de déterminer la précision des changements de collision [2].

I.3.3.5. Contrôle visuel

Après cette dernière étape, les canalisations sont vérifiées et les défauts de production sont visibles à l'œil nu.

I.3.4. Contrôle de la qualité des pipelines :

I.3.4.1. Contrôle hydraulique

La machine d'essai hydrostatique est une machine d'essai conforme aux normes ISO. Elle est principalement utilisée pour tester des pipelines à haute pression sous une pression hydrostatique constante, maintenir le délai de livraison ou appliquer des forces hydrauliques constantes et rapides au pipeline pendant une courte période. Ce test est un outil essentiel pour les tests de pipeline.



Figure I.15 : la machine banc d'épreuve hydrostatique

Cet examen est réalisé avec de l'eau à différentes pressions selon les situations. Cette pression d'eau que nous utilisons correspond à 150 bars et à trois fois la pression de service [2].

I.3.4.2. Contrôle ultrason

Le tuyau est envoyé à la machine d'inspection Ultra Sound NDT. Cette dernière contient une sonde qui émet des ondes ultrasonores pour détecter les défauts invisibles des cordons de soudure et du métal de base. C'est la machine à étudier dans notre projet [2].



Figure I.16 : la machine NDT

I.3.4.3. Contrôle par rayons X

Les défauts préalablement découverts et localisés par examen échographique automatisé sont exposés au rayonnement électromagnétique provenant d'une source de rayons X. Le film résultant est ensuite affiché sur un écran clair pour l'interprétation des résultats et l'identification des défauts par un personnel qualifié [2].



Figure I.17 : L'intérieur de la chambre de l'exposition aux rayons X.

I.3.5. Quatrième étape revêtement des tubes

I.3.5.1. Revêtement extérieure

Le revêtement extérieur est basé sur l'utilisation d'un système à trois niveaux de protection, ce système est composé d'une combinaison de protection (époxy) suivie d'un (adhésif) suivi d'un (polyéthylène). La couverture est réalisée conformément aux normes nationales et internationales :

- NFA 49 700
- NFA 49 710

Une fois le tuyau nu acheminé vers le tapis roulant, il est mordu pour éliminer l'humidité à l'aide d'un four (farine). Le tube est ensuite pulvérisé avec de l'acier triangulaire pour lui donner la densité nécessaire, qui lui permettant de recouvrir le reste de la colonne. Le projectile est purgé par combustion interne.



Figure I.18 : La machine du revêtement

L'application de la poudre époxy se fait par projection électrostatique sur le tube chauffé par injection jusqu'à 200 degrés en fonction de l'épaisseur de ce dernier. Cette étape suivie d'une couche d'adhésive extrudé qui sert à lier entre la première couche et la troisième couche de polythène extrudé qui a pour rôle de protéger les différentes couches appliquées. Le tube passe par une chambre de refroidissement qui est réalisée par arrosage d'eau suivi d'une vérification de l'isolation électrique utilisant d'un balai électrique [2].

I.3.5.2. Revêtement intérieure

ALTUMET utilise de la résine époxy à l'intérieur pour résister efficacement à la corrosion interne. Le principe de protection est une couche de résine époxy qui crée une barrière étanche entre la voiture et le métal [2].

I.3.6. Finalisation et stockage

Les tubes ainsi formés, contrôlés et revêtus sont envoyés vers le parc de stockage et ils seront prêts à être utilisés et livrés vers les clients [2].

I.4. Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de faire une présentation générale de l'entreprise d'accueil et de démontrer les étapes de fabrications des pipelines en décrivant les machines utilisées dans chaque étape, ainsi que leurs applications dans l'industrie. Dans le prochain chapitre on va faire une étude détailler de la machine utilisée pour contrôler les cordons de soudure par ultrason.

En faisant l'étude de l'usine et le suivi de chacune des phases industrielles et les tests et le contrôle de la qualité de fabrication m'ont conduit au service qualité et surtout à la surveillance par ultrasons pour rechercher des nerfs artificiels et c'est ce dont nous parlerons dans le prochain chapitre.

Chapitre 2 :

Présentation de la machine de contrôle ultrason (CND)

II. Chapitre 2 : Présentation de la machine de contrôle ultrason

II.1.Introduction

L'inspection par ultrasons est l'une des méthodes de contrôle non destructif les plus couramment utilisées dans l'industrie pétrolière et gazière pour détecter les défauts dans le métal de base, la zone HAZ ou les cordons des pipelines.

Pour développer l'étude de cette méthode, nous l'avons appliquée au soudage de l'acier inoxydable réalisé par soudage à l'arc submergé SAW, car il s'agit d'un procédé souvent subi à des défauts de formes et de nature diverses.

La découverte des ultrasons remonte à 1883, lorsque le physiologiste anglais Francis Galton les a mis en lumière.

Depuis lors, ils ont été largement utilisés, notamment pour des applications cruciales telles que la lutte anti-sous-marine grâce au sonar.

II.2. L'ultrason :

Les ultrasons sont des ondes mécaniques qui se propagent à travers différents milieux tels que les fluides, les solides, les gaz et les liquides. Leur fréquence dépasse 20 000 Hz, ce qui les rend inaudibles pour l'oreille humaine. Ils sont créés par des vibrations mécaniques, semblables à celles produites par des transducteurs piézoélectriques. La figure ci-dessous montre l'ordre et l'échelle des ondes sonores et qui peut les recevoir.

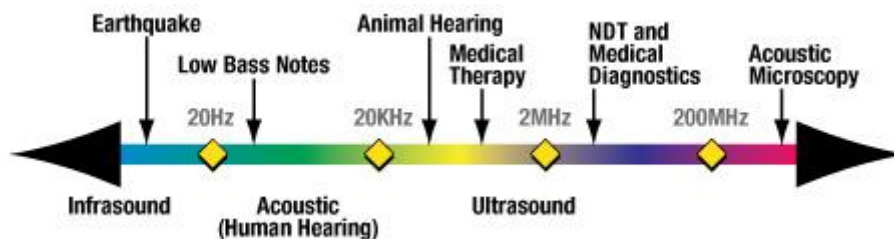


Figure II.1: Échelle de fréquence audio

Un appareil à ultrasons est utilisé pour générer et recevoir les ondes.

Il comprend un transducteur (sonde) qui émet les ultrasons et détecte les échos.

Différents types de sondes sont choisis en fonction du matériau et du type de défaut recherché [4].



Figure II.2 le SONDEUR

II.2.1. Domaines d'application des ultrasons :

II.2.1.1. Dans le domaine médical :

Les ultrasons sont largement utilisés en imagerie médicale. Par exemple, l'échographie utilise des ondes ultrasonores pour visualiser les organes internes du corps [4].

Dans l'industrie :

Ils sont employés pour le contrôle non destructif des matériaux, la mesure d'épaisseur et la détection de fissures.

Dans le nettoyage de pièces délicates comme les bijoux ou les lentilles de contact [4].

II.2.1.2. Dans la mesure des distances :

En particulier dans les capteurs à ultrasons. La gamme de fréquences des ultrasons se situe entre 16 000 et 10 000 000 Hz (ou 10 MHz) et est classée en deux catégories : ultrasons de puissance avec une fréquence variant entre 16 kHz et 1 MHz pouvant entraîner des modifications physiques et chimiques ; et ultrasons diagnostiques avec une fréquence comprise entre 1 et 10 MHz.

Ils servent à l'imagerie médicale et à l'analyse des caractéristiques des matériaux [4].

II.2.2. II.2 Utilisation de l'ultrason pour la détection de défauts :

L'utilisation des ultrasons pour la détection de défauts est une technologie puissante de contrôle non destructif (CND) qui trouve des applications dans de nombreuses industries. Voici quelques points essentiels à connaître :

Inspection des soudures : Les ultrasons sont couramment utilisés pour vérifier la qualité des soudures dans l'industrie de la construction et de la fabrication.

Détection de fissures : Ils permettent de repérer des fissures internes dans les pièces métalliques.

Mesure d'épaisseur : Les ultrasons sont utilisés pour mesurer l'épaisseur des matériaux, par exemple, pour vérifier l'intégrité des tuyaux ou des réservoirs.

Contrôle de corrosion : Ils détectent la corrosion sous la surface des matériaux [4].

II.2.3. Principe de détection de défauts par l'ultrason :

Les ultrasons sont des ondes acoustiques émises par un transducteur. Ils se propagent à travers un matériau (comme un métal, un plastique ou un composite).

Lorsqu'ils rencontrent un défaut (comme une fissure, une inclusion ou une porosité), ils sont partiellement réfléchis. La détection de ces échos permet d'identifier les anomalies internes sans endommager le matériau [4].

II.2.3.1. Inspection avec une sonde droite (plaques, barres, pièces forgées, fonte, etc.)

L'inspection avec une sonde droite est généralement utilisée pour rechercher des fissures ou des délaminages parallèles à la surface de la pièce inspectée, ainsi que pour rechercher des vides et des pores. Dans ce type d'inspection, des sondes de contact, de ligne à retard, d'émission-réception séparées ou d'immersion peuvent être utilisées. Toutes ces sondes génèrent des ondes longitudinales qui se propagent en lignes droites à travers la pièce. Les applications courantes incluent l'inspection des plaques, des barres, des pièces forgées et de la fonte, ainsi que des boulons, des clavettes de bride de suspension de triangle de frein et d'autres pièces similaires qui peuvent présenter des fissures parallèles sur les surfaces accessibles. L'inspection directe par sonde est également couramment utilisée pour l'inspection de la fibre de verre et des matériaux composites.

Comme toutes les autres technologies de détection de défauts par ultrasons, l'inspection directe par sonde utilise le principe de base selon lequel l'énergie sonore traversant un support continuera à se propager jusqu'à ce qu'elle soit dispersée ou réfléchi sur la limite d'un autre matériau, tel que l'air entourant la base de la pièce. Ou des espaces créés par des fissures ou des discontinuités similaires. Dans ce type d'inspection, l'inspecteur place une sonde sur la pièce à inspecter et identifie les échos de fond ainsi que les réflexions fixes provenant de structures géométriques telles que des rainures ou des brides. Après avoir noté la forme caractéristique de l'écho provenant de la chambre sonore, l'examineur recherche des échos

supplémentaires situés devant l'écho de fond, en ignorant le bruit de dispersion des particules (le cas échéant). De forts échos situés devant l'écho de fond indiquent la présence de fissures ou de vides lamellaires [4].

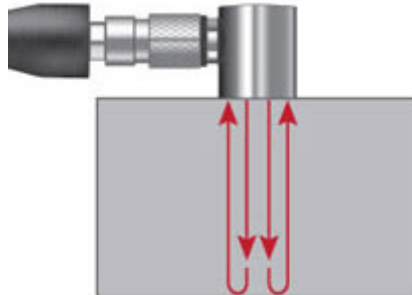


Figure II.4: les ondes ultrason en l'absence de défaut



Figure II.3: le signal d'ultrason en absence le défaut

II.2.4. Cas d'absence d'indication

Le son voyage à travers le matériau et il est reflété sur le fond de la pièce. La figure ci-dessous présente l'absence de toute déformation ou endommagement du matériau

II.2.4.1.1. Cas de présence d'indication

Une partie du son voyage à travers tout le matériau et est reflétée sur le fond de la pièce, alors qu'une autre partie est reflétée sur l'indication située entre la surface et le fond de la pièce. L'amplitude de l'écho varie en fonction de la taille de l'indication

La figure (II.6) montre la présence de dommages ou de déformations dans le matériau

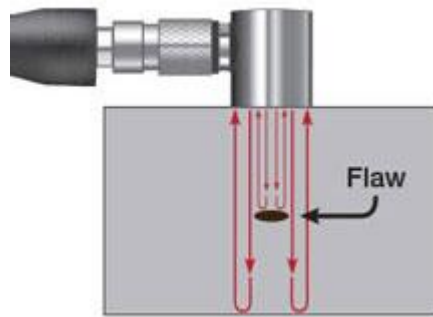


Figure II.6: Ultrason en présence le défaut



Figure II.5: le signal d'ultrason en présence le défaut

II.2.5. Inspection avec une sonde d'angle

Bien que la technologie d'inspection directe par sonde soit en effet très efficace pour détecter les défauts lamellaires, elle est inefficace pour inspecter un grand nombre de soudures courantes car ces soudures ne présentent généralement pas de discontinuités parallèles à la surface de la pièce. La combinaison de la forme de la soudure, de l'orientation du repère et de la présence d'une couronne ou d'un cordon de soudure nécessite une inspection des côtés de la soudure à l'aide d'une poutre d'angle. L'inspection par sonde angulaire est de loin la technologie de détection de défauts par ultrasons la plus utilisée.

La sonde angulaire se compose d'une sonde et d'une base. Ces parties peuvent être distinctes ou faire partie du même boîtier. Ils exploitent les principes de réfraction et de conversion de mode à la frontière entre deux matériaux pour produire des ondes de cisaillement ou longitudinales dans la pièce à inspecter, comme le montre l'image ci-dessous.

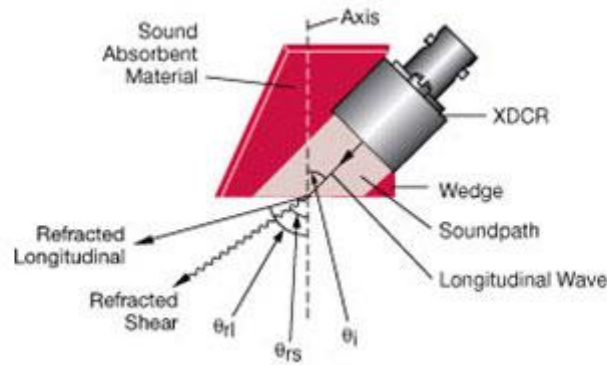


Figure II.7: Le sonde est en position inclinée

L'inspection avec une sonde angulaire permet à l'inspecteur de rechercher les réflexions causées par des discontinuités, tout comme l'inspection avec une sonde droite. Lors de la configuration initiale, l'inspecteur doit être conscient de tout écho provenant des cordons de soudure ou d'autres géométries. Des échos supplémentaires apparaissant dans la zone de soudure peuvent représenter un manque de fusion, des fissures, des vides ou d'autres discontinuités, dont le type, la profondeur et la taille peuvent être déterminés grâce à une analyse plus approfondie.

Dans l'exemple présenté par la figure (II.8) ci-dessous, le faisceau ultrasonore traverse une soudure saine sans être réfléchi, et aucune indication significative n'est visible sur l'écran. Cependant, les discontinuités dans la zone de soudure créent de fortes réflexions dans la zone d'intérêt indiquée par la grille rouge [4].

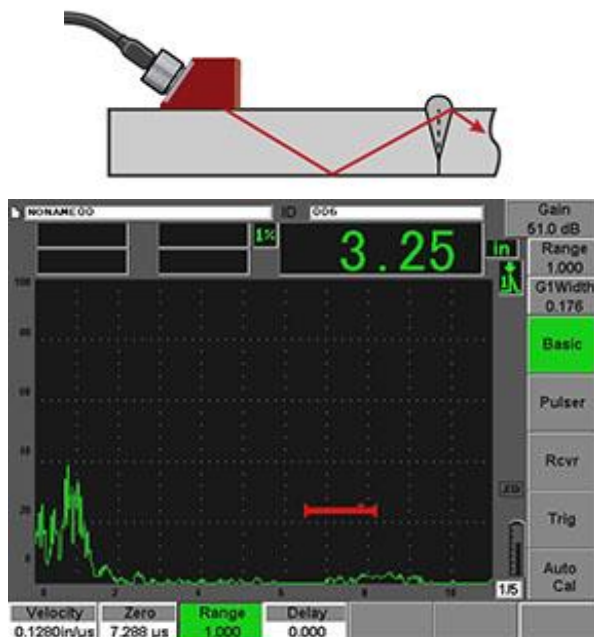


Figure II.9: l'absence de défaut

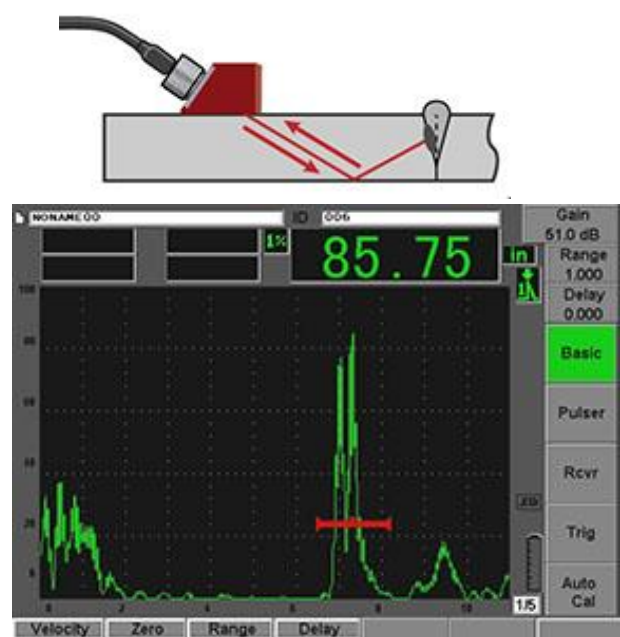


Figure II.8: présence de défaut

II.3. Présentation de la machine MDDUS à étudier

II.3.1. Définition

La machine a été conçue par la société SFT (SOFRATEST : fondée en 1985, spécialisée dans la réalisation d'équipements CND). Elle a été créée en 2010 pour répondre aux exigences d'ALTUMET dans le domaine du contrôle non destructif et surtout pour répondre aux demandes de ses clients.

Cette machine assure toutes les étapes de contrôle des chaînes (réception, contrôle, rotation et navigation des chaînes) et enfin la sortie des chaînes après contrôle.

II.3.2. Description de la machine et son système d'automatisation :

II.3.2.1. La machine :

La figure suivante montre la photo de la machine de contrôle ultrason (CND).



Figure II.10: la machine de contrôle ultrason

Dans cette machine on trouve deux réservoirs d'eau, une pompe d'arrosage, une pompe hydraulique et deux chariots avec quatre moteurs qui servent à leurs déplacements et chaque

chariot possède deux bras pour tenir le tube. On trouve aussi cinq autres parties mécaniques dont chacune a son contrôle spécifique :

- Partie 1 et 5 sont les deux extrémités END1 et END2 de contrôle de l'extrémité du

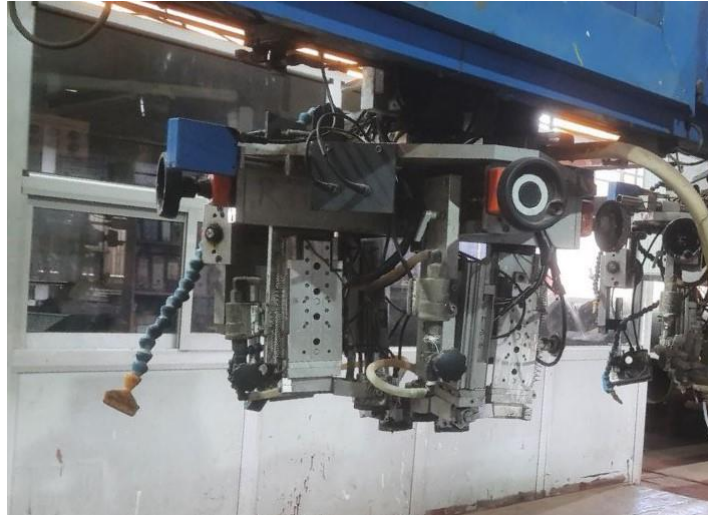


Figure II.11: partie de test de l'extrémité

tube et de test de feuilletage,

- Tête 1 : est la partie 2 qui sert au contrôle longitudinal du cordon de soudure.
- Tête 2 : est la partie 3 qui sert au contrôle transversal du cordon de soudure.

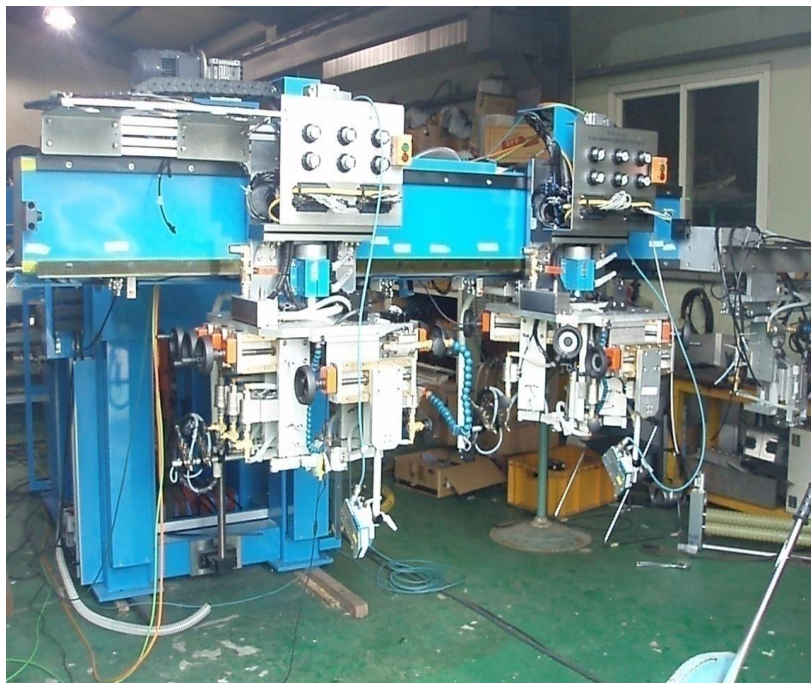


Figure II.12: Tete 1 & 2

Tête 3 : est la partie 4 qui sert au contrôle du métal de base [2].



Figure II.13: l'oscillateur (Tête 3)

II.3.2.2. Le système d'automatisation de la machine OFF-LINE UT :

Le système automatisé OFF-LINE UT est un système destiné à fournir de façon automatisée les conditions pour tester par ultrasons les points de soudure des tubes en acier soudés en spirale. Le système automatisé se trouve dans une structure flexible qui peut s'adapter facilement à différentes structures de tubes grâce à des paramètres de fonctionnement modifiables. Le système est entièrement contrôlé à l'aide de PLC HMI. La communication entre le système automatisé et l'utilisateur se fait à l'aide d'un écran tactile (Touch Panel - HMI). Le panneau de commande présente à l'utilisateur, en temps réel, toutes les valeurs et tous les paramètres concernant le système automatisé. De plus, l'utilisateur peut modifier tous les paramètres du système automatisé à l'aide du HMI. Les modifications sont enregistrées dans la mémoire permanente. Dans le cas où il y a un arrêt du système, ou en cas de coupure de courant, les valeurs peuvent être utilisées en toute sécurité en les rappelant depuis leurs adresses dans la mémoire permanente. Le système automatisé OFF-LINE UT est constitué de 5 panneaux de commande différents électriquement câblés.

- Panneau de commande principal de l'opérateur
- Panneau pneumatique "soudure"
- Panneau pneumatique "feuilletage du corps"

- Panneau de commande principal (servomoteur)

La communication des données entre les différents panneaux fait appel à une interface physique Ethernet et au protocole de communication à haute vitesse Profibus. La communication entre le système automatisé et le PC-UT fait appel au protocole de communication AS-i [2].

II.3.2.3. Panneau de commande principal de l'opérateur



Figure II.14: Panneau de commande principal de l'opérateur

Ce panneau accueille les éléments suivants :

- Obturateur principal et interrupteur d'arrêt d'urgence du système
- Ecran tactile du panneau de commande (HMI)
- Moniteur de caméra CCD (caméra charge coupled device)
- Boutons et joystick de commande du système (Un seul joystick est disponible pour commander l'une des 2 têtes. Valider ce mode permet le contrôle de la tête par le joystick. Le joystick contrôle une seule tête en même temps. Si le mode « contrôle par joystick » est dé-validé le contrôle de la tête peut s'effectuer avec l'un des pupitres tactile)
- Témoins lumineux d'information et d'alerte
- Alimentation principale 24V continu
- Alimentation électrique AS-i
- Alimentation 12V continue (alimentation du moniteur et de la caméra CCD)

La connexion au système de l'unité de commande à distance du test de feuilletage du corps s'effectue sur ce panneau. De plus, un climatiseur maintient la température à l'intérieur du

panneau et procure au PLC et aux autres équipements critiques leurs conditions nominales de fonctionnement [2].

II.3.2.4. Panneau de commande principal (servomoteur)

C'est le panneau qui est responsable de gérer le déplacement des tubes à partir de différentes zones et de générer les commandes nécessaires pour contrôler le sens de rotation ainsi que les mouvements synchronisés (translation et rotation) des tubes durant les tests de détection de défaut.



Figure II.15: Panneau de commande servomoteur

Ce panneau, comme tous les autres panneaux, reçoit les décisions de contrôle du « panneau OP principal » et envoie les informations pertinentes au panneau PLC principal. Cette carte est également conçue pour servir de pont entre le système de contrôle et le Sofratest PC-UT, fournissant des informations sur le servomoteur du chariot. PC-UT enregistre les informations sur le servomoteur sur ce panneau. Cette unité dispose d'un indicateur « PRÊT » pour indiquer que le système de chariot fonctionne correctement et d'un indicateur « Défaillance de phase » pour indiquer une phase ou un défaut. Il existe également un bouton « arrêt d'urgence » qui peut mettre l'ensemble du système en mode d'arrêt d'urgence et un disjoncteur pour allumer et éteindre l'alimentation principale.

Le panneau de commande principal PLC est l'élément au sein duquel s'effectuent toutes les commandes du système et où toutes les données sont enregistrées et évaluées [2].

II.3.2.5. Panneau pneumatique « soudure »

C'est le panneau qui gère les mouvements des sondes et qui commande les soupapes d'eau de ces dernières pour le test "soudure" et pour les tests "END1/Head1/Head2"

Ce panneau est constitué de deux parties distinctes, pour le contrôle électrique et pour le contrôle pneumatique. Dans la partie "contrôle électrique", on trouve les modules distribués AS-I, les câbles de connexion 30V continu et 0V continu. Dans la partie "contrôle pneumatique", on trouve le détendeur principal du système et deux manifolds Airtec de type RF 09-V pour alimenter les sondes de contrôle [2].



Figure II.16: panneau de test Weld

II.3.2.6. Panneau pneumatique « feuilletage du corps »

C'est le panneau qui dirige le mouvement de la sonde et contrôle le niveau d'eau des rideaux pour les tests de « laminage corps » et de « fin de laminage ».

Cette carte est constituée de deux parties distinctes : la commande électrique et la commande pneumatique. Dans la section "Contrôle électrique", nous trouvons les modules d'entrées/sorties, les afficheurs de l'interface PLC et le bus 24V DC et 0V DC. Dans la section "Contrôle pneumatique", nous trouvons le directeur général du système avec le type de sonde Airtec RF 09-V [2].

II.3.3. Le fonctionnement global de la machine :

II.3.3.1. Les chariots :

La commande des chariots constitue l'une des plus importantes parties du système de test UT. Le panneau nommé "Panneau de chariot" est constitué d'un contacteur, de pilotes et autres

équipements d'automatisation des chariots. Comme pour toutes les commandes du système, la commande des chariots se fait depuis le panneau "PLC principal. Ces commandes sont :

- Mouvements linéaires avant/arrière
- Mouvements de rotation droite/gauche
- Mouvement avant/arrière synchronisé avec une rotation et un mouvement d'avance
- Commande des bras de chargement de tube et de déchargement de tube
- Mouvement vers les zones de chargement/ déchargement [2].

II.3.3.1.1. Rotation horaire / anti-horaire

Les moteurs des chariots font tourner le tube dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour démarrer les contrôles.

Un mouvement de rotation s'applique aux deux chariots, En d'autres termes, le mouvement de rotation ne peut pas s'appliquer qu'à un seul chariot

II.3.3.1.2. Mouvement avant/arrière synchronisé

Pour tester les points de soudure d'un tube soudé en spirale, le tube doit se déplacer en spirale. Ce mouvement en spirante signifie que, lorsque le tube tourne à une certaine vitesse, il doit avancer conformément à cette vitesse. En d'autres termes, les mouvements de rotation et d'avancement s'effectuent de façon synchronisée. Pour déterminer le mouvement en spirale, on utilise les paramètres de fabrication du tube en spirale. Ces paramètres sont :

- Le diamètre du tube-Pd
- L'angle de soudure-WA
- Le pas de soudure
- La largeur de bande-L
- Automation système.

II.3.3.1.3. Chargement et déchargement de tube :

Le chargement sur les chariots des tubes à tester et le déchargement des tubes testés sur les chariots s'effectuent à l'aide des bras de chargement/déchargement hydrauliques situés sur les chariots [2].

II.3.3.2. Le fonctionnement de la machine :

Le système propose quatre tests

- END1 (extrémité du tube et test de feuilletage)
- WELD (test des endroits soudés)
- BODY LAMINATION (test de feuilletage du corps)
- END2 (test de feuilletage de l'extrémité du tube)

Avant de lancer le test de contrôle sur les tubes, il faut régler la vitesse de test (mm/min) doivent avoir été définis pour les tubes depuis le panneau de l'opérateur. Pour la vitesse de test, on doit sélectionner une valeur entre 1000 et 8000 mm/minute. Pour définir le test à réaliser, on utilise la zone "SELECTED TEST" de l'écran tactile HMI [2].

II.3.3.3. Test d'extrémité de tube END1/Têtes 1 et 2

II.3.3.3.1. Test de l'extrémité END1

Le but de ce test est de déterminer s'il existe des défauts de feuilletage à la première extrémité du tube. Si le test END1 a été sélectionné et que l'ordre de démarrage a été donné

Le tube se déplace vers le capteur d'entrée positionné pour END1 en effectuant un mouvement uniquement de translation linéaire

Quand le capteur END1 détecte le tube, celui-ci ralentit et poursuit son mouvement lentement

Une fois que le capteur END1 a détecté le tube, celui-ci se déplace encore jusqu'à la distance définie sur le panneau de l'opérateur, et il s'arrête

Le bouton END1 se met à clignoter. Ceci signifie que le système attend l'ordre de l'opérateur pour démarrer le test. END-1 se déplace en avant grâce au piston. La tête L'alimentation en eau des sondes END-1 s'ouvre et les sondes sont abaissées par le piston.



Figure II.17: Test de l'extrémité

Une commande de PC-UT vous demandera de faire pivoter le tuyau. Une fois la commande reçue, le tube tournera à pleine rotation et s'arrêtera. Les sondes seront levées et les entrées d'eau fermées [2].

II.3.3.3.2. Test WELD (test de soudure avec tête 1 et 2)

Ce système permet de sélectionner et d'effectuer quatre types de test par ultrasons pour les tubes soudés en spirale.

- 04 palpeurs positionnés face à face pour les défauts longitudinaux droits ou gauches et intérieurs ou extérieurs : ROD-RID-LOD-LID.
- 04 palpeurs positionnés en X pour les défauts transversaux droits ou gauches et intérieurs ou extérieurs : ROT-RIT-LOT-LIT,
- 02 palpeurs qui contrôlent la ZAT LH-RH,
- T : transversal, L : droit, R : gauche, I : Int, O : Ext,
- D : longitudinal,
- H : ZAT.

Pour mettre en œuvre un test, on doit sélectionner au moins un des quatre tests. On effectue cette sélection en touchant la zone "Test de soudure sélectionnée" du HMI. Le positionnement des sondes de test de soudure du système s'effectue comme suit.

Pour procéder correctement au test de soudure, les paramètres et les réglages suivants doivent être définis correctement.

a) L'angle de soudure et le diamètre de tube sont-ils adaptés au tube à tester ?

b) Les distances entre les sondes et le capteur d'entrée sont-elles mesurées correctement et introduites correctement dans le système ?

La vitesse de suivi de soudure correspond-elle à la vitesse prévue ?

d) Les sondes de test ont-elles été sélectionnées sur le HMI ?

e) Les capteurs analogiques de suivi de soudure sont-ils réglés ?

f) Les capteurs Pipe-IN et Pipe-OUT fonctionnent-ils correctement ?

g) Le réglage mécanique et l'étalonnage des sondes sont-ils corrects ?

La distance entre la sonde et la zone de soudure est contrôlée à l'aide d'un capteur laser pour ajuster la distance de la sonde par rapport au cordon de soudure.

Dans le test WELD, il fonctionne avec la technique de synchronisation des canaux.

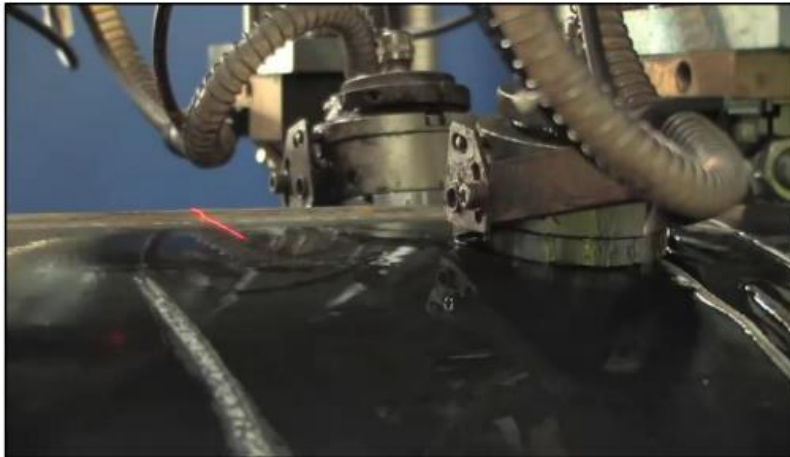


Figure II.18: Test Weld de soudure

II.3.3.3.3. Laser et suivi

Chaque tête est associée à un laser qui permet de suivre la soudure du tube. Un mode suivi de soudure est activable/dé-activable.

Le laser transmet à l'automate la distance entre la soudure et la position actuelle (mm). Il transmet l'information de détection d'un profil et la direction à suivre pour rattraper l'erreur.

Le mode suivi utilise les deux informations de rattrapage d'erreur et la détection de profil.

Si l'un des capteurs de fin de course est déclenché le mode suivi est dé-validé. Les sondes sont remontées [2].

II.3.3.4. Test de feuillage par la tête 3 (métal de base)

Tout défaut de la tige, autre que l'emplacement des soudures, peut être détecté en mesurant les feuilles de la tige. Ce test est effectué en déplaçant la sonde d'avant en arrière sur le corps. Dans ce test, le canal doit fonctionner dans une direction à la fois lorsque la sonde se déplace d'avant en arrière. Avant de tester les ailes du corps, le réglage de la rotation doit être effectué en fonction du diamètre et de l'angle du tuyau.

- Cette machine automatisée effectue une inspection par ultrasons pour détecter les défauts sur toute la longueur du tuyau. Ce type d'examen simplifie la radiographie et l'échographie manuelle en termes de temps et de coût, c'est-à-dire que le test est effectué uniquement dans la zone où se trouvent les défauts de cette machine.
- Défauts de peinture dans la zone en dehors de la zone de rejet [2].



Figure II.19: Test de feuilletage par l'oscillateur (Tête 3)

II.3.3.5. Test de feuilletage de l'extrémité END2 du tube

Le but de ce test est de déterminer s'il existe des défauts de feuilletage à la première extrémité du tube. Si le test END1 a été sélectionné et que l'ordre de démarrage a été donné :

-Afin de procéder au test END2, le tube commence à se déplacer pour sortir du système avec un mouvement de translation linéaire.

Le capteur END2 détecte si le tube est complètement évacué du système. Si le capteur END2 ne peut pas détecter le tube, on considère que celui-ci est complètement évacué du système. Le tube s'arrête quand la situation est déterminée.

Le tube est mis automatiquement en mode "SLOW" et retourne en arrière vers le capteur END2.

Une fois que le capteur END2 a détecté le tube, celui-ci se déplace encore jusqu'à la distance définie sur le panneau de l'opérateur, et il s'arrête [2].

II.4.CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons expliqué la méthode de réalisation d'examen non destructifs par les ondes ultrasonores pour découvrir les défauts industriels des canalisations fabriquées à destination de l'importateur et inspecter leurs métaux et leurs soudures.

Puis on a présenté les différentes parties de la machine fabriquée spécifiquement pour le contrôle non destructif qui est fabriquée par l'équipe SFT selon la demande de la société.

ALTEMUT, et découvrons ses pièces et la fonction de chacune de ses pièces, et son fonctionnement fera l'objet de notre prochain chapitre.

Chapitre 3 :

La modélisation et la

conception du GRAFCET de

la machine

III. Chapitre 3 : le fonctionnement de la machine (GRAFCET) et sa modélisation

III.1. Introduction :

Pour comprendre, analyser et simplifier l'explication du fonctionnement de la machine, nous utilisons toujours des courbes et des illustrations, et ce qui est devenu courant et le plus utilisé dans le domaine industriel est le GRAFCET.

Mais avant de passer à la conception du GRAFCET de machine étudier, on doit tout d'abord commencer par une illustration de toutes les étapes à suivre par la machine pour effectuer les tests de détection de défaut par ultrason des tuyaux fabriqués.

Nous parlerons aussi dans ce chapitre des étapes d'examen des tuyaux par ultrasons, de la fabrication des pièces de la machine et de ses exigences, Ensuite on passe à la personnalisation de ses paramètres.

III.2. Cahier de charge de la machine :

Le processus d'inspection des tuyaux passe par plusieurs étapes, et chaque étape a son rôle bien spécifique.

III.2.1. Chargement de TUBE

Les tuyaux sont chargés via deux chariots et se fait comme suit :

- Appuyez sur le bouton <<AUTO/MANUA>> pour passer en mode automatique, puis entrez dans la zone de rechargement vers laquelle se rendre les deux chariots, ou déplacez-les manuellement en mode manuel à l'aide des boutons.
- Lorsque les deux chariots arrivent à la zone de chargement, ils se positionnent en fonction de la longueur du tube que l'on a inséré précédemment (par HMI)
- Lorsque les deux chariots sont positionnés, ils s'arrêtent et lèvent les bras pour recevoir le tube à examiner
- Ces bras fonctionnent via une pompe hydraulique
- Après avoir placé le tube dessus, les bras doivent être abaissés et placés sur les deux chariots.



Figure III.1: Tube sur les chariots

III.2.2. Début de test générale :

III.2.2.1. END 1

- Une fois que les deux chariots ont transporté le tuyau, celui-ci se dirige vers la plateforme d'inspection et s'arrête après une certaine distance du capteur <<END1 PIPE IN>>, cette distance dépend de type de tube.
- Après l'arrêt des deux voitures, le vérin pneumatique <<E1-1>> commence à descendre pour atteindre <<END1S2>>.
- Ensuite, le vérin pneumatique <<E1-2>> se déplacera directement vers <<END1S3>>.
- <<E1-1>> redescend jusqu'à atteindre le tuyau et une électrovanne s'ouvre.
- Une fois que les vannes ont atteint le tuyau, les moteurs responsables de la rotation du tuyau le font tourner sur un cycle complet pour terminer le contrôle <<END 1>> et les vérins pneumatiques retournent à leur place.

III.2.2.2. HEAD 1 (tête 1) :

Une fois l'inspection <<END 1>> terminée, les deux chariots se dirigent vers TÊTE 1 pour commencer l'inspection de soudage, et les deux chariots s'arrêtent après le capteur <<HEAD 1 PIPE IN>>, après une certaine distance que nous avons entrée précédemment <<DESC HEAD 1>>.

- L'inspection commence par la fixation du laser sur la soudure à suivre
- Abaisser les vérins (ROT, LOT, RIT, LIT) jusqu'au tuyau puis directement l'ouverture des vannes.
- Les moteurs à mouvement linéaire commencent à tourner à une vitesse bien définie pour se synchroniser à la vitesse des moteurs de rotation afin de former un mouvement hélicoïdal pour suivre la soudure.
- Le contrôle du fonctionnement des deux véhicules commence, et dès que les ondes détectent un défaut, la valve de peinture marque l'emplacement du défaut.
- Le test s'arrête et les vérins pneumatiques montent une fois que le tuyau est déplacé au-delà de la plage HEAD 1 PIPE IN d'une distance que nous avons précédemment entrée <<MONT HEAD 1>>.

III.2.2.3. HEAD 2

Une fois que HEAD 1 commence à examiner le tuyau, une râpe pénètre dans la zone HEAD 2 pour détecter la présence par le capteur <<HEAD 2 PIPE IN>> et le deuxième laser se positionne.

- Les vérins (ROD, LOD, RID, LID, RH, LH) sont abaissés et les vannes s'ouvrent, une fois que le tuyau a franchi la distance



Figure III.2: Test weld de soudure

requisse (**DESC HEAD 2**).

- Sa valve de peinture fonctionne comme la valve HEAD 1.
- L'examen s'arrête une fois que le tube sort de la distance (**MONT HEAD 2**) après le capteur **HEAD 2 PIPE IN**>><<>>.

III.2.2.4. OSCILLATEUR (tête 3) :

Après le début de la deuxième inspection de la tête 2, le tube entre dans la zone d'inspection de l'oscillateur pour vérifier l'efficacité de la structure du tube et l'absence de défauts selon les étapes suivantes :



Figure III.3: L'oscillateur (Tête 3)

- Le tube est capté par le capteur « **HEAD 3 PIPE IN** » pour parcourir une distance « **DESC BL1** », puis le vérin pneumatique « **BL1** » descend et en contact avec le tube l'électrovanne s'ouvre.
- Après une distance prédéfinie (**DESC BL2**), le cylindre **BL2** descend, touchant le tuyau, ouvrant la vanne.
- Les quatre vérins (BL3, BL4, BL5, BL6) restants de la tête 3 descendent un par un de la même manière que les précédents
- Les vérins reviennent à leurs places après que le tuyau s'écarte du capteur <<**HEAD 3 PIPE IN**>> de la même distance avec laquelle il est entré.

III.2.2.5. END 2 :

Une fois tous les contrôles précédents terminés et toutes les têtes arrêtées, le tuyau continue son chemin jusqu'à ce qu'il quitte le capteur « **END 2 PIPE IN** » d'une distance (**DESC END 2**) pour s'arrêter et le test commence comme suit :

- Après l'arrêt du tube, le vérin pneumatique « **E2-1** » descend jusqu'à le capteur « **END2S2** »
- Le vérin pneumatique <<**E2-2**>> va à la gauche jusqu'à le capteur <<**END2S3**>>
- Le vérin <<**E2-1**>> descend en touchant le tuyau la vanne d'eau s'ouvre.
- Dès que le tube touche le vérin « **E2-1** » et que la vanne s'ouvre,

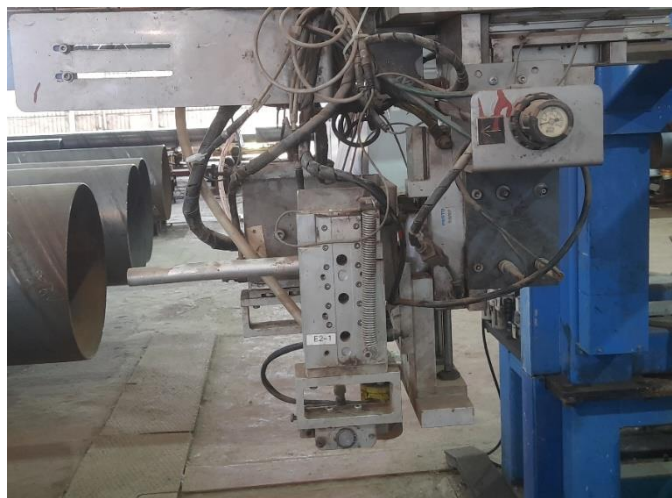


Figure III.4: END 2 (extrémité 2)

les moteurs des deux chariots effectuent un cycle complet de contrôle et s'arrêtent en mettant fin au test, et les vérins pneumatiques reprennent leur place.

III.2.3. Déchargement de tube :

Une fois l'inspection terminée, les chariots se dirigent vers la zone de déchargement pour descendre le tuyau.

- Les deux chariots s'arrêtent à la zone de déchargement.
- Les bras soulèvent le tuyau jusqu'à la ligne de transport pour suivre la prochaine inspection
- Lorsque le tube est abaissé, les bras reviennent à leur place, complétant ainsi toutes les étapes de l'examen [2].



Figure III.5: Le chariot

III.3. GRAFCET du système automatisé de la machine :

Pour expliquer graphiquement le fonctionnement de la machine, nous dessinons son GRAFCET.

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Étape Transition) est un outil de représentation graphique utilisé pour décrire les systèmes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposables en étapes¹. Il permet de représenter le fonctionnement d'un automate par un ensemble d'étapes, d'actions, de transitions entre étapes et de conditions de transition (réceptivités)¹. Le GRAFCET est particulièrement adapté aux systèmes industriels et informatiques où la séquentialité est importante [5].

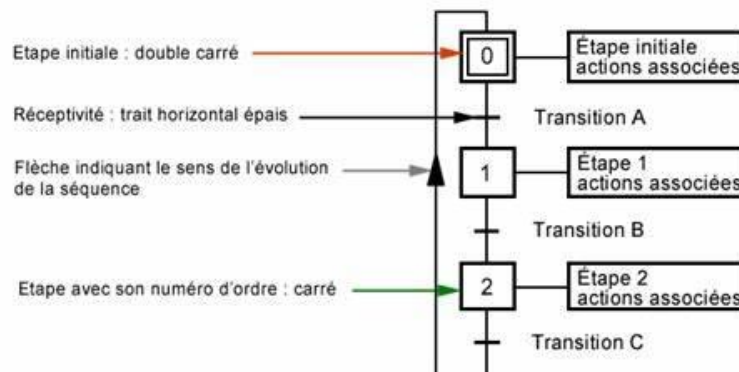


Figure III.6: un exemple pour le GRAFCET [5]

III.3.1. GRAFCET générale :

Ce GRAFCET représente les étapes séquentielles des deux chariots en mouvement pendant l'examen.

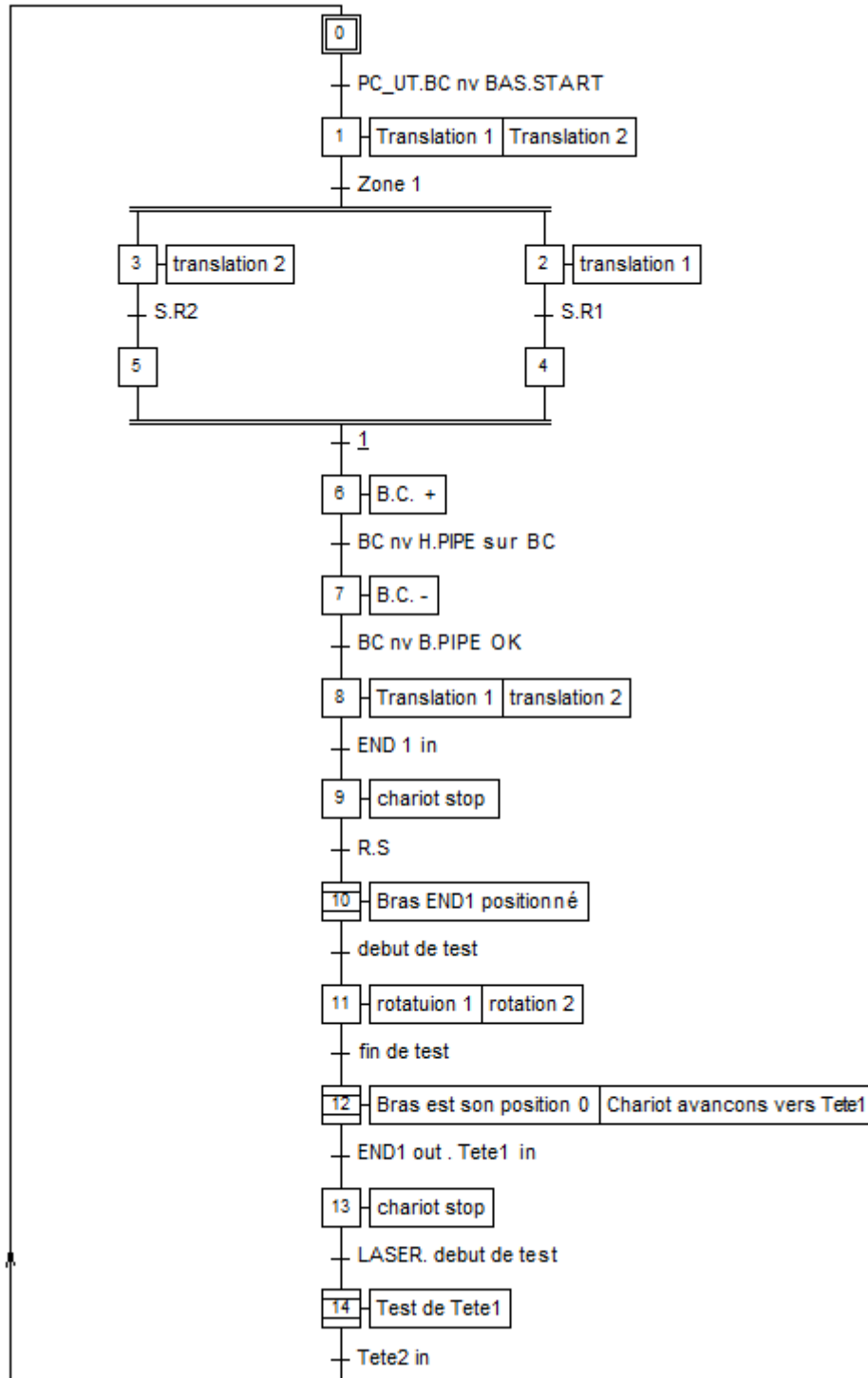


Figure III.7: GRAFCET de chariot partie 1

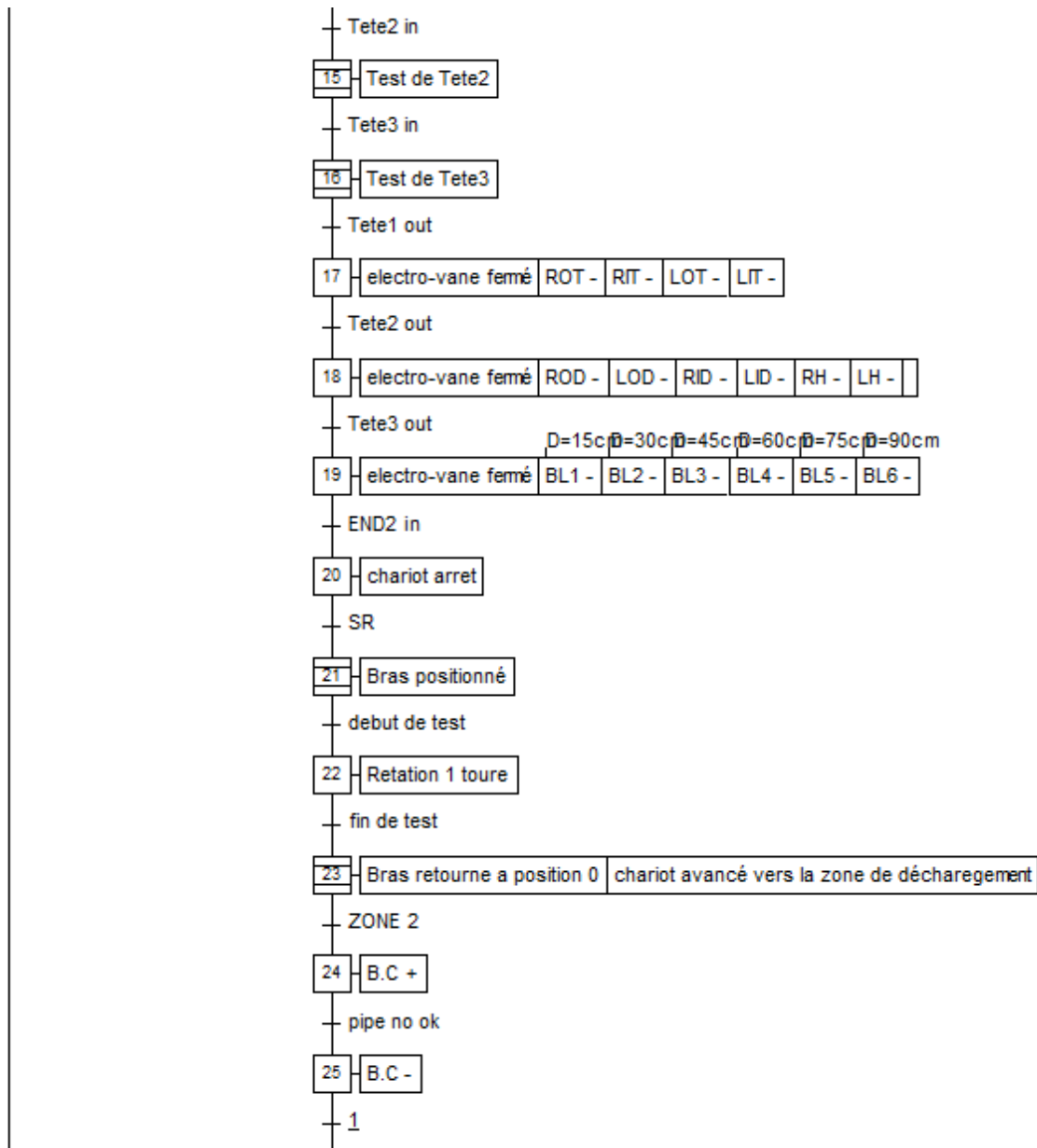


Figure III.8: GRAFCET de chariot partie 2

III.3.2. GRAFCET END 1 & 2 :

Le GRAFCET ci-dessous représente les étapes de travail et de déplacement de END1 &

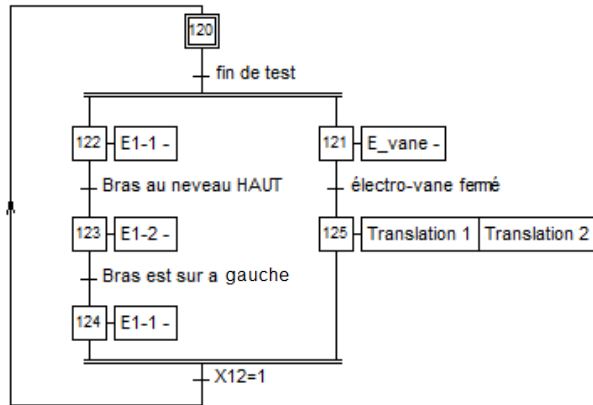
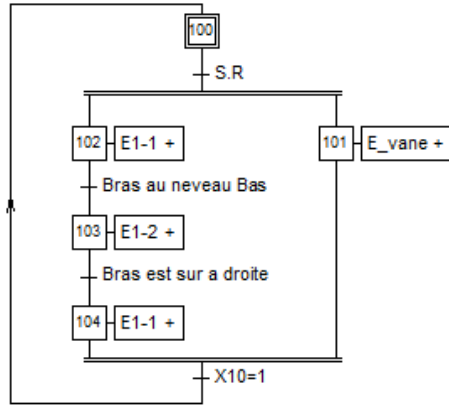


Figure III.10: GRAFCET de test de l'extrémité 1

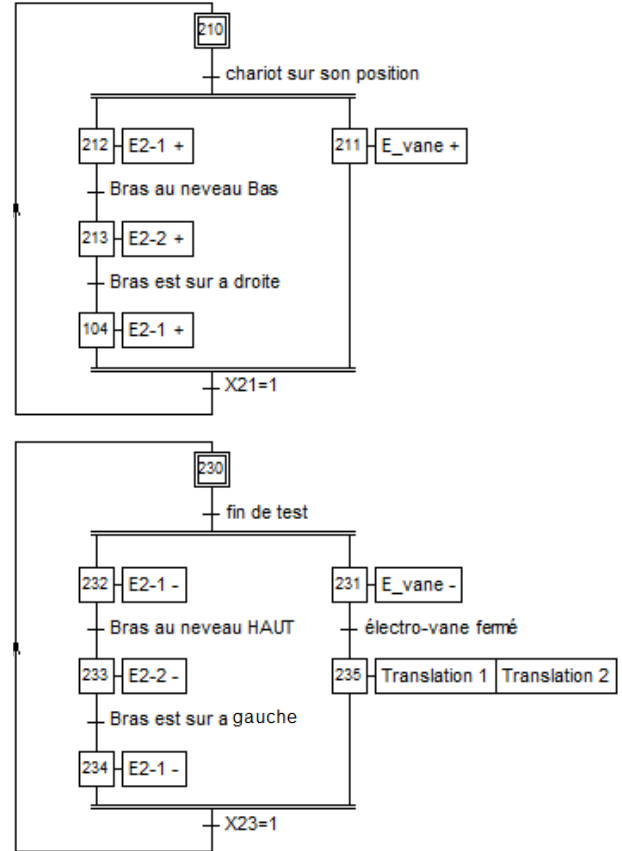


Figure III.9: GRAFCET de test de l'extrémité 2

END2

III.4. GRAFCET DE HEADs 1/2/3 :

Le GRAFCET ci-dessous représente les étapes d'action et de mouvement de HEAD1 & 2 & 3

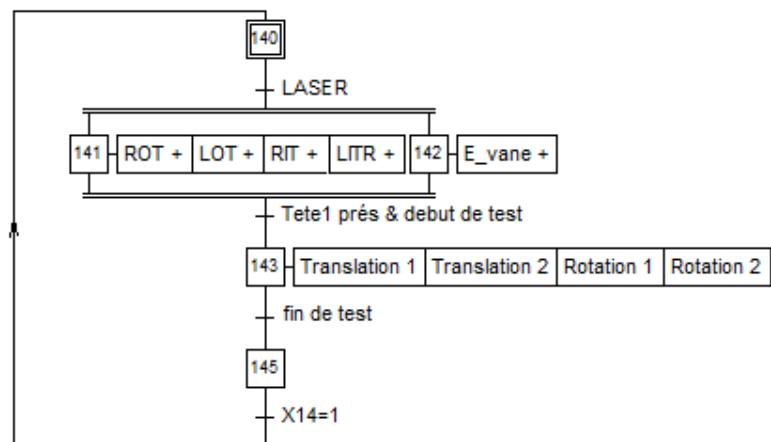


Figure III.11: GRAFCET de test de tête 1

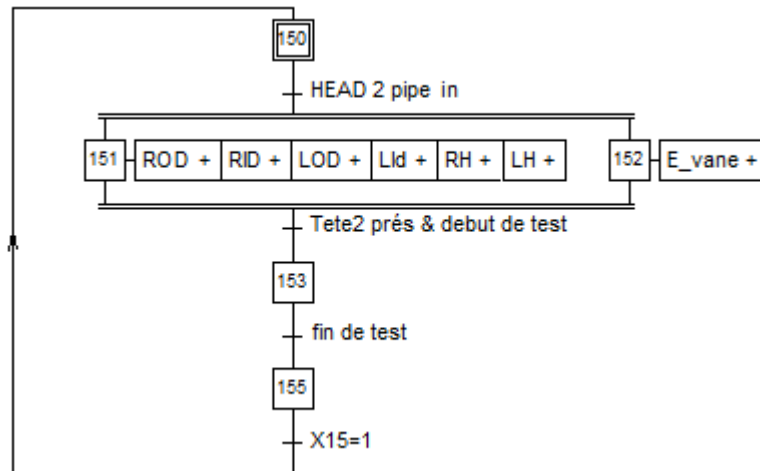


Figure III.13: GRAFCET de test tête 2

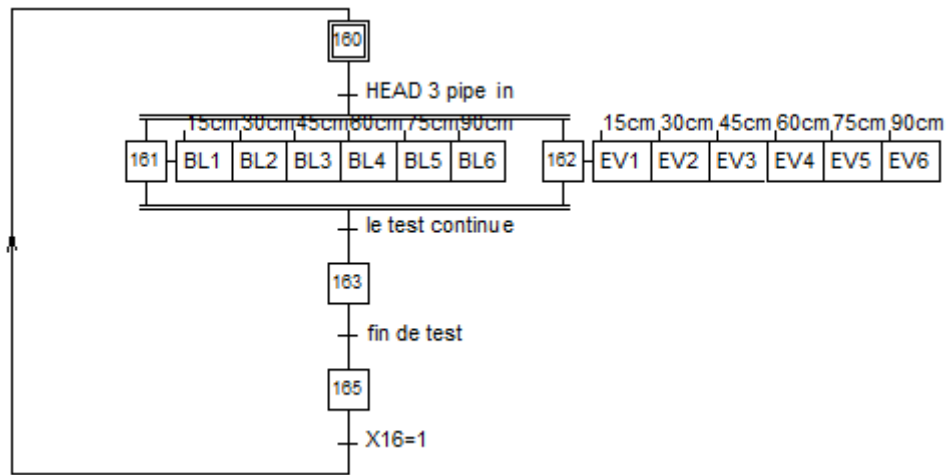


Figure III.12: GRAFCET de test de l'oscillateur

III.5. Calcul des vitesses des moteurs :

Pour que l'inspection se déroule complètement et avec la meilleure précision, il faut calculer la vitesse de chaque moteur qui dépend de plusieurs paramètres (la longueur et le diamètre de tube, la vitesse de soudure...etc.) pour obtenir un mouvement en spirale régulier.

III.5.1. Mode synchrone

Ce mode permet d'effectuer une translation et une rotation du tube avec une seule commande de déplacement. Les vitesses de translation et de rotation sont calculées par rapport à une vitesse de contrôle et d'un angle de soudure. Ces 2 valeurs sont données par l'opérateur [2].

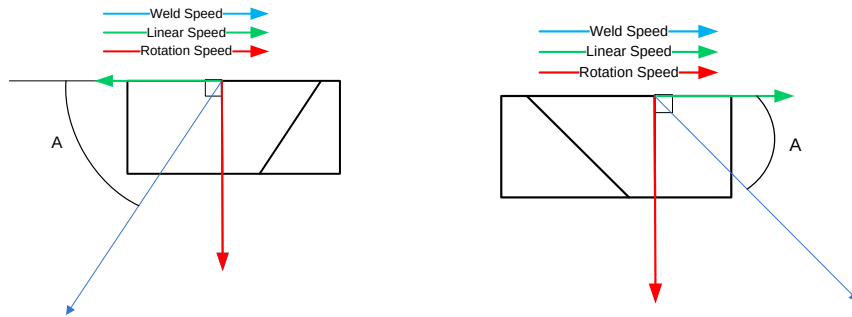


Figure III.14: les signaux des paramètres de test

III.5.2. Vitesse linéaire du tube

$$V_L = V_S \times \cos \beta \quad (\text{III.1})$$

III.5.3. Vitesse de rotation du tube

$$V_R = V_S \times \sin \beta \quad (\text{III.2})$$

III.5.4. Moteur linéaire vitesse de rotation

$$V_{LR} = \frac{V_L}{D_{RL} \times \pi} \times R_{RL} \times 60 \quad (\text{III.3})$$

III.5.5. Rotation moteur rotation Speed

$$V_{RR} = \frac{V_R}{D_{GR} \times \pi} \times R_{RR} \times 60 \quad (\text{III.4})$$

β : Angle par rapport à l'horizontale.

V_L : VITESSE LINEAIRE en mm/s

V_R : VITESSE ROTATION en mm/s

D_{RL} : DIAMETRE DU ROUE LINEAIRE en mm

R_{RL} : RATIO REDUCTEUR LINEAIRE en mm

D_{GR} : DIAMETRE DU GALLET ROTATION en mm

R_{RR} : RATIO REDUCTEUR ROTATION en mm

V_S : VITESSE DE SOUDURE en mm/s

III.5.5.1. La vitesse de soudure :

C'est l'un des plus importants paramètres définis dans le système, et sa valeur peut être réglée entre 1000 et 8000 mm/min. Par exemple, s'il est réglé à 6500 mm/min, cela signifie que la soudure se déplacera à 6500 mm par minute (ce n'est pas la vitesse de translation du tube). Ce paramètre affecte directement la vitesse du mouvement hélicoïdal synchronisé [2].

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons expliqué en détail le fonctionnement de la machine, on a tracé son GRAFCET et on a procédé au calcul des paramètres nécessaires pour obtenir un examen idéal.

Dans le prochain chapitre nous allons convertir tout cela en pilote en utilisant TIA PORTAL dans le séparateur de pieds, le charger dans le processeur et le tester.

Chapitre 4 :

**La programmation et la
supervision de la machine
par le TIA PORTAL V18**

IV. Chapitre 4 : la programmation et la supervision de la machine en TIA PORTAL V18

IV.1. INTRODUCTION :

L'automatisation consiste à réduire les activités qui nécessitent une intervention humaine et à rendre la production plus efficace.

La logique câblée est une technologie plus ancienne basée sur la logique des circuits de contrôle d'accès. Avec les progrès de la technologie, elle a été remplacée par une programmation logique utilisant des systèmes basés sur des microprocesseurs.

Dans cette section, nous présentons les bases de la technologie API ; suivi d'un aperçu du logiciel TIA Portal V18 de Siemens utilisé pour démarrer notre station.

Nous sommes également intéressés à développer l'interface graphique de supervision et de contrôle de la station, car cette dernière permettra à l'opérateur de visualiser l'état de la station ainsi que de la contrôler.

IV.2. La logique câblée :

Dans la logique câblée, les commandes de contrôle sont obtenues en connectant intelligemment des opérateurs matériels qui exécutent les fonctions de base d'une porte logique (portes : ET, OU, NON, NAND et NOR, relais normalement ouvert et relais normalement fermé). Selon la technologie utilisée, ceux-ci peuvent être hydrauliques (reliés à des canalisations), électroniques ou électriques statiques (reliés à des câbles).

La logique câblée, en revanche, présente un certain nombre d'avantages par rapport à la logique de programmation, expliqués ci-dessous [6].

IV.3. La logique programmée :

L'idée de la logique programmée est de n'utiliser qu'un seul jeu d'opérateurs de base (qui portera le nom d'unité logique). Pour réaliser une fonction logique donnée, on emploiera ce jeu unique pour calculer successivement les différents termes de la fonction et les combiner de manière à arriver ainsi, de proche en proche, au résultat cherché. On travaille donc en quelque sorte ici par "balayage". Il est clair que si ce balayage est répété à une cadence suffisamment rapide par rapport à la dynamique des signaux, on aura l'impression d'un fonctionnement parallèle semblable à celui de la logique câblée [6].

IV.4. Automates programmables industriels :

IV.4.1. Définition et historique de l'automate programmable industriel :

Les contrôleurs programmables (PLC) sont apparus aux États-Unis vers 1969 en réponse aux demandes de l'industrie automobile pour développer des lignes de production automatisées capables de suivre les changements technologiques et les modèles de production. L'évolution de l'industrie a conduit à une automatisation accrue des opérations électroniques. API a donc remplacé le boîtier relais en raison de sa flexibilité d'application, mais aussi parce que les coûts de transport et de maintenance étaient trop élevés [7].

L'Automatisation Industrielle est un appareil électronique spécialisé dans la surveillance et le contrôle en temps réel des activités industrielles et universitaires. Il exécute un ensemble d'instructions entrées dans sa mémoire sous forme d'un programme et s'apparente ainsi à une machine informatique. Il existe trois caractéristiques principales qui différencient réellement l'appareil des équipements informatiques tels que les ordinateurs utilisés en entreprise et dans l'industrie :

- Ils se connectent directement à différents capteurs et actionneurs en fonction de l'entrée/sortie.
- Ils travaillent dans des environnements industriels sévères (chaleur, vibrations, humidité, micro coupures électriques, etc.).
- Ils ont une fonctionnalité pratique grâce à la possibilité de programmer à l'aide d'un langage de programmation (SIMATIC S7) pour traiter les fonctions automates.

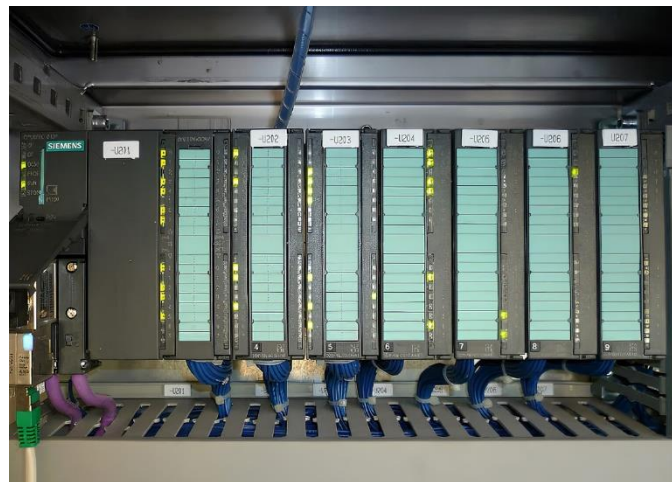


Figure IV.1: Automate [9]

IV.4.2. Structure des systèmes automatisés :

IV.4.2.1. La partie opérative (OP) :

C'est la partie mécanique du système automatisé.

IV.4.2.2. La partie commande (P.C) :

Coordonnant la succession des actions sur la Partie Opérative

IV.4.2.3. La partie interface (P.I) :

C'est la partie entre PO et PC, c'est-à-dire instructions et informations [8].

IV.5. TIA PORTAL V18 :

TIA Portal est le logiciel central pour toutes les autres activités de développement logiciel : programmation et intégration de la configuration des appareils dans les produits à réaliser. Les fonctionnalités du port TIA permettent au logiciel de partager une base de données unique, offrant ainsi une unité et une intégrité pour la gestion et les opérations du système [10].

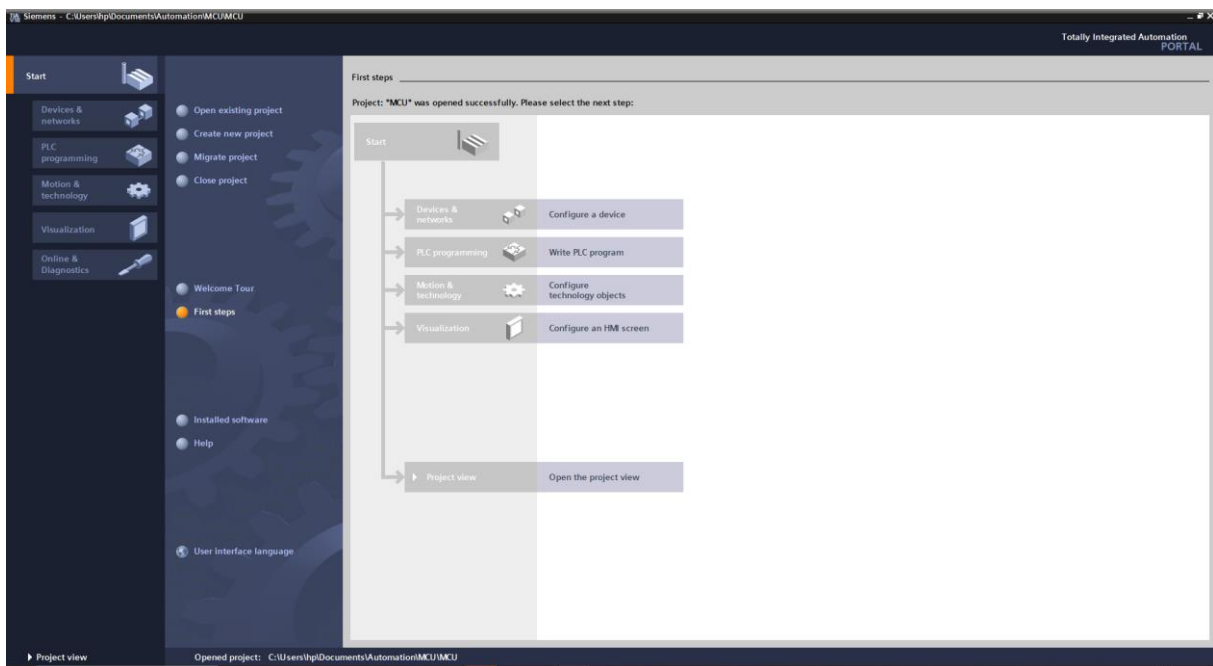


Figure IV.2: Vue TIA PORTAL V18

IV.6. Les caractéristiques de l'API utilisé dans la simulation :

Pour notre projet, nous avons choisi l'automate programmable industriel (API) « Siemens s7-300 cpu315-2DP » pour piloter notre machine de détection de défaut par ultrason.

IV.6.1. Le CPU315-2DP :

C'est une CPU dédié pour les moyennes applications et qui possède les caractéristiques suivantes :

- Mémoire de travail 256 Ko
- 1 000 instructions / 0,05 ms
- Interface MPI+DP (maître DP ou esclave DP)
- Configuration multiniveau jusqu'à 32 modules
- Capable d'envoyer et de recevoir en échange direct de données
- Temps de cycle de bus constant, routage, communication S7 (FB/FC chargeables)
- Micrologiciel V3.3
- Également disponible en tant que module SIPLUS avec le numéro d'article 6AG1 315-2AH14-2AY0.



Figure IV.3: CPU 315-2 DP

IV.6.2.AS-Interface :

Les industries ont des exigences différentes à l'égard des systèmes informatiques modernes, mais celles-ci incluent toujours la fourniture de fonctions nécessaires de bonne qualité. AS-Interface, ou AS-i en abrégé, offre exactement cela. L'idée n'était pas de développer l'automatisation à l'échelle mondiale, mais de concevoir un système pratique et économique qui serait utilisé de manière simple, fiable et peu coûteux pour connecter un capteur à un autre et le faire sur le terrain.

Aujourd'hui, AS-Interface constitue un élément important de l'industrie moderne. De nombreuses machines et moteurs peuvent être connectés et alimentés via le populaire câble Internet AS. Le faisceau de câblage commun aux systèmes traditionnels est libéré. Par conséquent, un câblage simple et l'élimination du matériel structurel inutile, accessible même sans formation grâce à la technologie fiable Click and Go, permettent de réaliser des économies significatives. AS-Interface c'est avéré être un complément précieux à la solution globale de bus de terrain, tant sur le plan technologique qu'économique. Étant un système de câblage intelligent plutôt qu'une véritable plate-forme, AS-Interface n'est pas destiné à remplacer les solutions réseau complexes.



Figure IV.4: Module AS-I

La topologie de réseau sélectionnée facilite au maximum la mise en place du réseau AS-Interface et simplifie la configuration. Les erreurs système vulnérables entraînent souvent des retards lors de l'installation. Par conséquent, l'un des facteurs les plus importants lors de la conception du système AS-Interface était de minimiser la source d'erreurs. La protection de polarité par câbles asymétriques fait partie des mesures prises [11].

IV.6.2.1. Avantages de l'interface AS-I :

- Concept de câblage économique pour le niveau de champ inférieur dans les environnements industriels difficiles.
- Peut être connecté à tous les systèmes de bus de terrain courants via des passerelles, des liaisons ou des coupleurs réseau
- Sélection libre de la topologie du réseau
- Installation facile et peu coûteuse, faibles coûts de raccordement
- Installation pratiquement sans erreur grâce à l'utilisation du câble plat asymétrique AS-Interface
- Plus d'espace dans l'enceinte grâce à l'omission des arbres à câbles traditionnels
- Facile à configurer
- Diagnostic facile
- Modulaire [11]

Nous utilisons AS-I 343-2

Ses caractéristiques :

- Micrologiciel V3.0/V3.1
- Module de base pour raccordement AS-i
- Prise en charge des esclaves AS-i A/B et des esclaves analogiques AS-i-7.3/7.4 et des esclaves selon la spécification AS-i V3.0.

IV.6.3. Autre matérielle :

- PS 307 5A. (c'est quoi ce matériel)
- DI 16/DO 16x24VDC/0.5A (la aussi)

- DI 32x24VDC

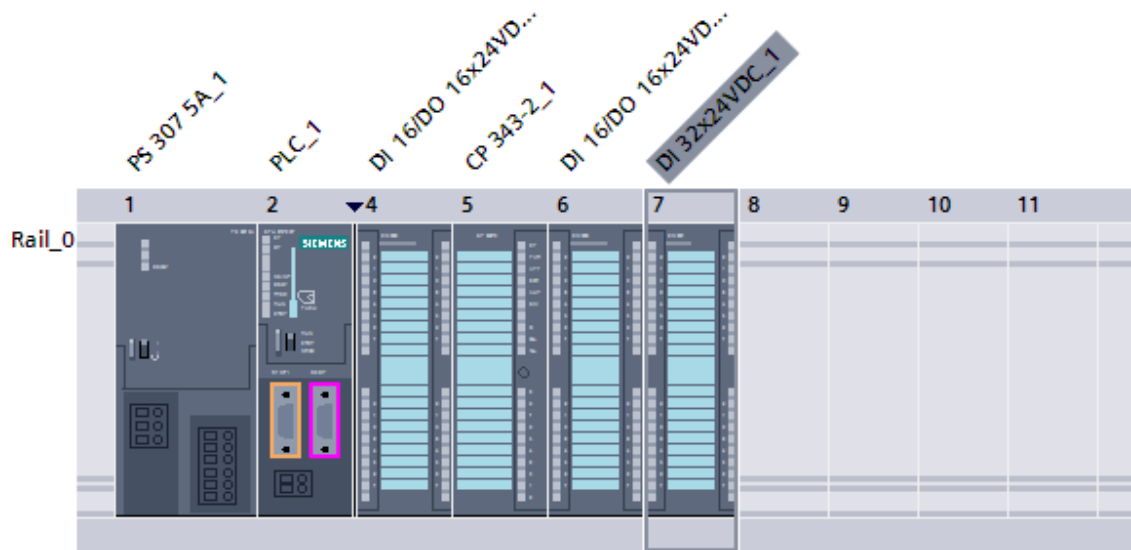


Figure IV.5: Les caractéristique de l'API

IV.6.4.La configuration du matérielle :

Afin de programmer le processeur et de préparer les matériaux de la machine, nous

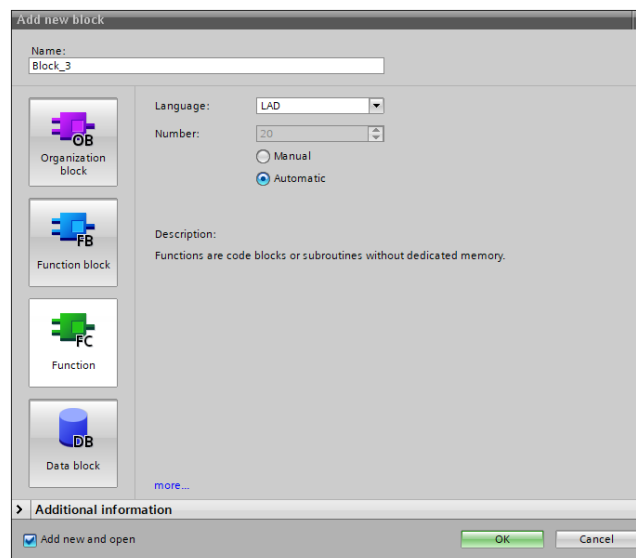


Figure IV.6: les blocs de programmation

avons besoin de plusieurs types de blocs, à savoir :

IV.6.4.1. Bloc d'organisation OB :

Ils supervisent le développement du programme. Il est possible de réagir de manière séquentielle, périodique ou accidentelle pendant l'exécution du programme via l'OB. Le programme OB nécessitera une variété de tâches.

IV.6.4.2. Le bloc fonctionnel – FB :

Il s'agit de codes qui stockent en permanence les paramètres d'entrée, de sortie et d'entrée/sortie afin qu'ils soient accessibles même après le traitement.

IV.6.4.3. Les fonctions – FC :

C'est un morceau de code sans mémorisation interne. Une fois la fonction activée, les données de la variable temporaire se seront perdues. Si nous voulons stocker ces informations, nous devons utiliser des transactions globales. Ils sont utilisés dans des applications de la programmation utilisées de manière répétée. Cela simplifie le processus.

IV.6.4.4. Bloc des données (DB) :

Le bloc de données (DB) est utilisé pour stocker les données d'application.

IV.6.5. Elaboration du programme TIA PORTAL V18 :

Pour mieux organiser le projet, nous avons divisé le programme en plusieurs parties et assigné une tâche spécifique à chaque partie.

L'état opérationnel du projet est indiqué ci-dessous :

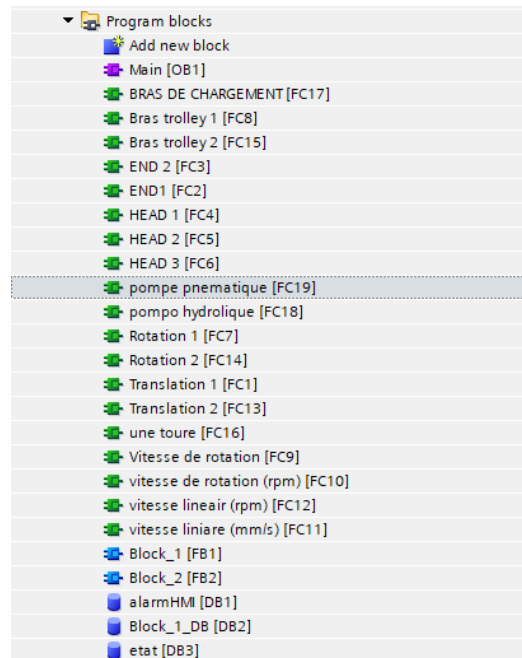


Figure IV.7: la structure de programme

IV.6.5.1. La configuration de OB1 :

Les appels de fonction sont des fonctions utilisées pour exécuter diverses fonctions et programmes.

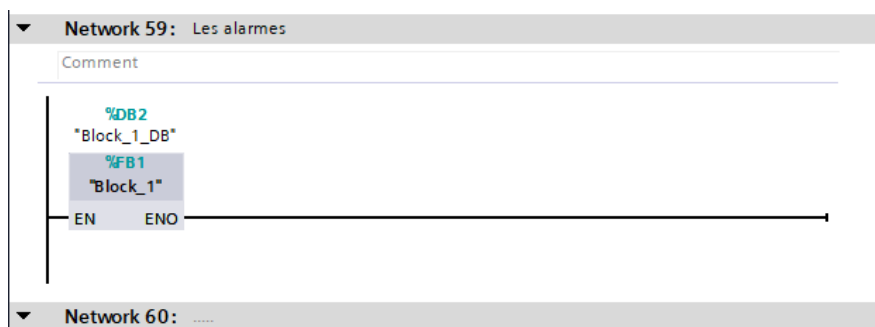


Figure IV.8: vue de fonction des alarmes

IV.6.5.2. GRAFCET

Traduction du GRAFCET de notre station vers le langage ladder.

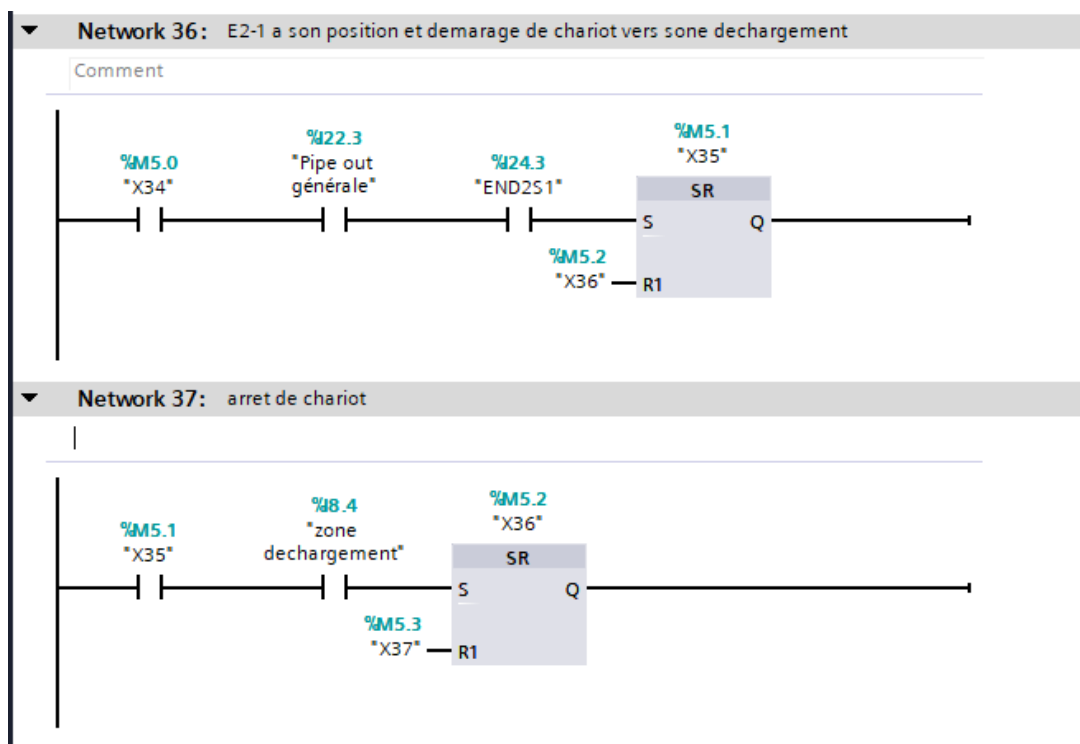


Figure IV.9: Deux Étapes de GRAFCET

IV.6.5.3. La translation de chariot 1 :

Cette fonction est le produit du programme LADDER pour la programmation et le contrôle des moteurs à mouvement linéaire.

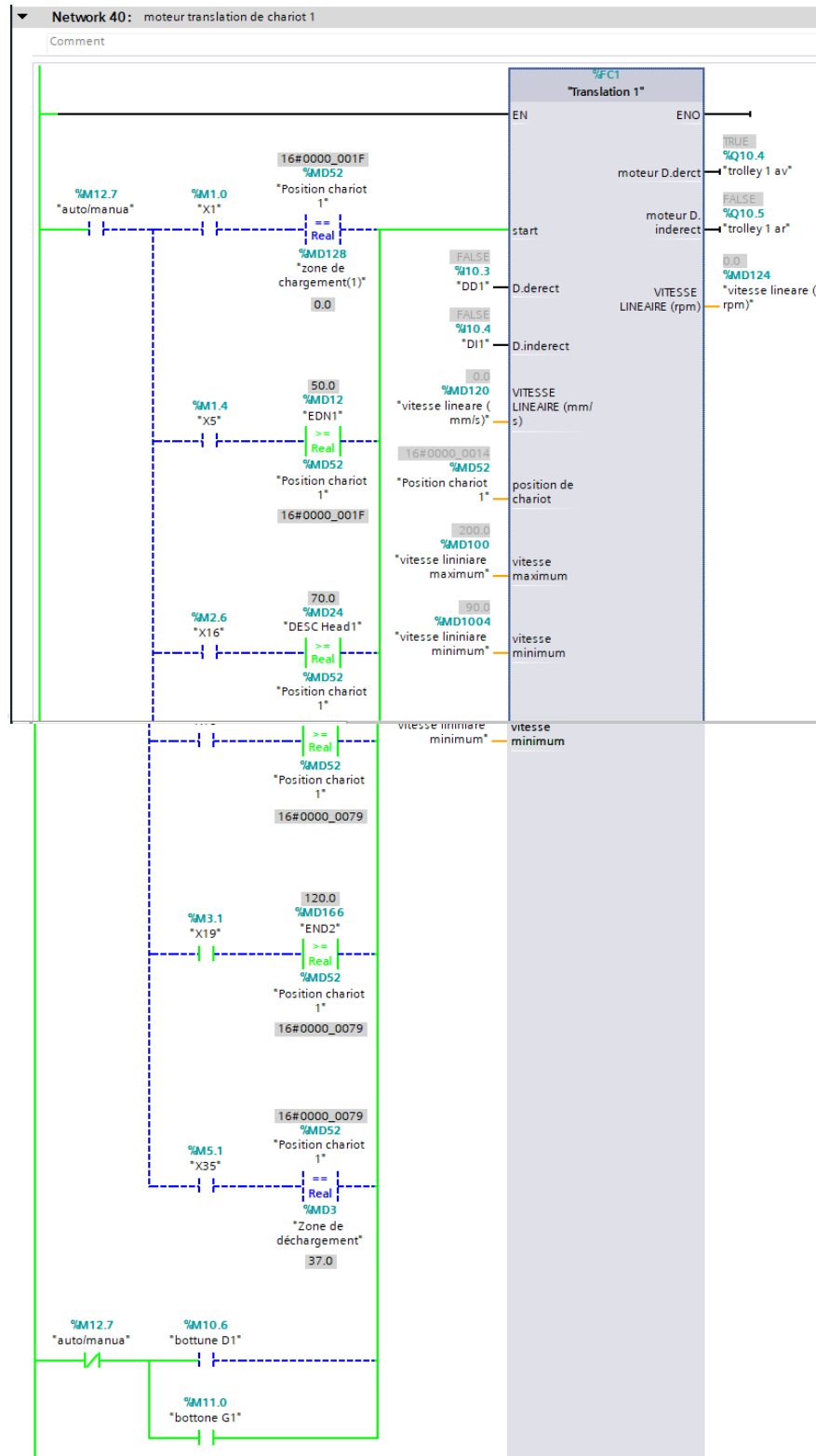


Figure IV.10: La fonction de translation de chariot 1

IV.6.5.4. Moteur de rotation du chariot 1

Cette fonction montre le programme du moteur de rotation du chariot 1.

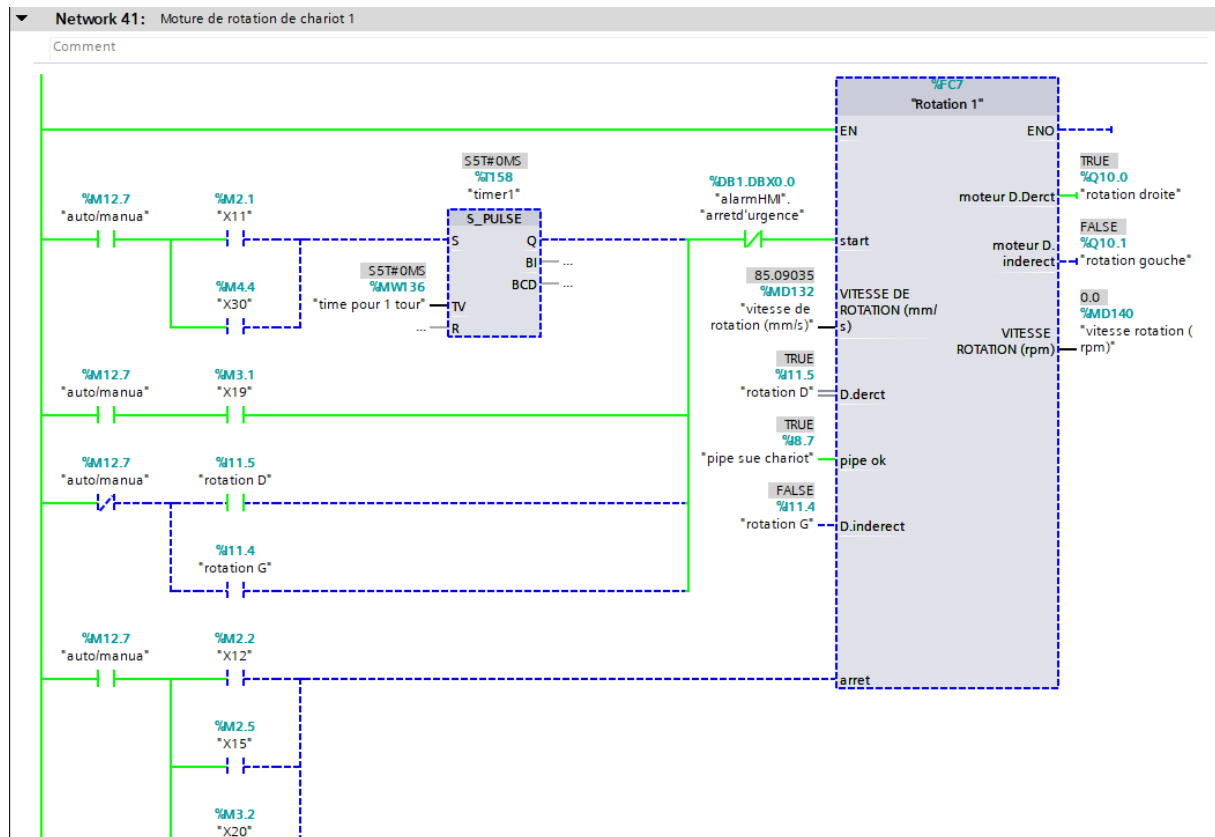


Figure IV.11: la fonction de rotation de chariot 1

IV.6.5.5. Les bars de chariot 1 :

Ce processus représente le programme LADDER pour contrôler les bras des deux véhicules

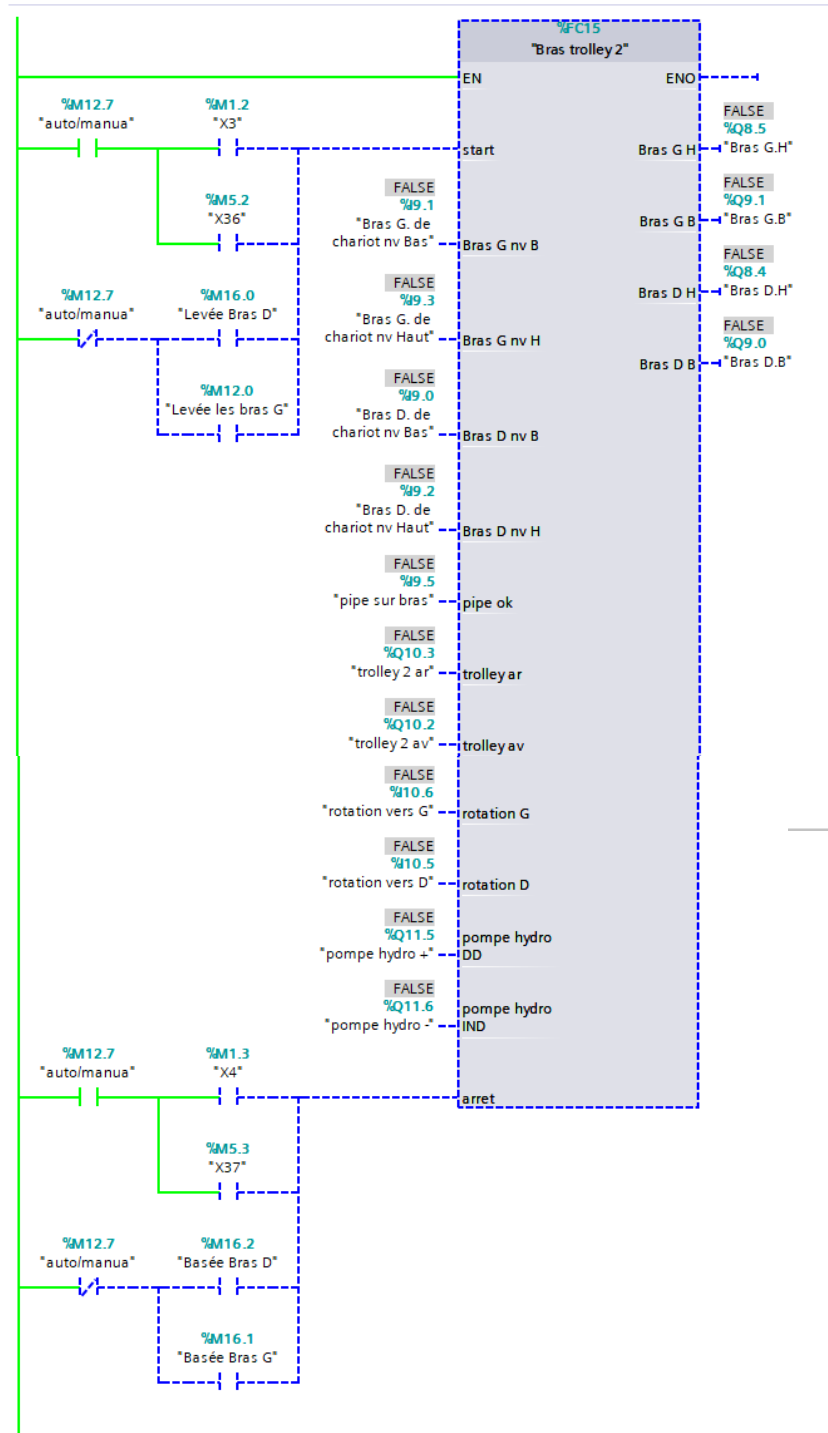


Figure IV.12: la fonction des bras de chariot 2

IV.6.5.6. La fonction d'END 1 :

Cette fonction représente le programme de END1(extrémité 1)

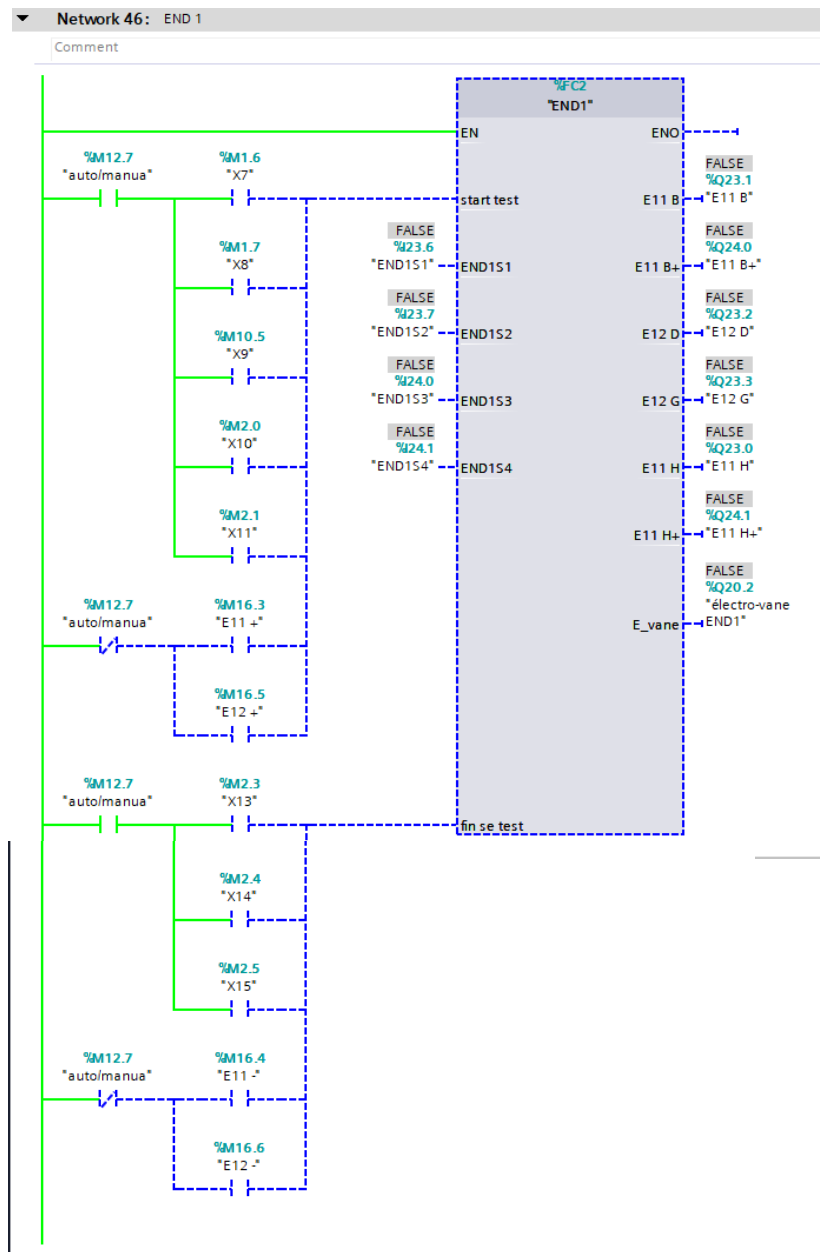


Figure IV.13: la fonction de l'extrémité 1

IV.6.5.7. HEAD 1 :

La fonction suivante montre le programme de HEAD 1 (tête 1)

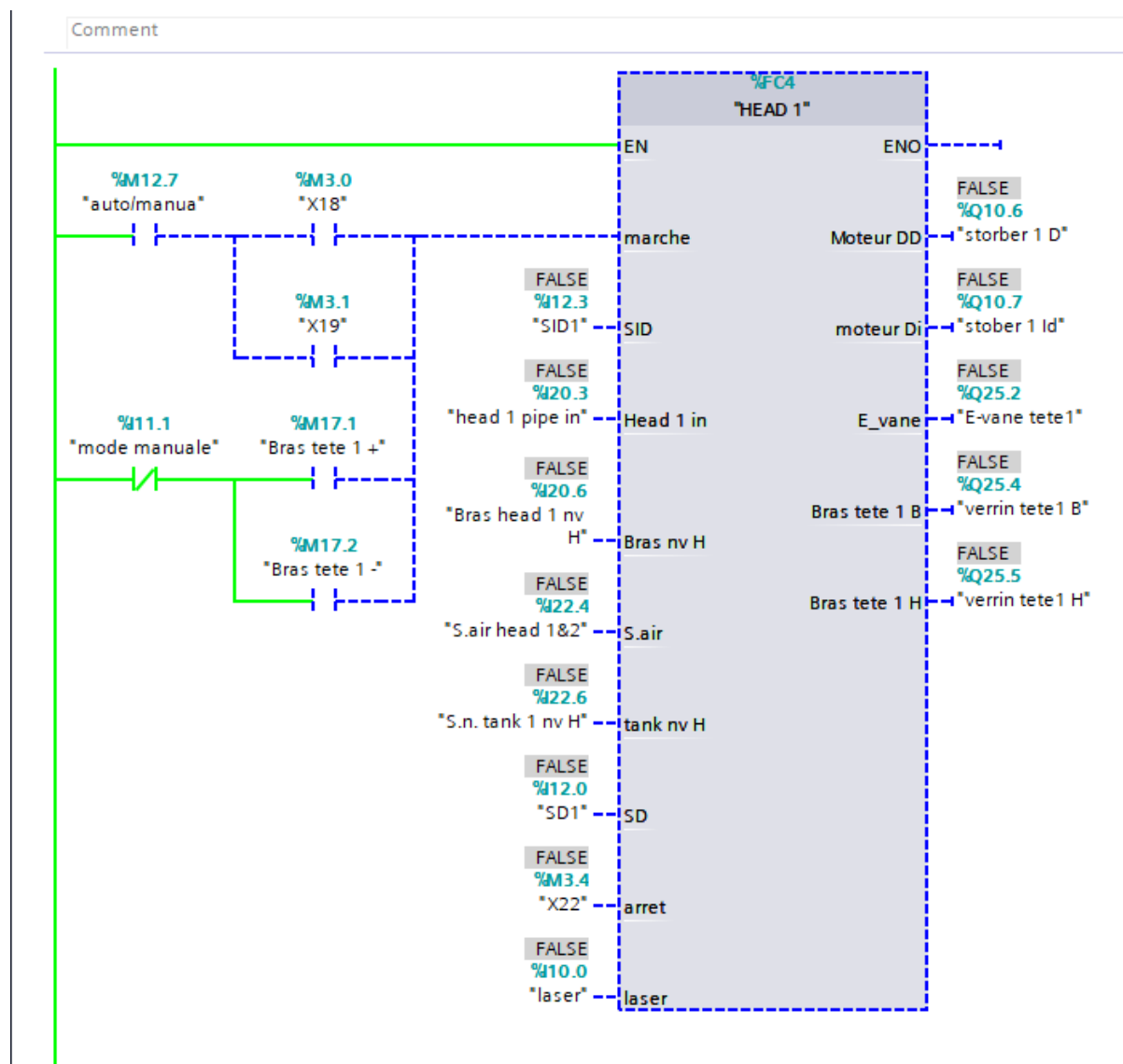


Figure IV.14: la fonction de tête 1

IV.6.5.8. HEAD 2 :

La figure ci-dessus c'est la fonction de HEAD 2 (tête 2)

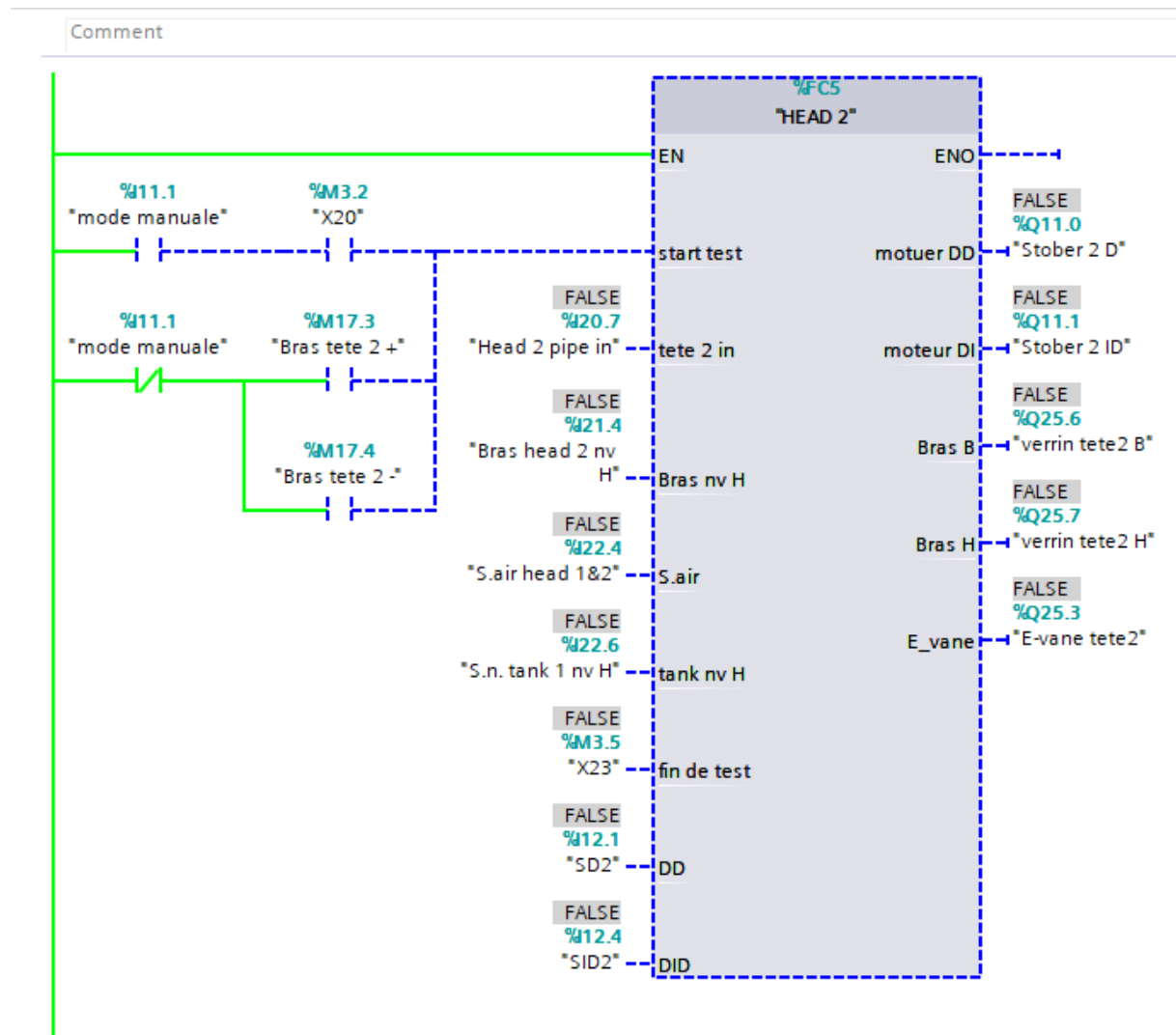


Figure IV.15: la fonction de tête 2

IV.6.5.9. HEAD 3 :

La figure suivante montre le programme de contrôle de la tête3

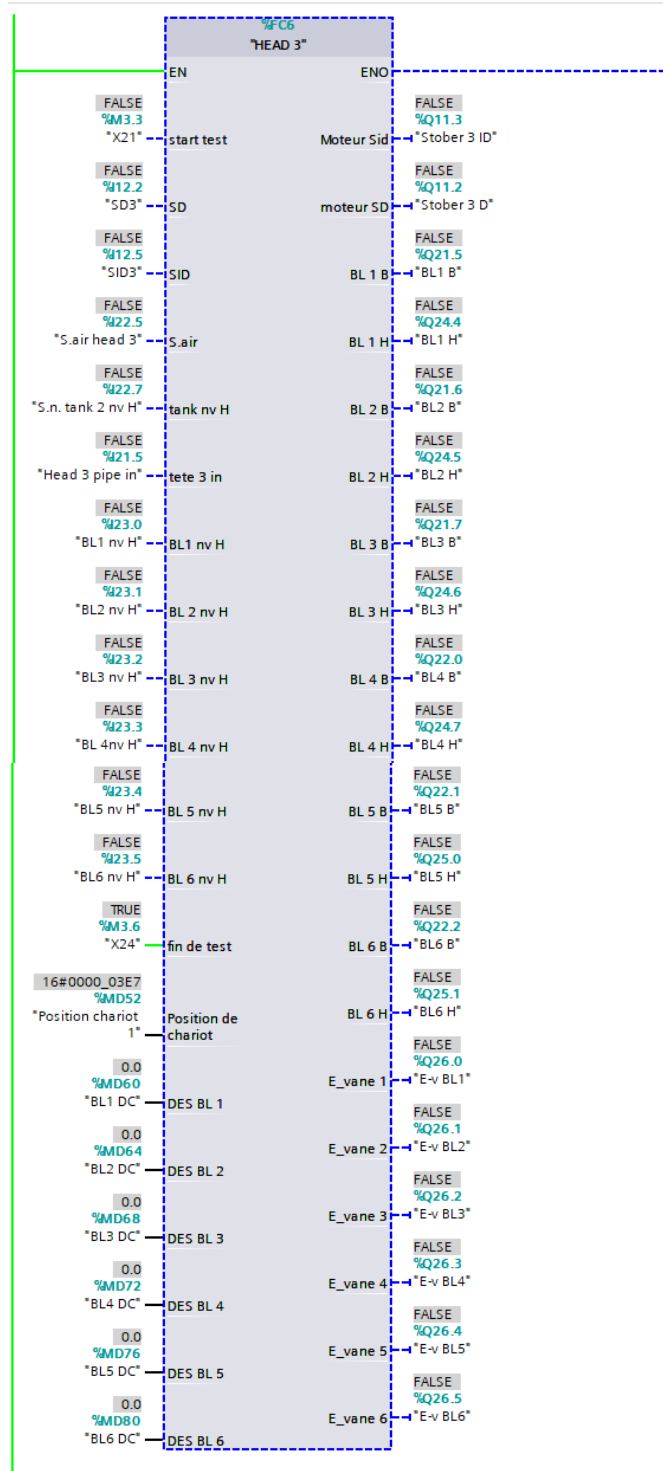


Figure IV.16: la fonction de l'oscillateur

IV.6.5.10. END 2 :

Cette fonction représente le programme du dernière test END 2

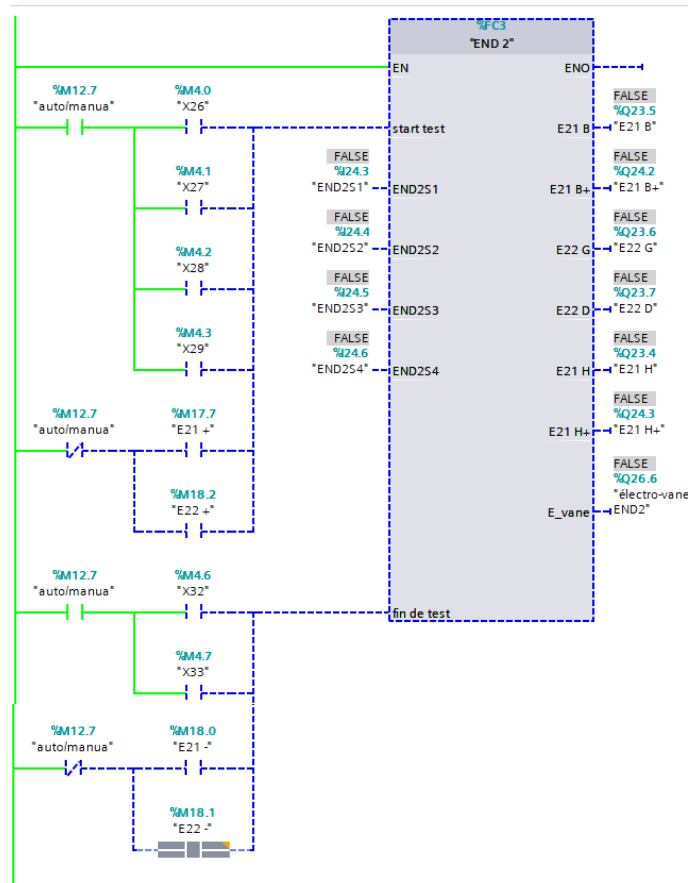


Figure IV.17: la fonction de l'extrémité 2

IV.6.5.11. Les fonctions des vitesses :

IV.6.5.11.1. Vitesse de rotation en mm/s de tube :

La fonction de la figure (IV.18) calcule la vitesse de rotation de tube d'une manière à avoir une synchronisation avec sa vitesse linéaire (mouvement solitaire).

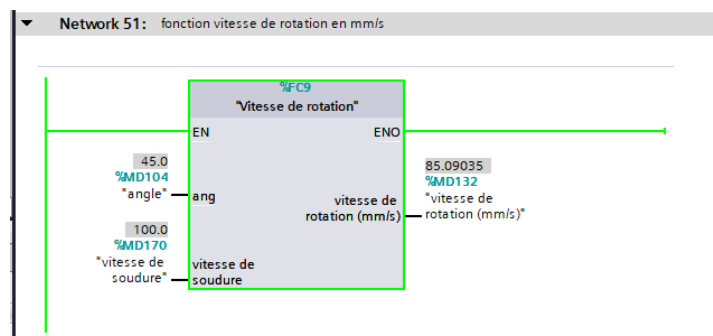


Figure IV.18; la fonction de vitesse de rotation de test

IV.6.5.11.2. Vitesse Linéaire en mm/s :

Après le calcul de la vitesse de rotation, on calcule sa vitesse linéaire par la fonction de la figure (IV.19) pour obtenir la synchronisation de la soudure avec le laser.

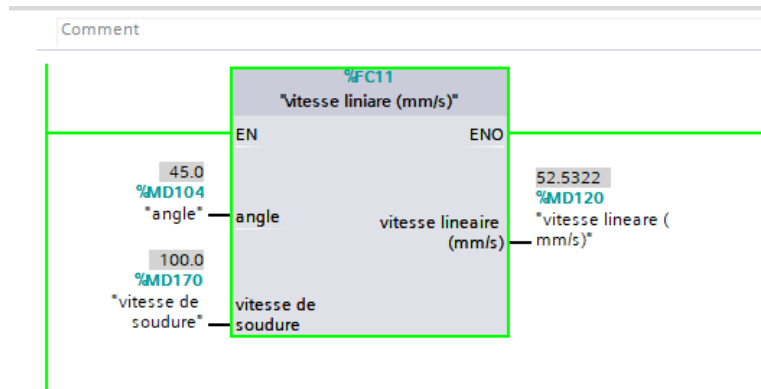


Figure IV.19: la fonction de vitesse linéaire de test

IV.6.5.11.3. Vitesse de Rotation des moteurs en (tr/m) :

La fonction de la figure (IV.20) calcule la vitesse de rotation des moteurs après que le CPU reçoive la vitesse de rotation de tube et les paramètres du moteur.

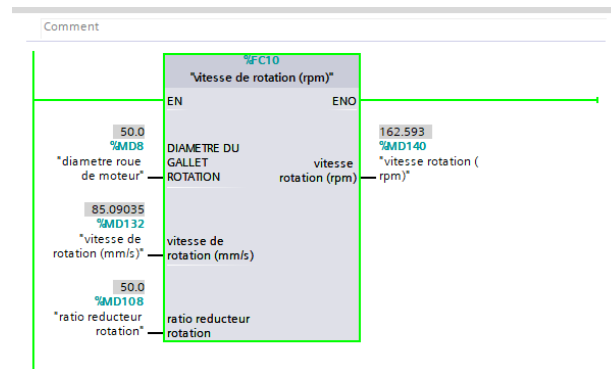


Figure IV.20: la fonction de vitesse de rotation de moteur de rotation

IV.6.5.11.4. Vitesse de rotation des deux moteurs en mouvement linéaire de tube (tr/m) :

La fonction de la figure (IV.21) calcule la vitesse de rotation des moteurs utilisée pour le mouvement linéaire de tube après la réception de la vitesse linéaire de tube et les paramètres du moteur par le CPU.

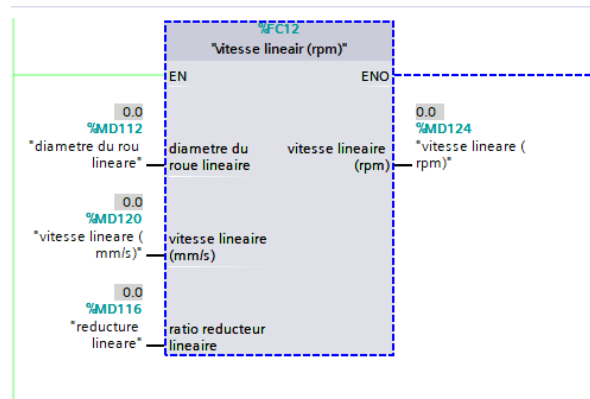


Figure IV.21: la fonction de vitesse de rotation de moteur de mouvement linéaire

IV.7. La supervision :

Après avoir terminé le programme et vérifié qu'il est exempt de défauts et d'erreurs, vient l'étape suivante, qui est la supervision, et elle est programmée sous la forme d'un panneau de commande IHM.

La supervision industrielle est un domaine essentiel où la technologie et la gestion opérationnelle se rejoignent pour redéfinir les normes de l'industrie. Elle englobe l'ensemble des dispositifs et les systèmes visant à surveiller, contrôler et optimiser les processus industriels¹. Voici quelques points clés à retenir :

IV.7.1. La différence entre le contrôle et la supervision :

Contrôle : Il s'agit de la capacité à modifier l'état d'un système ou d'un processus en réponse à des entrées spécifiques. Les systèmes de contrôle ajustent les paramètres de fonctionnement en temps réel pour garantir la stabilité et l'efficacité des processus.

Supervision : Elle se concentre sur l'observation et l'analyse des données provenant des équipements. La supervision offre une vue d'ensemble des opérations, permettant aux opérateurs de détecter les anomalies, d'anticiper les dysfonctionnements et de prendre des décisions éclairées.

IV.7.2. Avantages de la supervision industrielle :

- Optimisation de l'efficacité opérationnelle
- Réduction des temps d'arrêt
- Gestion optimisée de l'énergie
- Amélioration de la qualité du produit
- Sécurité renforcée
- Prise de décision informatisée

- Rentabilité accrue [12].

IV.8. Panel IHM :



Figure IV.22: un panneau HMI [14]

Un système IHM (Interface Homme Machine) est un système de communication entre une personne et une machine ou entre un système et un autre dispositif. Même si le mot peut être utilisé techniquement pour désigner tout affichage permettant à l'utilisateur d'interagir avec un dispositif, l'IHM est le plus fréquemment employé dans le domaine des processus industriels qui gèrent et inspectent les machines de production. Par ailleurs, le terme "Human Machine Interface" est abrégé en HMI. On peut également appeler cette interface HMI, Pupitre opérateur, Interface Homme Machine, Terminal Opérateur, Interface Opérateur, IHM, etc. [13].

Et programmation via SIMATIC WINCC.

IV.8.1.SIMATIC WINCC :

SIMATIC WinCC est un logiciel de visualisation de processus novateur et flexible. Grâce à un ensemble de fonctionnalités puissantes, il est possible de surveiller et de gérer de manière transparente les processus automatisés dans tous les domaines. Même en utilisant le système de base, vous avez accès à toutes les fonctionnalités nécessaires pour :

- Visualisez les processus et concevez une interface utilisateur graphique contemporaine.
- Gestion et suivi des processus grâce à cette interface intuitive [15].

IV.8.2.Programmation IHM :

La première étape consiste à choisir et ajouter le panneau

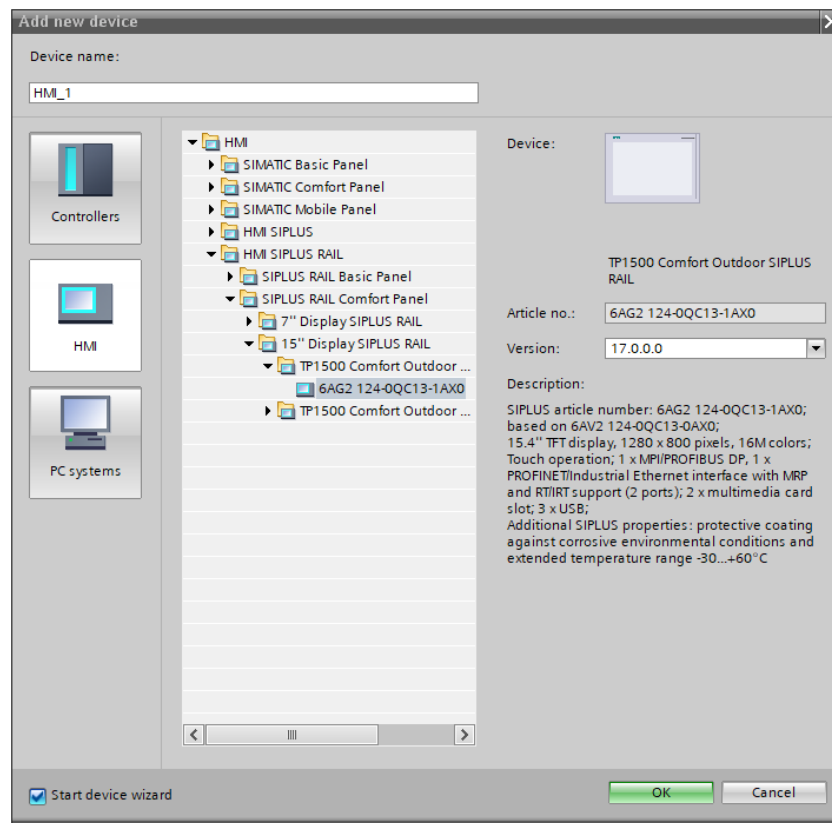


Figure IV.23. Ajouter un panneau HMI

- Commencez ensuite à ajuster les paramètres du panneau, tels que le nombre d'écrans, le type d'alarmes, etc.
- Après l'avoir configuré, on le connecte au CPU pour télécharger le programme et les adresses

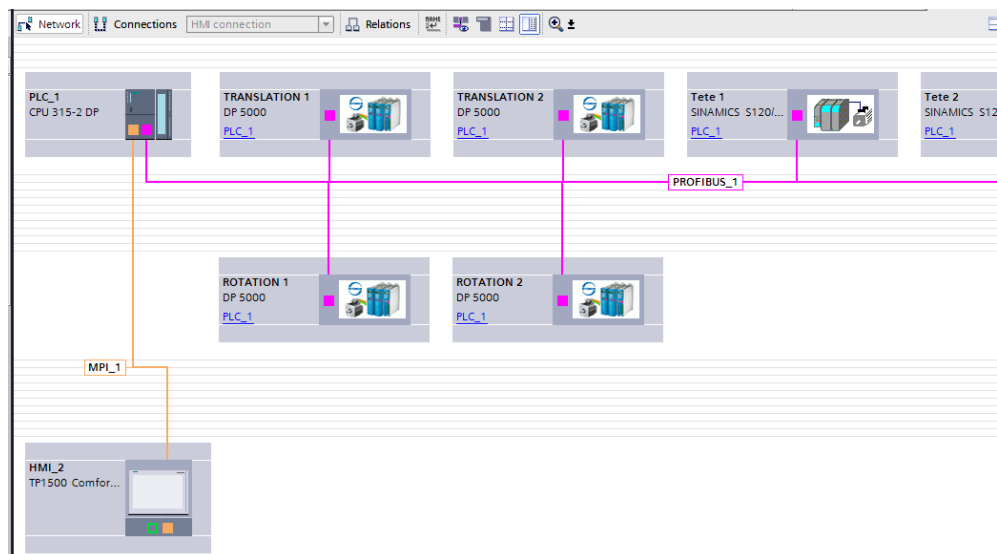


Figure IV.24: vue de projet

- Après avoir connecté HMI au CPU, on télécharge les adresses.

AIR 1	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	"AIR 1"	%M601.4
AIR 2	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	"AIR 2"	%M601.5
alarmHMI_alarme	Default tag table_1	Word	HMI_Connection...	PLC_1	"ALARMS 2"	%MW605
alarmHMI_alarme(1)	Default tag table	Word	HMI_Connection...	PLC_1	alarm	%MW600
alarmHMI_trolley 1 & 2	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	alarmHMI."trolley 1 & 2"	%DB1.DBX2.0
Alarms	Default tag table_1	Word	HMI_Connection...	PLC_1	<Undefined>	%DB1.DBW0
Angle par rapport a l'horizontale	Default tag table_1	Real	HMI_Connection...	PLC_1	"Angle par rapport a l'hor..."	%MD48
arreturgence	Default tag table_1	Int	HMI_Connection...	PLC_1	arreturgence	%MW84
ARRETDURGENCE(1)	Default tag table	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	"ARRETDURGENCE(1)"	%M600.0
auto/manua	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	"auto/manua"	%M12.7
Basée Bras D	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	"Basée Bras D"	%M16.2
Basée Bras G	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	"Basée Bras G"	%M16.1
BL1	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	BL1	%Q8.6
BL1 DC	Default tag table	Real	HMI_Connection...	PLC_1	"BL1 DC"	%MD60
BL2	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	BL2	%Q8.7
BL2 DC	Default tag table	Real	HMI_Connection...	PLC_1	"BL2 DC"	%MD64
BL3	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	BL3	%Q9.2
BL3 DC	Default tag table	Real	HMI_Connection...	PLC_1	"BL3 DC"	%MD68
BL4	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	BL4	%Q9.3
BL4 DC	Default tag table	Real	HMI_Connection...	PLC_1	"BL4 DC"	%MD72
BL5	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	BL5	%Q9.4
BL5 DC	Default tag table	Real	HMI_Connection...	PLC_1	"BL5 DC"	%MD76
BL6	Default tag table_1	Bool	HMI_Connection...	PLC_1	BL6	%Q9.5
BL6 DC	Default tag table	Real	HMI_Connection...	PLC_1	"BL6 DC"	%MD80

Figure IV.25: table des tags

- Commencez ensuite à dessiner et à planifier les écrans à l'aide de la bibliothèque WINCC

IV.8.3.Bibliothèque WINCC :

DMC, Inc. a travaillé sur la création de la bibliothèque ouverte de Siemens pendant plusieurs années. La bibliothèque a été documentée par DMC en collaboration avec Siemens Industrie et publiée en tant que bibliothèque open source ouverte à tous. Les utilisateurs pourront contribuer au contenu de la bibliothèque, qui est open source, afin d'améliorer la disponibilité globale des fonctionnalités pour l'ensemble de la communauté d'utilisateurs de Siemens.

Les applications S7-1200 et S7-1500 qui utilisent un Siemens Unifie Confort Panel, Confort Panel, WinCC Advanced RT ou WinCC Professional peuvent bénéficier de cette bibliothèque. Les processeurs S7-300 et S7-400 ont été adaptés avec des modifications spéciales, mais ils ne sont plus en cours de développement (la version finale est 2.1). Portal a été initialement développé avec la version V13 SP1, tandis que la version actuelle est la V19. Toutefois, le projet bénéficie du soutien de la communauté et de DMC - des mises à jour seront publiées régulièrement [15].

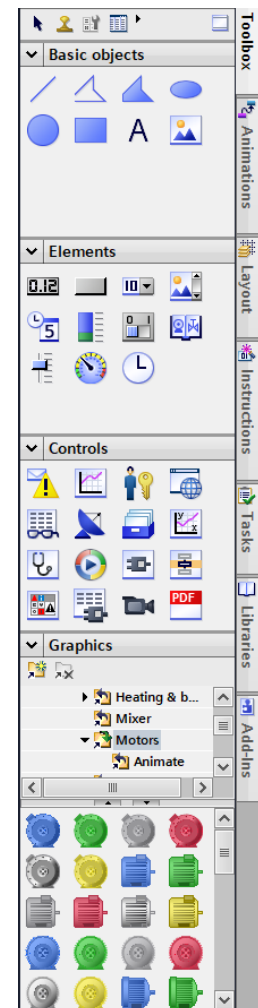


Figure IV.26: bibliothèque WinCC

- A l'aide de la bibliothèque, nous choisissons les symboles et les formes nécessaires pour former notre panneau HMI

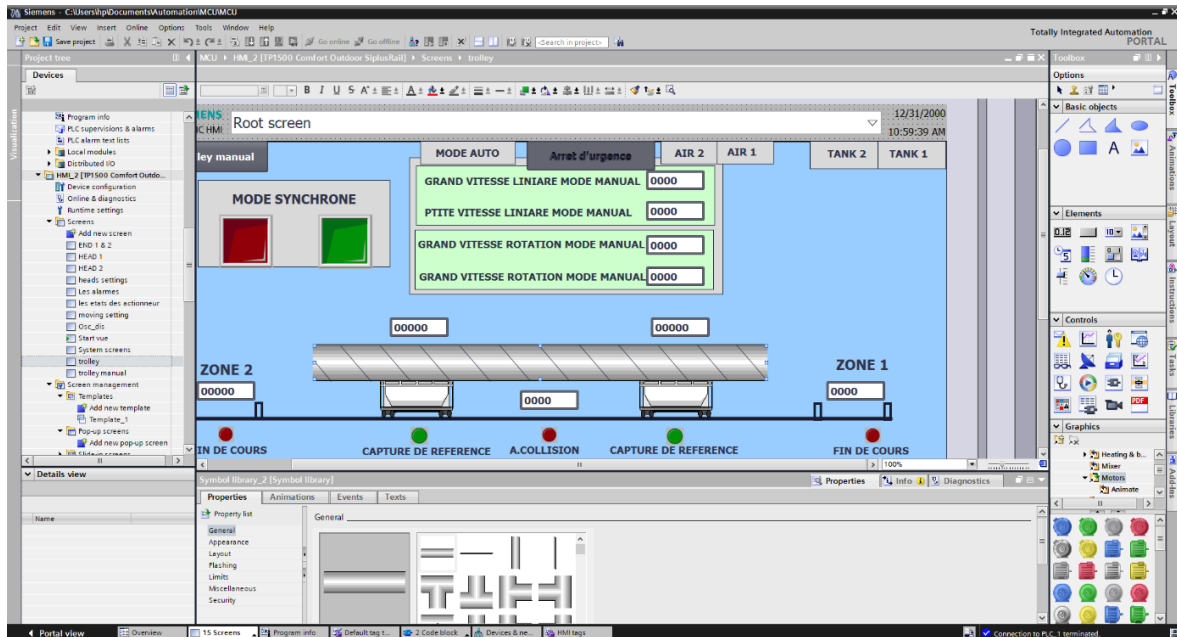


Figure IV.27: la vue de création HMI

- Après avoir formé les panneaux, leur avoir donné leurs titres, formé les lumières, etc., on passe à la programmation des alarmes.

IV.8.4. Les alarmes HMI

Les ALARMES sont des notifications ou des avertissements affichés sur les écrans tactiles ou les interfaces graphiques utilisées pour surveiller et contrôler des équipements industriels. Voici quelques points clés à retenir :

IV.8.4.1. Affichage des alarmes :

Les IHM affichent les alarmes en cours, indiquant des problèmes tels que des pannes d'équipement, des seuils dépassés ou des situations critiques.

IV.8.4.2. Types d'alarmes :

IV.8.4.2.1. Alarmes visuelles :

Ces alarmes apparaissent sous forme de messages ou d'icônes sur l'écran.

IV.8.4.2.2. Alarmes sonores :

Elles émettent des bips ou des sons pour attirer l'attention de l'opérateur.

IV.8.4.2.3. Alarmes combinées :

Certaines IHM utilisent à la fois des signaux visuels et sonores.

IV.8.4.3. Configuration des alarmes :

- Dans les logiciels de programmation d'automates industriels tels que SIMATIC TIA Portal, vous pouvez configurer les alarmes et les messages à afficher sur l'IHM.
- Vous pouvez définir des seuils, des priorités et des actions associées à chaque alarme.

IV.8.4.4. Sécurité :

- Les alarmes peuvent signaler des situations dangereuses ou des problèmes de sécurité.
- Les avertissements concernant uniquement des dommages matériels sont également pris en compte [16].
- Tout d'abord, créez une adresse WORD et ajoutez-la à la table des adresses HMI.

alarmHMI_alarme	Default tag table_1	Word	HMI_Connectio...	PLC_1	"ALARMS 2"	%MW605
alarmHMI_alarme(1)	Default tag table	Word	HMI_Connectio...	PLC_1	alarm	%MW600

Figure IV.28: les tags Word des alarmes

- Ensuite, nous commençons à programmer les alarmes pour qu'elles nous donnent automatiquement leurs adresses, qui font BIT de l'adresse principale.

1	arrêt d'urgence	arrêt d'urgence activé	Errors	alarmHMI_ala...	8	%M600.0	<No tag>	0
2	disjoncture STOB	Il ya un probleme dans STOB	Errors	alarmHMI_ala...	9	%M600.1	<No tag>	0
3	disjoncture STOB	Il ya un probleme dans STOB	Errors	alarmHMI_ala...	10	%M600.2	<No tag>	0
4	disjoncture STOB	Il ya un probleme dans STOB	Errors	alarmHMI_ala...	11	%M600.3	<No tag>	0
5	Disjoncture SINM	Il ya un probleme dans SINAMICS	Errors	alarmHMI_ala...	12	%M600.4	<No tag>	0
6	Disjoncture SINM	Il ya un probleme dans SINAMICS	Errors	alarmHMI_ala...	13	%M600.5	<No tag>	0
7	Disjoncture SINM	Il ya un probleme dans SINAMICS	Errors	alarmHMI_ala...	14	%M600.6	<No tag>	0
8	Disjoncture SINM	Il ya un probleme dans SINAMICS	Errors	alarmHMI_ala...	15	%M600.7	<No tag>	0
9	Disjoncture Pompe	Il ya un probleme dans POMPE	Errors	alarmHMI_ala...	0	%M601.0	<No tag>	0
10	Disjoncture Pompe	Il ya un probleme dans POMPE	Errors	alarmHMI_ala...	1	%M601.1	<No tag>	0
11	EAU 1	EAU DANS LE TANK 1 EST NEVEAU	Errors	alarmHMI_ala...	2	%M601.2	<No tag>	0
12	EAU 2	EAU DANS LE TANK 2 EST NEVEAU	Errors	alarmHMI_ala...	3	%M601.3	<No tag>	0
13	AIR 1	LA PRESSION DE L'AIR DANS TETE 1 &	Errors	alarmHMI_ala...	4	%M601.4	<No tag>	0
14	AIR 2	LA PRESSION DE L'AIR DANS TETE 3	Errors	alarmHMI_ala...	5	%M601.5	<No tag>	0
15	TROLLEY	LES DEAX CHARIOT SONT PROCHES	Errors	alarmHMI_ala...	6	%M601.6	<No tag>	0
16	BRAS CHARIOT NEV...	LES BRAS DE CHARIOT NEVEAU HAUT	Errors	alarmHMI_ala...	7	%M601.7	<No tag>	0
17	HEAD 1 LIMIT SWT...	HEAD 1 DANS FIN SERCUIT RIGHT	Errors	alarmHMI_ala...	8	%M605.0	<No tag>	0
18	HEAD 1 LIMIT SWT...	HEAD 1 DANS FIN SERCUIT LIFT	Errors	alarmHMI_ala...	9	%M605.1	<No tag>	0
19	HEAD 2 LIMIT SWT...	HEAD 2 ADNS FIN SERCUIT RIGHT	Errors	alarmHMI_ala...	10	%M605.2	<No tag>	0
20	HEAD 2 LIMIT SWI...	HEAD 2 DANS FIN SERCUIT LIFT	Errors	alarmHMI_ala...	11	%M605.3	<No tag>	0
21	OSCL LIMIT SWITCH...	OSCL DANS FIN SERCUIT RIGHT	Errors	alarmHMI_ala...	12	%M605.4	<No tag>	0
22	OSCL LIMIT SWITCH...	OSCL DANS FIN SERCUIT LIFT	Errors	alarmHMI_ala...	13	%M605.5	<No tag>	0

Figure IV.29: les alarmes en HMI

IV.8.5. Test et simulation de l'HMI :

Après avoir fini la programmation de l'HMI, on passe à faire des démonstrations du programme réaliser.

- La première fois qu'on lance IHM, on retrouve l'interface principale.



Figure IV.30: Vue principale de HMI

- Après l'avoir allumé, on retrouve les boutons programmés pour passer à d'autres écrans principaux
- Pour passer au premier écran, celui de l'état de tous les moteurs et pompes. L'écran inactif s'allume en gris. Une fois en marche, il s'allume en vert

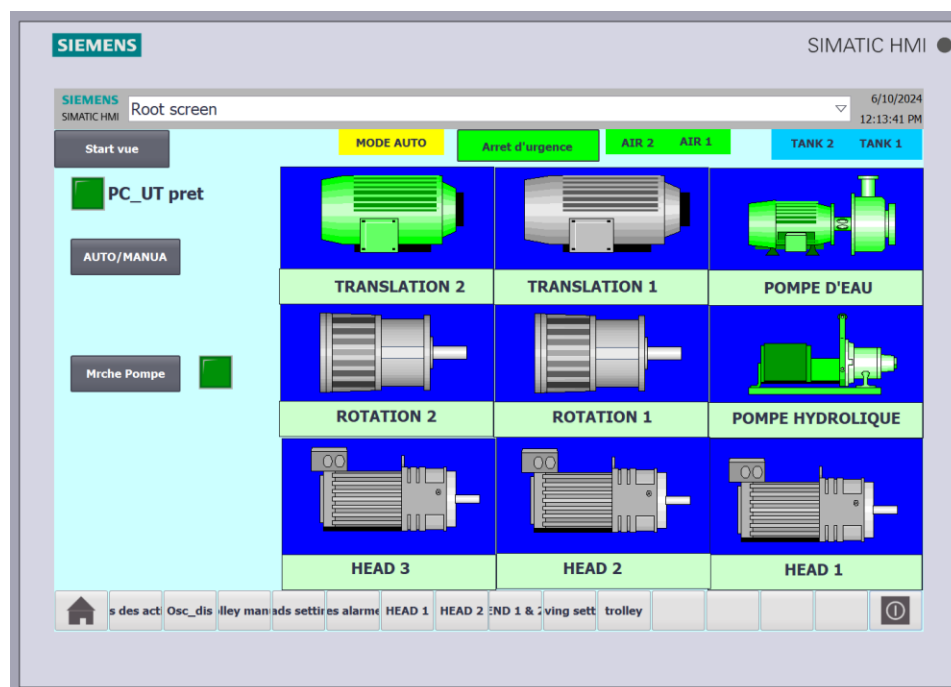


Figure IV.31: vue des états des moteur

- Dès qu'il présente un dysfonctionnement, il se met à clignoter en rouge et une alarme apparaît

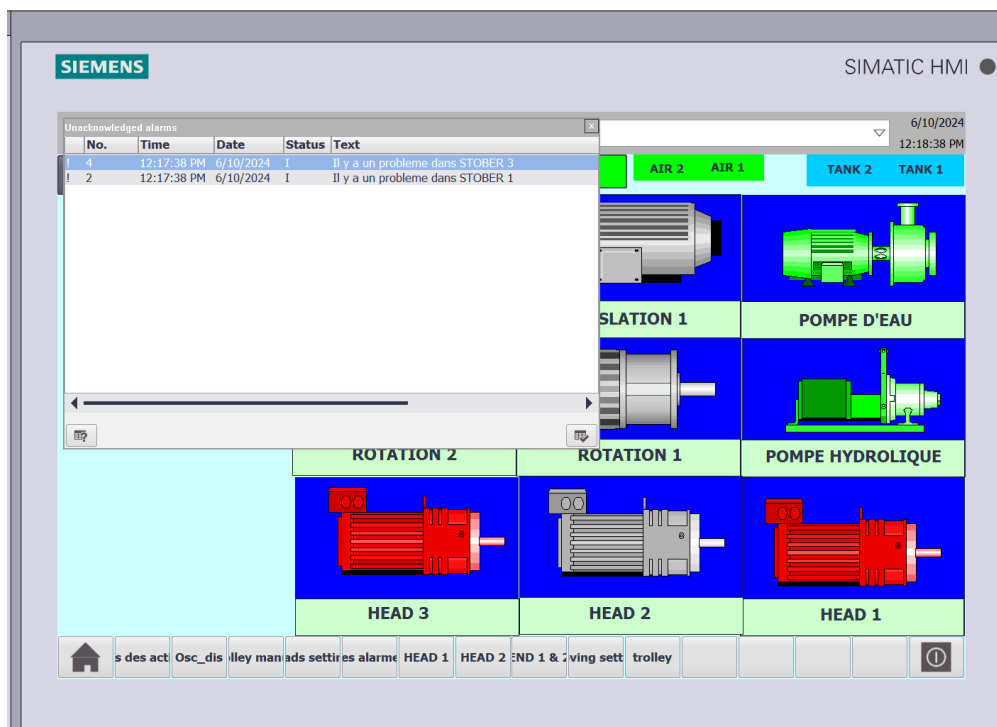
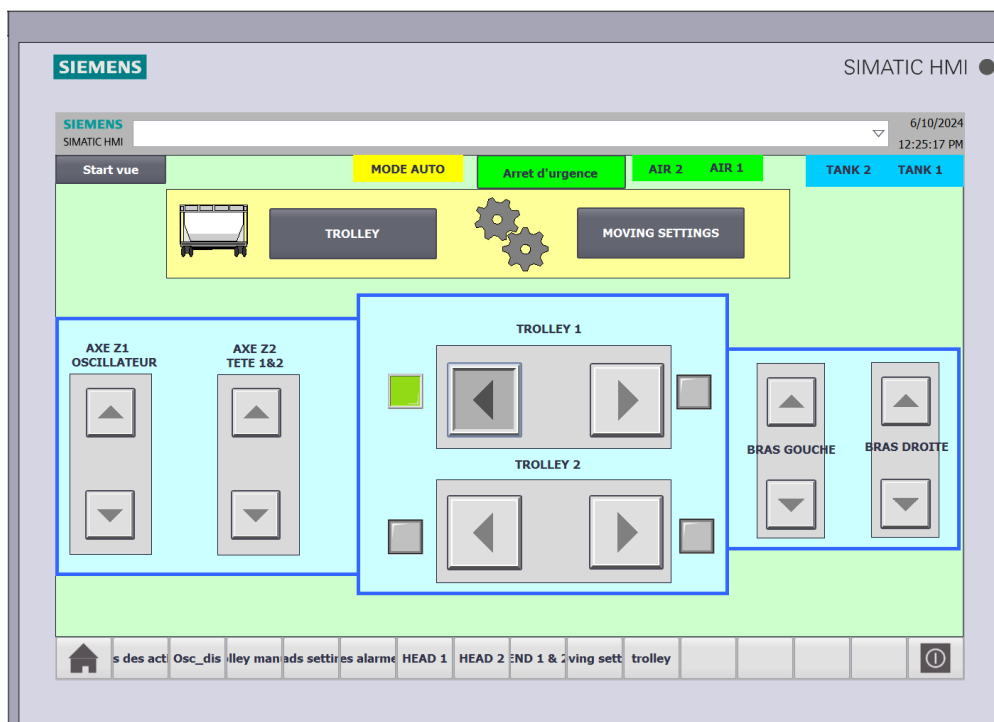


Figure IV.32: la déclaration des alarmes

- Ensuite on passe à l'écran de contrôle manuel des deux chariots



- Si nous voulons que ce soit automatique, nous passons en mode automatique et passons à un écran avec un groupe de vitesse

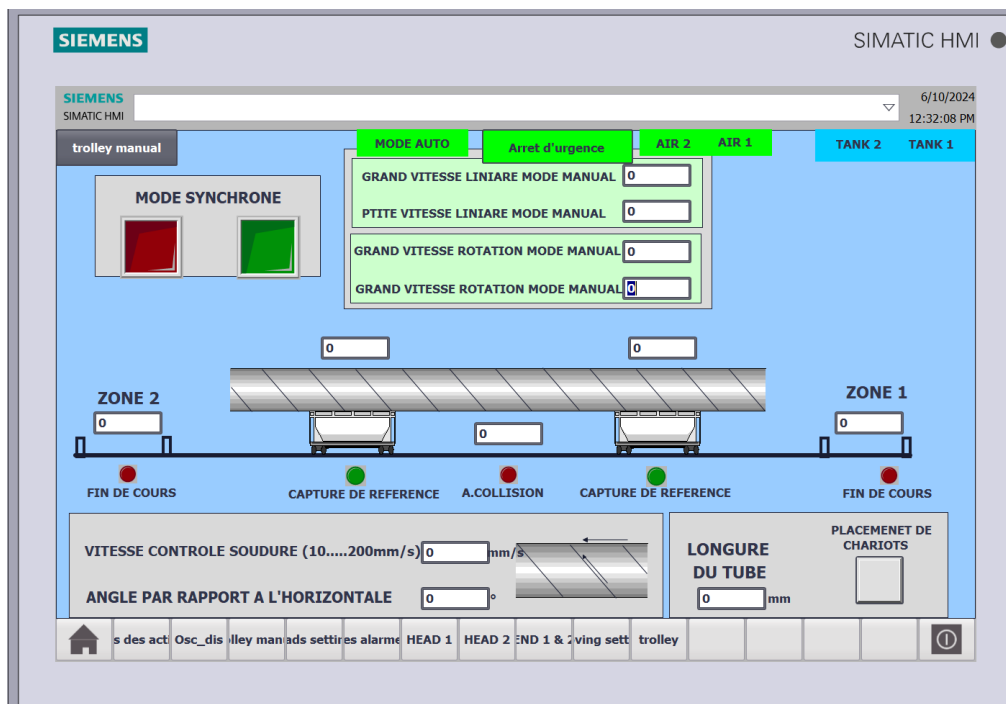


Figure IV.35: vue de configuration des chariots

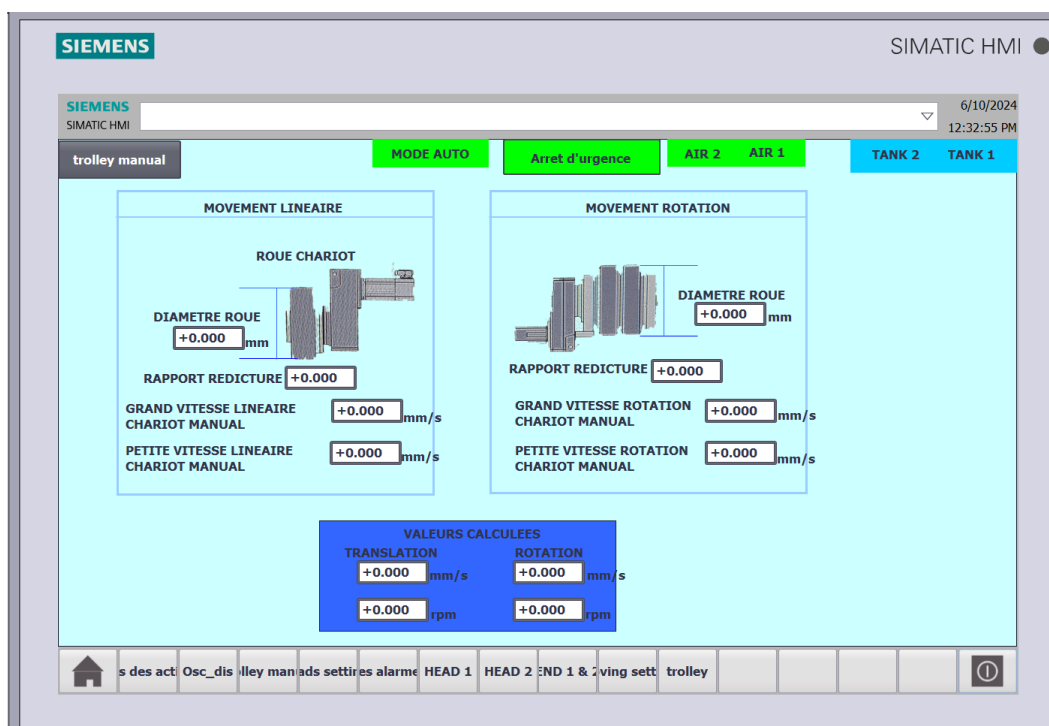


Figure IV.34: vue de configuration des moteurs

- Passons ensuite à l'écran de programmation des en-têtes et des extrémités.

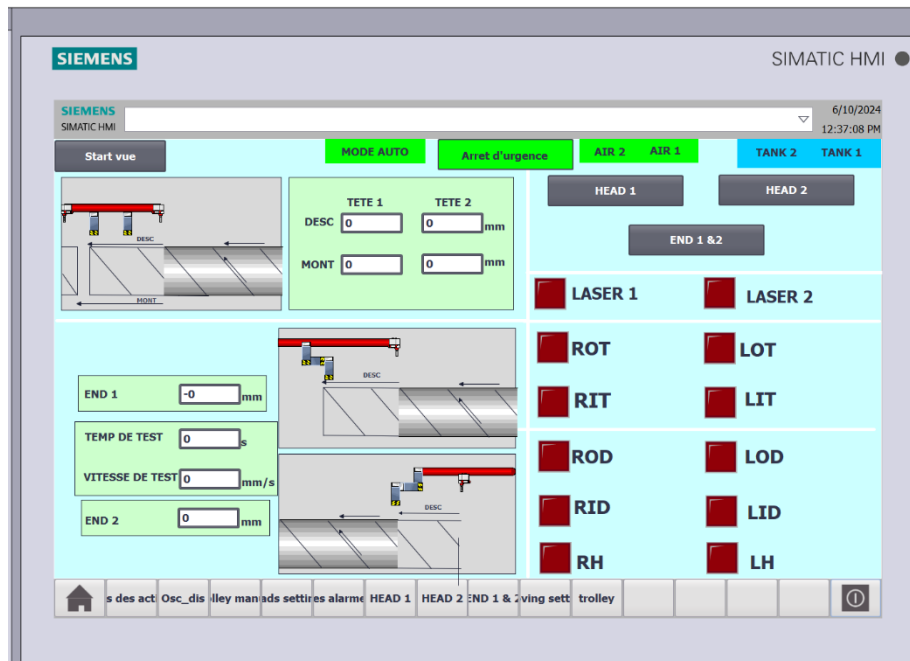


Figure IV.36: vue des paramètres des têtes et les extrémités

- Nous pouvons les contrôler manuellement via d'autres écrans

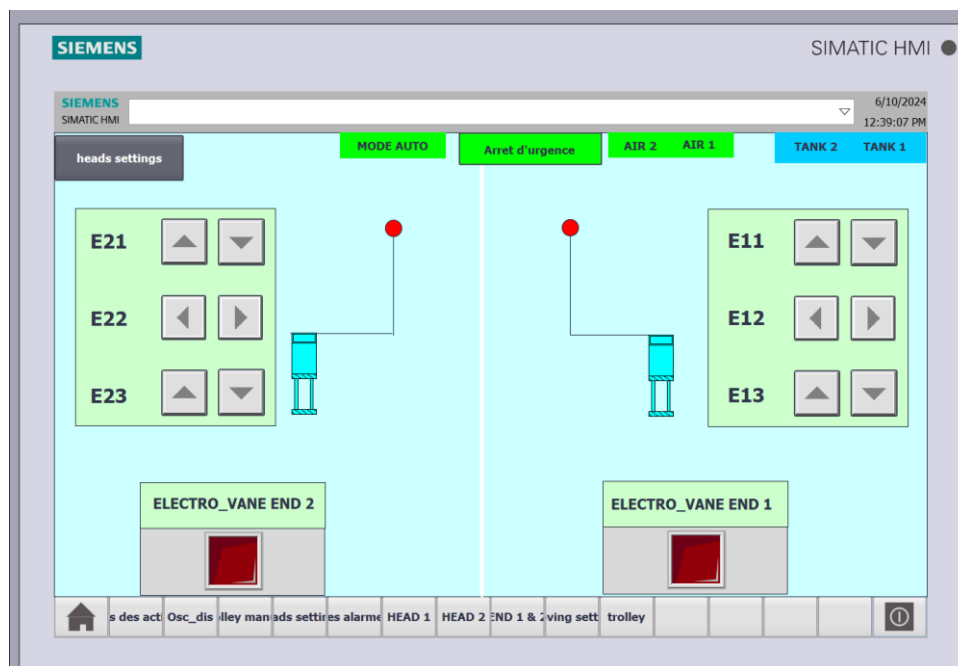


Figure IV.37: vue de commande manuelle des extrémités

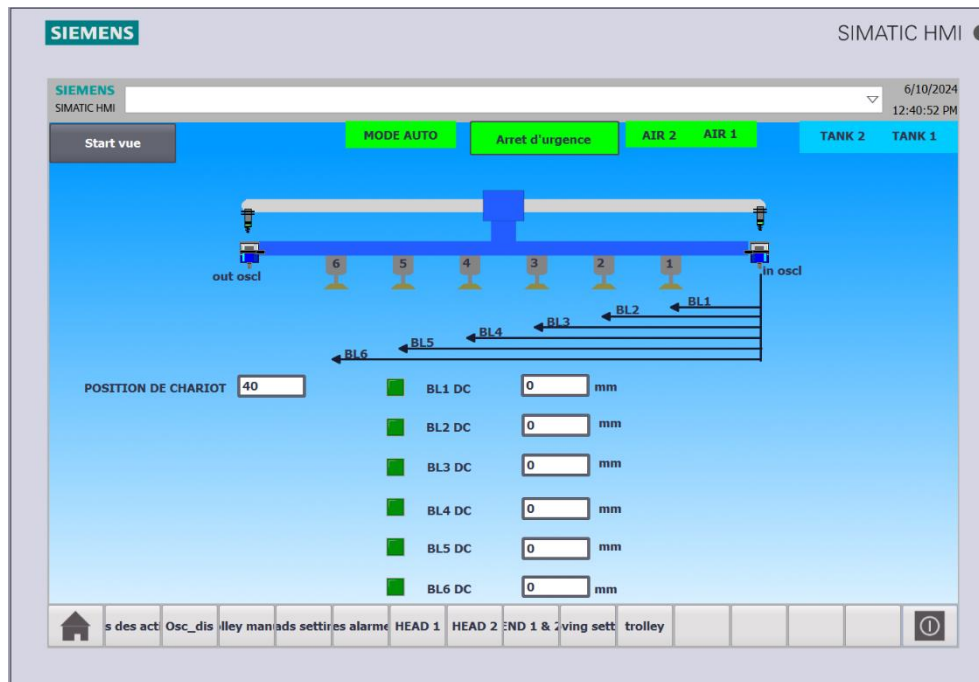


Figure IV.38: vue de paramètre du l'oscillateur

- Puis vers l'écran de contrôle et programmation des distances nécessaires pour l'oscillateur

IV.9. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons présenté la différence entre le système automatisé et le système filaire, puis nous avons met en place un système automatisé fondé par le programme TIA PORTAL simulant toutes les fonctions et les taches de la machine de détection de défauts par ultrason.

Enfin, on a complété notre travail par une réalisation d'une interface de supervision et de contrôle de la machine en procédant à la programmation de l'IHM.

Conclusion Générale

Conclusion générale :

La société ANABIB est l'une des entreprises les plus réputées et les plus populaires en Algérie dans le domaine de la fabrication de pipelines et est connue pour la qualité, la solidité et l'efficacité de ses produits. J'ai donc décidé de partir en stage avec elle pour mon mémoire de fin d'études pour étudier et apprendre les systèmes automatisés et leur supervision.

Dans ce projet de fin d'études, j'ai développé une machine de détection de défauts par ultrasons et appris à utiliser ces ondes dans le domaine industriel. J'ai programmé le système de la machine à l'aide de logiciel TIA PORTAL V18 et programmé sa supervision avec l'IHM.

Vu la complexité de la machine d'inspection de défauts par ultrasons et la limitation en temps, on n'a pas pu terminer toutes les études sur cette dernière, surtout le programme de régulation de positionnement laser sur le soudage et autres.

Pour contribuer à l'amélioration de l'unité, nous proposons des améliorations au niveau matériel, comme suit :

- Ajout de vérins pneumatiques automatiques dans la zone de chargement et de déchargement pour transporter les tuyaux et les décharger des deux chariots.
- Ajout d'une pompe à eau automatique pour remplir les deux réservoirs lorsqu'ils atteignent le niveau minimum et que l'alarme retentit.
- Installation d'un capteur de niveau haut dans les réservoirs d'eau pour arrêter la pompe lorsqu'ils sont pleins.
- Ajout d'une électrovanne à chaque réservoir pour éviter toute erreur lors de leur remplissage.

Enfin, ce projet a touché plusieurs aspects techniques, et il est très utile pour nous car il nous a donné l'occasion de mettre en pratique nos connaissances théoriques sur un sujet purement industriel et il nous a donné une vision sur l'automatisation des systèmes industriels. Finalement, nous ne prétendons pas que ce travail est impeccable, mais nous estimons que l'introduction et chaque chapitre qui y est présent ont été développés de manière judicieuse. Enfin, nous considérons que ce projet est envisageable et bénéfique pour les promotions à venir

La bibliographie

La bibliographie :

- [1] Site officiel de l'entreprise ANABIB : <http://www.anabib.com>.
- [2] Documentation de l'entreprise.
- [3] M. TALAMALI et S. TEKFI, « Etude et caractérisation physico-mécanique de l'acier X70 avant et après soudage, utilisé dans la fabrication de tubes de la société ALTUMET », Mémoire de master en Génie des Matériaux, Département de Génie Mécanique, Université M'Hamed BOUGARA, Boumerdes, 2019.
- [4] <https://www.olympus-ims.com> consulté en avril 2024.
- [5] <https://www.positron-libre.com> consulté en mai 2024.
- [6] <https://www.hotzgirl.com> consulté en mai 2024.
- [7] <https://waza-tech.com> consulté en mai 2024
- [8] <https://www.futura-sciences.com> consulté en mai 2024.
- [9] <https://lab4sys.com> consulté en mai 2024.
- [10] <https://plc247.com> consulté en mai 2024
- [11] [AS-Interface](#) consulté en mai 2024.
- [12] <https://ddruid.io> consulté en mai 2024.
- [13] <https://www.bing.com> consulté en mai 2024.
- [14] <https://tuvi365.net> consulté en mai 2024
- [15] <https://www.siemens.com> site officiel de siemens.
- [16] <https://support.industry.siemens.com> consulté en mai 2024.