

Département d'Automatique, Télécommunications et d'Electronique

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et informatique industrielle

Thème

**Réalisation d'une solution d'automatisation de système de sécurité pour
un RTG Liebherr au niveau du terminal méditerranéen de Béjaia.**

Préparé par

M^{lle} BARKAT Fatima

M^{lle} AMRAOUI Feirouz

Dirigé par

Dr. OUARET Ahmed

Mr. BOURAI Farid

Examiné par

Mr. NAIT MOHAND Nacim

Mr. LEHOUCHE Hocine



Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu, qui nous a guidées et nous a donné la force, la patience et la sérénité nécessaires pour mener à bien ce travail.

*Nous exprimons toute notre gratitude à **Monsieur Ahmed Ouaret**, notre encadrant, pour sa disponibilité, ses conseils éclairés, sa bienveillance et son accompagnement tout au long de ce projet.*

*Nos remerciements vont également à **Monsieur Farid Bourai**, notre co-encadrant, pour son soutien, ses remarques constructives et son engagement à nos côtés.*

*Un grand merci au **service de la BMT** pour son accueil, sa collaboration et l'aide technique précieuse qu'il nous a apportée.*

*Nous tenons aussi à remercier **Monsieur Slimane Hadji**, chef de département, pour son suivi et son soutien tout au long de notre parcours universitaire.*

*Nous remercions également **les membres du jury**, pour avoir accepté d'évaluer notre travail et pour l'intérêt qu'ils y ont porté.*

*Nous, **Barkat Fatima** et **Amraoui Feirouz**, exprimons ici notre fierté d'avoir mené à bien ce projet ensemble, avec rigueur, entraide et détermination.*

*Enfin, nous adressons nos plus tendres pensées à nos **familles et proches**, qui nous ont soutenues moralement et encouragées à chaque étape de cette aventure académique. Leur présence et leur confiance ont été notre plus grande force.*



Dédicace

À moi-même,

*Pour chaque pas fait malgré la fatigue, chaque rêve gardé vivant.
Aujourd'hui, je suis fière de moi... et je me remercie.*

À mes parents,

Mes modèles de patience et d'amour, merci pour vos encouragements, vos sacrifices silencieux et votre tendresse infinie. J'espère que mes efforts sont à la hauteur de votre fierté, car moi, je suis profondément honorée d'être votre fille.

À mon frère et sa femme,

Merci pour vos messages, vos appels, vos petits mots qui font du bien. Vous avez été proches, même de loin

À ma sœur et son mari,

Merci pour votre temps, votre écoute, vos encouragements silencieux mais puissants.

À mes copines, mes amis d'enfance, et ma chère cousine,

Merci pour vos sourires, vos mots légers, votre énergie qui fait du bien à l'âme.

À mes grands-parents,

Partis trop tôt, mais jamais absents. Ce mémoire est aussi pour vous. J'espère que, de là-haut, vous voyez ce chemin parcouru avec fierté.

À mon binôme,

Merci pour ton sérieux quand il le fallait, et ta bonne humeur quand j'en avais besoin. Ce mémoire, on l'a porté à deux... et c'est ce qui l'a rendu plus beau.

Et à toutes les personnes qui m'aiment et que j'aime, merci d'avoir fait partie de ce voyage.

BARKAT Fatima

Dédicace

Merci à Dieu pour m'avoir donné la santé, la patience et la force tout au long de mes études, pour m'avoir guidé dans le doute et soutenu dans les moments difficiles.

Moi, Meria, je me remercie de tout cœur. Pour ne pas avoir abandonné, pour avoir cru en mes capacités même quand c'était difficile. Pour chaque nuit blanche, chaque doute surmonté, chaque petit pas qui m'a menée ici.

À mes parents chéris, vous êtes ma force. Merci pour votre amour immense, vos sacrifices silencieux et votre foi solide en moi. Votre rêve de me voir diplômé est enfin réalisé.

À mon grand-père et ma grand-mère, merci pour votre sagesse, vos conseils, votre présence rassurante et vos prières qui ont illuminé mon chemin.

À mon frère et à ma sœur, merci pour votre présence, vos encouragements et votre bienveillance.

À mes chères tantes et mes chers oncles, merci pour vos encouragements et votre affection, qui m'ont toujours porté

À mon petit trésor Mayas, le cœur joyeux de la famille, merci pour tes câlins, ton rire et toute la douceur que tu m'as apportée.

À Nina mon amie précieuse, merci pour ta loyauté, ton écoute sans faille et ta présence réconfortante dans les moments les plus importants.

À ma chère amie et binôme, avec qui j'ai partagé une entente sincère, une grande patience et une compréhension mutuelle, qui ont rendu cette expérience formidable

À toute ma famille et mes amis fidèles, merci pour votre soutien moral, votre patience et vos encouragements sincères.

Merci à tous ceux qui ont compté pour moi et contribué, de près ou de loin, à ce mémoire. Ce travail porte un peu de chacun de vous.

AMRAOUI Feirouz

Table des matières

Liste des abréviations	i
Liste des tableaux	ii
Liste des figures	iii
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de l'entreprise BMT et des RTG Liebherr	
I.1. Introduction.....	3
I.2. Présentation de l'entreprise BMT	3
I.2.1. Historique et création	3
I.2.2. Position géographique et infrastructure.....	3
I.2.2.1. Position géographique	3
I.2.2.2. Infrastructures du port de Bejaia	4
I.2.3. Zone de manutention des conteneurs du terminal de BMT	5
I.2.4. Rôle des portiques de manutention à BMT	6
I.3. Présentation d'un RTG Liebherr.....	8
I.3.1. Définition d'un RTG Liebherr	8
I.3.2. Les caractéristiques techniques des RTG Liebherr	8
I.3.3. Composants et fonctionnement des RTG Liebherr	9
I.3.3.1. Translation	9
I.3.3.2. Levage	10
I.3.3.3. Chariotage.....	11
I.4. Introduction aux automates industriels et application au SIMATIC S7-300.....	12
I.4.1. Description générale des automates programmables industriels.....	12
I.4.2. Présentation et caractéristiques des API S7-300 de Siemens.....	12
I.4.2.1. Présentation de l'automate S7-300	12
I.4.2.2. Caractéristiques de l'automate S7-300	14
I.4.3. Intégration des API S7-300 dans les systèmes de manutention	14
I.5. Systèmes de détection et sécurité pour RTG Liebherr.....	15
I.5.1. Capteur laser.....	15
I.5.2. Capteur anticollision	15
I.5.3. Capteur de proximité	16
I.6. Analyse de la problématique.....	17
I.7. Conclusion	17

Chapitre II : Cahier des charges et grafctet des systèmes du RTG

II.1. Introduction	18
II.2. Fonctionnement des systèmes mécaniques et électriques	18
II.2.1. Système de translation du portique	18
II.2.2. Système de déplacement du chariot	18
II.2.3. Système hydraulique	19
II.2.4. Commandes et interface conducteur	19
II.2.5. Alimentation électrique	20
II.2.6. Intégration des schémas électriques	20
II.3. Présentation du logiciel de programmation (AUTOMGEN)	22
II.4. Cahier des charges de translation	23
II.4.1. Conditions de mise en marche de la translation	23
II.4.2. Conditions de translation vers la gauche	23
II.4.3. Conditions de translation vers la droite	24
II.4.4. Conditions de translation en avant	24
II.4.5. Conditions de translation en arrière	24
II.4.6. Conditions d'arrêt de la translation	24
II.4.7. Grafctet de translation	25
II.4.8. Table des symboles E/S	25
II.5. Cahier des charges de chariotage	27
II.5.1. Conditions de mise en marche du chariotage	27
II.5.2. Conditions de déplacement vers l'avant	27
II.5.3. Conditions de déplacement vers l'arrière	28
II.5.4. Conditions d'arrêt du chariot	28
II.5.5. Grafctet de chariotage	28
II.5.6. Table des symboles E/S	29
II.6. Cahier des charges de la rotation	30
II.6.1. Conditions de mise en marche de la rotation	30
II.6.2. Conditions de rotation vers 0°	30
II.6.3. Conditions de rotation vers 90°	30
II.6.4. Conditions d'arrêt de la rotation	31
II.6.5. Grafctet de la rotation	31
II.6.6. Table des symboles E/S	31
II.7. Grafctet d'arrêt d'urgence	32

II.8. Conclusion	33
Chapitre III : Conception logiciel du système automatisé du RTG Liebherr avec STEP7	
III.1. Introduction	34
III.2. Présentation de logiciel STEP7	34
III.2.1. SIMATIC Manager.....	34
III.2.2. Programmation des automates avec STEP7	35
III.2.3. Langage de programmation adopté	36
III.2.4. Application de STEP7 pour l'automatisation du RTG	37
III.2.5. La simulation et mise en service du programme	37
III.3. Conception et réalisation de la partie logicielle avec STEP7.....	39
III.3.1. Contrôle RTG Liebherr	39
III.3.2. Système de la translation	41
III.3.3. Système de la rotation.....	43
III.3.4. Système de chariotage	45
III.3.5. Système de sécurité (Alarmes)	47
III.4. Conclusion.....	48
Chapitre IV : Supervision du système via WinCC Flexible	
IV.1. Introduction	49
IV.2. Introduction à la supervision industrielle	49
IV.2.1. Définition et rôle de la supervision	49
IV.2.2. Importance de la supervision dans un système automatisé	49
IV.3. Présentation de WinCC Flexible.....	50
IV.3.1. Généralités sur WinCC Flexible.....	50
IV.3.2. Éléments de WinCC Flexible	50
IV.3.3. Fonctionnalités principales.....	52
IV.3.4. Avantages du logiciel dans un contexte industriel	53
IV.3.5. Communication avec l'automate.....	53
IV.4. Réalisation de la supervision du système.....	54
IV.4.1. Intégration du projet WinCC dans STEP7 Manager	54
IV.4.2. Configuration de la liaison WinCC–Automate	55
IV.4.3. Déclaration des variables dans WinCC Flexible.....	56
IV.4.4. Présentation des vues de l'interface opérateur et de la simulation.....	56
IV.4.4.1. Vue Translation	57

IV.4.4.2. Vue Rotation	58
IV.4.4.3. Vue Chariot	59
IV.4.4.4. Vue Alarme Translation	61
IV.4.4.5. Vue Alarme Chariot	62
IV.5. Conclusion	63
Conclusion générale	64
Références bibliographiques	65

Liste des abréviations

- API** : Automates programmables industriels
- BMT** : Bejaia Mediterranean Terminal
- CP** : Communication Processor
- CPU** : Central Processing Unit
- CPE** : Conseil des Participations de l'État
- DB** : Data Bloc
- EMS** : Electronic Monitoring System
- EPB** : Entreprise Portuaire de Bejaia
- FB** : Function Block
- FBD** : Function Block Diagram
- FC** : Function Call
- IHM** : Interfaces Homme-Machine
- IM** : Interface Module
- ISO** : Organisation internationale de normalisation
- LD** : Ladder Diagram
- MHC** : Mobile Harbor Crane
- MPI/DP** : Multi Point Interface / Distributed Processing
- OB** : Organisation bloc
- PSE** : Portek Systems & Equipment
- PLC** : Programmable Logic Controllers
- QC** : Quay Crane
- RMGCs** : Rail Mounted Gantry Cranes
- RTG** : Rubber Tyred Gantry
- RTGCs** : Rubber Tyred Gantry Cranes
- SCADA** : Supervisory Control and Data Acquisition
- SFC** : Sequential Function Chart
- SPA** : Société Par Actions
- ST** : Structured Text
- TCP/IP** : Transmission Control Protocol / Internet Protocol
- TOR** : Tout Ou Rien
- WinCC** : Windows Control Centre

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Équipements et infrastructures logistiques de BMT	4
Tableau I.2 : Locaux administratifs.....	5
Tableau I.3 : Locaux pédagogiques.....	5
Tableau I.4 : Caractéristiques techniques des portiques RTG Liebherr.....	8
Tableau II.1 : Alimentation électrique	20
Tableau II.2 : Table des symboles E/S	25
Tableau II.3 : Table des symboles E/S	29
Tableau II.4 : Table des symboles E/S	32
Tableau III.1 : Structure logique	35
Tableau III.2 : Types de blocs STEP7 et leur rôles.....	36
Tableau III.3 : Entrées du système de contrôle RTG	39
Tableau III.4 : Sorties du système de contrôle RTG	40
Tableau III.5 : Entrées du système de translation	41
Tableau III.6 : Sorties du système de translation	42
Tableau III.7 : Entrées du système de rotation.....	43
Tableau III.8 : Sorties du système de rotation.....	44
Tableau III.9 : Entrées du système de chariotage.....	45
Tableau III.10 : Sorties du système de chariotage	46
Tableau IV.1 : Table des variables.....	56

Liste des figures

Figure I.1 : Position géographique de BMT	4
Figure I.2 : Grue de quai	6
Figure I.3 : Les Rail Mounted Gantry Cranes	7
Figure I.4 : Les Rubber Tyred Gantry Cranes.....	7
Figure I.5 : Automate API S7-300	13
Figure I.6 : Capteur laser.....	15
Figure I.7 : Capteur anticollision.....	16
Figure I.8 : Capteur de proximité	16
Figure II.1 : Schéma de commande et de puissance des moteurs de translation M1 et M2.	21
Figure II.2 : Schéma électrique de commande des freins et capteurs de fin de course.....	22
Figure II.3 : Interface principale du logiciel AUTOMGEN.....	23
Figure II.4 : Grafcet de translation	25
Figure II.5 :Grafcet de chariotage	28
Figure II.6 : Grafcet de la rotation.....	31
Figure II.7 : Grafcet d'arrêt d'urgence	33
Figure III.1: SIMATIC Manager.....	34
Figure III.2 : Organisation du programme STEP7	35
Figure III.3 : Langage LADDER	37
Figure III.4 : Simulateur PLCSIM	38
Figure III.5 : Visualisation de programme	39
Figure III.6 : Contrôle ON RTG.....	40
Figure III.7 : Translation à droite	43
Figure III.8 : Rotation 0°	45
Figure III.9 : Chariotage vers l'avant	47
Figure III.10 : Alarme translation (Laser).....	48
Figure III.11 : Alarme chariotage.....	48
Figure IV.1 : Logicielle WinCC flexible	50
Figure IV.2 : Vue d'ensemble du logiciel WinCC Flexible.....	52

Figure IV.3 : Communication entre WinCC et l'automate	54
Figure IV.4 : Intégration du projet WinCC dans STEP7 Manager	54
Figure IV.5 : la liaison WinCC–Automate.....	55
Figure IV.6 : Vue Modèle	57
Figure IV.7 : Vue Translation	57
Figure IV.8 : Simulation de la vue Translation	58
Figure IV.9 : Vue Rotation.....	59
Figure IV.10 : Simulation de la vue Rotation	59
Figure IV.11 : Vue Chariot	60
Figure IV.12 : Simulation de la vue Chariot	60
Figure IV.13 : Vue Alarme Translation	61
Figure IV.14 : Simulation de la vue Alarme Translation	62
Figure IV.15 : Vue Alarme Chariot	63
Figure IV.16 : Simulation de la vue Alarme Chariot	63

Introduction générale

Aujourd’hui, avec le développement du commerce mondial, les ports jouent un rôle essentiel dans le transport des marchandises. Chaque jour, des milliers de conteneurs passent par les terminaux portuaires, et pour gérer tout cela, il faut des équipements performants, rapides et surtout bien sécurisés.

Parmi ces équipements, les portiques sur pneus appelés RTG (Rubber Tyred Gantry) sont devenus incontournables. Ils permettent de déplacer les conteneurs dans les zones de stockage avec précision et efficacité. Le RTG Liebherr, utilisé au terminal à conteneurs de Bejaia (BMT), fait partie de ces énormes machines capables de soulever et déplacer plusieurs tonnes.

C'est dans cette dynamique que s'inscrit notre projet de fin d'études, intitulé «Réalisation d'une solution d'automatisation de système de sécurité pour un RTG Liebherr au niveau du terminal méditerranéen de Béjaia. ». Ce projet a pour objectif de une solution automatisée visant à améliorer la fiabilité et les performances du RTG, en particulier en matière de sécurité lors des déplacements. Le système initial, basé sur une architecture de contrôle sous Codesys, est équipé de capteurs anticollision situés du côté diesel et de capteurs laser positionnés du côté pointeur, dédiés à la fonction de translation. Bien que ces dispositifs assurent une sécurité de base, leur couverture reste partielle.

Dans cette optique, nous avons décidé de remplacer l'environnement de programmation initialement prévu, à savoir Codesys, par STEP7. Ce choix s'est imposé naturellement en raison de la compatibilité de STEP7 avec les automates Siemens déjà présents dans l'infrastructure du terminal, ce qui facilite considérablement l'intégration, la maintenance et l'évolution future du système. Par ailleurs, nous avons proposé l'ajout de capteurs supplémentaires, notamment des capteurs laser et des détecteurs anticollision installés sur chaque roue du portique, afin de renforcer la sécurité et la précision lors de ses déplacements. Ces équipements viennent compléter les capteurs existants tout en étendant leur champ d'action. Enfin, des capteurs de proximité ont été intégrés pour assurer une supervision fine des mouvements du chariot, permettant une détection plus précise des positions et une meilleure prévention des collisions dans la zone opérationnelle. Quelles

approches techniques et méthodologiques avons-nous retenues pour répondre à ce défi ? C'est ce que nous allons explorer dans les chapitres qui suivent.

Afin de structurer ce travail, nous avons organisé le mémoire en quatre chapitres, qui détaillent les différentes étapes essentielles du projet.

Dans le **premier chapitre**, nous présentons le contexte général du projet en introduisant l'entreprise BMT, les portiques RTG Liebherr utilisés dans la zone de manutention, ainsi que les automates programmables industriels qui constituent le cœur de la solution d'automatisation.

Dans le **deuxième chapitre**, nous nous concentrons sur l'étude fonctionnelle du système. Nous décrivons le fonctionnement des différentes parties du RTG comme la translation, le chariotage et la rotation à travers des cahiers des charges détaillés et des grafcets qui modélisent chaque étape du processus.

Le **troisième chapitre** aborde la partie logicielle du projet. Il montre comment les programmes ont été conçus avec le logiciel STEP7 pour contrôler les mouvements de la grue tout en assurant la sécurité. Cette programmation, effectuée sur l'automate S7-300, s'appuie sur une structure claire avec des blocs comme les FB (Function Bloc), FC (Function Call) et OB (Organisation Bloc), afin d'assurer un fonctionnement fiable et bien organisé.

Le **quatrième chapitre** est consacré à la supervision du système automatisé à l'aide du logiciel WinCC Flexible, qui permet de visualiser, contrôler et diagnostiquer en temps réel les états du RTG. Ce module de supervision offre une interface homme-machine (IHM) conviviale, essentielle pour les opérateurs en charge de l'exploitation du terminal portuaire.

Enfin, on termine par une conclusion générale et les perspectives envisagées.

Chapitre I

Présentation de l'entreprise BMT et des RTGs

Liebherr

I.1. Introduction

Ce chapitre présente l'entreprise BMT, la zone de manutention et les portiques, ainsi que les grues RTG Liebherr et les automates industriels utilisés. Il aborde ensuite la problématique de l'amélioration du système de translation et de sécurité des RTG, avant de conclure.

I.2. Présentation de l'entreprise BMT

I.2.1. Historique et création

BMT-SPA est une entreprise créée en mai 2004 à la suite d'une décision du Conseil des Participations de l'État (CPE). C'est une joint-venture entre l'Entreprise Portuaire de Bejaia (EPB) et Portek Systems & Equipment (PSE), une société singapourienne spécialisée dans les équipements portuaires et l'exploitation de terminaux à conteneurs. EPB gère le port de Bejaia en tant qu'autorité portuaire, tandis que PSE, filiale du Groupe PORTEK, apporte son expertise internationale avec une présence dans plusieurs ports à travers le monde. BMT - SPA s'occupe principalement de la gestion et de l'exploitation du terminal à conteneurs du port de Bejaia combinant ainsi la connaissance locale d'EPB avec l'expérience technique de PSE pour améliorer l'efficacité et la compétitivité du port [1].

I.2.2. Position géographique et infrastructure

I.2.2.1. Position géographique

Le port de Bejaia, situé au cœur du pays, bénéficie d'une localisation stratégique. Il propose des zones de mouillage dont les profondeurs varient entre 10 et plus de 20 mètres. L'accès au port est encadré par des extrémités des jetées Est et Sud, ce qui permet à BMT de fournir des infrastructures optimales pour les opérateurs. Sa proximité avec la gare ferroviaire et sa connexion rapide à l'aéroport de Bejaïa, ainsi qu'au réseau routier national, facilitent le transport des marchandises conteneurisées vers l'arrière-pays et d'autres destinations [1].

La figure I.1 illustre la position géographique de BMT.

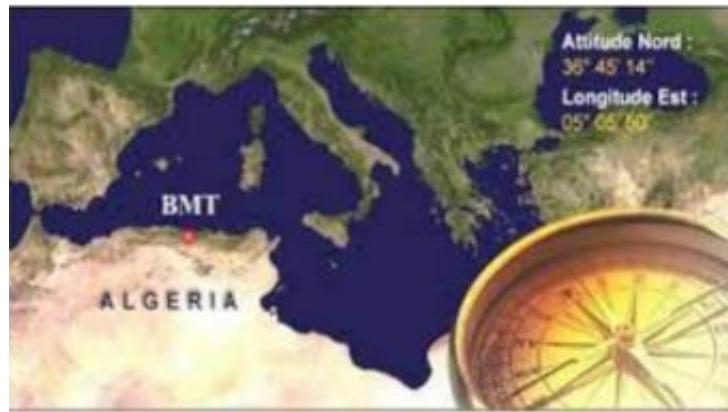


Figure I.1 : Position géographique de BMT

I.2.2.2. Infrastructures du port de Bejaia

a) Équipements et infrastructures logistiques de BMT

Le terminal dispose d'équipements modernes pour assurer un traitement rapide et efficace des conteneurs.

Le tableau I.1 montre les équipements et infrastructures logistiques de BMT

Tableau I.1 : Équipements et infrastructures logistiques de BMT

Equipements	Nombre	Tonnage
Portiques de quai sur rail (QC)	02	40
Portiques gerbeur sur pneus (RTG)	09	40
Remorques portuaires	16	40
Chariots manipulateurs de vides	11	11
Grues mobiles portuaires (MHC)	02	100
Remorques routières	40	36
Chariots élévateurs	16	2.5 / 3 / 5 / 10
Stackers	11	45

b) Infrastructures administratives et pédagogiques

Le terminal BMT possède également des infrastructures dédiées à la formation et à l'administration. Les tableaux I.2 et I.3 présentent respectivement les locaux administratifs et pédagogiques.

Tableau I.2 : Locaux administratifs

N°	Usage	Superficie
01	04 bureaux	
02	Cafeteria	40m ²
03	Réception	10.5m ²
04	Salle de restauration	90m ²
05	Salle e-learning	19m ²
06	Salle des formateurs	27.50m ²

Tableau I.3 : Locaux pédagogiques

N°	Usage	Superficie	Capacité d'accueil
01	Salle N°01 des simulateurs immersifs	81.90m ²	04
02	Salle N°02 des simulateurs immersifs	58m ²	04
03	04 salles de cours	45m ²	64
04	01 salle informatique	46.50m ²	10
05	01 salle de conférence	85.45m ²	60

I.2.3. Zone de manutention des conteneurs du terminal de BMT

Depuis 2005, le terminal à conteneurs du port de Bejaia est géré par BMT (Bejaia Mediterranean Terminal) dans le cadre du premier partenariat de ce type en Algérie. Cette collaboration a permis d'obtenir des résultats remarquables en matière de traitement des conteneurs, avec des rendements atteignant jusqu'à 35 conteneurs par heure. La zone de manutention des conteneurs du terminal de BMT est équipée de divers engins spécialisés, notamment des portiques, qui facilitent les opérations de chargement, de déchargement et de stockage des conteneurs. Cependant, ce mémoire se concentrera plus particulièrement sur les grues RTG (Rubber Tyred Gantry), en lien avec l'automatisation du système de sécurité de ces équipements portuaires [1].

I.2.4. Rôle des portiques de manutention à BMT

Dans le terminal à conteneurs de Bejaia (BMT), les portiques de manutention jouent un rôle clé dans le traitement des conteneurs. Ces équipements se divisent en deux catégories principales : les grues de quai et les grues de cour, chacune ayant une fonction spécifique dans la chaîne logistique portuaire.

- 1. Les grues de quai** : sont utilisées pour le chargement et le déchargement des navires porte-conteneurs. Généralement, les opérations commencent par le déchargement avant d'entamer le chargement. Plusieurs grues peuvent être mobilisées simultanément sur un même navire, suivant un plan de travail rigoureux qui garantit la stabilité du bateau. Ces grues se déplacent généralement sur des rails afin d'optimiser leur précision et leur efficacité.

On peut voir une grue de quai dans la figure I.2

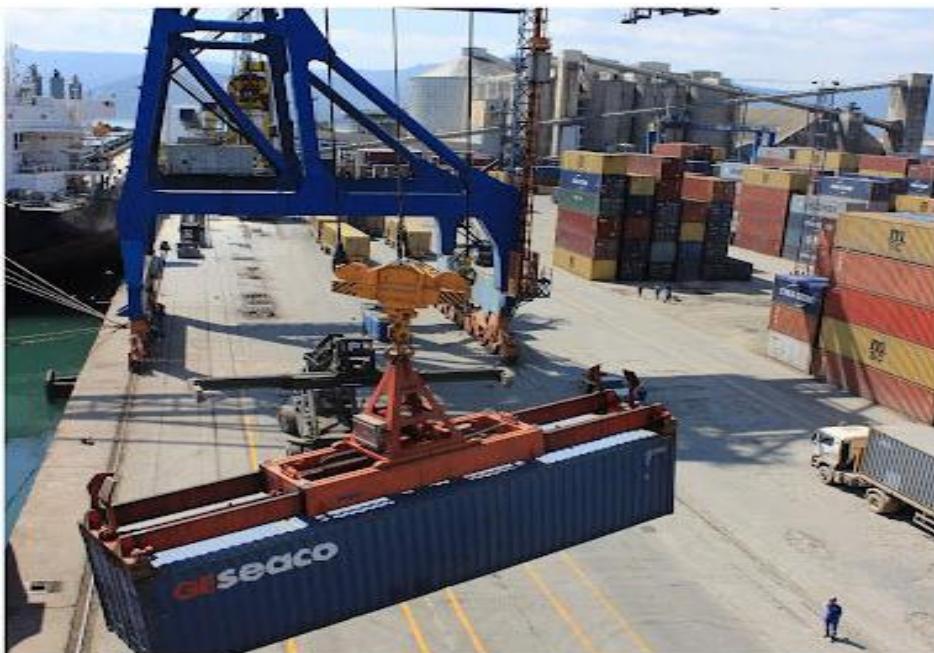


Figure I.2 : Grue de quai

- 2. Les grues de cour** : quant à elles, sont essentielles pour la gestion du stockage des conteneurs sur le terminal. Elles se répartissent en deux types principaux
 - **Les Rail Mounted Gantry Cranes (RMGCs)** : entièrement automatisées, circulent sur des rails et offrent une rapidité supérieure aux autres systèmes de

levage. Leur principal atout réside dans leur capacité à fonctionner en continu sans nécessiter de conducteurs.

La figure I.3 illustre les Rail Mounted Gantry Cranes.



Figure I.3 : Les Rail Mounted Gantry Cranes

- **Les Rubber Tyred Gantry Cranes (RTGCs) :** équipés de pneus en caoutchouc, sont plus flexibles en termes de mouvement puisqu'ils peuvent circuler librement dans la cour de stockage. Toutefois, leur maniabilité implique des rotations pouvant atteindre 90°, ce qui allonge le temps nécessaire aux opérations d'environ 15 minutes. Contrairement aux RMGCs. Ces grues ne peuvent fonctionner qu'en présence de main-d'œuvre (voir la figure I.4).



Figure I.4 : Les Rubber Tyred Gantry Cranes

L'utilisation combinée de ces équipements permet au terminal BMT d'optimiser la fluidité des opérations de manutention et de garantir une gestion efficace du stockage et du transfert des conteneurs [2].

I.3. Présentation d'un RTG Liebherr

I.3.1. Définition d'un RTG Liebherr

Un RTG Liebherr (Rubber Tyred Gantry) est une grue à portique sur pneus développée par la société Liebherr, principalement utilisée dans les terminaux portuaires pour la manutention de conteneurs. Ces grues se distinguent par leur mobilité sur pneus, leur capacité à empiler plusieurs niveaux de conteneurs ISO de 20 et 40 pieds, avec une hauteur d'empilage allant généralement de 1 sur 3 à 1 sur 6 conteneurs (hauteur maximale de 2,89 mètres). Elles peuvent également enjamber jusqu'à six rangées de conteneurs tout en laissant une voie dédiée aux camions pour faciliter les opérations logistiques.

Les RTG Liebherr intègrent des technologies avancées, telles qu'un système de mouillage à huit câbles permettant de réduire le balancement des charges, améliorant ainsi la précision et la sécurité des opérations de manutention. En outre, ces grues offrent des options d'automatisation partielle ou totale, optimisant l'efficacité opérationnelle. Selon les besoins, elles peuvent être équipées de moteurs diesel ou de systèmes électriques, favorisant ainsi une réduction des émissions polluantes et une meilleure efficacité énergétique [3].

I.3.2. Les caractéristiques techniques des RTG Liebherr

Le tableau I.4 illustre les caractéristiques techniques des portiques RTG Liebherr

Tableau I.4 : Caractéristiques techniques des portiques RTG Liebherr

Caractéristiques	Spécifications techniques
Envergure du portique	20.8m (largeur de 5 conteneurs) à 29.4m (largeur de 8 conteneurs)
Hauteur de levage	12.3m (1 sur 3) 15.2m (1 sur 4) 18.2m (1 sur 5) 21.0m (1 sur 6)
Charge maximale d'utilisation	Levage simple 40,6-50t Levage double 50-65t

Ecartement des roues	9.2m
Vitesse de levage	28/56m/min
Vitesse du chariot	70m/min
Vitesse de translation de la grue	130m/min
Roues par coin	2 (8 roues) ou 4 (16 roues)

I.3.3. Composants et fonctionnement des RTG Liebherr

Les grues RTG (Rubber Tyred Gantry) de Liebherr sont des équipements de manutention portuaire conçus pour déplacer les conteneurs dans les terminaux. Leur fonctionnement repose sur plusieurs sous-systèmes mécaniques et électriques qui permettent trois fonctions principales : la translation, le chariotage, et le levage. Chacune de ces fonctions repose sur des composants spécifiques que nous allons présenter simplement ci-dessous.

I.3.3.1. Translation

La fonction de translation (Déplacement du portique sur pneus) correspond au déplacement longitudinal de la grue sur les voies de circulation du terminal. Ce déplacement est assuré par un ensemble de composants mécaniques répartis sur les huit essieux du portique, dont quatre sont motorisés.

Les RTG Liebherr sont équipés d'un moteur électrique alternatif qui alimente les roues motrices, permettant ainsi à la grue de se déplacer de manière autonome sur le terminal. La rotation ou l'orientation de la grue pour le changement de direction est assurée par un moteur spécifique, assisté par un vérin hydraulique.

Pour garantir la sécurité lors des phases d'arrêt ou de freinage, un système de frein à disque est intégrée au mécanisme de translation. L'ensemble de ces éléments permet un déplacement stable, contrôlé et sécurisé du portique sur toute la longueur du terminal [4].

Ces composants sont :

- ✓ **Le moteur à courant alternatif** : Chaque unité motrice est équipée d'un moteur AC monté verticalement. Celui-ci entraîne un train d'engrenages planétaires via un arbre de transmission. Ce moteur permet d'assurer le mouvement de la grue avec précision et efficacité.
- ✓ **Le système de direction** : Le moteur de rotation permet d'orienter les roues selon plusieurs configurations fixes notamment 0° (direction longitudinale) et 90° (angle droit). L'orientation est assurée par une pompe hydraulique.
- ✓ **Le frein à disque** : Chaque moteur de translation est associé à un frein à disque actionné par ressort et désactivé électro magnétiquement. Ce système garantit un arrêt sécurisé en cas de coupure d'alimentation ou d'arrêt d'urgence.

I.3.3.2. Levage

La fonction de levage (Montée et descente des conteneurs) est le cœur du système de manutention du RTG. Elle permet de soulever et de descendre les conteneurs lors des opérations de chargement et de déchargement. Ce système repose sur un treuil équipé de câbles en acier haute résistance. Le moteur de levage, combiné à un système de poulies, permet un mouvement vertical contrôlé et sécurisé. Des capteurs de charge sont également intégrés pour surveiller le poids soulevé et prévenir tout dépassement de capacité [4].

Les éléments suivants en constituent les composants clés :

- ✓ **Le tambour d'enroulement** : Ce tambour permet l'enroulement et le déroulement des câbles de levage. Il est entraîné par un moteur via une boîte de vitesse à arbre parallèle protégée par un carter en fonte.
- ✓ **La boîte de vitesse de levage** : Il s'agit d'un réducteur à une seule vitesse, assurant la transmission de l'énergie mécanique au tambour d'enroulement. Ce mécanisme est essentiel pour ajuster la vitesse de levée selon la charge.
- ✓ **Le frein de levage** : Ce système de freinage est activé par un ressort et désactivé électro-hydrauliquement. Il est conçu pour maintenir la charge en cas de coupure de courant ou d'arrêt d'urgence, garantissant ainsi la sécurité de l'opération de levage.

- ✓ **Les câbles et poulies** : Le système de levage comporte huit câbles passant à travers douze poulies, répartis entre le chariot et le spreader. Ces câbles sont directement fixés au spreader par des pièces de liaison. Leur tension et leur alignement doivent être soigneusement ajustés afin d'éviter tout déséquilibre ou surcharge.
- ✓ **Le système de contrôle de surcharge** : Grâce à une cellule de chargement intégrée au bras de couple, le système est capable de détecter toute surcharge potentielle. Il permet ainsi de déclencher automatiquement l'arrêt de l'opération si les limites sont dépassées, assurant un fonctionnement sécurisé.

I.3.3.3. Chariotage

La fonction de chariotage (déplacement latérale du spreader) désigne le déplacement du spreader, l'équipement de préhension des conteneurs, le long de la poutre supérieure de la grue. Les spreader sont équipé de systèmes de verrouillage automatiques qui s'accrochent aux coins des conteneurs pour les soulever et les déplacer en toute sécurité. Le mouvement longitudinal du spreader est contrôlé par un moteur électrique, offrant à la fois précision et fluidité dans les opérations de manutention [4].

Les principaux composants impliqués sont :

- ✓ **Le spreader télescopique** : Il s'agit de l'équipement de préhension des conteneurs, conçu pour s'adapter à différentes longueurs (20 à 40 pieds). Il est fixé au chariot via des câbles de levage. Le modèle utilisé dans ce cas est un spreader Bromma, conformément au manuel de maintenance.
- ✓ **Le moteur de chariotage** : Intégré dans une unité motrice avec système de freinage et boîte de vitesse, ce moteur assure le déplacement latéral du chariot sur les rails situés au sommet de la structure du portique.
- ✓ **Les rails ou chemins de roulement** : Ils constituent la voie de circulation du chariot. Leur alignement et leur état doivent être rigoureusement contrôlés pour garantir un fonctionnement fluide et sécurisé.

I.4. Introduction aux automates industriels et application au SIMATIC S7-300

I.4.1. Description générale des automates programmables industriels

Les Automates Programmables Industriels (API), aussi appelés Programmable Logic Controllers (PLC), sont des dispositifs électroniques conçus pour fonctionner dans un environnement industriel. Ils jouent un rôle essentiel dans l'automatisation des processus en contrôlant directement les actionneurs et pré-actionneurs. Contrairement aux systèmes à logique câblée utilisant des relais ou des circuits logiques, les API permettent d'exécuter des programmes spécifiques pour assurer des commandes automatiques.

Même s'ils offrent moins de possibilités qu'un processeur informatique classique, les API sont conçus pour être facilement utilisés par des opérateurs ayant peu de connaissances en programmation. Cela est rendu possible grâce à des langages spécialisés comme le Ladder (langage relais), le grafct ou les équations booléennes, qui sont adaptés aux besoins industriels.

L'objectif principal de l'automatisation est d'optimiser la production en réduisant l'intervention humaine tout en maintenant un niveau de qualité élevé et en minimisant les coûts. Les API fonctionnent de manière synchrone, ce qui simplifie leur gestion et évite les problèmes liés à la multiprogrammation.

Enfin, ces équipements sont spécialement conçus pour résister aux conditions difficiles des environnements industriels. Ils intègrent des protections contre les contraintes extérieures (température, humidité, poussière) et disposent d'interfaces adaptées pour interagir efficacement avec différents capteurs et actionneurs [5].

I.4.2. Présentation et caractéristiques des API S7-300 de Siemens

I.4.2.1. Présentation de l'automate S7-300

L'automate programmateur industriel S7-300, produit par SIEMENS et intégré à la série SIMATIC S7, est conçu pour accomplir des fonctions d'automatisation de niveau moyen et élevé.

L'automate est constitué d'une configuration minimale qui comprend un module d'alimentation, la CPU, le coupleur ainsi que des modules d'entrées et de sorties [6].

La figure I.5 représente l'automate API S7-300.



Figure I.5 : Automate API S7-300

Cet automate comprend les éléments suivants :

➤ **L'unité centrale de traitement (CPU) :** La CPU agit comme le cerveau de l'automate elle offre la possibilité de :

- Lire les états des signaux d'entrée.
- Exécuter le programme de l'utilisateur et vérifier les résultats.
- Assurer le démarrage et identifier les anomalies grâce aux voyants lumineux.

Le S7-300 offre une vaste sélection de processeurs adaptés à divers niveaux de performance. On identifie les versions suivantes :

- CPU à utilisateur standard : CPU 313, CPU 314, CPU 315 et CPU 316.
- CPU avec fonctions intégrées : CPU 312 IFM et la CPU 314 IFM.
- CPU avec interface PROFIBUS DP (CPU 315 – 2 DP, CPU 316 – 2 DP CPU 318 – 2 DP) [6].

➤ **L'unité d'alimentation :** Le S7-300 est alimenté sous une tension de 24VCC, fournie par le module d'alimentation qui convertit la tension secteur 380/220VAC. Les capteurs, actionneurs et voyants lumineux nécessitant plus de 24V sont alimentés par des transformateurs ou blocs d'alimentation additionnels.

➤ **Modules d'Entrée/Sortie (I/O) :** De nature 'Tout ou Rien' (TOR) ou analogiques.

➤ **Coupleur (IM)** : Les coupleurs sont des cartes électroniques qui garantissent la liaison entre les entrées/sorties (périphériques ou autres) et l'unité centrale. La communication entre l'unité centrale de traitement et les modules d'entrée/sortie se fait via un bus interne (connexion parallèle codée). Les coupleurs assurent la connexion d'un ou plusieurs châssis au châssis principal de l'API S7-300, les coupleurs disponibles sont :

- IM 365 : Pour les couplages entre les châssis d'un mètre de distance au max.
- IM 360 et IM 361 : pour les couplages allant jusqu'à 10 mètres de distances.

➤ **Module communication (CP)** : Les modules de communication sont conçus pour gérer la transmission de données en série. Ils permettent également d'établir des connexions point à point avec :

- Des systèmes de commande de robots.
- Des interfaces de communication avec les pupitres opérateurs.
- Des automates industriels, notamment les SIMATIC S7, SIMATIC S5, ainsi que ceux d'autres fabricants [6].

I.4.2.2. Caractéristiques de l'automate S7-300

Les spécifications de l'automate S7-300 sont les suivantes :

- Large éventail de la CPU.
- Module complet proposé.
- Capacité d'exécuter jusqu'à 32 modules.
- Bus de fond de panier intégré sous forme de module.
- Capacité d'interconnexion via MPI, PROFIBUS ou ETHERNET INDUSTRIEL.
- Liberté d'assemblage à divers endroits.
- Configuration et paramétrage en utilisant l'outil de configuration du matériel.

Il est possible de relier plusieurs automates S7-300 via un câble-bus PROFIBUS pour établir une configuration décentralisée [7].

I.4.3. Intégration des API S7-300 dans les systèmes de manutention

L'intégration des automates programmables industriels (API) S7-300 de Siemens dans les systèmes de manutentions, comme les grues RTG, permet d'automatiser et

d'optimiser leurs opérations. Ces API contrôlent les différents mouvements de la grue, comme la translation, le levage et le déplacement du chariot, en assurant une meilleure précision et une grande sécurité grâce à l'utilisation de capteurs. Ils facilitent aussi la communication avec d'autres équipements via des protocoles comme Profibus et Profinet, permettant ainsi une gestion à distance à travers un système de supervision (SCADA). En plus de rendre le travail plus efficace, ces API aident à réduire les erreurs humaines et à anticiper d'éventuelles pannes grâce à la maintenance prédictive. Cependant leur intégration peut être complexe et nécessite une bonne sécurisation des données pour éviter tout risque de piratage ou de dysfonctionnement.

I.5. Systèmes de détection et sécurité pour RTG Liebherr

I.5.1. Capteur laser

Le laser est un système qui envoie des ondes électromagnétiques pour repérer des objets et savoir où ils se trouvent, ou à quelle vitesse ils bougent. Ces ondes rebondissent sur la cible (comme un avion, un navire ou même la pluie), puis reviennent vers l'appareil. En analysant ce "retour", le laser peut déterminer la position et parfois la vitesse de l'objet détecté. En général, l'émetteur et le récepteur sont placés au même endroit [8].



Figure I.6 : Capteur laser

I.5.2. Capteur anticollision

Le capteur anticollision est un système de sécurité utilisé pour détecter la présence d'obstacles et éviter les accidents pendant le déplacement d'un portique. Dans notre projet, nous avons mis en place ce type de capteur sur un RTG Liebherr, afin de sécuriser sa fonction de translation. Au total, quatre capteurs ont été installés : deux du côté diesel et deux du côté opérateur. Chacun est composé d'une détection extérieure, pour repérer les camions ou autres obstacles autour du portique, et d'une détection intérieure, pour

surveiller les mouvements des conteneurs. Ce dispositif permet de limiter les risques de collision et d'assurer un fonctionnement plus sûr du système [8].



Figure I.7 : Capteur anticollision

I.5.3. Capteur de proximité

Le capteur de proximité inductif détecte la présence d'objets métalliques sans contact, grâce à un champ électromagnétique avec une portée de 4mm. Il fonctionne en mode PNP, délivrant un signal positif lorsqu'un objet est détecté. Ce capteur compact (53 x 12mm) supporte une alimentation de 12 à 48V, un courant max de 200mA, et offre une fréquence de commutation élevée (5000Hz). Il peut être monté intégrer dans le métal et dispose d'une protection contre les surcharges et les courts-circuits, ce qui le rend fiable pour les applications industrielles rapides et exigeantes [8].



Figure I.8 : Capteur de proximité

I.6. Analyse de la problématique

Notre mission au sein de l'entreprise consiste à améliorer et sécuriser le mécanisme de déplacement des portiques RTG Liebherr. Pour atteindre cet objectif, nous avons opté pour le remplacement de l'ancienne programmation sous Codesys par une nouvelle programmation utilisant Siemens STEP7. Ce choix repose sur une comparaison technique entre les deux environnements. Codesys est une plateforme ouverte et polyvalente, compatible avec de nombreux fabricants d'automates, respectant la norme IEC 61131-3 et bénéficiant d'une large communauté. Il est adapté aux projets nécessitant flexibilité et indépendance. STEP7, quant à lui, est un logiciel propriétaire de Siemens, conçu spécifiquement pour la gamme SIMATIC S7. Il s'intègre parfaitement à l'écosystème Siemens, offrant ainsi une meilleure cohérence avec les équipements existants, ce qui facilite l'intégration, la maintenance et la gestion centralisée des projets. Cette transition permettra une amélioration significative du contrôle et de la gestion des mouvements.

Afin d'accroître la sécurité des opérations, nous prévoyons d'ajouter un dispositif de détection laser, ce qui réduira les risques de collision et assurera un fonctionnement plus fiable. Finalement, nous mettrons en place la fonctionnalité du chariotage qui optimisera le déplacement du chariot tout comme la translation. Les avantages sont comptés de cette amélioration sont :

- Optimisation du déplacement des RTG pour une meilleure précision.
- Renforcement de la sécurité grâce à l'intégration des capteurs laser.
- Fiabilité accrue du système avec une transition vers Siemens.
- Facilité de maintenance et de dépannage en cas de panne.
- Diminution des risques de défaillance et des arrêts imprévus.
- Amélioration de la productivité en optimisant le fonctionnement du RTG.

I.7. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de découvrir l'entreprise BMT, ses infrastructures et son activité de manutention portuaire. Il a mis en lumière le rôle des grues RTG Liebherr et introduit les automates industriels, notamment le SIMATIC S7-300. La problématique principale retenue concerne l'amélioration du système de translation et de sécurité des RTG, qui sera développée dans les chapitres suivants.

Chapitre II

**Cahiers des charges et grafctet des systèmes du
RTG**

II.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons décrire les différents systèmes mécaniques et électriques du portique RTG, comme la translation, le déplacement du chariot et la rotation. Pour chaque système, nous présenterons son fonctionnement, les conditions de mise en marche, de déplacement, d'arrêt, ainsi que les grafcets associés. Cela permettra de mieux comprendre comment ces systèmes sont automatisés et gérés à l'aide d'un automate.

II.2. Fonctionnement des systèmes mécaniques et électriques

II.2.1. Système de translation du portique

Le système de translation du portique RTG Liebherr permet à la grue de se déplacer dans le terminal pour charger ou décharger des conteneurs à différents emplacements. Ce déplacement est assuré par huit roues, dont quatre sont motorisées à l'aide de moteurs électriques de 35kW, contrôlés par des variateurs de fréquence. Ces variateurs permettent de régler facilement la vitesse selon la situation : jusqu'à 130 mètres par minute à vide, et 70 mètres par minute lorsqu'une charge de 40,6 tonnes est transportée. Les roues entraînées assurent une bonne traction au sol et un mouvement fluide. Grâce à un système de rotation, elles peuvent même pivoter à 90° pour que la grue change de direction ou passe d'une allée à une autre. Le tout est commandé par l'opérateur depuis la cabine. Pour garantir la sécurité, des freins automatiques entrent en action en cas d'urgence, et des capteurs anticollision détectent les obstacles pour éviter les accidents. Cette solution technique est conçue pour garantir des déplacements rapides, précis et sécurisés sur les terminaux portuaires [9].

II.2.2. Système de déplacement du chariot

Le déplacement du chariot sur la grue portique RTG Liebherr repose sur un système mécanique et électrique bien coordonné. Il est assuré par deux moteurs électriques de 18kW, chacun commandé par un variateur de fréquence. Ce système permet un contrôle précis et progressif de la vitesse, rendant les manœuvres plus fluides. Le chariot circule le long d'une poutre transversale et peut atteindre une vitesse de 70 mètres par minute, que ce soit à vide ou en charge. Les roues motrices garantissent une bonne traction et une stabilité optimale pendant les déplacements. L'opérateur contrôle le chariot depuis la cabine, à l'aide d'un levier simple à utiliser : en le poussant ou en le tirant, il peut ajuster la

direction et la vitesse. Pour garantir la sécurité, des freins électromécaniques interviennent automatiquement en cas d'urgence, et des capteurs appelés interrupteurs de fin de course ralentissent progressivement le chariot à l'approche des extrémités, évitant tout risque de collision. Ce système permet de positionner rapidement et précisément le spreader au-dessus des conteneurs. Un bon entretien des éléments mécaniques, comme les roues et la boîte de vitesse, est essentiel pour maintenir un fonctionnement sûr et efficace [4].

II.2.3. Système hydraulique

Le système hydraulique du portique RTG Liebherr est crucial pour assurer le bon fonctionnement des mouvements de translation, de chariotage et de rotation des roues. Il se compose d'une unité hydraulique centrale comprenant un réservoir d'huile, des pompes, des vérins, des tuyaux et des blocs de soupapes qui régulent la pression et le débit de l'huile. Ce système permet à la grue de se déplacer latéralement, de manœuvrer son chariot avec précision et d'orienter ses roues pour différentes configurations de déplacement.

Pendant la translation, les vérins assurent la direction des roues et leur verrouillage, garantissant un déplacement fluide et sécurisé. Pour le chariotage, ils permettent de guider les mouvements du chariot avec une grande précision, assurant ainsi une gestion souple et contrôlée des charges. Quant à la rotation des roues, le système hydraulique permet non seulement de les faire tourner, mais aussi de les positionner automatiquement pour changer de mode de déplacement, que ce soit pour avancer en ligne droite, se déplacer transversalement ou effectuer une rotation sur place.

Il est essentiel de maintenir régulièrement ce système en vérifiant le niveau d'huile, l'état des tuyaux et l'absence de fuites pour garantir une efficacité et une sécurité optimales. Par conséquent, le système hydraulique assure des déplacements fluides et précis, ce qui est indispensable pour le bon fonctionnement du portique RTG Liebherr dans ses opérations de manutention.

II.2.4. Commandes et interface conducteur

Le pupitre de commande du RTG regroupe tous les éléments essentiels pour piloter la grue, comme des leviers, des boutons pousoirs, des voyants lumineux et des écrans. Les leviers servent à contrôler les mouvements principaux tels que le levage, la translation et le chariot. Les boutons pousoirs permettent d'activer ou désactiver certaines fonctions

comme les freins ou l'activation du spreader. Les voyants lumineux indiquent l'état de fonctionnement des différents systèmes (par exemple, freins activés, surcharge, alarmes, etc.).

La cabine est aussi équipée d'un panneau d'affichage EMS (Electronic Monitoring System) qui fournit des informations importantes en temps réel, comme le poids de la charge soulevée, la hauteur du spreader, et des messages d'alerte ou de sécurité. Cela permet à l'opérateur de prendre des décisions rapides et sûres pendant les opérations.

Concernant la communication et la sécurité, la cabine dispose d'un interphone pour permettre une communication fluide avec le personnel au sol. En cas de problème, une alarme sonore peut être déclenchée pour avertir l'équipe, et des boutons d'arrêt d'urgence sont disponibles pour stopper immédiatement tous les mouvements en cas de danger [4].

II.2.5. Alimentation électrique

Le tableau II.1 synthétise les caractéristiques techniques de l'alimentation électrique [9].

Tableau II.1 : Alimentation électrique

Groupe électrogène diesel principal	Caractéristique technique
Puissance du groupe électrogène	400KVA / 320kW
Tension / fréquence de service	480V / 60Hz
Capacité réservoir diesel	1 500 litres
Type de régulateur	électronique
Pupitre de commande	110VCA / 24VCC
Démarrage	à distance/local
Groupe électrogène diesel auxiliaire	non utilisé

II.2.6. Intégration des schémas électriques

Deux schémas électriques ont été intégrés pour illustrer le fonctionnement du système de translation du RTG. Le premier schéma détaille l'architecture de commande et d'alimentation des moteurs de translation M1 et M2 (Voir la figure II.1), pilotés via un variateur de vitesse. Il met en évidence les connexions électriques vers les moteurs, les

relais de commande, les protections thermiques ainsi que les dispositifs de freinage. Il est à noter que ce schéma est représentatif également du fonctionnement des moteurs M3 et M4, commandés par un second variateur de vitesse selon une architecture identique. Le second schéma (Voir la figure II.2), quant à lui, se concentre sur le circuit de commande des freins et les capteurs de fin de course (limit switches), éléments essentiels pour garantir la sécurité du système. Comme on peut le voir dans les deux illustrations suivantes [8].

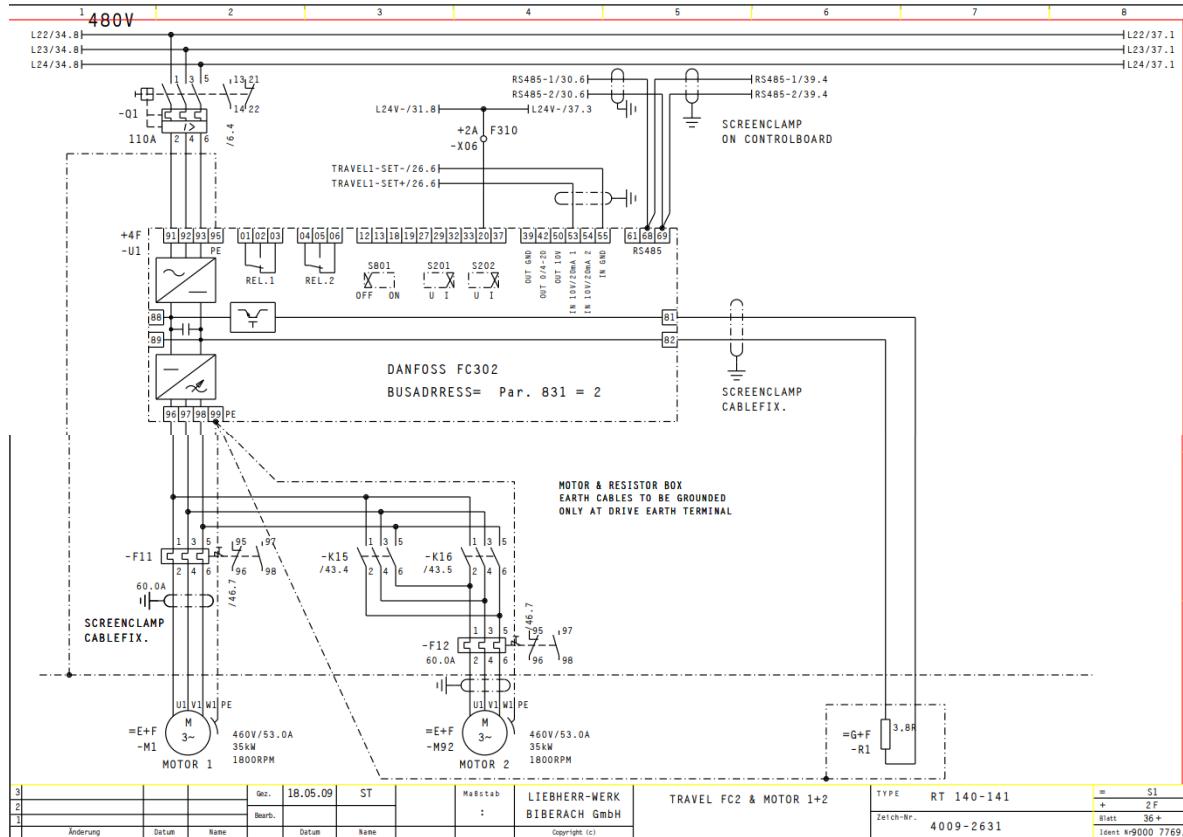


Figure II.1 : Schéma de commande et de puissance des moteurs de translation M1 et M2

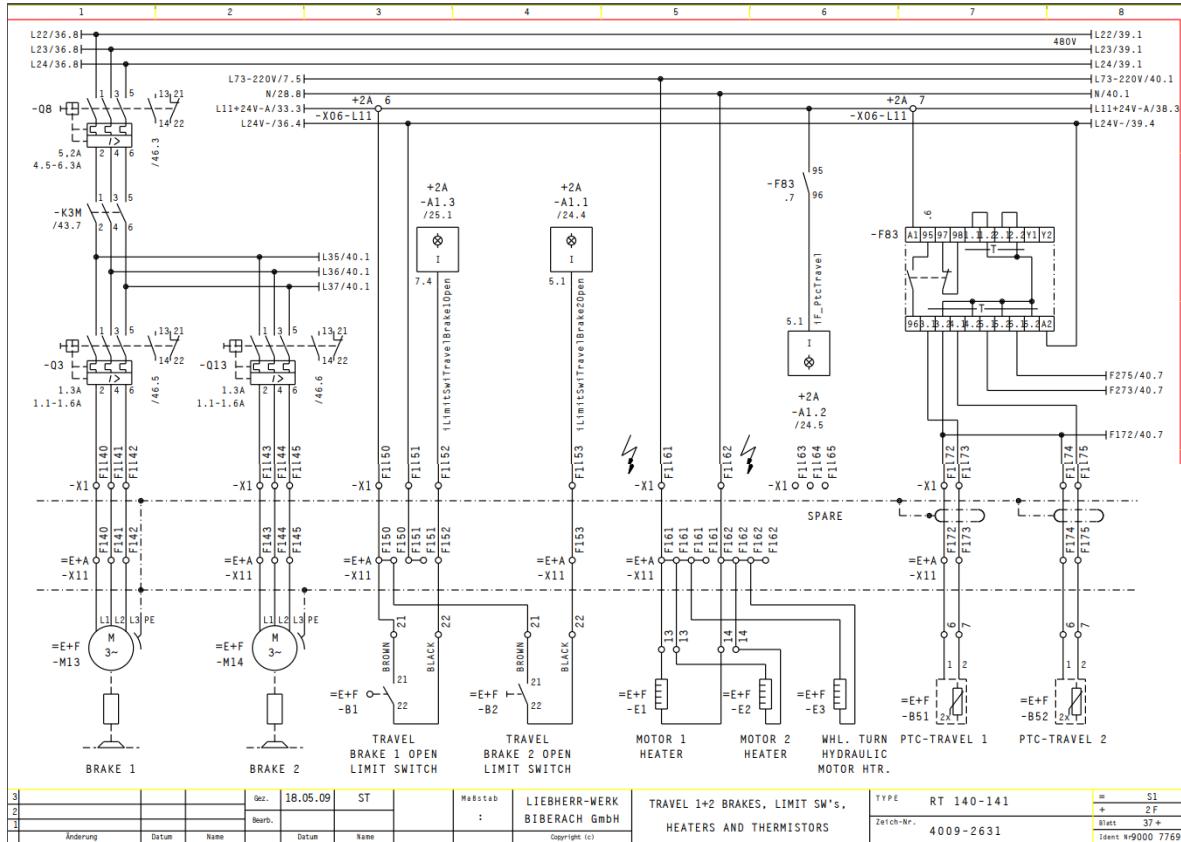


Figure II.2 : Schéma électrique de commande des freins et capteurs de fin de course

II.3. Présentation du logiciel de programmation (AUTOMGEN)

AUTOMGEN est un logiciel utilisé pour créer des programmes en automatisme. Il permet de contrôler des systèmes comme les automates programmables, les microprocesseurs ou les ordinateurs avec des cartes d'entrée et de sortie. Il offre plusieurs façons simples de représenter les programmes, comme le grafset, les logigrammes, le Ladder ou les organigrammes [10].

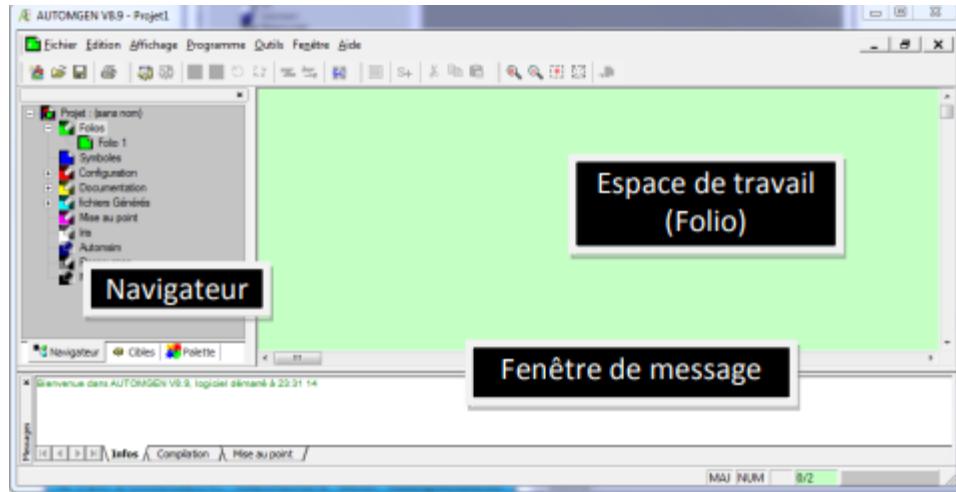


Figure II.3 : Interface principale du logiciel AUTOMGEN

II.4. Cahier des charges de translation

Assurer un déplacement horizontal contrôlé, fluide et sécurisé du portique RTG Liebherr, à droite, à gauche, en avant ou en arrière, à travers les moteurs de translation associés, tout en respectant les commandes de l'opérateur et les signaux de sécurité.

II.4.1. Conditions de mise en marche de la translation

- Activation du bouton de mise en marche générale (crON = 1)
- Non activation du bouton d'arrêt d'urgence (Bur = 0)
- Connexion de la fiche spreader (FSC = 1)
- Retour de marche spreader (RMS = 1)
- Non activation de la commande de mise à l'arrêt (crOFF = 0)
- Présence d'un signal valide des commandes moteurs (cmdM1 = 1, cmdM2 = 1, cmdM3 = 1, cmdM4 = 1)

II.4.2. Conditions de translation vers la gauche

- Le levier est tourné à gauche (Jkg = 1 / Jkd = 0 / Jk0 = 0)
- La position des roues 0° (zéro degré C0°a.b.c.d = 1)
- La position des roues 90° (quatre-vingt-dix degré C90°a.b.c.d = 0)
- Capteur LASER non activé (CpL1.2.3.4 = 0)
- Capteur anticollision non activé (Cpant1.2.3.4 = 0)
- Commande moteur (cmdM1.2.3.4) est actif

II.4.3. Conditions de translation vers la droite

- Le levier est tourné à droite ($Jkd = 1 / Jkg = 0 / Jk0 = 0$)
- La position des roues 0° (zéro degré $C0^\circ a.b.c.d=1$)
- La position des roues 90° (quatre-vingt-dix degré $C90^\circ a.b.c.d=0$)
- Capteur LASER non activé ($CpL1.2.3.4 = 0$)
- Capteur anticollision non activé ($Cpant1.2.3.4 = 0$)
- Commande moteur ($cmdM1.2.3.4$) est actif

II.4.4. Conditions de translation en avant

- Le levier est poussé vers l'avant ($Jkav = 1 / Jkar = 0 / Jk0 = 0$)
- La position des roues 0° (zéro degré $C0^\circ a.b.c.d=0$)
- La position des roues 90° (quatre-vingt-dix degré $C90^\circ a.b.c.d = 1$)
- Capteur LASER non activé ($CpL1.2.3.4 = 0$)
- Capteur anticollision non activé ($Cpant1.2.3.4 = 0$)
- Commande moteur ($cmdM1.2.3.4$) est actif

II.4.5. Conditions de translation en arrière

- Le levier est poussé vers l'arrière ($Jkar = 1 / Jkav = 0 / Jk0 = 0$)
- La position des roues 0° (zéro degré $C0^\circ a.b.c.d = 0$)
- La position des roues 90° (quatre-vingt-dix degré $C90^\circ a.b.c.d = 1$)
- Capteur LASER non activé ($CpL1.2.3.4 = 0$)
- Capteur anticollision non activé ($Cpant1.2.3.4 = 0$)
- Commande moteur ($cmdM1.2.3.4$) est actif

II.4.6. Conditions d'arrêt de la translation

- Activation d'arrêt d'urgence ou défaut détecté ($Bur = 1, FSC = 0, RMS = 0, crOFF = 1$)
- Capteur LASER activé ($CpL1.2.3.4 = 1$)
- Capteur anticollision activé ($Cpant1.2.3.4 = 1$)

II.4.7. Grafcet de translation

La figure II.4 décrit le grafcet correspondant à la fonction de translation

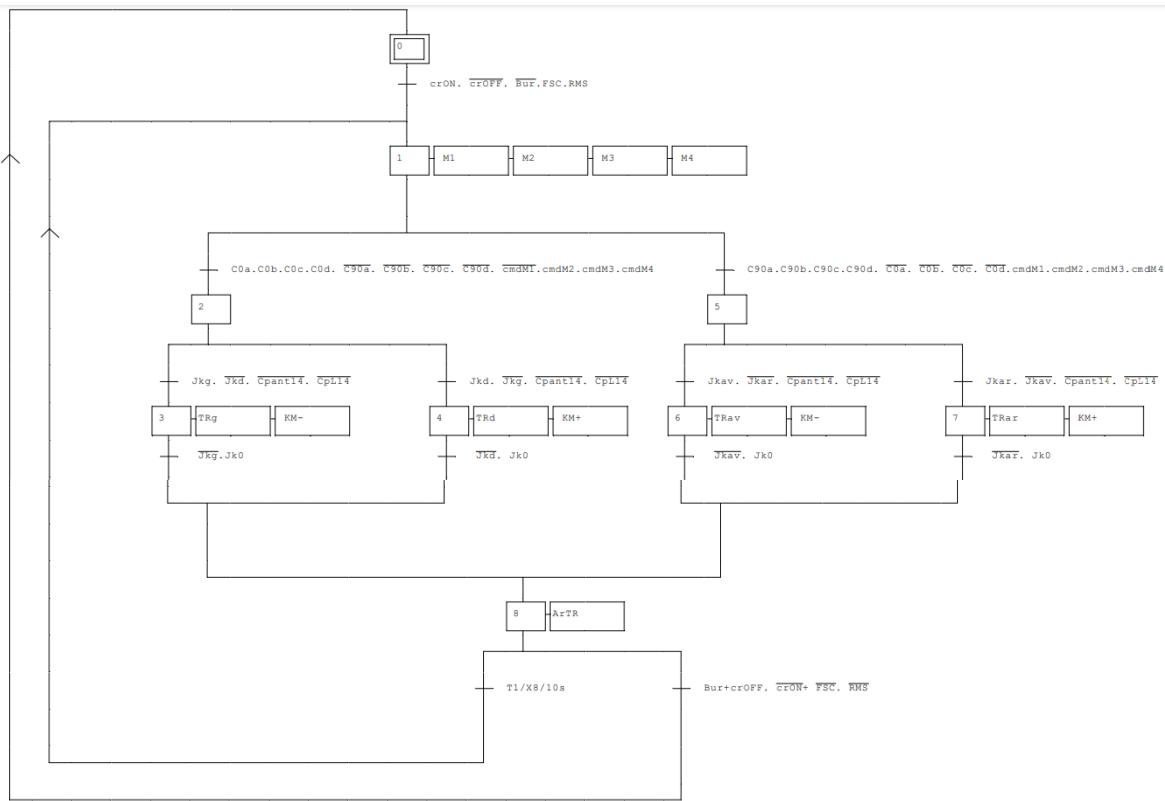


Figure II.4 : Grafcet de translation

II.4.8. Table des symboles E/S

Avec le logiciel AUTOMGEN, On prendra l'indice 'I' pour les entrées (Input) et 'O' pour les sorties (Output). Comme illustré dans le tableau II.2, qui présente la table des symboles E/S.

Tableau II.2 : Table des symboles E/S

Symbol	Variables	Commentaire
crON	I0	Mise en marche du RTG
crOFF	I1	Mise en arrêt du RTG
Bur	I2	Bouton arrêt d'urgence
FSC	I3	Fiche spreader connecté
RMS	I4	Retour de marche spreader

C0a	I5	Capteur de position 0°
C0b	I6	Capteur de position 0°
C0c	I7	Capteur de position 0°
C0d	I8	Capteur de position 0°
C90a	I9	Capteur de position 90°
C90b	I10	Capteur de position 90°
C90c	I11	Capteur de position 90°
C90d	I12	Capteur de position 90°
cmdM1	I13	Commande de moteur 1
cmdM2	I14	Commande de moteur 2
cmdM3	I15	Commande de moteur 3
cmdM4	I16	Commande de moteur 4
Jkg	I17	Levier à gauche
Jkd	I18	Levier à droite
Jkav	I19	Levier en avant
Jkar	I20	Levier en arrière
Cpant14	I21	Capteur anticollision
CpL14	I22	Capteur laser
Jk0	I23	Levier position initiale
M1	O0	Moteur 1
M2	O1	Moteur 2
M3	O2	Moteur 3
M4	O3	Moteur 4
Trg	O4	Translation à gauche
Trd	O5	Translation à droite
Trav	O6	Translation en avant
Trar	O7	Translation en arrière
Km-	O8	Moteur sens négative
Km+	O9	Moteur sens positive
ArTR	O10	Arrêt translation

II.5. Cahier des charges de chariotage

Le chariot est l'un des éléments mobiles du portique RTG permettant le déplacement du spreader (et donc du conteneur) dans l'axe longitudinal du portique. Ce mouvement est assuré par un ou plusieurs moteurs permettant au chariot de se déplacer vers l'avant ou vers l'arrière sur ses rails. L'élaboration du cahier des charges a pour objectif d'assurer un déplacement fluide et sécurisé du chariot, selon les conditions suivantes :

- L'autorisation du mouvement uniquement si toutes les conditions de sécurité sont validées (RTG en marche, aucun arrêt d'urgence, spreader connecté).
- Le déplacement vers l'avant ou vers l'arrière doit être déclenché par une commande manuelle (levier de commande) en tenant compte des butées de fin de course.
- L'arrêt automatique du chariot en cas de situation critique ou en atteignant les positions limites.
- L'utilisation de voyants de retour d'état pour informer l'opérateur sur :
 - Le sens de déplacement du chariot (avant/arrière)
 - L'arrêt du chariot
 - Les conditions de sécurité bloquant le déplacement

II.5.1. Conditions de mise en marche du chariotage

- Activation du bouton de mise en marche générale (crON=1)
- Aucune activation d'arrêt d'urgence (Bur = 0)
- Fiche Spreader bien connectée (FSC = 1)
- Retour de marche Spreader validé (RMS = 1)
- Capteur porte cabine fermé (Cpf = 1)

II.5.2. Conditions de déplacement vers l'avant

- Levier poussé vers l'avant ($J_{kav} = 1 / J_{kar} = 0 / J_{k0} = 0$)
- Fin de course avant non atteinte ($C2STOP = 0$)
- Commandes moteurs activées ($cmdM10.20 = 1$)
- Contacteurs KM10+ et KM20+ activés

II.5.3. Conditions de déplacement vers l'arrière

- Levier poussé vers l'arrière ($Jkar = 1 / Jkav = 0 / Jk0 = 0$)
- Fin de course arrière non atteinte ($C1STOP = 0$)
- Commandes moteurs activées ($cmdM10.20 = 1$)
- Contacteurs KM10- et KM20- activés

II.5.4. Conditions d'arrêt du chariot

- Activation d'un des capteurs de fin de course ($C1STOP$ ou $C2STOP$)
- Levier de commande en position neutre ($Jk0 = 1 / Jkav = 0 / Jkar = 0$)
- Arrêt d'urgence déclenché ($Bur = 1$)
- Spreader déconnecté ou non en position ($FSC = 0$, $RMS = 0$)
- Non activation Capteur porte cabine fermé ($Cpf = 0$)

II.5.5. Grafcet de chariotage

Afin de mieux comprendre le déroulement des opérations liées au chariotage, la figure II.5 présente le Grafcet correspondant à cette fonction.

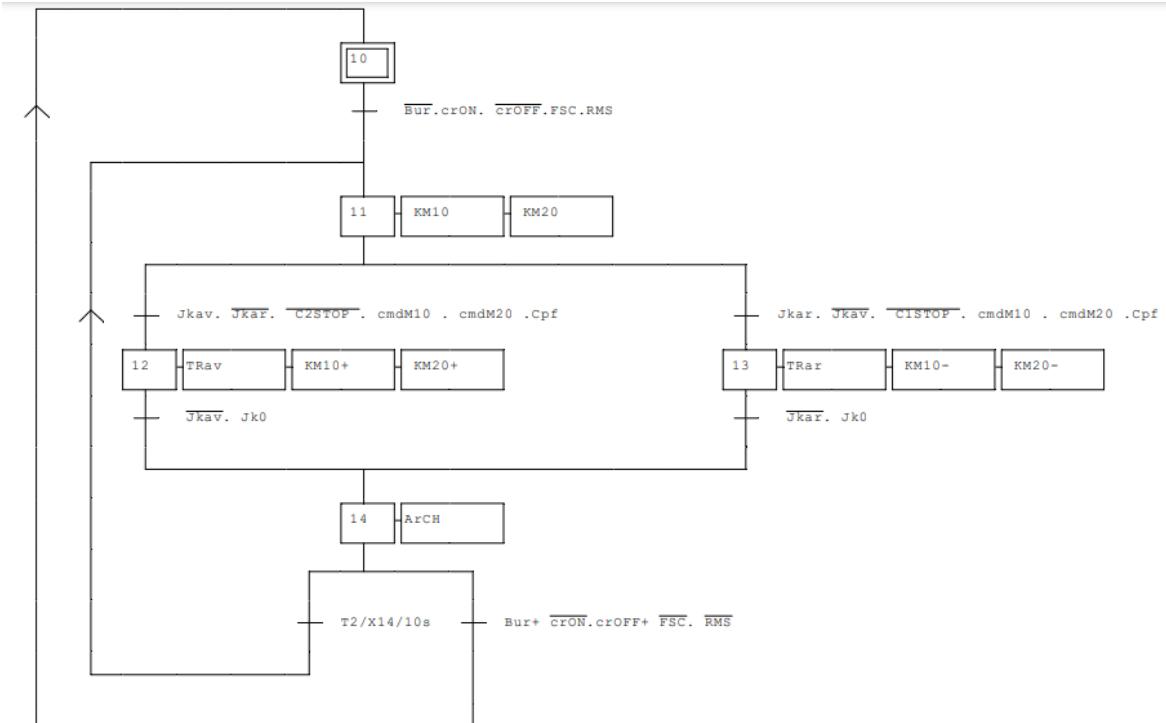


Figure II.5 : Grafcet de chariotage

II.5.6. Table des symboles E/S

La table des symboles présentée dans le tableau II.3 suivant permet de mieux comprendre le Grafcet du chariotage.

Tableau II.3 : Table des symboles E/S

Symboles	Variables	Commentaires
crON	I0	Mise en marche du RTG
crOFF	I1	Mise en arrêt du RTG
Bur	I2	Bouton arrêt d'urgence
FSC	I3	Fiche spreader connecté
RMS	I4	Retour de marche spreader
cmd10	I5	Commande de moteur 1
cmd20	I6	Commande de moteur 2
Jkav	I7	Levier en avant
Jkar	I8	Levier e, arrière
Jk0	I9	Levier position initiale
C1STOP	I10	Capteur d'arrêt de la position arrière
C2STOP	I11	Capteur d'arrêt de la position avant
Cpf	I12	Capteur portail fermé
KM20-	O0	Moteur 20 sens négative (arrière)
KM20+	O1	Moteur 20 sens positive (avant)
KM10-	O2	Moteur 10 sens négative (arrière)
KM10+	O3	Moteur 10 sens positif (avant)
KM10	O4	Moteur 1
KM20	O5	Moteur 2
TRav	O6	Trolley en avant
TRar	O7	Trolley en arrière
ArCH	O8	Arrêt chariot

II.6. Cahier des charges de la rotation

Assurer une orientation précise et contrôlée des roues du portique RTG Liebherr à 0° ou à 90°, afin de permettre les déplacements dans les directions adéquates. Le système doit garantir un positionnement sécurisé et conforme aux commandes de l'opérateur.

II.6.1. Conditions de mise en marche de la rotation

- Non activation du bouton d'arrêt d'urgence (Bur = 0)
- Fiche spreader connectée (FSC = 1)
- Retour de marche spreader (RMS = 1)
- Commande de mise en marche activée (crON = 1)
- Commande de mise à l'arrêt non activée (crOFF = 0)
- Appui sur un bouton de rotation (BP0=1 ou BP90=1)
- Activation de la pompe hydraulique (cmdpA = 1)
- Activation de capteur de rail
- Capteur anticollision NON activé (Cant=0)
- Jkg=0, Jkd=0, Jkav=0, Jkar=0, Jk0=1

II.6.2. Conditions de rotation vers 0°

- Appui sur le bouton (BP0=1/ BP90=0)
- La pompe est activée (cmdpA = 1)
- Position actuelle différente de 0° (C90a.b.c.d = 1)
- Position 0° non encore atteinte (C0a.b.c.d = 0)
- Absence de défauts de sécurité (Bur = 0, crOFF = 0, FSC = 1, RMS = 1)
- Capteur anti collision NON activé (Cant=0)

II.6.3. Conditions de rotation vers 90°

- Appui sur le bouton (BP90=1/ BP0=0)
- La pompe est activée (cmdpA = 1)
- Position actuelle différente de 90° (C0a.b.c.d = 1)
- Position 90° non encore atteinte (C90a.b.c.d = 0)
- Absence de défauts de sécurité (Bur = 0, crOFF = 0, FSC = 1, RMS = 1)

- Capteur anti collision NON activé (Cant=0)

II.6.4. Conditions d'arrêt de la rotation

- Bouton d'arrêt d'urgence appuyé (Bur = 1)
- Fiche spreader déconnectée (FSC = 0)
- Retour marche non valide (RMS = 0)
- Commande d'arrêt active (crOFF = 1)
- C0a.b.c.d=1 et C90a.b.c.d=1
- C0a.b.c.d=0 et C90a.b.c.d=0
- Jkg=1 ou Jkd=1 ou Jkav=1 ou Jkar=1 ou Jk0=0
- Capteur anti collision activé (Cant=1)

II.6.5. Grafcet de la rotation

Dans le but d'expliquer le fonctionnement de la rotation, le Grafcet est exposé en figure II.6

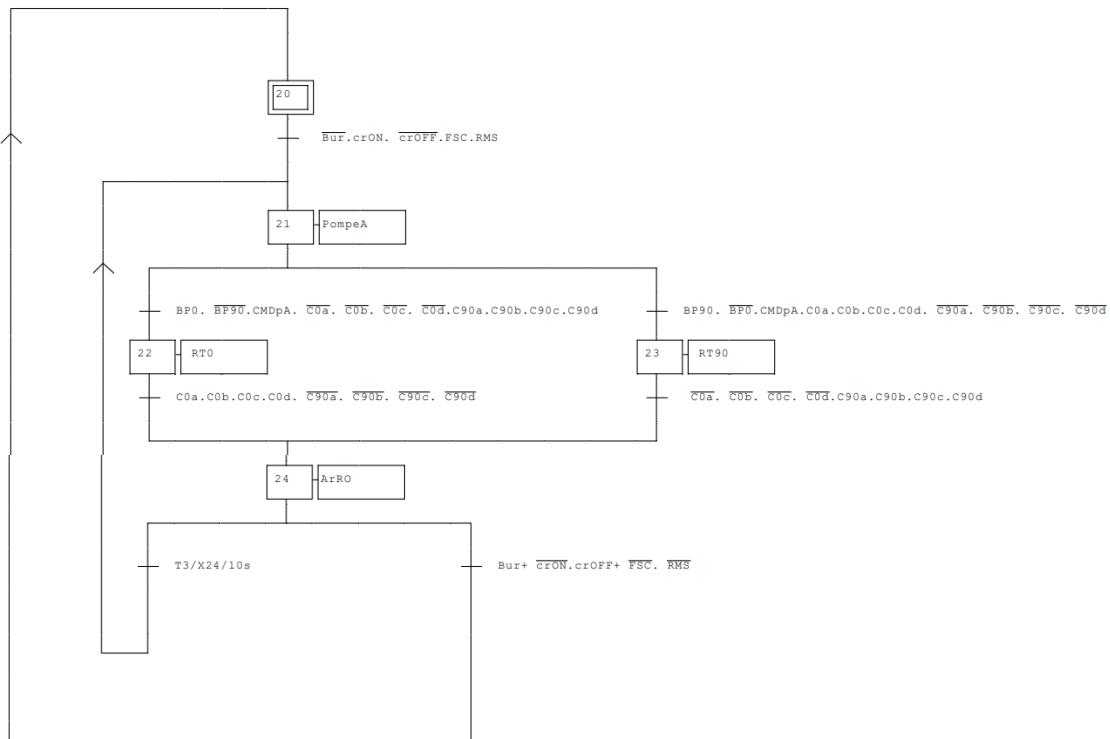


Figure II.6 : Grafcet de la rotation

II.6.6. Table des symboles E/S

Le tableau II.4 ci-dessous détaille la table des symboles employés pour la rotation

Tableau II.4 : Table des symboles E/S

Symbol	Variables	Commentaires
crON	I0	Mise en marche du RTG
crOFF	I1	Mise en arrêt du RTG
Bur	I2	Bouton arrêt d'urgence
FSC	I3	Fiche spreader connecté
RMS	I4	Retour de marche spreader
BP0	I5	Bouton poussoir position 0°
BP90	I6	Bouton poussoir position 90°
cmdpA	I7	Commande de la pompe A
C0a	I8	Capteur de position 0°
C0b	I9	Capteur de position 0°
C0c	I10	Capteur de position 0°
C0d	I11	Capteur de position 0°
C90a	I12	Capteur de position 90°
C90b	I13	Capteur de position 90°
C90c	I14	Capteur de position 90°
C90d	I15	Capteur de position 90°
RT0	O0	Rotation de 0°
RT90	O1	Rotation de 90°
pompeA	O2	La pompe est activée
ArRO	O3	Arrêt rotation

II.7. Grafcet d'arrêt d'urgence

La figure II.7 fournit un aperçu du Grafcet lié à l'arrêt d'urgence

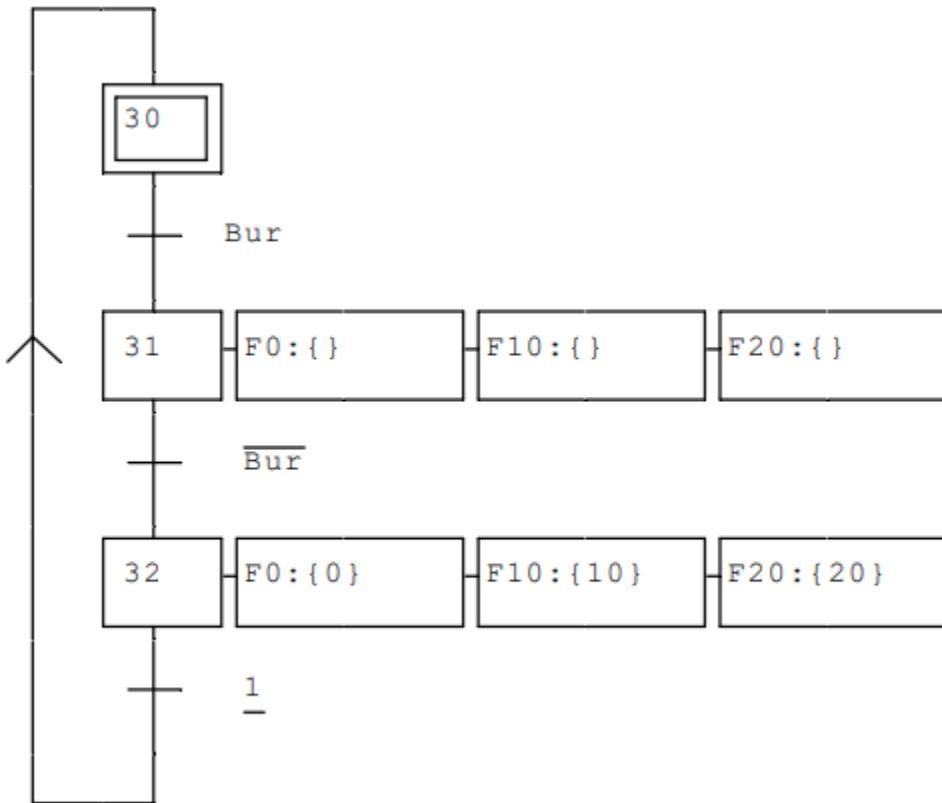


Figure II.7 : Grafcet d'arrêt d'urgence

II.8. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement et le contrôle des différents systèmes du portique RTG. À travers les explications détaillées et les représentations en GRAFCET, nous avons pu visualiser clairement la manière dont l'automate pilote chaque mouvement de façon logique et efficace.

Chapitre III

Conception logiciel du système automatisé du RTG

Liebherr avec STEP7

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons la programmation de l'automate à l'aide du logiciel SIMATIC STEP7. Nous y détaillons les principales étapes de développement et d'implantation du programme, afin qu'il fonctionne correctement et réponde aux besoins du système automatisé.

III.2. Présentation de logiciel STEP7

STEP7 est un logiciel développé par Siemens qui sert à programmer les automates industriels. Il permet de créer, tester et modifier des programmes pour automatiser différents processus. Ce logiciel fonctionne souvent avec d'autres outils comme PROFIBUS ou PROFINET, ce qui facilite la mise en place de systèmes d'automatisation complets et performants [11].

III.2.1. SIMATIC Manager

Le SIMATIC Manager est l'outil principal du logiciel STEP7, développé par Siemens pour la programmation des automates de la gamme S7 (notamment le S7-300 et S7-400). Il permet de gérer, organiser et programmer les différents composants d'un système automatisé comme le montre l'icône du SIMATIC Manager dans la figure III.1 suivante.

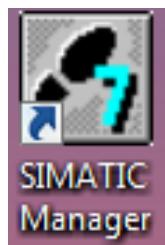


Figure III.1 : SIMATIC Manager

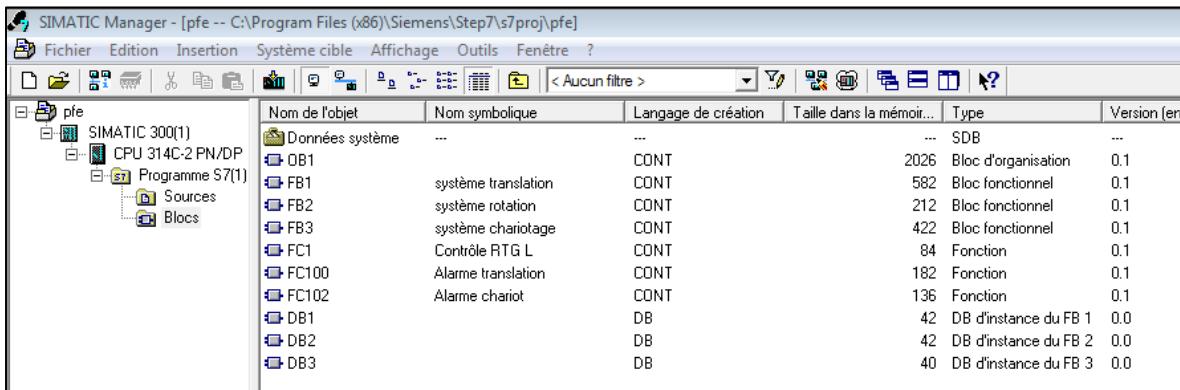
Le SIMATIC Manager repose sur une organisation en objets logiques, représentant les composants réels d'un système automatisé comme le montre le tableau III.1 [12].

Tableau III.1 : Structure logique

Élément logique	Correspondance réelle
Projet	L'ensemble de l'installation
Station	Un automate programmable (API/PLC)
CPU	L'unité centrale de la station
Programme S7	Contenu de la CPU (instructions, blocs, etc.)
Blocs	Instructions compilées (OB, FB, FC...)

III.2.2. Programmation des automates avec STEP7

Dans STEP7, on peut organiser un programme de deux façons. La première est la programmation linéaire, où tout le programme est écrit directement dans le bloc principal appelé OB1. La seconde est la programmation structurée, qui consiste à diviser le programme en plusieurs sous-blocs (comme les blocs FC, FB ou DB), ensuite appelés à partir du bloc principal ou d'autres blocs. Cette approche modulaire rend le programme plus clair, plus facile à comprendre et à modifier. Dans notre projet, on a choisi d'utiliser la programmation structurée. On a créé trois fonctions différentes pour la translation, la rotation et le chariotage dans les blocs FB1, FB2 et FB3. Le programme de sécurité, qui gère l'alarme, a été mis dans un FC. Enfin, on a appelé tous ces sous-blocs depuis le bloc principal OB1, comme on peut le voir dans la figure III.2.

**Figure III.2 : Organisation du programme STEP7**

En général, on distingue deux grands types de blocs : les blocs de code (OB, FB, FC), qui contiennent les instructions du programme, et les blocs de données (DB), qui enregistrent les valeurs utilisées pendant le fonctionnement.

Dans le projet STEP7, tous ces blocs sont regroupés dans le dossier utilisateur, et doivent être chargés dans la CPU pour assurer le fonctionnement de l'automatisation. Le tableau III.2 présente les différents types de bloc et leurs rôles [13].

Tableau III.2 : Types de blocs STEP7 et leur rôles

Type de bloc	Rôle
Blocs d'organisation (OB)	Le bloc OB1 est le programme principal. Il est exécuté de façon cyclique par la CPU de l'automate, quel que soit le mode de fonctionnement. Il contient les instructions principales et assure aussi l'appel des sous-programmes.
Blocs de sous-programmes (FC et FB)	Ces blocs permettent de structurer le programme en sous-parties réutilisables. Le FB (bloc fonctionnel) est un sous-programme associé à un bloc de données d'instance, ce qui lui permet de mémoriser ses paramètres et ses états. La FC (fonction), quant à elle, est utilisé pour des tâches fréquentes ne nécessitant pas de mémoire propre elle stocke ses variables dans une zone temporaire.
Blocs de données (DB)	Ces blocs sont utilisés uniquement pour stocker des données (valeurs, paramètres, états, etc.) nécessaires à l'exécution du programme. Ils ne contiennent pas d'instructions de commande. Les données peuvent être réutilisées par plusieurs blocs.

III.2.3. Langage de programmation adopté

Le diagramme d'échelle (LD, Ladder Diagram) est le langage choisi pour l'automatisation de nos systèmes, malgré l'existence d'autres langages comme le ST (Structured Text) et le SFC (Sequential Function Chart), qui peuvent être plus efficaces dans certains contextes. Ce choix repose sur la simplicité et l'intuitivité du LD, qui s'inspire directement des schémas électriques classiques utilisés dans les systèmes de commande. Ainsi, bien que le LD soit un langage plus ancien, il demeure un outil fondamental, surtout pour les ingénieurs et techniciens qui doivent en maîtriser la lecture,

la compréhension et l'application. En pratique, le LD permet de réaliser des fonctions de contrôle élémentaires telles que la logique, la gestion du temps, le comptage et des opérations mathématiques simples. De plus, de nombreux fabricants de PLC ont évolué vers l'intégration de fonctionnalités avancées dans ce langage, souvent en complément avec d'autres langages comme le FBD (Function Block Diagram) et le ST. Pour mieux illustrer l'application du langage LD dans notre projet, un exemple de réseau LADDER est présenté dans la figure III.3 [14].

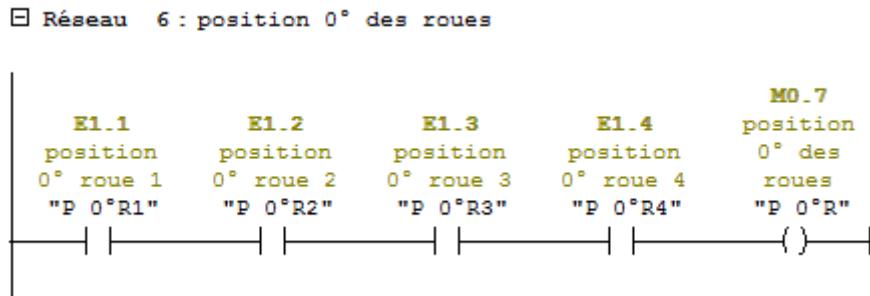


Figure III.3 : Langage LADDER

III.2.4. Application de STEP7 pour l'automatisation du RTG

Dans le cadre de notre projet, nous avons utilisé le logiciel STEP7 pour programmer les différentes fonctions du RTG. Ce logiciel a été essentiel pour définir la logique de commande de la translation, du chariotage, de la rotation des roues, ainsi que pour gérer les aspects liés à la sécurité et aux alarmes. STEP7 a également permis de contrôler les moteurs (démarrages, arrêts et sécurités), centralisant ainsi toutes ces fonctions dans un seul système. Grâce à cette approche, nous avons pu garantir une meilleure autonomie et une plus grande sécurité pour le RTG, ce qui est indispensable pour assurer le bon déroulement des opérations portuaires.

III.2.5. La simulation et mise en service du programme

Le logiciel optionnel de simulation intégré à STEP7 permet d'exécuter et de tester un programme d'automatisation directement sur un ordinateur ou une console de programmation, sans avoir besoin d'un matériel physique tel qu'une CPU S7 ou des modules de signaux. Cette simulation entièrement logicielle offre la possibilité de valider le bon fonctionnement d'un programme destiné aux automates S7-300 ou S7-400, et

d'identifier et corriger d'éventuelles erreurs avant le déploiement réel. Grâce à une interface conviviale, l'utilisateur peut surveiller et modifier en temps réel différents paramètres du programme, comme l'activation ou la désactivation des entrées. Par ailleurs, pendant l'exécution dans l'environnement simulé, les outils disponibles dans STEP7, tels que la table des variables, permettent de visualiser, surveiller et forcer les valeurs des variables utilisées, facilitant ainsi le processus de test et de mise au point [15].

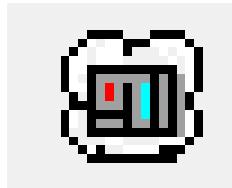


Figure III.4 : Simulateur PLCSIM

Les étapes à suivre pour simuler un programme à l'aide du logiciel S7-PLCSIM sont les suivantes :

1. Activer la simulation en lançant le logiciel S7-PLCSIM en cliquant sur son icône dédiée.
2. Charger le programme dans la CPU de simulation en cliquant sur l'icône de chargement.
3. Paramétrier l'environnement de simulation :
 - Mettre en place une interface permettant de visualiser et de manipuler les variables d'entrée et de sortie utilisées dans le programme.
 - Ouvrir une fenêtre spécifique pour le suivi et la gestion des mémoires internes (mémentos) intégrées au fonctionnement du programme.
 - Mettre la CPU simulée en fonctionnement en sélectionnant l'une des cases à cocher, soit RUN, soit RUN-P.
 - Visualisation du programme avec simulation

Une fois le programme utilisateur chargé dans la CPU du simulateur et le mode RUN ou RUN-P activé, le logiciel permet de visualiser l'état du programme ainsi que l'état des variables d'entrées et de sorties, comme mentionné précédemment. La CPU exécute le programme en lisant les entrées, en traitant les instructions, puis en mettant à jour les sorties. Il est important de noter que, par défaut, il n'est pas possible de charger un programme ni de modifier les paramètres dans STEP7 lorsque la CPU est en mode RUN.

Dès qu'une modification est apportée dans une fenêtre secondaire, la valeur correspondante dans la mémoire est immédiatement actualisée. La CPU met à jour les données modifiées sans attendre la fin ou le début du cycle d'exécution. En revanche, en sélectionnant la commande STOP, l'exécution du programme est interrompue. Lorsque l'état de la CPU passe de STOP à RUN, l'exécution du programme reprend depuis la première instruction [13].

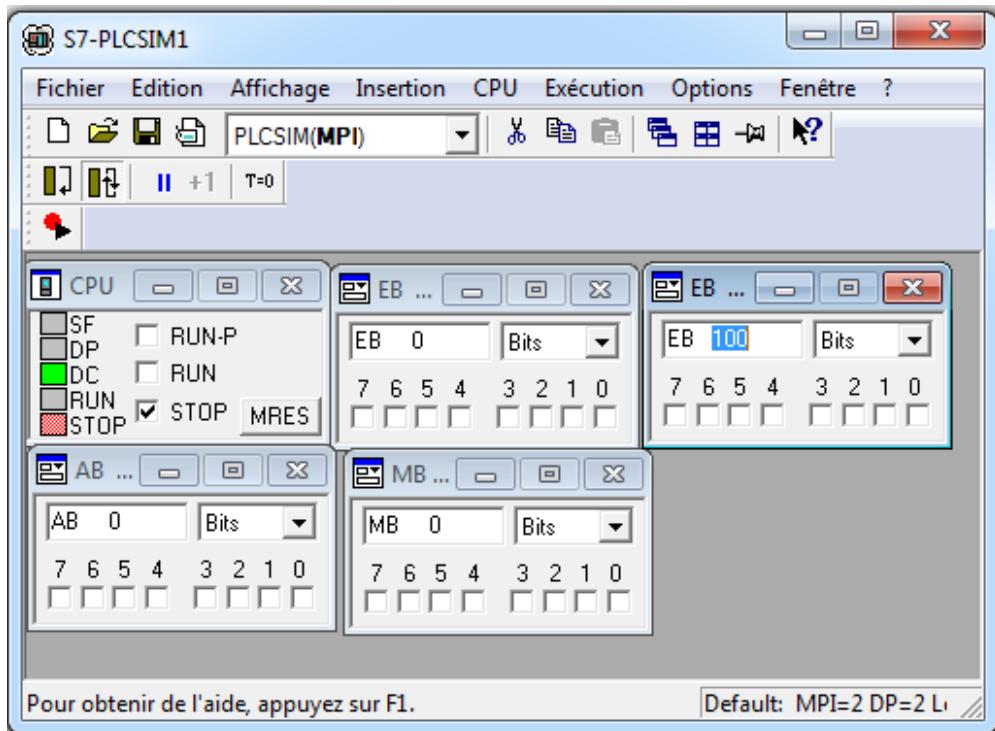


Figure III.5 : Visualisation de programme

III.3. Conception et réalisation de la partie logicielle avec STEP7

III.3.1. Contrôle RTG Liebherr

Les tableaux III.3 et III.4 exposent respectivement les différentes entrées et sorties du système de contrôle du RTG.

Tableau III.3 : Entrées du système de contrôle RTG

Entrées	Adressage	Commentaires
Cranon	E0.0	Bouton poussoir ON
Cranoff	E0.1	Bouton poussoir OFF
AU	E0.2	Arrêt d'urgence cabine opérateur

Fsc	E0.3	Fiche spreader connectée
Emup	E0.4	Em stop hoist up
Bypass	E0.5	Bypass
Ask	E100.0	Acquittement des défauts

Tableau III.4 : Sorties du système de contrôle RTG

Sorties	Adressage	Commentaires
CranONRTG	M0.0	Contrôle ON RTG activé
CranAUR	M0.1	ARRET D'URGENCE cabine opérateur

Le programme présenté dans la figure III.6 correspond à une première étape de contrôle du RTG. Il s'agit d'un module de base permettant d'assurer l'alimentation du portique.

□ Réseau 1 : Contrôle ON RTG activé

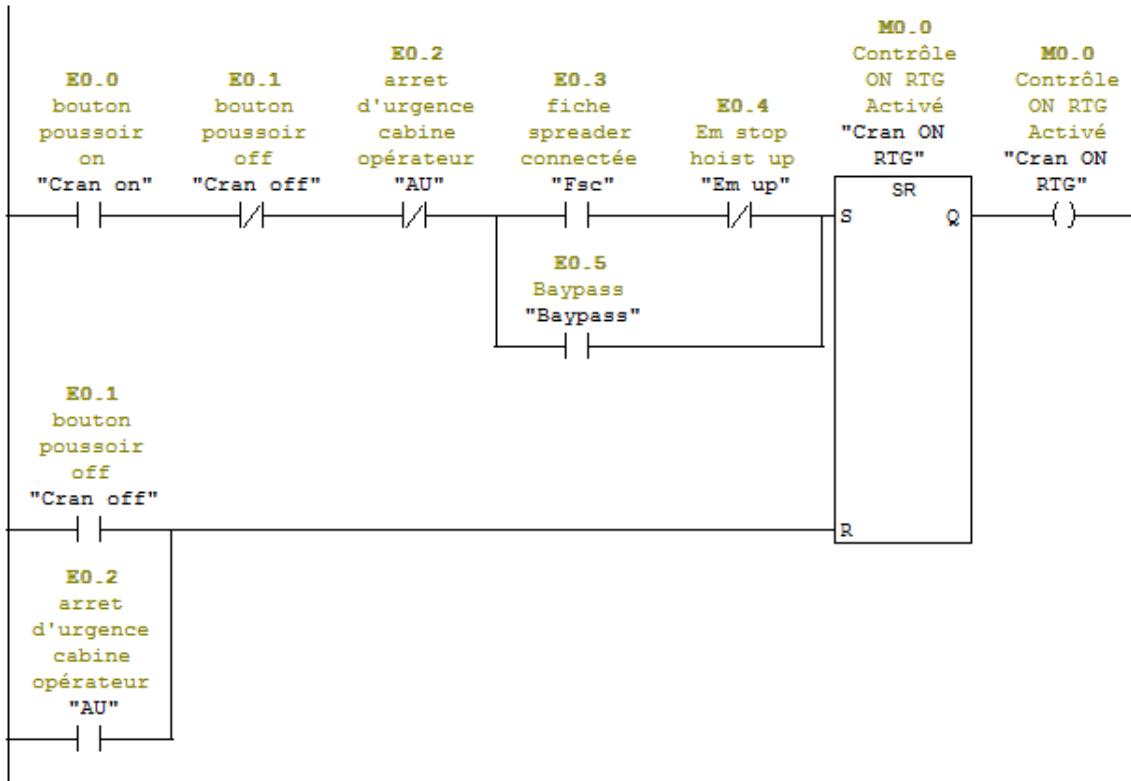


Figure III.6 : Contrôle ON RTG

III.3.2. Système de la translation

Les deux tableaux suivants présentent respectivement les données d'entrée et de sortie du système de translation.

Tableau III.5 : Entrées du système de translation

Entrées	Adressage	Commentaires
CranONRTG	M0.0	Contrôle ON RTG activé
AUr	M0.1	ARRET D'URGENCE cabine opérateur
joystickGAUCHE	E0.7	Direction joystick à gauche
JoystickDROITE	E1.0	Direction joystick à droite
JoystickZERO	E0.6	Direction joystick zéro
CMDPOMPHYD1RT	E3.1	Commande pompe hydraulique 1 (rotation)
CMDPOMPHYD2RT	E3.2	Commande pompe hydraulique 2 (rotation)
L1	E3.3	Capteur LASER coin 1
L2	E3.4	Capteur LASER coin 2
L3	E3.5	Capteur LASER coin 3
L4	E3.6	Capteur LASER coin 4
STACKCOLLEXTL1	E2.1	Anticollision coin 1 extérieur
STACKCOLLEXTL2	E2.2	Anticollision coin 2 extérieur
STACKCOLLEXTL3	E2.3	Anticollision coin 3 extérieur
STACKCOLLEXTL4	E2.4	Anticollision coin 4 extérieur
STACKCOLLINTL1	E2.5	Anticollision coin1 intérieur
STACKCOLLINTL2	E2.6	Anticollision coin 2 intérieur
STACKCOLLINTL3	E2.7	Anticollision coin 3 intérieur
STACKCOLLINTL4	E3.0	Anticollision coin 4 intérieur
P0R1	E1.1	Position 0° roue 1
P0R2	E1.2	Position 0° roue 2
P0R3	E1.3	Position 0° roue 3
P0R4	E1.4	Position 0° roue 4
P90R1	E1.5	Position 90° roue 1

P90R2	E1.6	Position 90° roue 2
P90R3	E1.7	Position 90° roue 3
P90R4	E2.0	Position 90° roue 4
Baypass	E0.5	Baypass
ACTV CONT D1	E5.2	Activation contacteur drive M1.2
ACTV CONT D2	E5.3	Activation contacteur drive M3.4

Tableau III.6 : Sorties du système de translation

Sorties	Adressage	Commentaires
CNRLJOYgauche	M0.3	CONTROLE JOYSTICK à gauche
CNRLJOYdroite	M0.4	CONTROLE JOYSTICK à droite
CNRLJOYzero	M0.2	CONTROLE JOYSTICK zéro
FVFRMTR1234	M0.5	fermeture des freins moteurs TR1234
OVFRMTR1234	M0.6	Ouverture des freins moteurs TR1234
M1234Tg	M1.2	Moteurs translation tourne sens négative (gauche)
M1234Td	M1.1	Moteurs translation tourne sens positive (droite)
M1234Tar	M1.4	Moteurs translation tourne sens positive (arrière)
M1234Tav	M1.3	Moteurs translation tourne sens négative (avant)
P0R	M0.7	Position 0° des roues
P90R	M1.0	Positions 90° des roues
TRRTGg	A0.2	Translation RTG à Gauche
TRRTGd	A0.3	Translation RTG à Droite
TRRTGav	A0.4	Translation RTG avant
TRRTGar	A0.5	Translation RTG arrière
WNCCP0	M3.2	WinCC Position 0°
WNCCP90	M3.3	WinCC Position 90°
wnccTD	M2.7	WinCC Translation à droite
wnccTG	M2.6	WinCC Translation à gauche
WNCCAV	M3.0	WinCC Translation avant
WNCCAR	M3.1	WinCC Translation arrière

La figure III.7 illustre une partie du système de translation. Plus précisément, elle représente le cas de la translation vers la droite, sans détailler l'ensemble du programme, qui inclut d'autres directions de déplacement (gauche, avant, arrière), tout en respectant les conditions nécessaires du fonctionnement.

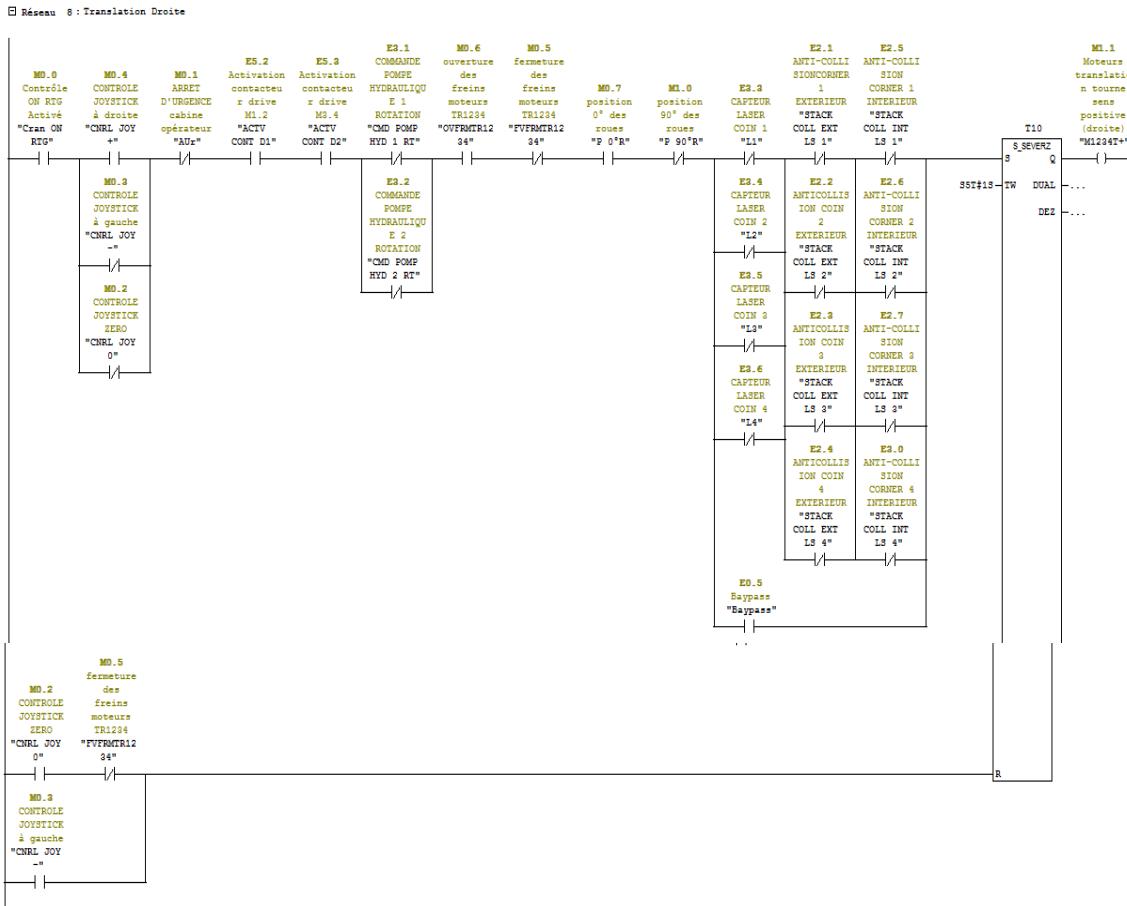


Figure III.7 : Translation à droite

III.3.3. Système de la rotation

Les tableaux III.7 et III.8 présentent respectivement les entrées et les sorties associées au système de rotation.

Tableau III.7 : Entrées du système de rotation

Entrées	Adressage	Commentaires
CranONRTG	M0.0	Contrôle ON RTG activé

AUr	M0.1	ARRET D'URGENCE cabine opérateur
JoystickZERO	E0.6	Direction joystick zéro
CMDPOMPHYD1RT	E3.1	Commande pompe hydraulique 1 (rotation)
CMDPOMPHYD2RT	E3.2	Commande pompe hydraulique 2 (rotation)
L1	E3.3	Capteur LASER coin 1
L2	E3.4	Capteur LASER coin 2
L3	E3.5	Capteur LASER coin 3
L4	E3.6	Capteur LASER coin 4
STACKCOLLEXTLS1	E2.1	Anticollision coin 1 extérieur
STACKCOLLEXTLS2	E2.2	Anticollision coin 2 extérieur
STACKCOLLEXTLS3	E2.3	Anticollision coin 3 extérieur
STACKCOLLEXTLS4	E2.4	Anticollision coin 4 extérieur
STACKCOLLINTLS1	E2.5	Anticollision coin1 intérieur
STACKCOLLINTLS2	E2.6	Anticollision coin 2 intérieur
STACKCOLLINTLS3	E2.7	Anticollision coin 3 intérieur
STACKCOLLINTLS4	E3.0	Anticollision coin 4 intérieur
OVFRMTR1234	M0.6	Ouverture des freins moteurs TR1234
P0R	M0.7	Position 0° des roues
P90R	M1.0	Positions 90° des roues
PB0	E3.7	Bouton poussoir rotation des roues 0°
PB90	E4.0	Bouton poussoir rotation des roues 90°

Tableau III.8 : Sorties du système de rotation

Sorties	Adressage	Commentaires
RTR12340	A0.0	Rotation des roues 0°
RTR123490	A0.1	Rotation des roues 90°
Wncccmd0	M4.3	WinCC commande Position 0°
Wncccmd90	M4.4	WinCC commande Position 90°

Le système de rotation fonctionne selon deux directions : vers 0° et vers 90°. La figure III.8 illustre la logique de programmation correspondant à la rotation vers 0°.

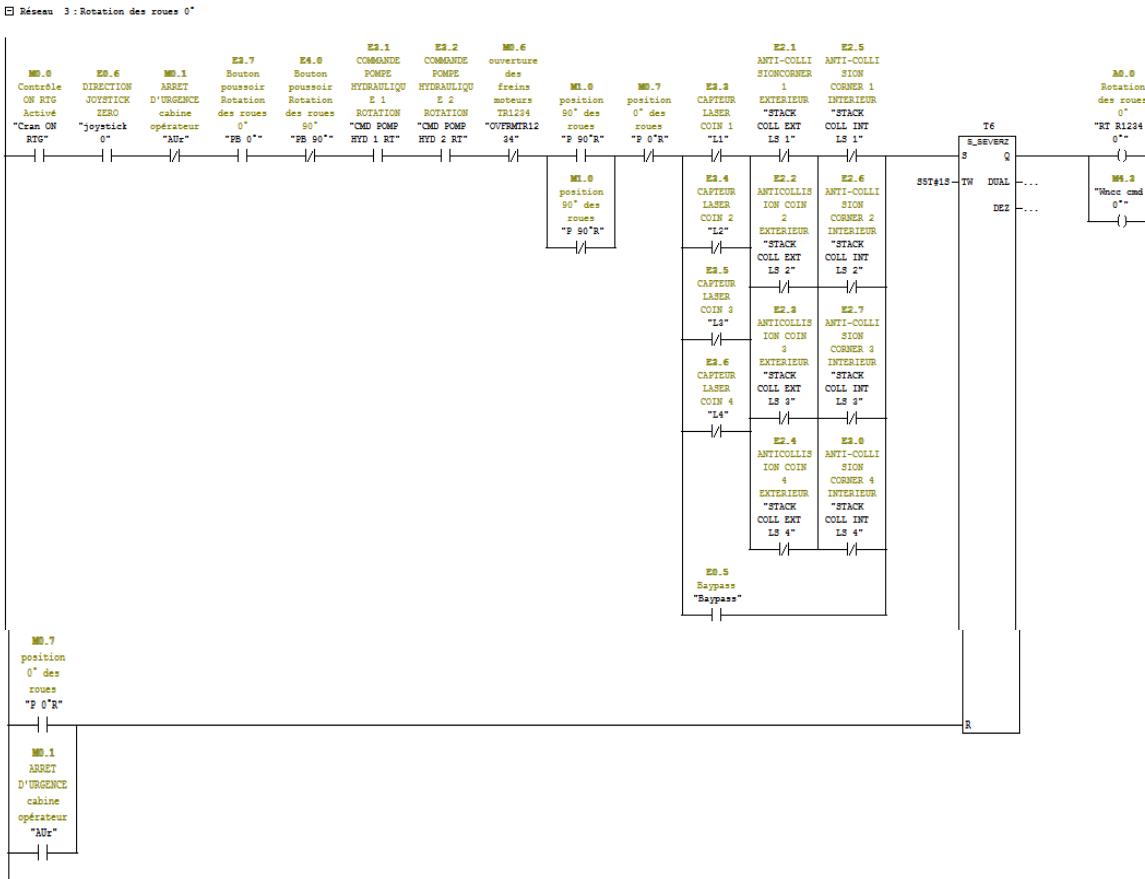


Figure III.8 : Rotation 0°

III.3.4. Système de chariotage

Les tableaux III.9 et III.10 présentent respectivement les paramètres d'entrée et de sortie transmis au système de chariotage.

Tableau III.9 : Entrées du système de chariotage

Entrées	Adressage	Commentaires
JOYSTICK1ar	E4.1	Direction joystick1 arrière
JOYSTICK1av	E4.2	Direction joystick1 avant
JOYSTICK1zero	E4.3	Direction joystick1 zéro
CranONRTG	M0.0	Contrôle ON RTG activé
AUr	M0.1	ARRET D'URGENCE cabine opérateur
C1STOP	E4.7	Capteur d'arrêt de la position arrière
C2STOP	E4.6	Capteur d'arrêt de la position avant

C1SLOW	E5.0	Capteur position slow avant
C2SLOW	E5.1	Capteur position slow arrière
Cpf	E4.5	Capteur cabine fermée
CMDPOMPHyd1	E3.1	Commande pompe hydraulique 1 (rotation)
CMDPOMPHyd2	E3.2	Commande pompe hydraulique 2 (rotation)
Bypass	E0.5	Bypass
ACTV CONT D3	E5.4	Activation contacteur drive M T

Tableau III.10 : Sorties du système de chariotage

Sorties	Adressage	Commentaires
CNRLJOYAR	M1.6	Contrôle joystick arrière (chariotage)
CNRLJOYAV	M1.5	Contrôle joystick avant (chariotage)
CNRLJOY00	M1.7	Contrôle joystick zéro (chariotage)
FVFRH1	M2.0	Fermeture des freins moteurs H1
FVFRH2	M2.1	Fermeture des freins moteurs H2
OVFRH1	M2.2	Ouverture des freins moteurs H1
OVFRH2	M2.3	Ouverture des freins moteurs H2
TRav	M2.4	Trolley en avant (chariotage)
TRar	M2.5	Trolley en arrière (chariotage)
CHRTGav	A0.6	Chariot en avant
CHRTGar	A0.7	Chariot en arrière
WINCCCHav	M3.4	WinCC Chariot avant
WINCCCHar	M3.5	WinCC Chariot arrière

Dans cette partie, nous avons choisi le chariotage vers l'avant (voir la figure III.9) comme exemple pour comprendre le principe de fonctionnement. Le reste du programme, notamment le chariotage vers l'arrière, suit la même logique.

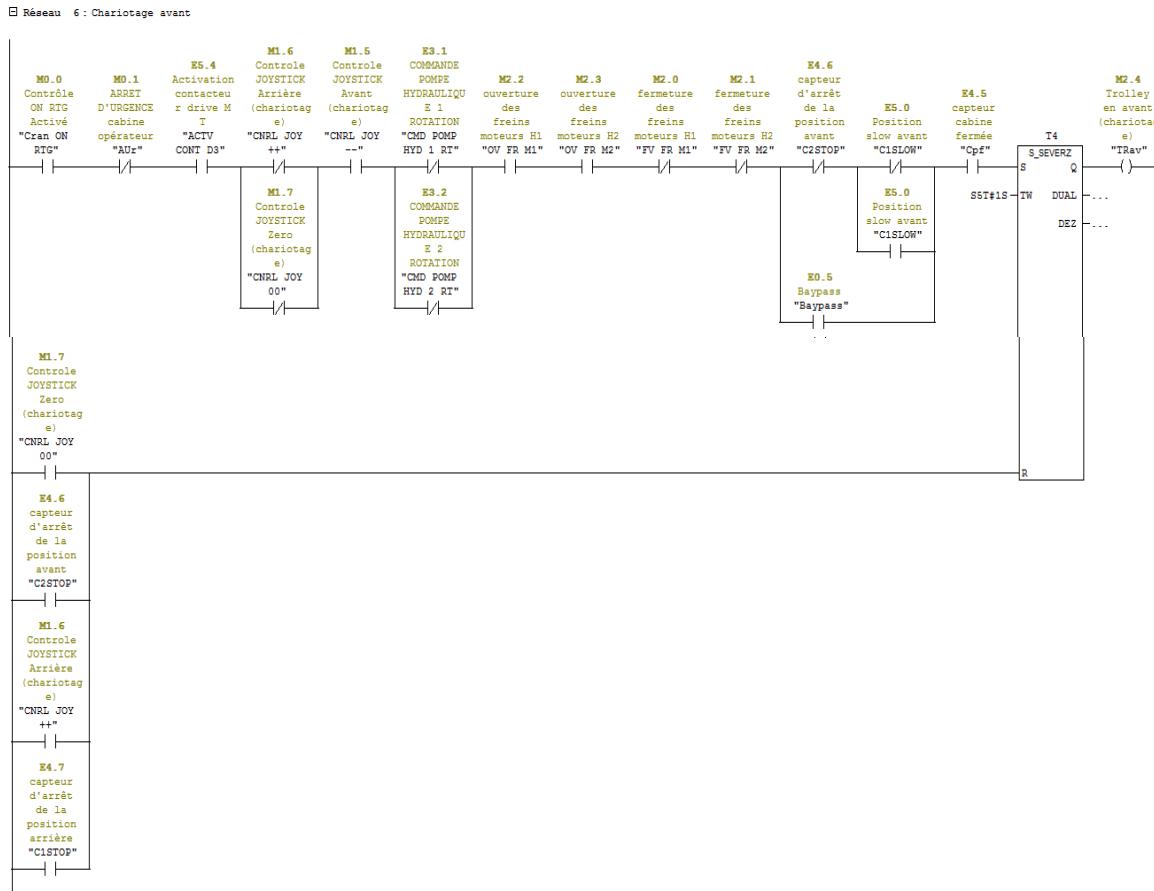


Figure III.9 : Chariotage vers l'avant

III.3.5. Système de sécurité (Alarmes)

Pour garantir la sécurité des opérations (translation et chariotage), nous avons réalisé deux sous-programmes permettant de détecter les dangers et de les éliminer. Les deux figures suivantes présentent un exemple pour chaque type d'opération.

Réseau 3 : Alarme LASER translation

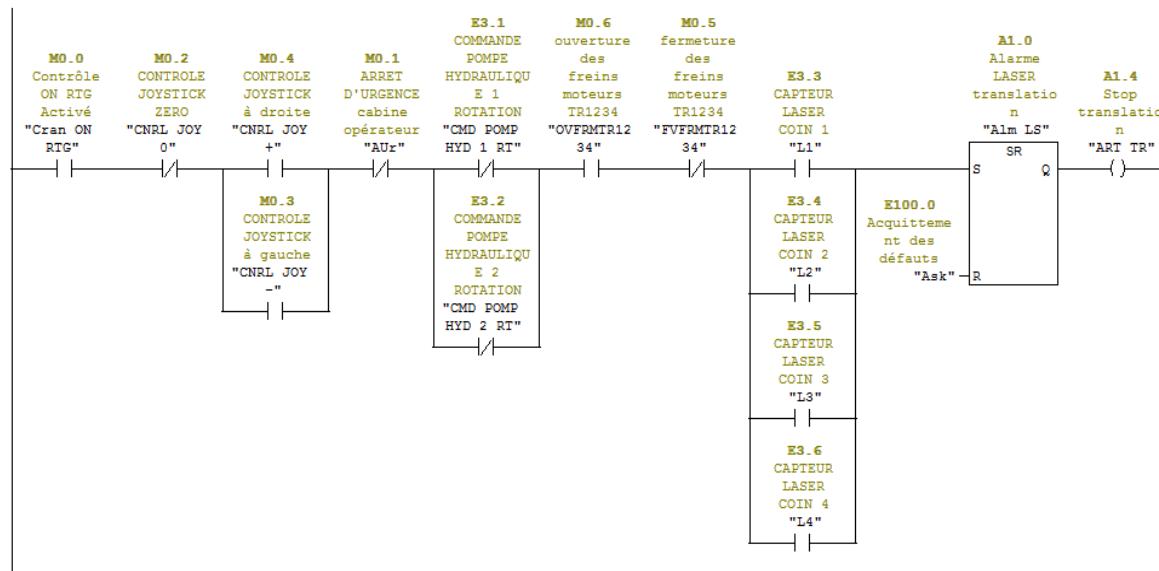


Figure III.10 : Alarme translation (Laser)

Réseau 4 : Alarm trolley

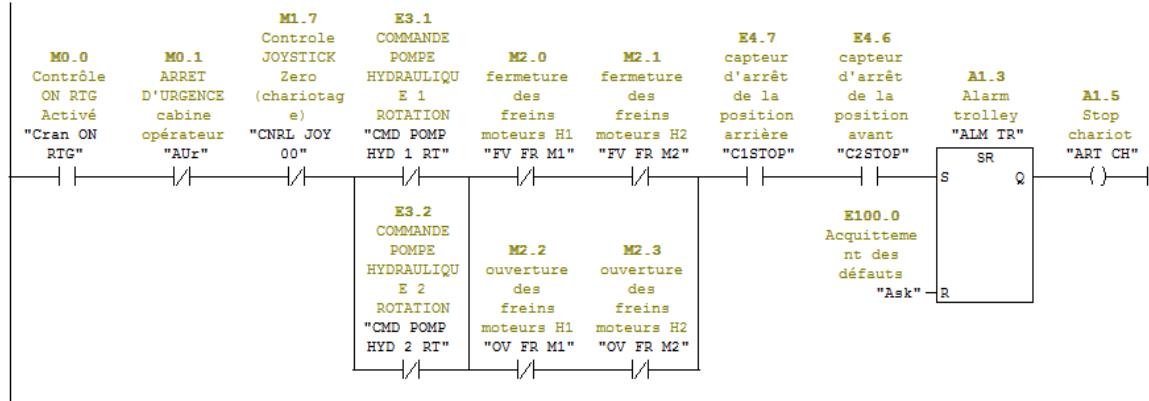


Figure III.11 : Alarme chariotage

III.4. Conclusion

Ce chapitre a facilité la compréhension du processus de programmation d'un automate à l'aide du logiciel SIMATIC STEP7. Nous avons pu voir comment le programme est construit pour assurer le bon fonctionnement du système automatisé et répondre à ses besoins spécifiques.

Chapitre IV

Supervision du système via WinCC Flexible

IV.1. Introduction

Ce chapitre présente la supervision du système automatisé à l'aide du logiciel WinCC Flexible. Il aborde les bases de la supervision, les fonctions du logiciel et les étapes de mise en œuvre du projet supervisé.

IV.2. Introduction à la supervision industrielle

IV.2.1. Définition et rôle de la supervision

La supervision industrielle est un système qui permet de surveiller et contrôler à l'aide d'outils informatiques. Elle représente une forme avancée de communication entre l'homme et la machine, et repose souvent sur l'utilisation d'automates programmables pour gérer les différents paramètres du processus. Ainsi, les fonctions principales de la supervision industrielle peuvent être résumées comme suit [12] :

- ✓ Suivre en temps réel l'état de fonctionnement du procédé.
- ✓ Permettre à l'opérateur de surveiller l'ensemble du système de production.
- ✓ Identifier rapidement toute anomalie ou défaillance.
- ✓ Alerter en cas de non-conformité ou de problème.
- ✓ Collecter, analyser et afficher des données (mesures, alertes, dysfonctionnements...).
- ✓ Garantir la sécurité, la performance et la qualité du processus industriel.
- ✓ Optimiser le contrôle des procédés automatisés ou robotisés.

IV.2.2. Importance de la supervision dans un système automatisé

Dans un environnement portuaire moderne, la supervision joue un rôle fondamental dans les systèmes automatisés. Elle permet de suivre en temps réel l'état des équipements et les paramètres opérationnels, tels que la position, la vitesse de déplacement, les efforts mécaniques ou encore l'état des capteurs. Elle offre la possibilité d'ajuster les réglages des sous-systèmes (translation, rotation et chariotage), d'améliorer l'efficacité des déplacements et la précision des opérations, tout en constituant un véritable outil d'aide à la décision. Elle contribue également à détecter les anomalies, à prévenir les pannes et à garantir que chaque mouvement se déroule de manière sûre et contrôlée.

Dans le cadre de la sécurité, c'est encore plus crucial. Une simple défaillance non détectée peut entraîner des collisions, des arrêts d'activité, voire mettre en danger les opérateurs ou endommager les équipements. Superviser, c'est donc assurer la fiabilité du système, protéger les personnes et éviter les interruptions coûteuses.

Autrement dit, la supervision donne de la visibilité, du contrôle et de la réactivité dans un univers où chaque seconde compte [12].

IV.3. Présentation de WinCC Flexible

IV.3.1. Généralités sur WinCC Flexible

WinCC (Windows Control Centre) Flexible est un logiciel de supervision développé par Siemens, intégré à l'environnement STEP7. Il permet la conception et la configuration d'interfaces Homme-Machine (IHM) pour différents types de pupitres opérateurs. Grâce à cet outil, il est possible de créer des écrans graphiques interactifs et de lier des variables aux données du processus automatisé. Ces données peuvent ainsi être lues depuis l'automate, affichées à l'écran, puis modifiées par l'opérateur si nécessaire.

Dans un contexte industriel où les systèmes deviennent de plus en plus complexes et doivent répondre à des exigences précises, il devient essentiel de fournir à l'utilisateur une vue claire et complète de l'état du système. C'est précisément ce que permet la supervision via une IHM, en offrant une interaction simple et intuitive entre l'homme et la machine. WinCC Flexible répond à ces besoins en proposant une solution complète pour le développement et le déploiement d'interfaces de supervision [16].



Figure IV.1 : Logiciel WinCC flexible

IV.3.2. Éléments de WinCC Flexible

Menus et barres d'outils : Les menus et barres d'outils donnent un accès rapide à l'ensemble des fonctions disponibles. Lorsqu'une fonction est survolée avec la souris, une

info-bulle apparaît pour en expliquer brièvement l'utilité. Ces outils facilitent la navigation et accélèrent la création des projets.

Zone de travail : Il s'agit de l'espace central où sont édités les objets du projet. Tous les éléments de l'environnement WinCC flexible sont organisés autour de cette zone. Les autres composants (comme les fenêtres ou les boîtes à outils) peuvent être déplacés, masqués ou ajustés selon les besoins, offrant ainsi une personnalisation de l'espace de travail.

Fenêtre de projet : Présentée sous forme d'arborescence, cette fenêtre affiche tous les éléments du projet : vues, recettes, scripts, journaux, dictionnaires personnalisés, etc. Elle permet un accès rapide à chaque éditeur et facilite une organisation structurée des objets. C'est également à partir de cette fenêtre qu'on accède aux paramètres du pupitre, à la localisation du projet et à la gestion des versions.

Fenêtre des propriétés : Cette fenêtre permet de modifier les caractéristiques spécifiques d'un objet sélectionné. Par exemple, elle donne la possibilité de changer la couleur d'un élément graphique ou d'ajuster un paramètre fonctionnel. Elle n'est accessible que dans certains éditeurs, selon le type d'objet en cours de configuration.

Boîte à outils : La boîte à outils propose une variété d'objets prêts à être insérés dans les vues, comme des boutons, des jauge, des indicateurs ou des éléments graphiques. Elle comprend également des bibliothèques d'objets standardisés, permettant de gagner du temps lors du développement.

Bibliothèque : Intégrée à la boîte à outils, la bibliothèque contient des objets de vue préconfigurés qui peuvent être réutilisés dans différents projets. Elle joue un rôle clé dans l'optimisation de la productivité, en centralisant les objets fréquemment utilisés, tels que les éléments graphiques ou les variables.

Fenêtre des erreurs et avertissements : Cette fenêtre affiche les messages générés par le système, comme les erreurs ou les alertes détectées lors des tests de configuration. Elle facilite le diagnostic et permet de corriger rapidement les problèmes identifiés.

Fenêtre des objets : Elle affiche en détail les éléments présents dans la section sélectionnée de la fenêtre de projet. Cela permet une vue d'ensemble claire et directe sur les objets utilisés et leur statut dans le projet [17].

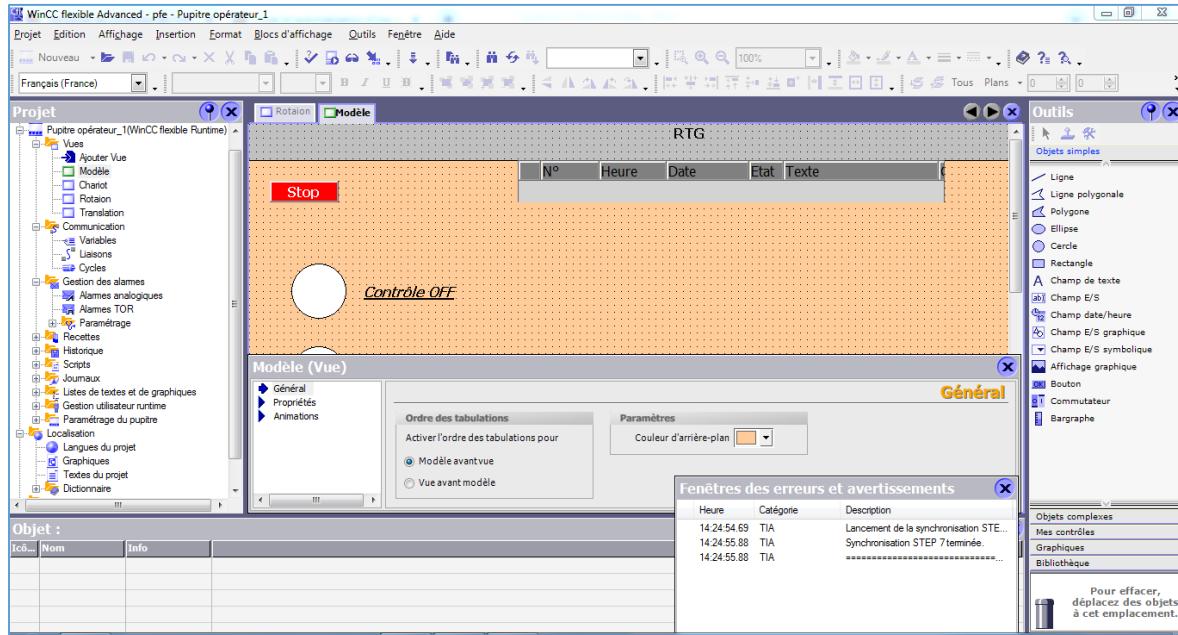


Figure IV.2 : Vue d'ensemble du logiciel WinCC Flexible

IV.3.3. Fonctionnalités principales

Le logiciel WinCC Flexible propose plusieurs fonctionnalités qui le rendent très pratique et complet pour surveiller et gérer des installations industrielles. Voici les plus importantes [18] :

- Configuration rapide et efficace des IHM : Le logiciel permet de créer des interfaces de manière simple, ce qui fait gagner un temps précieux pendant le développement.
- Adapté aux réseaux modernes (TCP/IP, Web) : Il est conçu pour fonctionner dans des environnements connectés, ce qui le rend compatible avec les technologies actuelles d'automatisation.
- Accès aux données du système en toute sécurité : WinCC Flexible offre un accès structuré et sécurisé aux informations du processus, ce qui est essentiel pour le suivi en temps réel.

- Amélioration de la productivité : Grâce à une interface claire et intuitive, le travail de configuration est plus fluide, ce qui réduit les erreurs et augmente l'efficacité.
- Maintenance facilitée : Le logiciel intègre des outils de diagnostic qui aident à détecter rapidement les problèmes techniques

IV.3.4. Avantages du logiciel dans un contexte industriel

- ✓ La cohérence du logiciel de configuration permet de diminuer les coûts liés à la formation, à la maintenance et à l'entretien, tout en assurant une bonne évolutivité du système.
- ✓ Des outils intelligents facilitent une configuration rapide et efficace.
- ✓ La prise en charge complète des configurations multilingues facilite le déploiement dans différents pays.
- ✓ Un excellent rapport performance/prix est assuré grâce à des fonctionnalités personnalisables adaptées aux besoins spécifiques.
- ✓ La flexibilité du runtime est renforcée par l'utilisation possible de scripts en Visual Basic.
- ✓ Le logiciel supporte des solutions d'automatisation distribuées simples reposant sur des réseaux TCP/IP, adaptées aux environnements industriels connectés [18].

IV.3.5. Communication avec l'automate

Dans un projet développé avec WinCC Flexible, les variables de processus servent de pont de communication entre l'interface de supervision (l'IHM) et l'automate programmable (API). Concrètement, chaque variable créée dans WinCC correspond à une adresse bien précise dans la mémoire de l'automate. Cette adresse contient une valeur que WinCC va pouvoir utiliser.

Pendant l'exécution du projet (runtime), WinCC va régulièrement lire et/ou écrire dans cette zone mémoire de l'automate. Cela permet à l'IHM d'afficher les valeurs à jour en temps réel, et de réagir si besoin (par exemple allumer une alarme ou activer un bouton).

Grâce à ce fonctionnement, les opérateurs peuvent voir ce qui se passe dans l'installation, et agir dessus facilement, sans jamais avoir à interagir directement avec l'automate [16].

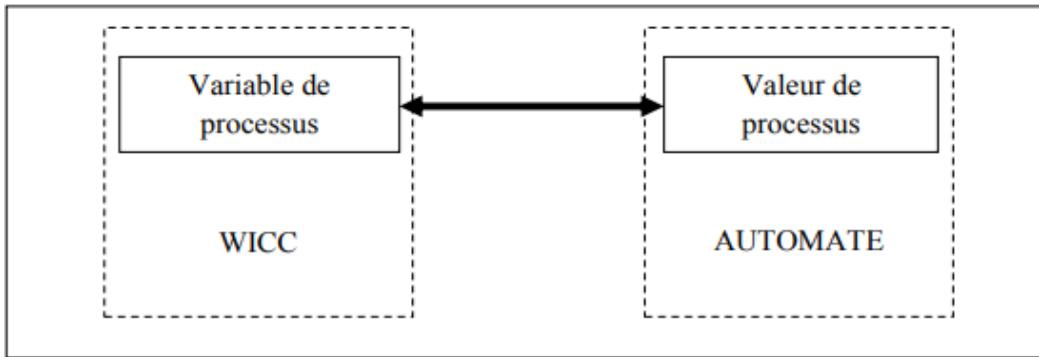


Figure IV.3 : Communication entre WinCC et l'automate

IV.4. Réalisation de la supervision du système

IV.4.1. Intégration du projet WinCC dans STEP7 Manager

L'intégration d'un projet WinCC dans STEP7 Manager se fait de manière simple. Une fois le projet WinCC ouvert, il faut aller dans la barre des menus, cliquer sur "Projet" puis sélectionné (Intégrer dans le projet STEP7). Cette action permet d'associer le projet WinCC au projet STEP7 existant. Cela rend le travail plus cohérent, car toutes les données de supervision et d'automatisation sont regroupées au même endroit, ce qui facilite la configuration et le suivi du système global. Comme on peut le voir sur la figure IV.4

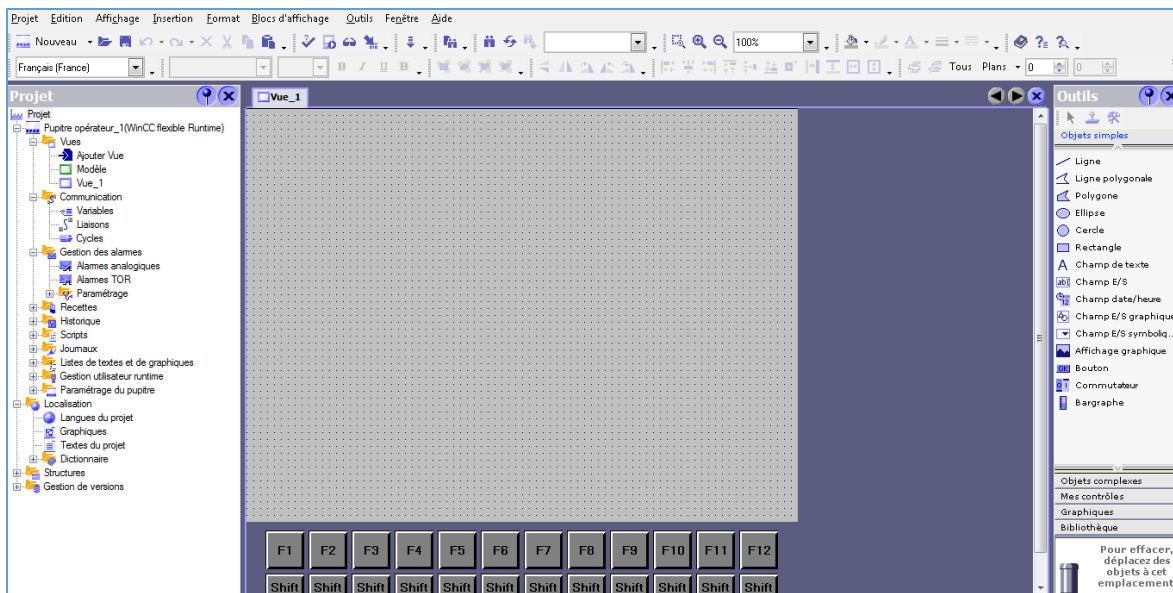


Figure IV.4 : Intégration du projet WinCC dans STEP7 Manager

IV.4.2. Configuration de la liaison WinCC–Automate

Dans le but d'assurer la communication entre l'interface opérateur (WinCC Flexible Runtime) et l'automate programmable, une liaison a été mise en place via le réseau MPI (Multi Point Interface). Cette connexion permet à WinCC de lire et d'écrire des données directement dans la mémoire de l'automate. La configuration a été réalisée dans l'environnement WinCC Flexible, au niveau de l'onglet (Liaisons). Une nouvelle liaison, nommée (liaison_1), a été créée avec les paramètres suivants :

- Interface de communication : MPI/DP
- Adresse de l'automate : 2
- Adresse du pupitre opérateur : 3
- Carte de communication utilisée : CP5711

Une fois ces informations saisies, l'éditeur (Liaisons) affiche visuellement la connexion configurée entre le pupitre et l'automate, confirmant ainsi que le lien est opérationnel. Cette configuration constitue une étape essentielle pour permettre à l'application supervisée d'interagir correctement avec le processus automatisé. Ci-dessous, un aperçu de la configuration réalisée.

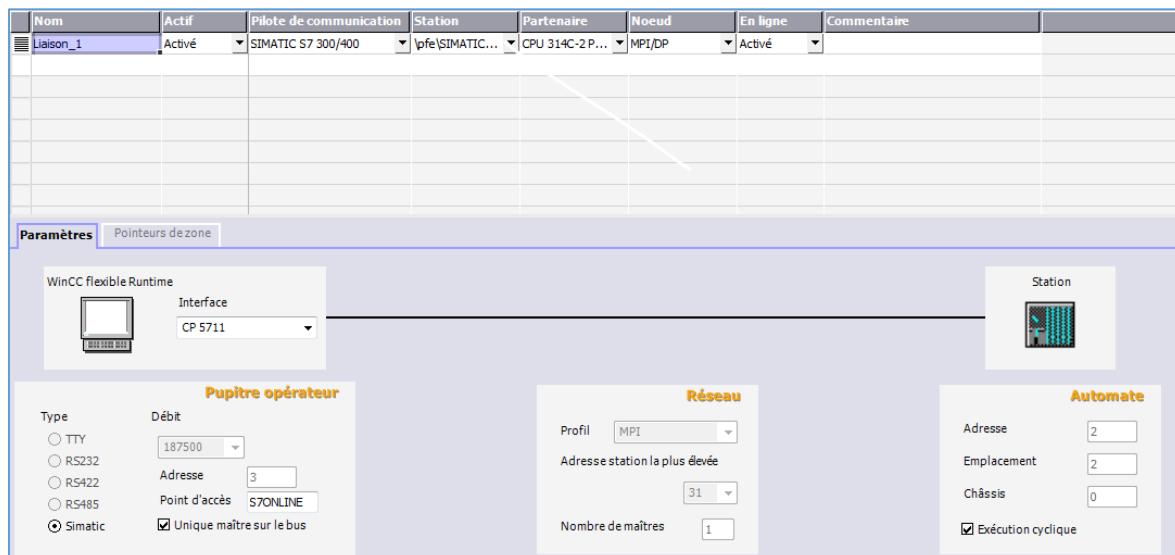


Figure IV.5 : La liaison WinCC–Automate

IV.4.3. Déclaration des variables dans WinCC Flexible

Afin d'assurer la communication entre WinCC Flexible et l'automate, il est nécessaire de définir un ensemble de variables. Celles-ci servent de lien entre les données internes de l'automate (entrées, sorties, mémoires, etc.) et les éléments de l'interface opérateur (affichages, boutons, alarmes, etc.).

La table suivante présente les variables créées dans WinCC Flexible pour superviser le système. Chaque variable est associée à une adresse spécifique dans l'automate et remplit une fonction bien déterminée dans le processus.

Tableau IV.1 : Table des variables

Nom	Adresse
Cran ON RTG	M0.0
WCC TD	M2.7
WCC TG	M2.6
WCC TAV	M3.0
WCC TAR	M3.1
CMD POMP HYD1 RT	I3.1
CMD POMP HYD2 RT	I3.2
WCC P 0°	M3.2
WCC P 90°	M3.3
WCC CHav	M3.4
WCC Char	M3.5
WINCC alm T anticol EXT	M3.7
WINCC alm T anticol INT	M4.0
WINCC alm T laser	M3.6
WINCC alm CH Cpf	M4.1
WINCC alm CH CSTOP	M4.2

IV.4.4. Présentation des vues de l'interface opérateur et de la simulation

Dans le cadre de ce projet, nous avons créé cinq vues différentes, regroupées autour d'une vue principale (modèle). Cette vue centrale permet de superviser et de contrôler le RTG. La figure ci-dessous illustre cette vue principale.

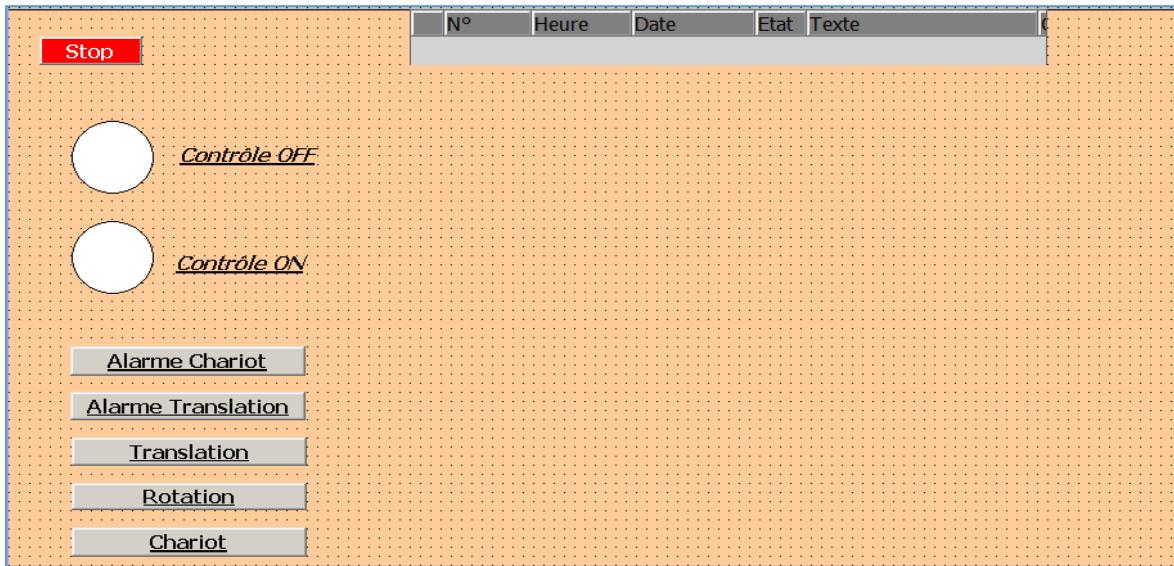


Figure IV.6 : Vue Modèle

IV.4.4.1. Vue Translation

Dans la vue Translation, on peut suivre en temps réel la position du RTG pendant son déplacement. Pour représenter les différentes directions (gauche, droite, avant et arrière), quatre rectangles ont été ajoutés à l'interface. Quand le RTG se déplace dans une de ces directions, le rectangle correspondant devient vert et clignote, ce qui permet de repérer facilement la position actuelle du portique. Les deux figures suivantes illustrent, respectivement, la vue créée dans WinCC et la simulation du processus correspondant.

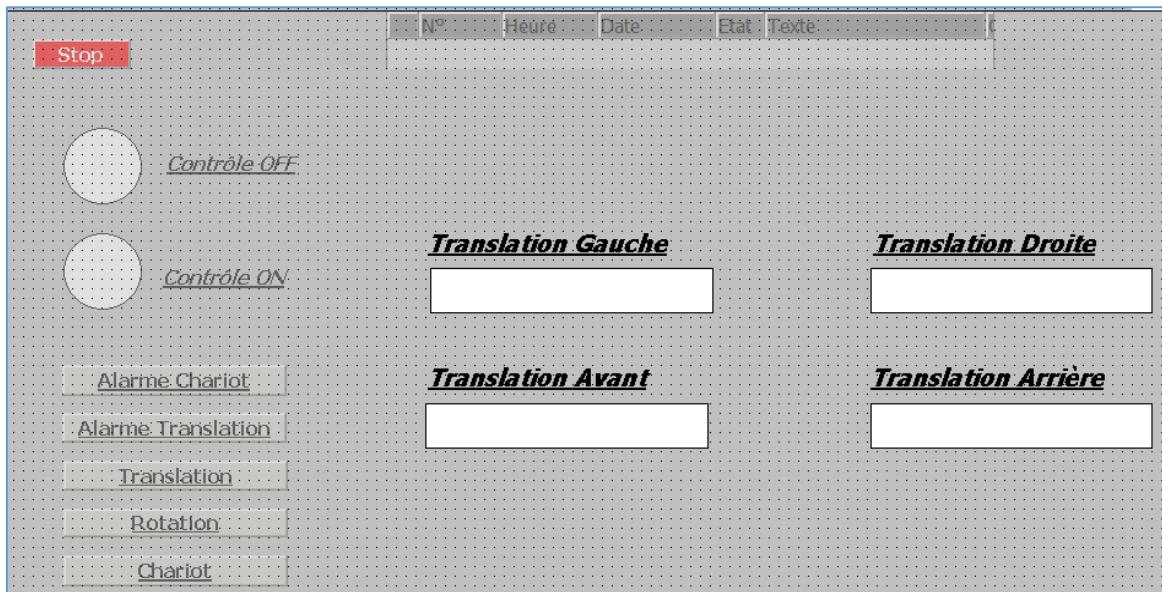


Figure IV.7 : Vue Translation

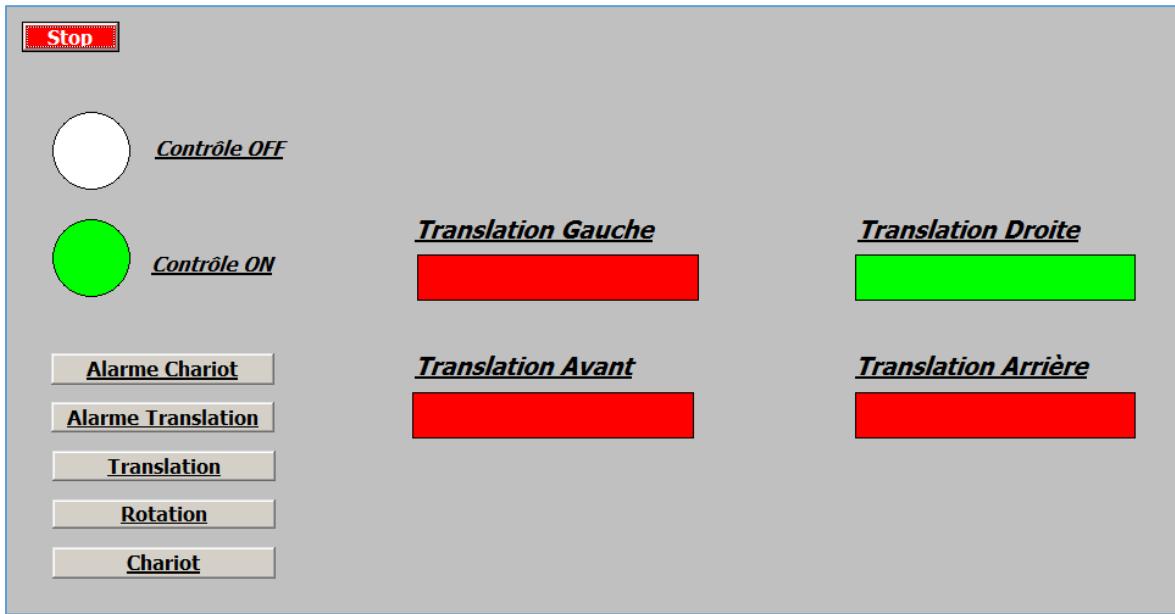


Figure IV.8 : Simulation de la vue Translation

IV.4.4.2. Vue Rotation

Dans la vue Rotation, quatre rectangles sont utilisés : deux représentent l'état des pompes hydrauliques nécessaires à l'orientation du RTG, et deux autres représentent la commande de la rotation, qui contrôle l'orientation des roues à 0° ou 90° . Lorsque les deux pompes sont activées, leurs rectangles s'allument, indiquant que la rotation peut s'effectuer. Par ailleurs, l'un des deux rectangles de commande s'active, tandis qu'un des deux cercles affiche la position des roues, soit à 0° , soit à 90° . Dès que les roues atteignent l'une de ces positions, le cercle correspondant clignote, permettant de visualiser facilement l'orientation actuelle du portique. Cette représentation est visible sur les deux (Figure IV.9 et Figure IV.10).

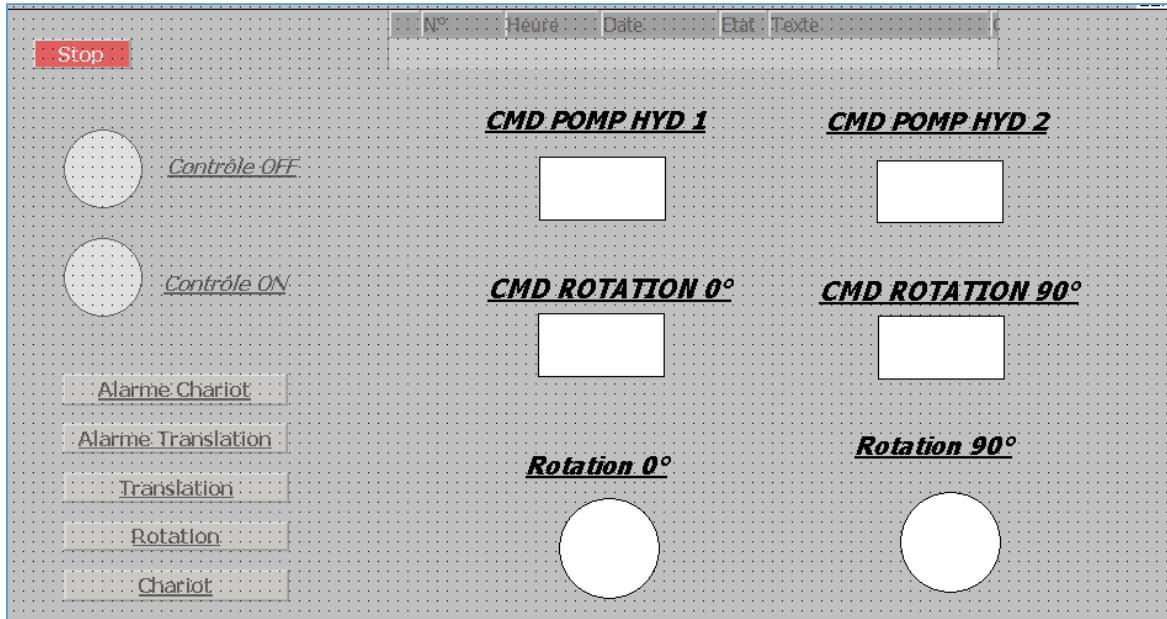


Figure IV.9 : Vue Rotation

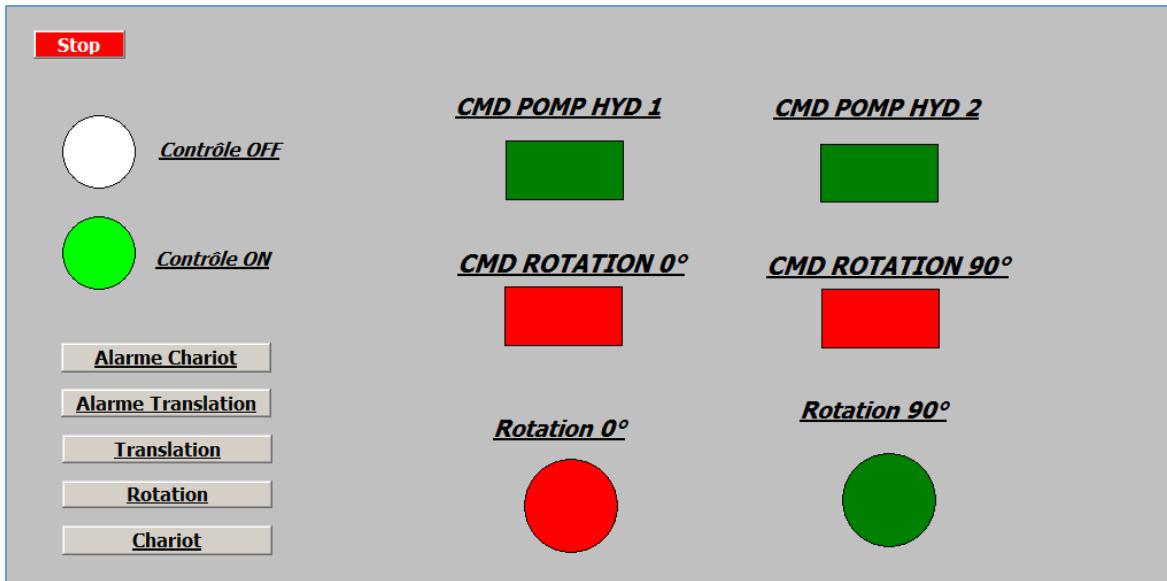


Figure IV.10 : Simulation de la vue Rotation

IV.4.4.3. Vue Chariot

Dans la vue Chariot, la position du chariot est représentée à l'aide de deux ellipses, chacune correspondant à une direction : avant et arrière. Lorsque le chariot se déplace ou atteint l'une de ces positions, l'ellipse associée clignote, ce qui permet d'indiquer visuellement la direction active. On peut voir ci-dessous la vue du chariot ainsi que la simulation correspondante

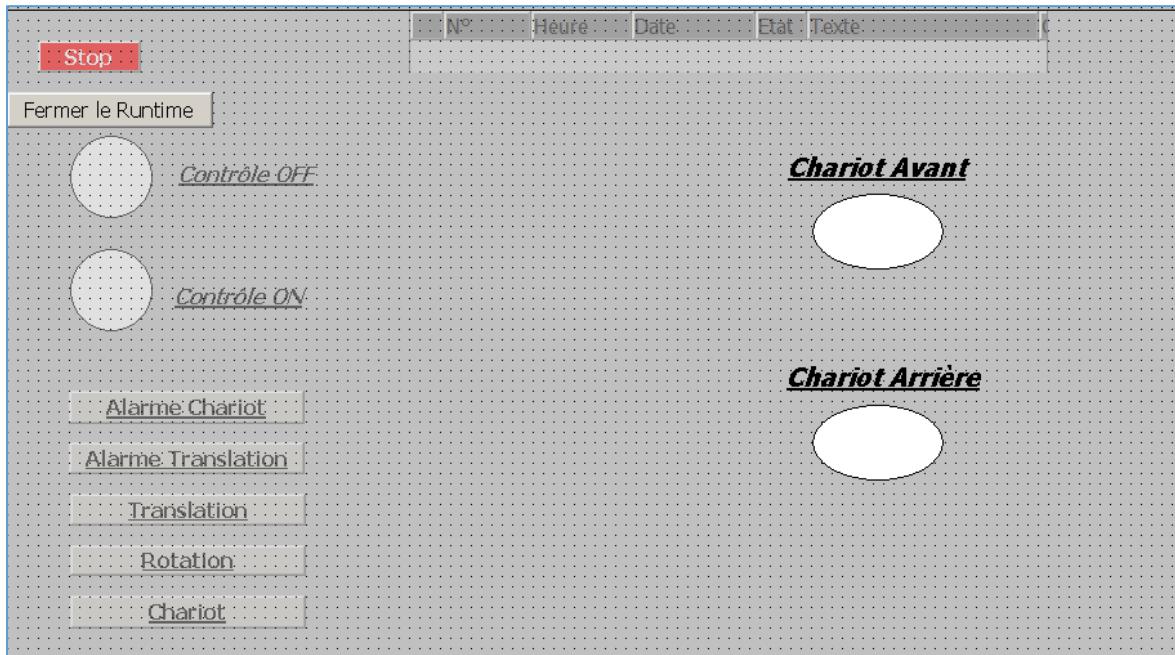


Figure IV.11 : Vue chariot

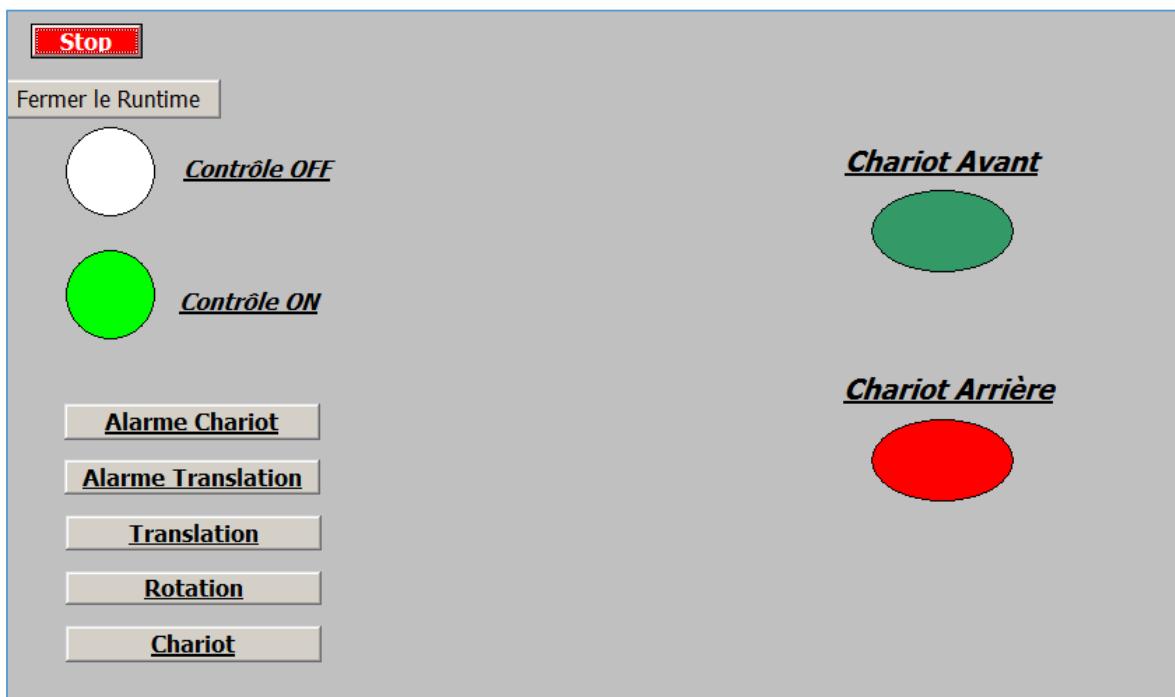


Figure IV.12 : Simulation de la vue Chariot

IV.4.4.4. Vue Alarme Translation

Dans la vue Alarme Translation, nous avons intégré trois cercles, chacun représentant une alarme liée à un capteur de sécurité :

- Le capteur laser
- L'anticollision extérieure
- L'anticollision intérieure.

Ces alarmes ont pour rôle de sécuriser le déplacement du RTG pendant la translation. Lorsqu'un obstacle est détecté, le cercle correspondant clignote, ce qui permet de signaler visuellement l'alerte à l'opérateur en temps réel. Pour annuler une alarme, il suffit d'activer l'entrée ASK (acquittement, E100.0), ce qui permet de réinitialiser l'alerte une fois la situation sécurisée. Les figures ci-dessous montrent cette vue ainsi que la simulation associée.

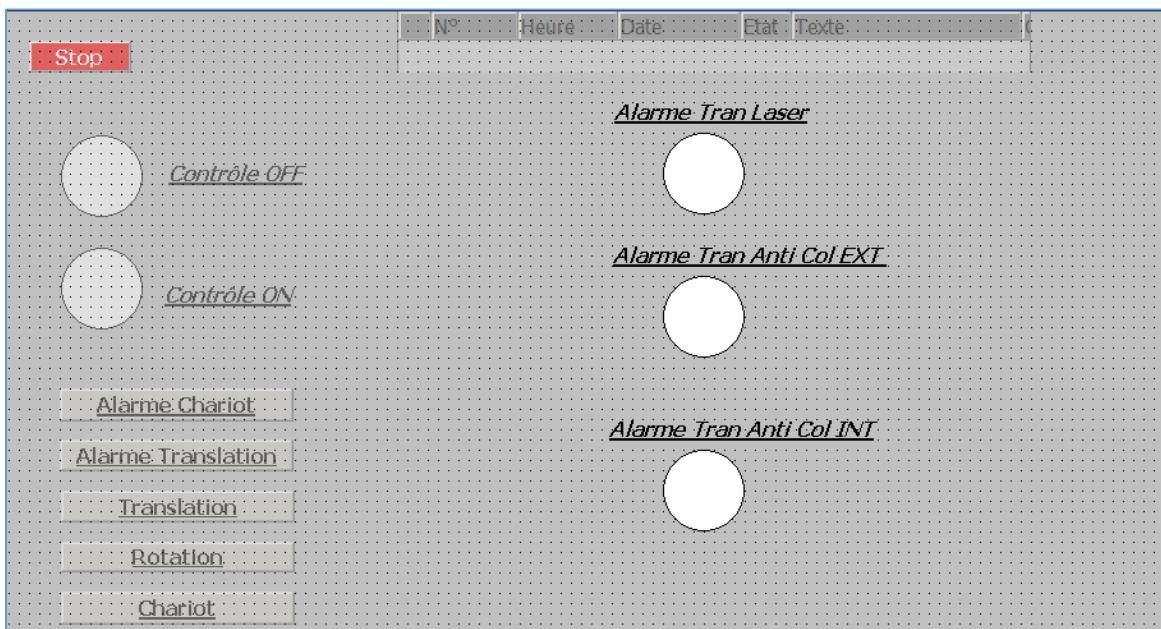


Figure IV.13 : Vue Alarme Translation

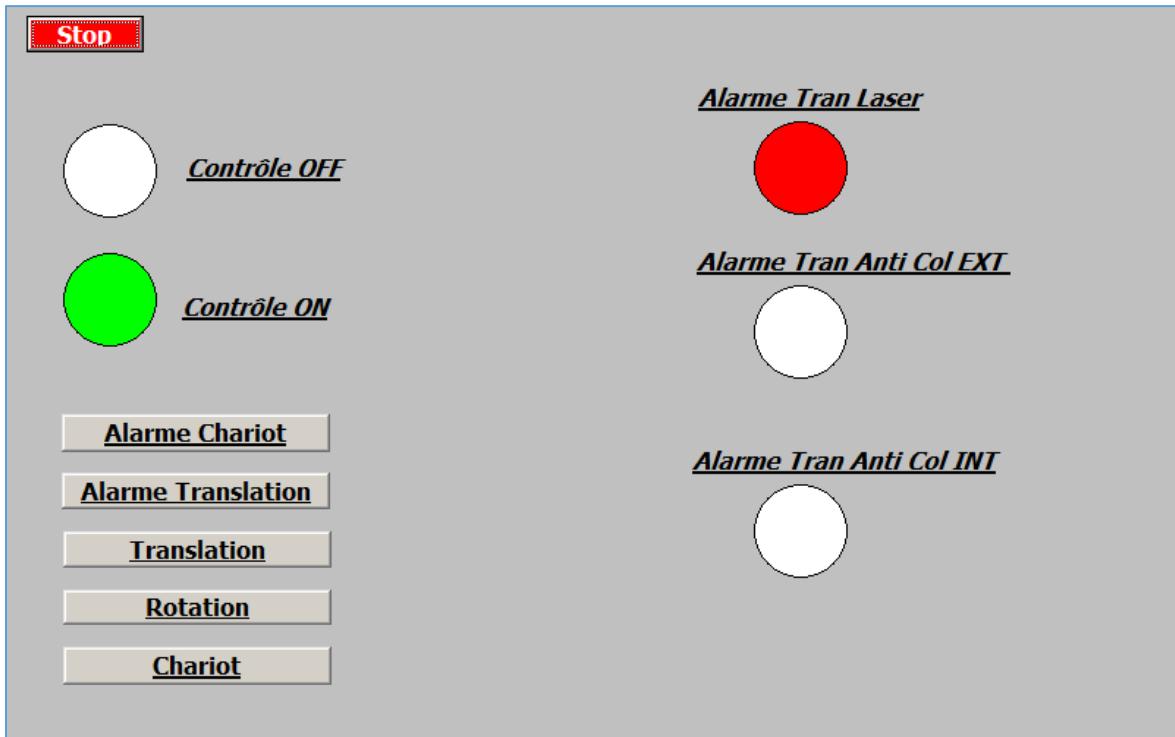


Figure IV.14 : Simulation de la vue Alarme Translation

IV.4.4.5. Vue Alarme Chariot

La dernière vue, appelée Alarme Chariot, est représentée par deux cercles. Le premier correspond à l'alarme de la porte de la cabine fermée, garantissant la sécurité de l'opérateur. Le second indique l'alarme des ENDSTOP, qui stoppe automatiquement le chariot lorsqu'il atteint une position limite lors du déplacement. En cas de danger, l'un des deux cercles clignote pour alerter l'opérateur. On retrouve dans les deux figures la vue réalisée et sa simulation, affichées dans l'ordre.

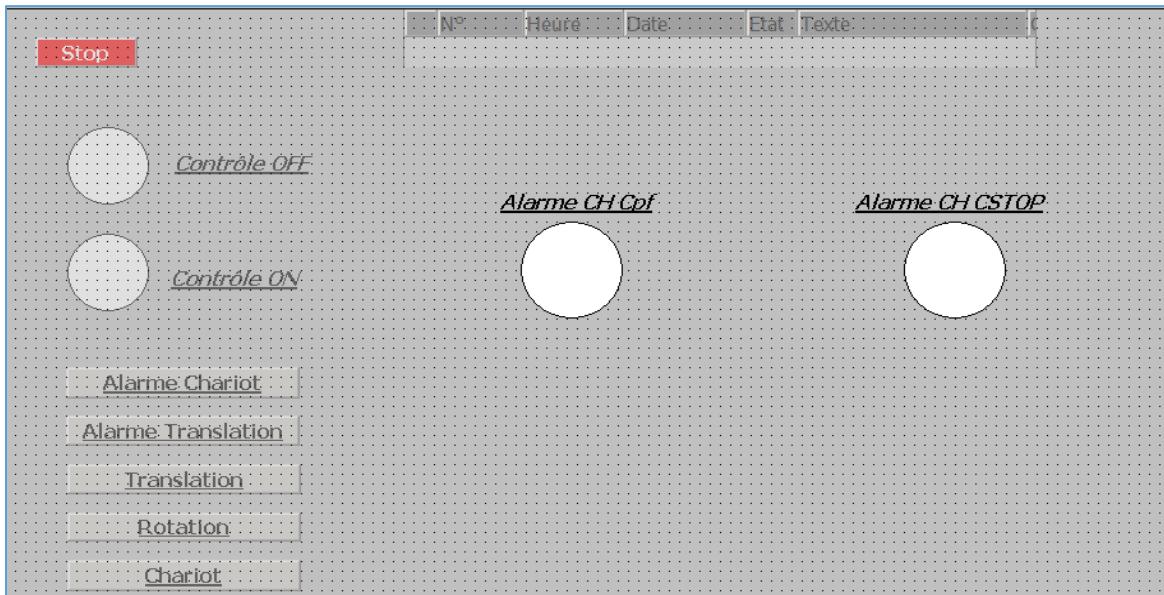


Figure IV.15 : Vue Alarme Chariot

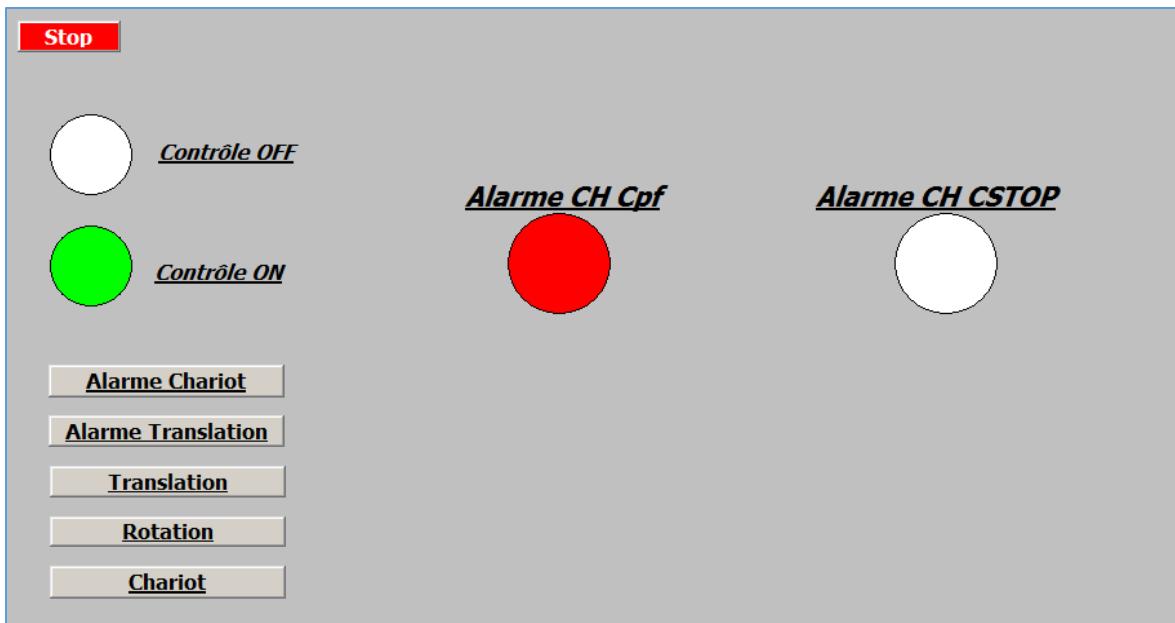


Figure IV.16 : Simulation de la vue Alarme Chariot

IV.5. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a permis d'introduire les principes fondamentaux de la supervision du système automatisé via le logiciel WinCC Flexible. Nous avons exploré les fonctionnalités essentielles du logiciel ainsi que les différentes étapes nécessaires à la mise en œuvre du projet supervisé.

Conclusion générale

Au terme de ce mémoire, nous avons cherché à répondre à une problématique concrète : comment améliorer les performances et la sécurité des portiques RTG Liebherr dans un environnement portuaire en constante évolution. Face aux exigences croissantes en matière de rapidité, de fiabilité et de sécurité dans la manutention des conteneurs, il est devenu essentiel de s'appuyer sur des solutions automatisées capables d'assurer un fonctionnement optimal, tout en limitant les risques liés aux interventions humaines ou aux défaillances techniques.

Dans les deux premiers chapitres, nous avons posé les bases de notre projet en présentant, d'une part, le cadre général du travail à travers l'entreprise BMT et les portiques RTG Liebherr utilisés dans la zone de manutention du terminal, et d'autre part, en soulignant l'importance des automates programmables industriels dans l'automatisation du système. Ensuite, nous avons étudié en détail le fonctionnement du RTG, en nous concentrant sur ses principaux mouvements : la translation, le chariotage et la rotation. Cette analyse nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement de chaque partie de la grue et de modéliser son comportement à l'aide de cahiers des charges et de grafcets, ce qui a permis de structurer de manière claire et cohérente le comportement du système.

Dans les deux derniers chapitres, nous avons abordé l'aspect logiciel et de supervision du système automatisé. Le troisième chapitre a permis de détailler la conception des programmes avec le logiciel STEP7, qui contrôle les mouvements du RTG tout en assurant une gestion sécurisée. La programmation sur l'automate S7-300 a ainsi permis d'organiser le système de manière fiable. Quant au dernier chapitre, il s'est concentré sur la supervision du système via WinCC Flexible. Ce logiciel permet une surveillance en temps réel du RTG.

La période passée au sein de BMT nous a offert une occasion précieuse de découvrir et de comprendre le fonctionnement d'un RTG. Elle nous a également permis de prendre pleinement conscience des responsabilités qui nous attendent en tant que futurs ingénieurs. Nous espérons que ce travail pourra constituer un outil utile pour BMT, notamment en contribuant à renforcer la sécurité des opérations sur le terminal.

Références bibliographiques

- [1] "Site officiel de l'entreprise BMT", [En ligne]. Disponible : <https://bejaiamed.com>. [Consulté : 19-mai-2025].
- [2] N. F. Ndiaye, *algorithme d'optimisation pour la résolution du problème de stockage de conteneurs dans un terminal portuaire*, mémoire de master, Université du Havre, France, 2015.
- [3] "Site officiel", [En ligne]. Disponible : <https://www.liebherr.com>. [Consulté : 28-mai-2025].
- [4] Liebherr Container Cranes Ltd., manuel mécanique, type de grue : RTG 6/6/2/WS(E), N° de travail : RT 140-141, plan n° : RT 1150, Port de Béjaïa, Algérie, Fossa, Killarney, Co. Kerry, Irlande.
- [5] Z. Djetou, *Automatisation d'une installation d'alimentation en pression de machines d'insertion de cartes électroniques*, Mémoire de master, Génie électrique, Tébessa : Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi, 2018.
- [6] Y. Bichi et M. A. B. Hadj Amar, *Automatisation d'un atelier de revêtement intérieur de pipes par l'automate SIMATIC S7-300*, Mémoire de master, Ghardaïa : Université de Ghardaïa, 2018.
- [7] N. Fahem et Y. Hammar, *Étude de l'automatisation par automate programmable S7-300 de la machine à garnir les encoches de l'ENEL*, Mémoire de master, Génie électrique, Tizi-Ouzou : Université Mouloud Mammeri, 2008.
- [8] Port de Béjaïa (BMT, SPA), schémas électriques des systèmes du RTG Liebherr, doc. technique interne, 2025.
- [9] Liebherr Container Cranes Ltd., manuel d'opération, type de portique : RTG 6/6/2/WS(E), N° de travail : RT 140-141, plan n° : RT 1150, Port de Béjaïa, Algérie, 2009.
- [10] M. L. Dilmi, *contribution à la modélisation des systèmes automatisés par un outil graphique*, mémoire de master, Université Ferhat Abbas Sétif 1, Réf. MAC21/JUIN/2014, Sétif, Algérie, 2014.

- [11] "Site officiel", Siemens, [En ligne]. Disponible : <https://www.siemens.com>. [Consulté : 29-mai-2025].
- [12] C. Boufarh et S. E. Aouam, *Étude et automatisation d'une chaîne de production par automate programmable industriel (API)*, mémoire de master, Génie industriel, Tébessa : Université Echahid Cheikh Larbi Tébessa, 2024.
- [13] A. Daoudi, *Étude d'un système de transformation de la matière première de l'usine de la cimenterie SPA BISKRIA*, mémoire de master, Génie industriel, Biskra : Université Mohamed Khider, 2019.
- [14] R. Khoudira et N. Saidi, *Étude et programmation d'un système automatisé didactique par mise en œuvre de l'automate SIEMENS S7-300*, mémoire de master, Génie industriel, Guelma : Université 8 Mai 1945, 2020.
- [15] Siemens AG, SIMATIC – Programmer avec STEP 7, manuel, Réf. 6ES7810-4CA10-8CWO, A5E02789667-01, Siemens AG, 2010.
- [16] Y. Djerouou et O. Elkhaldi, *Maintenance et supervision des automatismes industriels*, mémoire de master, Génie industriel, Oran : Université d'Oran 2, 2022.
- [17] Siemens AG, manuel d'utilisation SIMATIC HMI WinCC flexible 2008 : compact / advanced, Réf. 6AV6691-1AB01-3AC0.07/2008, A5E01024767-02, 2008.
- [18] K. Othmani, *Analyse fonctionnelle et supervision d'un processus "moulins de farine" avec le logiciel WinCC flexible 2008*, mémoire de master, Génie industriel, Tlemcen : École Supérieure en Sciences Appliquées (ESSA), 2020.

Résumé : Ce mémoire porte sur l'automatisation du système de translation et de sécurité d'une grue portuaire RTG Liebherr utilisée au terminal à conteneurs de Béjaïa (BMT). L'objectif est d'améliorer la fiabilité, la précision et la sécurité des déplacements de la grue.

Après une présentation de l'entreprise BMT et du fonctionnement des RTG, le travail décrit les différents sous-systèmes à travers des cahiers des charges et des grafcets. La partie programmation est réalisée avec le logiciel STEP7 et l'automate S7-300de Siemens. Enfin, une supervision a été développée avec WinCC Flexible pour permettre une visualisation et un contrôle en temps réel.

Ce projet permet de renforcer la sécurité grâce à l'ajout de capteurs et de moderniser le système existant pour une meilleure efficacité.

Mots clés : Automatisation, RTG Liebherr, STEP7, WinCC Flexible, S7-300, GRAFCET, IHM, sécurité industrielle, translation, chariotage, rotation

Abstract: This project focuses on the automation of the translation and safety system of a Liebherr RTG crane used at the Bejaia container terminal (BMT). The objective is to improve the reliability, accuracy, and safety of the crane's movements.

After presenting the BMT Company and the operation of RTG cranes, the work describes the various subsystems through detailed specifications and GRAFCET diagrams. The programming part is carried out using the STEP7 software and the Siemens S7-300 PLC. Finally, a supervision system was developed with WinCC Flexible to enable real-time monitoring and control.

This project strengthens safety through the integration of sensors and modernizes the existing system for greater operational efficiency.

Keywords: Automation, Liebherr RTG, STEP7, WinCC Flexible, S7-300, GRAFCET, HMI, industrial safety, travel, trolley movement, rotation

ملخص :تناول هذه الأطروحة أتمتة نظام الترجمة والسلامة لرافعة الحاويات من نوع RTG Liebherr المستخدمة في محطة ميناء بجاية (BMT) والهدف من ذلك هو تحسين موثوقية ودقة وسلامة حركة الرافعة. بعد تقديم عرض تقديمي عن شركة BMT وكيفية عمل الرافعة RTG، يصف العمل الأنظمة الفرعية المختلفة باستخدام الموصفات ومجموعات الجرافيك. تم تنفيذ البرمجة باستخدام برنامج STEP7 وبرنامج سيمنز S7-300 PLC. وأخيراً، تم تطوير نظام إشراف باستخدام برنامج WinCC المرن لتمكين التصور والتحكم في الوقت الحقيقي. سيعزز هذا المشروع السلامة من خلال إضافة أجهزة استشعار وتحديث النظام الحالي لتحسين الكفاءة.

الكلمات المفتاحية: الأتمتة، RTG Liebherr، STEP7، GRAFCET، S7-300، WinCC Flexible، HMI، السلامة الصناعية، الترجمة، النقل، الدوران