

Département d'Automatique, Télécommunication et d'Électronique

Projet de Fin d'Études

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et Informatique Industrielle

Thème

Contribution à l'automatisation d'un système semi-automatique
avec migration de l'automate S5 vers S7 dans la ligne de
conditionnement de cartons de margarine au sein du groupe
Cevital agro-alimentaire.

Préparé par :

ARAR Hocine

Dirigé par :

Mme N BELLAHSENE

M. J SLIMANI

Examiné par :

Mme F OUADIAI

M. H HADDAR

Année universitaire : 2024/2025



Remerciements

Je loue Allah, Le Très-Haut, pour m'avoir accordé la patience, la force et la sérénité nécessaires à l'accomplissement de ce travail. Sans Sa volonté, rien n'aurait été possible.

Je remercie de tout cœur mes parents, qui m'ont toujours entouré d'amour, guidé par leurs prières, soutenu avec une patience infinie et encouragé dans chaque moment difficile. Leur présence a été un pilier essentiel dans mon parcours.

Une mention toute particulière à ma chère et unique sœur, dont la présence et les encouragements m'ont beaucoup réconforté. Ta bienveillance et ton écoute ont compté plus que tu ne l'imagines.

Je remercie chaleureusement Mme N BELLAHSENE, mon encadrante universitaire, pour sa disponibilité, ses conseils avisés et son accompagnement tout au long de ce mémoire. Son soutien a été précieux dans l'aboutissement de ce travail.

Je remercie également M. J SLIMANI, encadrant au sein de l'entreprise Cevital, pour l'accueil au sein de la structure.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux membres du jury qu'ils ont bien voulu consacrer à l'évaluation de ce travail.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des enseignants qui m'ont transmis leur savoir avec passion et rigueur tout au long de ma formation, ainsi qu'au personnel du Département Automatique, Télécommunication et Électronique pour leur disponibilité et leur soutien.

J'adresse mes remerciements à mes collègues, amis et camarades de promotion, pour leur entraide, leur bonne humeur et les moments partagés au cours de ces années universitaires. Ces souvenirs resteront gravés.

Je tiens également à remercier sincèrement toutes les personnes, de près ou de loin, qui m'ont apporté leur soutien, leurs encouragements ou leurs conseils tout au long de ce parcours. Votre aide a été précieuse et je vous en suis profondément reconnaissant.



Je dédie ce travail :

**À la mémoire de mon cher grand-père paternel, qui reste vivant dans mon cœur malgré son absence. Que Dieu lui accorde Sa miséricorde et lui ouvre les portes de Son paradis.
Ta sagesse, ton humilité et ton amour continuent de m'accompagner.**

À ma tendre grand-mère paternelle, pour sa douceur, ses prières constantes et sa présence rassurante. Ta présence est un cadeau inestimable.

À mes chers grands-parents maternels, pour leur amour sans mesure, leurs paroles réconfortantes, et cette présence pleine de tendresse qui a toujours su apaiser et encourager.

Tables des matières

Liste des abréviations

Liste de figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise et cadre du projet

1.1	Introduction	2
1.2	Profil de l'entreprise CEVITAL.....	2
1.2.1	Évolution	2
1.2.2	Emplacement stratégique de l'entreprise	2
1.2.3	Diversification des activités chez Cevital	3
1.2.4	Organisation Générale et Répartition des Unités de Cevital.....	4
1.3	Unité de la margarinerie	4
1.3.1	Portefeuille de produits.....	4
1.3.2	Mise en évidence de la margarine SHORTENING	5
1.3.3	Processus de fabrication de la margarine	5
1.3.4	Le conditionnement	5
1.4	Description de la ligne de conditionnement de margarine SHORTENING	5
1.4.1	Le formeuse de cartons.....	6
1.4.2	Armoire de commande de la formeuse de cartons.....	7
1.4.3	Automate Siemens S5 100U	7
1.4.4	Système de remplissage.....	8
1.5	Matériel proposé pour le nouveau système	8
1.5.1	Convoyeur motorisé à rouleaux CM2M.....	8
1.5.1.1	Caractéristiques techniques	9
1.5.2	Débitmètre massique OPTIMASS 7400.....	9
1.5.2.1	Principe de fonctionnement de l'OPTIMASS 7400.....	9
1.5.3	Capteur photoélectrique SICK W4-3 (modèle WL4-3F2130)	10
1.5.3.1	Principe de fonctionnement de WL4-3F2130	10
1.5.4	SIMATIC Comfort Panel Siemens TP900 - 6AV2124-0JC01-0AX0	10
1.5.4.1	Caractéristiques principales.....	11
1.5.5	Système d'insertion automatique de sachets plastiques dans des cartons	11
1.6	Conclusion.....	12

Chapitre 2 : Concepts et outils de l'automatisation industrielle

2.1 Introduction	13
2.2 Pourquoi l'automatisation ?.....	13
2.3 Système automatisé	13
2.3.1 Avantage d'un système automatisé	14
2.3.2 Structure d'un système automatisé	14
2.3.2.1 La partie commande	14
2.3.2.1.1 Logique câblée	14
2.3.2.1.2 Logique programmée	14
2.3.2.2 La partie relation (opérateur)	14
2.3.2.3 La partie opérative	15
2.4 Automates Programmables Industriels(API)	15
2.4.1 Architecture et composants d'un API.....	16
2.5 Nature des informations traitées par l'automate	17
2.6 Langages de programmation	18
2.7 Types d'automates.....	19
2.7.1 Automate programmable compact (centralisé).....	19
2.7.2 Automate programmable modulaire	19
2.8 L'automate SIMATIC S7-300 CPU 314C-2 PN/DP à remplacer.....	20
2.8.1 Caractéristiques	20
2.9 Avantages des Automates Programmables Industriels	20
2.10 Choix d'un automate programmable industriel.....	21
2.11 Environnement de développement TIA PORTAL.....	21
2.11.1 Avantages du TIA Portal.....	21
2.11.2 Les deux vues du TIA Portal.....	22
2.11.2.1 Vue du portail	22
2.11.2.2 Vue du projet	22
2.14 Guide de création d'un nouveau projet sur TIA Portal	23
2.15 Interface Homme Machine.....	26
2.16 Configuration et Mise en œuvre de l'IHM de Supervision.....	27
2.16.1 Ajout de l'IHM dans TIA Portal : Étapes clés	27
2.16.2 Etablissement de la liaison PLC - IHM	28
2.17 Conclusion.....	28

Chapitre 3 : Programmation et simulation

3.1 Introduction	29
3.2 Pourquoi migrer d'un automate Siemens S5 vers S7 ?	29
3.3 Bénéfices et impacts de la migration du Siemens S5 vers S7	29
3.4 Table des variables après la migration S5 vers S7	30
3.5 Simulation après migration vers S7	30
3.7 Cahier des charges du nouveau système automatisé	32
3.8.2 Grafset point de vue partie commande	34
3.8 Implémentation de la solution sous TIA Portal	35
3.8.1 Tables des variables pour le nouveau système automatisé	35
3.8.2 Etude et mise en œuvre de réseaux Ladder pour l'automatisation du processus	36
3.9 Analyse de résultats de mesure du débitmètre massique	42
3.9.2 Interprétation générale	43
Conclusion	43

Chapitre 4 : Supervision via l'IHM

4.1 Introduction	44
4.4 Paramétrage graphique des vues de supervision	45
4.2 Table des variables IHM de la formeuse de cartons et du nouveau système de remplissage	49
4.3 Suivi des états des éléments sur l'IHM	50
4.5 Présentation des différentes de vues de l'IHM	52
4.5.1 Vue d'accueil	52
4.5.2 Vue de menu	52
4.5.3 Vue de conduite (Formeuse de cartons)	53
4.5.4 Vue remplissage - Suivi du processus	53
4.5.5 Vue de contexte	54
4.5.6 Vue alarmes	54
4.5 Alarmes IHM	55
4.7 Simulation du système de supervision dans TIA Portal	57
4.8 Mise en place de la simulation	57
4.9 Supervision IHM	59
4.10 Conclusion	63

Conclusion générale	64
Bibliographie	65

Liste des abréviations

TOR : Tout Ou Rien.

IHM : Interface Homme Machine.

SAP : Système Automatisé de Production.

PO : Partie Opérative.

PC : Partie Commande.

PR : Partie Relation.

CPU : Central Processing Unit (Unité Centrale de Traitement).

LD : Ladder Diagram (Langage à contacts).

IL : Instruction List (Liste d'Instructions).

ST : Structured Text (Texte Structuré).

FBD : Function Block Diagram (Diagramme de Blocs Fonctionnels).

SFC : Sequential Function Chart.

MPI : Multi Point Interface (Interface Multipoints).

E/S : Entrées/Sorties.

TIA : Totally Integrated Automation (Automatisation Intégrée Totale).

PN : Profinet.

DP : Profibus DP (Decentralized Peripherals).

API : Automate Programmable Industriel.

PNP : Positive-Négative-Positive.

kg : Kilogramme.

mm : millimètre.

Hz : hertz.

ms : milliseconde.

PET : Poly Ethylène Téréphtalate.

DA : Dinar algérien.

Liste de figures

Chapitre 1

Figure 1 : Emplacement stratégique de l'entreprise Cevital.	3
Figure 2 : Organisation Générale et Répartition des Unités de Cevital.	4
Figure 3 : Processus de fabrication de la margarine.....	5
Figure 4 : Ligne de conditionnement de margarine SHORTENING.....	6
Figure 5 : Formeuse de cartons.	7
Figure 6 : Armoire de commande de la formeuse de cartons.....	7
Figure 7 : Automate Siemens S5-100U chez CeVital.....	8
Figure 8 : Système de remplissage.....	8
Figure 9 : Convoyeur motorisé à rouleaux CM2M.....	9
Figure 10 : Débitmètre massique OPTIMASS 7400.....	9
Figure 11 : Capteur photoélectrique SICK W4-3 (modèle WL4-3F2130).	10
Figure 12 : SIMATIC Comfort Panel Siemens TP900 - 6AV2124-0JC01-0AX0.	11
Figure 13 : Machine d'insertion de sachets plastiques en carton.....	12

Chapitre 2

Figure 14 : Système automatisé de production.	13
Figure 15 : Structure d'un système automatisé.	14
Figure 16 : Schéma de fonctionnement.....	16
Figure 17 : Schéma de l'architecture d'un API.....	16
Figure 18 : Signal binaire TOR.....	17
Figure 19 : Signal analogique.	17
Figure 20 : Signal numérique.....	17
Figure 21 : Automate compact (Allen-Bradley).	19
Figure 22 : Automate modulaire (Schneider Electric Digital Modicon M580).	19
Figure 23 : Automate SIMATIC S7-300 CPU 314C-2 PN/DP.	20
Figure 24 : Vue du portail.	22
Figure 25 : Vue du projet.	23
Figure 26 : Interface de création d'un projet.....	24
Figure 27 : Interface "Mise en route" après ouverture du projet.....	24
Figure 28 : Choix du contrôleur (CPU 314C-2 PN/DP).	25
Figure 29 : Étape de programmation sur TIA Portal.....	25
Figure 30 : Ajout d'une IHM.	27
Figure 31 : Connexion entre l'IHM et l'automate (PLC).	27
Figure 32 : Liaison entre PLC et IHM.	28

Chapitre 3

Figure 33 : Migration d'automate Siemens de S5 vers S7.....	29
Figure 34 : Table des variables de la formeuse de cartons - partie 1.....	30
Figure 35 : Simulation - réseau Ladder après la migration.....	30
Figure 36 : Simulation - réseau Ladder après la migration.....	31
Figure 37 : Simulation - réseau Ladder après la migration.....	31
Figure 38 : Simulation - réseau Ladder après la migration.....	31
Figure 39 : Simulation - réseau Ladder après la migration.....	31
Figure 40 : Grafcet point de vue système.....	33
Figure 41 : Grafcet point de vue partie opérative.	34
Figure 42 : Tables des variables pour le nouveau système automatisé.....	35
Figure 43 : Système de contrôle sécurisé avec arrêts et Auto-Maintien.....	36
Figure 44 : Sélection du mode 20 Kg et chargement de la consigne.....	36
Figure 45 : Contrôle du convoyeur_1 droit.....	37
Figure 46 : Traitement du signal du débitmètre.....	37
Figure 47 : Conversion du débit massique en masse par cycle.....	38
Figure 48. 1 : Temps de cycle paramétré.....	38
Figure 48. 2 : Totalisation de la masse.....	39
Figure 48. 3 : Contrôle de la vanne de remplissage droite.....	39
Figure 48. 4 : Contrôle du convoyeur_2 droit.....	40
Figure 48. 5 : Contrôle du convoyeur_3 droit.....	40
Figure 48. 6 : Temporisation après atteinte du poids cible.....	40
Figure 48. 7 : Réinitialisation du poids cible (masse totale).....	41
Figure 48. 8 : Contrôle du vérin droit.....	41
Figure 48. 9 : Configuration du convoyeur_1 droit.....	45
Figure 48. 10 : Configuration du convoyeur_2 droit.....	45
Figure 48. 11 : Configuration de la vanne de remplissage droite.....	46
Figure 48. 12 : Configuration du vérin droit.....	46
Figure 48. 13 : Gestion du mouvement du vérin droit (IHM).....	46
Figure 48. 14 : Configuration du bouton marche (événements).....	47
Figure 48. 15 : Configuration du bouton marche (animations).....	47
Figure 48. 16 : Alternance d'impulsions.....	47
Figure 48. 17 : Génération d'impulsions.....	48
Figure 48. 18 : Gestion du mouvement du carton vide droit (IHM).....	48

Chapitre 4

Figure 48. 19 : Table des variables IHM - Partie1.....	49
Figure 48. 20 : Vue d'accueil.....	52
Figure 48. 21 : Vue de menu.....	52
Figure 48. 22 : Vue de conduite (Formeuse de cartons).....	53
Figure 48. 23 : Vue remplissage - Suivi du processus.....	53
Figure 48. 24 : Vue de contexte.....	54
Figure 48. 25 : Vue d'alarmes.....	54
Figure 48. 26 : Alarmes IHM.....	55

Figure 48. 27 :	Alarmes bras en position avant, alarme pousseur en position arrière.....	55
Figure 48. 28 :	Alarmes ajouter des cartons, alarme carton détecté sur ventouse.	56
Figure 48. 29 :	Alarmes carton détecté sous la vanne gauche, alarme carton droit rempli.....	56
Figure 48. 30 :	PLCSIM - Transport du carton vers la zone de remplissage.....	57
Figure 48. 31 :	PLCSIM - Détection du carton sous la vanne.	58
Figure 48. 32 :	PLCSIM - Transport du carton vers la fermeuse de sachets.	58
Figure 48. 33 :	Simulation - Vue de conduite (Formeuse de cartons).	59
Figure 48. 34 :	Simulation - Vue remplissage - Suivi du processus.	60
Figure 48. 35 :	Simulation - transport du carton vide muni d'un sachet vers la zone de remplissage.	61
Figure 48. 36 :	Simulation - Carton en mode remplissage.....	61
Figure 48. 37 :	Simulation - Carton rempli,transporté vers la zone de fermeture des sachets.	62
Figure 48. 38 :	Simulation - Carton prêt à subir la fermeture de son sachet.....	62
Figure 48. 39 :	Simulation - Vue d'alarmes.....	63

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats de mesure du débitmètre massique.....	42
Tableau 2 : Suivi des états des éléments sur l'IHM.....	50

Introduction générale

Introduction générale

L'automatisation industrielle est aujourd'hui un levier clé pour améliorer l'efficacité des processus de production et garantir une meilleure productivité. Avec l'évolution des technologies et l'augmentation des exigences en matière de qualité et de précision, les entreprises doivent moderniser leurs systèmes de contrôle pour rester compétitives et répondre aux nouveaux défis du secteur.

Le présent projet s'inscrit dans cette démarche et concerne la modernisation d'une ligne de conditionnement de cartons de margarine au sein de l'entreprise Cevital. Actuellement, cette ligne fonctionne avec une formeuse de cartons qui est contrôlée avec un automate S5 et un système de remplissage semi-automatique, où l'intervention humaine reste essentielle. De plus, l'absence de convoyeurs oblige l'opérateur à déplacer manuellement les cartons d'une étape à une autre. Ce processus présente plusieurs limites, notamment un manque de précision, une dépendance à l'opérateur et une cadence de production relativement faible.

Face à ces contraintes, comment peut-on optimiser cette ligne de conditionnement pour assurer un remplissage plus précis, fiable et quasi entièrement automatisé ?

L'objectif de ce projet est de remplacer l'automate Siemens S5 par un automate S7 et de rendre le processus de remplissage dans une large mesure automatisé. Cette modernisation vise à automatiser le remplissage pour garantir une meilleure précision et réduire l'intervention humaine au strict minimum, tout en intégrant une supervision via une interface homme-machine (IHM) pour permettre le suivi et le contrôle du système en temps réel.

Lors de mon stage au sein de cette entreprise, j'ai eu l'opportunité d'analyser le système existant et de proposer des solutions adaptées pour son amélioration. Grâce à cette modernisation, la ligne de production bénéficiera d'une meilleure précision, d'une augmentation de la cadence et d'une réduction des erreurs humaines, garantissant ainsi une production plus fiable et performante.

Ce travail est structuré en quatre chapitres, permettant d'exposer progressivement les différentes étapes du projet :

- ✓ Le premier chapitre est dédié à la présentation de l'entreprise Cevital et au cadre du projet.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré aux concepts et outils de l'automatisation industrielle.
- ✓ Le troisième chapitre est axé sur la programmation et la simulation.
- ✓ Le quatrième chapitre est affecté à la supervision industrielle via l'IHM.

Enfin, le mémoire se termine par une conclusion générale.

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise et cadre du projet

1.1 Introduction

Ce chapitre commence par une brève présentation de l'entreprise d'accueil, puis se concentre sur l'unité de production de margarine où le projet a été réalisé. Il décrit ensuite la ligne de conditionnement concernée, avant de présenter le matériel proposé pour son amélioration et son automatisation.

1.2 Profil de l'entreprise CEVITAL

Cevital est une société par actions à capital privé de 68,760 milliards de DA, fondée en mai 1998. Elle est l'un des fleurons de l'industrie agroalimentaire en Algérie. Dotée de plusieurs unités de production équipées des technologies les plus récentes, l'entreprise poursuit son développement à travers divers projets en cours de réalisation.

Son expansion au cours des cinq 5 dernières années en a fait un acteur majeur de l'économie nationale, contribuant significativement à la création d'emplois et de richesses. En l'espace de quelques années, Cevital Food a connu un développement impressionnant : de 500 salariés en 1999, l'entreprise est passée à près de 4000 en 2008, témoignant de son expansion rapide et de sa réussite. [1]

1.2.1 Évolution

À sa création, Cevital s'est spécialisée dans l'industrie agroalimentaire en établissant des raffineries d'huile et de sucre à Bejaïa. En 2007, le groupe a diversifié ses activités avec la création de Mediterranean Float Glass, spécialisée dans la production, la transformation et la distribution de verre pour la construction et les applications solaires. La même année, Numilog a été fondée pour se concentrer sur la logistique et la gestion de la chaîne d'approvisionnement. En 2013, Cevital a acquis l'entreprise française Oxxo, spécialisée dans la menuiserie PVC, et en 2014, elle a repris les activités françaises du groupe Fagor-Brandt, renforçant ainsi sa présence dans le secteur de l'électroménager. [1]

1.2.2 Emplacement stratégique de l'entreprise

Cevital se situe à l'arrière port de Bejaïa à 200 ML (mètre linéaire) du quai à 3km Sud-Ouest de la ville, à proximité des routes nationales RN 26 et RN 9. Cette localisation stratégique constitue un atout majeur pour l'entreprise, lui offrant un avantage économique significatif. S'étendant sur une superficie de 45 000 m², Cevital est le plus grand complexe privé en Algérie. Il dispose d'une capacité de stockage de 182 000 tonnes par an grâce à ses silos portuaires et d'un terminal de déchargement portuaire pouvant réceptionner jusqu'à 200 000 tonnes de matière première par heure. De plus, l'entreprise s'appuie sur un vaste réseau de distribution couvrant plus de 52 000 points de vente à travers tout le territoire national. [2]

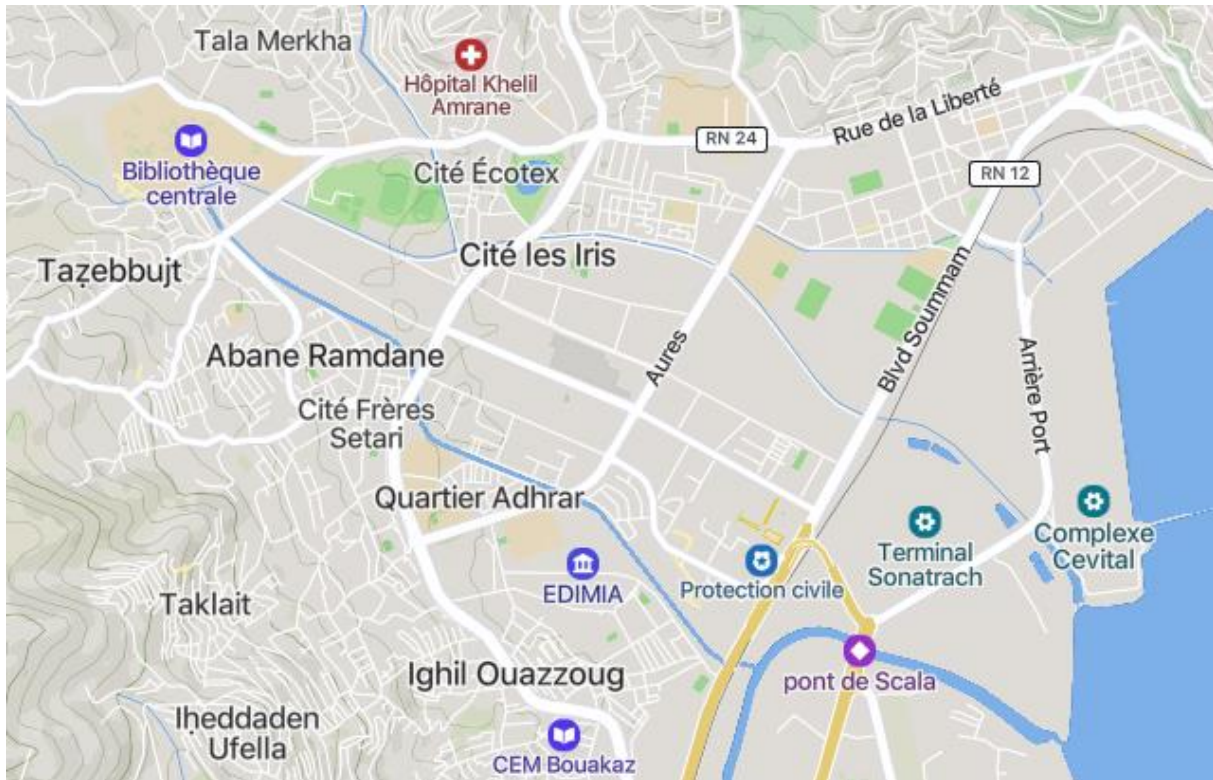


Figure 1 : Emplacement stratégique de l'entreprise Cevital.

1.2.3 Diversification des activités chez Cevital

Cevital concentre l'essentiel de ses activités autour de la production et la distribution de margarine, d'huiles végétales et de sucre, tout en s'investissant dans d'autres domaines stratégiques pour renforcer sa compétitivité. Ces activités se déclinent de la manière suivante :

- **Raffinage des huiles :** jusqu'à 1800 tonnes par jour.
- **Raffinage du sucre :** environ 6500 tonnes par jour.
- **Cogénération (électricité et vapeur) :** 50 MW et 300 tonnes de vapeur par heure.
- **Emballages en PET :** capacité de 9600 unités à l'heure.
- **Stockage des céréales :** jusqu'à 120 000 tonnes.
- **Production de margarine :** 600 tonnes chaque jour.

1.2.4 Organisation Générale et Répartition des Unités de Cevital

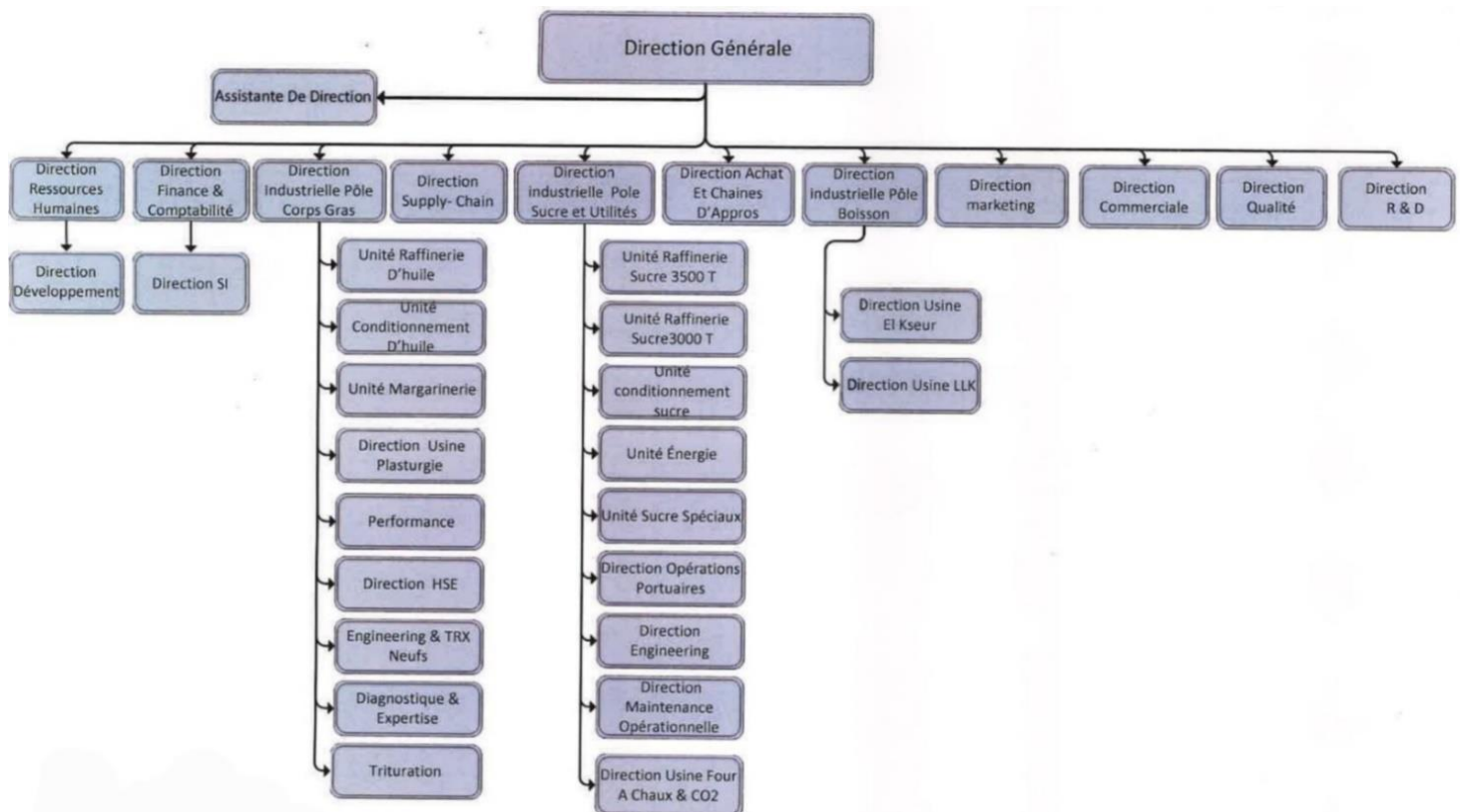


Figure 2 : Organisation Générale et Répartition des Unités de Cevital.

1.3 Unité de la margarinerie

Depuis 2001, Cevital s'est lancée dans la production de margarine à travers une unité industrielle moderne, équipée de technologies avancées provenant d'Allemagne et de France, avec notamment des machines signées Schröder et NOVA. Cette unité est capable de produire jusqu'à 600 tonnes de margarine par jour. [4]

1.3.1 Portefeuille de produits

Cevital propose une large gamme de produits à base de margarine et de graisses végétales, adaptés aussi bien à la consommation domestique qu'à l'usage professionnel :

- **Margarine de table** : FLEURIAL ;
- **Margarine à tartiner** : MATINA, disponible en version beurre et margarine ;
- **Margarine de feuilletage** : La Parisienne ;
- **Graisses végétales** : Utilisées dans divers procédés de l'industrie agroalimentaire ;
- **Smen et d'Han** : Commercialisés sous la marque MEDINA ;
- **Margarine SHORTENING** : Destinée aux besoins spécifiques de la boulangerie et de la pâtisserie. [4]

1.3.2 Mise en évidence de la margarine SHORTENING

Parmi tous les produits du portefeuille, la margarine SHORTENING se distingue par son utilisation particulière en pâtisserie et en boulangerie. Ce produit est conditionné, entre autres, en cartons de 10 kg et 20 kg, dont le remplissage fait l'objet d'un processus d'automatisation étudié dans le cadre de ce projet. Cette automatisation sera mise en œuvre au niveau de la ligne 5 de production.

1.3.3 Processus de fabrication de la margarine

Ce schéma montre les différentes étapes du processus de fabrication de la margarine, depuis la préparation des matières premières jusqu'au conditionnement fini.

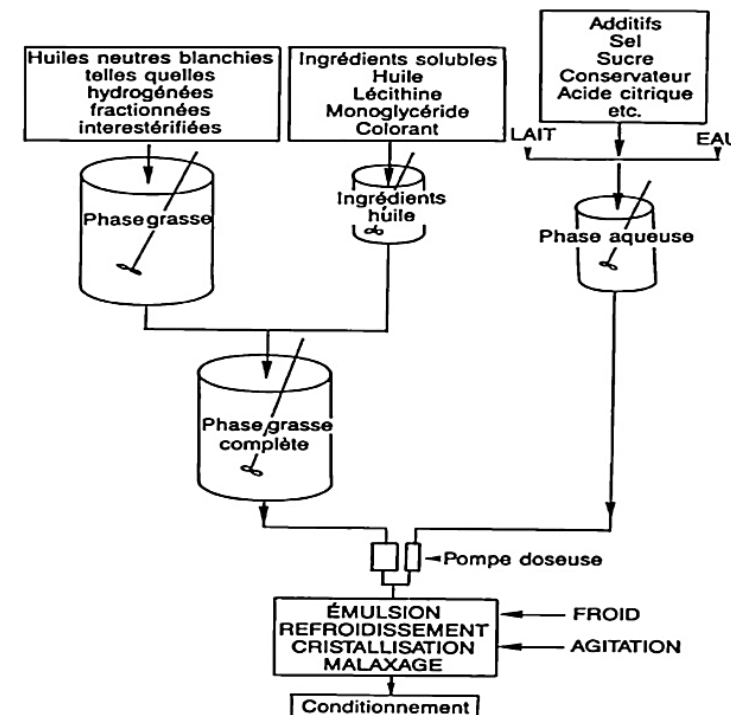


Figure 3 : Processus de fabrication de la margarine.

1.3.4 Le conditionnement

Une fois refroidie et cristallisée, la margarine est pompée à l'aide des pompes à haute pression, puis conditionnée dans cartons de 10 kg ou de 20 kg dans le cadre de ce projet.

1.4 Description de la ligne de conditionnement de margarine SHORTENING

La ligne de conditionnement étudiée est constituée de plusieurs étapes automatisées permettant de préparer, remplir, fermer et conditionner les cartons de margarine. Le processus débute par une formeuse de cartons, qui assure le dépliage et la mise en forme automatique des cartons à partir de découpes plates. Une fois formés, les cartons sont acheminés vers la machine d'insertion de sachets, qui positionne les sachets à l'intérieur de chaque carton. Ensuite, les

cartons sont dirigés vers le système de remplissage, chargé de doser et de remplir précisément chaque carton avec la quantité requise de margarine.

Cependant, cette ligne ne dispose pas de convoyeurs motorisés pour le transport des cartons entre les différentes étapes. Elle dispose de convoyeurs à rouleaux libres. C'est donc l'opérateur qui prend manuellement chaque carton formé, le place sous la vanne de remplissage, puis, une fois le remplissage terminé, le pousse manuellement vers la fermeuse de sachets, puis vers la scotcheuse.

Après le remplissage, les cartons passent par la fermeuse de sachets, où les sachets intérieurs sont correctement refermés pour garantir l'étanchéité du produit. Ensuite, la scotcheuse vient fermer le haut des cartons. Enfin, les cartons scellés sont pris en charge par le palettiseur, qui les organise et les empile sur des palettes, prêtes à être transportées.

Dans le cadre de ce projet, une attention particulière a été portée sur la formeuse de cartons, Armoire de commande, l'automate Siemens S5 100U et le système de remplissage, afin de garantir un processus dans une large mesure automatisé, précis et fiable, tout en réduisant l'intervention de l'opérateur.



Figure 4 : Ligne de conditionnement de margarine SHORTENING.

1.4.1 Le formeuse de cartons

Il s'agit d'une formeuse de cartons qui est contrôlée par un ancien automate Siemens S5 100U, ce qui pose plusieurs problèmes, notamment la difficulté à trouver des pièces de rechange en cas de panne, ainsi que l'impossibilité d'intégrer facilement ce système avec des équipements modernes.



Figure 5 : Formeuse de cartons.

1.4.2 Armoire de commande de la formeuse de cartons

Dans la ligne de conditionnement, la formeuse de cartons est contrôlée par une petite armoire électrique. Cette armoire, équipée d'un automate Siemens S5-100U, intègre également des relais, des contacteurs et des disjoncteurs assurant les fonctions de commande et de protection. La façade comporte des boutons poussoirs pour la marche, l'arrêt et le RESET, ainsi que des voyants lumineux permettant une surveillance visuelle de l'état du système.



Figure 6 : Armoire de commande de la formeuse de cartons.

1.4.3 Automate Siemens S5 100U

L'automate programmable industriel SIMATIC S5-100U est l'un des plus petits de la gamme SIMATIC S5. De prix modique, il est destiné en premier lieu aux petites applications d'automatisation. Le niveau de rentabilité est placé très bas. Il offre une solution économique pour chaque problème d'automatisation, et ce qu'il s'agisse d'une fonction d'automatisme simple ou d'une tâche de calcul complexe.



Figure 7 : Automate Siemens S5-100U chez CeVital.

1.4.4 Système de remplissage

Le système de remplissage actuel utilise deux vannes TOR commandées manuellement via des boutons poussoirs. L'opérateur place le carton sur une balance, déclenche l'ouverture de la vanne, qui se ferme automatiquement lorsque 10 kg ou 20 kg sont atteints. Toutefois, ce système manque de précision, ce qui engendre des débordements fréquents, inadéquats pour un processus nécessitant une grande exactitude de dosage.



Figure 8 : Système de remplissage.

1.5 Matériel proposé pour le nouveau système

1.5.1 Convoyeur motorisé à rouleaux CM2M

Convoyeur à rouleaux motorisés par chaîne à vitesse constante, destiné aux lignes de montage, de transport ou d'empilage de charges telles que les cartons, bacs et caisses à fond plat et rigide. La longueur du convoyeur est variable à partir de 2 mètres, avec des rouleaux d'un diamètre de 50 mm. [6]



Figure 9 : Convoyeur motorisé à rouleaux *CM2M*.

1.5.1.1 Caractéristiques techniques

- Convoyeur motorisé de vitesse constante.
- Table réglable en hauteur.
- Châssis lisse sans bords tranchants.
- Rouleaux en acier inoxydable.
- Risque de blessure minime - l'axe d'entraînement est isolé.

1.5.2 Débitmètre massique OPTIMASS 7400

L'OPTIMASS 7400 se distingue comme le seul débitmètre massique à disposer d'un tube de mesure droit à monotube. Il s'agit d'un débitmètre massique monotube à effet Coriolis, conçu pour mesurer avec une grande précision le débit massique et la masse volumique de liquides et de gaz, même dans des conditions de processus complexes. [7]



Figure 10 : Débitmètre massique OPTIMASS 7400.

1.5.2.1 Principe de fonctionnement de l'OPTIMASS 7400

Le débitmètre OPTIMASS 7400 fonctionne selon le principe de l'effet Coriolis, à l'aide d'un tube de mesure unique droit. Une bobine excitatrice génère des vibrations sinusoïdales, détectées par deux capteurs placés de part et d'autre du tube. Lorsque le fluide s'écoule, un léger déphasage se produit, directement proportionnel au débit massique. Celui-ci est généralement exprimé en kilogrammes par heure (kg/h). Le capteur permet également de

mesurer la masse volumique, par l'analyse de la fréquence d'oscillation, ainsi que la température, grâce à une sonde Pt500. [7]

1.5.3 Capteur photoélectrique SICK W4-3 (modèle WL4-3F2130)

Le WL4-3F2130 est un capteur photoélectrique à réflexion avec filtre de polarisation, conçu par SICK, spécialiste des technologies de détection industrielles. Il utilise une LED rouge visible et permet la détection fiable d'objets opaques ou réfléchissants jusqu'à 4,5 mètres, lorsqu'il est associé à un réflecteur type PL80A. Avec un temps de réponse rapide ($< 0,5$ ms) et une fréquence de commutation élevée (1000 Hz), il est parfaitement adapté aux applications nécessitant précision, rapidité et compacité, notamment en automatisation industrielle. [8]



Figure 11 : Capteur photoélectrique SICK W4-3 (modèle WL4-3F2130).

1.5.3.1 Principe de fonctionnement de WL4-3F2130

Le SICK WL4-3F2130 fonctionne en émettant un faisceau lumineux rouge à l'aide d'une LED. Ce faisceau est réfléchi par un réflecteur situé en face du capteur. Tant qu'aucun objet n'interrompt le faisceau, la lumière revient vers le capteur, et la sortie reste inactive.

Lorsqu'un objet passe entre le capteur et le réflecteur, il interrompt le faisceau, provoquant l'activation de la sortie TOR (PNP) pour signaler la détection.

Le filtre de polarisation permet au capteur de différencier la lumière réfléchi par le réflecteur de celle renvoyée par des surfaces brillantes, garantissant ainsi une détection fiable, même avec des surfaces réfléchissantes. [8]

1.5.4 SIMATIC Comfort Panel Siemens TP900 - 6AV2124-0JC01-0AX0

C'est un panneau de commande tactile appartenant à la gamme Comfort Panel de Siemens. Il s'agit d'un dispositif industriel conçu pour permettre aux opérateurs d'interagir avec des systèmes automatisés, notamment dans des environnements de contrôle et de supervision de processus. [9]



Figure 12 : SIMATIC Comfort Panel Siemens TP900 - 6AV2124-0JC01-0AX0.

1.5.4.1 Caractéristiques principales

- **Écran tactile :** "9" TFT (800x480 pixels, 16M couleurs, résistif).
- **Clavier virtuel** (alphanumérique/numérique), sans touches physiques.
- **Connectivité :** PROFINET, PROFIBUS DP, 2×USB, slots SD.
- **Mémoire :** 12 Mo (extensible par cartes mémoire/USB).
- **Logiciel :** Configuration via WinCC Comfort (TIA Portal) pour alarmes, recettes et supervision.
- **Protocoles :** PROFINET, MODBUS, TCP/IP, etc.
- **Robustesse :** IP65 (face avant), certifications CE/ATEX, résiste à 0–50°C. [9]

1.5.5 Système d'insertion automatique de sachets plastiques dans des cartons

Une machine insert-sachets plastiques (polybag inserter) est un équipement automatisé utilisé pour placer un sac en plastique à l'intérieur d'un carton avant son remplissage. Ce sachet, généralement formé à partir d'un rouleau de film, est automatiquement découpé, soudé, ouvert puis inséré dans la boîte. Ce procédé est très utilisé dans les industries alimentaires, agroalimentaires et chimiques. [10]



Figure 13 : Machine d'insertion de sachets plastiques en carton.

1.6 Conclusion

Ce premier chapitre a permis de mieux situer le cadre du projet. L'entreprise accueillante est d'abord présentée, suivie d'un focus sur l'unité de production de margarine où les travaux ont été réalisés. Ensuite, la ligne de conditionnement concernée est décrite, avec les équipements déjà en place. Cette analyse a permis de comprendre le fonctionnement actuel du système et d'identifier les axes d'amélioration possibles. Enfin, le matériel proposé pour automatiser et moderniser cette ligne est présenté, servant de base pour la suite du projet.

Chapitre 2

Concepts et outils de l'automatisation
industrielle.

2.1 Introduction

Ce chapitre porte sur l'étude des systèmes automatisés et des outils fondamentaux permettant leur conception et leur mise en œuvre. Les bases des automates programmables industriels (API), qui jouent un rôle central dans le pilotage des systèmes modernes, sont tout d'abord présentées.

L'environnement TIA Portal, développé par Siemens, utilisé pour la programmation, la configuration matérielle et la supervision du système, est ensuite décrit. Enfin, une partie est consacrée à l'interface homme-machine (IHM), élément essentiel pour assurer une interaction efficace entre l'opérateur et le système automatisé.

2.2 Pourquoi l'automatisation ?

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par :

- L'augmentation de la productivité.
- Une plus grande flexibilité de production.
- L'amélioration de la qualité des produits.
- La capacité à intervenir dans des environnements difficiles ou dangereux.
- Renforcement de la sécurité sur les lieux de travail. etc...[11]

2.3 Système automatisé

Un système automatisé de production (SAP) est un système qui rassemble plusieurs technologies (mécanique, électronique, pneumatique, etc.) pour réaliser des opérations ou une suite de missions avec une intervention humaine à minima, voire impossible.

Sa vocation première est d'apporter de la valeur à la matière d'œuvre en optimisant le processus de production. [12]

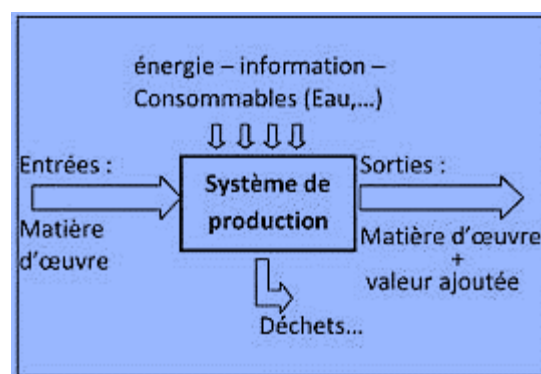


Figure 14 : Système automatisé de production.

2.3.1 Avantage d'un système automatisé

- Optimisation de la productivité et maîtrise des coûts.
- Renforcement de la qualité des produits.
- Amélioration de la sécurité et des conditions de travail.
- Augmentation de la flexibilité et de l'adaptabilité du système de production. [12]

2.3.2 Structure d'un système automatisé

Un système automatisé de production (SAP) est constitué de trois parties : la partie opérative notée PO, la partie commande notée PC et la partie dialogue ou relation notée PR. [12]

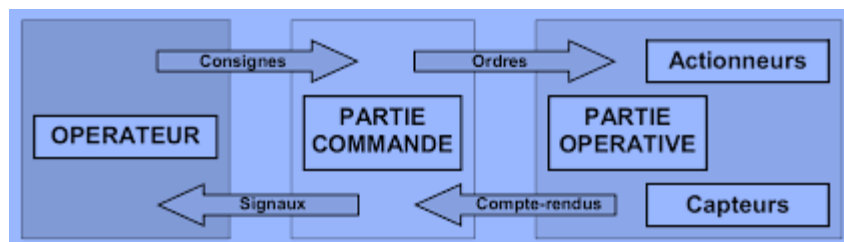


Figure 15 : Structure d'un système automatisé.

2.3.2.1 La partie commande

Assemble les machines de traitement de l'information provenant de la partie opérative et de la partie relation. En fonction de ces données, elle met au point les instructions à exécuter par la partie opérative. Elle intègre également le savoir-faire des opérateurs pour enchaîner les opérations nécessaires à la transformation de la matière d'œuvre. Cela peut être réalisé de deux manières différentes :

2.3.2.1.1 Logique câblée

C'est la vieille technologie des automatismes, basée sur l'utilisation des contacts, des relais et des bobines. Car, dans la logique câblée, la loi de commande est écrite directement dans le câblage, ce qui la rend figée et peu flexible.

2.3.2.1.2 Logique programmée

Cette technologie repose sur l'utilisation des outils informatiques industriels, spécifiquement les automates industriels programmables (API). Dans la mesure où la programmation de la loi de commande permet une adaptation rapide et aisée aux besoins et à l'évolution du processus.

2.3.2.2 La partie relation (opérateur)

Assure la communication entre la machine et l'opérateur. L'opérateur peut donc donner des ordres à la partie commande, qui les transmettra à la partie opérative, et obtenir en retour un retour d'information pour pouvoir surveiller le processus. Contient le pupitre de dialogue homme-machine avec les organes de commande pour la mise sous/hors tension de l'installation,

la sélection des modes de fonctionnement, la commande manuelle des actionneurs, le lancement des cycles, l'arrêt d'urgence.

2.3.2.3 La partie opérative

Appelée aussi « partie puissance », agit directement sur le matériau de travail en suivant les instructions reçues de la partie commande afin de lui apporter une valeur ajoutée. Elle contient :

- **Les capteurs** : un capteur est un dispositif qui détecte un phénomène physique et le restituer sous forme un signal exploitable par la partie commande. Il permet ainsi de transmettre des informations sur l'état du système en convertissant les données physiques en valeurs électriques exploitables par la partie commande.
- **Les actionneurs** : éléments qui ont pour mission de transformer l'énergie pour l'adapter au besoin de la partie opérative, cette énergie étant ensuite utilisée par les effecteurs.
- **Les pré-actionneurs** : un pré-actionneur est un élément dont le rôle est de distribuer l'énergie utile aux actionneurs sur ordre de la partie commande. Les pré-actionneurs usuels : contacteurs ou relais ou variateur de vitesse (pour les moteurs électriques), distributeurs.
- **les effecteurs** : dispositifs terminaux qui agissent directement sur la matière d'œuvre pour lui donner sa valeur ajoutée (outils de coupe, pompes, têtes de soudure...). [12]

2.4 Automates Programmables Industriels(API)

Un automate programmable industriel (API) est une forme particulière de contrôleur à microprocesseur qui utilise une mémoire programmable pour stocker les instructions et qui implémente différentes fonctions, qu'elles soient logiques, de séquençement, de temporisation, de comptage ou arithmétiques, pour commander les machines et les processus. Il est conçu pour être exploité par des ingénieurs, dont les connaissances en informatique et langages de programmation peuvent être limitées. La création et la modification des programmes de l'API ne sont pas réservées aux seuls informaticiens. Les concepteurs de l'API l'ont préprogrammé pour que la saisie du programme de commande puisse se faire à l'aide d'un langage simple et intuitif. [13]

La programmation de l'API concerne principalement la mise en œuvre d'opérations logiques et de commutation, par exemple, si A ou B se produit, alors allumer C, ou si A et B se produisent, alors allumer D. Les dispositifs d'entrée, c'est-à-dire des capteurs, comme des interrupteurs, et les dispositifs de sortie, c'est-à-dire des moteurs, des vannes, etc., du système sont connectés à l'API. L'opérateur saisit une séquence d'instructions, le programme, dans la mémoire de l'API.

L'automate surveille ensuite les entrées et les sorties conformément aux instructions du programme et met en œuvre les règles de commande définies. [13]

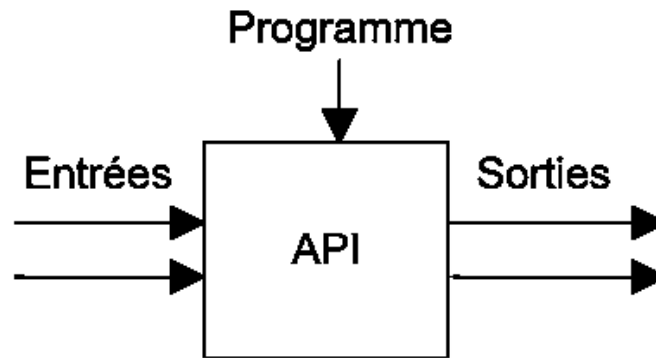


Figure 16 : Schéma de fonctionnement.

2.4.1 Architecture et composants d'un API

De manière générale, un API est composé de plusieurs éléments fondamentaux :

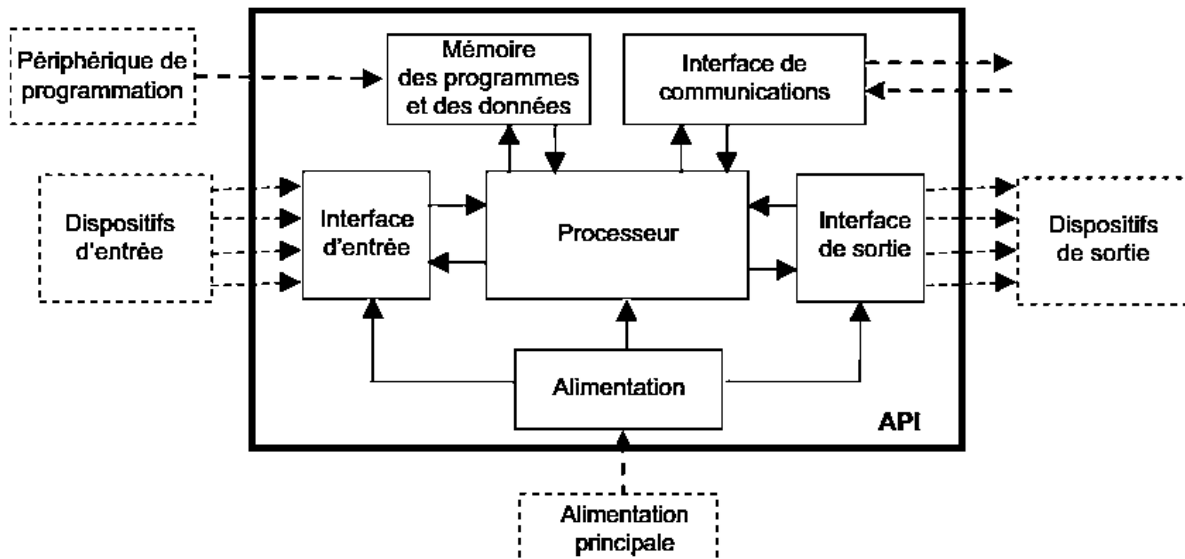


Figure 17 : Schéma de l'architecture d'un API.

- **Le processeur ou unité centrale de traitement (CPU, Central Processing Unit) :**
C'est le cœur de l'API, il exécute le programme et gère les entrées/sorties.
- **L'unité d'alimentation :** Fournit la tension nécessaire au fonctionnement de l'API et de ses modules.
- **La mémoire :** Stocke le programme ainsi que les données traitées par l'API.
- **Les interfaces d'entrées-sorties :** Permettent à l'API de recevoir des signaux des capteurs et d'envoyer des commandes aux actionneurs.

- **Interface de communication** : Utilisée pour envoyer et recevoir des données sur des réseaux de communication, l'API étant connecté à d'autres API à distance, à des systèmes de supervision ou à d'autres équipements industriels.
- **Le périphérique de programmation** : Le périphérique de programmation est utilisé pour entrer le programme dans la mémoire du processeur. Ce programme est développé sur le périphérique, puis transféré dans la mémoire de l'API. [13]

2.5 Nature des informations traitées par l'automate

Les informations peuvent être de type :

- **Tout ou rien (T.O.R)** : L'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir ... [13]

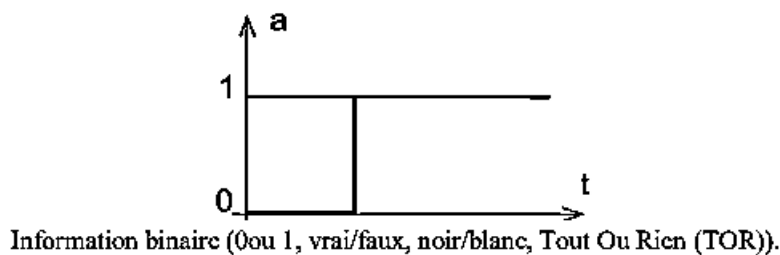


Figure 18 : Signal binaire TOR.

- **Analogique** : Est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, niveau,...). [13]

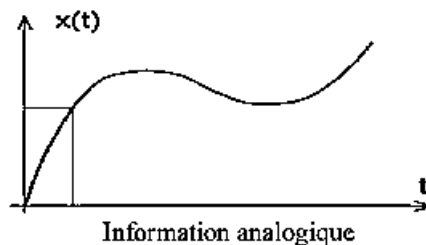


Figure 19 : Signal analogique.

- **Numérique** : L'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent. [12]

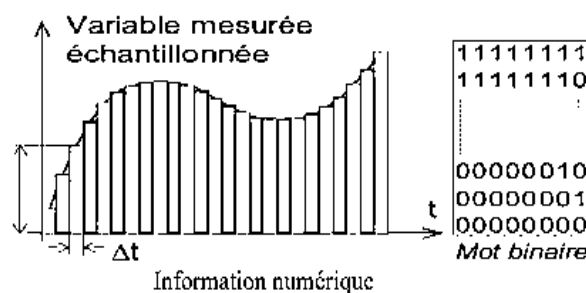


Figure 20 : Signal numérique.

2.6 Langages de programmation

- **Langage à contacts (Ladder Diagram - LD) :** Langage graphique développé pour les électriciens. Il est basé sur la représentation des schémas électriques et utilise des symboles tels que : relais, contacts (ouverts et fermés), blocs fonctionnels. C'est le langage le plus utilisé par les automaticiens.
- **Liste d'instructions (IL : Instruction List) :** Langage textuel de bas niveau de type assembleur (une instruction par ligne). Très peu utilisé par les automaticiens.
- **Langage littéral structuré (ST : Structured Text) :** Langage textuel permettant d'écrire tout type de fonctionnalité (séquentielle ou non). Remplacé par le langage C sur les automates les plus puissants. Ce langage est peu utilisé par les automaticiens.
- **Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram) :** Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droites. Les blocs peuvent être issus d'une bibliothèque prédéfinie. Ce langage est utilisé par les automaticiens.
- **Langage SFC (Sequential Function Chart ou Sequential Flow Chart) :** Langage de type Grafcet ou organigramme permettant la programmation aisée des systèmes séquentiels. [12]

2.7 Types d'automates

2.7.1 Automate programmable compact (centralisé)

Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties dans un seul boîtier. Selon les modules et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage, E/S analogique) et recevoir des extensions en nombre limité. Ces automates de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes. [13]



Figure 21 : Automate compact (Allen-Bradley).

2.7.2 Automate programmable modulaire

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires. Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/ sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs). [13]



Figure 22 : Automate modulaire (Schneider Electric Digital Modicon M580).

2.8 L'automate SIMATIC S7-300 CPU 314C-2 PN/DP à remplacer

Le SIMATIC S7-300 CPU 314C-2 PN/DP est un automate modulaire compact de Siemens, conçu pour des applications industrielles nécessitant un contrôle fiable et flexible. Il est adapté aux systèmes de taille moyenne et offre des interfaces de communication PROFINET et PROFIBUS DP pour l'intégration dans des réseaux industriels. [14]



Figure 23 : Automate SIMATIC S7-300 CPU 314C-2 PN/DP.

2.8.1 Caractéristiques

- **Mémoire de travail :** 192 Ko.
- **Entrées numériques :** 24.
- **Sorties numériques :** 16.
- **Entrées analogiques :** 4.
- **Sorties analogiques :** 2.
- **Interfaces de communication :** PROFINET (1 port), PROFIBUS DP (1 port).
- **Alimentation :** 24 V DC.
- **Temps de traitement :** 0,06 μ s. [14]

2.9 Avantages des Automates Programmables Industriels

- **Robustesse :** Résiste aux conditions industrielles les plus extrêmes.
- **Compacité :** Format réduit, facile à intégrer partout.
- **Maintenance réduite :** Entretien simple avec peu d'interventions nécessaires.
- **Rapidité élevée :** Réponse rapide pour un contrôle optimal.
- **Conception solide :** Adaptée aux environnements industriels. [13]

2.10 Choix d'un automate programmable industriel

- La nature et le nombre des entrées/sorties (E/S).
- La capacité mémoire.
- Les capacités de traitements du processeur.
- Les fonctions de communication.
- Les moyens de sauvegarde du programme. [13]

2.11 Environnement de développement TIA PORTAL

Le TIA Portal (**Totally Integrated Automation**) est la plateforme d'ingénierie intégrée de Siemens pour l'automatisation, offrant un développement logiciel, des tests et une mise en service efficaces. Il propose une solution fluide pour la programmation des automates (PLC), des IHM, des entraînements et des périphériques. [16]

Le TIA Portal prend en charge les méthodes du développement agile, permet aux utilisateurs d'être plus efficaces et propose des modèles d'abonnement flexibles. Il regroupe divers logiciels d'automatisation de Siemens comme STEP 7, WinCC ou SINAMICS Startdrive permettant une ingénierie « bout en bout » et augmentant la productivité dans diverses industries. [15]

2.11.1 Avantages du TIA Portal

- **Programmation intuitive et rapide** : avec des éditeurs de programmation nouvellement développés SCL, CONT, LOG, LIST et GRAPH.
- **Efficacité accrue grâce aux innovations linguistiques de STEP7** : programmation symbolique uniforme, Calculate Box, ajoute de blocs durant le fonctionnement, et bien plus encore.
- **Performance augmentée grâce à des fonctions intégrées** : simulation avec PLCSIM, télémaintenance avec TeleService et diagnostic système cohérent.
- **Technologie flexible** : une fonctionnalité de motion control évolutive et efficace pour les automates S7-1200 et S7-1500.
- **Sécurité accrue avec Security Integrated** : protection du savoir-faire, protection contre la copie, protection d'accès et protection contre la falsification.

Environnement de configuration commun avec pupitre IHM et entraînement dans l'environnement d'ingénierie TIA Portal. [16]

2.11.2 Les deux vues du TIA Portal

2.11.2.1 Vue du portail

Au démarrage, la vue du portail s'affiche par défaut. Elle est particulièrement utile pour les débutants.

La vue du portail fournit une vue d'ensemble du projet et un accès aux outils qui permettent de l'élaborer. Nous pouvons trouver rapidement ce que nous souhaitons faire, et appeler l'outil qui servira à accomplir la tâche voulue. Si nous le souhaitons, un changement vers la vue du projet s'effectue automatiquement pour la tâche sélectionnée.

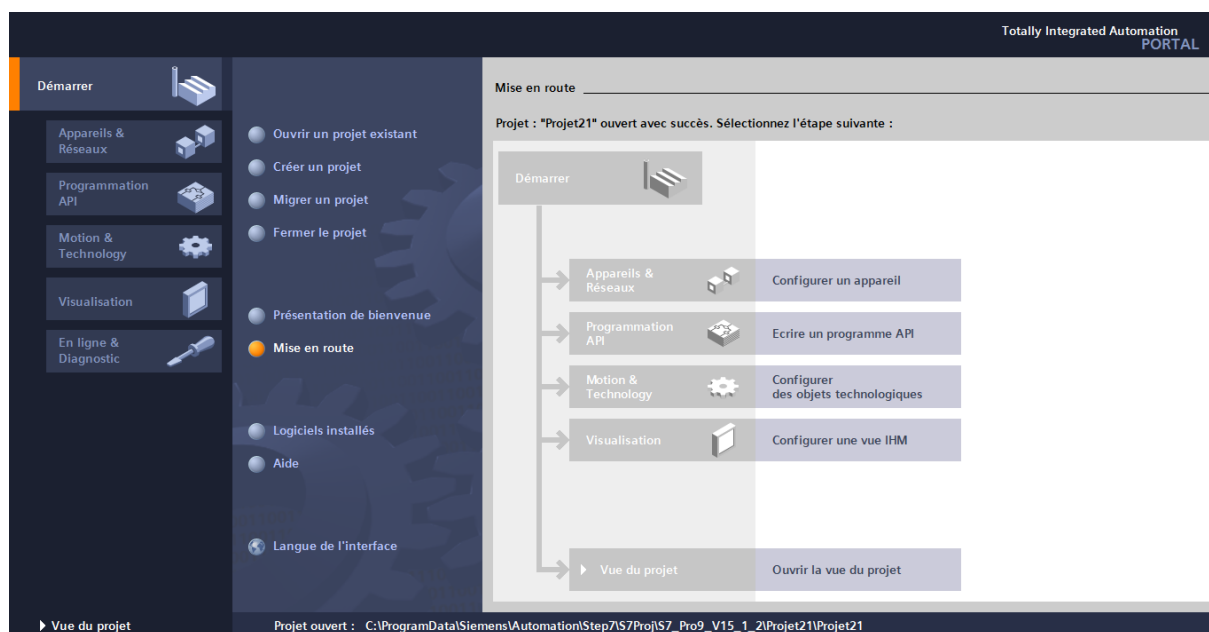


Figure 24 : Vue du portail.

2.11.2.2 Vue du projet

La vue du projet sert à la configuration matérielle, la programmation, la création de la visualisation et à d'autres tâches avancées.

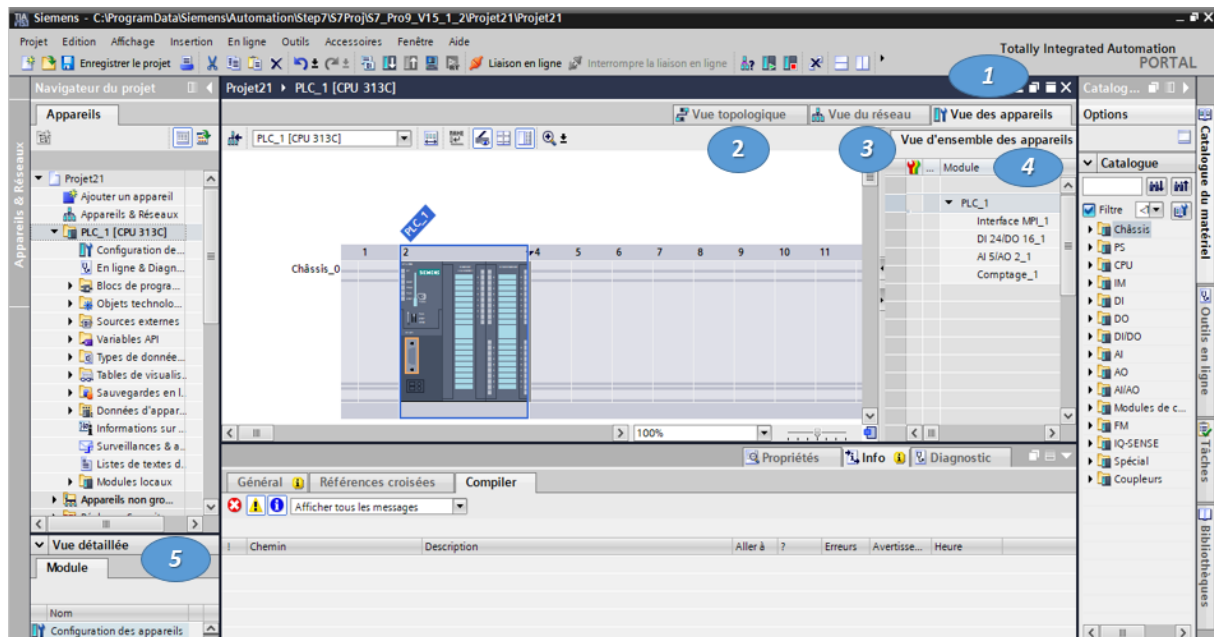


Figure 25 : Vue du projet.

- **Vue des appareils** : Permet de configurer et de visualiser les automates et modules d'entrées/sorties.
- **Vue topologique** : Affiche la connexion physique entre les appareils via les réseaux industriels (Profinet, Profibus, etc..).
- **Vue du réseau** : Montre la communication entre les automates, les IHM et autres équipements connectés.
- **Vue d'ensemble des appareils** : Donne un aperçu des modules et interfaces utilisés dans le projet.
- **Vue détaillée** : Sert à afficher les propriétés précises et les paramètres détaillés de l'élément actuellement sélectionné dans le projet.

2.14 Guide de création d'un nouveau projet sur TIA Portal

2.14.1 Lancement du logiciel TIA Portal

On fait un double-clic pour lancer TIA Portal V15.1. Dans la vue du portail, on sélectionne l'onglet « Démarrer » puis Choisir « Créer un projet ».

Après avoir choisi « Créer un projet », on modifie les informations du projet (nom du projet, chemin, auteur et commentaire).

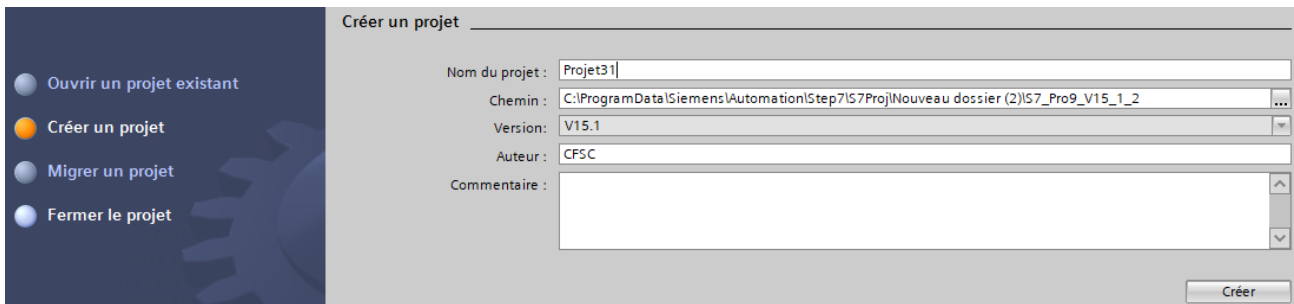


Figure 26 : Interface de création d'un projet.

Une fois les informations sont renseignées, on clique sur « Créer ».

2.14.2 Ajout et Configuration du CPU dans TIA Portal

Une fois appuyé sur « créer », une fenêtre s'ouvre pour permettre de « configurer un appareil »

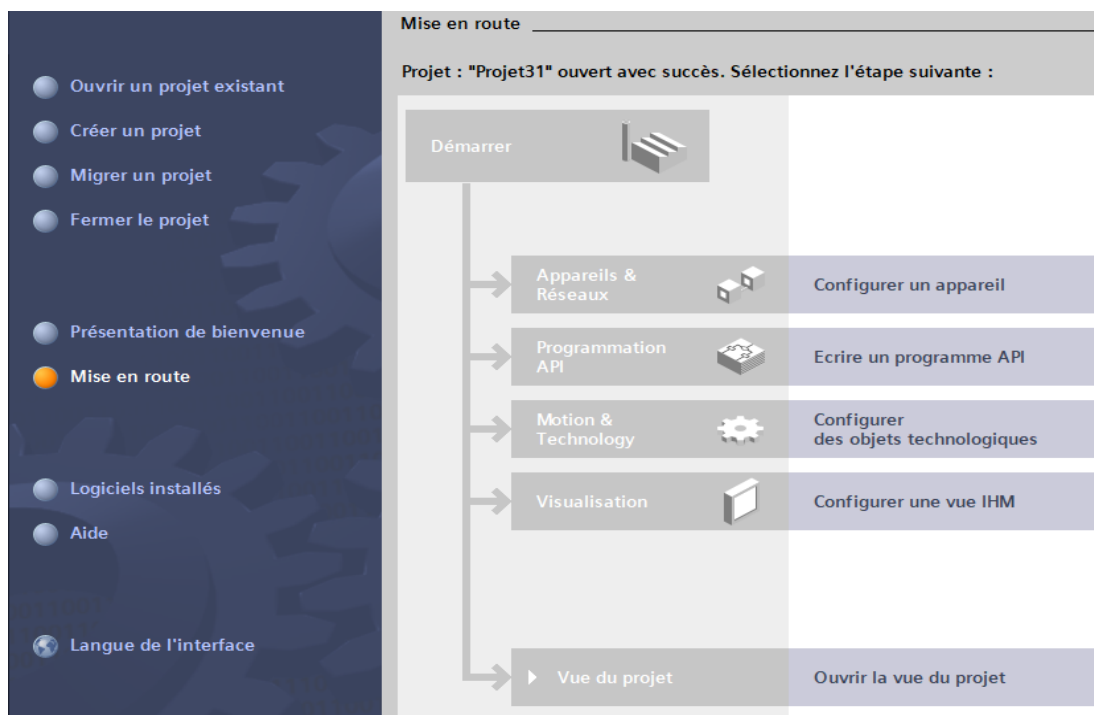


Figure 27 : Interface "Mise en route" après ouverture du projet.

Après appuyé sur « configurer un appareil », une fenêtre s'ouvre pour « ajouter un appareil »

On clique sur « ajouter un appareil », une fenêtre s'ouvre pour choisir l'appareil voulu, que ce soit un contrôleur, une IHM ou système PC. On choisit un contrôleur SIMATIC S7-300 (CPU 314C-2 PN/DP) :

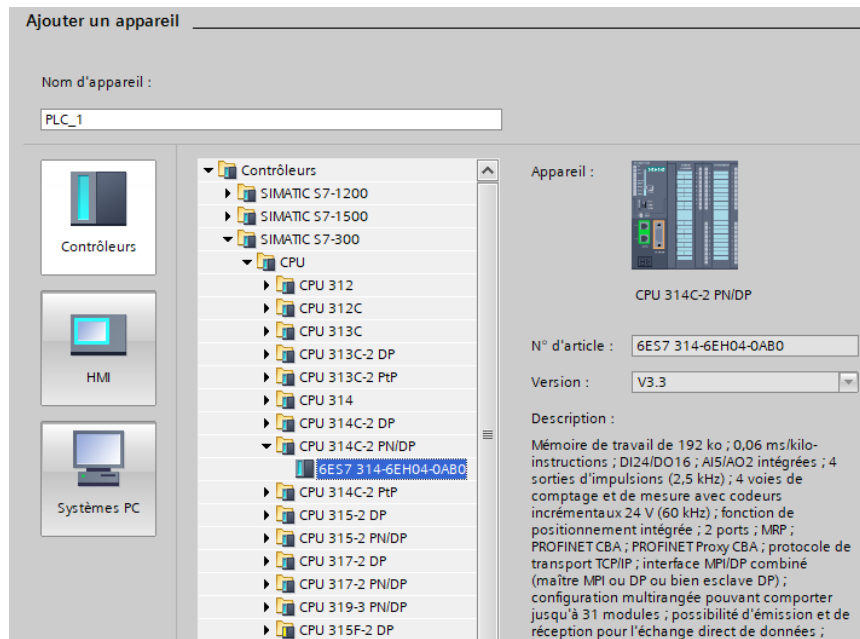


Figure 28 : Choix du contrôleur (CPU 314C-2 PN/DP).

Une fois le N° d'article sélectionné avec lequel on veut travailler, on clique sur « **Ajouter** ». La vue du projet s'ouvre alors automatiquement, permettant de passer à l'étape de programmation.

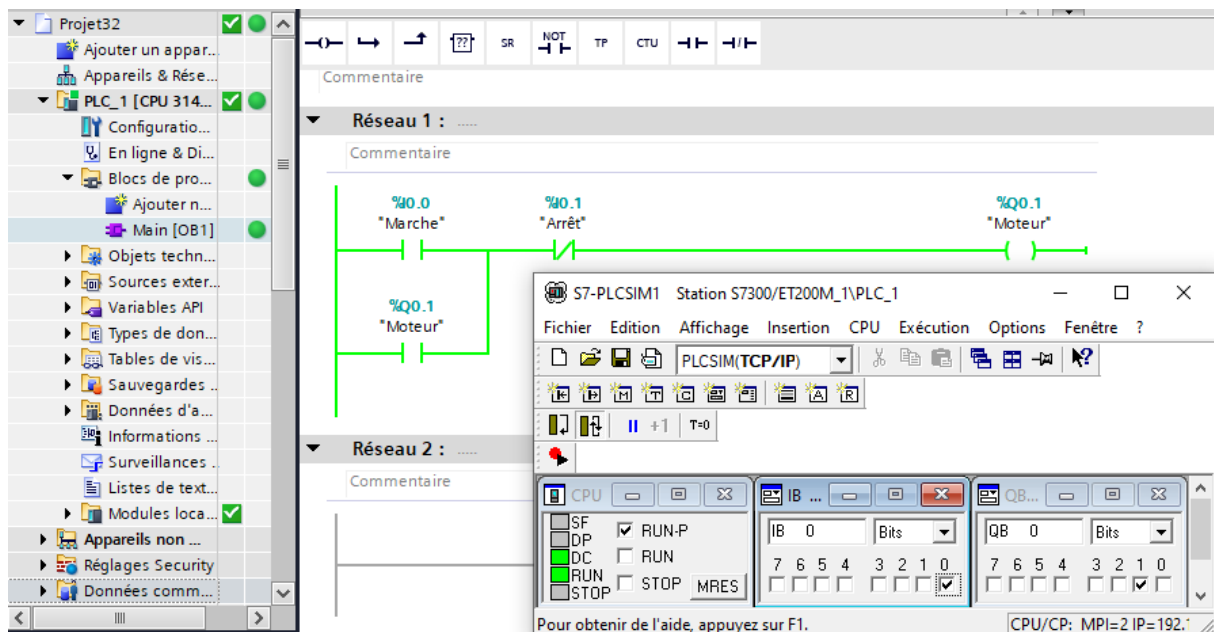


Figure 29 : Étape de programmation sur TIA Portal.

2.15 Interface Homme Machine

IHM (Interface Homme-Machine) désigne un tableau de bord permettant à un utilisateur de communiquer avec une machine, un programme informatique ou un système. Techniquement, le terme IHM peut désigner tout écran utilisé pour interagir avec un appareil, mais il est généralement utilisé pour décrire les écrans utilisés en milieu industriel. Les IHM affichent des données en temps réel et permettent à l'utilisateur de contrôler des machines via une interface utilisateur graphique. [17]

Avantages aux organisations industrielles d'aujourd'hui, notamment :

- **Visibilité améliorée** : Une IHM performante offre une visibilité optimale sur les opérations à tout moment. Elle permet de suivre les performances des équipements ou d'installations depuis un tableau de bord unique.
- **Efficacité accrue** : Grâce à un accès permanent aux données en temps réel, une IHM permet de surveiller la production et de s'adapter à l'évolution de la demande en temps réel
- **Réduction des temps d'arrêt** : Grâce aux alertes affichées sur un tableau de bord centralisé, il est possible de réagir plus rapidement aux problèmes et réduire ainsi les temps d'arrêt.
- **Système unifié** : Tous les équipements peuvent être contrôlés depuis une seule plateforme, ce qui facilite l'apprentissage des opérateurs. [17]

2.16 Configuration et Mise en œuvre de l'IHM de Supervision

2.16.1 Ajout de l'IHM dans TIA Portal : Étapes clés

L'IHM fait partie intégrante de l'environnement TIA Portal. Pour l'ajouter à mon projet, il est nécessaire de suivre les étapes décrites ci-dessous :

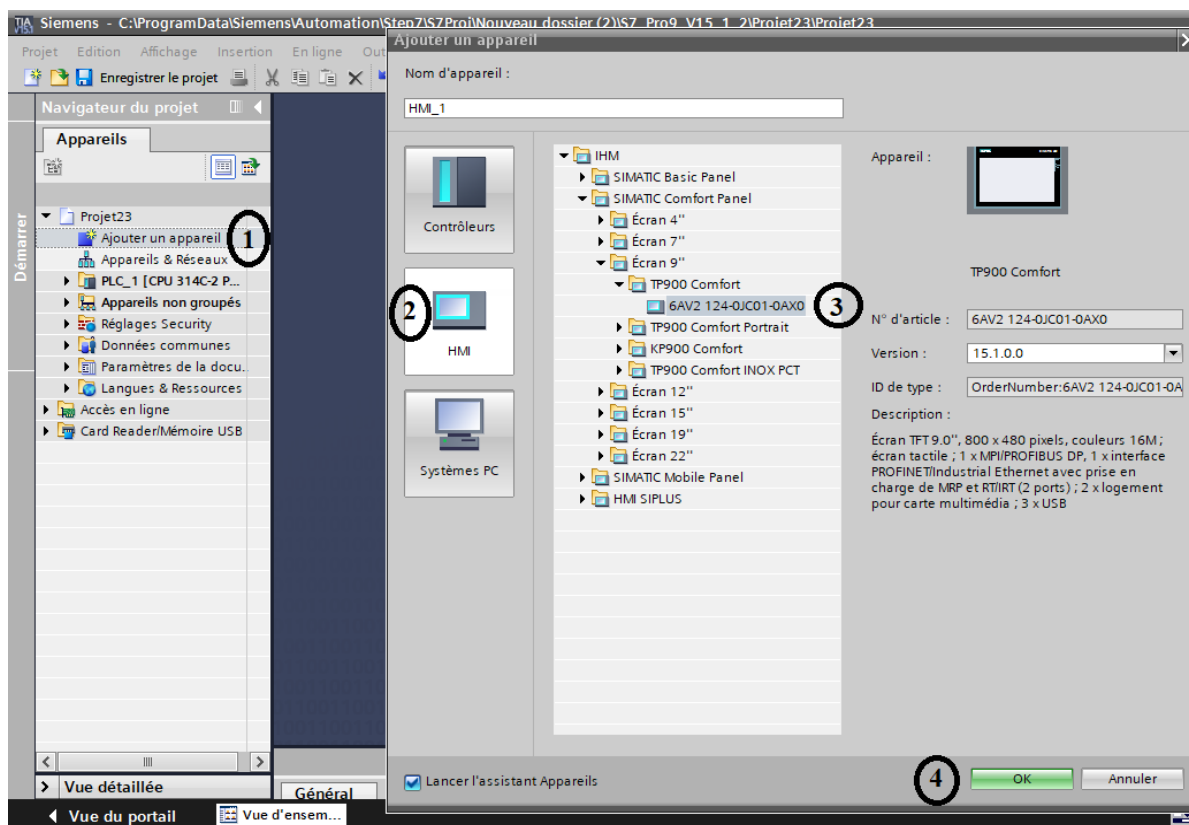


Figure 30 : Ajout d'une IHM.

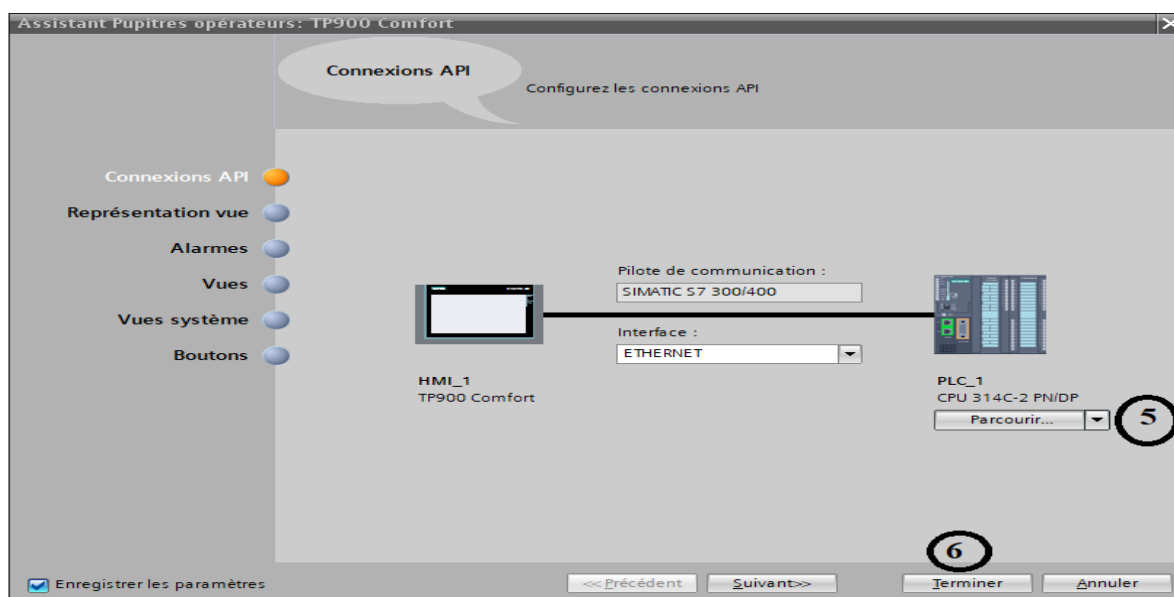


Figure 31 : Connexion entre l'IHM et l'automate (PLC).

2.16.2 Etablissement de la liaison PLC – IHM

Dans cette étape, l'établissement de la liaison entre l'automate (PLC) et l'Interface Homme-Machine (IHM) a été réalisé afin d'assurer l'échange des données et de permettre l'interaction entre l'opérateur et le système automatisé.

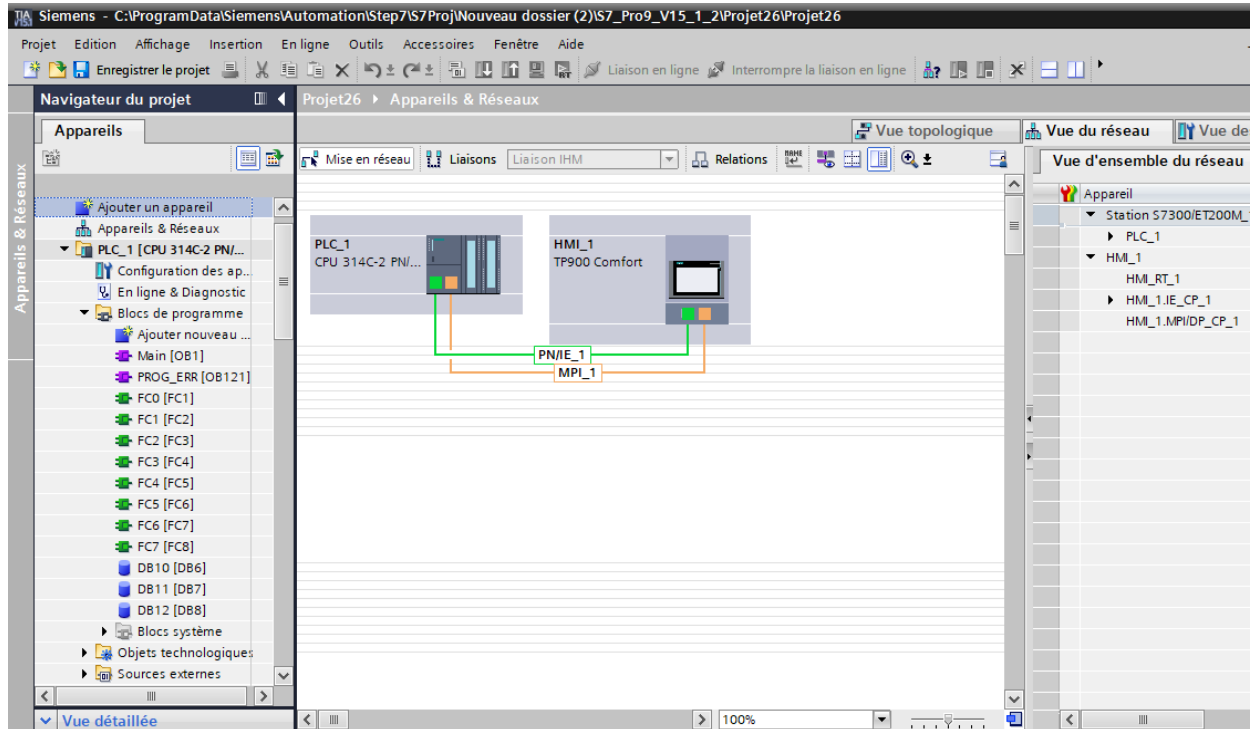


Figure 32 : Liaison entre PLC et IHM.

2.17 Conclusion

Pour conclure, ce chapitre a permis de mieux comprendre les outils essentiels de l'automatisation, notamment les API, le TIA Portal et les IHM. Cette base nous a été précieuse pour aborder sereinement la suite du projet.

Chapitre 3

Programmation et simulation

3.1 Introduction

Ce chapitre expose l'expérience de migration d'un ancien automate S5 vers un système plus moderne basé sur le S7. Les raisons ayant rendu cette migration nécessaire sont expliquées, ainsi que les bénéfices qui en ont découlé. Le nouveau cahier des charges du système de remplissage est présenté, de même que la solution mise en place dans TIA Portal, ainsi que les étapes de programmation et de simulation.

3.2 Pourquoi migrer d'un automate Siemens S5 vers S7 ?

Avec les avancées technologiques et les nouvelles demandes du marché, de nombreuses entreprises commencent à remarquer que leurs systèmes de contrôle existants sont obsolètes et ne répondent plus aux exigences de production. L'une des principales raisons de la migration est également le fait que les systèmes de contrôle, par ex. Siemens S5, sont obsolètes et il est difficile de trouver des pièces de rechange, ce qui peut entraîner des interruptions de production et des coûts associés à la maintenance du système obsolète. Les systèmes de contrôle modernes basés par ex. Les contrôleurs PLC Siemens S7-300 sont plus avancés et plus faciles à entretenir, et permettent également une introduction plus facile des modifications et des mises à jour. [18]

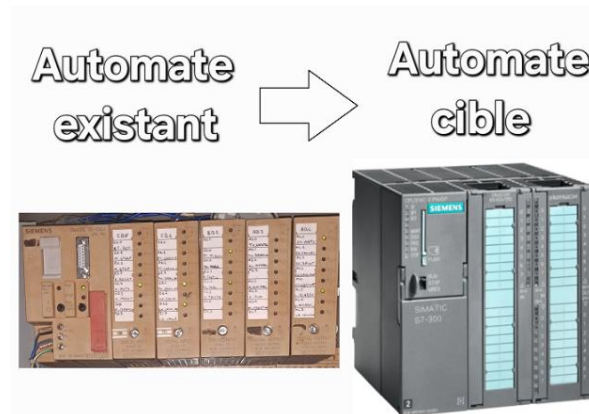


Figure 33 : Migration d'automate Siemens de S5 vers S7.

3.3 Bénéfices et impacts de la migration du Siemens S5 vers S7

- **Fiabilité accrue** : Avoir un système de contrôle plus récent et plus stable.
- **Réduction des temps d'arrêt** : moins de pannes signifie moins d'interruptions de production.
- **Amélioration du diagnostic** : Augmenter les capacités de diagnostic du système de contrôle.
- **Support technique garanti** : Accès facilité à une équipe de spécialistes connaissant un système de contrôle donné. [18]

3.4 Table des variables après la migration S5 vers S7

Après la migration de l'automate S5 vers l'automate S7, les variables utilisées dans le programme sont restées fonctionnellement les mêmes, notamment au niveau des adresses d'entrée, sorties et mémentos.

	Nom	Table des variables	Type de données	Adresse	Réma...	Acces...	Visibl...	Commentaire
1	BIT_0	Table de variables s...	Bool	%M65.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BIT_0
2	BIT_1	Table de variables s...	Bool	%M65.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BIT_1
3	C M	Table de variables s...	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Contact de marche
4	C M A	Table de variables s...	Bool	%M64.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Contact de marche activé
5	AUTO	Table de variables s...	Bool	%I0.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode automatique
6	PAS	Table de variables s...	Bool	%I0.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode pas à pas
7	C P	Table de variables s...	Bool	%M64.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Conditions de positionnement
8	M M A	Table de variables s...	Bool	%M64.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode manuel activé
9	CNT_4	Table de variables s...	Counter	%C4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Compteur_4
10	B H	Table de variables s...	Bool	%M70.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Base pour l'horloge
11	DEM	Table de variables s...	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Démarrage
12	A M A	Table de variables s...	Bool	%M64.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode automatique activé
13	M E P A	Table de variables s...	Bool	%M71.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mise en place automatique
14	AR	Table de variables s...	Bool	%I0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Arrêt
15	D A C	Table de variables s...	Bool	%M64.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Arrêt du cycle
16	RESET	Table de variables s...	Bool	%I0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RESET
17	R C	Table de variables s...	Bool	%M64.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Réinitialisation cycle
18	B A	Table de variables s...	Bool	%I1.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur détectant que le bras est en position arrière
19	P A	Table de variables s...	Bool	%I1.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur détectant que le pousseur est en position arrière
20	P O	Table de variables s...	Bool	%M66.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Portes ouvertes
21	E V	Table de variables s...	Bool	%Q4.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Electrovanne de vide
22	C V	Table de variables s...	Bool	%Q4.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Crochets verticaux
23	C L	Table de variables s...	Bool	%Q4.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Crochets latéraux
24	C R	Table de variables s...	Bool	%M64.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Cycle de repositionnement

Figure 34 : Table des variables de la formeuse de cartons - partie 1.

3.5 Simulation après migration vers S7

Le programme migré est structuré de 8 fonctions, chacune contenant plusieurs réseaux. Ces réseaux permettent de gérer les différentes étapes du processus. Quelques réseaux du programme après la migration vers l'automate S7 illustrent le fonctionnement de la logique de commande, ainsi que la continuité du comportement initial du système dans le nouvel environnement. Voici quelques réseaux après la migration :

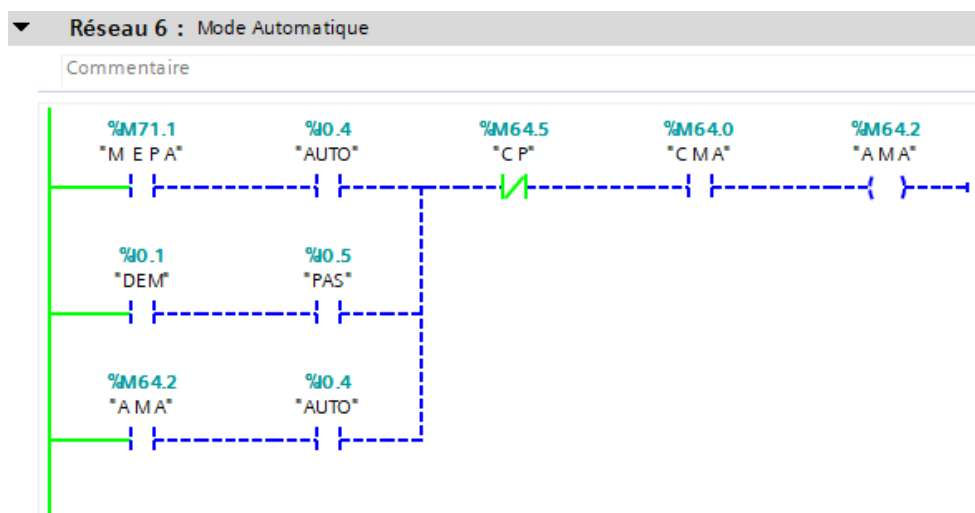


Figure 35 : Simulation - réseau Ladder après la migration.

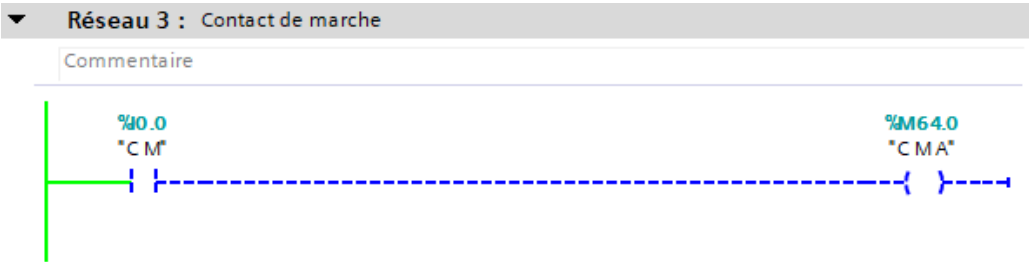


Figure 36 : Simulation - réseau Ladder après la migration.

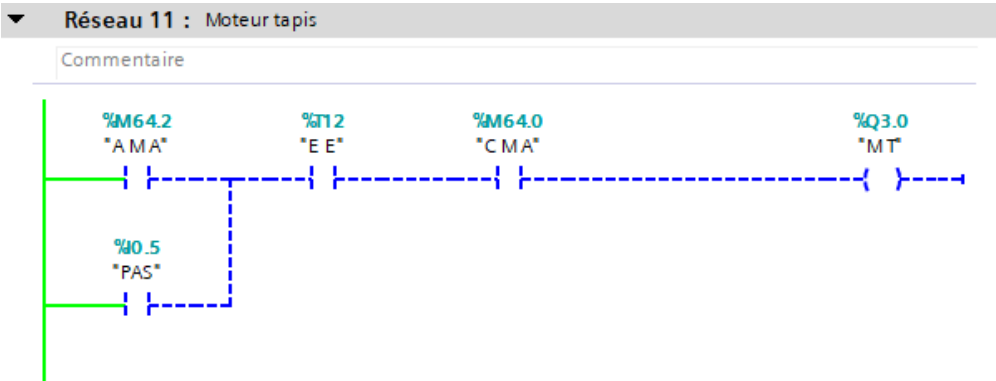


Figure 37 : Simulation - réseau Ladder après la migration.

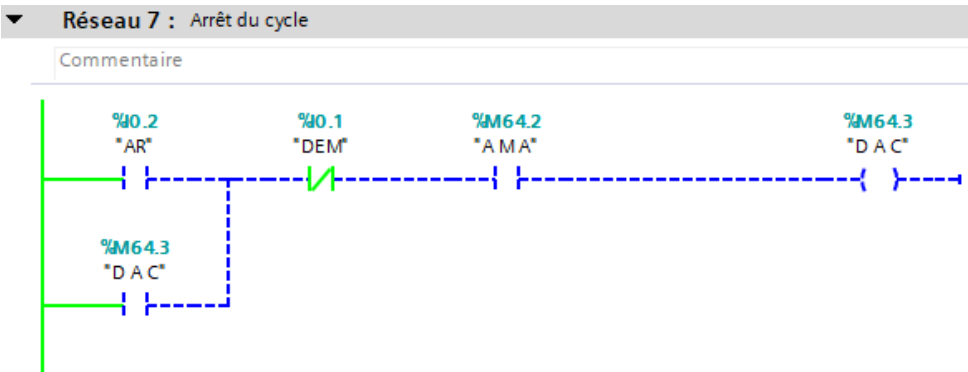


Figure 38 : Simulation - réseau Ladder après la migration.

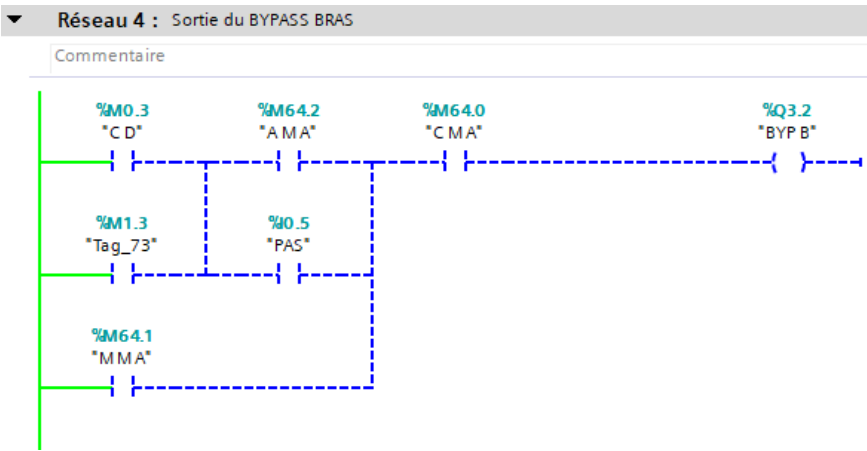


Figure 39 : Simulation - réseau Ladder après la migration.

3.7 Cahier des charges du nouveau système automatisé

- **Formage des cartons :** Les cartons sont d'abord formés par la machine formeuse de cartons.
- **Préparation des cartons :** Une fois formé, chaque carton entre dans la machine "Insert-Sachet" qui insère automatiquement un sachet plastique à l'intérieur du carton.
- **Orientation du carton :** Après la mise en place du sachet, le carton sera déposé alternativement par un bras robotisé sur le convoyeur de droite ou celui de gauche.
- **Transport vers la zone de remplissage :** Le carton est ensuite transporté par le convoyeur 1 jusqu'à une zone de détection, située directement sous la vanne de remplissage.
- **Détection et début de remplissage :** Un capteur de présence détecte le carton positionné sous la vanne. Suite à cette détection :
 - La vanne de remplissage s'ouvre.
 - Le débitmètre massique commence la mesure de la quantité de margarine remplie.
- **Fin du remplissage et préparation pour le prochain cycle :** Dès que la quantité mesurée atteint 20 kg ou 10 kg, les actions suivantes sont déclenchées :
 - La vanne se ferme.
 - Le convoyeur 2 s'active pour transporter le carton rempli vers l'étape suivante.
 - Le débitmètre est remis à zéro, prêt à mesurer le remplissage du prochain carton.
- **Fermeture du sachet :** Le carton entre dans la machine fermeuse de sachets.
- **Fermeture et scotchage du carton :** Après la fermeture du sachet, le carton entre dans la machine fermeuse de rabats et scotcheuse.
- **Transport vers le palettiseur :** Une fois fermé et scotché, le carton est transporté par un convoyeur motorisé final.

Le système transfère automatiquement le carton vers la zone de palettisation.

3.8 Grafcet

3.8.1 Grafcet point de vue système

Il représente le comportement global du système automatisé.

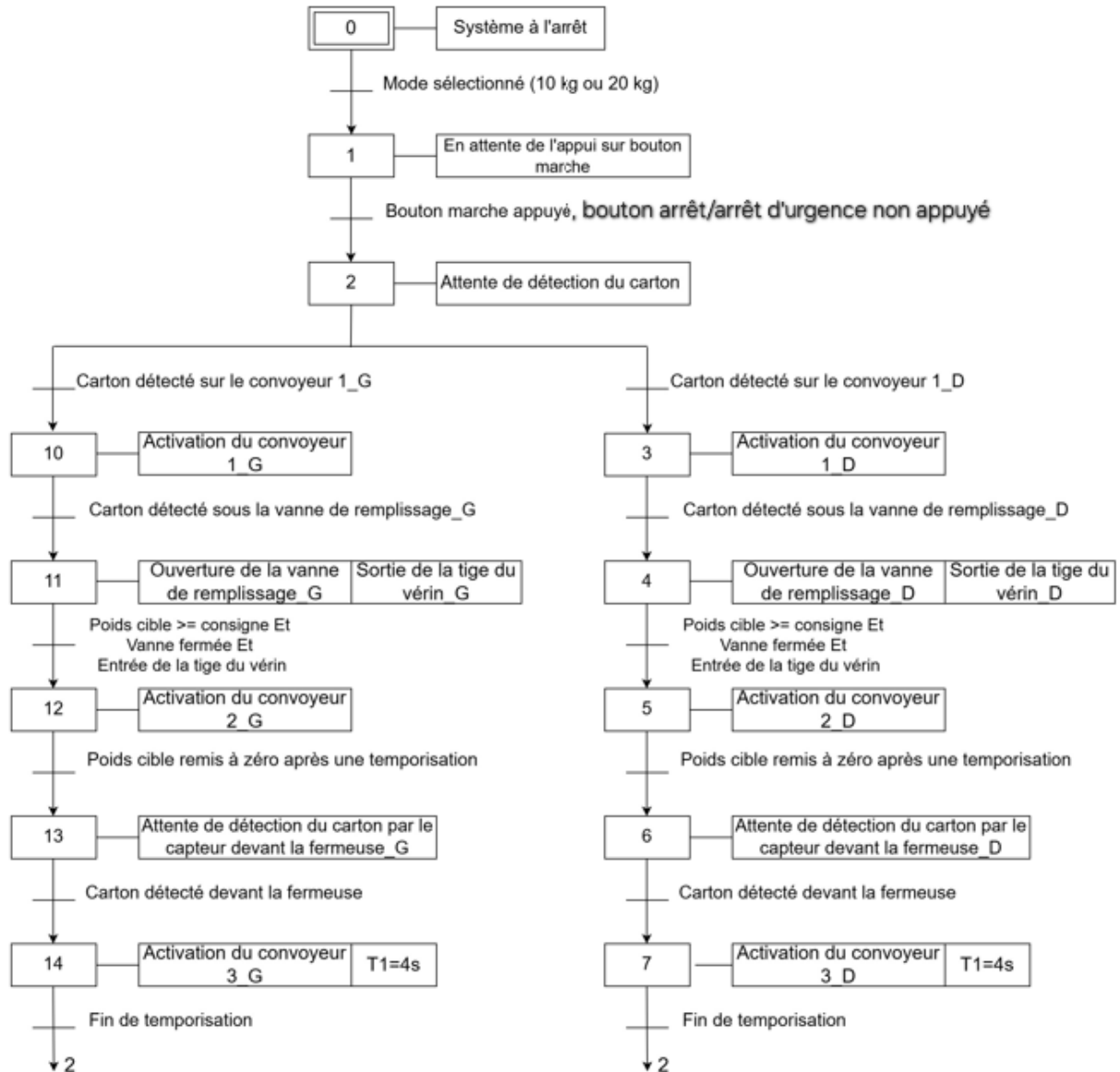


Figure 40 : Grafcet point de vue système.

3.8.2 Grafset point de vue partie commande

Il représente le comportement des actionneurs et capteurs, donc la réalité physique du système.

On prend comme exemple le mode_20 kg :

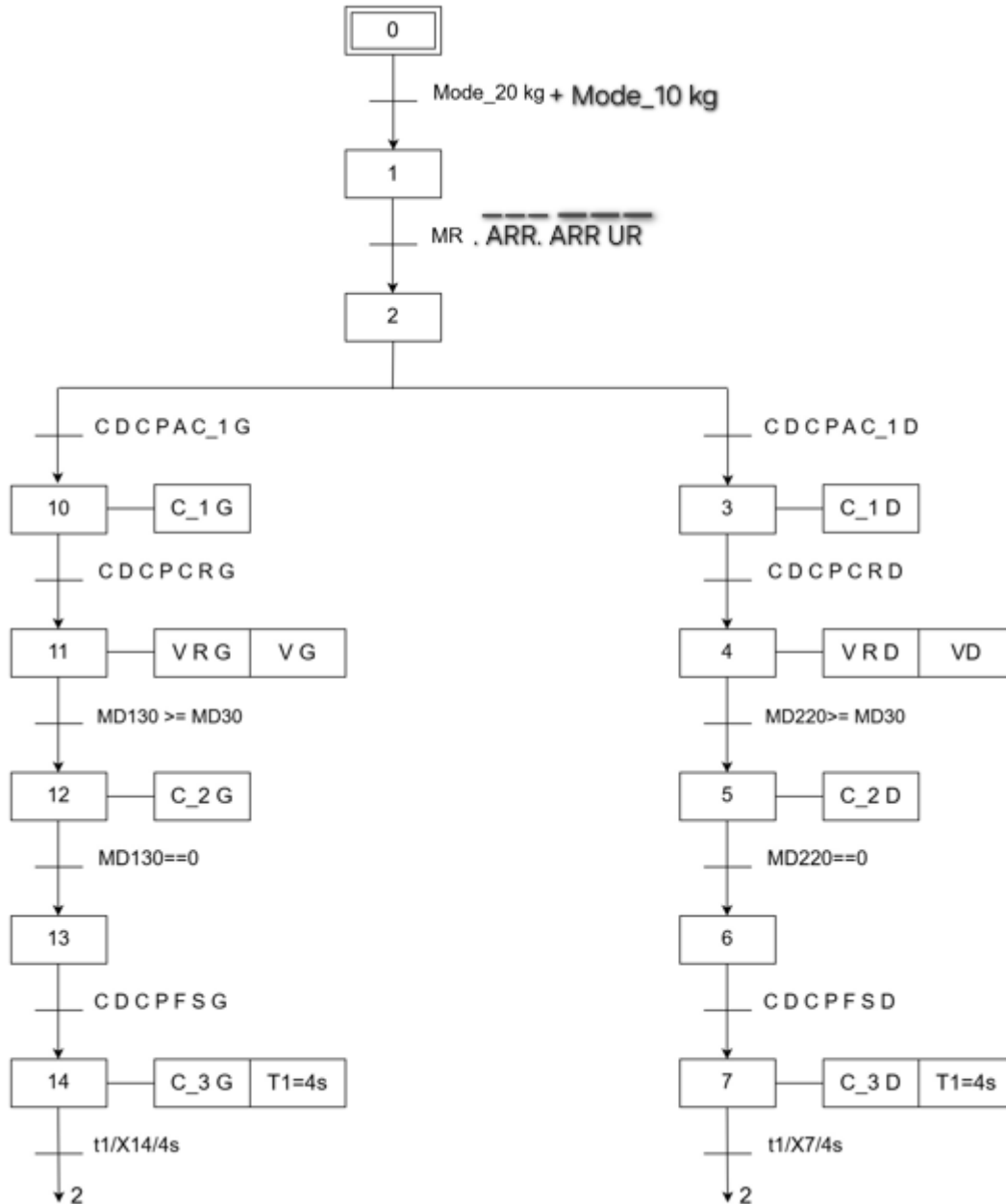


Figure 41 : Grafset point de vue partie opérative.

3.8 Implémentation de la solution sous TIA Portal

3.8.1 Tables des variables pour le nouveau système automatisé

Afin de structurer le programme d'automatisation et de faciliter la compréhension du fonctionnement du système, une table des variables a été établie. Celle-ci regroupe l'ensemble des entrées, des sorties..., chaque variable est accompagnée de son nom symbolique, de son adresse, de son type, et d'une brève description de son rôle dans le processus.

	Nom	Type de données	Adresse	Acces...	Visibl...	Commentaire
1	ARR	Bool	%I4.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bouton pour arrêter le système de remplissage
2	CDCPCR D	Bool	%I4.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur de détection du carton pour commencer le remplissage(droite)
3	CDCPAC_1 D	Bool	%I4.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur de détection du carton pour activer le convoyeur 1 droite
4	C_1 D	Bool	%Q0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Convoyeur 1 droite
5	C_2 D	Bool	%Q0.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Convoyeur 2 droite
6	VRD	Bool	%Q0.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Vanne de remplissage droite
7	Act Sys	Bool	%M9.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Activation du système
8	CDCPFS D	Bool	%I4.4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur de détection du carton rempli pour fermer son sachet(droite)
9	VD	Bool	%Q0.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Vérin droite
10	CDCPCR G	Bool	%I4.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur de détection du carton pour commencer le remplissage(gauche)
11	CDCPAC_1 G	Bool	%I4.6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur de détection du carton pour activer le convoyeur 1 gauche
12	C_1 G	Bool	%Q0.6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Convoyeur 1 gauche
13	C_2 G	Bool	%Q0.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Convoyeur 2 gauche
14	VRG	Bool	%Q1.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Vanne de remplissage gauche
15	CDCPFS G	Bool	%I4.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Capteur de détection du carton rempli pour fermer son sachet (gauche)
16	VG	Bool	%Q1.2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Vérin gauche
17	C Er_1	Word	%MW0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Code d'erreur (WORD)
18	IHM_10 Kg	Bool	%I5.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bouton pour activer le mode 10Kg
19	IHM_20 Kg	Bool	%I5.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bouton pour activer le mode 20Kg
20	Mode_10 Kg	Bool	%M20.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode 10 Kg
21	Mode_20 Kg	Bool	%M20.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode 20 Kg
22	Consigne (Kg)	Real	%MD30	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Consigne sélectionnée par l'opérateur (10 Kg ou 20 Kg)
23	Débit_Brut_D	Int	%IW64	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mesure du débit massique en Kg/h
24	C P B/U	Bool	%M0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE=conversion bipolaire, FALSE=conversion unipolaire (BOOL)
25	Débit_Kg/h_D	Real	%MD200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Débit mesuré en Kg/h
26	Débit_Kg/s_D	Real	%MD210	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Débit converti en Kg/s
27	Poids_cible_Kg_D	Real	%MD220	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Masse remplie dans le carton en Kg
28	Masse_par_cycle_10ms_D	Real	%MD240	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Masse remplie chaque 10ms
29	Sor_Imp_1	Bool	%M10.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sortie impulsion 1
30	Sor_Imp_2	Bool	%M10.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sortie impulsion 2
31	D C1 D	Int	%MW20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Déplacement du carton 1 du côté droite (IHM)
32	D C2 D	Int	%MW40	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Déplacement du carton 2 du côté droite (IHM)
33	Débit_Brut_G	Int	%IW66	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mesure du débit massique en Kg/h
34	Tag_5	Bool	%M1.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE=conversion bipolaire, FALSE=conversion unipolaire (BOOL)
35	C Er_2	Word	%MW10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Code d'erreur (WORD)
36	Débit_Kg/h_G	Real	%MD100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Débit mesuré en Kg/h
37	Débit_Kg/s_G	Real	%MD110	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Débit converti en Kg/s
38	Masse_par_cycle_10ms_G	Real	%MD120	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Masse additionnée chaque 10ms
39	Poids_cible_Kg_G	Real	%MD130	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Masse remplie dans le carton en Kg
40	Sor_Imp_3	Bool	%M11.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sortie impulsion 3
41	Sor_Imp_4	Bool	%M11.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Sortie impulsion 4
42	D C1 G	Int	%MW80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Déplacement du carton 1 du côté gauche (IHM)
43	D C2 G	Int	%MW95	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Déplacement du carton 2 du côté gauche (IHM)
44	D V D	Time	%MD3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Déplacement du vérin droite (IHM)
45	D V G	Time	%MD6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Déplacement du vérin gauche (IHM)
46	MR	Bool	%I4.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bouton pour démarrer le système de remplissage
47	Gen Imp	Timer	%T16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S_PULSE
48	Gen Imp(1)	Timer	%T15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S_PULSE
49	Gen Imp(2)	Timer	%T17	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S_PULSE
50	Gen Imp(3)	Timer	%T18	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S_PULSE
51	ARR UR	Bool	%I5.3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bouton pour l'arrêt d'urgence

Figure 42 : Tables des variables pour le nouveau système automatisé.

3.8.2 Etude et mise en œuvre de réseaux Ladder pour l'automatisation du processus

➤ Système de contrôle sécurisé avec arrêts et Auto-Maintien

Ce réseau assure l'activation du système via un bouton marche, tout en intégrant un arrêt normal et un arrêt d'urgence. Il utilise une mémoire **%M9.4** auto-maintenue, qui se désactive dès qu'un des arrêts est actionné, garantissant ainsi la sécurité du fonctionnement.

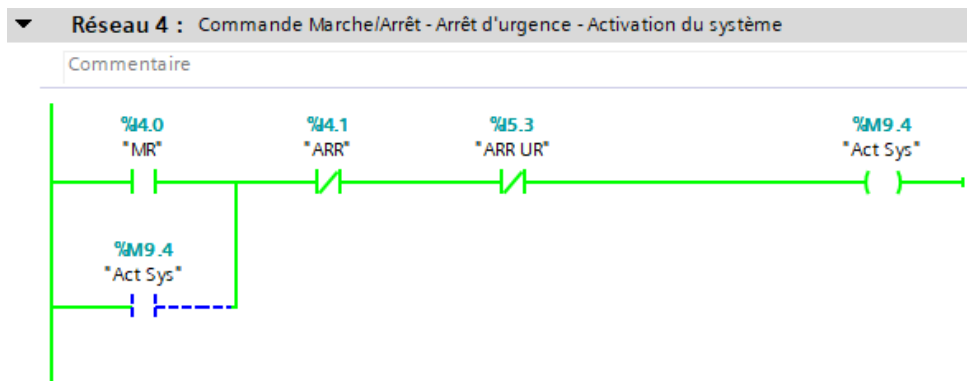


Figure 43 : Système de contrôle sécurisé avec arrêts et Auto-Maintien.

➤ Sélection du mode 20 Kg et chargement de la consigne

Ces réseaux activent le mode de remplissage **20 kg** via un bouton, mettant à 1 la mémoire **%M20.1**. Lorsque ce mode est actif, une consigne de **19.997 kg** est chargée dans **%MD30**, représentant la valeur cible à atteindre pour le remplissage du carton.

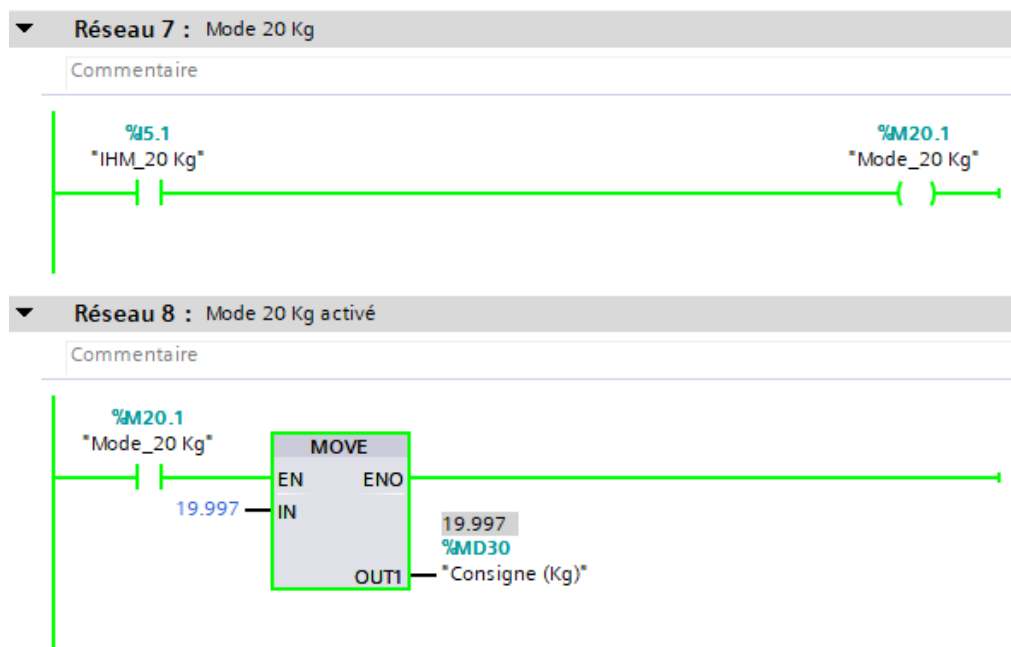


Figure 44 : Sélection du mode 20 Kg et chargement de la consigne.

➤ Contrôle du convoyeur 1 droit

Dès qu'un carton est détecté par le capteur placé au début du convoyeur 1 droit, ce dernier transporte le carton jusqu'au capteur situé à côté de la vanne de remplissage puis s'arrête.

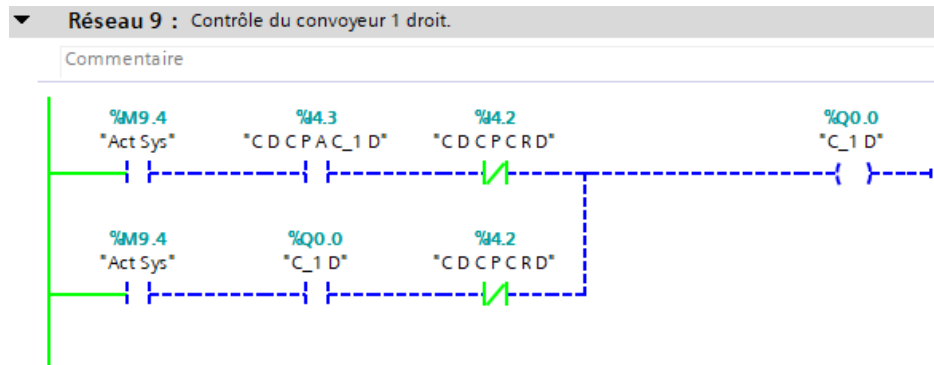


Figure 45 : Contrôle du convoyeur_1 droit.

➤ Traitement du signal du débitmètre

Dans ce réseau, on utilise d'abord un capteur pour détecter la présence d'un carton sous la vanne. C'est ce signal qui déclenche le début du remplissage.

Une fois le carton détecté, la vanne placée après le débitmètre s'ouvre automatiquement, et à ce moment-là, le débitmètre commence à mesurer le débit massique de margarine qui passe.

Le suivi du débit se fait grâce à un bloc SCALE, configuré avec une entrée analogique sur IW64. Ce module est réglé pour mesurer un débit allant de 0 à 12400 kg/h, ce qui correspond à la plage de fonctionnement du débitmètre utilisé.

Le fonctionnement est unipolaire (le bit BIPOLAR, à l'adresse M0.0, est à 0), ce qui signifie que seules les valeurs positives sont prises en compte.

Le résultat du calcul, c'est-à-dire le débit converti en kg/h, est disponible sur l'adresse MD200 et sera ensuite utilisé pour suivre le poids rempli dans chaque carton.

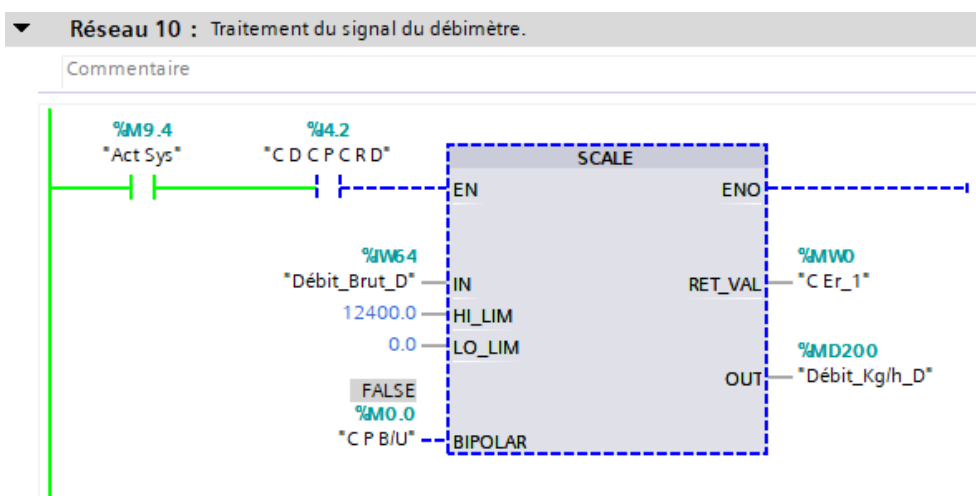


Figure 46 : Traitement du signal du débitmètre.

➤ Conversion du débit massique en masse par cycle

Une fois le signal du débitmètre traité, une valeur en kg/h est obtenue à l'adresse MD200. Cette valeur est d'abord convertie en kg/s en la divisant simplement par 3600.0, le résultat est stocké dans MD210.

Ensuite, comme le système fonctionne avec un temps de cycle de 0,01 seconde, cette valeur est ensuite multipliée par 0.01 pour obtenir la masse réellement injectée pendant un cycle. Ce dernier résultat, qui représente donc la quantité de matière remplie à chaque cycle, est enregistré à l'adresse MD240.

Par exemple, pour une valeur de IW64 = 10000, la conversion via de l'échelle correspondante donne un débit de 4484,954 kg/h, un débit de 1.24582 kg/s et 0.0124582 kg comme masse par cycle.

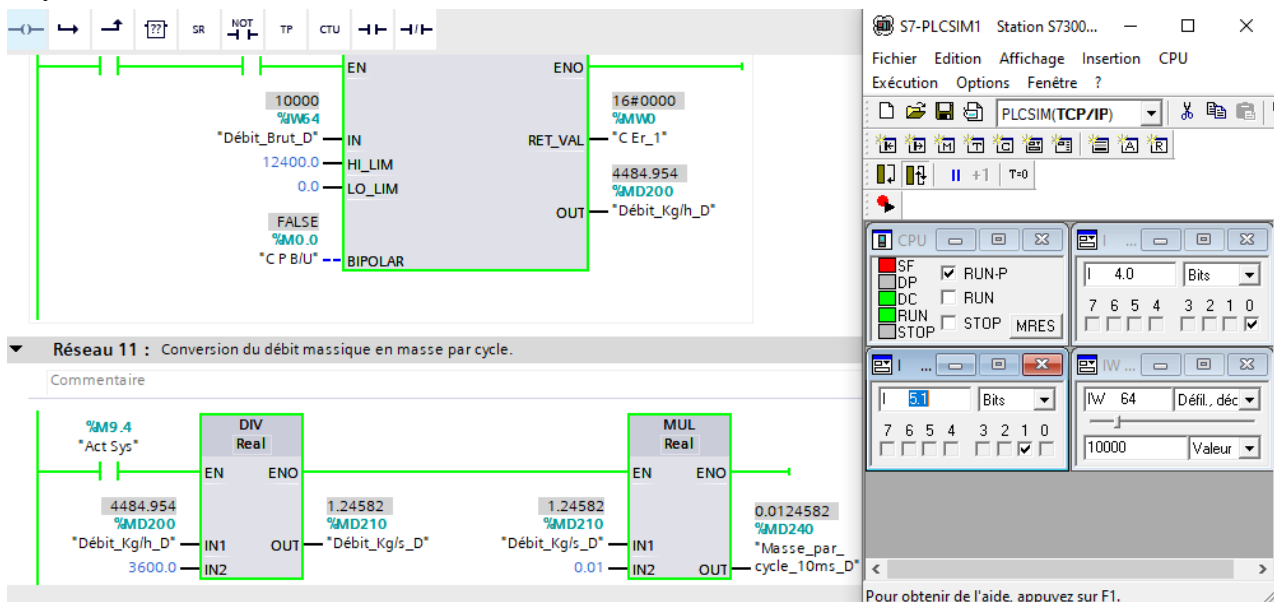


Figure 47 : Conversion du débit massique en masse par cycle.



Figure 48. 1 : Temps de cycle paramétré.

➤ Totalisation de la masse

Une fois qu'un carton est détecté, la vanne s'ouvre et le débitmètre commence la mesure. Dans ce cas, le débitmètre mesure un débit de 4484,954 kg/h, ce qui correspond à un ajout de 0.0124582 kg à chaque cycle de 10ms jusqu'à atteindre le poids cible.

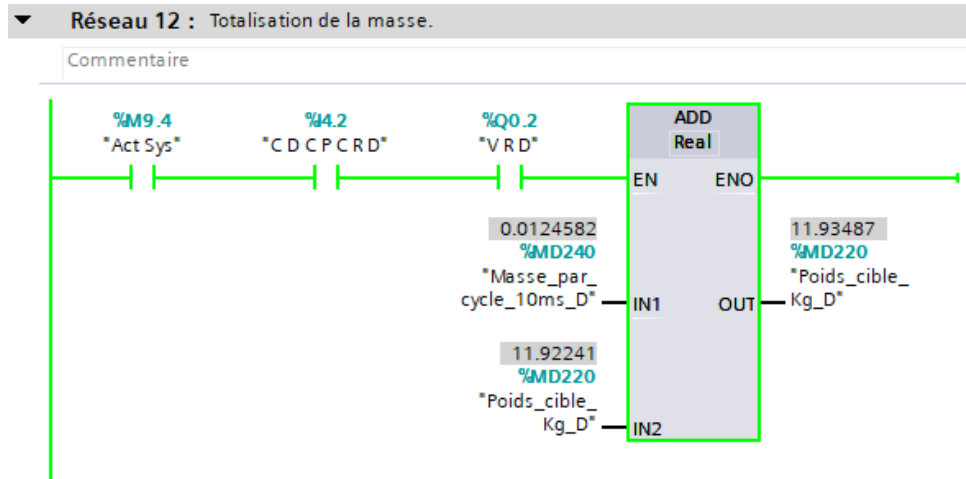


Figure 48. 2 : Totalisation de la masse.

➤ Contrôle de la vanne de remplissage droite et le convoyeur 2 droit

La vanne s'ouvre dès que le carton est détecté par le capteur. Une fois le poids cible atteint, la vanne se ferme et le convoyeur 2 droit s'active.

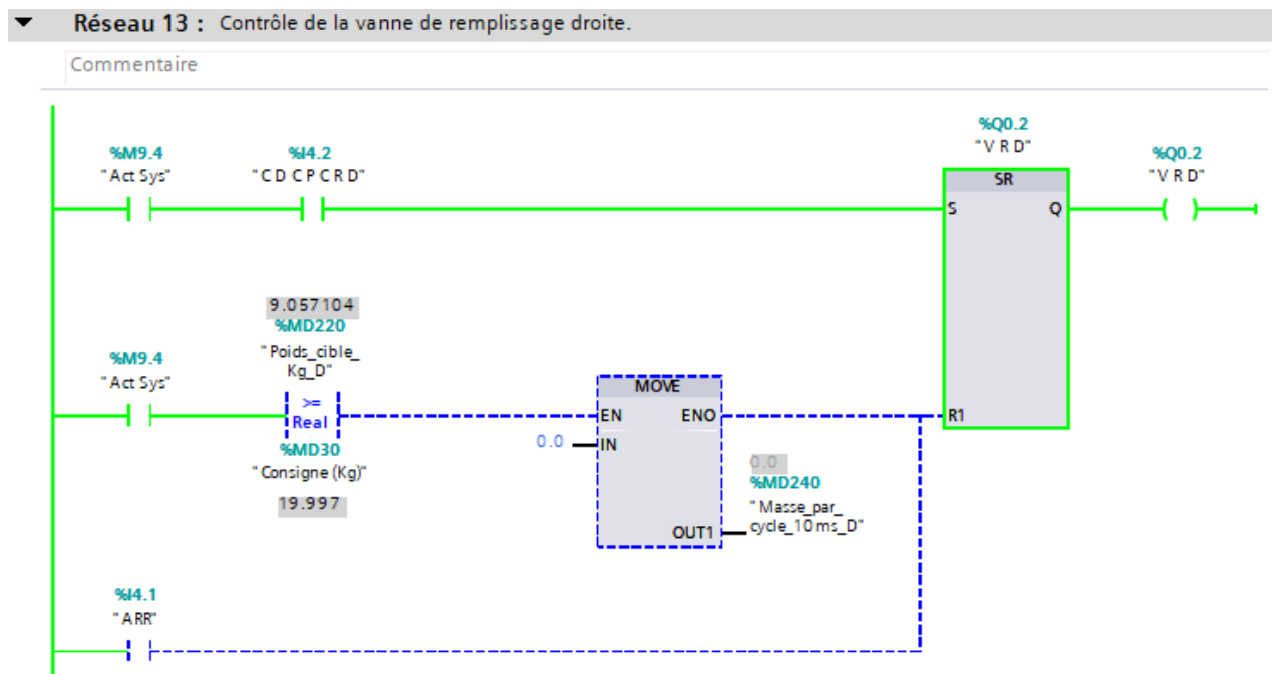


Figure 48. 3 : Contrôle de la vanne de remplissage droite.

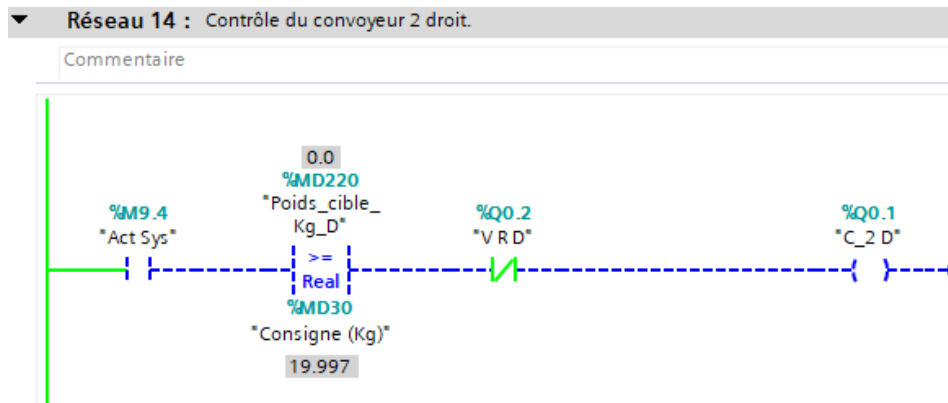


Figure 48. 4 : Contrôle du convoyeur_2 droit.

➤ Contrôle du convoyeur 3 droit

Une fois que le carton rempli arrive sur le convoyeur 3, il est détecté par le capteur %I4.4 afin d'être transporté vers le système de fermeture des sachets des cartons.

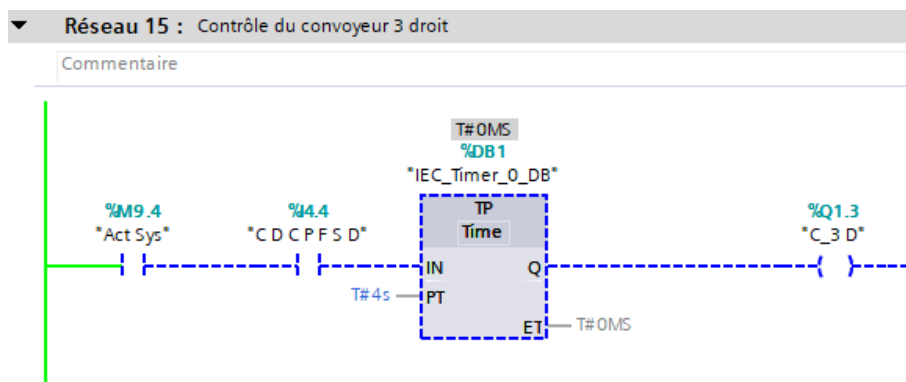


Figure 48. 5 : Contrôle du convoyeur_3 droit.

Et après une temporisation de quelques secondes, le poids cible sera remis à zéro et le convoyeur 2 s'arrête en attendant le prochain carton.

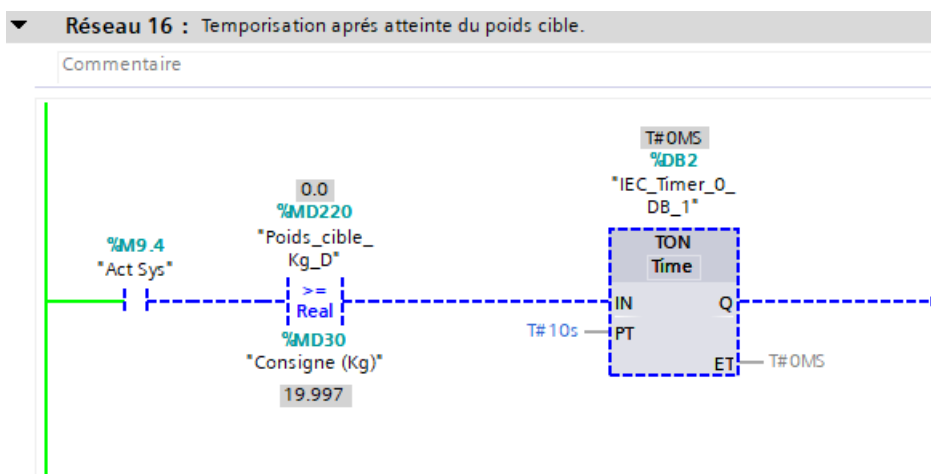


Figure 48. 6 : Temporisation après atteinte du poids cible.

Une fois le temps est écoulé, le poids cible est remis à zéro en attendant le prochain carton.

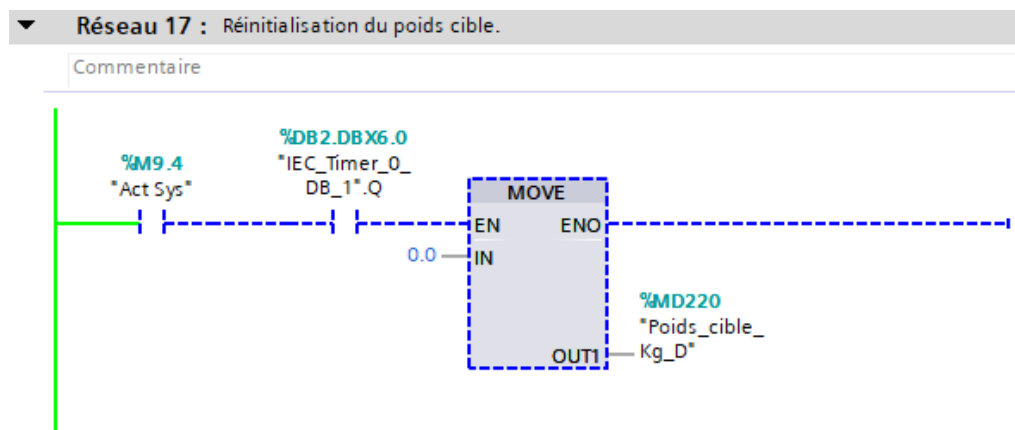


Figure 48. 7 : Réinitialisation du poids cible (masse totale).

➤ Contrôle du vérin droit

Dès que le carton est détecté par le capteur, la tige du vérin sort afin de le positionner correctement, le stabiliser et l'immobiliser pour éviter tout déplacement pendant le remplissage.

Une fois le poids cible atteint, la tige du vérin se rétracte.

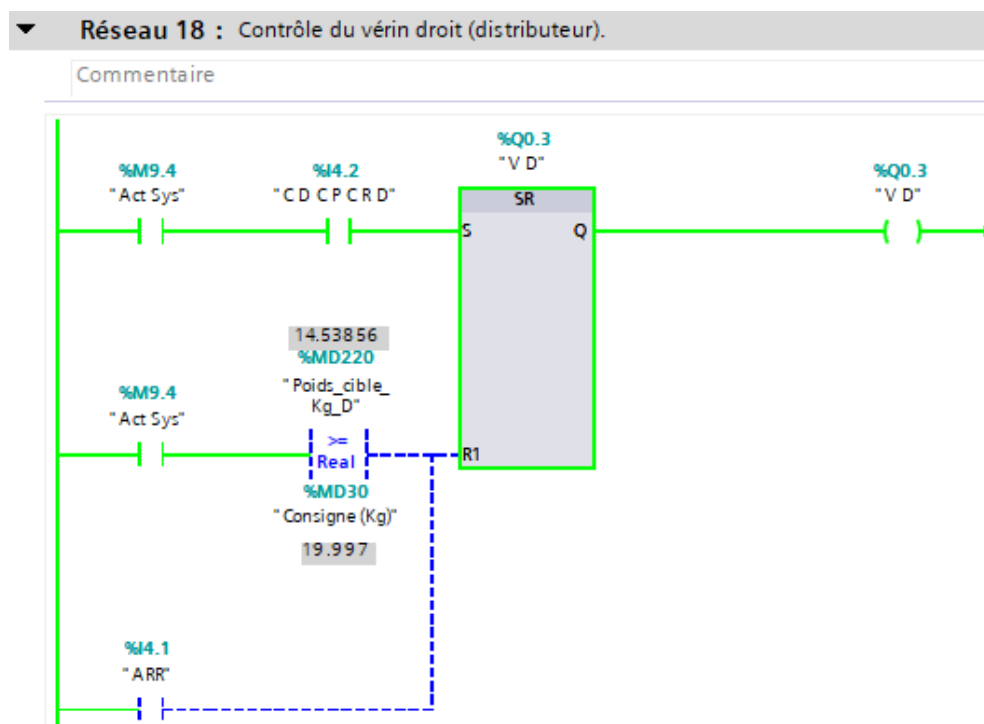


Figure 48. 8 : Contrôle du vérin droit.

3.9 Analyse de résultats de mesure du débitmètre massique

Pour illustrer, le débitmètre massique est configuré pour une plage de 0 à 12400 kg/h. Si l'on considère une valeur de IW64 = 10000, après conversion via l'échelle correspondante, cela correspond à un débit instantané de 4484,954 kg/h, soit environ 1,24582 kg par seconde. En se basant sur un cycle d'échantillonnage de 0,01 seconde, on obtient une masse injectée par cycle de 0,0124582 kg.

Dans ces conditions, il faudrait environ 16,05 secondes pour remplir un carton de 20,00 kg.

Tableau 1 : résultats de mesure du débitmètre massique.

IW (0 à 27648)	Débit (kg/h)	Débit (kg/sec)	Masse par cycle (kg)	Temps de remplissage (sec)	Poids cible (kg)
2000	896.990	0.249	0.002	80.32	19.997
6000	2690.972	0.747	0.007	26.77	20.002
10000	4484.954	1.245	0.012	16.05	20.007
14000	6278.935	1.744	0.017	11.47	20.005
22000	9866.898	2.740	0.027	7.30	20.007
27648	12400.000	3.444	0.034	5.81	20.012

3.9.1 Analyse des Résultats de Remplissage (poids cible)

L'analyse des résultats de simulation montre que les poids obtenus pour les différents débits restent tous compris entre **19,997 kg** et **20,012 kg**. L'écart par rapport à la consigne de **20 kg** ne dépasse donc pas **±0,012 kg**, ce qui témoigne d'un réglage particulièrement précis du système de remplissage.

Même si la réglementation algérienne ne fixe pas clairement une tolérance spécifique pour ce type de produit, les industriels se basent généralement sur les références internationales, comme celles du Codex Alimentarius, qui recommandent une tolérance de ± 1 % pour les produits préemballés de cette catégorie.

Autrement dit, pour un carton de 20 kg, un poids compris entre 19,800 kg et 20,200 kg est considéré comme acceptable, pour un carton de 10 kg, un poids compris entre 9.900 kg à 10.100 kg.

Les résultats obtenus sont donc largement dans cette plage de tolérance, ce qui confirme que le système mis en place, notamment le programme en LADDER, permet un remplissage fiable, précis et régulier, même lorsque le débit augmente. Cela représente un vrai atout en production, où la rapidité ne doit jamais nuire à la qualité.

3.9.2 Interprétation générale

Le tableau montre une relation proportionnelle entre la valeur d'entrée IW et le débit.
À mesure que la valeur IW augmente :

- Le débit (kg/h et kg/s) augmente également.
- La masse transférée à chaque cycle augmente.
- Le temps de remplissage diminue.

Cette évolution traduit un comportement cohérent du système, où l'augmentation du signal numérique (IW) issu du débitmètre permet un remplissage plus rapide, tout en gardant la quantité finale très proche de la consigne de 20 kg ou 10 kg.

3.9.3 Impact de la vanne de remplissage sur la mesure du débit

Dans le système étudié, le débitmètre est installé en amont de la vanne de remplissage. Cela signifie que tant que la vanne reste fermée, aucun fluide ne circule, et donc aucun débit n'est détecté. C'est seulement lorsque la vanne s'ouvre que le liquide commence à passer, et que le débitmètre peut alors mesurer le débit réel instantané, transmis ensuite sous forme d'une valeur numérique (IW) à l'automate.

Si le diamètre de la vanne est plus grand (ou si elle est plus largement ouverte), cela permet un débit plus élevé, donc une augmentation de IW. En conséquence, le temps nécessaire pour remplir le carton diminue.

Conclusion

Ce chapitre a mis en lumière les avancées concrètes réalisées dans le cadre de la modernisation du système de conditionnement. La migration de l'automate S5 vers S7 a permis de fiabiliser et de structurer davantage le processus. D'autre part, le remplacement du système de pesage manuel dont la précision était limitée et qui occasionnait fréquemment des débordements par un débitmètre massique intégré à l'automatisation, marque une véritable évolution. Ce changement a permis une amélioration notable du contrôle du remplissage, tout en allégeant la charge de travail des opérateurs. Les résultats obtenus à partir des premières mesures confirment la pertinence de cette transition vers un système plus stable, précis et intelligent.

Chapitre 4

Supervision via l'IHM

4.1 Introduction

Dans le cadre de l'automatisation industrielle, la supervision est une technique industrielle de suivi et de pilotage informatique de procédés de fabrication automatisés, elle concerne l'acquisition de données (mesures, alarmes, retour d'état de fonctionnement) et des paramètres de commande des processus généralement confiés à des automates programmables. [19]

Ce chapitre présente la partie supervision réalisée dans le cadre du projet. Cette supervision a pour objectif principal de:

- Faciliter la gestion et le suivi des machines.
- Visualiser en temps réel les informations nécessaires au bon fonctionnement du système.
- Optimiser l'intervention de l'opérateur via des commandes simples et claires.
- Assurer une gestion efficace des alarmes et des défauts.

Toutes les interfaces IHM réalisées permettent donc d'assurer un meilleur contrôle du processus de conditionnement, d'améliorer l'ergonomie du système et de contribuer à la performance globale de l'installation.

4.4 Paramétrage graphique des vues de supervision

4.4.1 Configuration du convoyeur 1 droit

La variable **%Q0.0** contrôle l'affichage : gris à l'arrêt, vert clignotant en marche. Cette visualisation permet à l'opérateur de suivre l'état du convoyeur en temps réel.

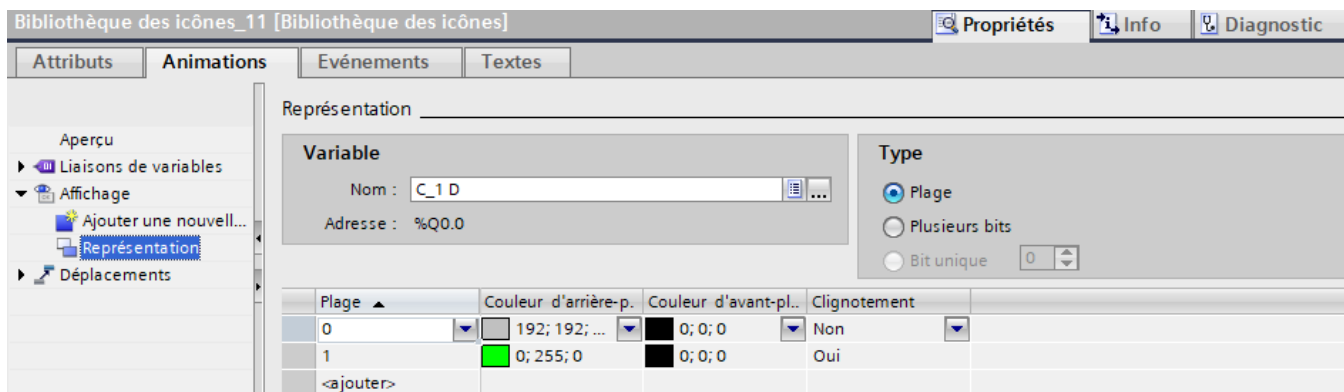


Figure 48. 9 : Configuration du convoyeur_1 droit.

4.4.2 Configuration du convoyeur 2 droit

La variable **%Q0.1** contrôle l'affichage : gris à l'arrêt, vert clignotant en marche. Cette visualisation permet à l'opérateur de suivre l'état du convoyeur en temps réel.

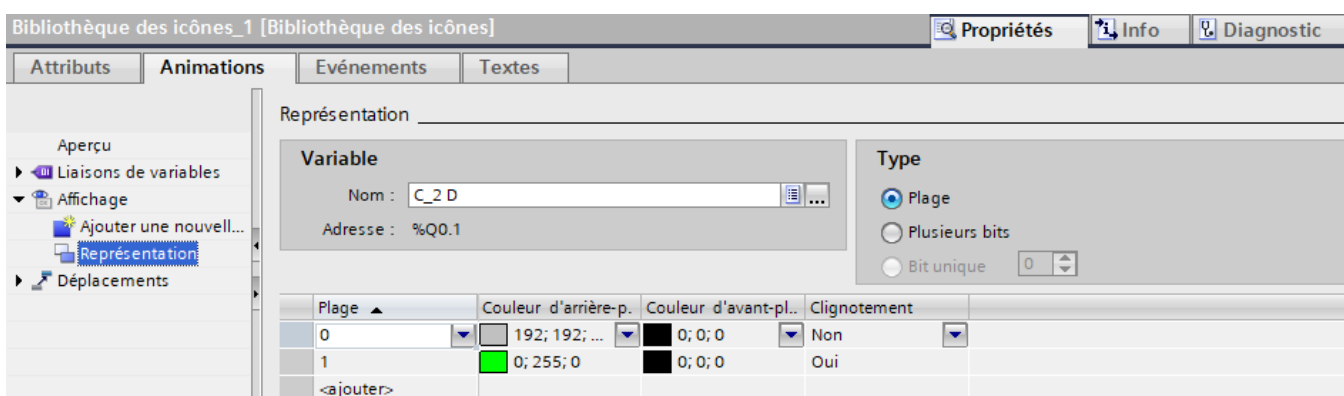


Figure 48. 10 : Configuration du convoyeur_2 droit.

4.4.3 Configuration de la vanne de remplissage droite

La variable **%Q0.2** contrôle l'affichage : gris à l'arrêt, vert clignotant en marche. Cette visualisation permet à l'opérateur de suivre l'état de la vanne en temps réel.

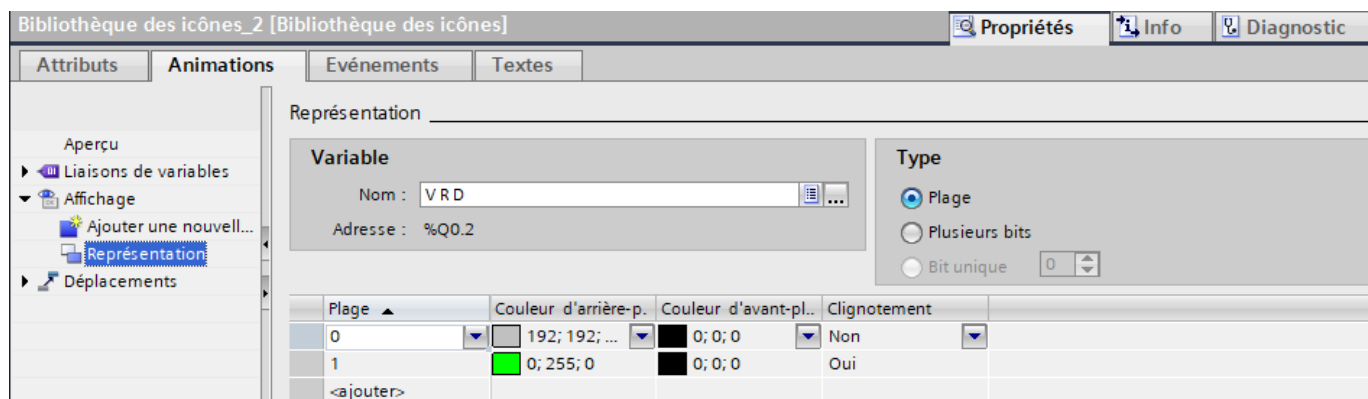


Figure 48. 11 : Configuration de la vanne de remplissage droite.

4.4.4 Configuration du vérin droit

Le vérin est animé dans l'IHM via un déplacement vertical basé sur la variable **D V D (%Q0.2)**. Dès qu'un carton est détecté par le capteur, la tige du vérin se déplace de la position initiale (Y=175) à la position cible (Y=153) pour qu'il immobilise et stabilise le carton, simulant son extension.

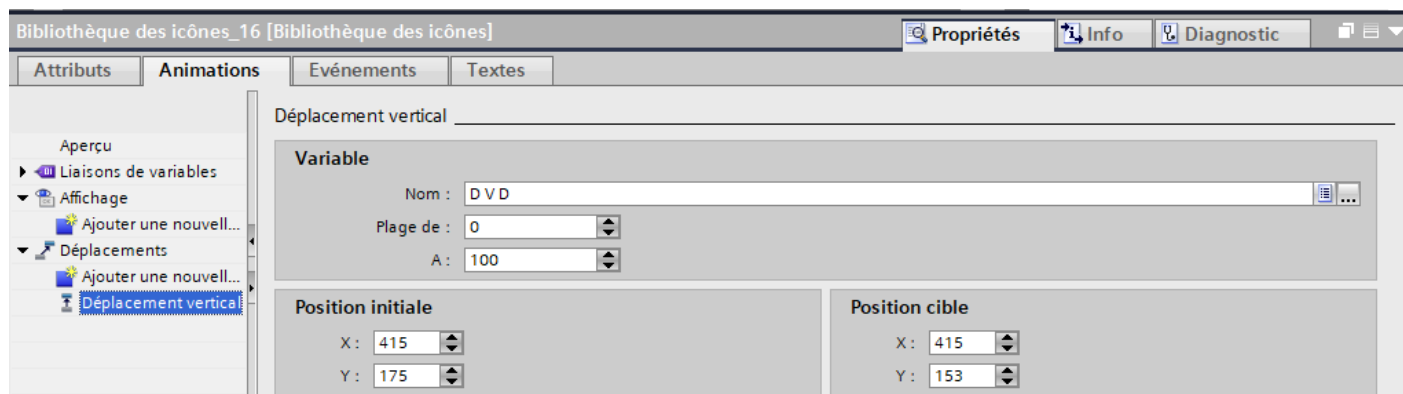


Figure 48. 12 : Configuration du vérin droit.

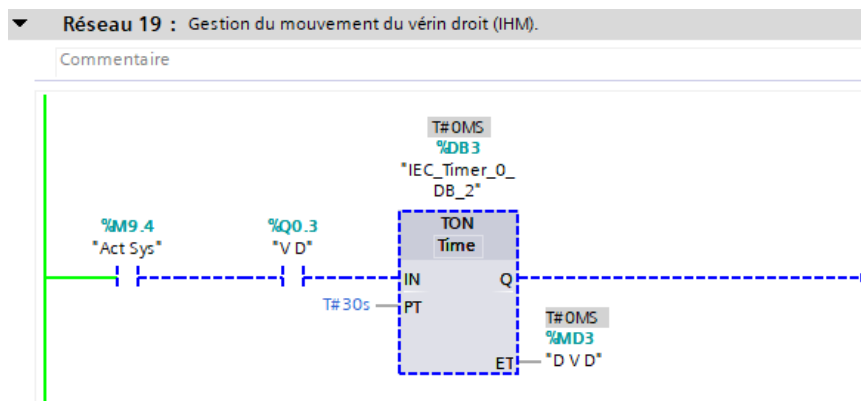


Figure 48. 13 : Gestion du mouvement du vérin droit (IHM).

4.4.5 Configuration du bouton marche

La capture présente la configuration d'un bouton de commande dans l'IHM. Ce bouton est associé à une variable **%I0.4** qui permet d'activer une action dans l'automate lors d'un clic. L'instruction **MiseA1Bit** est utilisée pour mettre cette variable à 1, déclenchant ainsi une opération spécifique telle que le démarrage du processus.

La variable **%I0.4** contrôle l'affichage : gris lorsque y'a pas de clic, vert en mode clic.

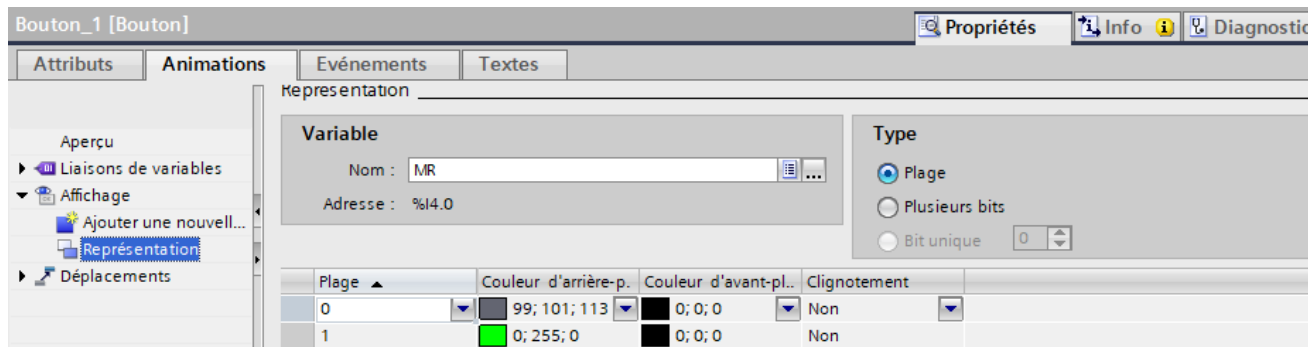


Figure 48. 15 : Configuration du bouton marche (animations).

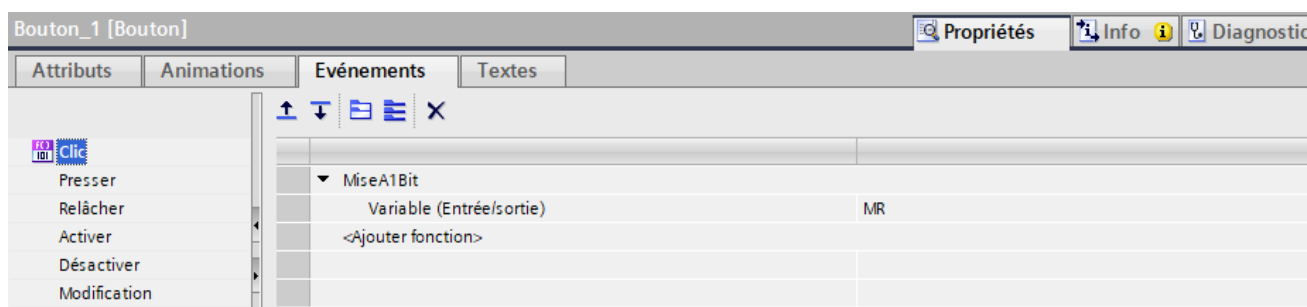


Figure 48. 14 : Configuration du bouton marche (événements).

4.4.6 Gestion du déplacement du carton vide droit

Sur l'IHM, le déplacement du carton est simulé grâce à des impulsions envoyées toutes les 100 millisecondes. À chaque impulsion, un compteur s'incrémente, ce qui permet de représenter son avancée de manière précise et progressive.

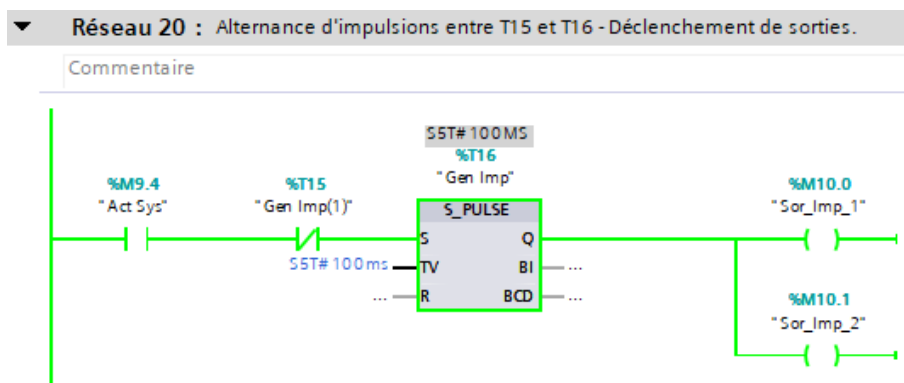


Figure 48. 16 : Alternance d'impulsions.

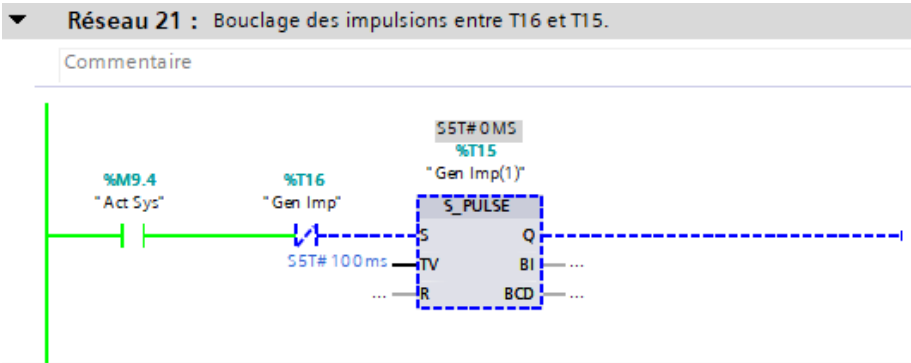


Figure 48. 17 : Génération d’impulsions.

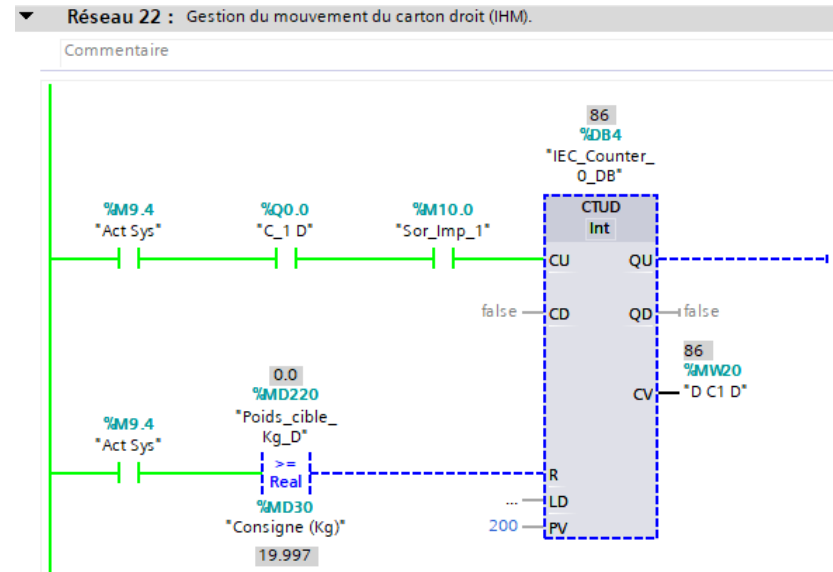


Figure 48. 18 : Gestion du mouvement du carton vide droit (IHM).

4.2 Table des variables IHM de la formeuse de cartons et du nouveau système de remplissage










































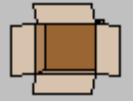
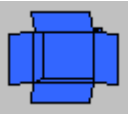
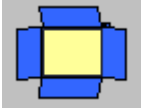

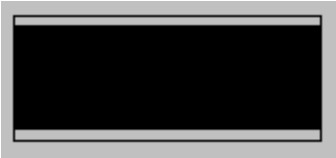






	Nom ▲	Table des variables	Type de données	Connexion	Nom API	Variable API	Adresse
	AR	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	AR	%I0.2
	ARR	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	ARR	%I4.1
	ARR UR	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ARR UR"	%I5.3
	AUTO	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	AUTO	%I0.4
	BYP B	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"BYP B"	%Q3.2
	C D C P A C_1 D	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C D C P A C_1 D"	%I4.3
	C D C P A C_1 G	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C D C P A C_1 G"	%I4.6
	C D C P C R D	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C D C P C R D"	%I4.2
	C D C P C R G	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C D C P C R G"	%I4.5
	C D C P F S D	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C D C P F S D"	%I4.4
	C D C P F S G	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C D C P F S G"	%I4.7
	C L	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C L"	%Q4.4
	C M	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C M"	%I0.0
	C V	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C V"	%Q4.3
	C_1 D	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C_1 D"	%Q0.0
	C_1 G	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C_1 G"	%Q0.6
	C_2 D	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C_2 D"	%Q0.1
	C_2 G	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C_2 G"	%Q0.7
	C_3 D	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C_3 D"	%Q1.3
	C_3 G	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"C_3 G"	%Q1.4
	D C1 D	Table de variables standard	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	"D C1 D"	%MW20
	D C1 G	Table de variables standard	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	"D C1 G"	%MW80
	D C2 D	Table de variables standard	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	"D C2 D"	%MW40
	D C2 G	Table de variables standard	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	"D C2 G"	%MW95
	D V D	Table de variables standard	Time	HMI_Liaison_1	PLC_1	"D V D"	%MD3
	D V G	Table de variables standard	Time	HMI_Liaison_1	PLC_1	"D V G"	%MD6
	Débit_Kg/h_D	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Débit_Kg/h_D"	%MD200
	Débit_Kg/h_G	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Débit_Kg/h_G"	%MD100
	Débit_Kg/s_D	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Débit_Kg/s_D"	%MD210
	Débit_Kg/s_G	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Débit_Kg/s_G"	%MD110
	DEM	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	DEM	%I0.1
	E V	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"E V"	%Q4.0
	F R	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"F R"	%Q4.1
	IHM_10 Kg	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"IHM_10 Kg"	%I5.0
	IHM_20 Kg	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"IHM_20 Kg"	%I5.1
	L R	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"L R"	%Q4.5
	M B	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"M B"	%Q3.1
	M T	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"M T"	%Q3.0
	Masse_par_cyc...	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	Masse_par_cycl...	%MD240
	Masse_par_cyc...	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	Masse_par_cycl...	%MD120
	MR	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	MR	%I4.0



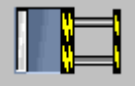
Figure 48. 19 : Table des variables IHM – Partie1.

4.3 Suivi des états des éléments sur l'IHM

Ce tableau permet de suivre facilement l'état de chaque élément du système depuis l'IHM.

Tableau 2 : Suivi des états des éléments sur l'IHM.

Elément	État
	Carton vide
	Carton muni d'un sachet bleu
	Carton rempli
	Carton conditionné – prêt pour palettisation
	Convoyeur en arrêt
	Convoyeur en marche
	Vanne fermée
	Vanne ouverte
	Capteur : Pas de carton détecté
	Capteur : Carton détecté
	Actionneur en arrêt

	Actionneur en marche
	Vérin au repos
	Vérin en travail

4.5 Présentation des différentes de vues de l'IHM

4.5.1 Vue d'accueil

Cette page d'accueil donne un aperçu global du projet de fin d'études. Elle présente les logos de l'entreprise et de l'université, le thème du projet, ainsi que les noms des personnes ayant encadré.

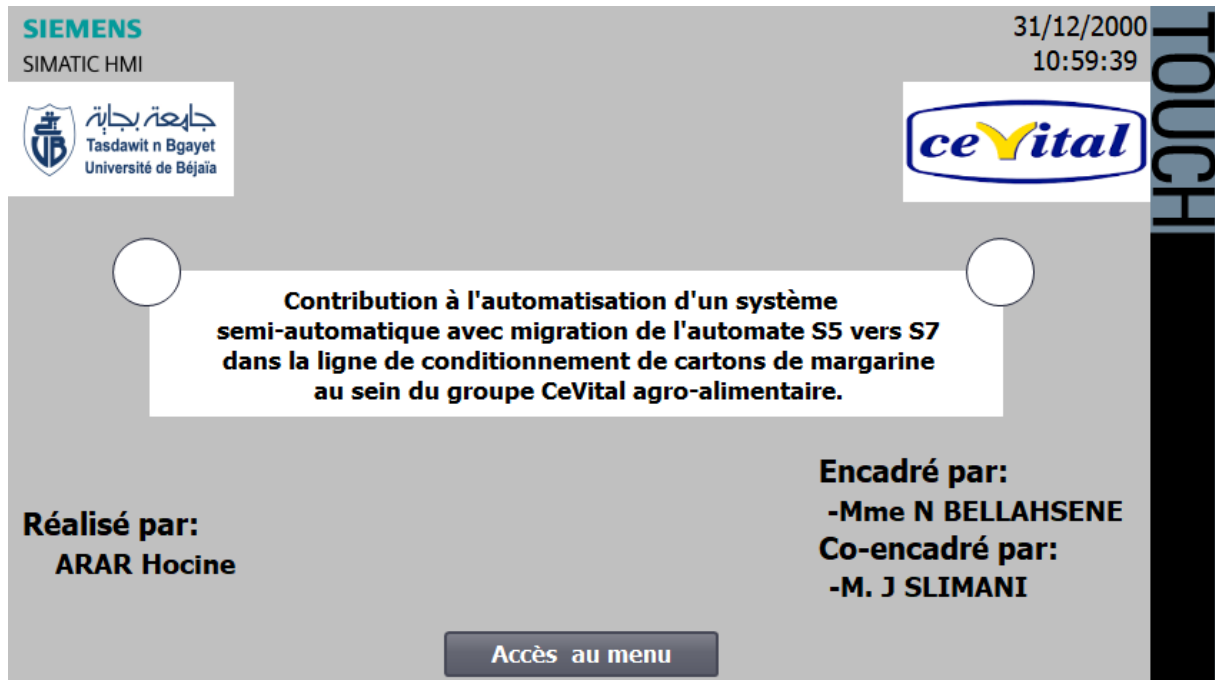


Figure 48. 20 : Vue d'accueil.

4.5.2 Vue de menu

Cette vue sert de point d'entrée principal vers les différentes vues de l'application. Elle propose quatre options permettant à l'utilisateur d'accéder aux sections essentielles du système.



Figure 48. 21 : Vue de menu.

4.5.3 Vue de conduite (Formeuse de cartons)

Elle contient toutes les fonctions nécessaires à l'application (Démarrage, Arrêt, RESET..).

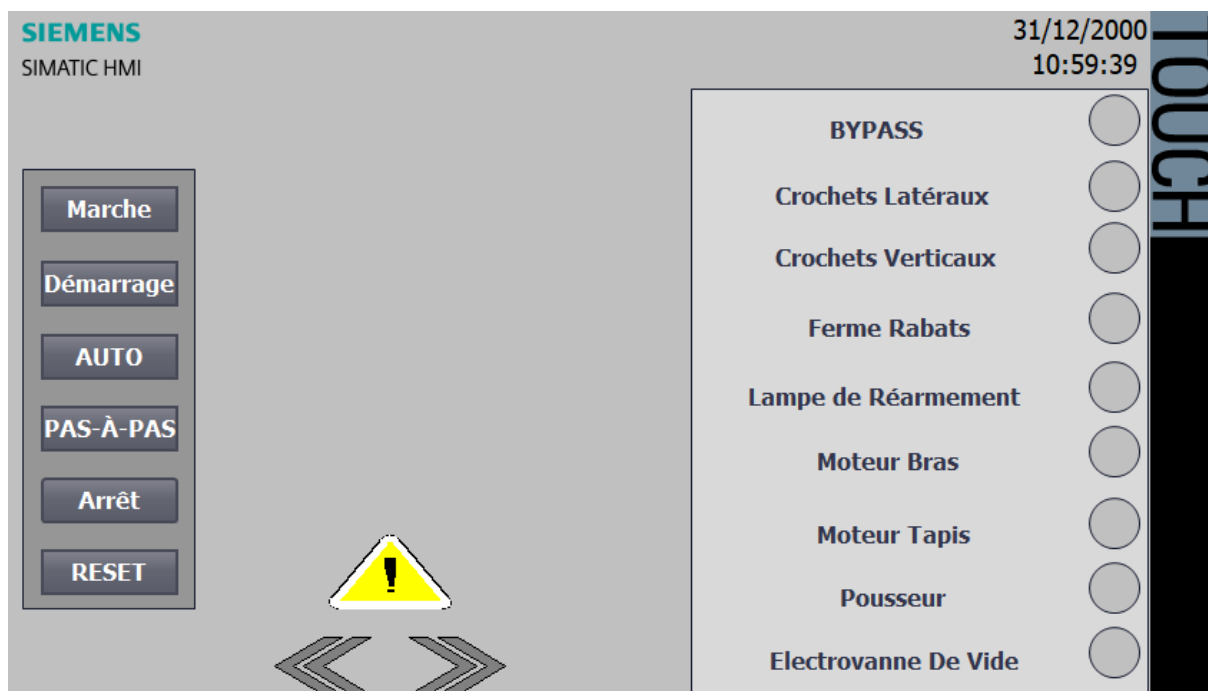


Figure 48. 22 : Vue de conduite (Formeuse de cartons).

4.5.4 Vue remplissage - Suivi du processus

Depuis cet écran, on peut démarrer ou arrêter le système, surveiller les débits massiques et les poids cibles, et suivre les états des actionneurs (vannes, vérins, convoyeur).

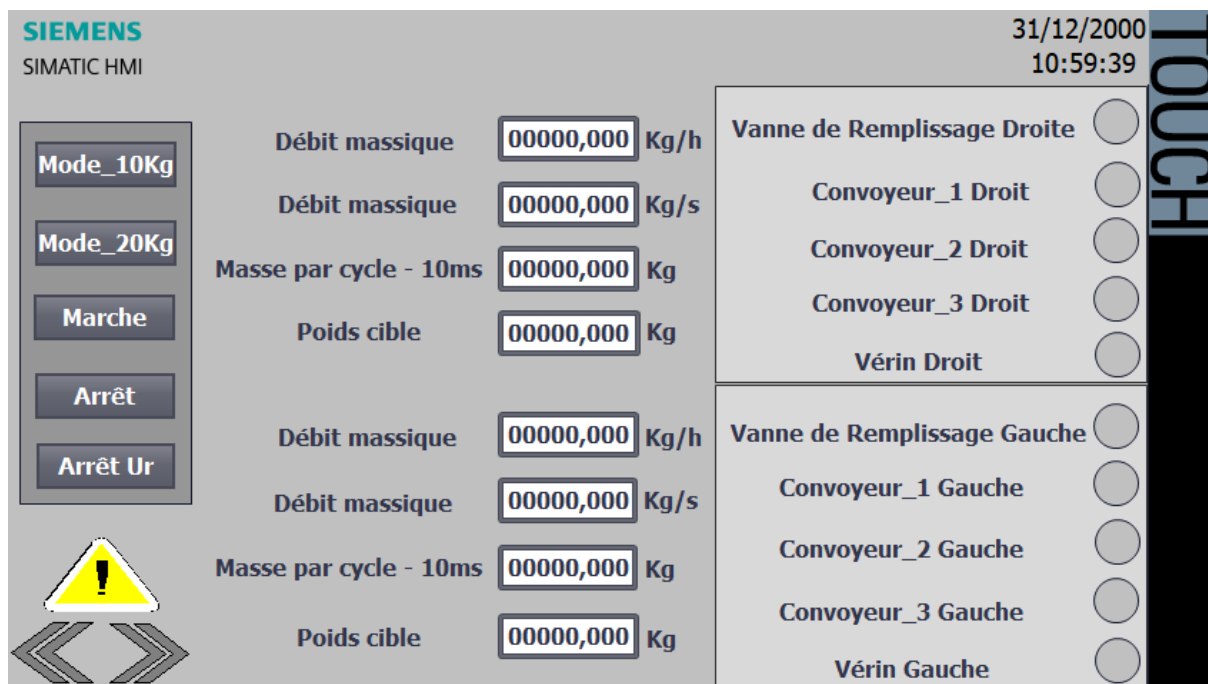


Figure 48. 23 : Vue remplissage - Suivi du processus.

4.5 Alarmes IHM

Dans TIA Portal, les alarmes IHM permettent d'informer l'opérateur en temps réel des défauts ou états spécifiques du système automatisé.

Elles jouent un rôle essentiel dans la surveillance et la réactivité de l'utilisateur face aux incidents.

ID	Nom	Texte d'alarme	Classe d'alarme	Variable d...	Bit de ...	Adresse de décl...
1	Alarme de bit_1	" Bras en Position Arrière "	Warnings	Variable d...	0	%M61.0
2	Alarme de bit_2	" Poussoir en Position Arrière "	Warnings	Variable d...	1	%M61.1
3	Alarme de bit_3	" Rabats Longs Non Fermés "	Errors	Variable d...	2	%M61.2
4	Alarme de bit_4	" Ajouter Des Cartons "	Warnings	Variable d...	3	%M61.3
5	Alarme de bit_5	" Carton Détecté Sur Ventouse "	Warnings	Variable d...	4	%M61.4
6	Alarme de bit_6	" Carton Sur Ferme Rabats "	Warnings	Variable d...	5	%M61.5
7	Alarme de bit_7	" Bras_2 En Position Avant "	Warnings	Variable d...	6	%M61.6
8	Alarme de bit_8	" Attention Carton Non Ouvert "	Errors	Variable d...	7	%M61.7
9	Alarme de bit_9	" Carton Sur Convoyeur_1 Droit "	Warnings	Variable d...	8	%M60.0
10	Alarme de bit_10	" Carton Sur Convoyeur_1 Gauche "	Warnings	Variable d...	9	%M60.1
11	Alarme de bit_11	" Carton Sous La Vanne Droite "	Warnings	Variable d...	10	%M60.2
12	Alarme de bit_12	" Carton Sous La Vanne Gauche "	Warnings	Variable d...	11	%M60.3
13	Alarme de bit_13	" Carton Droite Rempli "	Warnings	Variable d...	12	%M60.4
14	Alarme de bit_14	" Carton Gauche Rempli "	Warnings	Variable d...	13	%M60.5
15	Alarme de bit_15	" Carton Détecté à Côté De La Fermeuse De Sachets "	Warnings	Variable d...	14	%M60.6
16	Alarme de bit_16	" Carton Détecté à Côté De La Fermeuse De Sachets "	Warnings	Variable d...	15	%M60.7

Figure 48. 26 : Alarmes IHM.

Voici quelques réseaux d'alarmes mis en place dans le système :

Ces réseaux regroupent l'ensemble des conditions logiques et des signaux permettent de générer, transmettre et afficher les alarmes dans l'IHM. Chaque réseau correspond à une situation spécifique pouvant provoquer un dysfonctionnement ou nécessitant l'attention de l'opérateur.

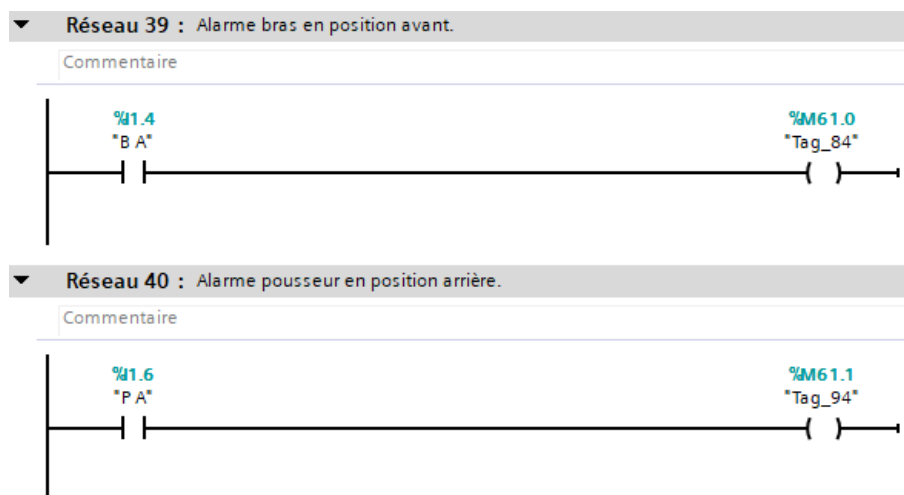


Figure 48. 27 : Alarmes bras en position avant, alarme poussoir en position arrière.

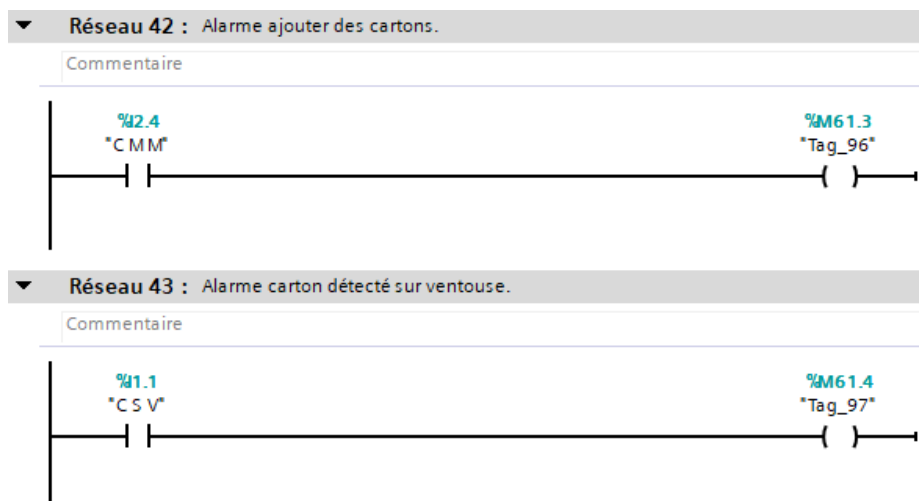


Figure 48. 28 : Alarmes ajouter des cartons, alarme carton détecté sur ventouse.

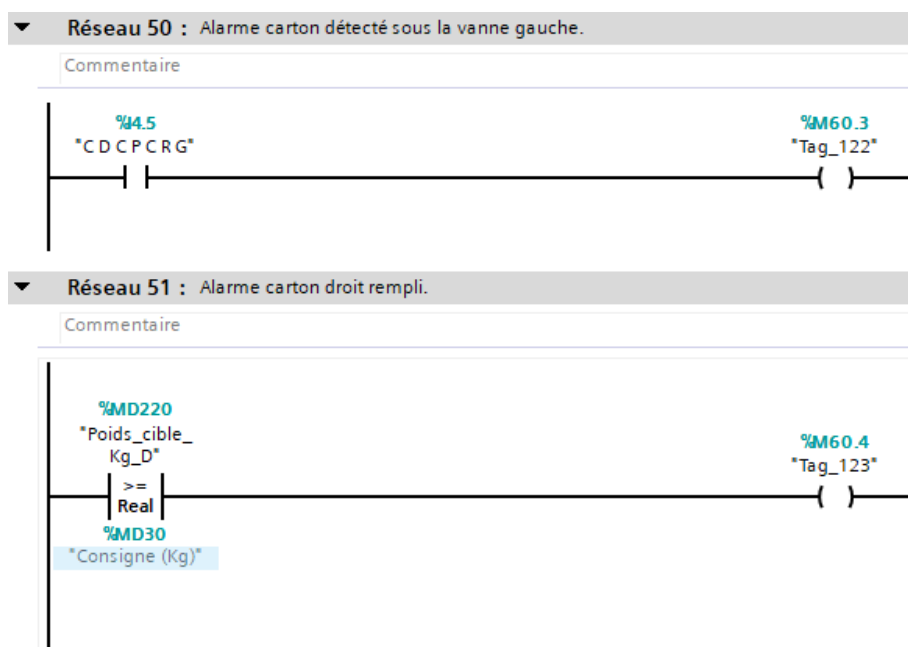


Figure 48. 29 : Alarmes carton détecté sous la vanne gauche, alarme carton droit rempli.

4.7 Simulation du système de supervision dans TIA Portal

Dans le cadre de la supervision industrielle du formateur et du système de remplissage de cartons de margarine, une simulation a été réalisée sous TIA Portal à l'aide de PLCSIM. Cette étape a permis de valider l'interaction entre l'automate, les capteurs, les actionneurs et l'IHM, sans recourir au matériel réel.

4.8 Mise en place de la simulation

Pour tester le programme sans utiliser l'installation réelle, l'outil de simulation PLCSIM a été utilisé. L'automate S7-300 a été chargé dans l'environnement virtuel (TIA Portal et PLCSIM). Une fois le téléchargement terminé, il a suffi de mettre l'automate en mode RUN pour lancer les tests, comme si le système fonctionnait en conditions réelles.

La détection du carton par le capteur sur le convoyeur déclenche automatiquement le démarrage du convoyeur, permettant ainsi son acheminement vers la zone de remplissage.

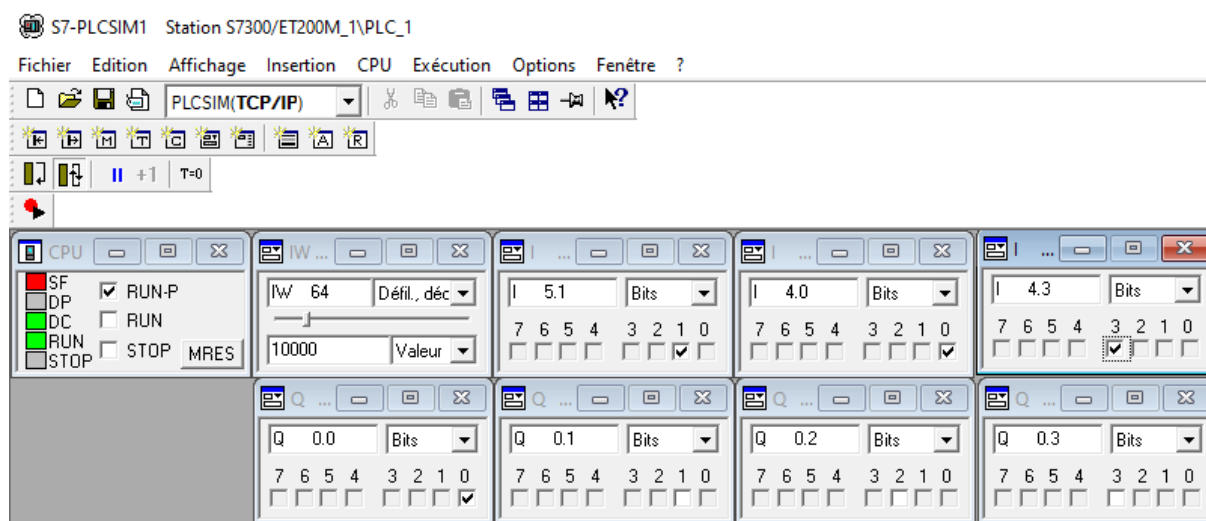


Figure 48. 30 : PLCSIM - Transport du carton vers la zone de remplissage.

Dès que le carton est positionné sous la vanne, le remplissage débute.

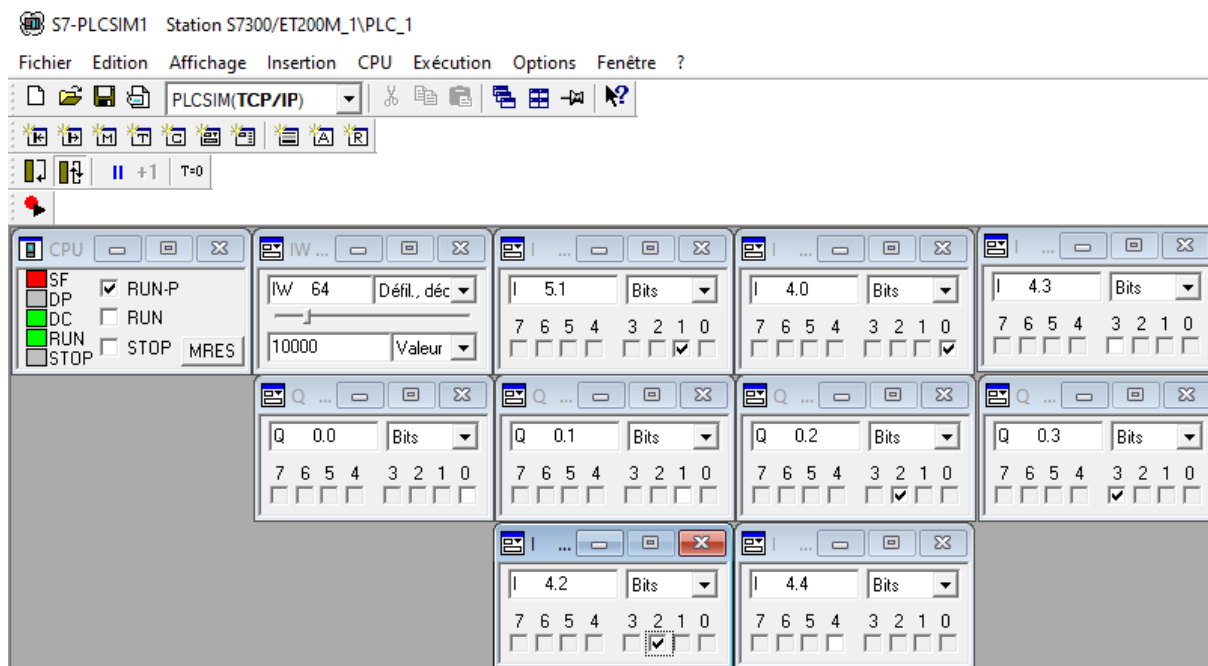


Figure 48. 31 : PLCSIM - Détection du carton sous la vanne.

Le convoyeur transporte le carton jusqu'à la fermeuse de sachets.

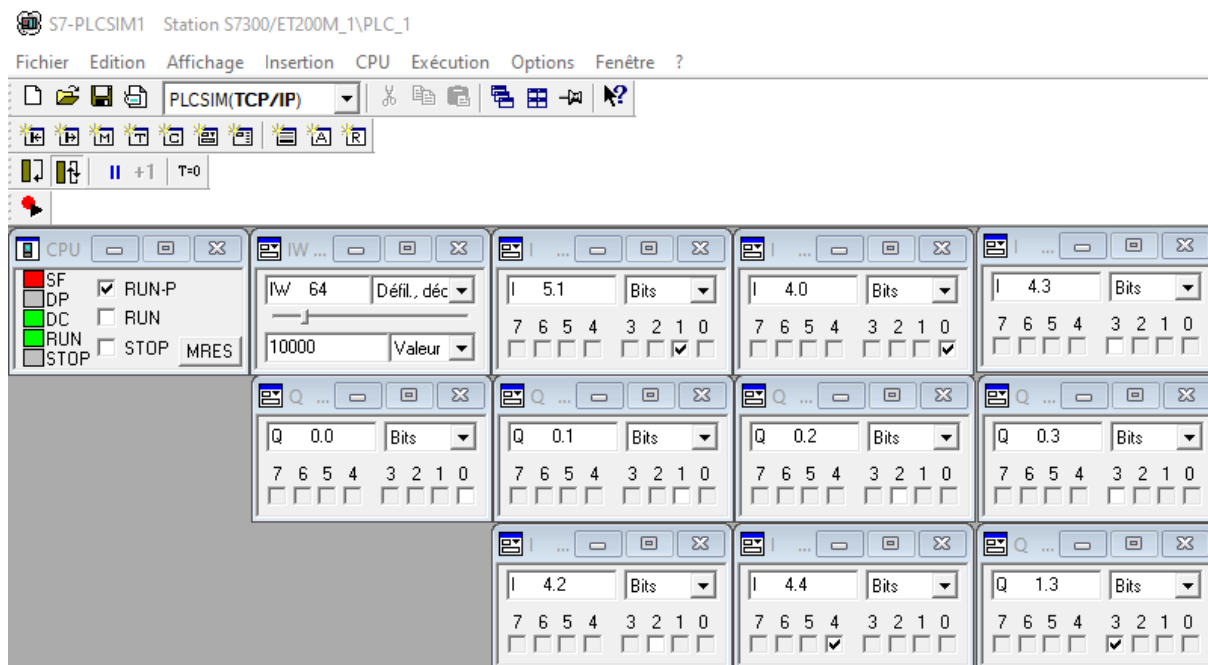


Figure 48. 32 : PLCSIM – Transport du carton vers la fermeuse de sachets.

4.9 Supervision IHM

4.9.1 Vue de conduite (Formeuse de cartons)

Après avoir appuyé sur le bouton Marche, puis sur Démarrage, et sélectionné le mode Automatique via l'IHM, la simulation s'est lancée. Voici les résultats obtenus.

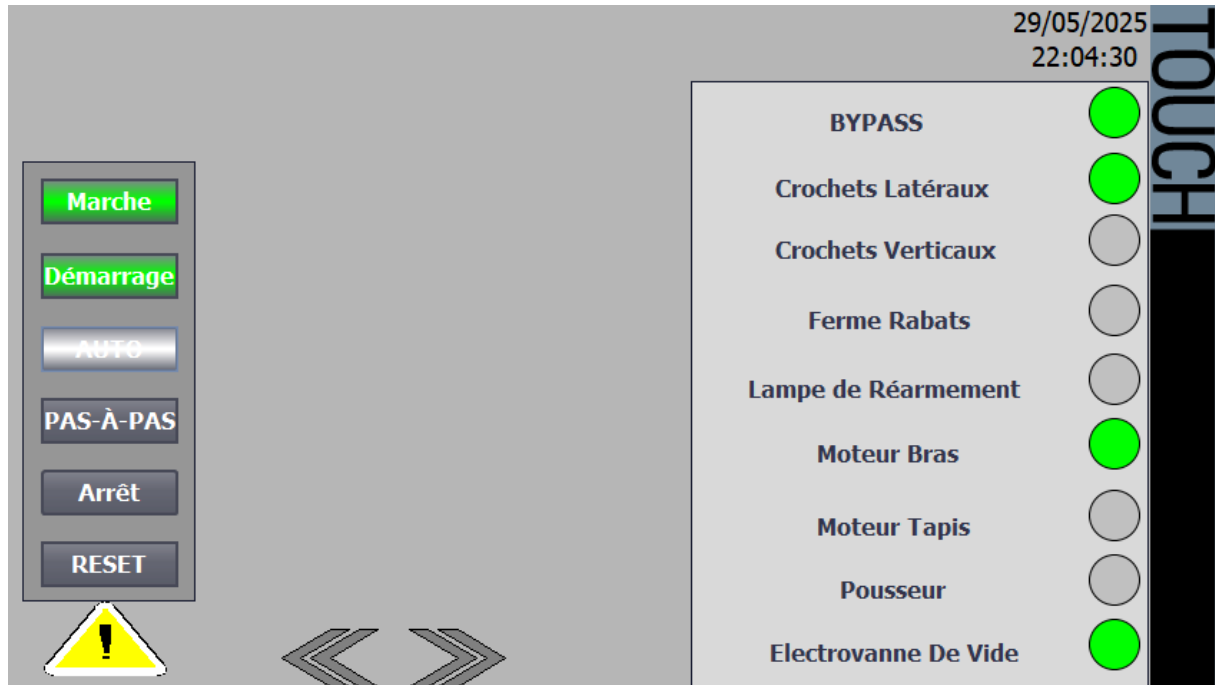


Figure 48. 33 : Simulation - Vue de conduite (Formeuse de cartons).

4.9.2 Vue remplissage - Suivi du processus.

➤ Côté droit (exemple)

Lorsque le capteur détecte la présence d'un carton sur le convoyeur 1 droit, ce dernier se met automatiquement en marche pour transporter le carton vers la zone de remplissage.

➤ Côté gauche (exemple)

Une fois le mode 20 kg sélectionné et le bouton marche appuyé, le processus démarre dès que le carton est détecté sous la vanne. A ce moment-là, la vanne s'ouvre, la tige du vérin sort pour stabiliser et immobiliser le carton, et le débitmètre commence la mesure du produit, il mesure d'abord le débit massique en kg/h, qui est ensuite converti en kg/s, puis en masse par cycle. Cette masse est ensuite cumulée pour obtenir la masse totale jusqu'à atteindre le poids cible. Voici les résultats obtenus.

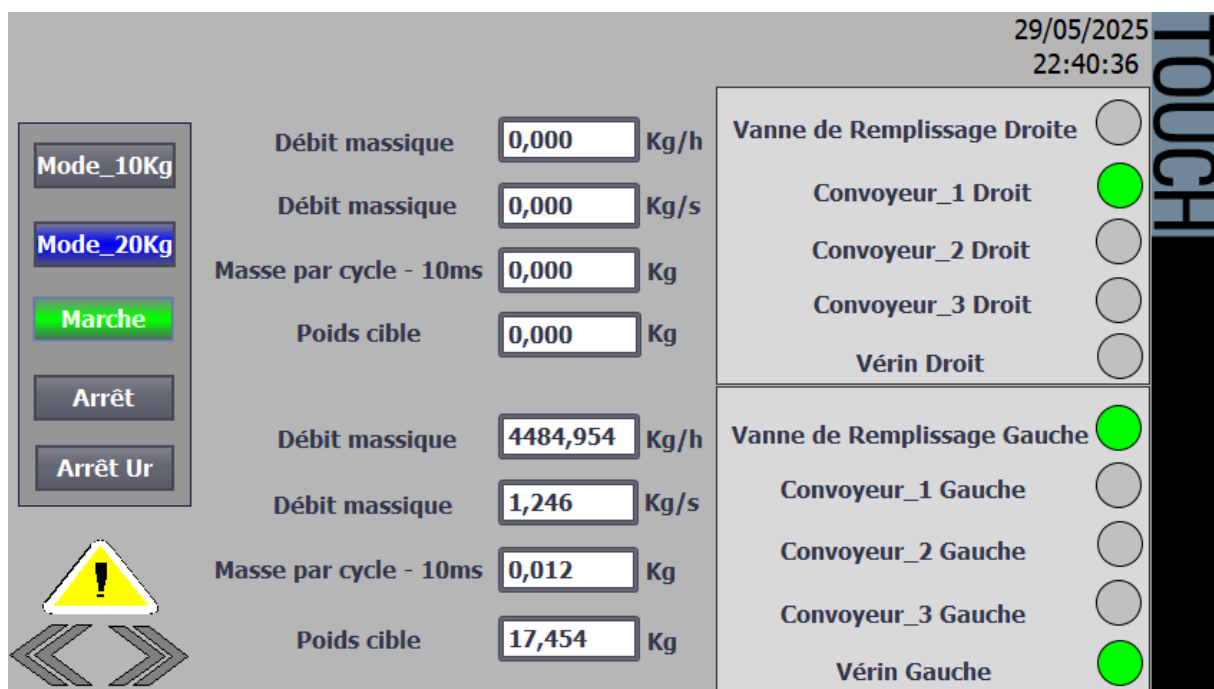


Figure 48. 34 : Simulation - Vue remplissage - Suivi du processus.

4.9.3 Vue de contexte

Dès que le carton est détecté par le premier capteur, le convoyeur démarre pour le transporter vers la zone de remplissage.

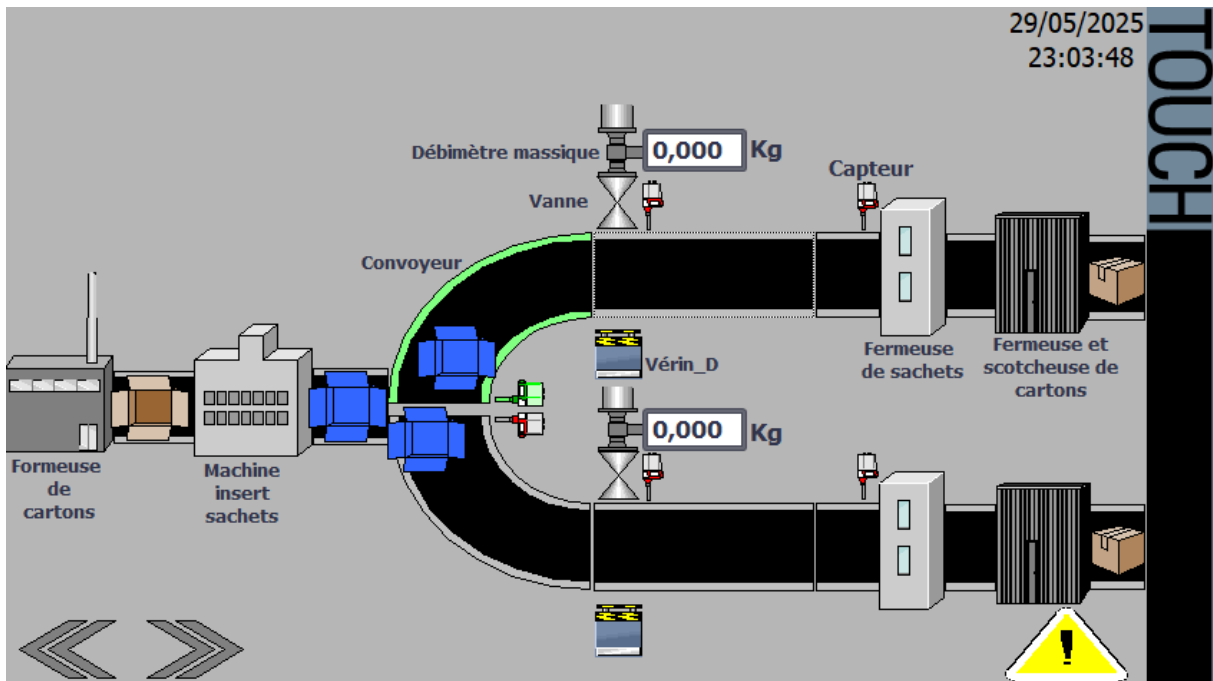


Figure 48. 35 : Simulation - transport du carton vide muni d'un sachet vers la zone de remplissage.

Le processus de remplissage démarre dès que le carton est détecté sous la vanne. A ce moment-là, la vanne s'ouvre, la tige du vérin sort pour stabiliser et immobiliser le carton, et le débitmètre commence la mesure de la margarine.

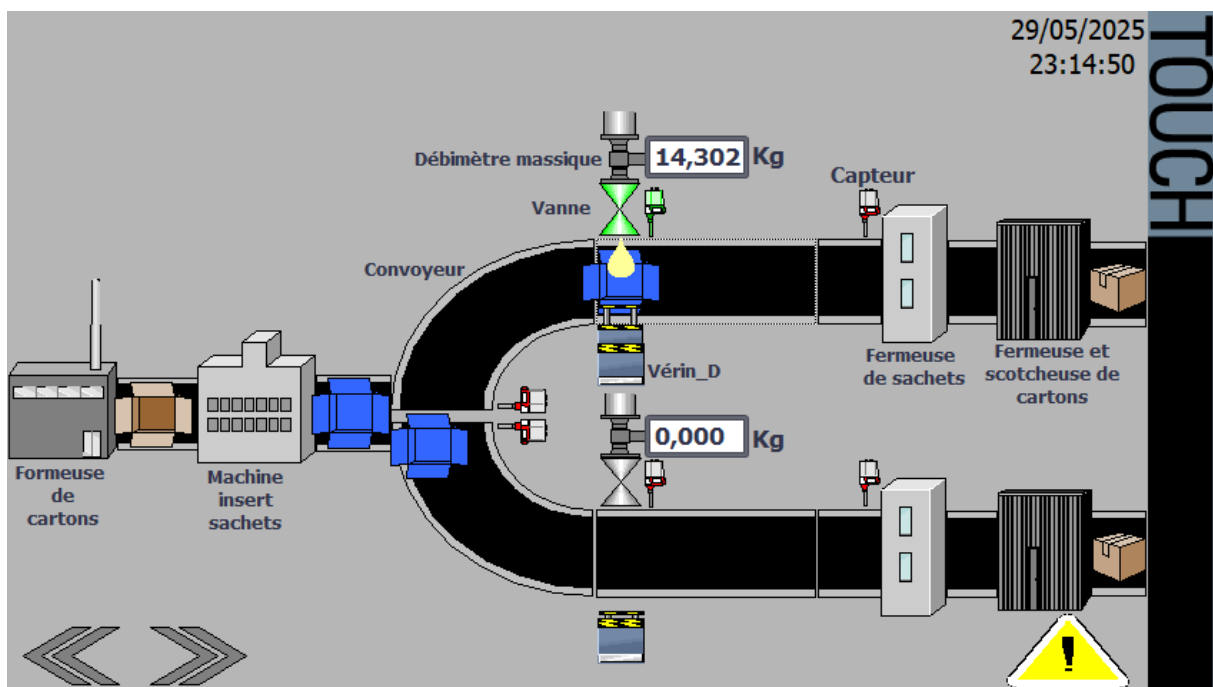


Figure 48. 36 : Simulation - Carton en mode remplissage.

Dès que le carton est rempli, un autre convoyeur le transporte vers la zone de fermeture des sachets.

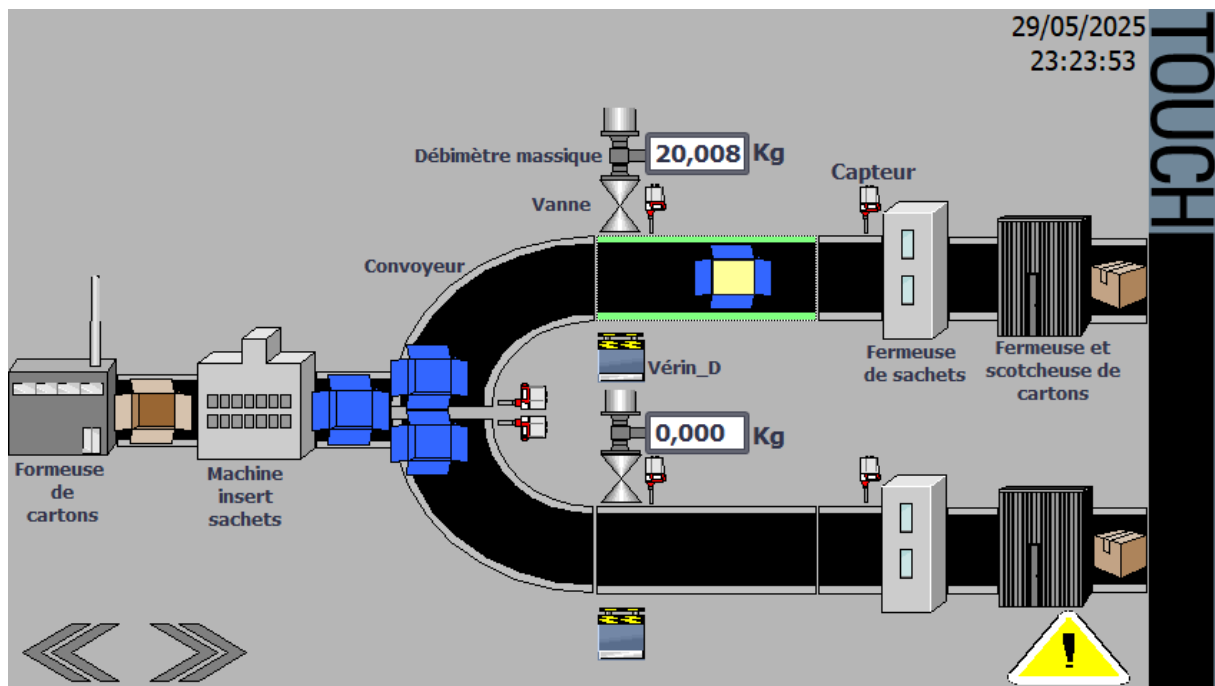


Figure 48. 37 : Simulation - Carton rempli, transporté vers la zone de fermeture des sachets.

Le poids cible (masse totale) est remis à zéro après chaque remplissage, Ce qui permet un dosage précis, d'éviter les erreurs d'accumulation, et d'assurer un meilleur suivi. Cela facilite la supervision en fournissant des données claires et fiables après chaque cycle.

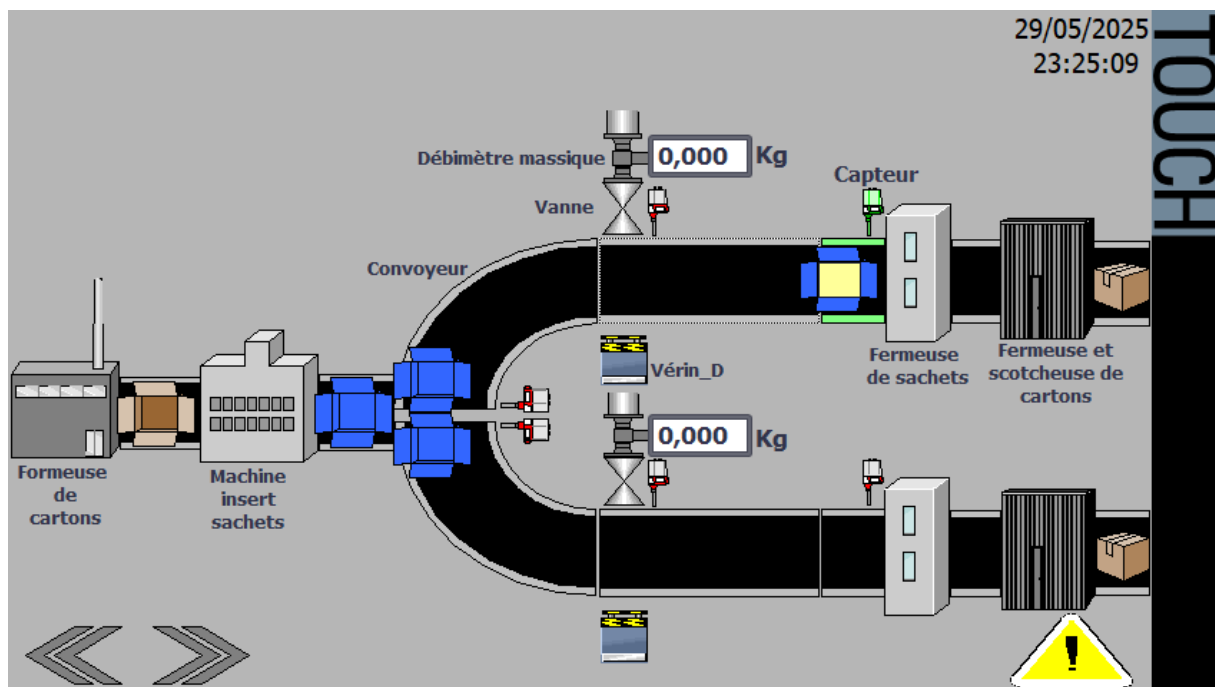
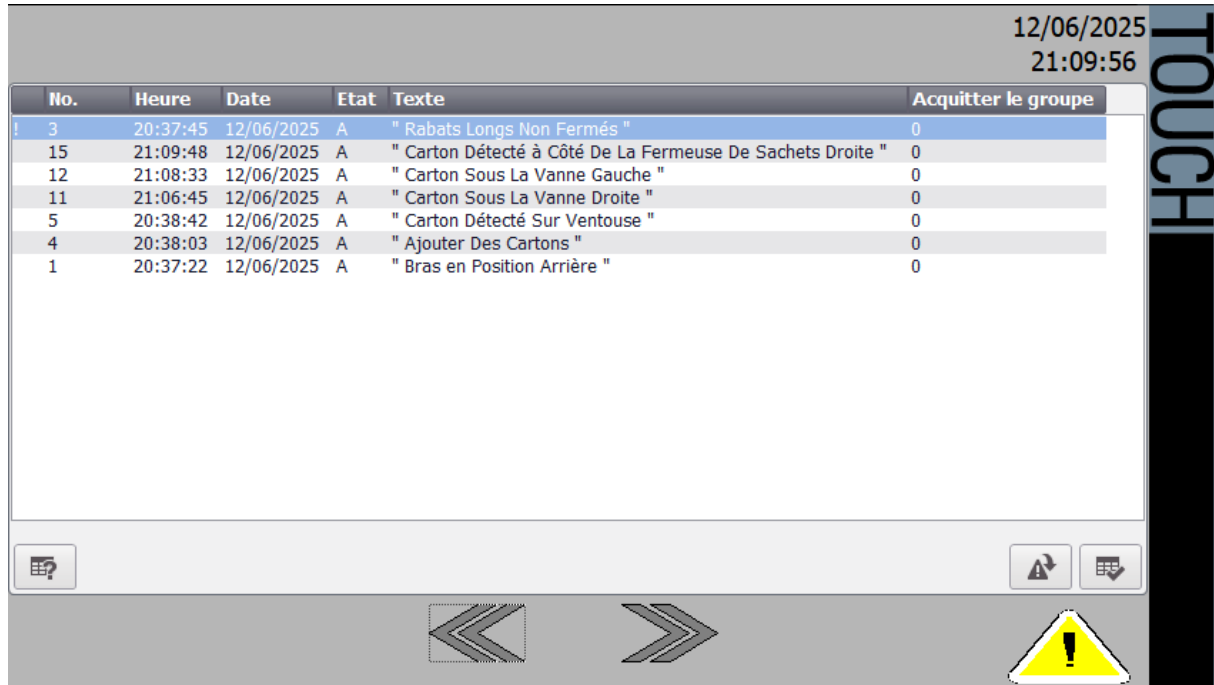


Figure 48. 38 : Simulation – Carton prêt à subir la fermeture de son sachet.

4.9.4 Vue alarmes

Par exemple, lorsque les rabats longs non fermés, une alarme s'affiche automatiquement sur l'écran. Il en est de même lorsqu'un carton est détecté sur ventouse, lorsqu'il se positionne sous la vanne de remplissage, ou encore lorsqu'il arrive près de la fermeuse de sachets. Ces alertes permettent à l'opérateur de suivre en temps réel l'avancement du processus.



No.	Heure	Date	Etat	Texte	Acquitter le groupe
3	20:37:45	12/06/2025	A	" Rabats Longs Non Fermés "	0
15	21:09:48	12/06/2025	A	" Carton Détecté à Côté De La Fermeuse De Sachets Droite "	0
12	21:08:33	12/06/2025	A	" Carton Sous La Vanne Gauche "	0
11	21:06:45	12/06/2025	A	" Carton Sous La Vanne Droite "	0
5	20:38:42	12/06/2025	A	" Carton Détecté Sur Ventouse "	0
4	20:38:03	12/06/2025	A	" Ajouter Des Cartons "	0
1	20:37:22	12/06/2025	A	" Bras en Position Arrière "	0

Figure 48. 39 : Simulation - Vue d'alarmes.

4.10 Conclusion

Ce chapitre décrit la conception de la partie supervision de la formeuse de cartons ainsi que du système de remplissage, avec le développement de vues IHM claires et intuitives permettant le suivi en temps réel de l'état et de l'évolution du processus. Grâce à cette interface, le travail de l'opérateur est considérablement facilité, tout en assurant une meilleure réactivité face aux éventuelles anomalies.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, une opportunité a été offerte pour travailler sur l'automatisation d'un système de remplissage de cartons de margarine. Ce travail répond à un besoin réel de l'industrie agroalimentaire, où la précision, la productivité et la réduction de l'intervention humaine sont devenues des priorités. Il s'inscrit dans une démarche plus large d'optimisation des procédés de conditionnement, dans un contexte où l'efficacité, la traçabilité et la qualité sont au cœur des préoccupations industrielles.

Le projet s'est articulé autour de plusieurs étapes clés. Il a d'abord fallu analyser le système existant, basé sur un automate S5, avant de concevoir une nouvelle architecture plus moderne avec un automate S7-300 sous TIA Portal. Ensuite, l'intégration d'un débitmètre massique a permis d'assurer un remplissage précis à hauteur de 10 kg et de 20 kg. L'automatisation de la détection des cartons, grâce aux capteurs et aux convoyeurs, a contribué à fluidifier le processus. Enfin, une interface homme-machine (IHM) conviviale et intuitive a été développée pour superviser l'ensemble du système, y compris le formateur de cartons et le système de remplissage.

Toutes ces améliorations ont permis de mettre en place une solution quasi entièrement automatisée, fiable, évolutive et bien adaptée aux exigences du terrain.

Sur le plan personnel, ce projet m'a énormément apporté. Il m'a permis d'approfondir mes compétences en programmation d'automates, en instrumentation (notamment autour des capteurs de débit), ainsi qu'en conception d'IHM. Il m'a aussi confronté à des problématiques concrètes d'analyse fonctionnelle, de prise de décision technique, et de gestion de contraintes en environnement industriel réel.

Même si le système actuel fonctionne de manière satisfaisante, plusieurs améliorations intéressantes pourraient être envisagées à l'avenir. Par exemple, l'intégration de vannes régulatrices associées à des régulateurs PID permettrait d'atteindre une précision encore meilleure lors du remplissage, en ajustant automatiquement le débit selon les besoins. De plus, l'ajout d'un bras robotisé pour déposer les cartons sur les convoyeurs de gauche et de droite apporterait une vraie valeur ajoutée en automatisant complètement cette étape, aujourd'hui encore manuelle. Ces évolutions rendraient le système plus autonome, plus efficace et mieux adapté aux exigences de la production moderne.

En résumé, ce projet a été pour moi une véritable mise en pratique de mes acquis, une passerelle entre la théorie et la réalité industrielle. Il marque une étape essentielle dans mon parcours d'ingénieur, et renforce ma motivation à évoluer dans le domaine des systèmes automatisés.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Cevital, "Présentation de l'entreprise", document interne.
- [2] Brahmi Melissa, Bouras Dihia. Proposition de plans de distribution de marchandise optimaux : Cas de l'entreprise Cevital. Mémoire de master, Université de Béjaïa, 2018.
- [3] Moussaoui Ahmed, Saaoui Yasmine. Conception d'une IHM de supervision au niveau de CEVITAL : Injection de lait de chaux vers le fondoir. Mémoire de master, Université de Béjaïa, 2023.
- [4] Aroua Imad, Benhama Adam. Étude et dimensionnement d'une centrale de traitement d'air pour un local de conditionnement de la margarine – Cevital, Béjaïa. Mémoire de master, Université Abderrahmane Mira - Béjaïa, 2021.
- [5] Redjda Chahrazed, Titouah Nacira. Étude de la composition en acides gras de deux margarines (Matina et Fleurial) fabriquées à Cevital par chromatographie en phase gazeuse. Mémoire de master, Université Abderrahmane Mira - Béjaïa, 2017.
- [6] <https://innovexalgerie.com/machines/produit/convoyeur-motorise-a-rouleaux-cm2m/>
- [7] KROHNE Messtechnik GmbH. (2023). OPTIMASS 7400 – Notice technique : Capteur pour débit-massique (Réf. 4004646903 - R03 FR). Version française disponible sur le site du distributeur officiel CORAME : https://www.corame.fr/wp-content/uploads/2024/03/TD_OPTIMASS7400_Corame_FR2023.pdf
- [8] SICK AG. WL4-3F2130 - Photoelectric retro-reflective sensor with polarization filter. Consulté sur le site officiel de SICK : https://cdn.sick.com/media/pdf/0/60/060/dataSheet_WL4-3F2130_1028155_en.pdf
- [9] : SIEMENS AG. SIMATIC HMI TP900 Comfort – Panneau opérateur tactile 9" – Référence 6AV2124-0JC01-0AX0. Fiche technique et documentation disponible sur le portail Siemens Industry Online Support. URL : <https://support.industry.siemens.com/cs/products/6AV2124-0JC01-0AX0>. Consulté le 19 avril 2025.
- [10] Hennopack, Factory Sale Instant Coffee Powder Carton Box Polybag Insert and Closer Packing Production Line, disponible sur : https://fr.made-in-china.com/co_hennopack/product_Factory-Sale-Instant-Coffee-Powder-Carton-Box-Polybag-Insert-and-Closer-Packing-Production-Line_uoreiouu.html, (consulté le 14 mai 2025).
- [11] Red Hat. Pourquoi l'automatisation est importante. Consulté sur le site officiel de Red Hat : <https://www.redhat.com/fr/topics/automation>.
- [12] Université de Bejaia. 2022-2023. Généralités sur les systèmes automatisés.
- [13] Bolton, W. (1996). Programmable Logic Controllers (1st ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- [14] Siemens, SIMATIC S7-300 CPU 314C-2 PN/DP – Technical Data Sheet, RS Components. Disponible sur le site officiel du distributeur RS Components : <https://docs.rs-online.com/93ac/0900766b8131a200.pdf>.

[15] Siemens. (1996-2025.). Totally Integrated Automation.

[16] Beyaza, A. Automatisation Et Supervision Par Api D'une Unite De Traitement Des Eaux, Mémoire de Master, Université Larbi Tebessi – Tebessa, 2022.

[17] COPA-DATA, What is HMI?, [Site officiel de COPA-DATA], Disponible sur : <https://www.copadata.com/en/products/zenon-software-platform-for-industrial-automation-energy-automation/what-is-hmi/> (consulté le 07 avril 2025)

[18] RaimTech. Migrations – Modernisation des systèmes d'automatisation. Site officiel de RaimTech. <https://raimtech.com/fr/oferty/migrations/>

[19] MINKA Issam. (2024, 11 février). Chapitre 1 : Supervision industrielle [Présentation]. SlideShare. <https://fr.slideshare.net/slideshow/chapitre1-supervision-industriellepdf/266264412>.



Annexes

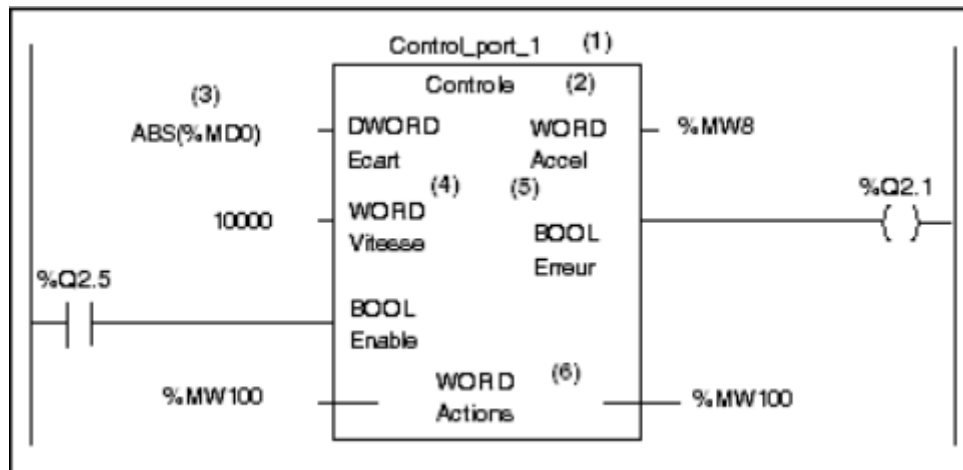
Langage IL

```
! %L0: LD      %I1.0
      ANDN    %M12
      OR (    %TM4.Q
      AND     %M17
      )
      AND     %I1.7
      ST      %Q2.5
! %L5: LD      %I1.10
      ANDN    %Q2.3
      ANDN    %M27
      IN      %TM0
      LD      %TM0.Q
      AND     %M25
      AND     %M100.X5
      [%M100.5 := %M100.8+500]
```

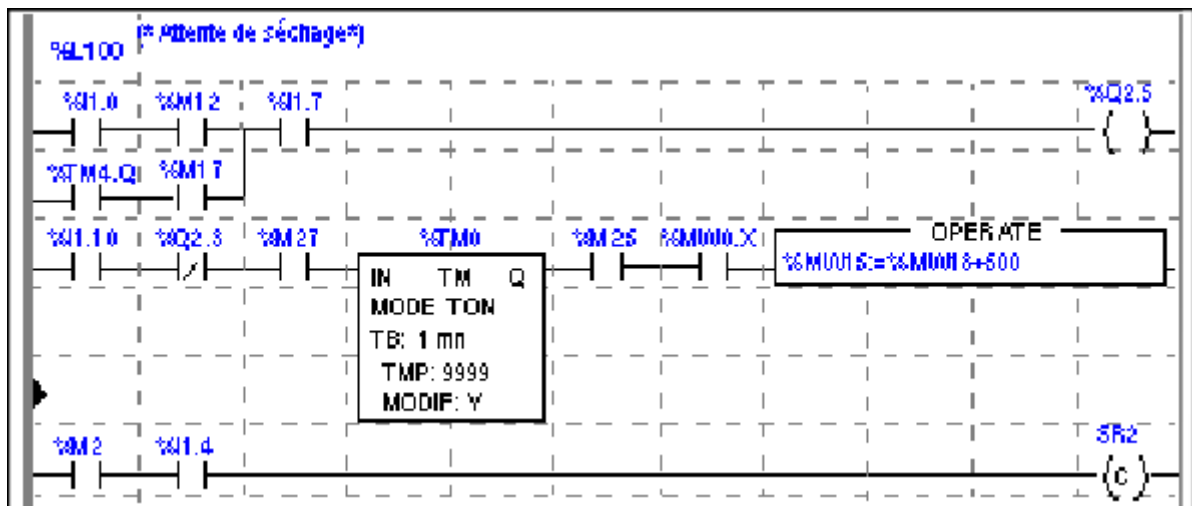
Langage ST

```
IF %M0 THEN
  FOR %M100.99 := 0 TO $1 DO
    IF %M100.00 [%M100.99] > 0 THEN
      %M100.10 := %M100.00 [%M100.99]
      %M100.11 := %M100.99;
      %M1 := TRUE;
      EXIT;          (*Sortie de la boucle FOR*)
    ELSE
      %M1 := FALSE;
    END_IF;
  END_FOR;
ELSE
  %M1 := FALSE;
END_IF;
```

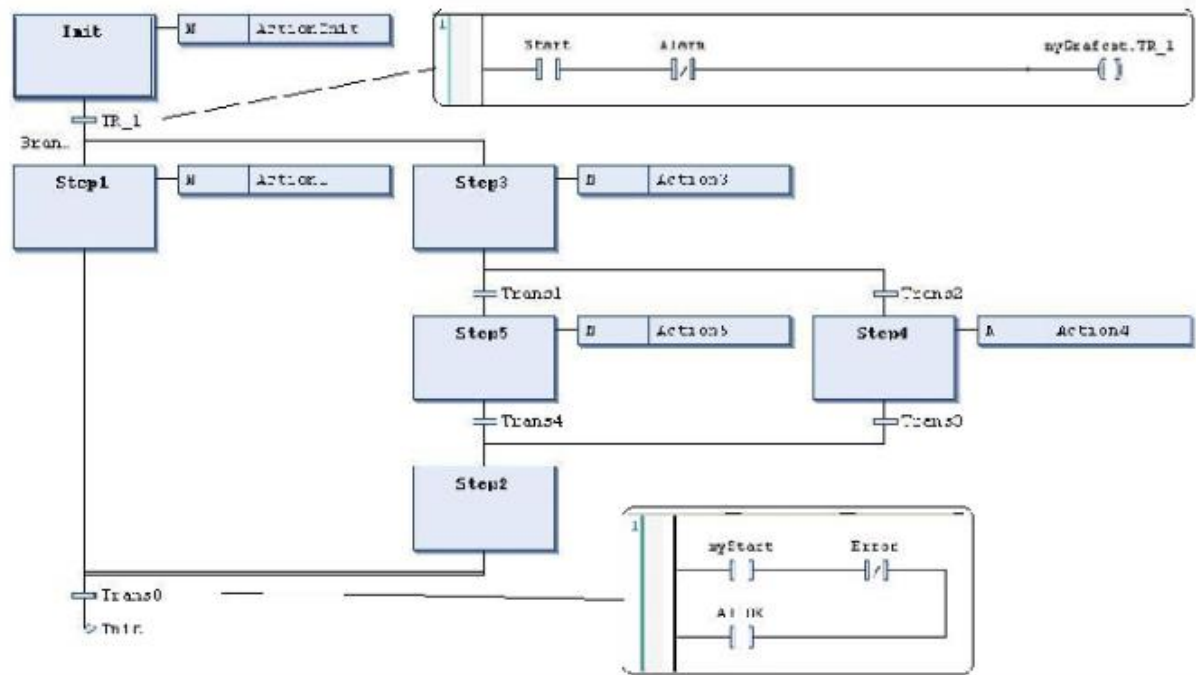
Langage FBD

















































































































































































Langage LD



















Langage SFC



Annexe : Table des variables de la formeuse de cartons après la migration - Partie2

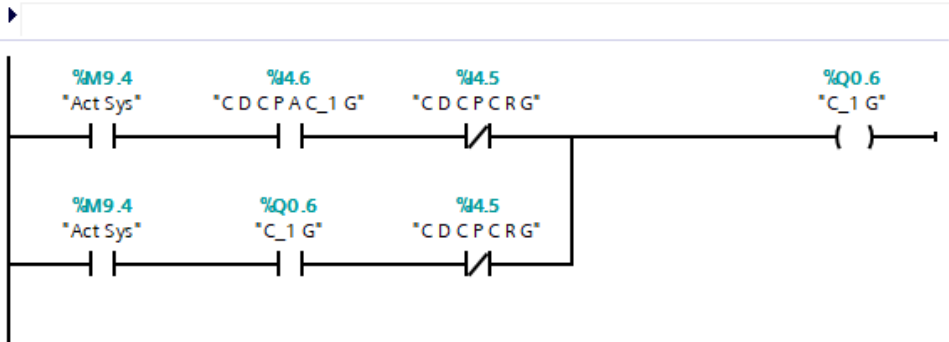
25		TT	Table de variables s...	Bool	%M64.7				Type de travail
26		L C O C	Table de variables s...	Bool	%M6.0				Lancement du cycle d'ouverture du carton
27		A C N O	Table de variables s...	Bool	%M100.1				Alarme carton non ouvert
28		TM_0	Table de variables s...	Timer	%T0				Temporisateur_0
29		CNT_1	Table de variables s...	Counter	%C1				Compteur_1
30		S F E	Table de variables s...	Bool	%M70.1				Signal fréquence élevée
31		CNT_2	Table de variables s...	Counter	%C2				Compteur_2
32		S F B	Table de variables s...	Bool	%M70.3				Signal fréquence basse
33		F R	Table de variables s...	Bool	%Q4.1				Ferme rabats
34		F R L F	Table de variables s...	Bool	%I1.5				Capteur détectant que les rabats longs non fermés
35		TM_1	Table de variables s...	Timer	%T1				Temporisateur_1
36		P	Table de variables s...	Bool	%Q4.2				Pousseur de cartons
37		TM_2	Table de variables s...	Timer	%T2				Temporisateur_2
38		P Av	Table de variables s...	Bool	%M66.1				Capteur détectant que le pousseur est en position avant
39		A E R	Table de variables s...	Bool	%M100.0				Alarme erreur réinitialisation
40		Tag_40	Table de variables s...	Bool	%M71.4				
41		CNT_5	Table de variables s...	Counter	%C5				Compteur_5
42		Tag_42	Table de variables s...	Bool	%M71.5				
43		CNT_6	Table de variables s...	Counter	%C6				Compteur_6
44		L	Table de variables s...	Bool	%I2.6				LIBRE
45		TM_13	Table de variables s...	Timer	%T13				Temporisateur_13
46		TM_14	Table de variables s...	Timer	%T14				Temporisateur_14
47		C R A	Table de variables s...	Bool	%M71.6				Contrôle de rotation actif
48		L1	Table de variables s...	Bool	%I2.2				LIBRE_1
49		C D A	Table de variables s...	Bool	%M100.2				Contrôle de défaillance actif
50		A B N D	Table de variables s...	Bool	%M100.3				Alarme bande non découpée
51		C M M	Table de variables s...	Bool	%I2.4				Capteur détectant que le magasin de cartons est au niveau min
52		M M S C	Table de variables s...	Bool	%M106.0				Message de minimum de stock de cartons
53		L2	Table de variables s...	Bool	%I2.7				LIBRE_2
54		M N M R	Table de variables s...	Bool	%M106.1				Détection d'un niveau bas de ruban adhésif
55		Tag_55	Table de variables s...	Word	%MMW4				
56		Tag_56	Table de variables s...	Word	%MMW2				
57		D C	Table de variables s...	Bool	%M0.1				Démarrage du cycle
58		C Ph D	Table de variables s...	Bool	%M0.2				Contrôle phase de démarrage
59		C S V	Table de variables s...	Bool	%I1.1				Capteur détectant que le carton est sur ventouse
60		C S F R	Table de variables s...	Bool	%I1.2				Capteur détectant que le carton est sur ferme rabats
61		C D	Table de variables s...	Bool	%M0.3				Contrôle du démarrage
62		B_1 A	Table de variables s...	Bool	%I1.3				Capteur détectant que le bras_1 est en position avant
63		Tag_63	Table de variables s...	Bool	%M1.6				
64		Tag_64	Table de variables s...	Bool	%M1.7				
65		Tag_65	Table de variables s...	Bool	%M2.0				
66		A B	Table de variables s...	Bool	%M0.4				Avancer le bras
67		R B	Table de variables s...	Bool	%M0.5				Reculer le bras
68		TM_3	Table de variables s...	Timer	%T3				Temporisateur_3
69		Ar B	Table de variables s...	Bool	%M0.6				Arrêt du bras
70		Dv	Table de variables s...	Bool	%M0.7				Déverouillage
71		C F Ph	Table de variables s...	Bool	%M101.0				Condition de fin de phase
72		L R	Table de variables s...	Bool	%Q4.5				Lampe de réarmement
73		Tag_73	Table de variables s...	Bool	%M1.3				
74		TM_5	Table de variables s...	Timer	%T5				Temporisateur_5
75		M B A	Table de variables s...	Bool	%M5.0				Marqueur pour bras automatique
76		B_2 A	Table de variables s...	Bool	%I0.6				Capteur détectant que le bras_2 est en position avant
77		M B	Table de variables s...	Bool	%Q3.1				Moteur bras
78		B Y P B	Table de variables s...	Bool	%Q3.2				BYPASS bras
79		C A M F C	Table de variables s...	Bool	%M5.1				Commande d'activation du mécanisme de fermeture des rabats
80		Tag_80	Table de variables s...	Bool	%M1.5				
81		M C V	Table de variables s...	Bool	%M5.2				Marqueur de commande vide
82		Tag_82	Table de variables s...	Bool	%M1.1				
83		E E	Table de variables s...	Timer	%T12				Économie d'énergie
84		MT	Table de variables s...	Bool	%Q3.0				Moteur tapis
85		TM_8	Table de variables s...	Timer	%T8				Temporisateur_8
86		C O C L	Table de variables s...	Bool	%M5.3				Commande ouverture crochets latéraux
87		TM_9	Table de variables s...	Timer	%T9				Temporisateur_9
88		C F C L	Table de variables s...	Bool	%M5.4				Commande fermeture crochets latéraux
89		M C L	Table de variables s...	Bool	%M5.5				Marqueur de crochets latéraux
90		TM_10	Table de variables s...	Timer	%T10				Temporisateur_10
91		Tag_91	Table de variables s...	Bool	%M5.6				
92		TM_11	Table de variables s...	Timer	%T11				Temporisateur_11
93		M C C V	Table de variables s...	Bool	%M5.7				Marqueur de commande du crochets verticaux

Annexe : Table des variables IHM – Partie2.

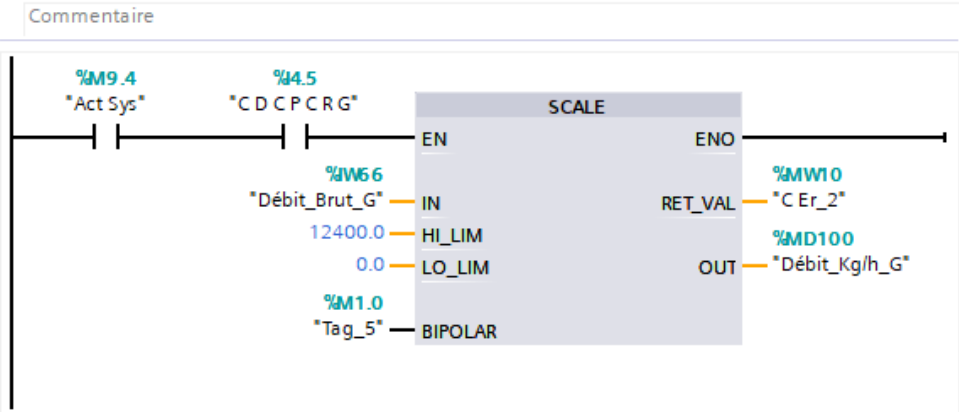
	Nom ▲	Table des variables	Type de données	Connexion	Nom API	Variable API	Adresse
	MB	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"MB"	%Q3.1
	MT	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"MT"	%Q3.0
	Masse_par_cyc...	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	Masse_par_cycl...	%MD240
	Masse_par_cyc...	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	Masse_par_cycl...	%MD120
	MR	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	MR	%I4.0
	Numéro_vue_...	Table de variables standard	UInt	<Variable intern...		<indéfini>	
	P	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	P	%Q4.2
	PAS	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	PAS	%I0.5
	Poids_cible_Kg...	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	Poids_cible_Kg_D	%MD220
	Poids_cible_Kg...	Table de variables standard	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	Poids_cible_Kg_G	%MD130
	RESET	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	RESET	%I0.3
	V D	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"V D"	%Q0.3
	V G	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"V G"	%Q1.2
	V R D	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"V R D"	%Q0.2
	V R G	Table de variables standard	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"V R G"	%Q1.0
	Variable de dé...	Table de variables standard	Word	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Variable de déc...	%MW60

Annexes : Réseaux de la ligne gauche

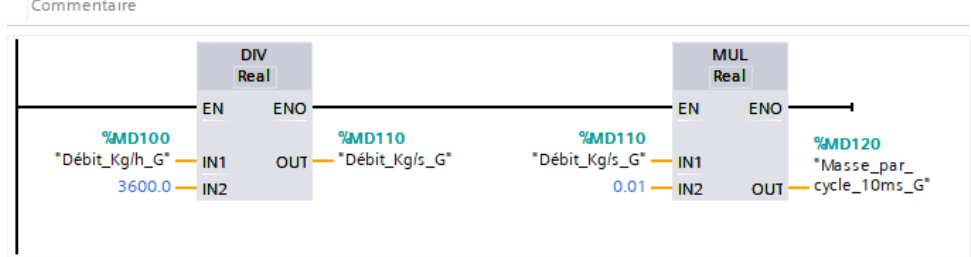
▼ Réseau 24 : Contrôle du convoyeur 1 gauche.



▼ Réseau 25 : Traitement du signal du débitmètre.

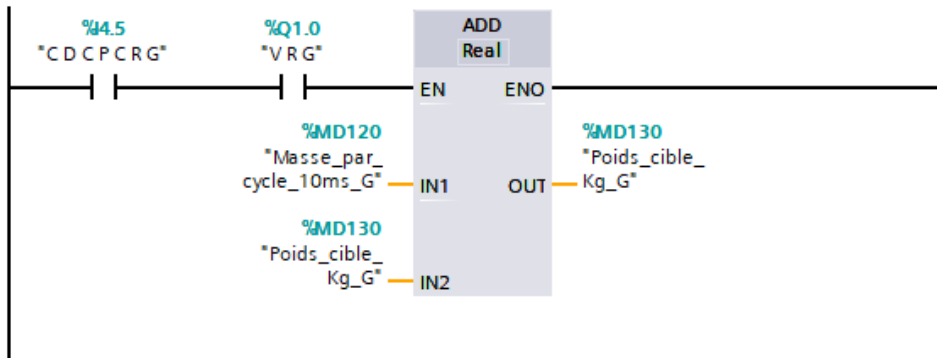


▼ Réseau 26 : Conversion du débit massique en masse par cycle.



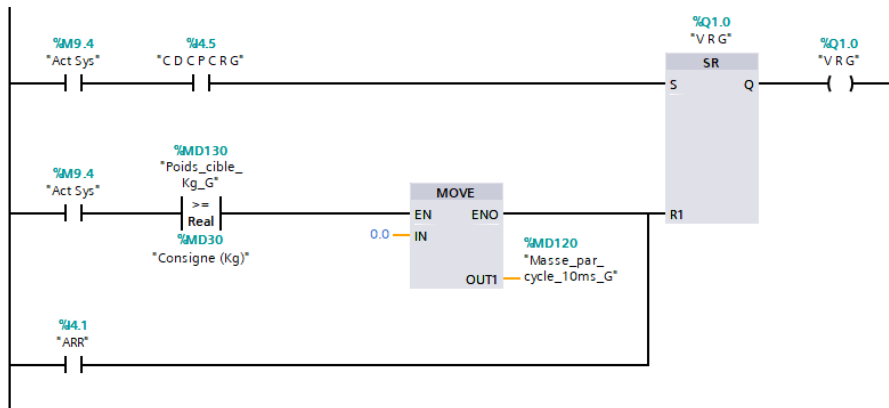
▼ Réseau 27 : Totalisation de la masse.

Commentaire



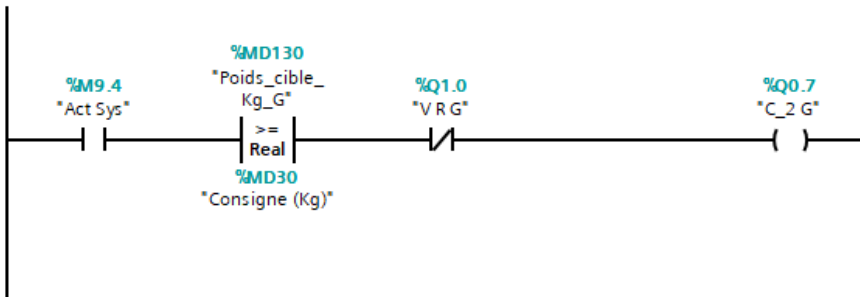
▼ Réseau 28 : Contrôle de la vanne de remplissage gauche.

Commentaire



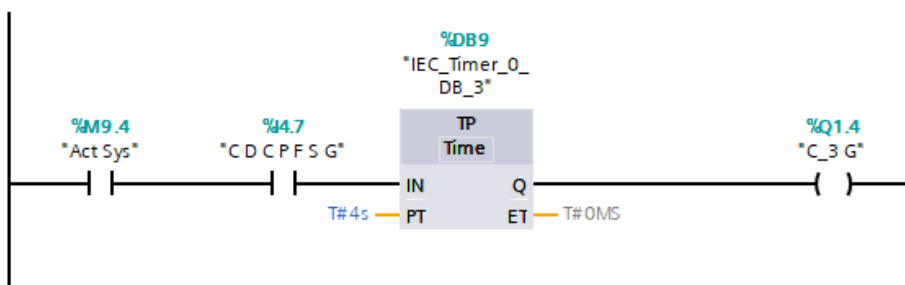
▼ Réseau 29 : Contrôle du convoyeur 2 gauche.

Commentaire



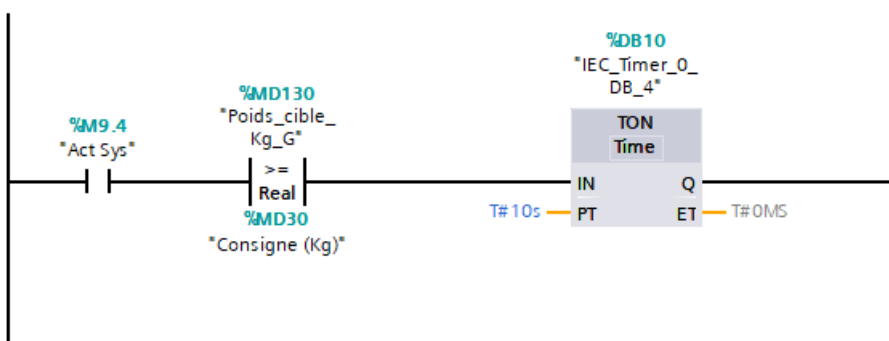
▼ Réseau 30 : Contrôle du convoyeur 3 gauche.

Commentaire



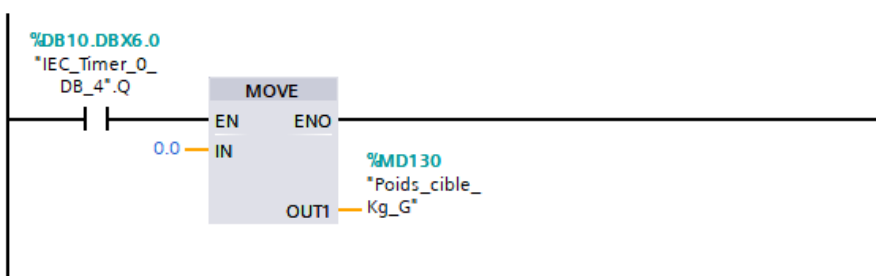
▼ Réseau 31 : Temporisation après atteinte du poids cible.

Commentaire



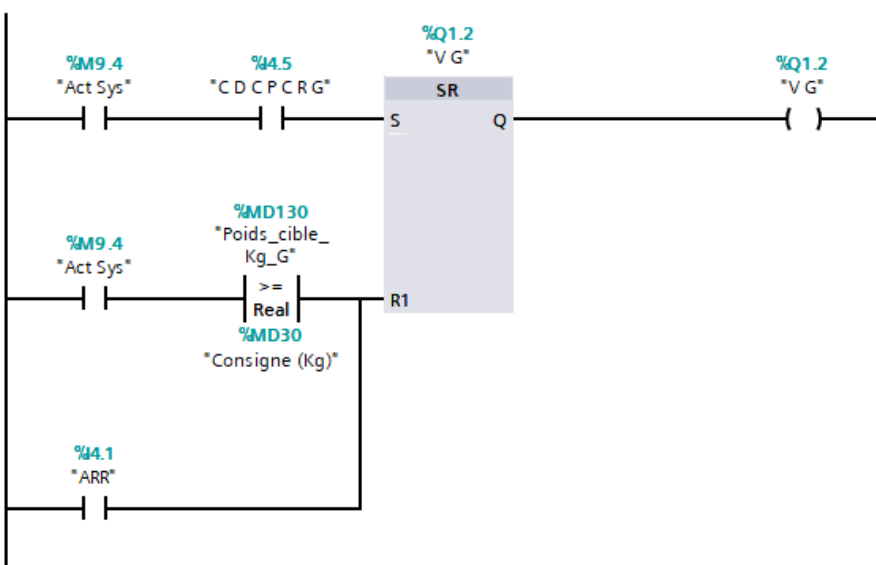
▼ Réseau 32 : Réinitialisation du poids cible.

Commentaire



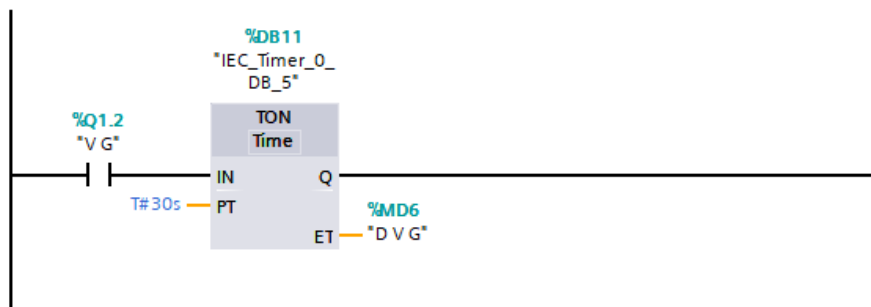
▼ Réseau 33 : Contrôle du vérin gauche (distributeur).

Commentaire



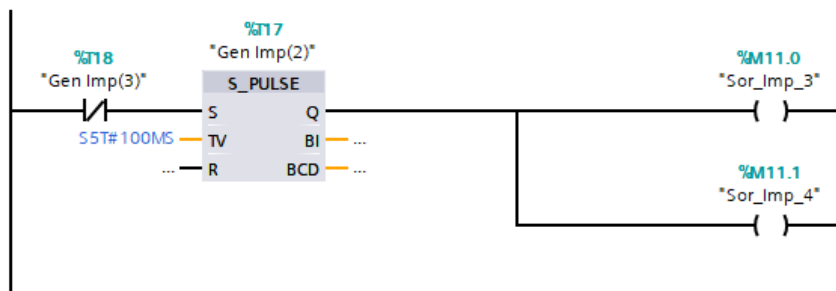
▼ Réseau 34 : Gestion du mouvement du vérin gauche (IHM).

Commentaire



▼ Réseau 35 : Alternance d'impulsions entre T18 et T17 - Déclenchement de sorties.

Commentaire



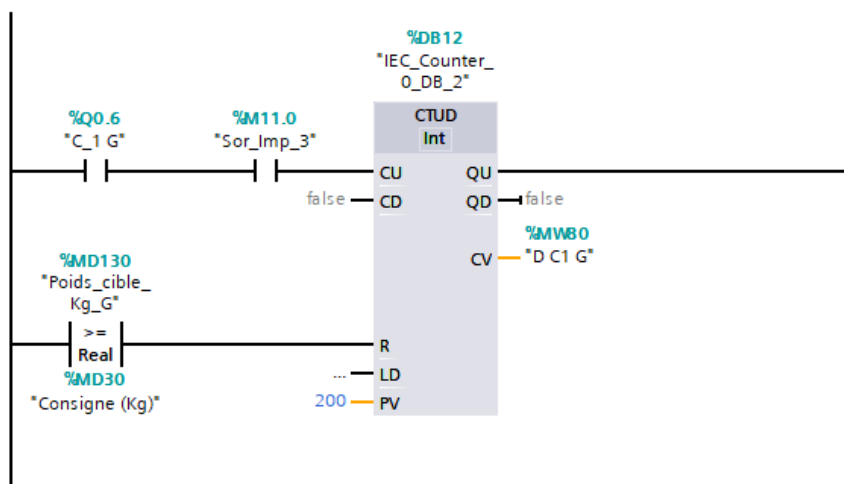
▼ Réseau 36 : Bouclage des impulsions entre T17 et T18.

Commentaire



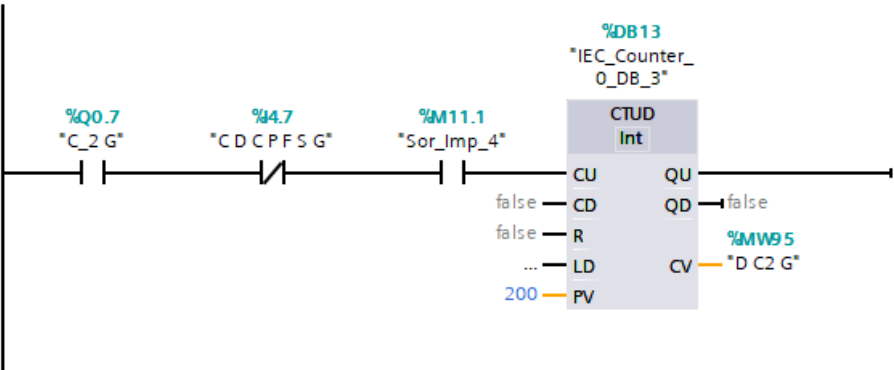
▼ Réseau 37 : Gestion du mouvement du carton vide gauche (IHM).

Commentaire



▼ Réseau 38 : Gestion du mouvement du carton 2 gauche (IHM).

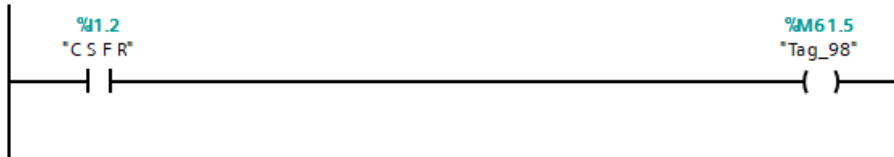
Commentaire



Annexes : Alarmes restantes

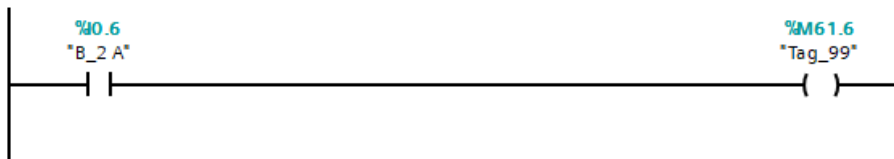
▼ Réseau 44 : Alarme carton sur ferme rabats.

Commentaire



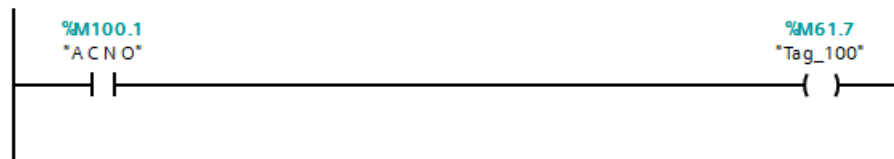
▼ Réseau 45 : Alarme bras_2 en avant.

Commentaire



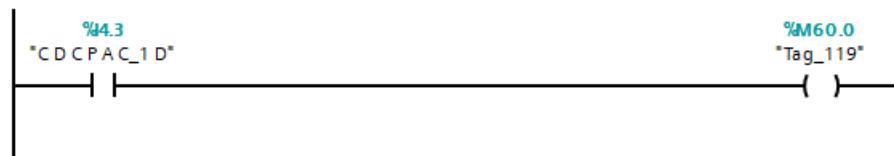
▼ Réseau 46 : Alarme attention carton non ouvert.

Commentaire



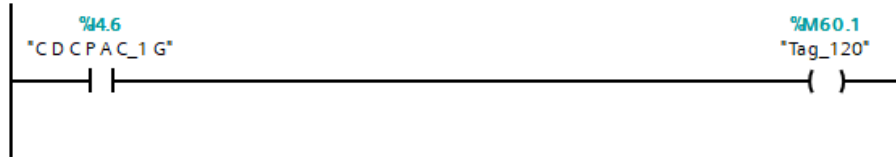
▼ Réseau 47 : Alarme carton détecté sur convoyeur_1 droit.

Commentaire



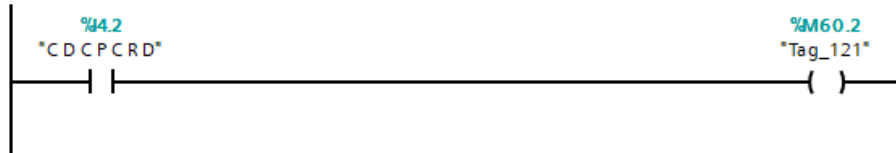
▼ Réseau 48 : Alarme carton détecté sur convoyeur_1 gauche.

Commentaire



▼ Réseau 49 : Alarme carton détecté sous la vanne droite.

Commentaire



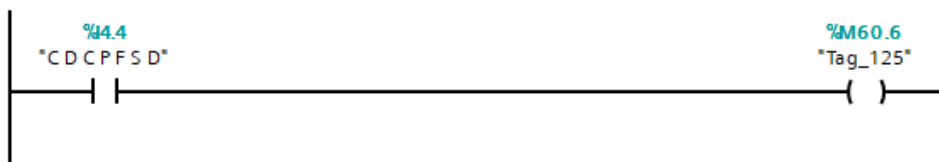
▼ Réseau 52 : Alarme carton gauche rempli.

Commentaire



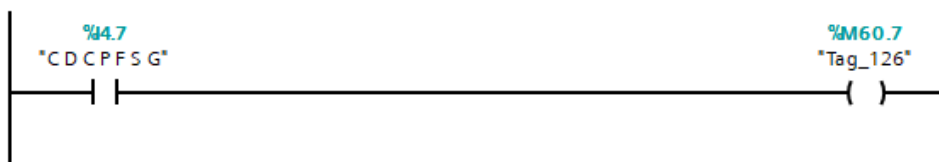
▼ Réseau 53 : Alarme carton détecté à côté de la fermeuse de sachets droite.

Commentaire



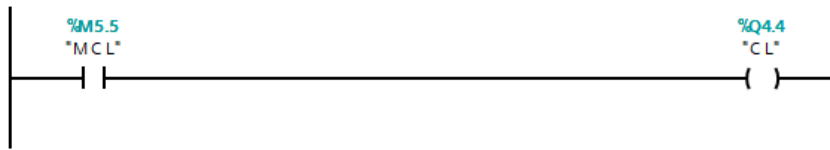
▼ Réseau 54 : Alarme carton détecté à côté de la fermeuse de sachets gauche.

Commentaire



▼ Réseau 14 : CROCHETS LATÉRAUX

Commentaire



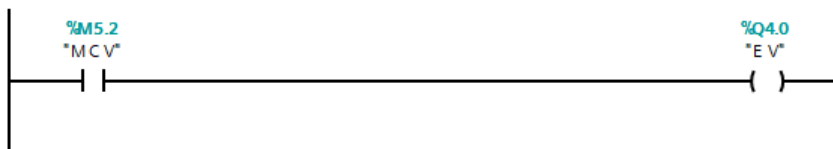
▼ Réseau 16 : Crochets verticaux

Commentaire



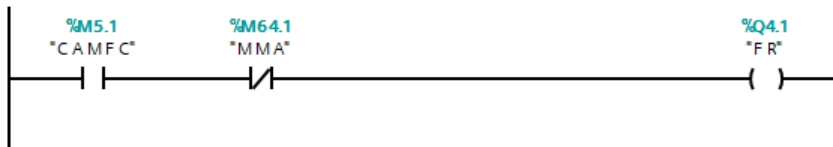
▼ Réseau 9 : Sortie pour commander l'électrovanne assurant la création du vide

Commentaire



▼ Réseau 6 : Sortie pour activer mécanisme de fermeture des rabats du carton

Commentaire



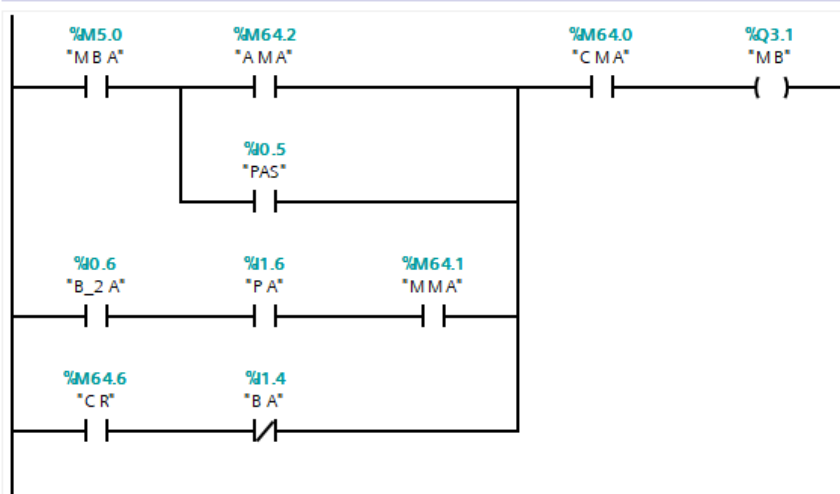
▼ Réseau 7 : Sortie qui commande le poussoir des cartons vers la prochaine étape

Commentaire



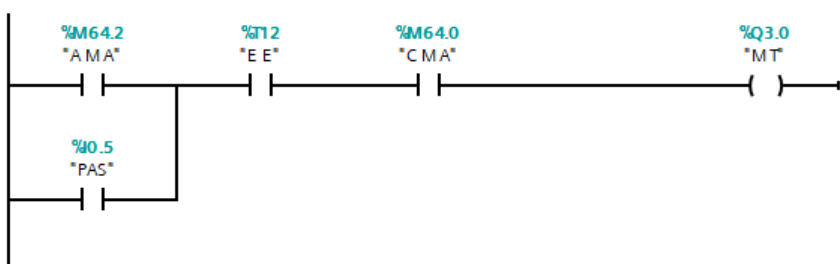
▼ Réseau 3 : Sortie du bras formateur

Commentaire



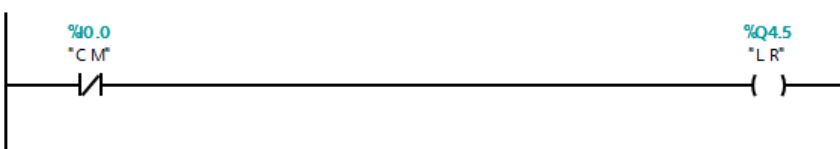
▼ Réseau 11 : Moteur tapis

Commentaire

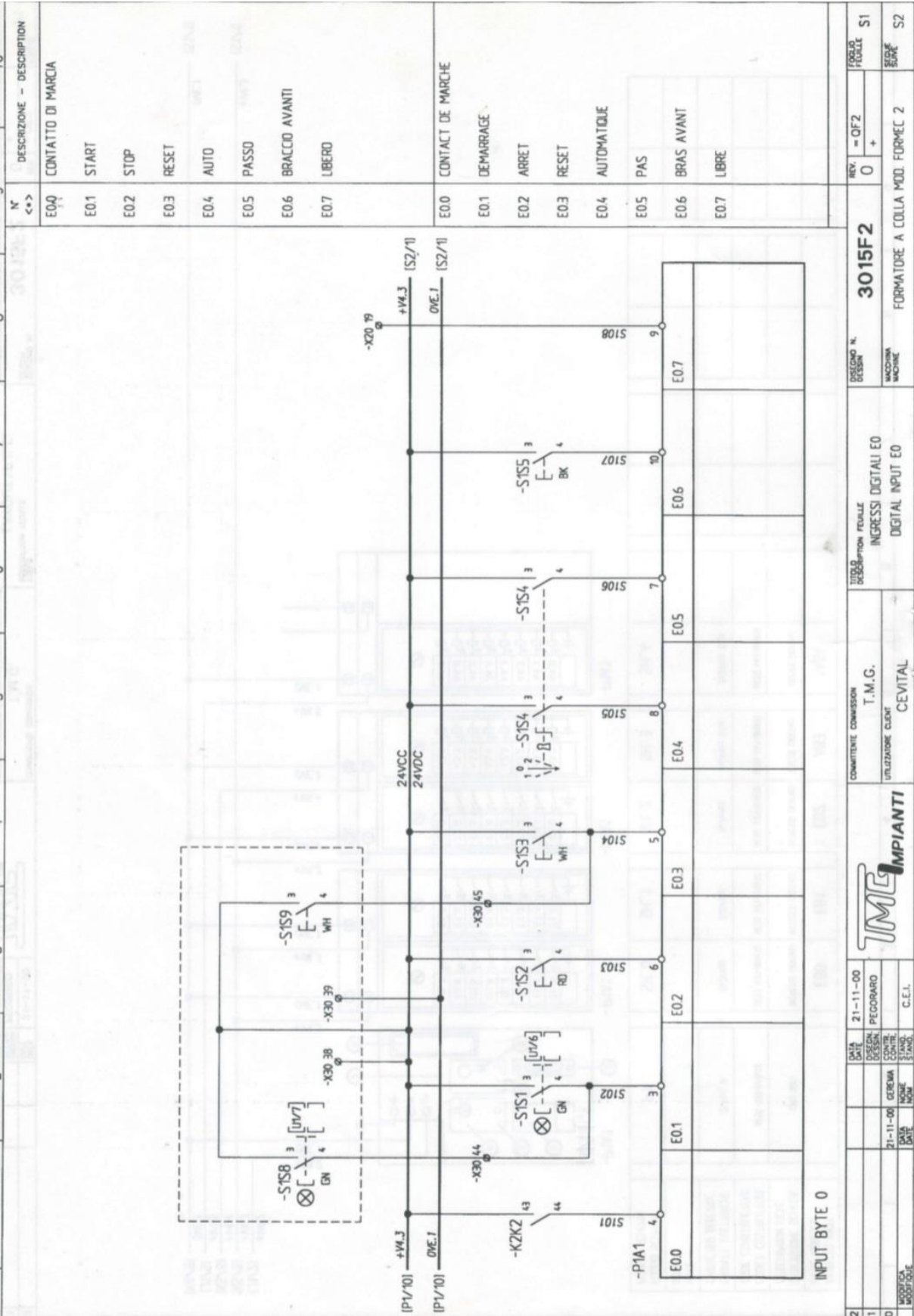


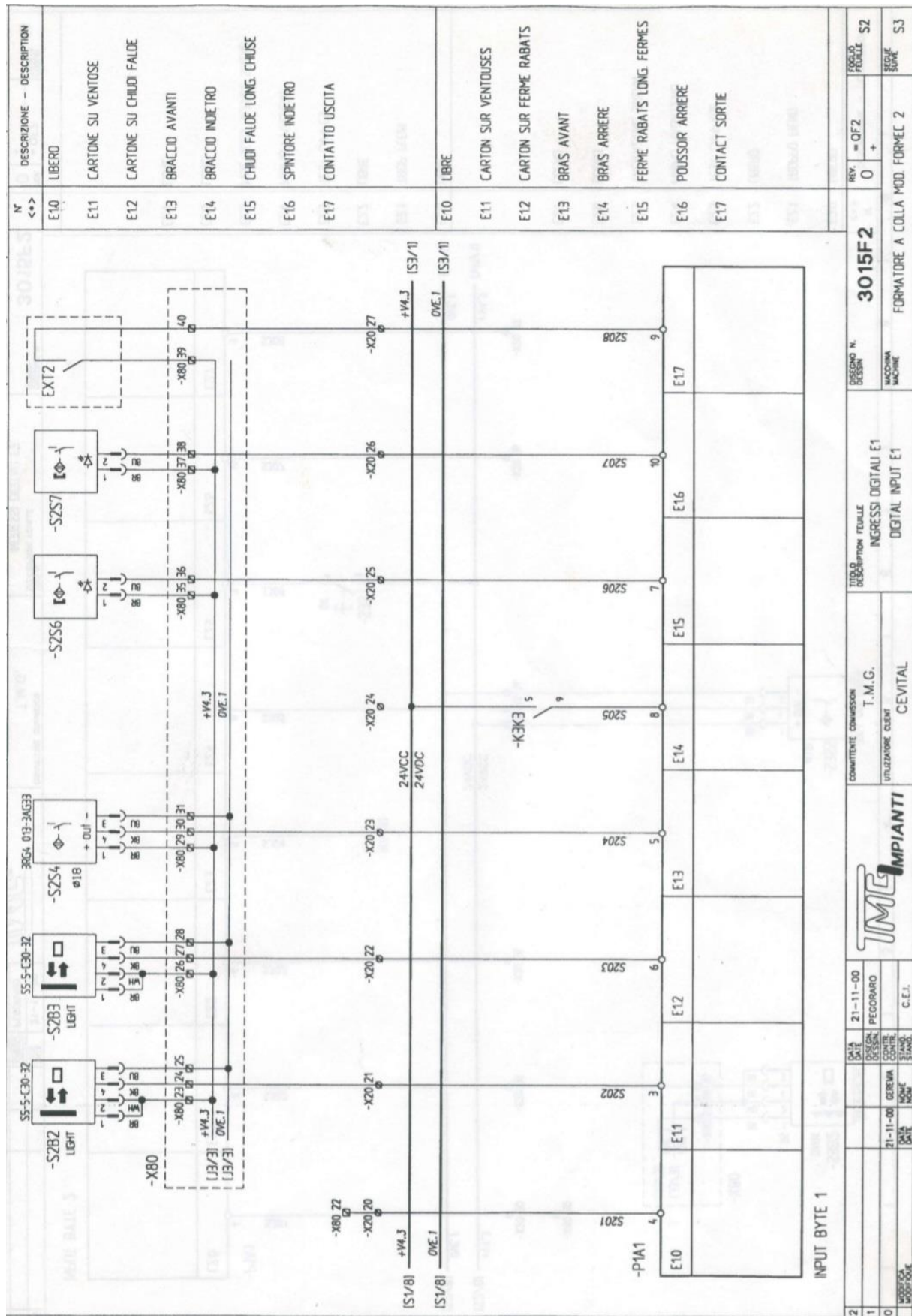
▼ Réseau 1 : Lampe de rearmement

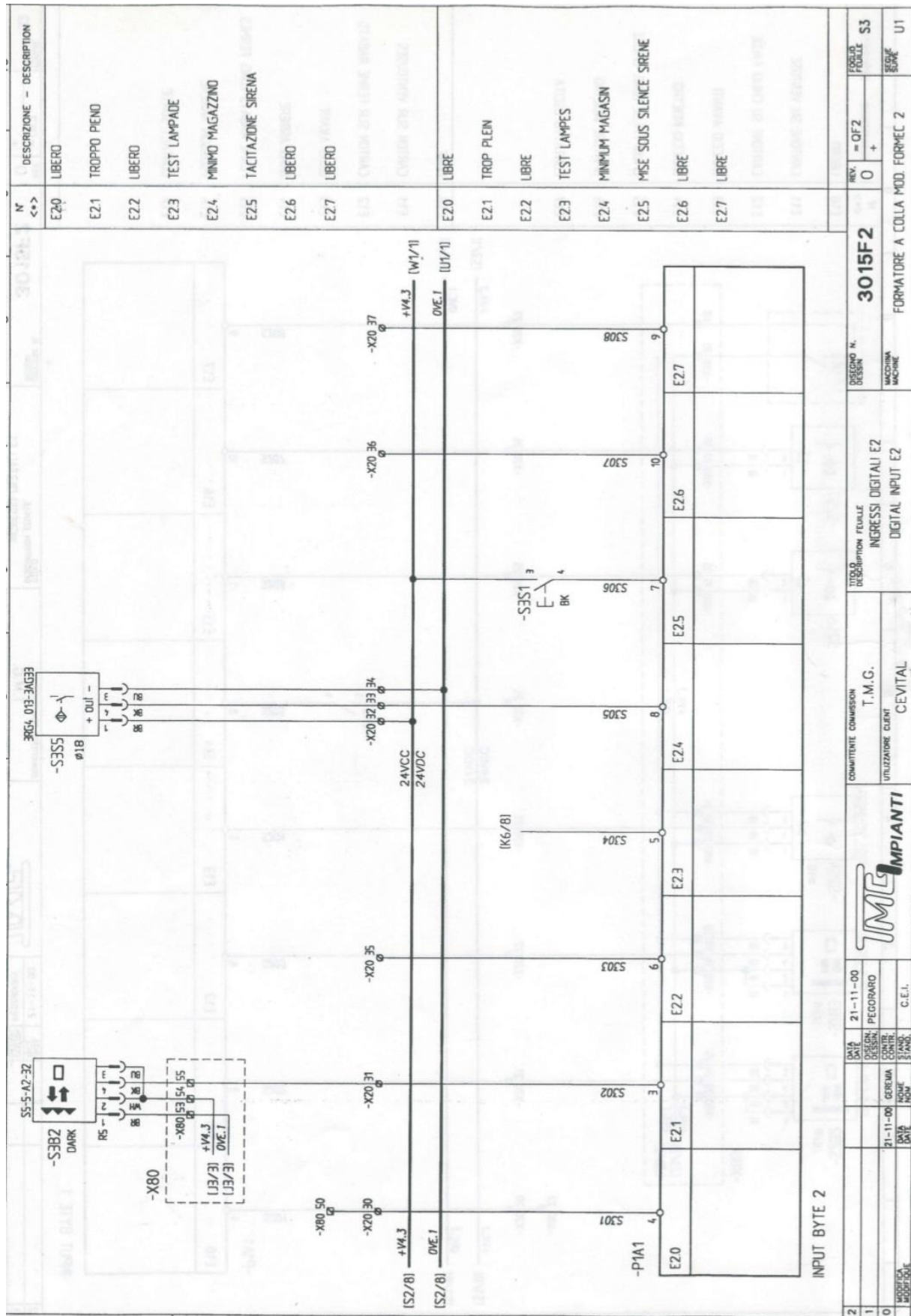
Commentaire

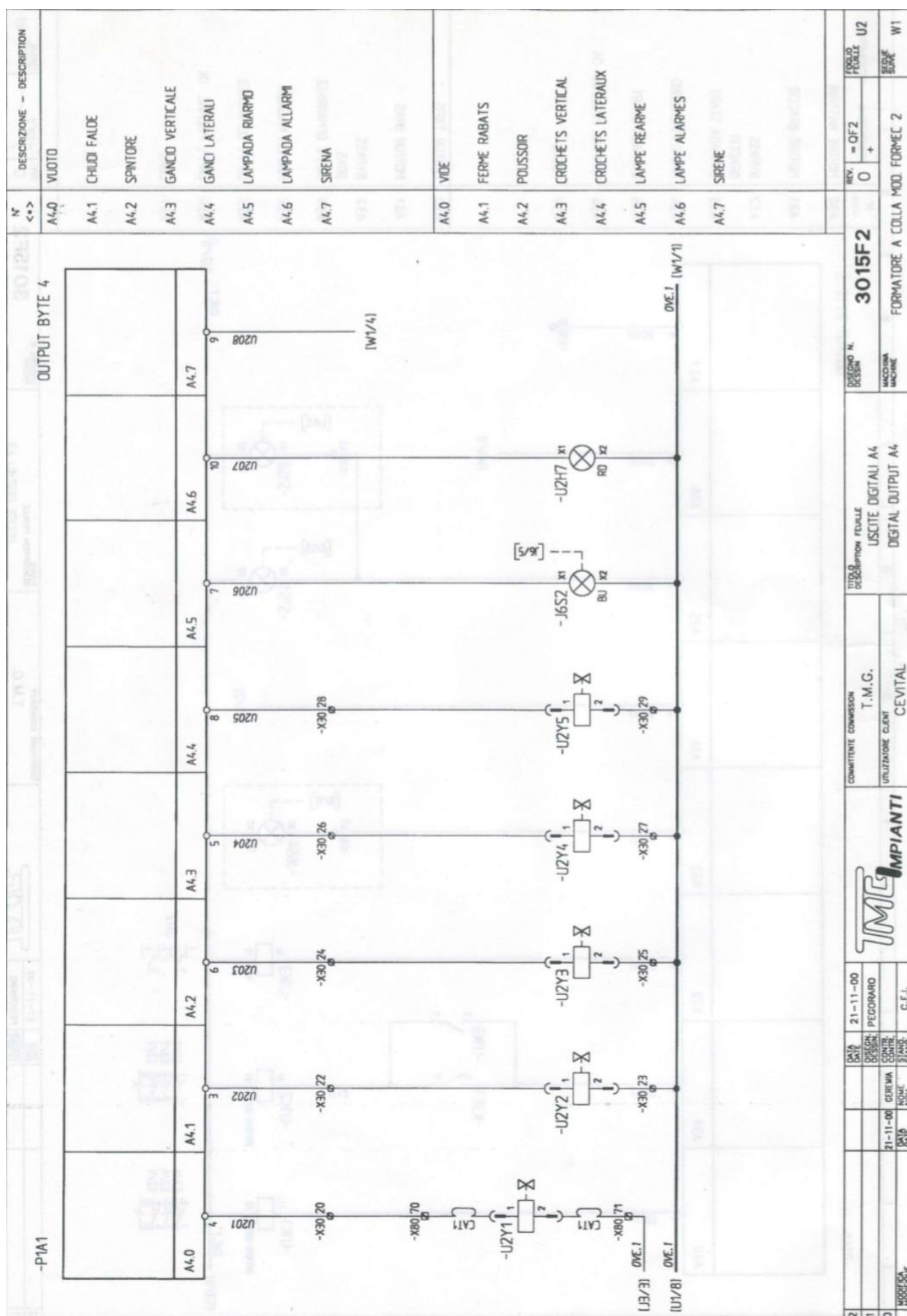


Annexes : Schéma électrique associé à la formeuse de cartons.







[illegible]

Résumé

Ce projet de fin d'études porte sur la modernisation d'une ligne de conditionnement de cartons de margarine au sein de l'entreprise Cevital. L'objectif principal était de remplacer un automate Siemens S5 obsolète par un S7-300 et de rendre le système de remplissage plus précis, rapide et quasi entièrement automatisé. Pour cela, un débitmètre massique a été intégré, des capteurs et convoyeurs ont été installés, et une interface homme-machine (IHM) a été développée pour la supervision du processus. Cette solution a permis de réduire l'intervention humaine, d'améliorer la cadence et la fiabilité de la production, tout en ouvrant des perspectives d'évolution vers une automatisation complète. Ce projet m'a permis de renforcer mes compétences en automatisation, en instrumentation et en conception d'IHM, tout en répondant à des problématiques industrielles concrètes.

Abstract

This final-year project focuses on the modernization of a margarine carton packaging line at Cevital. The main objective was to replace the outdated Siemens S5 PLC with a modern S7-300 and to develop a more precise, faster, and nearly fully automated filling system. A mass flowmeter was integrated, sensors and conveyors were added, and a human-machine interface (HMI) was designed to monitor and control the process. This solution significantly reduced human intervention, improved production speed and reliability, and paved the way for full automation. This project enhanced my skills in PLC programming, instrumentation, and HMI design while addressing real-world industrial challenges.

المخلص

يركز مشروع نهاية الدراسة هذا على تحديث خط تعبئة علب المارجرين في شركة سيفيتال. كان الهدف الأساسي هو استبدال المتحكم القديم Siemens S5 بمتحكم حديث S7-300، وتطوير نظام تعبئة دقيق وسريع وشبه آلي بالكامل. تم دمج مقاييس تدفق كتلي، وتنبيت حساسات وناقلات، وتطوير واجهة تفاعل بين الإنسان والآلة (HMI) للإشراف على العملية. ساهم هذا الحل في تقليل التدخل البشري، وزيادة وتيرة الإنتاج، وتحسين الموثوقية، مع توفير إمكانية الانتقال لاحقاً إلى الأتمتة الكاملة. وقد مكنتني هذا المشروع من تعزيز مهاراتي في برمجة المتحكمات، وأجهزة القياس، وتصميم الواجهات، مع التعامل مع مشكلات صناعية واقعية.