الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Département : Génie électrique Et Informatique Industrielle

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme Ingénieur d'état en Automatique

Spécialité
Automatique et informatique industrielle

Contribution à l'automatisation et la supervision d'une machine de production de chocolat en poudre

Réalisé par

Nizar CHENOUF
Yasmina Salsabil SEMMADI

Présent(e) et soutenue publiquement le (04/07/2023)

Composition du Jury :

Président	M. Amar REZOUG,	M.C.A	ENST
Encadrant	M. Reda DERMOUCHE,	M.C.B	ENST
Co-encadrant	M. Mahrez Barkouk,	Expert métier	Cévital
Examinateur	Mme. Faiza BOUGCHICHE,	M.A. A	ENST
Examinateur	M. Samir KHALOUAT,	M.C.B	ENST

Année universitaire 2022 –2023

Cher Département,

J'espère que cette lettre vous trouve en bonne santé et que vous poursuivez vos activités avec succès. Je tiens à partager avec vous mon expérience en tant qu'encadrant des étudiants de votre département, tant pendant leur stage que lors de la réalisation de leur projet de fin d'études et de leur programme de master.

En ma qualité d'encadrant, j'ai eu l'opportunité de travailler avec ces étudiants exceptionnels, et je souhaite attester du sérieux et de l'engagement dont ils ont fait preuve tout au long de leur parcours. Dès le départ, j'ai veillé à ce qu'ils suivent attentivement mes conseils et j'ai personnellement supervisé chaque transition et chaque étape, m'assurant que tout se déroulait conformément aux attentes.

Ces étudiants ont fait preuve d'un dévouement exemplaire envers leur travail, en suivant avec rigueur les mécanismes et les dispositifs choisis. Je tiens à souligner qu'ils ont apporté des modifications mécaniques remarquables, ainsi que l'ajout de capteurs et d'autres dispositifs, après de longs débats et discussions pour évaluer leurs points de vue et les arguments pertinents. Toutes ces modifications ont été soigneusement vérifiées avant d'être approuvées.

Dès le départ, j'ai personnellement inspecté le programme dans son ensemble afin de garantir son adéquation. Cependant, il restait encore à tester ces modifications dans des conditions réelles pour ajouter les ajustements nécessaires. Je tiens à souligner que les étudiants ont fait preuve d'une excellente compréhension de fonctionnement de la machine et ont su proposer des améliorations pertinentes.

Avec un grand souci d'améliorer cette machine et de la faire entrer dans l'ère de l'industrie 4.0. Ils ont réalisé une supervision multiplateforme remarquable, permettant la collecte et la supervision des données de manière efficace. Leur objectif était de faciliter l'accès et la commande à distance, y compris via Internet, leur capacité à relever les défis techniques et à trouver des solutions novatrices a été impressionnante. Ils ont suivi les dernières avancées technologiques et les meilleures pratiques de l'industrie pour s'assurer que cette machine répond aux normes les plus élevées de l'industrie 4.0.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers ces étudiants pour leur collaboration exemplaire et pour leur contribution précieuse tout au long de leur parcours. En tant qu'encadrant, j'ai été honoré d'avoir travaillé avec eux et je suis certain qu'ils feront honneur à votre département dans toutes leurs réalisations futures.

Je vous remercie de prendre en considération cette lettre et de reconnaître les efforts exceptionnels de ces étudiants. Ils méritent d'être félicités pour leur engagement et leurs performances remarquables.

Cordialement,

BERKOUK Mahrez
Expert métier (automatisme industriel)
Mahraz_Berkouke@cevital.com

Signature

Mahrez BERKOUK
Expert Métier



Dédicaces

“

Je tiens à dédier ce travail à une source infinie d'inspiration et de soutien mes parents bien-aimés, Mme. BENLATRACH Sabrina, M. CHENOUF Mabrouk surnommé Lakhdar, je vous suis profondément reconnaissant pour votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible et votre encouragement constant. Votre dévouement et vos sacrifices ont été les piliers de ma réussite. Je vous suis éternellement reconnaissant pour votre confiance en moi et pour avoir toujours cru en mes capacités.

Je souhaite également exprimer ma gratitude à mes amis et ma famille qui m'ont soutenu tout au long de cette aventure. Vos encouragements, vos conseils et votre présence ont été une source d'inspiration et de motivation. Merci d'avoir été là à chaque étape, partageant les hauts et les bas, et m'encourageant à donner le meilleur de moi-même.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin M. BARKOUK Mahrez M.DERMOUCH REDA , ainsi que tous les personnes que je pourra pas motionnés, à la réalisation de ce projet. Vos conseils, vos idées et votre expertise ont enrichi mon travail et ont été d'une valeur inestimable.

Que cette dédicace témoigne de ma profonde gratitude envers chacune de ces personnes spéciales qui ont fait partie de mon parcours. Que leur amour, leur soutien et leur inspiration continuent de guider mes pas vers un avenir prometteur.

"La réussite est le fruit de la persévérance, de l'amour et du soutien de ceux à qui nous entourent."

”

- Nizar

“

C'est avec profonde gratitude et sincères mots que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à mes chers parents Mme. Chafika BENLABIOD et M. Nacer Eddine SEMMADI ; qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux.

J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi,que dieux leur prête bonheur et longue vie.

Je dédie aussi ce travail à mon frère,ma soeur, ma famille, mes amis et à tous ceux qui me sont chers.

”

- Yasmina Salsabil

Remerciement

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions très chaleureusement notre encadrant, **M. Reda DERMOUCHE**, pour sa disponibilité, son écoute et la qualité de son encadrement. Ses conseils précieux ont été d'une grande aide tout au long de ce travail.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers notre co-directeur, **M. Mahrez BARKOUK**, pour son encadrement et ses conseils avisés.

Nous tenons également à remercier l'organisme CEVITAL de nous avoir offert cette opportunité de stage. Ce fut une expérience enrichissante et gratifiante.

Nos remerciements s'adressent également au cadre administratif et enseignant de l'ENST, ainsi qu'à tous les professeurs qui ont contribué à notre formation.

Nous sommes reconnaissants envers toutes les personnes qui ont soutenu et encouragé notre travail, et nous les remercions sincèrement pour leur contribution.

Table des matières

Table des figures **1**

Liste des tableaux **1**

Introduction générale **2**

I Notions élémentaires **4**
I.1 Introduction . . . 5
I.2 La révolution industrielle . . . 5
1.2.1 Historique . . . 5
1.2.2 Les apports de l'Industrie 4.0 . . . 6
I.3 La chaine de valeur automatisée . . . 6
1.3.1 Définition . . . 6
1.3.2 L'internet des objets (IoT) et son rôle dans l'automatisation de la chaîne de valeur 7
1.3.3 Avantages . . . 7
I.4 La télémaintenance . . . 7
1.4.1 Définition . . . 7
1.4.2 Les technologies de la télémaintenance . . . 7
1.4.3 L'importance de la télémaintenance dans l'industrie . . . 8
1.4.4 Mise en œuvre de la télémaintenance . . . 8
I.5 L'Internet d'Objet . . . 8
1.5.1 Définition . . . 8
1.5.2 Les avantages dans l'industrie . . . 8
I.6 L'optimisation des processus industriels . . . 9
1.6.1 Introduction . . . 9
1.6.2 Démarche suivi pour l'optimisation . . . 9
1.6.3 Le potentiel de l'optimisation des processus pour améliorer l'efficacité et la rentabilité 9
I.7 Conclusion . . . 9

II Etude de l'existant **10**
II.1 introduction . . . 11
II.2 Présentation de l'organisme d'accueil . . . 11
2.2.1 Présentation de Cevital . . . 11
2.2.2 Missions et objectifs . . . 11
2.2.3 Structure interne de Cevital . . . 11
II.3 Étude de l'existant . . . 12
2.3.1 déscription de processus de production . . . 12
2.3.2 description du système . . . 13
II.4 Description du fonctionnement du système actuel . . . 14
II.5 Configuration matérielle actuelle . . . 18
II.6 Audit . . . 19
2.6.1 Risques . . . 20
2.6.2 difficultés opérationnels . . . 20
II.7 Conclusion . . . 20

III Analyse et conception **21**
III.1 Introduction . . . 22
III.2 Rappel sur le besoin . . . 22
III.3 Représentation de la solution . . . 22

3.3.1 Description de la solution proposée . . . 23
III.4 Choix du matériel . . . 28
3.4.1 Conception électrique . . . 28
3.4.2 Conception mécanique . . . 34
III.5 Architecture fonctionnelle de la solution . . . 40
III.6 Conclusion . . . 42

IV Développement et programmation **44**
IV.1 Introduction . . . 45
IV.2 Programmation du processus . . . 45
4.2.1 Les langages utilisés . . . 46
4.2.2 Déclaration des variables . . . 47
4.2.3 Pré-fonctionnement (FC1-FC14) . . . 47
4.2.4 Fonctionnement normal . . . 53
IV.3 Configuration de la carte Raspberry Pi . . . 68
4.3.1 Définition . . . 68
4.3.2 Mise en marche . . . 68
4.3.3 Attribution d'une IP à notre RPI . . . 70
IV.4 Création et Manipulation de base de données . . . 70
4.4.1 Construction de la Base de données . . . 70
4.4.2 Manipulation des données . . . 71
IV.5 Test . . . 73
4.5.1 Test de programme . . . 73
4.5.2 Test de la communication Modbus TCP/IP . . . 73
IV.6 Implémentation . . . 75
IV.7 Conclusion . . . 76

V Supervision multiplateforme **77**
V.1 Introduction . . . 78
V.2 Programmation de l'IHM de production . . . 78
5.2.1 IHM production . . . 78
5.2.2 IHM Cacao . . . 85
V.3 Programmation de la page web . . . 86
5.3.1 page web standard . . . 86
5.3.2 Page web utilisateur . . . 89
V.4 Application mobile . . . 94
V.5 Test . . . 95
5.5.1 Test de la page web . . . 95
V.6 Conclusion . . . 96

Conclusion et perspectives **97**

Bibliographie **99**

Annexes **101**

A Définitions **1**

B Photos réelles **30**

C Cahier des charges **36**

ـملخص **60**

Résumé **61**

Abstract **62**

Table des figures

I.1 Révolution industrielle 6

II.1 La structure interne de Cevital 12
II.2 Schéma de machine à l'état actuel 13
II.3 Photo réelle de la configuration réelle existante 14
II.4 Photo réelle du sous process sucre 15
II.5 Photo réelle de la porte du mélangeur 17
II.6 Photo réelle du convoyage du mélange 18

III.1 GEMMA 24
III.2 Schéma de fonctionnement de l'automatisation machine 26
III.3 Prototype de l'interface homme-machine principale 27
III.4 Prototype de la page web 27
III.5 Schéma de machine après automatisation 28
III.6 IDE 250 29
III.7 définition des entrées sorties d'indicateur IDE250 29
III.8 Échange de données IDE250-S7 1500 30
III.9 Table de lecture et d'écriture des données 30
III.10 Table de lecture des informations de dosage 30
III.11 fonctionnement du variateur 31
III.12 Télégramme Profinet 31
III.13 Télégramme Profinet 31
III.14 Télégramme Profinet 32
III.15 Télégramme de type 1 32
III.16 Télégramme de type 20 32
III.17 Traduction des mots 32
III.18 Schéma de la peseuse 34
III.19 Conception de la trémie peseuse 35
III.20 Conception par solidworks de la peseuse 35
III.21 Vue de face trémie peseuse 36
III.22 Vue de droite trémie peseuse 36
III.23 Vue de dessus trémie peseuse 36
III.24 Vue de dessous trémie peseuse 36
III.25 Différentes vues de trémie peseuse 36
III.26 Conception de la porte de trémie peseuse 37
III.27 Conception par solidworks de la porte 37
III.28 Les différentes vues de la porte 38
III.29 Doseur d'arômes 38
III.30 Courroies trapézoïdales 39
III.31 étape de conception du courroie 39
III.32 Les principales dimensions trapézoïdales 40
III.33 définitions des paramètres 40
III.34 Architecture de système 41
III.35 Configuration matérielle 41

IV.1 Architecture programme 45
IV.2 Blocs programme 46
IV.3 Les langages utilisés 46
IV.4 Exemple table de variable M1010 47
IV.5 Grafcet proposé de pré-fonctionnement 48

IV.6 Mise à jour des paramètres La recette . . . 48
IV.7 Algorithme 0 . . . 49
IV.8 partie de code FC1 . . . 50
IV.9 La conversion de type Lint vers Real . . . 51
IV.10 Le bloc de données 'Base de données' . . . 51
IV.11 Grafcet fonctionnement normal . . . 53
IV.12 Grafcet proposé du fonctionnement mélangeur . . . 54
IV.13 code d'activation de la résistance . . . 54
IV.14 PID température . . . 55
IV.15 Boucle de régulation . . . 55
IV.16 NORM_X/SCALE_X de la sonde de température PT100 . . . 55
IV.17 Type de régulation . . . 56
IV.18 Paramètre d'entrée/sortie . . . 56
IV.19 Limite de la mesure . . . 56
IV.20 code d'activation moteur du mélangeur . . . 57
IV.21 Code de lancement d'étape 3 . . . 57
IV.22 Grafcet proposé de l'étape 3 . . . 57
IV.23 Schéma d'algorithme 1 . . . 58
IV.24 Grafcet proposé commande voyant cacao . . . 59
IV.25 Code d'affichage de la quantité . . . 59
IV.26 Code d'activation voyant . . . 59
IV.27 Grafcet proposé de la partie sucre . . . 60
IV.28 Schéma d'algorithme 2 . . . 60
IV.29 Code départ cycle pour l'indicateur . . . 61
IV.30 Code d'incrémentation de nombre d'itération . . . 61
IV.31 Grafcet proposé d'ajout des arômes . . . 61
IV.32 Lancement de l'étape 4 . . . 62
IV.33 Grafcet proposé de l'étape 5 . . . 62
IV.34 Exemple code vérin avant . . . 63
IV.35 Exemple code démarrage moteur . . . 63
IV.36 Code de reproduction . . . 64
IV.37 Démarrage du moteur M1013 . . . 65
IV.38 Exemple animation moteur M1013 . . . 65
IV.39 Le bloc fonction variateur pour le moteur M1011 . . . 66
IV.40 Paramètres de réception . . . 67
IV.41 Paramètres d'envoi . . . 67
IV.42 Mot de commande Marche Arrêt normal . . . 67
IV.43 Mot de commande Arrêt d'urgence . . . 67
IV.44 Activation de SSH . . . 69
IV.45 Activation de vnc . . . 69
IV.46 Le modèle conceptuel des données . . . 70
IV.47 Simulation de procès . . . 73
IV.48 Simulation de la communication S71500-ide250 . . . 74
IV.49 Simulation de la communication S71500-S71500 . . . 74
IV.50 Le code QR de la vidéo d'implémentation . . . 75
IV.51 La console d'implantation et d'autre Users . . . 75
IV.52 Serveur Raspberry Pi et User . . . 75
IV.53 Automate s7-1200 . . . 76
IV.54 Automate s7-1200 et un switcher . . . 76

V.1 Exemple de table de variables IHM . . . 78
V.2 Exemple de la table d'alarme . . . 79
V.3 Création des accès et des groupes utilisateurs . . . 79
V.4 La vue synoptique . . . 80
V.5 La vue recette . . . 80
V.6 La vue des paramètres machine . . . 81
V.7 La vue des alarmes . . . 81
V.8 Exemple notification alarme . . . 82
V.9 La vue messagerie . . . 82

V.10 La Vue gestion des utilisateurs . . . 83
V.11 Fenêtre flottante de mot de passe . . . 83
V.12 La vue réglage d'écran . . . 84
V.13 Le slide-in menu . . . 84
V.14 Identification de système . . . 85
V.15 La table de variables IHM Cacao . . . 85
V.16 La vue principale IHM Cacao . . . 86
V.17 Contact pour IHM Cacao . . . 86
V.18 La page intro . . . 87
V.19 La page d'accueil . . . 87
V.20 La page diagnostic . . . 88
V.21 La page tampon de diagnostic . . . 89
V.22 Folders tree pour la page utilisateur . . . 90
V.23 Langages utilisé . . . 91
V.24 Vue synoptique . . . 92
V.25 Vue paramètres . . . 92
V.26 Vue recette . . . 93
V.27 Vue Forçage . . . 93
V.28 Vue contact . . . 94
V.29 lLe fonctionnement de la page . . . 94
V.30 Application mobile . . . 95
V.31 Simulation de la page web . . . 96

I.1 Valeur du coefficient du service . . . 1
I.2 Type de courroie . . . 2
I.3 Les diamètres primitifs recommandés . . . 2
I.4 Les diamètres primitifs recommandés . . . 3
I.5 Les diamètres primitifs recommandés . . . 3
I.6 Puissance de base en KW . . . 4
I.7 Angle d'enroulement $K_\theta = 0.99$ . . . 4
I.8 Longueur primitive $K_L = 1.09$ . . . 4
I.9 Capteur de peusage . . . 5
I.10 fonctionnement du variateur . . . 6
I.11 Trame Ethernet . . . 7
I.12 Logigramme de la trame Profinet . . . 7
I.13 Notion fournisseur/ consommateu . . . 8
I.14 Mot de commande Variateur . . . 9
I.15 Exemple mot de commande Marche . . . 10
I.16 Exemple mot de commande Marche . . . 10
I.17 Consigne vitesse . . . 10
I.18 Variateur mot d'état . . . 11
I.19 Variateur mesure vitesse . . . 11
I.20 Variateur mesure courant . . . 11
I.21 Variateur mesure couple . . . 11
I.22 Variateur mesure puissance . . . 12
I.23 Variateur mot de défaut . . . 12
I.24 Trame ethernet . . . 13
I.25 lecture de données par les deux équipements . . . 13
I.26 Un seul équipement qui lit/ecrit . . . 13
I.27 Les deux équipemets lisent/ecrivent . . . 13
I.28 Les zones d'adressage . . . 14
I.29 Les code de fontion . . . 14
I.30 zones mémoires et préfixes . . . 15
I.31 Schéma récapitulatif sur la transaction ModBus . . . 15
I.32 Contenu du message Modbus TCP . . . 16
I.33 La page diagnostic motion control . . . 16
I.34 La page etat de module . . . 17
I.35 La page message . . . 17
I.36 La page communication . . . 18

I.37 La page topologie . . . 18
I.38 La page état de variables . . . 19
I.39 La page utilisateur . . . 19
I.40 La page gestionnaire des fichiers . . . 20
I.41 Traduction des mots . . . 21
I.42 Code HTML sans CSS . . . 22
I.43 Code HTML avec CSS sans JavaScript . . . 22
I.44 Code HTML avec CSS sans JavaScript . . . 23
I.45 Code HTML avec CSS sans JavaScript . . . 23

II.1 Vue d'ensemble de la machine . . . 30
II.2 Vue de profil mélangeur . . . 30
II.3 Vue de haut . . . 30
II.4 Différentes vues de mélangeur . . . 30
II.5 Trémie cacao . . . 31
II.6 Vis de convoyage cacao . . . 31
II.7 Partie cacao . . . 31
II.8 Trémie sucre . . . 31
II.9 Vis de convoyage sucre . . . 31
II.10 Partie sucre . . . 31
II.11 Evacuation . . . 32
II.12 Moteur mélangeur . . . 32
II.13 Plaque signalétique . . . 32
II.14 Moteur mélangeur . . . 32
II.15 Arbre rotatif de la palette . . . 33
II.16 Commutateurs rotatifs . . . 33
II.17 Plaque signaletique des moteurs de convoyage . . . 34
II.18 Fixation vérin de la porte d'évacuation . . . 34
II.19 Produit final . . . 35

Liste des tableaux

II.1 Table [1] pour quantité sucre . . . 16
II.2 Table [2] pour sacs cacao . . . 16
II.3 Tableau des caractéristiques moteur mélangeur . . . 18
II.4 Tablau des caractéristiques des moteurs . . . 19

III.1 Table des capteur choisis. . . . 33

IV.1 Communication Modbus TCP/IP S7-1500/ide250 . . . 52
IV.2 Communication Modbus TCP/IP S7-1500/S7-1200 . . . 52
IV.3 MySQL obj_prod . . . 71
IV.4 MySQL Ingredients . . . 71
IV.5 MySQL coût . . . 71
IV.6 MySQL paramètres machine . . . 71
IV.7 MySQL production . . . 72
IV.8 MySQL alarmes . . . 72
IV.9 MySQL Production_has_Alarmes . . . 72
IV.10 MySQL labo . . . 72

I.1 Commandes AWP utilisées . . . 23

Introduction générale

Le marché du chocolat est hautement concurrentiel, avec une demande croissante pour des produits de qualité supérieure. Afin de répondre à cette demande et de se démarquer de la concurrence, CEVITAL envisage de mettre en place une machine de production de chocolat en poudre entièrement automatisée et supervisée. La production de chocolat de haute qualité nécessite un processus technique précis pour garantir une bonne qualité, une continuité de production et la conformité aux normes de sécurité alimentaire (à ISO 9001, ISO 22'0000 et à ISO 14'001 [1]). L'automatisation et la supervision de la machine permettront d'optimiser ces aspects, en minimisant les erreurs humaines et en assurant un contrôle précis des paramètres de production.

Le projet vise donc à combiner l'expertise technique dans la production de chocolat, les technologies avancées d'automatisation et de supervision, ainsi que la conception locale, pour transformer la machine déjà existé en une nouvelle entièrement automatisée supervisée, connectée, efficace, fiable et de haute qualité.

Ce projet s'inscrit dans une démarche d'innovation et de développement stratégique de l'entreprise, visant à répondre aux besoins et aux attentes des consommateurs tout en renforçant sa position sur le marché du chocolat de haute qualité.

La production industrielle du chocolat de haute qualité s'effectue selon un processus exigeant sur le plan technique, afin d'assurer une bonne qualité et une bonne continuité en toute sécurité.
L'entreprise CEVITAL envisage de fabriquer une machine de production totalement locale.

La problématique soulevée dans ce projet réside dans la conception et la mise en œuvre d'une machine automatisée et supervisée de production de chocolat en poudre de haute qualité pour l'entreprise CEVITAL. Cette problématique nécessite une réflexion approfondie sur plusieurs aspects clés.

- Il est essentiel de définir les spécifications techniques requises pour la machine, cela implique de prendre en compte les différentes étapes du processus de production du chocolat en poudre et de s'assurer que la machine peut exécuter ces étapes avec précision et efficacité.
- Un autre défi consiste à assurer la conformité aux normes de sécurité alimentaire, la machine doit être conçue de manière à prévenir les risques de contamination, à garantir l'hygiène des procédés.
- Il est fondamental de s'assurer que la machine développée permet à CEVITAL d'atteindre ses objectifs de performance, d'efficacité et de compétitivité sur le marché du chocolat de haute qualité.

Le projet vise à concevoir une machine automatisée, supervisée et connectée pour la production de chocolat en poudre de haute qualité au sein de l'entreprise CEVITAL.

L'objectif principal est de développer une machine entièrement automatisée, capable de produire le chocolat en poudre selon les normes de qualité établies. Cette machine sera conçue en tenant compte des exigences spécifiques de CEVITAL et sera adaptée aux besoins de l'entreprise.

La conception de la machine impliquera une étude approfondie des processus de production du chocolat en poudre, y compris le malaxage et le conditionnement. Des technologies avancées seront utilisées pour assurer une efficacité maximale et une précision dans chaque étape du processus.

En plus de l'automatisation, la machine sera également supervisée, ce qui signifie qu'elle sera équipée d'outils de surveillance et de contrôle avancés. Ces outils permettront de suivre en temps réel les paramètres de production, de détecter les éventuels problèmes en temps réel afin d'apporter des ajustements pour maintenir la qualité et la continuité de la production.

En réalisant ce projet, CEVITAL vise à disposer d'une machine de production de chocolat en poudre développée localement, répondant aux normes de qualité internationales.
Cette machine automatisée et supervisée contribuera à augmenter l'efficacité, la fiabilité et la compétitivité de l'entreprise dans le secteur du chocolat de haute qualité.

1. ISO 9001 pour le management de la qualité, ISO 220000 pour le management de la sécurité alimentaire et ISO 14001 pour le management de l'environnement

Ce mémoire est organisé en cinq (5) chapitres :

Le premier chapitre expose « **Notion élémentaire** », où nous abordons la révolution industrielle et son impact majeur sur les processus de production grâce à l'automatisation. Nous explorons les différentes aspects de cette révolution, en mettant en lumière les avancées technologiques qui ont permis cette transition. De plus, nous introduisons les définitions et notions essentielles qui constituent les fondements de ce projet. Ces concepts clés incluent la chaîne de valeur automatisée, la télémaintenance, l'internet d'objet, l'optimisation des processus et bien d'autres. En les comprenant pleinement, nous sommes en mesure de saisir les enjeux et les opportunités offertes par cette évolution majeure de la société industrielle.

Le deuxième chapitre évalue « **Étude de l'existant** », où nous nous concentrons sur une description générale de l'entreprise d'accueil, en mettant en évidence ses activités, sa structure et sa position sur le marché, afin de mieux comprendre le contexte dans lequel le projet se déroule.

Ensuite, nous plongeons dans une présentation détaillée du système choisi pour ce projet. Nous expliquons son fonctionnement global, en décrivant les différents organes qui le constituent et leur interconnexion. Nous examinons également le matériel disponible pour la mise en œuvre du système et nous détaillons le mode de fonctionnement.

Enfin, nous abordons les éventuelles limitations du système. Il s'agit de contraintes techniques, de problèmes de maintenance et de sécurité. Nous analysons ces limitations afin d'optimiser l'efficacité et la fiabilité du système dans le cadre de l'entreprise d'accueil.

Le troisième chapitre examine « **Analyse et conception** »,dans lequel nous commençons par une analyse approfondie des besoins opérationnels, des objectifs stratégiques et des contraintes de l'entreprise. Cela nous permet de comprendre clairement les attentes et les exigences du projet, tout en tenant compte du cahier des charges établi.Nous présentons en détail la solution recommandée, en décrivant son fonctionnement, son portée et son alignement avec les objectifs du projet. Nous mettons également en évidence les spécifications appropriées qui doivent être respectées pour garantir une implémentation réussie cela inclut des exigences techniques, des normes de qualité, des contraintes de performance, des aspects de sécurité, des considérations environnementales.

Le quatrième chapitre explore « **Développement et programmation** »où nous nous penchons sur l'application dans son ensemble, en fournissant une description détaillée de la structure du programme de commande. Nous explorons les différentes parties qui composent le programme, leur rôle et leur interconnexion. Cette description approfondie permet de comprendre le fonctionnement interne de l'application.

De plus,nous aborderons la conception d'une base de données MySQL dédiée à la sauvegarde, l'archivage et la restauration des données. De plus, nous présenterons les étapes nécessaires pour la mise en service du serveur.

Enfin,nous abordons la simulation du projet à l'aide d'outils de simulation, ainsi que l'implémentation de la solution proposée et les tests réalisés.Une fois l'implémentations réalisée, nous abordons les tests effectués pour évaluer la performance et la fiabilité de la solution.

Le cinquième chapitre présente « **Supervision multiplateformes** »,dans lequel nous abordons les outils de supervision utilisés dans le cadre de notre application. Nous expliquons comment ces outils sont utilisés pour surveiller et gérer les opérations en cours, ainsi que pour collecter des données pertinentes sur les performances et l'état du système. Nous détaillons également les mécanismes de rapport et d'alerte utilisés pour informer les opérateurs de toute anomalie ou situation critique.

Nous allons réalisé des tests de fonctionnement qui jouent un rôle essentiel dans la validation de l'efficacité et de la performance de ces plateformes. Grâce à ces tests, nous serons en mesure d'assurer une surveillance et une gestion optimales de notre système, en garantissant son bon fonctionnement.

Chapitre I

Notions élémentaires

I.1 Introduction

Ce chapitre est une introduction clé pour comprendre les concepts et les notions utilisés dans le reste du projet. Il met en évidence l'impact de la révolution industrielle sur l'automatisation, soulignant son rôle essentiel dans l'évolution de la chaîne de valeur industrielle. La chaîne de valeur est définie comme l'ensemble des étapes nécessaires à la création d'un produit ou d'un service, depuis l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la livraison finale aux clients.

L'automatisation est présentée comme une approche visant à optimiser ces activités en utilisant des technologies avancées pour réduire l'intervention humaine et améliorer l'efficacité globale. Ce chapitre explore en détail les avantages de l'automatisation.

L'internet des objets (IoT) est mise en évidence en tant que moteur de cette transformation de la chaîne de valeur. Cette technologie joue un rôle capital en permettant une connectivité accrue, une collecte de données en temps réel et des prises de décision basées sur des informations précises.

De plus, ce chapitre offre une vision approfondie des opportunités et des avantages de la télémaintenance, une application clé de l'automatisation dans le domaine industriel. Il fournit les informations nécessaires pour comprendre, évaluer et mettre en œuvre cette approche au sein de l'organisation, en mettant l'accent sur les bénéfices potentiels tels que la réduction des temps d'arrêt, l'optimisation des coûts de maintenance.

I.2 La révolution industrielle

1.2.1 Historique

La révolution industrielle a marqué un tournant majeur dans l'histoire en transformant les processus de production à travers l'introduction de l'automatisation. La révolution s'est caractérisée par plusieurs évolutions majeures comme illustré dans la figure fig.I.1. [1].

- **La 1ère révolution industrielle** : s'est déroulée de la fin du 18e siècle au début du 19e siècle en Grande-Bretagne. Elle a été marquée par l'introduction de la machine à vapeur et de la mécanisation.
- **La 2ème révolution industrielle** : a eu lieu à la fin du 19e et au début du 20e siècle, principalement aux États-Unis et en Europe. Elle a été caractérisée par des avancées technologiques majeures, notamment l'électricité, l'acier, le pétrole, les chemins de fer et les télécommunications. Ces innovations ont permis une production de masse plus efficace.
- **La 3ème révolution industrielle** : également connue sous le nom de révolution numérique, a commencé à la fin du 20e siècle et se poursuit jusqu'à aujourd'hui. Elle est caractérisée par l'essor des technologies de l'information et de la communication, notamment l'informatique, l'internet, les télécommunications et l'automatisation avancée. Cette révolution a transformé les industries grâce à l'automatisation des processus de production.
- **La 4ème révolution industrielle** : est en cours et fait référence à l'intégration croissante des technologies numériques et physiques. Elle repose sur des innovations telles que l'intelligence artificielle, l'internet des objets et la réalité virtuelle. Cette révolution vise à numériser, automatiser et connecter les processus industriels et les systèmes, ouvrant ainsi de nouvelles possibilités d'innovation, d'efficacité et de compétitivité dans divers secteurs économiques.

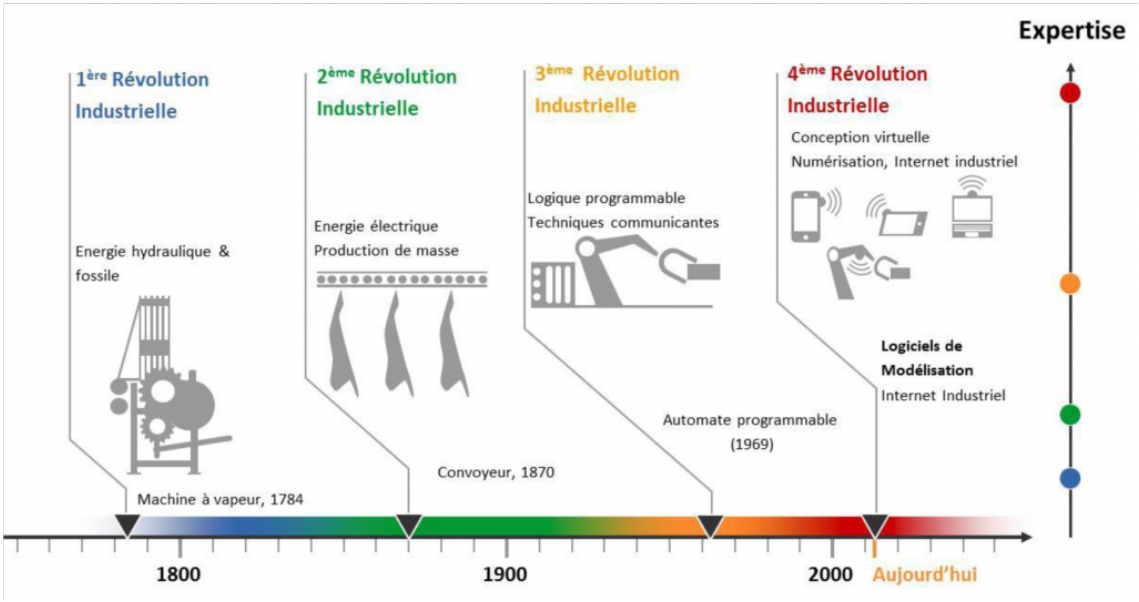


FIGURE I.1 – Révolution industrielle

1.2.2 Les apports de l'Industrie 4.0

L'industrie 4.0, également connue sous le nom de quatrième révolution industrielle, apporte des avancées technologiques majeures qui transforment le paysage industriel. Cette nouvelle ère de l'industrie offre de nombreux apports significatifs pour les entreprises [2].

- L'Industrie 4.0 permet l'automatisation des processus de production, ce qui entraîne une augmentation de l'efficacité et de la productivité. Les machines connectées et l'utilisation de l'intelligence artificielle permettent une optimisation des opérations, une réduction des temps d'arrêt et une augmentation de la capacité de production.
- Les technologies de l'Industrie 4.0, telles que l'internet des objets (IoT) et l'analyse des données, permettent de surveiller et de contrôler la qualité des produits tout au long du processus de fabrication. Cela réduit les erreurs et les défauts de production, garantissant une qualité élevée.
- L'Industrie 4.0 facilite la gestion et l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement grâce à la connectivité entre les différents acteurs. Les informations en temps réel sur les stocks, les niveaux de demande et les délais de livraison permettent une planification plus précise et une coordination efficace entre les fournisseurs, les fabricants et les distributeurs.

I.3 La chaine de valeur automatisée

1.3.1 Définition

La chaîne de valeur automatisée fait référence à l'ensemble des activités et des processus impliqués dans la création d'un produit ou d'un service, qui sont automatisés à l'aide des technologies et des systèmes informatisés. Cela inclut toutes les étapes, depuis la conception jusqu'à la production et la livraison, où des machines, des robots et des systèmes automatisés interviennent pour exécuter les tâches de manière efficace, précise et cohérente. L'objectif de la chaîne de valeur automatisée est d'optimiser les opérations, d'améliorer l'efficacité, de réduire les coûts, d'augmenter la productivité et d'assurer une meilleure qualité des produits ou services, tout en minimisant l'intervention humaine et les erreurs potentielles. Cette automatisation peut être réalisée à l'aide de technologies telles que l'internet des objets (IoT), l'intelligence artificielle (IA) et les systèmes de contrôle automatisés.[3]

1.3.2 L'internet des objets (IoT) et son rôle dans l'automatisation de la chaîne de valeur

L'IoT permet une surveillance en temps réel de l'état des équipements, permettant de détecter les pannes ou les problèmes potentiels avant qu'ils ne se transforment en arrêts de production coûteux. Cela permet d'adopter une approche de maintenance préventive, en planifiant les réparations et les entretiens de manière proactive. De plus, l'IoT facilite la traçabilité des produits tout au long de la chaîne de valeur, en permettant de suivre leur parcours, de garantir la qualité et de répondre aux exigences réglementaires.[4]

1.3.3 Avantages

- L'automatisation de la chaîne de valeur permet de réduire les délais de production en éliminant les tâches manuelles et en accélérant les processus. Les machines automatisées peuvent exécuter des tâches répétitives plus rapidement et de manière plus précise, ce qui réduit les erreurs et les retards.
- L'automatisation améliore la qualité des produits en minimisant les variations causées par l'intervention humaine. Les systèmes automatisés peuvent surveiller et contrôler les paramètres de production de manière constante, ce qui garantit une qualité cohérente et conforme aux normes.
- La chaîne de valeur automatisée réduit des coûts. En éliminant le besoin de main-d'œuvre intensive, les entreprises peuvent économiser sur les coûts salariaux et réallouer ces ressources vers d'autres domaines stratégiques. De plus, l'automatisation permet de minimiser les pertes de matières premières et d'optimiser l'utilisation des ressources, ce qui contribue à une meilleure rentabilité.
- La chaîne de valeur automatisée offre une meilleure traçabilité et transparence des processus. Les systèmes automatisés enregistrent et suivent toutes les étapes de la production, ce qui permet aux entreprises de fournir des informations précises sur l'origine des produits, les processus de fabrication et les conditions de livraison, renforçant ainsi la confiance des clients et répondant aux exigences réglementaires.

I.4 La télémaintenance

1.4.1 Définition

La télémaintenance est un concept qui fait référence à l'utilisation des technologies de communication à distance pour surveiller, diagnostiquer et réparer à distance des équipements ou des systèmes. Elle permet aux experts techniques d'accéder à distance à des machines ou des équipements situés dans des endroits éloignés, afin de détecter les problèmes, d'effectuer des diagnostics et de fournir des instructions de réparation.[5]

La télémaintenance repose généralement sur des technologies telles que l'internet, les réseaux informatiques, les systèmes de télécommunication et les capteurs connectés. Elle peut inclure des fonctionnalités telles que le suivi en temps réel, l'échange de données, la visualisation à distance.

Elle offre des avantages significatifs en termes de réactivité, d'efficacité et de réduction des coûts, contribuant ainsi à l'amélioration des performances et de la disponibilité des équipements.

1.4.2 Les technologies de la télémaintenance

Les technologies de la télémaintenance englobent un ensemble d'outils et de solutions technologiques qui permettent la surveillance, le diagnostic et la réparation à distance des équipements. Voici quelques-unes des technologies clés utilisées dans le domaine de la télémaintenance :

- Réseaux de communication : Les technologies telles que le Wi-Fi, le Bluetooth et les réseaux cellulaires permettent la transmission des données entre les équipements et les systèmes de télémaintenance.
- Systèmes de surveillance à distance : Ces systèmes fournissent une interface permettant de visualiser et de suivre en temps réel les données collectées par les capteurs, offrant une vue d'ensemble des performances des équipements.
- Gestion à distance des actifs : Les systèmes de gestion à distance permettent de surveiller et de gérer les actifs à distance, en fournissant des informations sur leur disponibilité, leur état et leurs performances.

- Technologies de réalité virtuelle : Ces technologies permettent aux techniciens d'accéder à des environnements virtuels pour simuler des opérations de maintenance, des réparations et des tests avant de les appliquer dans le monde réel.

1.4.3 L'importance de la télémaintenance dans l'industrie

Les technologies de télémaintenance offrent des avantages significatifs en termes de réactivité, de réduction des temps d'arrêt, de coûts de maintenance et d'optimisation des ressources. Elles permettent aux entreprises de bénéficier d'une assistance à distance rapide et efficace, tout en minimisant les déplacements physiques des techniciens.

1.4.4 Mise en œuvre de la télémaintenance

La mise en œuvre de la télémaintenance implique plusieurs étapes clés pour assurer son bon fonctionnement.

- Analyse des besoins spécifiques de l'entreprise pour déterminer les équipements à surveiller, les problèmes à résoudre et les avantages attendus.
- Sélection rigoureuse des technologies de télémaintenance doit être effectuée, en prenant en compte la connectivité, les capteurs, les systèmes de surveillance, les logiciels de diagnostic, etc.
- Configuration du système de surveillance et mettre en place le système de surveillance à distance qui permet de visualiser et de suivre les données collectées.
- Suivi régulière des performances du système de télémaintenance et l'analyse des données pour l'identification des domaines d'amélioration potentiels. Mettre en œuvre des améliorations pour optimiser continuellement l'efficacité de la télémaintenance.

I.5 L'Internet d'Objet

1.5.1 Définition

L'IoT est une technologie qui permet la connectivité et l'échange de données entre les objets physiques via des réseaux informatiques.[6] Dans le contexte de l'automatisation de la chaîne de valeur, l'IoT joue un rôle fondamental en permettant la collecte de données en temps réel à partir de divers équipements et capteurs répartis le long de la chaîne de valeur.[7]

1.5.2 Les avantages dans l'industrie

L'IoT a ouvert de nouvelles perspectives dans l'industrie en permettant la connexion et l'échange de données entre les différents composants d'un environnement industriel. Cette connectivité a donné lieu à de nombreuses applications de l'IoT dans divers domaines industriels.

- **Amélioration de la qualité et de la sécurité**
  L'IoT permet de surveiller en temps réel les conditions environnementales et les paramètres de production, ce qui permet de détecter les écarts par rapport aux normes de qualité et de sécurité et de prendre des mesures préventives pour les corriger.
- **Amélioration de l'efficacité opérationnelle**
  L'IoT permet de collecter des données en temps réel sur les équipements et les processus industriels, ce qui permet d'optimiser les performances et de réduire les temps d'arrêt non planifiés.
- **Prise de décisions basée sur les données**
  Les données collectées par l'IoT fournissent des informations précieuses pour prendre des décisions éclairées en matière de planification, d'optimisation des processus et de gestion des ressources.
- **Maintenance prédictive**
  Grâce à la surveillance en temps réel des équipements, l'IoT permet de détecter les premiers signes de défaillance et de planifier des interventions de maintenance préventive.

I.6 L'optimisation des processus industriels

1.6.1 Introduction

L'optimisation des processus industriels vise à obtenir une utilisation plus efficace des ressources, à réduire les délais de production, à minimiser les erreurs et les défauts, à améliorer la productivité, à augmenter la flexibilité et à renforcer la compétitivité globale de l'entreprise.

1.6.2 Démarche suivi pour l'optimisation

La démarche suivie pour l'optimisation consiste en plusieurs étapes clés qui visent à maximiser les performances du système tout en tenant compte des contraintes et des objectifs spécifiques.

1. **Analyse des processus existants**
   Évaluation détaillée des processus industriels actuels pour identifier les inefficacités et les domaines d'amélioration potentiels.
2. **Collecte de données en temps réel**
   Mise en place des capteurs pour recueillir des données en temps réel sur les différentes phases du processus, y compris la production, la logistique, la maintenance, etc.
3. **Automatisation et contrôle intelligent**
   Intégration des systèmes d'automatisation basés sur l'IoT pour permettre un contrôle intelligent et une prise de décision en temps réel, en ajustant les paramètres du processus pour optimiser les performances.
4. **Surveillance et visualisation des données**
   Utilisation des plateformes IoT pour surveiller et visualiser les données collectées, permettant une compréhension approfondie des performances du processus et ses variations.
5. **Suivi des performances et amélioration continue**
   Utilisation des données IoT pour évaluer les résultats obtenus, suivre les performances et mettre en œuvre des mesures d'amélioration continue pour optimiser constamment les processus industriels.[8]

1.6.3 Le potentiel de l'optimisation des processus pour améliorer l'efficacité et la rentabilité

L'optimisation des processus permet aux entreprises d'améliorer leur efficacité opérationnelle, de réduire les coûts, d'augmenter la productivité, d'améliorer la qualité et de renforcer leur compétitivité. En maximisant l'utilisation des ressources et en optimisant les flux de travail, elle contribue à une meilleure rentabilité et à une croissance durable de l'entreprise.

I.7 Conclusion

Ce chapitre a examiné en détail le concept de chaîne de valeur automatisée et son impact dans le domaine industriel. Nous avons exploré les notions clés telles que l'automatisation, la révolution industrielle et l'Internet des objets (IoT) qui jouent un rôle majeur dans cette transformation. Nous avons également mis en évidence les avantages et les applications de la télémaintenance en tant qu'élément essentiel de l'automatisation industrielle. En conclusion, l'automatisation représente une opportunité majeure pour les entreprises d'améliorer leur efficacité, leur qualité et leur rentabilité. En adoptant les technologies de pointe telles que l'IoT, l'IA et la robotique, les organisations peuvent transformer leurs opérations et rester compétitives dans un environnement industriel en constante évolution. Cependant, il est essentiel de relever les défis associés à cette transition et de mettre en place des meilleures pratiques pour une mise en œuvre réussie. En s'appuyant sur les informations présentées dans ce chapitre, il est possible d'identifier plusieurs défis associés au fonctionnement classique et de mettre en œuvre les meilleures pratiques pour une transformation réussie vers l'industrie 4.0.

Chapitre II

Etude de l'existant

II.1 introduction

Après concevoir un cadre théorique qui aborde de manière détaillée tous les aspects liés à l'automatisation. Pour que nous puissions prendre une décision éclairée sur les solutions proposées ou les actions recommandées, nous devons comprendre le scénario actuel, connaître les possibilités futures de notre projet et comprendre comment les différents contributeurs ont un impact sur ce scénario ou en tirent profit. Ce chapitre se concentre sur l'examination de ces facteurs et sur des détails plus approfondis, en présentant une vue d'ensemble l'entreprise Cevital et de son environnement, suivie d'une analyse du système existant, que nous souhaitons consolider. Les résultats présentés dans ce chapitre ont été obtenus grâce à une collecte d'informations approfondie au sein de l'entreprise. Nous avons analysé des documents internes pertinents liés au sujet en question.

II.2 Présentation de l'organisme d'accueil

2.2.1 Présentation de Cevital

Cevital agro-industriel, filiale du groupe Cevital, est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dés l'entrée de notre pays en économie de marché durant les années 90. C'est une société par action (SPA) d'un capital s'élevant à 68 760 milliards DA et elle a été crée en Mai 1998 par des fonds privés au capital de 970 000 000.00 de dinars. Ses principaux actionnaires sont Issaad REBRAB et ses fils [9].

2.2.2 Missions et objectifs

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs, et cela dans le but de satisfaire le client et de le fidéliser. Les objectifs visés par Cevital peuvent se présenter comme suit :

- L'élargissement de sa gamme de produits.
- L'extension de ses produits sur tout le territoire national.
- L'implantation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes.
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses.
- La modernisation de ses installations industrielles pour augmenter le volume de sa production.
- Positionner ses produits sur le marché international par leurs exportations.

2.2.3 Structure interne de Cevital

Cevital est hiérarchisée selon différentes structures et dirigée par un directeur général qui veille à la sécurité et la gestion optimale de ses ressources. Pour assurer une telle mission, le directeur général est subordonné par deux directions assistantes : le secrétariat de la direction et la direction d'hygiène et de sécurité.
L'ensemble des directions assistantes et le directeur général forme la direction générale du complexe. Elle assure la coordination entre les autres directions, où la décomposition de sa structure interne est représentée dans la figure II.1.

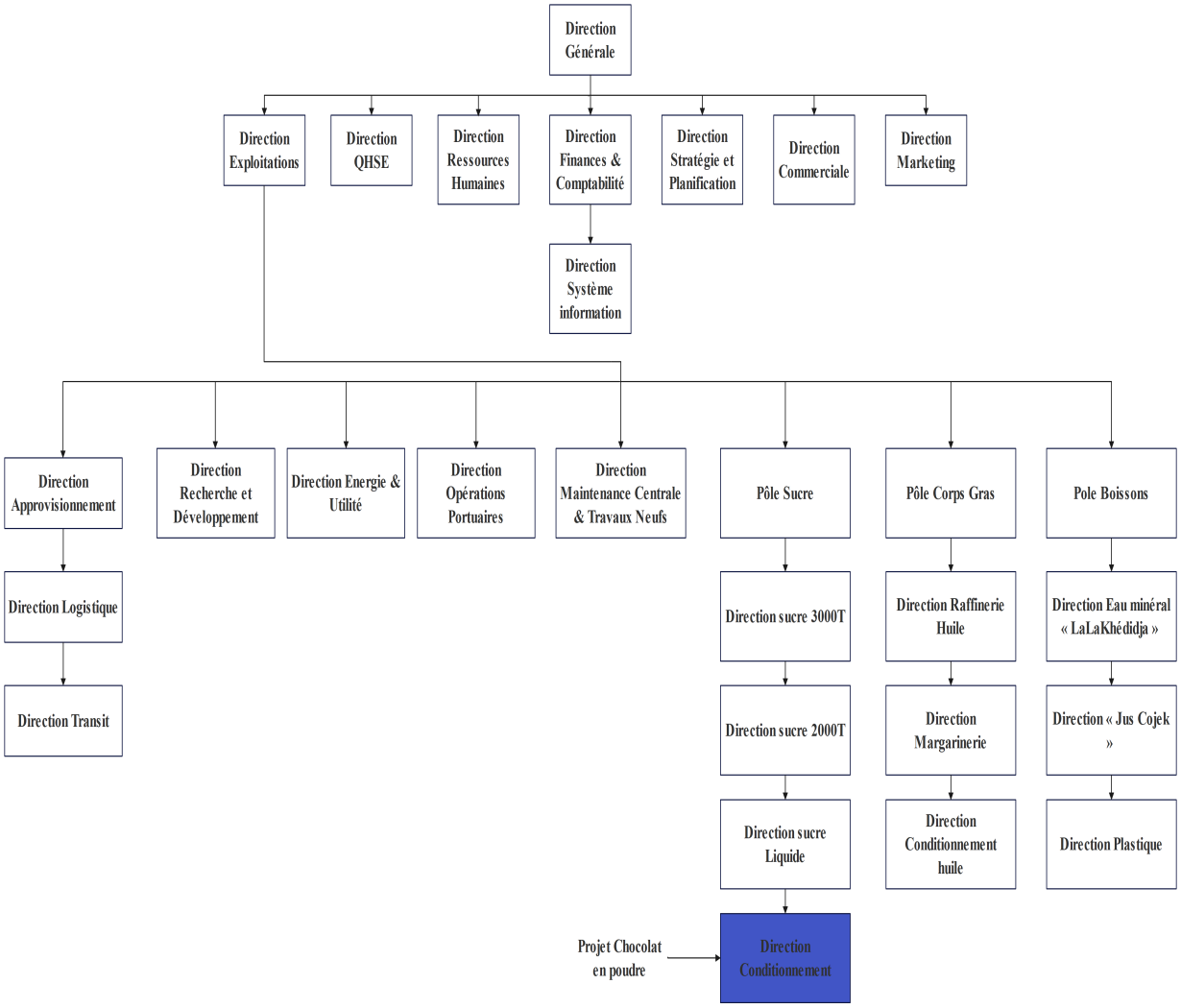


FIGURE II.1 – La structure interne de Cevital

II.3 Étude de l'existant

2.3.1 déscription de processus de production

Le processus de production de chocolat en poudre comprend plusieurs étapes clés, depuis la réception des matières premières jusqu'au conditionnement.Les étapes courantes de ce processus sont les suivantes :

- Réception des matières premières de base tels que le cacao en poudre, le sucre et d'autres additifs sont reçus et stockés.
- Les différents ingrédients sont pesés et mélangés dans des proportions spécifiques pour obtenir la recette de chocolat en poudre souhaitée.En parallèle, il consiste à chauffer et à agiter continuellement le mélange pour améliorer sa saveur, sa texture et son arôme, permettre également de réduire l'humidité et d'éliminer les impuretés indésirables.
- Le mélange d'ingrédients est introduit dans des convoyeurs à vis vers le conditionnement.
- A la fin de production, des échantillons sont prélevés et soumis à des tests de qualité pour s'assurer que le chocolat en poudre répond aux normes établies en termes de goût, de texture, de teneur en humidité et de pureté.

2.3.2 description du système

La machine utilisée dans le processus de production de chocolat en poudre est spécifiquement conçue pour répondre aux besoins de l'entreprise. Elle est équipée d'un mélangeur doté d'une pâle qui est entraînée en rotation à une vitesse fixe. Ce mélangeur joue un rôle principale dans le mélange homogène des différents ingrédients.

La machine est également équipée d'une résistance chauffante, qui permet de chauffer les ingrédients mélangés pour atteindre la température requise. La chaleur appliquée favorise la fusion des ingrédients et améliore la texture et l'arôme du chocolat en poudre.

Pour faciliter le processus de chargement des ingrédients, la machine est équipée de deux trémies. Chaque trémie contient un constituant spécifique du produit,le cacao en poudre et le sucre. Les trémies permettent de stocker temporairement les ingrédients de manière organisée avant qu'ils ne soient versés dans le mélangeur.

Une fois les ingrédients sont dans les trémies, le processus de production s'active. Les ingrédients sont versés dans le mélangeur, où ils sont chauffés et malaxés de manière homogène. Le mouvement rotatif de la pâle assure un mélange uniforme et une distribution homogène de la chaleur.

Une fois le mélange est prêt, il est transporté hors du mélangeur à l'aide de quatre vis. Ces vis, situées à la sortie du mélangeur, agissent comme un système de transport pour déplacer le mélange de chocolat en poudre vers l'étape suivante du processus. À la fin de la chaîne de production, se trouve une trémie qui reçoit le mélange final de chocolat en poudre. Cette trémie permet de stocker le produit fini avant son conditionnement. Cette configuration de machine avec un mélangeur, trois trémies et six vis sans fin est représentée dans la figure II.2.

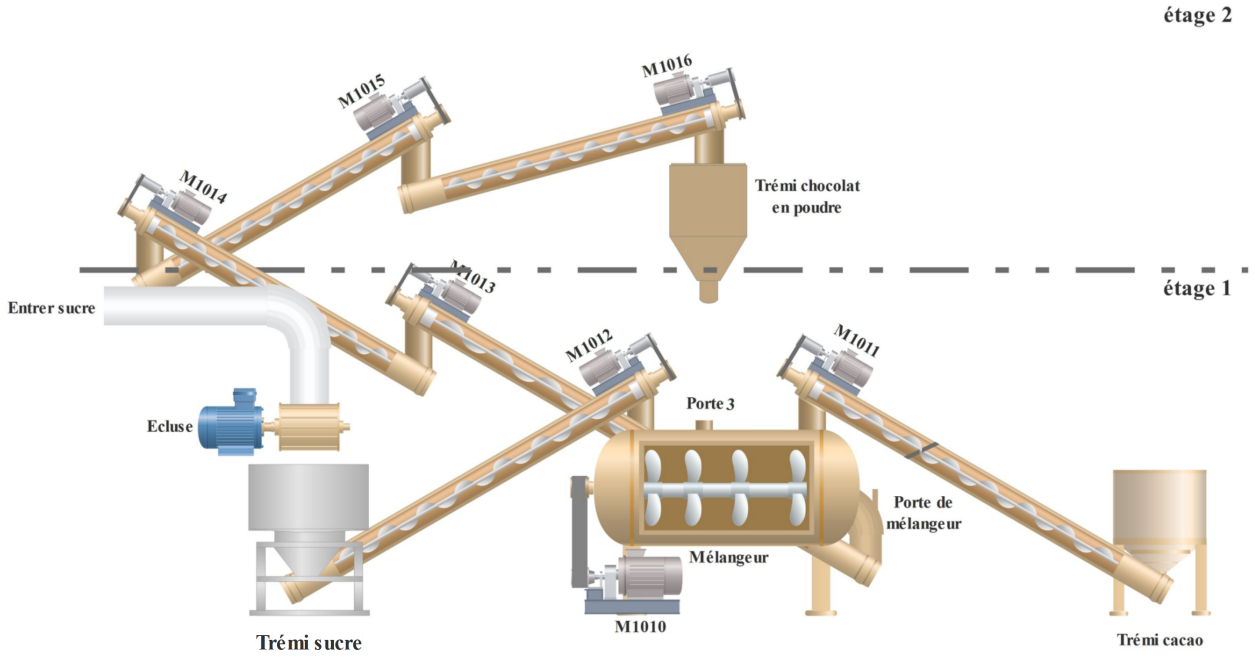


FIGURE II.2 – Schéma de machine à l'état actuel

La configuration réelle est présentée dans la figure II.3 suivante :

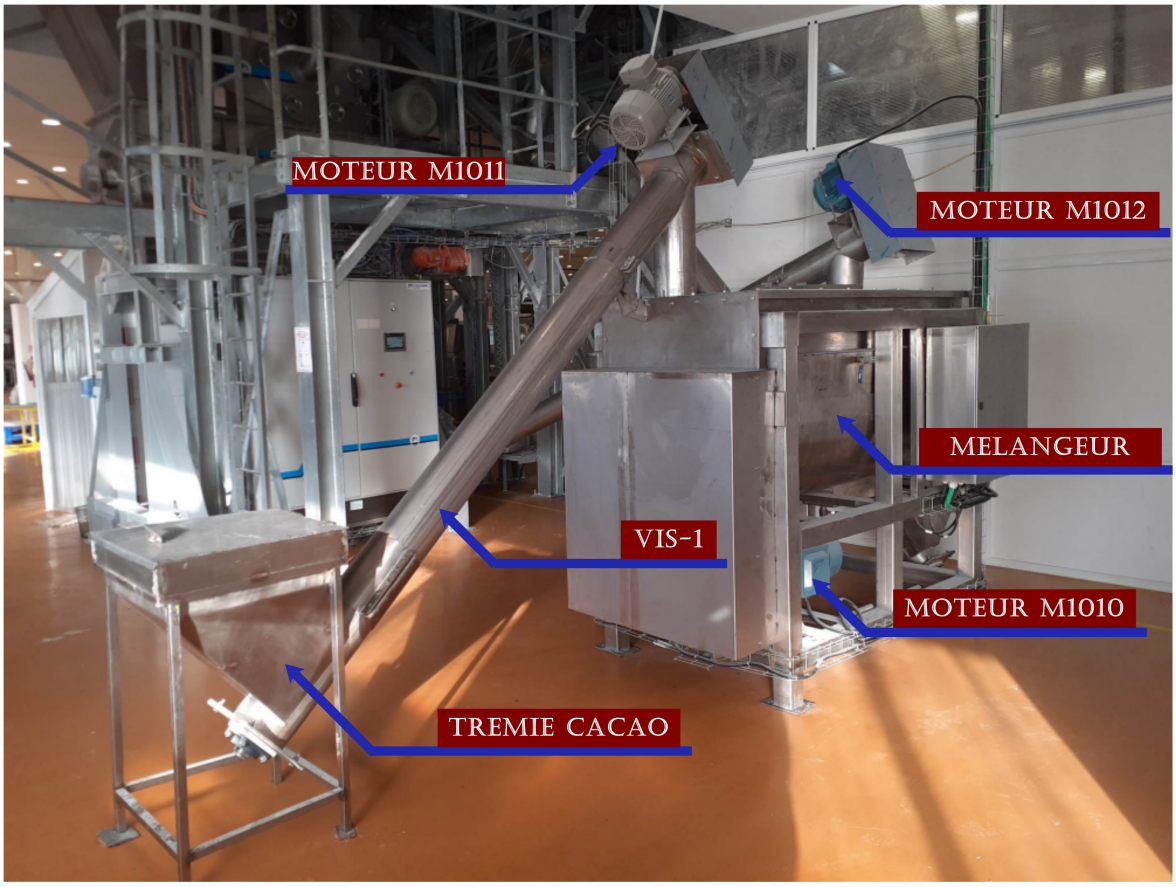


FIGURE II.3 – Photo réelle de la configuration réelle existante

II.4 Description du fonctionnement du système actuel

Le système actuel de production de poudre de chocolat est basé sur une architecture manuelle.Pour la production, l'équipe responsable qui supervise la machine de production a pour mission de garantir le bon déroulement de toutes les étapes afin d'atteindre la quantité souhaitée. Voici une explication détaillée du fonctionnement du système :

1. Calcul des quantités souhaitées :
   Pour une quantité déterminée, la personne en charge de la machine calculera les pourcentages de chacun des composants du mélange (Cacao, sucre, arôme...)25/75.
2. L'activation de la résistance de mélangeur.
3. Activation du moteur de mélangeur.
4. Estimation et l'envoie de sucre au mélangeur :
   Voici les différentes étapes du processus de chargement du sucre dans le mélangeur lors de l'activation du mode "Chocolat" dans l'interface HMI :
   L'image réelle est illustrée dans la figure II.4

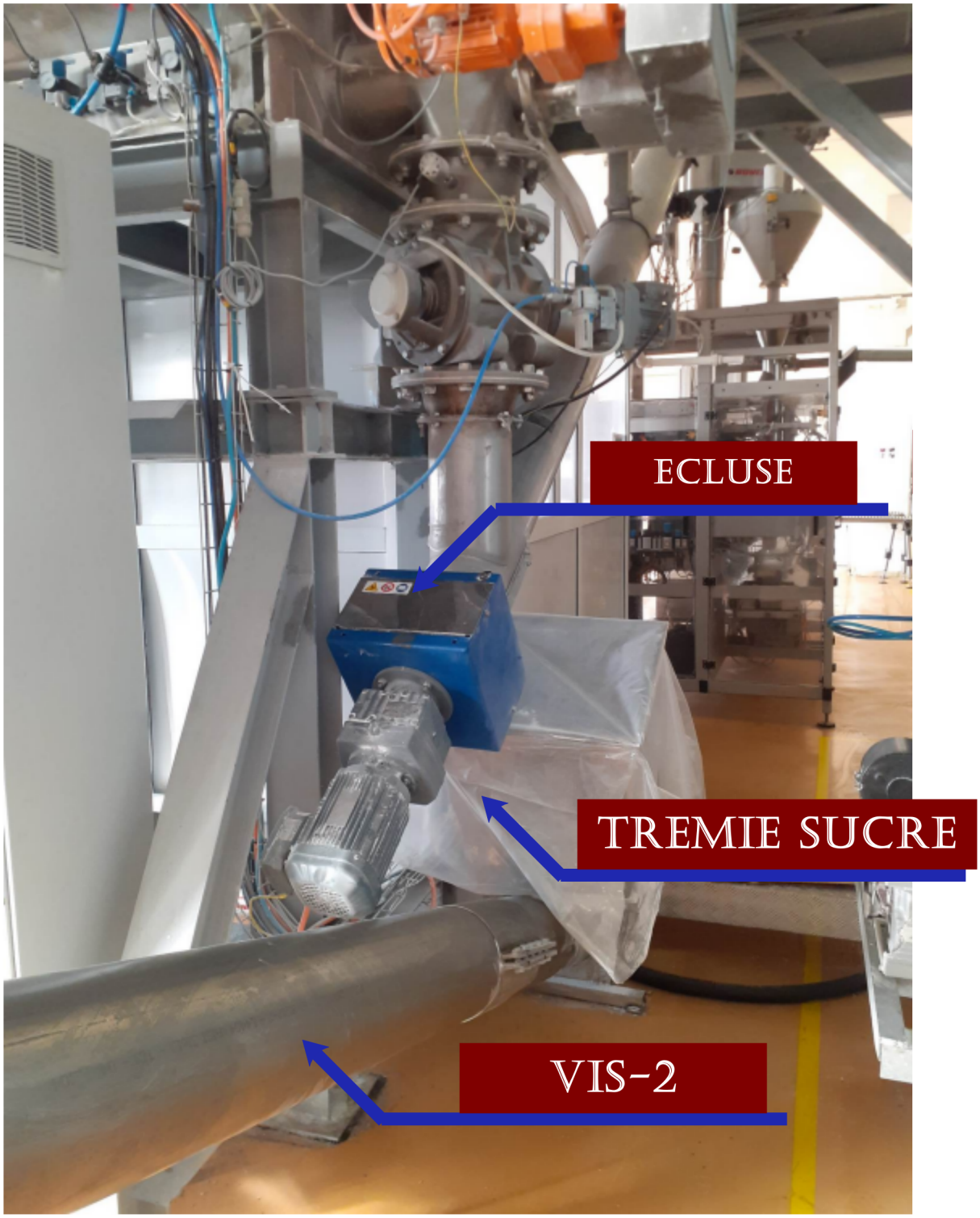


FIGURE II.4 – Photo réelle du sous process sucre

(1) Activation du mode "Chocolat" dans l'interface HMI pour indiquer que le sucre sera chargé.
(2) Ouverture de l'écluse pour permettre le passage du sucre.
(3) Chargement du sucre dans la trémie sucre. La capacité de la trémie est préalablement connue, et si elle est pleine, cela détermine en estimant qu'elle contient environ 50 kg de sucre.

(4) Vérification pour s'assurer que la trémie est bien pleine et prête pour la suite du processus.

(5) Fermeture de l'écluse pour arrêter le flux de sucre.

(6) Activation du moteur M1012 qui met en marche le convoyeur à vis numéroté (2) pour envoyer le sucre au mélangeur.

(7) Vérification et validation du transport complet de la quantité de sucre nécessaire dans la trémie sucre.

(8) Désactivation du moteur M1012 une fois que tout le sucre a été transféré.

(9) Marquage d'un "X" sur le tableau [1] pour enregistrer le nombre d'envois effectués lors de la préparation.

(10) Répétition de ces étapes jusqu'à ce que la quantité souhaitée de sucre soit atteinte.

	1^{er} envoi	2^{nd} envoi	3^{eme} envoi	4^{eme} envoi
1^{ere} préparation	X			
2^{nd} préparation				
3^{eme} préparation				

Table II.1 – Table [1] pour quantité sucre

Ces étapes permettent de garantir un chargement du sucre dans la trémie, la vérification et la validation du transport du sucre de la trémie sucre vers l'intégrité du processus. Le marquage sur le tableau [1] permet de garder une trace du nombre d'envois effectués pour référence ultérieure. Ces étapes sont répétées jusqu'à ce que la quantité de sucre souhaitée soit atteinte pour assurer les proportions déjà calculées.

5. Estimation et l'envoie de cacao au mélangeur

Voici les différentes étapes de l'envoi du cacao au mélangeur :

(1) Ouverture de la porte de la trémie cacao pour permettre le chargement du cacao.

(2) Placement du sac de cacao dans sa position initiale, au-dessus de la porte de la trémie cacao.

(3) Ouverture du sac et chargement du cacao dans la trémie cacao.

(4) Répétition des deux dernières étapes pour une deuxième fois si nécessaire.

(5) Fermeture de la porte de la trémie cacao.

(6) Écriture du chiffre "-2-" dans le tableau [2] pour enregistrer le nombre de chargements effectués.

(7) Envoi du cacao au mélangeur à l'aide d'un convoyeur à vis numéroté 1 en activant le moteur M1011.

(8) Répétition de ces étapes jusqu'à ce que la quantité souhaitée de cacao soit atteinte.

	1^{er} envoi	2^{nd}envoi	3^{eme} envoi	4^{eme} envoi
1^{ere} préparation	2			
2^{nd}préparation				
3^{eme}préparation				

Table II.2 – Table [2] pour sacs cacao

Ces étapes permettent d'acheminer de manière contrôlée le cacao vers le mélangeur. L'ouverture de la porte de la trémie cacao permet d'y placer le sac de cacao, qui est ensuite vidé dans la trémie. Si nécessaire, ces étapes sont répétées pour charger une deuxième fois la trémie. Une fois le chargement terminé, la porte de la trémie est fermée et le nombre de chargements est enregistré dans le tableau [2]. Le cacao est ensuite acheminé vers les mélangeurs à l'aide du convoyeur à vis numéroté 1 en activant le moteur M1011. Ces étapes sont répétées jusqu'à ce que la quantité de cacao souhaitée soit atteinte.

6. L'ajout des arômes et d'autres ingrédients :

Voici les différentes étapes de l'envoi des arômes au mélangeur :

— Préparation de la quantité souhaitée.

— Ouverture de la porte 3.

— Chargement du cacao dans le mélangeur.
— Fermeture de la porte 3.

7. Assurer que le mélange est homogène :
   Pour assurer que le mélange est homogène, il est nécessaire de suivre les étapes suivantes :
   (1) Attendre un temps pré-estimer.
   (2) Jeter un coup d'œil pour confirmer.
   En veillant à respecter le temps d'attente recommandé et en vérifiant visuellement le résultat, on peut s'assurer que le mélange est homogène.
8. Vérification de niveau de la trémie du chocolat en poudre :
   L'opérateur procède à une vérification visuelle du niveau de la trémie de chocolat en se déplaçant vers le deuxième étage afin de s'assurer que le niveau est suffisant.
9. L'envoi du chocolat à la trémie (Préparation aux conditionnement) :
   La dernière étape est l'envoie du mélange vers la trémie, ceci est effectué en suivant les étapes :
   (1) Ouverture de la porte de mélangeur.
   La figure II.5 suivante présente la porte de mélangeur :

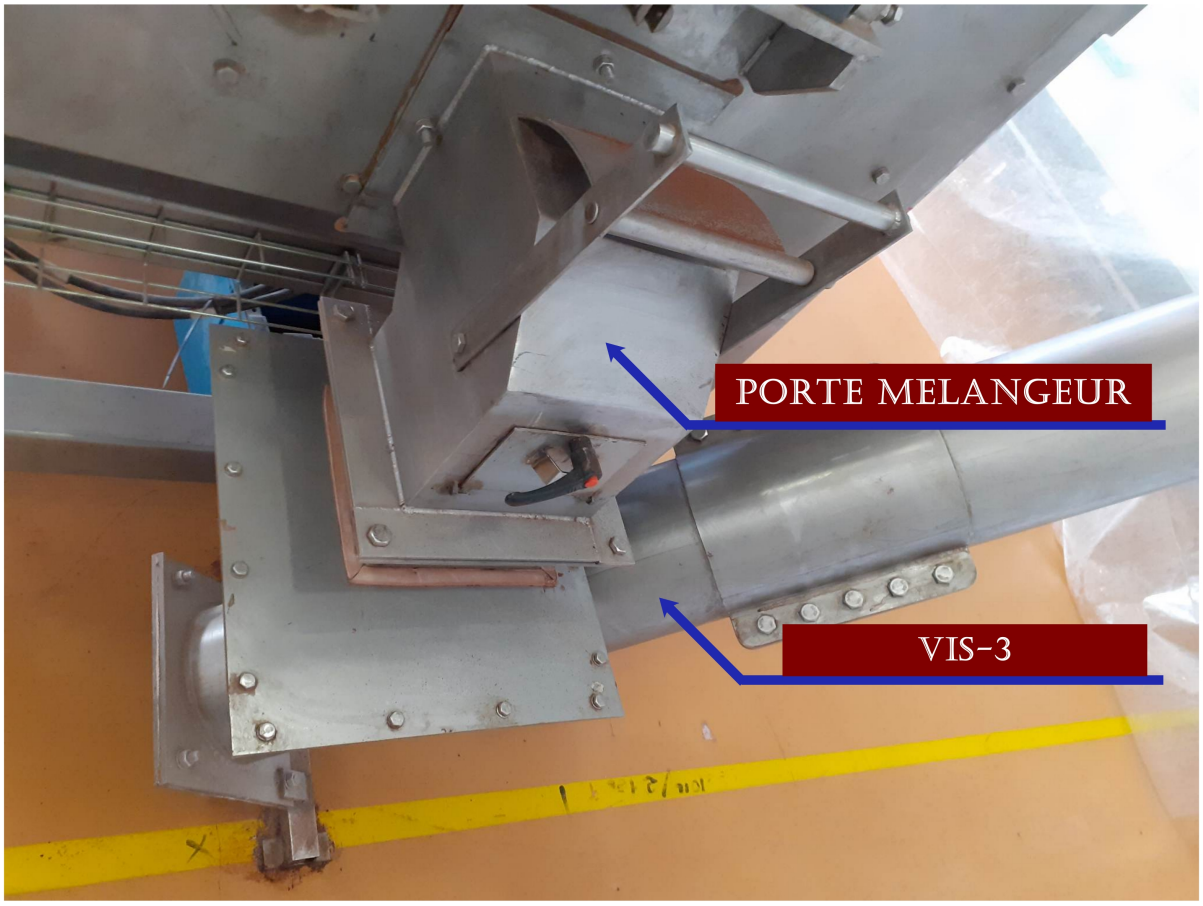


FIGURE II.5 – Photo réelle de la porte du mélangeur

   (2) Convoyer le mélange à la trémie du chocolat en poudre
   (Activation des moteurs M1013,M1014,M1015,M1016).
   L'évacuation du mélange par des convoyeurs sans fin présentée dans la figure II.6 :

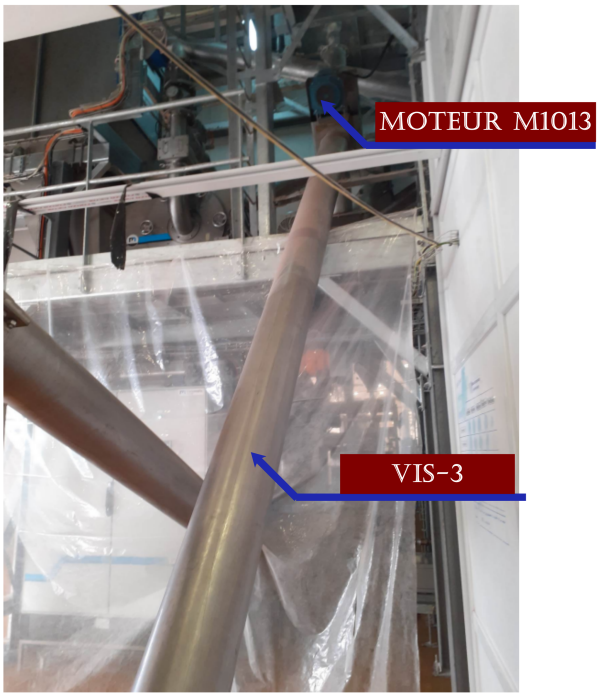


FIGURE II.6 – Photo réelle du convoyage du mélange

(3) Vérification de niveau de mélangeur (si tout le mélange est convoyé).
(4) Activer l'agitateur de la trémie de chocolat en poudre.
(5) Fermeture de la porte de mélangeur.
(6) Désactiver le moteur du mélangeur.
(7) Marquage de la date et heure de la préparation.

II.5 Configuration matérielle actuelle

Une description du matériel est nécessaire afin de mieux comprendre le fonctionnement de la machine puisqu'elle est actionnée manuellement. La machine est équipée de :

- Un mélangeur équipé d'une résistance,une sonde de température ' PT100' et un moteur de type asynchrone modèle 'ABB M2BAX 180MLA4'(pour l'image réelle voir l'annex fig.II.14) ces informations sont présentées dans la figure II.3 .

Conn	Temp Class	Freq	Voltage	Power	Speed	Current	Power Factor	Efficiency	Torque	IS/IN
Y	--	50 Hz	690 V	18.50 kW	1472 r/min	20.30 A	0.820	92.60 %	120.10 N·m	10.30
D	--	50 Hz	400 V	18.50 kW	1472 r/min	35.00 A	0.820	92.60 %	120.10 N·m	10.30
Y	--	50 Hz	660 V	18.50 kW	1469 r/min	20.90 A	0.840	92.60 %	120.09 N·m	9.40
D	--	50 Hz	380 V	18.50 kW	1469 r/min	36.30 A	0.840	92.60 %	120.09 N·m	9.40
D	--	60 Hz	440 V	18.50 kW	1773 r/min	31.60 A	0.830	92.40 %	99.50 N·m	11.10
D	--	60 Hz	460 V	18.50 kW	1775 r/min	31.00 A	0.810	92.40 %	99.37 N·m	11.90

TABLE II.3 – Tableau des caractéristiques moteur mélangeur

Le principe du mélangeur à cuve fixe et palette tournante(image réelle Annex fig.II.4) repose sur l'utilisation d'une cuve immobile et d'une palette rotative à l'intérieur de celle-ci.À l'intérieur de la cuve, une palette est fixée sur un arbre central qui lui permet de tourner autour de son axe(image réelle présentée dans l'annex fig. II.15). La palette est équipée d'une pales qui permettent de déplacer les matériaux à l'intérieur de la cuve lors de la rotation. Une fois le temps de mélange écoulé, le déchargement se fait par ce mécanisme rotatif. [10]

- Thermorégulateur fonctionne en contrôlant la température de l'eau en utilisant une sonde PT100, qui est utilisé pour chauffer le contenu du mélangeur.
- Six Convoyeurs a vis (image réelle Annex fig.II.11) :
  dispositif mécanique utilisé pour transporter des matériaux en vrac de manière continue.Un moteur électrique est utilisé pour faire tourner la vis sans fin à une vitesse constante et contrôlée. Lorsque la vis tourne, les ailettes de la spirale déplacent les matériaux le long du tube du convoyeur.À l'extrémité du convoyeur à vis, les matériaux sont déchargés dans une trémie.[11].
- Six Moteurs asynchrones de marque ' ABB M3AA 132MB-6 ' Avec les caractéristiques(La plaque signalétique dans Annex fig.II.17) suivent II.4 :

Conn	Temp Class	Freq	Voltage	Power	Speed	Current	Power Factor	Efficiency	Torque	IS/IN
Y	--	50 Hz	690 V	4.00 kW	975 r/min	5.45 A	0.700	86.40 %	39.21 N·m	7.30
D	--	50 Hz	400 V	4.00 kW	975 r/min	9.40 A	0.700	86.40 %	39.20 N·m	7.30
D	--	60 Hz	460 V	4.00 kW	1177 r/min	8.30 A	0.690	87.30 %	32.40 N·m	8.00

TABLE II.4 – Tablau des caractéristiques des moteurs

- Six Commutateurs rotatifs (image réelle Annex fig.II.16) :
  sont utilisés pour commander les connexions électriques suivantes :
  - Marche/arrêt des Moteur M1013,M1014,M1015,M1016.
  - Activer/désactiver l'agitateur.
  - Démarrer/arrêter le mélangeur.
  - Activer/désactiver la résistance.
  - Activer/désactiver le thermorégulateur.
  - Marche/arrêt du Moteur M1011.
  - Marche/arrêt du Moteur M1012.
- Voyants lumineux (5 rouges/5 verts) :
  sont utilisés pour avertir l'utilisateur des différentes phases par lesquelles la machine va passer.

1. Voyants lumineux rouges :
   - La résistance désactivée.
   - Le thermorégulateur désactivé.
   - Moteur M1012 en arrêt.
   - Moteur M1013 en arrêt.
2. Voyants lumineux verts :
   - La résistance activée.
   - Le thermorégulateur activé.
   - Moteur M1012 en marche.
   - Moteur M1013 en en marche.

II.6 Audit

Afin de diagnostiquer les risques et les anomalies, on est basé sur trois principales méthodes. la méthode « composants/fonctions »,« objectifs/ressources », « causes/effets ».L'objectif de ce diagnostic est de pouvoir éliminer tout risque éventuel et de faciliter les taches sur le personnel chargé de la machine.

2.6.1 Risques

Lors d'une analyse de risque que nous avons entamés dans l'entreprise, les problèmes potentiels suivants ont été identifiés :

- Problème de réputation : la qualité variable ou instable du produit en raison de la production volumétrique et de l'estimation de la quantité peut parfois entraîner des incertitudes intolérables.
- Problème financier : Le nombre d'employés en charge de la machine peut représenter une dépense importante pour l'entreprise.
- Risque aggravé d'endommagement des moteurs et de panne prématurée en raison d'une utilisation sans variateur de vitesse et de démarrages et arrêts brusques.
- Manipuler des couteaux pour ouvrir des sacs de cacao peut être dangereux pour les travailleurs, surtout s'ils subissent des coupures.
- L'ouverture de la porte de la machine (étape 5) peut présenter un risque de tomber ou de glissade si les mesures de sécurité appropriées ne sont pas prises.
- Danger lors de la vérification des niveaux des trémies : L'opérateur peut peut être exposé au risque de tomber lorsqu'il se rend au deuxième étage pour vérifier le niveau de la trémie.
- Absence de données en temps réel : Les données manquantes sur l'état des convoyeurs, les niveaux des trémies, l'état des moteurs, etc., ce qui affecte la capacité de l'entreprise à surveiller activement et à répondre aux problèmes potentiels.
- Risque d'oubli d'itération : Le fait de ne pas suivre avec précision le nombre d'itérations peut entraîner une perte de connaissance de la quantité déjà présente dans le mélangeur, ce qui peut compromettre la qualité et la consistance du produit final.
- Absence d'alarmes en cas de panne : L'absence des alarmes ou des systèmes de surveillance en cas de panne de l'équipement peut entraîner des retards dans l'identification des problèmes et la prise de mesures correctives.

2.6.2 difficultés opérationnels

- En raison de la taille de l'entreprise et de la dispersion des bureaux, il devient fastidieux et inefficace pour les ingénieurs de se déplacer physiquement jusqu'aux machines pour effectuer les opérations de maintenance. Cette situation engendre des pertes de temps considérables, une baisse de la productivité et une fatigue accrue pour les ingénieurs, qui doivent constamment se déplacer pour résoudre les problèmes.
- Il est de temps en temps fatiguent et ennuyeux d'écrire les mêmes rapports chaque jour avec des petites modifications, ou bien d'envoyer des rapports de sécurité, d'hygiène et même des réclamations en contactant les supérieures par téléphone ou par émail.

II.7 Conclusion

Pour résumer,nous avons accompli avec succès la phase de la compréhension approfondie du processus. Après avoir obtenu une telle compréhension, nous pouvons maintenant avancer vers les solutions potentielles qui capitalisent sur l'automatisation dans le processus mentionné. En collectant des données et en analysant de manière approfondie les documents clés, nous avons réussi à identifier à la fois des défis spécifiques et des perspectives intéressantes pour guider nos efforts. En tirant parti de ces informations, nous pouvons mettre en place un processus automatisé qui couvre tous les niveaux de notre chaîne de production. Dans les prochains chapitres, nous examinerons en détail les considérations techniques sur la manière de mettre en œuvre efficacement les mesures d'automatisation chez Cevital.

Chapitre III

Analyse et conception

III.1 Introduction

Au cours de ce chapitre, notre objectif principal est de répondre aux attentes de l'entreprise d'accueil, en proposant un modèle qui satisfait à ses besoins spécifiques. Nous débutons cette démarche en capturant de manière approfondie les exigences spécifiques, en tenant compte à la fois des spécifications fonctionnelles et techniques.
Une fois que nous avons terminer la conception de notre machine, nous avons effectué des recherches approfondies sur les différents dispositifs qui font partie cette dernière, tels que les capteurs et les vérins....(Voir Annex 1.4.7pour les variateurs),(voir Annex A.2 pour la bascule). Nous avons étudié leurs caractéristiques techniques, leurs méthodes de fonctionnement et leur intégration avec les systèmes de contrôle. Cette connaissance approfondie des dispositifs nous a permis de comprendre comment interagir avec eux dans le cadre de notre programmation et de notre automatisation de processus.
En parallèle, nous avons consacré un temps considérable à l'étude approfondie des protocoles de communication tels que Modbus TCP (voir Annex A.5),profinet(voir Annex 1.4.1), ainsi que des langages essentiels tels que HTML, CSS et JavaScript (voir Annex 1.6.3) et la technologie "AWP" de siemens (Voir Annex 1.6.4). Nous avons réalisé de nombreuses recherches pour acquérir une compréhension approfondie de ces technologies clés.
Dans le domaine des protocoles de communication, nous nous sommes penchés en détail sur les protocoles Modbus TCP et Profinet. Nous avons étudié leur principes de fonctionnement, les mécanismes de transmission des données et les différents types de messages utilisés dans ces protocoles. Cette connaissance approfondie nous a permis de comprendre comment établir une communication avec les dispositifs présents sur notre machine en utilisant ces protocoles.
Enfin, nous avons également approfondi nos connaissances des langages de programmation essentiels tels que HTML, CSS et JavaScript. Nous avons exploré les différentes balises et attributs HTML pour structurer efficacement notre contenu et les styles CSS pour créer des mises en page attractives et personnalisées. De plus, nous avons étudié les fonctionnalités avancées offertes par JavaScript pour rendre notre page web interactive et dynamique, en ajoutant des fonctionnalités et des interactions avec les utilisateurs.

III.2 Rappel sur le besoin

Dans le contexte de l'industrie du chocolat en poudre, l'automatisation est devenue une solution incontournable pour améliorer les opérations et maintenir la compétitivité des entreprises. Cevital, en tant qu'un acteur majeur et reconnu sur le marché, a également pris conscience de l'importance de l'automatisation pour optimiser ses procédés de fabrication.

En intégrant des technologies avancées, l'entreprise pourra optimiser son processus de fabrication, renforcer sa compétitivité et continuer à offrir des produits de qualité supérieure à ses clients.

Un cahier des charges a été créé dans le cadre de cette étude afin de définir clairement les besoins et les exigences de l'entreprise. Ce document détaille les exigences techniques et les caractéristiques spécifiques attendues de la machine de production de poudre de chocolat.

Il met l'accent sur l'automatisation de processus comme solution,l'efficacité opérationnelle, la sécurité et d'autres éléments du processus de production.(Voir Annex C1.7.7 pour le cahier des charges).

III.3 Représentation de la solution

Face à ces défis, selon le cahier des charges établi et en respectant les exigences tant au niveau des produits que des techniques, une solution d'automatisation de processus a été proposée.
L'objectif de cette solution est d'améliorer l'efficacité et la précision de la fabrication de la poudre de chocolat tout en garantissant une qualité optimale.

La solution d'automatisation vise à intégrer des systèmes de contrôle automatiques pour optimiser chaque étape du processus de production.

L'automatisation permet également de réduire les erreurs humaines et les variations dues à l'intervention manuelle. Les opérations telles que le dosage des ingrédients,le contrôle de température et le conditionnement peuvent être entièrement gérées par des systèmes automatisés, ce qui garantit une plus grande précision et une meilleure répétabilité.

En outre, la solution propose plusieurs interfaces permettant aux opérateurs de superviser et de contrôler le processus de production de manière efficace. Des tableaux de bord informatifs et des indicateurs visuels permettent de suivre en temps réel les performances de la machine et d'identifier rapidement

les éventuels problèmes ou écarts.

De surcroît, une page web est développée, offrant ainsi des options d'accès offertes par différents navigateurs web, les données de contrôle peuvent être affichées et contrôlées dans une certaine mesure par n'importe quel ordinateur ou appareil compatible avec le web. Un autre avantage est la possibilité d'utiliser l'ensemble de l'infrastructure réseau d'une usine sans aucun composant matériel supplémentaire. Cela signifie que les commandes de contrôle peuvent être accessibles à partir de n'importe quel point de l'usine où l'accès au réseau est disponible.

L'archivage de l'historique de production et des alarmes sera effectué dans une base de données MySQL, localisée au sein du service local.

Les utilisateurs auront ainsi la possibilité de visualiser les données en temps réel sans avoir besoin de se déplacer sur le site en utilisant une applications mobile qui a été développée pour la commande et la visualisation à distance.

3.3.1 Description de la solution proposée

La solution permet d'atteindre les objectifs spécifiques en comprenant parfaitement les besoins de l'entreprise. La structure de la solution présentée par la figure III.1 est créée en se basant sur la définition de GEMMA [1] pour assurer une solution complète pour la gestion des automatismes, en intégrant des composants matériels et logiciels. Un système cohérent et efficace qui répondra aux attentes et aux besoins de l'entreprise peut être créé en faisant correspondre la structure de la solution avec les besoins qui ont été identifiés.

1. **Guide d'Etude des Modes de Marche et d'Arrêt** un guide graphique qui constitue une méthode d'approche des Modes de Marches et d'Arrêts des systèmes et un outil d'aide complémentaire au GRAFCET qui permet d'exprimer de façon claire et complète les besoins d'un système automatisé

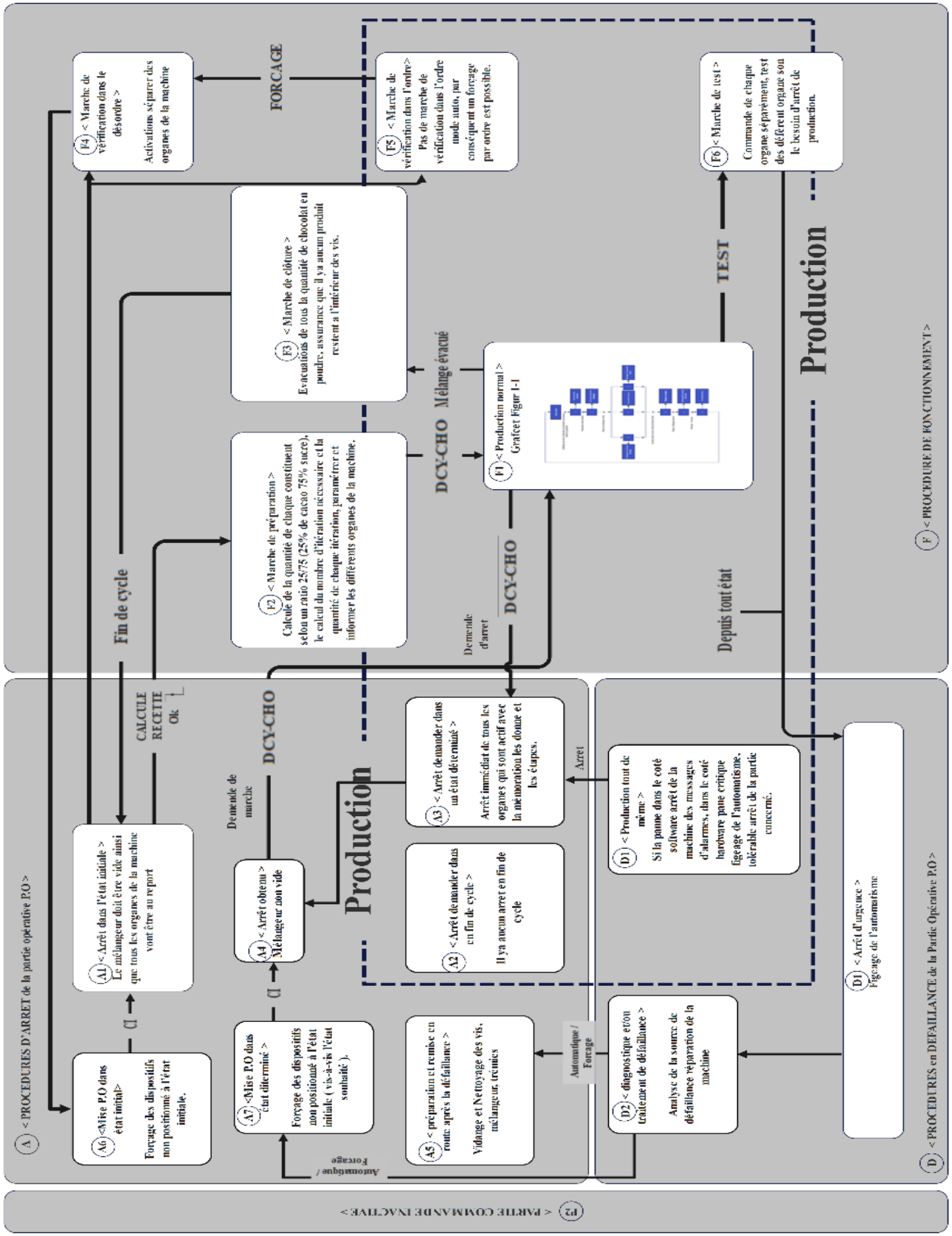


FIGURE III.1 – GEMMA

Cette solution (figure III.2) peut être résumer dans les points suivants :

0 **Début de la production :**
Activer le mode Chocolat en poudre dans L'IHM et faire entrer la quantité de production qu'on veut produire, une fois la quantité est acceptée (il faut que la quantité de sucre soit un multiple de 25 KG 'lot conditionné') ainsi que le doseur des arômes est plein et le mélangeur est à l'état bas.

1. **Activation de la résistance :**
La résistance de mélangeur se déclenche après une commande arrivée d'un PID compact dans le but est d'atteindre la température pré-inscrite dans les paramètres de la machine.

2. **Quantités des ingrédients :**
Une fois la température est à sa valeur désirée ainsi que la porte du mélangeur est fermée le moteur du mélangeur se déclenche, et il va donner l'ordre de remplissage à la bascule (instrument de pesage) et l'activation du moteur de doseur (arômes) tout en informant l'opérateur (poste cacao). Nous allons décrire le principe de fonctionnement pour chaque sous process de chaque ingrédient(cacao,sucre,arômes).
   - **Sous process cacao :**
   Le process de cacao est équipé d'un voyant lumineux et une IHM, le voyant lumineux est activé une fois l'opérateur ouvre la porte ,il se désactive en appuyant un bouton poussoir,un pupitre (IHM) situé à côté de la trémie du cacao va afficher le nombre total d'itération, le nombre d'itération actuel et la quantité qu'il faut mettre dans cette itération, alors vis à vis l'état d'itération, une fois l'opérateur charge la quantité indiquée sur l'afficheur dans la trémie et la porte est fermée ainsi que le bit dédié au bouton poussoir est changé, Le moteur de la vis 1 est activé dès la réception de la commande correspondante du variateur.
   Afin de charger le cacao à partir de la trémie au mélangeur (le moteur peut se désactiver dans une itération s'il y'a un bourrage dans la vis 1, le mélangeur est plein ou bien la porte de la trémie est ouverte, une fois le problème est réglé il suffit d'appuyer sur le bouton poussoir afin de continuer l'itération), après l'envoie de toute la quantité du cacao une incrémentation dans le nombre d'itérations est effectuée et les paramètres de l'afficheur seront changés, le voyant lumineux se déclenche.
   Ce processus se répète jusqu'à ce que le nombre d'itération soit achevé, donc un changement d'état dans le bit DONCACAO, Afin d'éliminer l'erreur humaine.
   - **Sous process sucre :**
   Pour ce sous process, le sucre est transmis directement de la production de sucre, il sera pesé jusqu'à la quantité pré-indiquée qui sera envoyé par notre automate à la bascule(instrument de pesage) par une communication Modbus TCP/IP, une fois le poids est atteint la bascule demande une autorisation de vidange de notre automate.
   Après le vidange la bascule demande pour une deuxième fois une autre autorisation de dosage et au même temps la quantité versée par la bascule (instrument de pesage) sera transportée par l'intermédiaire d'une vis entraînée par un moteur équipé d'un variateur avec une vitesse déjà pré-inscrite, ce mécanisme se répète jusqu'à ce que la quantité nécessaire de sucre soit atteinte donc un changement d'état dans le bit DONSUCRE.
   - **Sous process arômes :**
   Les quantités et les parfumes des arômes restent un secret professionnel à ne pas partager,par conséquent, notre travail se limite à la programmation du vidange du doseur, sans révéler les détails spécifiques des ingrédients et des quantités utilisés.

3. **Mélangeur et convoyage :**
Après que toutes les quantités souhaitées seront dans le mélangeur.
Ce dernier reste activé pour une durée inscrite en amont dans les paramètres de la machine, une fois le temps écoulé la porte s'ouvre et les moteurs des vis 3 4 5 6 s'activent séquentiellement dont le but est de charger le chocolat en poudre dans la trémie dédiée à cette dernière (en cas d'un bourrage détecté ou bien la trémie est pleine, les moteurs des vis 3 4 5 6 se désactivent ainsi que la porte se ferme, une fois tout est réglé la porte et le moteur vont se revenir à leur fonctionnent normal) jusqu'à ce que le mélange soit totalement chargé dans la trémie de chocolat en poudre.
Une fois le mélangeur est vide, la porte se ferme et les moteurs se désactivent l'un après l'autre ainsi que la résistance.

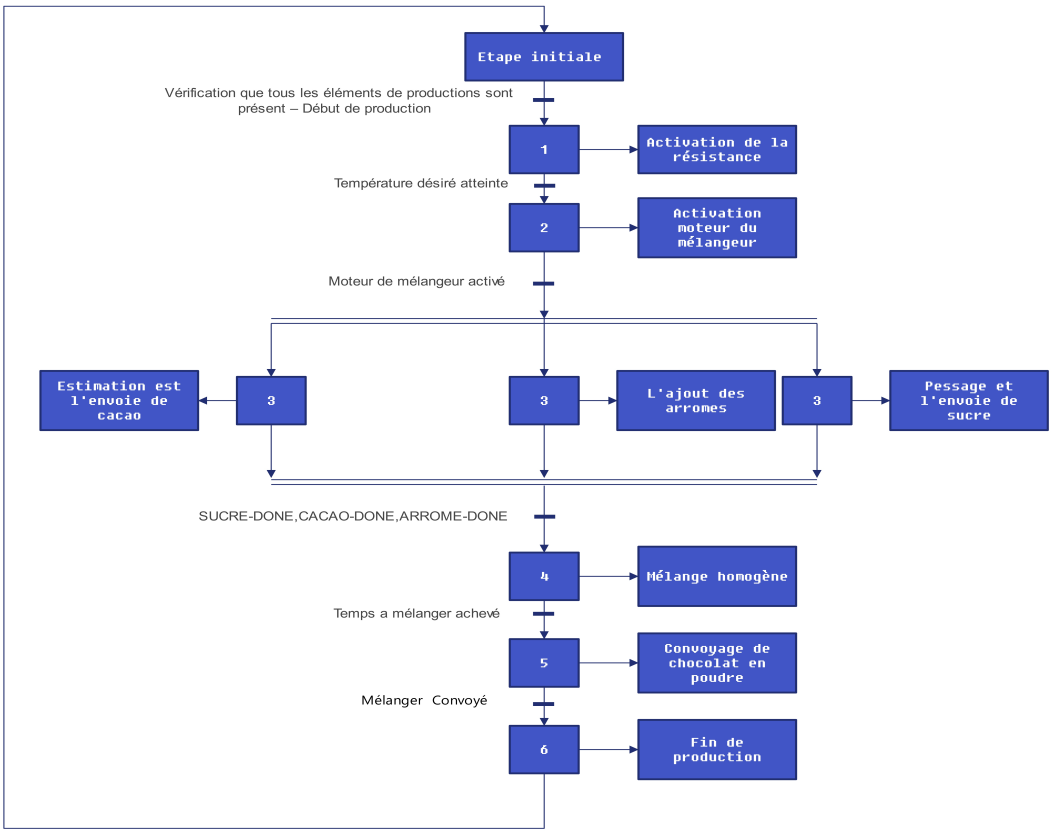


FIGURE III.2 – Schéma de fonctionnement de l'automatisation machine

Deux interfaces hommes machine (IHM) vont être conçues, la première est considérée comme l'interface principale où le but est de commander, contrôler et paramétrer la machine ainsi que pour afficher les différentes alarmes de dysfonctionnement du processus et la deuxième est une interface informative dont son but est de fournir à l'opérateur chargé du cacao des informations nécessaires.

Activation du serveur web dans notre automate où on va hébergé une page web afin de faciliter la télémaintenance et la commande de notre machine dans n'importe quel emplacement de l'architecture réseau de notre usine.

Grâce à cette solution, nous pouvons désormais accéder aux fonctionnalités de notre machine à distance, ce qui nous permet de diagnostiquer les problèmes, effectuer des réglages et même les contrôler en temps réel. Cette technologie offre une souplesse et une efficacité amplifiées, car nous pouvons intervenir rapidement sur notre machine sans avoir à nous déplacer physiquement sur le site de production. Cela améliorera notre capacité à maintenir nos opérations en cours et à minimiser les temps d'arrêt.

Lorsqu'il s'agit de concevoir les interfaces, une attention particulière est portée à l'harmonisation avec l'identité visuelle de l'entreprise. Le design est élaboré en prenant en compte le logo et les couleurs qui sont représentatifs de la marque. Ces éléments visuels clés sont soigneusement intégrés dans l'interface.Outre l'aspect esthétique, la conception des interfaces tient compte de principes et de règles de convivialité. L'une de ces règles importantes est la "loi des trois clics", qui préconise que les utilisateurs devraient pouvoir accéder à n'importe quelle fonctionnalité ou information en utilisant seulement trois clics ou moins.En appliquant ces principes de conception,le schéma III.3 ci-dessous résume le raisonnement suivi :

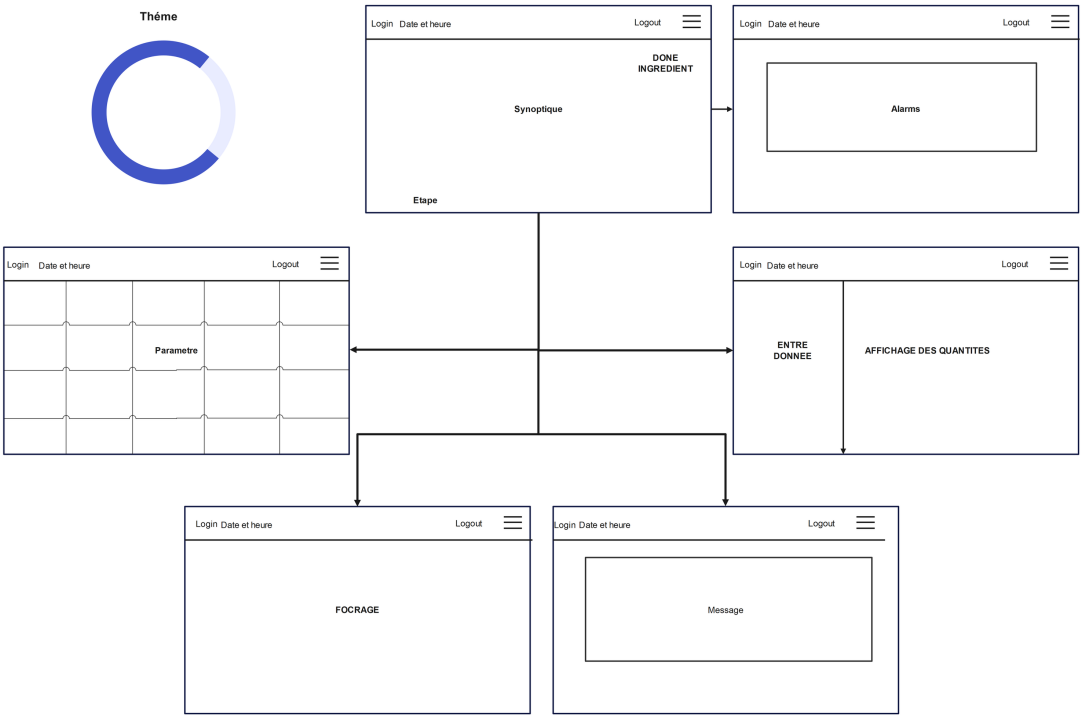


FIGURE III.3 – Prototype de l'interface homme-machine principale

Pour la **Page web** le thème choisi reflète les valeurs de l'entreprise comme la solidarité, l'esprit d'équipe, l'intégrité, et la transparence présentées dans les couleurs choisis, ainsi que l'efficacité, le courage et la performance reflétées par le (V) au centre de (CEVITAL) Visualisé dans la figure III.4.

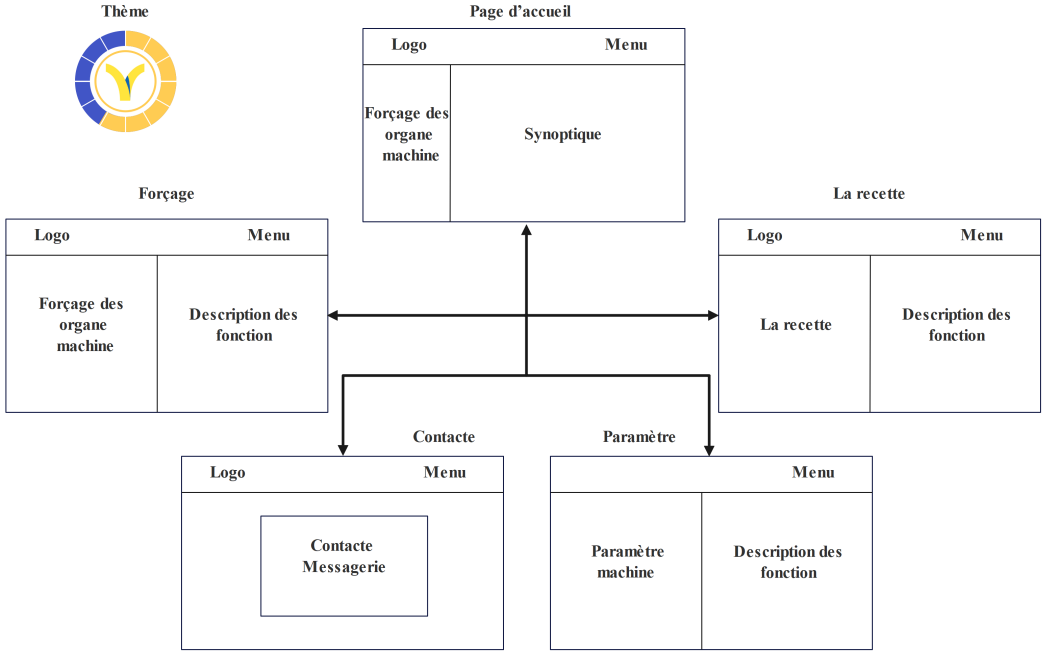


FIGURE III.4 – Prototype de la page web

En utilisant une Raspberry Pi, nous allons mettre en place un serveur complet pour héberger notre application mobile et une base de données MySQL. Cela nous permettra de surveiller et de collecter des données.

De plus, nous développerons un tableau de bord informatif 'Application-web' qui fournira une vue claire de l'état de notre machine. Grâce à notre application mobile, nous créerons une interface spécialement conçue pour les laboratoires, permettant de fournir un retour d'information pour chaque échantillon de chocolat en poudre prélevé. Les paramètres de la machine ainsi que les retours seront enregistrés dans notre base de données.
Une fois que nous aurons collecté suffisamment de données, nous serons en mesure de former un modèle de prédiction. Notre objectif est d'optimiser le rendement de notre machine en utilisant les informations fournies par notre application et de continuellement améliorer notre processus grâce à l'analyse des données recueillies.

III.4 Choix du matériel

Une fois que nous avons décrit la solution proposée pour notre système de production de poudre de chocolat, il est essentiel d'aborder la question du choix du matériel adéquat.
La figure III.5 illustre la philosophie suivie :

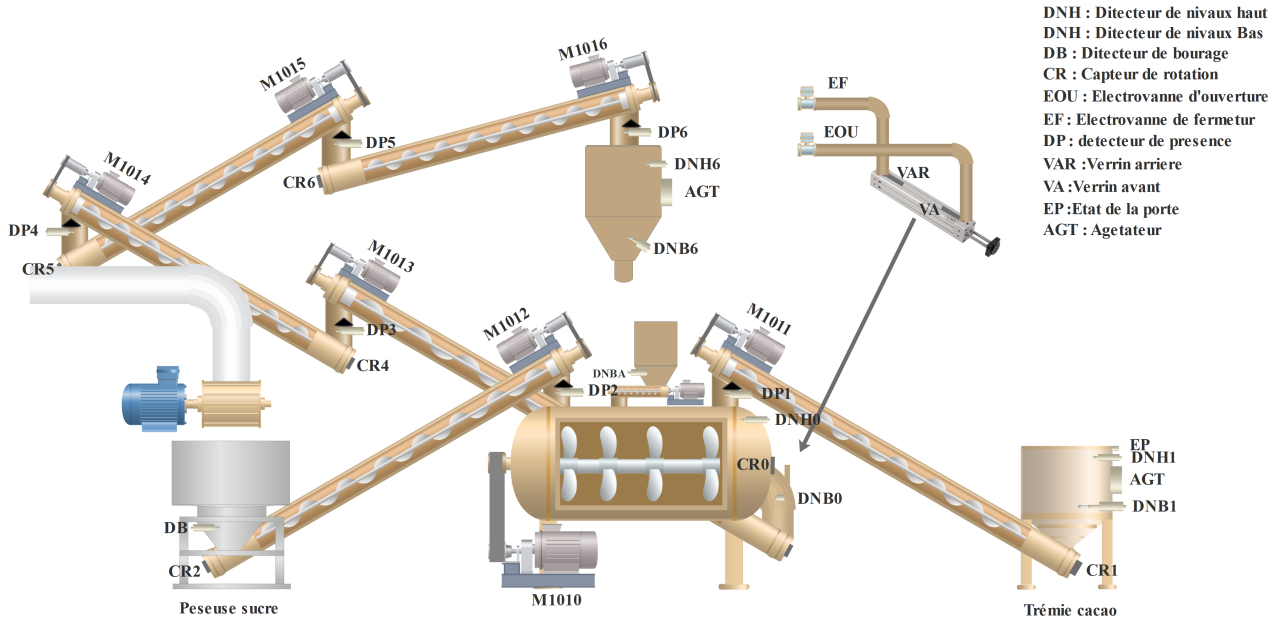


FIGURE III.5 – Schéma de machine après automatisation

3.4.1 Conception électrique

Dans le cadre de notre projet, nous avons débuté par une évaluation des ressources disponibles dans le magasin de Cevital Port Sucre, en cherchant à réutiliser ou adapter les composants et équipements existants pour répondre à nos besoins actuels. Cette approche nous a permis d'économiser du temps et des ressources en exploitant les éléments déjà disponibles. Toutefois, lorsque nous n'avons pas pu trouver les équipements nécessaires, nous avons entrepris des recherches supplémentaires pour les suggérer.
Une fois tous les équipements sélectionnés, nous avons effectué une analyse approfondie pour comprendre leur fonctionnement, leurs caractéristiques techniques afin d'optimiser leur utilisation et de maximiser leur efficacité.

1. L'instrument de pesage IDE 250

1.1. Définition :
La bascule IDE250 présentée dans la figure III.6 est un dispositif de pesage électronique utilisé dans diverses applications industrielles.La bascule IDE250 est conçue pour offrir une grande précision et une grande stabilité de mesure, même dans des conditions difficiles telles que les environnements industriels avec des vibrations, des chocs, de la poussière, de humidité, etc.
Elle s'adapte avec n'importe quel capteur de haute qualité que ce soit analogique ou numérique pour la mesure du poids avec une grande précision et un temps de réponse réduit.

L'indicateur de pesage IDE250 est équipé d'un écran LCD pour afficher la lecture de la masse mesurée. Il peut également être connecté à un ordinateur ou à un automate programmable pour permettre l'acquisition de données et le contrôle automatisé de processus de production [12], vous trouverez plus de détailles dans l'annex A.2.



FIGURE III.6 – IDE 250

1.2. Mise en service IDE250

L'indicateur de poids ide 250 comporte plusieurs options de carte suivant l'installation voulu ou bien souhaité, il y'a deux installations [13] :

Installation type 1 : E/S commandent directement les différents équipements de dosage, la carte utilisée soit 8E8S pour un dosage rapide, soit 4E4S ou 8E24S pour un dosage moins rapide.

Installation type 2 : les entrées et les sorties sont connectées à l'automate et la carte dédiée pour ce type d'installation 16E24S ou bien la carte BDT (Bus de train).

1.3. Définition des entrées et des sorties indicateur ide 250 :

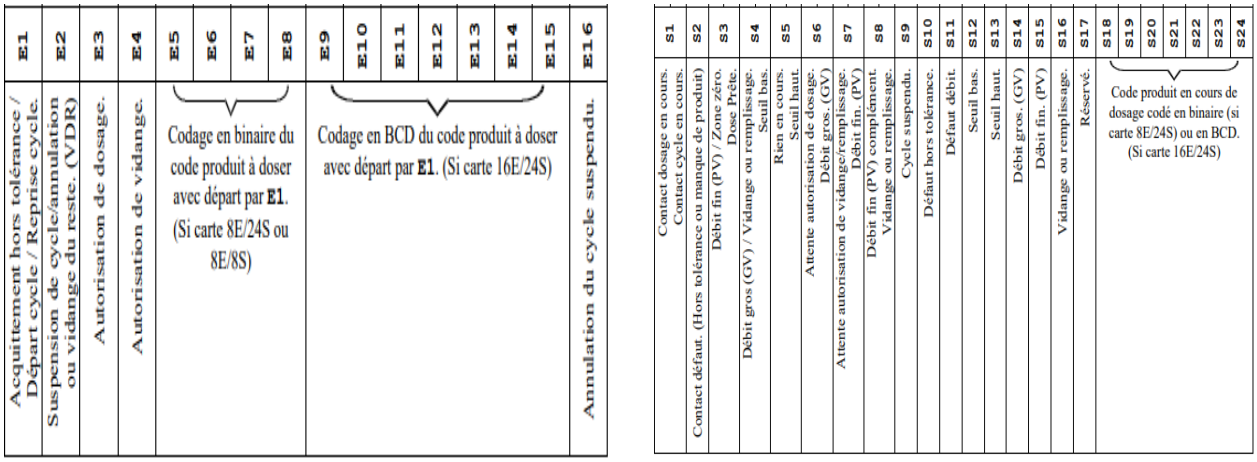


FIGURE III.7 – définition des entrées sorties d'indicateur IDE250

1.4. Échange de données IDE250-S7 1500

Lorsque la carte des entrées/sorties reçoit une impulsion sur l'entrée E1, le cycle de dosage est initié en utilisant les informations préalablement saisies. Pendant que le cycle est en cours, il peut être interrompu à tout moment en utilisant l'entrée E2 pour suspendre le cycle, désactivant ainsi tous les contacts de sortie. Toutefois, une nouvelle impulsion sur l'entrée E1 relancera le cycle.

Pour le dosage et la vidange, deux entrées et deux sorties sont utilisées. Les entrées 3 et 4 sont utilisées pour l'autorisation de dosage et l'autorisation de vidange respectivement. Les sorties 6 et 7 sont utilisées pour la demande de l'autorisation de dosage et la demande de l'autorisation de vidange respectivement. Par exemple, si l'indicateur de poids ide250 demande une autorisation de dosage et que tout est conforme, l'automate accepte cette autorisation et envoie une impulsion à l'entrée E3. Après un laps de temps, lorsque le poids souhaité est atteint, l'indicateur de poids demande une deuxième fois une autorisation de vidange par la sortie correspondante. Si tout est en ordre, l'automate accepte cette demande et envoie une autorisation de vidange (impulsion) à la broche E4. Comme est représenté dans la figure III.8

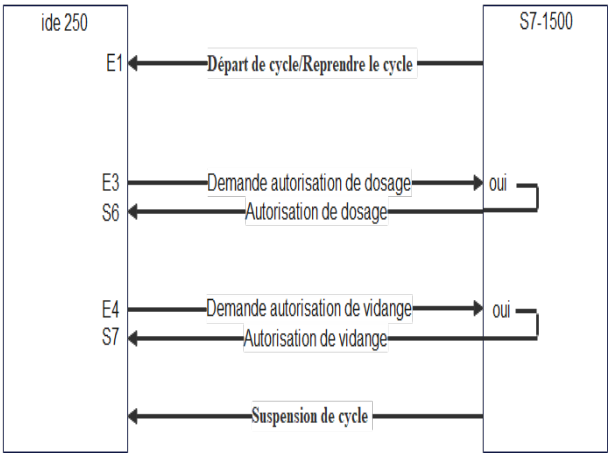


FIGURE III.8 – Échange de données IDE250-S7 1500

1.5. Communication avec bascule IDE250

La communication entre une bascule IDE250 et un automate programmable peut être établie à l'aide d'une connexion TCP/IP. La bascule IDE250 envoie les données de poids à l'automate programmable via un réseau Ethernet.

La communication entre la bascule IDE250 et PLC se fait par le biais d'un protocole de communication standard appelé "Modbus TCP". Dans le cas de la communication entre la bascule IDE250 et l'automate programmable, les paquets de données Modbus TCP contiennent des informations de poids envoyées par la bascule IDE250 à l'automate ou bien dans le sens inverse. L'automate programmable traite les données de poids reçues en fonction du programme de contrôle qu'il exécute, et envoie éventuellement une commande de contrôle à un actionneur ou à un autre équipement ainsi qu'il envoie des consignes comme le nombre de cycle a effectué, le poids de dosage dans chaque itération... ect.

La configuration de la communication entre la bascule IDE250 et l'automate programmable implique la définition des paramètres de communication tels que l'adresse IP de chaque équipement, le numéro de port TCP/IP, le mode de transmission, le type de message, le format de données et le registre a affecté etc.

Les paramètres de communication doivent être définis de manière cohérente sur les deux équipements pour permettre la communication.

L'échange des informations avec des systèmes extérieurs via le protocole Modbus est réalisé par des zones mémoire surnommé tables, et elles sont accessibles par l'indicateur et par le système extérieur.

Une première table dédiée au contrôle du process est accessible seulement en lecture par le système extérieur, et la deuxième table est réservée au suivie du dosage, elle est accessible seulement en lecture par le système extérieure.

Adresse Hexa.	Adresse Décimale	Taille (mots)	Codage		Désignation
5000 H	20 480 d	2	Entier long		Numéro de lot. (De 000000 à 999999)
5002 H	20 482 d	2	Entier long		Nombre de cycle à faire. (De 000000 à 999999)
5004 H	20 484 d	1	Entier	Données pour fichier produit	Code du produit. (De 000 à 999)
5005 H	20 485 d	8	ASCII		Nom du produit. (16 caractères ASCII)
500D H	20 493 d	2	Entier long		Valeur de la consigne de dosage du produit. (6 chiffres)
500F H	20 495 d	2	Entier long		Valeur à doser en petite vitesse. (6 chiffres)
5011 H	20 497 d	2	Entier long		Valeur de l'Erreur De Jeté. (6 chiffres)
5013 H	20 499 d	2	Entier long		Valeur de la tolérance - (6 chiffres)
5015 H	20 501 d	2	Entier long		Valeur de la tolérance +. (6 chiffres)
5017 H	20 503 d	1	Entier		Mode de dosage en GV. (PV pendant GV ? 0 = non, 1 = oui)
5018 H	20 504 d	1	Entier		Durée de dosage en PV. (2 chiffres : x,x s)
5019 H	20 505 d	1	Entier		Fréquence de filtrage numérique. (Filtre Bessel, de 00 à 10 Hz)
501A H	20 506 d	1	Entier		Paramétrage du filtre moyenneur. (De 000 à 200)
501B H	20 507 d	1	Entier		Fréquence mises à zéro (tarage) en début de cycle. (De 000 à 999)
501C H	20 508 d	1 / 1	Entier / Entier		Fréquences des doses lentes (1er mot de 00 à 99) / rapides (2ème mot de 000 à 999)
501E H	20 510 d	6	-		Réservé.
5024 H	20 516 d	1	Bits		Mot de commande de dosage. (16 bits de commande, voir description ci-dessous)

FIGURE III.9 – Table de lecture et d'écriture des données

Adresse Hexa.	Adresse Décimale	Taille (mots)	Codage	Désignation
5025 H	20 517 d	2	Bits	Double mots de l'état des entrées, 32 bits détaillés ci-dessous.
5027 H	20 519 d	2	Bits	Double mots de l'état des sorties, 32 bits détaillés ci-dessous.
5029 H	20 521 d	2	Bits	Statut du poids, 32 bits détaillés ci-dessous. (Virgule, unité, ...)
502B H	20 523 d	2	Entier long signé	Valeur du poids brut en cours. (6 chiffres)
502D H	20 525 d	2	Entier long signé	Valeur de la tare en cours. (6 chiffres)
502F H	20 527 d	2	Entier long signé	Valeur du poids net en cours. (6 chiffres)
5031 H	20 529 d	2	Entier long	Nombre de cycle fait. (De 000000 à 999999)
5033 H	20 531 d	2	Entier long	Poids net de la dose faite. (6 chiffres)
5035 H	20 533 d	2	Entier long	Cumul des poids net des doses faites. (9 chiffres)
5037 H	20 535 d	2	Entier long	Valeur moyenne des doses faites. (6 chiffres)
5039 H	20 537 d	2	Entier long	Ecart type des doses faites. (6 chiffres)

FIGURE III.10 – Table de lecture des informations de dosage

2. Variateurs de vitesse

Avant de commencer à commander notre variateur, nous avons réalisé une étude approfondie du manuel liste de Siemens[14], afin de comprendre le fonctionnement des registres, ainsi que le protocole profinet.Vous trouverez un résumer de l'essentielle concernant notre application dans Annex A.3 et 1.4.1 .

2.1. Définition

Le but est de faire varier la vitesse du moteur toute en gardant le couple maximale disponible.Pour cela une action sur la fréquence et la tension d'alimentation du moteur est nécessaire.
Un variateur de vitesse fournit à partir du réseau alternatif à fréquence fixe f=50Hz, une tension alternative triphasée de valeur efficace et de fréquence variable.[15] figure III.11

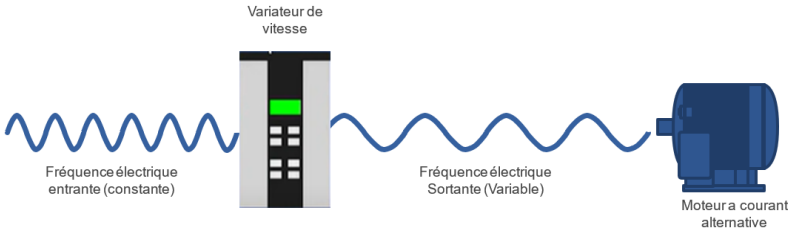


FIGURE III.11 – fonctionnement du variateur

2.2. Échange des données avec variateur

Dans la communication profinet, on a un échange de données avec une période bien définit.

Dans le sens réception : c'est notre contrôleur IO du réseau dans notre cas c'est notre CPU qui envoie des informations au variateur.

Dans le sens émission : C'est le transfert du variateur IO-Device vers la CPU. Les données utiles (user data ou les PPO pour Paramètre Process Object) sont placées dans des trame Ethernet, en parle alors du télégramme où on va encapsuler nos données transmises.

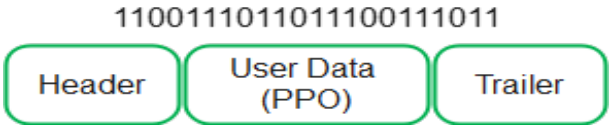


FIGURE III.12 – Télégramme Profinet

Comme le format général des trames profinet générées par le système, les télégrammes comportent un entête et une terminaison et entre eux on trouve les données utiles (PPO : Parameter Process Object), à l'intérieur, les données utiles sont séparées en deux morceaux. Une première zone contenant les informations pour lire ou modifier directement les registres internes de variateur, c'est la PKW (Parameter-Kennung-Wert) elle est optionnelle et un télégramme peut de ne pas contenir ce paramètre, et les PZD (ProZess Daten) c'est le nom de la seconde zone, elle est utilisée pour envoyer des ordres des consignes de commande ou pour recevoir les différentes mesures prélevées par le variateur, ainsi que l'état du moteur.

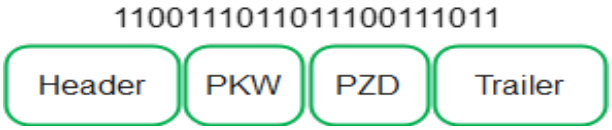


FIGURE III.13 – Télégramme Profinet

Un télégramme est donc un assemblage de différente zones qui sont elles-mêmes découpés en mots, donc des blocs de 16 bits, on peut trouver des différentes formes de télégrammes.

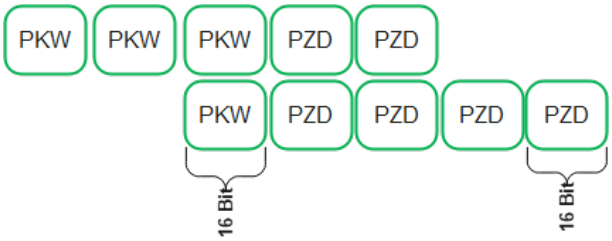


FIGURE III.14 – Télégramme Profinet

Lors du paramétrage du variateur et de la liaison Profinet, il faut choisir le type des télégrammes en fonction du contenu qu'ils peuvent transmettre par exemples pour le contrôleur Unit CU230P2 :

Un télégramme dit de type 1 contient deux PZD pour l'envoie et deux PZD pour la réception.

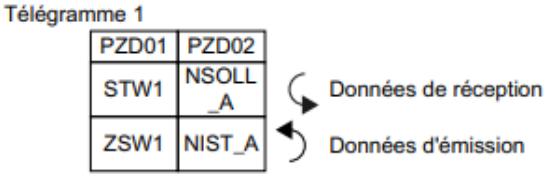


FIGURE III.15 – Télégramme de type 1

Un télégramme dit de type 20 contient six PZD pour l'envoie et deux PZD pour la réception.

Télégramme 20

PZD01	PZD02	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06
STW1	NSOLL_ A				
ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_ GLATT	MIST_ GLATT	PIST_ GLATT	MELD_ NAMUR

FIGURE III.16 – Télégramme de type 20

Et la traduction de tout ça se résume dans le tableau suivant :

Abréviation	Signification	Abréviation	Signification
PZD	Donnée process	PKW	Canal de paramètres
STW	Mot de commande	MIST_GLATT	Couple actuel lissé
ZSW	Mot d'état	PIST_GLATT	Puissance active actuelle lissée
NSOLL_A	Consigne de vitesse	M_LIM	Valeur limite de couple
NIST_A	Mesure de vitesse	FAULT_CODE	Code de défaut
NIST_A_GLATT	Mesure de vitesse lissée	WARN_CODE	Code d'alarme
IAIST_GLATT	Mesure de courant lissée	MELD_NAMUR	Message selon la définition VIK-NAMUR

FIGURE III.17 – Traduction des mots

3. Choix de capteurs

La sélection ou le choix des capteurs exposé dans la table III.1 utilisés pour la détection des niveau Min/Max des trémies de produit en vrac, va être vis-à-vis les caractéristiques des produits, et de l'enivrement d'exploitation[16] :

TABLE III.1 – Table des capteur choisis.

Capteur	Rôle	Image
Sonde capacitive a tige	Détecteur niveau de l'état Min de la trémie Cacao	
Lame vibrante	Détecteur niveau de l'état Min de la Trémie du Chocolat en poudre	
Capteur capacitif	• Détecteur niveau de l'état haut (Max) de la trémie Cacao • de niveaux (Min/Max) du doseur des arômes • détecteurs de présence produit dans le convoyeur a vis	
Capteur de niveau micro-onde	Détecteur niveau de l'état bas du mélangeur	
Capteur rotatif	détecteurs de rotation des arbres des convoyeurs a vis et de mélangeur	
Capteur porte magnétique	Fermeture de la porte trémie du cacao	
Capteur magnétique	Détecter la position du piston dans le vérin pneumatique	

3.4.2 Conception mécanique

Pour réaliser notre automatisation de processus, il était essentiel de mettre en place une conception mécanique adaptée à nos besoins spécifiques. Nous avons donc entrepris une étape de conception afin de définir précisément les éléments et les mécanismes nécessaires à notre automatisation.

- Dans un premier temps, nous avons identifié les différentes fonctionnalités et les exigences de notre processus automatisé. Nous avons analysé les actions à effectuer, les mouvements requis, les contraintes d'espace et toutes les autres considérations pertinentes pour la conception mécanique.
- À partir de ces informations, nous avons élaboré des schémas conceptuels et des spécifications détaillées pour chaque composant mécanique. Cela comprenait des éléments tels que des actionneurs, des systèmes de guidage, des capteurs, des roulements et des interfaces avec d'autres éléments du processus.
- Ensuite, nous avons utilisé SolidWorks, un logiciel de modélisation 3D puissant, pour créer des modèles virtuels de notre conception mécanique. Nous avons utilisé les fonctionnalités avancées de SolidWorks pour représenter de manière précise les différentes pièces, les assemblages et les interactions entre les composants.

1. Conception de la peseuse

1.1. Position de problème

Comme l'indicateur de poids ide IDE250 a été déjà utilisé dans le conditionnement des haricots blancs, donc la conception de notre peseuse sera non seulement cohérente avec notre problématique mais également compatible avec le programme déjà existant dans notre bascule ide250.

1.2. Le fonctionnement de la peseuse des haricots blancs

l'indicateur de poids IDE 250 gère toutes les entrées et sorties du système avec sa carte 16E/16S et son microprocesseur, pendant le fonctionnement de la peseuse dans le conditionnement de haricots blancs et indépendamment de tout autre système externe.

Il peut commander l'ouverture et la fermeture de la porte du réservoir à grains blancs avec ses sorties seuil bas et haut 12 et 13, en plus d'utiliser deux capteurs de présence pour détecter les deux mains de l'ouvrier chargé de remplissage des sacs.

Il a la possibilité de commander avec la sortie S13 la vidange de la peseuse, et ultérieurement il peut commander la fermeture de cette dernière, on a juste abordé le fonctionnement normal de la peseuse.

Pour des raisons extérieures il nous semble indispensable de concevoir la peseuse qui fonctionne de manière compatible avec le programme de l'indicateur IDE250 qui non seulement assure nos besoins mais est également compatible avec le programme d'indicateurs ide250 fig.III.27

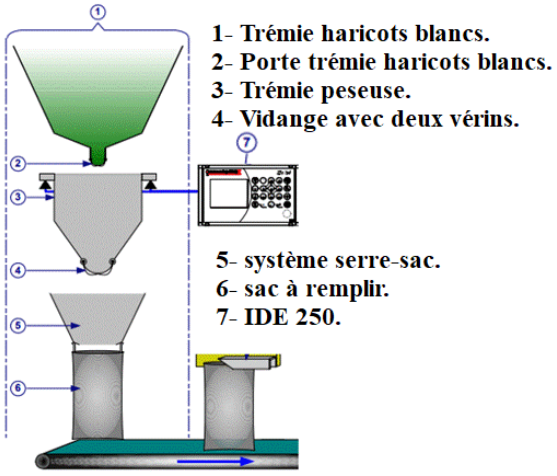


FIGURE III.18 – Schéma de la peseuse

1.3. Cahier de charge :

Une trémie de 1m de longueur, posé sur un support par l'intermédiaire de 4 capteurs, la liaison entre la trémie et les capteurs doit être encastrer ainsi que pour la liaison entre les capteurs et le support, la trémie doit être équiper d'une porte commandable par un vérin, le mécanisme d'ouverture et de fermeture de la porte doit être souple et robuste.
La conception de ce mécanisme est à choix ouvert. La seule exigence est sur la forme générale de la peseuse montré dans la figure III.19 :

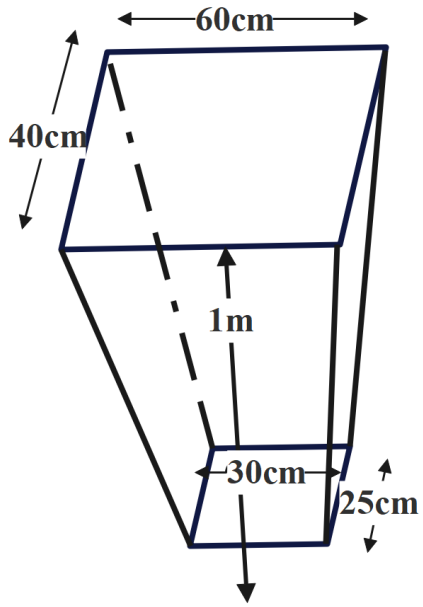


FIGURE III.19 – Conception de la trémie peseuse

1.4. Conception par Solidworks

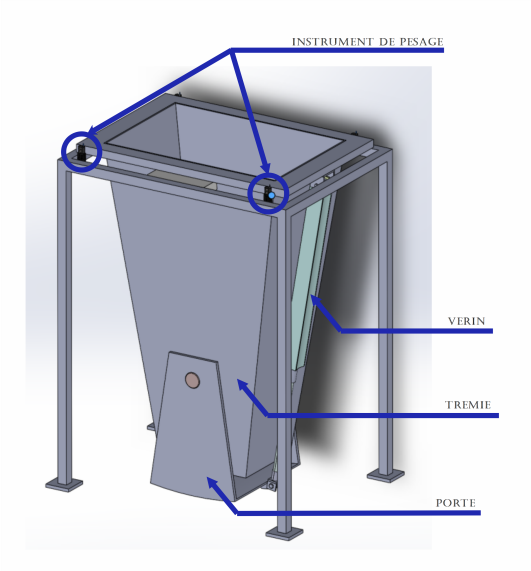


FIGURE III.20 – Conception par solidworks de la peseuse



FIGURE III.21 – Vue de face trémie peseuse

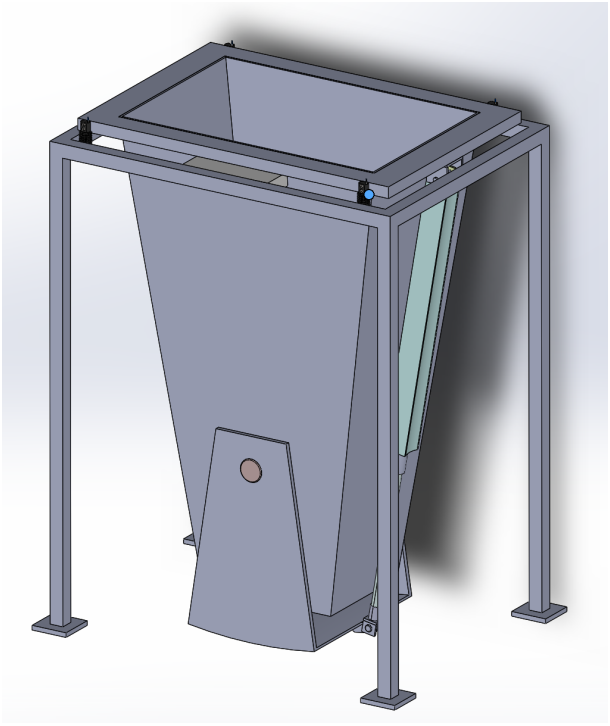


FIGURE III.22 – Vue de droite trémie peseuse

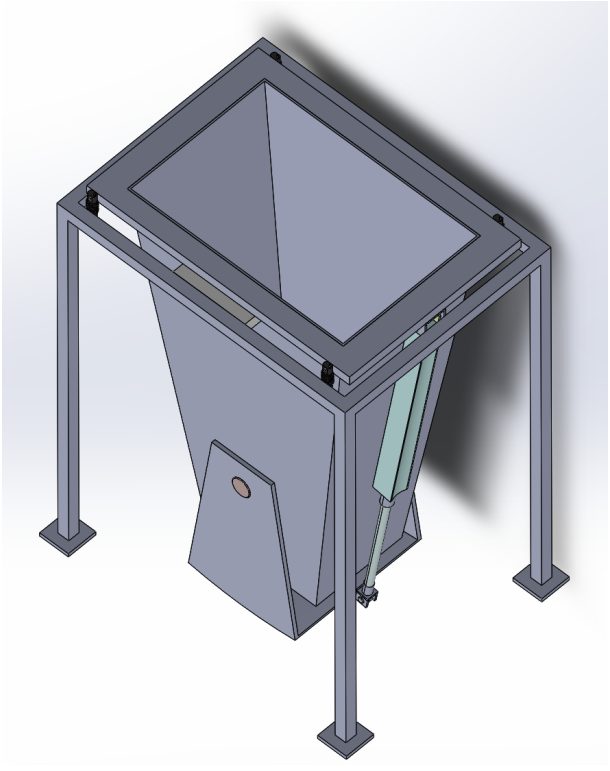


FIGURE III.23 – Vue de dessus trémie peseuse

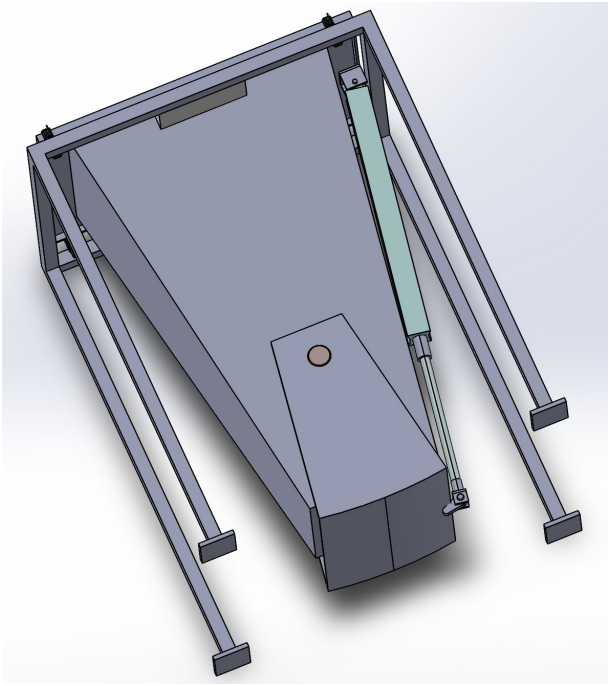


FIGURE III.24 – Vue de dessous trémie peseuse

FIGURE III.25 – Différentes vues de trémie peseuse

2. Conception de la porte de mélangeur

2.1. Position de problème

Pour assurer l'ouverture et la fermeture automatiques de la porte du mélangeur, nous avons besoin d'un mécanisme spécifique qui permettra d'accomplir cette tâche de manière fiable et précise. Ce méca-

nisme est essentiel pour garantir le bon fonctionnement du processus de mélange et pour automatiser cette étape.

2.2. Cahier de charge

Le mécanisme d'ouverture et de fermeture doit être soigneusement conçu pour convertir le mouvement linéaire du vérin en un mouvement fluide d'ouverture et de fermeture de la porte.La figure III.26 ci-dessous explique ce mécanisme.

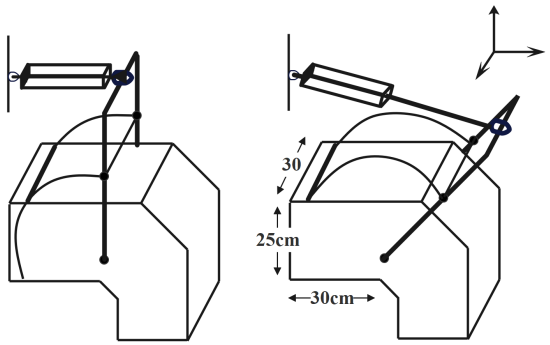


FIGURE III.26 – Conception de la porte de trémie peseuse

2.3. Conception par Solidworks

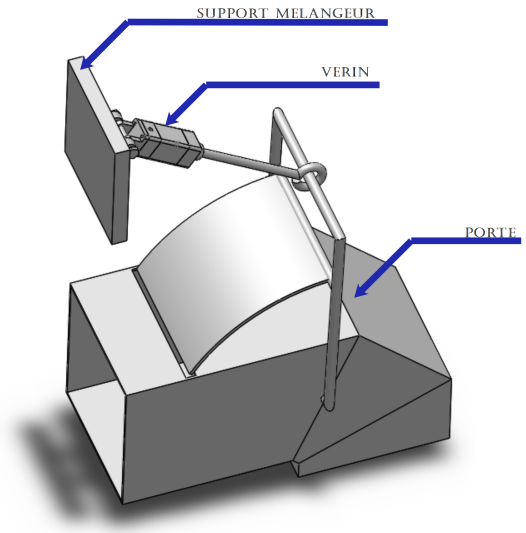
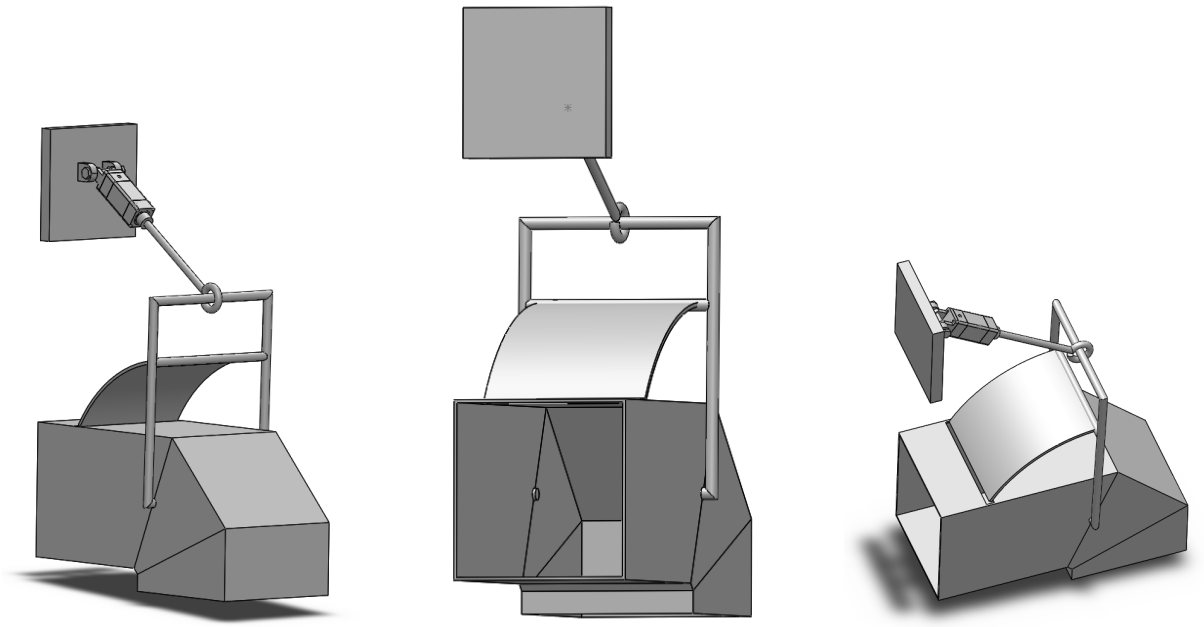


FIGURE III.27 – Conception par solidworks de la porte



(a) Vue de droite porte (b) Vue de gauche porte (c) Vue de dessus porte

FIGURE III.28 – Les différentes vues de la porte

3. Conception du doseur

3.1. Position de problème :

Lorsqu'on prépare un mélange, il est important d'obtenir une répartition uniforme des arômes afin d'obtenir le goût souhaité. Un doseur d'arôme permet de verser lentement et de manière contrôlée la quantité précise nécessaire. Cela garantit que chaque partie du mélange reçoit la quantité appropriée d'arôme.

3.2. Cahier de charge :

Un doseur approprié et fonctionnel est déjà disponible dans le stock de Cevital, il est tout à fait logique de l'utiliser.



FIGURE III.29 – Doseur d'arômes

4. Conception du transmetteur de puissance poulie/courroie

4.1. Position de problème :

Les systèmes mécaniques sont généralement en mouvement de rotation ou de translation assuré par des moteurs. Certains contraintes environnementales ou techniques imposent l'utilisation d'un réducteur pour la transmission de puissance. Dans notre cas, nous avons une transmission par poulie/courroie trapézoïdale. En effet ce type est économique, souple, silencieux, résistant avec un rendement entre 70 et 96 % et ne nécessite pas de lubrification surtout pour des raisons d'hygiène figure III.30

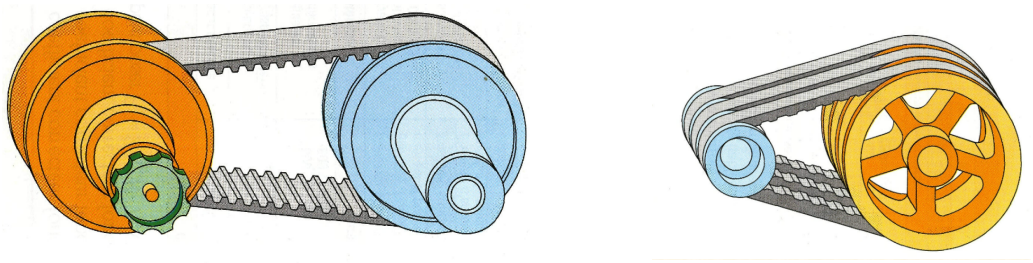


FIGURE III.30 – Courroies trapézoïdales

4.2. Cahier de charge :

Le moteur est à courant alternatif, capable de fonctionner à une vitesse nominale allant jusqu'à 1000 tr/min théoriquement, avec une puissance de 4 kW sous une tension de 380-400 V. Son rôle est d'entraîner une vis à une vitesse d'environ 500 tr/min pendant une durée maximale de 12 heures par jour. Cette transmission est réalisée par le biais d'une configuration poulie-courroie. La transmission subit des légères à-coups et des chocs modérés. La petite poulie a un diamètre primitif de 150 mm, tandis que la distance entre les deux arbres (l'arbre du moteur et l'arbre de la vis) est d'environ 90 cm.

Afin de bien concevoir le courroie souhaité, il faut suivre les étapes apparus dans la figure suivante III.31

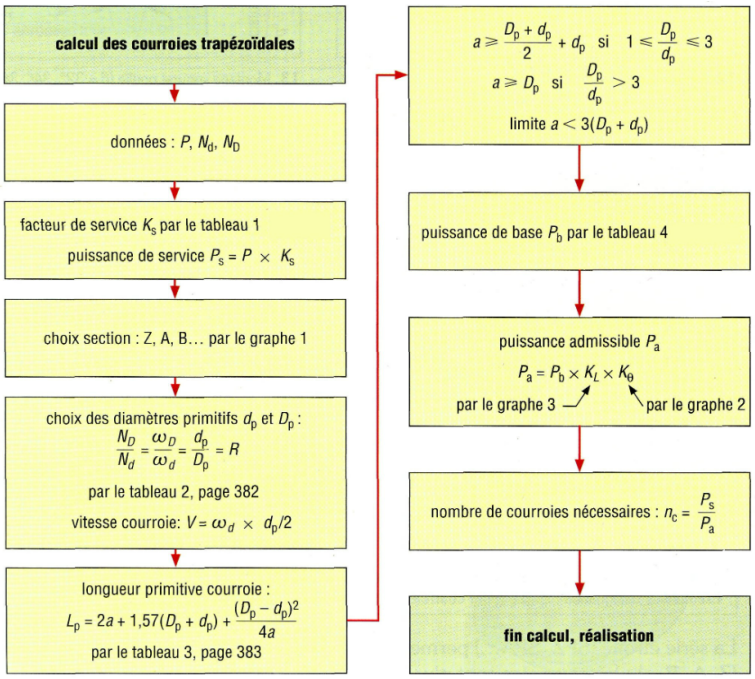


FIGURE III.31 – étape de conception du courroie

4.3. Choix et calcule des paramètres :

Les calculs sont effectués selon A.1 et conformément aux étapes prédéfinies dans l'organigramme pour déterminer les paramètres et fixer le type de courroie. Une fois le type est établi, les paramètres sont extraites du tableau III.32 :

principales dimensions (en mm)	Principales dimensions trapézoïdales (ISO 4183)									
	série classique						série étroite			
	Z	A	B	C	D	E	SPZ	SPA	SPB	SPC
a	10	13	17	22	32	38	10	13	16	22
h	6	8	11	14	19	25	8	10	13	18
l_p	8,5	11	14	19	27	32	8,5	11	14	19
f	7	9	11,5	16	23	28	7	9	11,5	16
g	12	15	19	25,5	37	44,5	12	15	19	25,5
k (mini)	2	2,75	3,5	4,8	8,1	9,6	2	2,75	3,5	4,8
m (mini)	7	8,7	10,8	14,3	19,9	23,4	9	11	14	19
d_p (usuel)	50 à 630	75 à 800	125 à 1 120	200 à 2 000	355 à 2 000	500 à 2 500	63 à 630	90 à 800	140 à 1 120	224 à 2 000

l_p : longueur primitive ou de référence ; d_p : diamètre primitif ou de référence.
Exemple de désignation : Z1420 (pour courroie classique de longueur 1 420 mm).

FIGURE III.32 – Les principales dimensions trapézoïdales

Selon le diamètre et les vitesses linéaires la courroie est de type **A** avec :

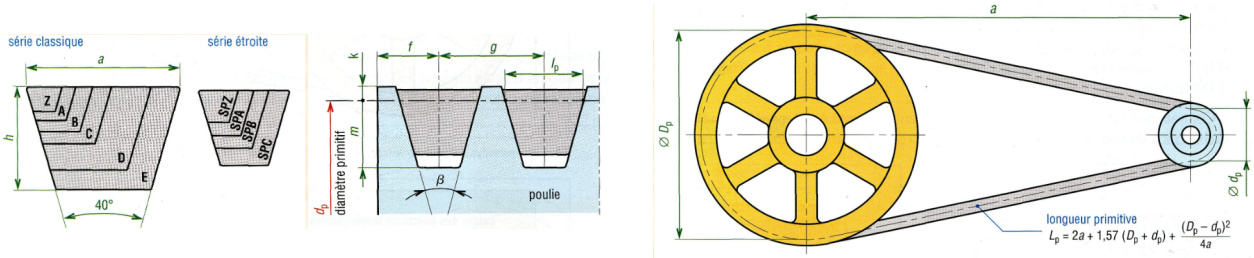


FIGURE III.33 – définitions des paramètres

III.5 Architecture fonctionnelle de la solution

La conception est l'étape où s'effectue la fusion des études fonctionnelles et techniques de manière à préparer le modèle de la solution et donc de tracer la cartographie des composants du système à développer.

Pour mettre en œuvre la solution proposée, nous recommandons l'architecture fig.III.34 qui suit la hiérarchie de la pyramide CIM [2] :

2. **computer integrated manufacturing** :un concept qui présente l'automatisation totale de procédés de fabrication.

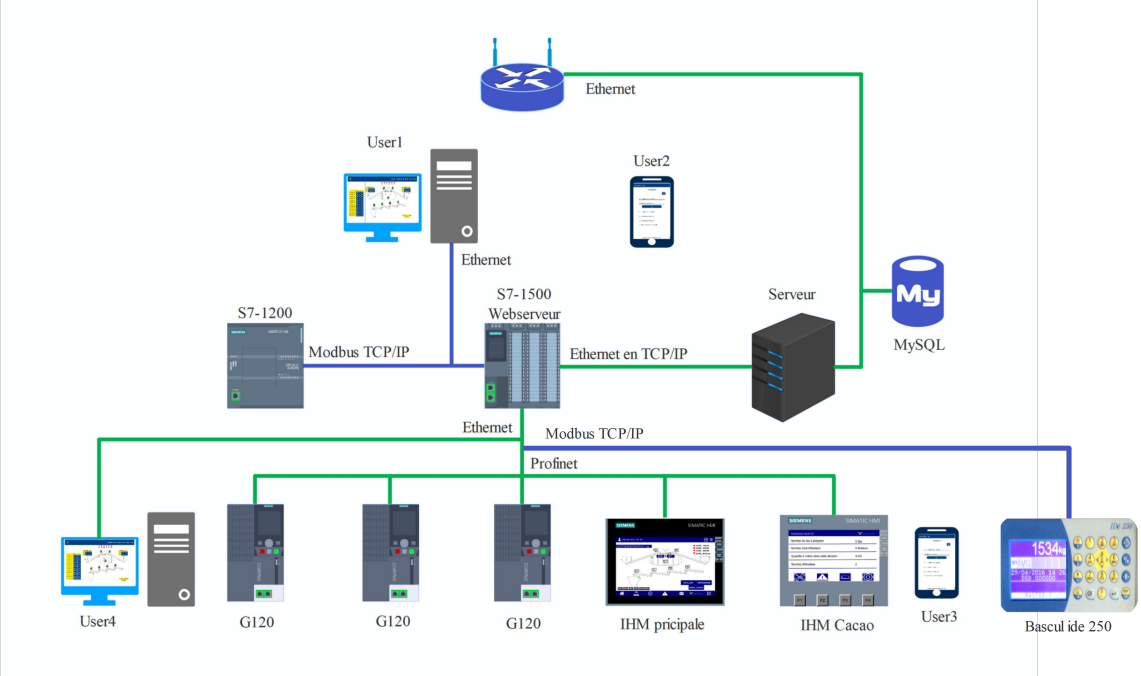


FIGURE III.34 – Architecture de système

1. Niveau de terrain

Qui représente la base de la pyramide, et comprend dans notre cas les capteurs et les variateurs G120, ainsi que l'indicateur ide250.

2. Niveau de commande

Ce niveau intermédiaire est responsable de la collecte et la gestion des données provenant des capteurs, pour notre cas l'automate programmable industriel s7-1500.

Comme la marque siemens est le fournisseur principal de Cevital en matière d'automatismes, et vu les caractéristiques techniques du S7-1500, l'acquisition et le traitement des données se fera par une CPU de gamme 1512C-1 PN III.35 ayant comme référence (6ES7 512-1CK00-0AB0) contenant 5E/2S analogiques en résolution de 16 bits, y compris le signe et 32E/32S numériques, muni d'un système d'alimentation(PS 25W 24VDC) fournit la tension de fonctionnement au bus interne du S7-1500 disposés sur le rack de la CPU.[17]



FIGURE III.35 – Configuration matérielle

3. Niveau de contrôle de process

Ce niveau est responsable de la supervision et du contrôle des opérations de production. Il comprend les systèmes de contrôle-commande qui sont les deux interfaces homme machine (principale et pour Cacao) et la page web, les bases de données pour notre cas MySQL et les applications de supervision (Node red).

3.1 Les interfaces homme machine

1. HMI production

L'HMI qui sera déployé à son niveau est un écran tactile de 7 pouces, fourni par la marque Siemens (TP700 comfort). Ce dernier est doté d'un port pour la communication MPI/Profibus DP et d'un (01) port pour la communication en profinet /Industrial Ethernet [18].

2. HMI Cacao

Concernant l'opérateur Cacao, nous avons opté pour un écran de 4,3 pouces fourni par la marque Siemens (KTP400 basic PN). Ce dernier est commandé par touches et tactile et doté d'un port pour la communication PROFINET[19].

3.2. La page web

La surveillance(monitoring) des sites industriels permet d'observer et de réagir sur place à l'évolution des conditions des sites, réduisant ainsi le risque de défaillance des équipements, d'accidents et de dommages qui en résultent. La surveillance est donc primordiale dans les environnements de contrôle et en ayant des options d'accès via divers navigateurs Web, les données de contrôle peuvent être affichées et contrôlées dans une certaine mesure par n'importe quel ordinateur sans installation de logiciel supplémentaire.Un autre avantage est de pouvoir utiliser toute l'infrastructure réseau d'une usine sans aucun composant matériel supplémentaire. Cela signifie que les commandes correspondantes sont accessibles à n'importe quel point de l'usine où l'accès au réseau est disponible.

3.3. L'application par Node red

L'accent est principalement mis sur la mise en évidence le développement d'une application qui démontrera la fonctionnalité du concept de l'industrie 4.0, en utilisant des protocoles tels que S7 communication.L'application utilise des modules d'enregistrement et d'archivage basés sur la base de données MySQL et est conçue pour obtenir une structure de supervision visuelle aussi proche que possible des solutions SCADA bien connues.

3.4. La base de donnée MySQL

Pour les systèmes industriels, le stockage relationnel des données SQL est la solution jusqu'à présent et ceci grâce a ses nombreuses fonctionnalités, fiabilité et robustesse (MySQL est réputé pour sa fiabilité et sa robustesse. Il prend en charge des mécanismes de sauvegarde et de récupération pour garantir l'intégrité des données et la disponibilité du système) et sécurité (MySQL offre des fonctionnalités de sécurité avancées, notamment la possibilité de définir des utilisateurs et des privilèges d'accès, ainsi que le chiffrement des données pour garantir leur confidentialité).

3.5. serveur

Un Raspberry Pi pour héberger notre base de données et notre application mobile. Le Raspberry Pi agit comme un serveur dédié qui stocke toutes les données de notre application et permet aux utilisateurs d'y accéder via notre application mobile. Le serveur Raspberry Pi offre de nombreux avantages, notamment une faible consommation d'énergie, une taille compacte et une facilité de configuration. Il nous permet de gérer nos données en toute sécurité et d'assurer une disponibilité constante de notre application.

4. Communication

La liaison entre les niveaux de la pyramide CIM peut être réalisée à l'aide de différents protocoles et technologies de communication, tels que les réseaux informatiques, les protocoles de communication standardisés et les interfaces de données.

4.1 Niveau de terrain vers niveau de commande

Les variateurs G120C reçoivent cycliquement de données de la commande de niveaux supérieur et envoient cycliquement des données à la commande via la communication Profinet. (Voir A.4)

La communication entre la bascule IDE250 et l'automate S7-1500 se fait par le biais d'un protocole de communication standard appelé "Modbus TCP". (Voir A.5)

III.6 Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de répondre aux attentes de l'entreprise en créant un modèle correspondant à leurs besoins. La capture des besoins a été une étape essentielle pour la modélisation du nouveau système. Après avoir pris en compte toutes les spécifications fonctionnelles et techniques, et avoir conçu

l'architecture appropriée, en définissant les environnements de développement et les configurations matérielles correspondantes, le chapitre suivant abordera en détail la mise en œuvre du modèle conceptuel élaboré dans le présent chapitre.

Chapitre IV

Développement et programmation

IV.1 Introduction

Ce chapitre se concentre sur le développement détaillé de notre solution après avoir réalisé l'étude conceptuelle. Nous aborderons l'adressage des entrées/sorties de tous les équipements, la programmation des blocs fonctionnels en fonction des différentes étapes. De plus, nous présenterons la conception d'une base de données MySQL pour la sauvegarde, l'archivage et la restauration des données, ainsi que la mise en service du serveur, en plus,la simulation du projet à l'aide d'outils dédiés, l'implémentation de la solution proposée et les tests réalisés pour évaluer sa performance,en soulignant l'importance de la simulation et des tests dans le processus de mise en œuvre de la solution avant de passer à l'implémentation réelle.

IV.2 Programmation du processus

Avant de commencer à programmer sous TIA-Portal, nous proposons une architecture à notre programme afin de l'organiser et de le structurer correctement. Cette architecture nous aidera à gérer correctement les étapes de production, en commandant chaque sous-processus séparément et en particulier lorsqu'il s'agit de détecter les erreurs de fonctionnement. Le concept derrière est la décomposition de notre processus en sous-processus et de programmer séparément chacun d'eux avec des liaisons clés intermédiaires [20]. Le diagramme IV.1, suivant, montrera comment notre programme progresse dans OB1.

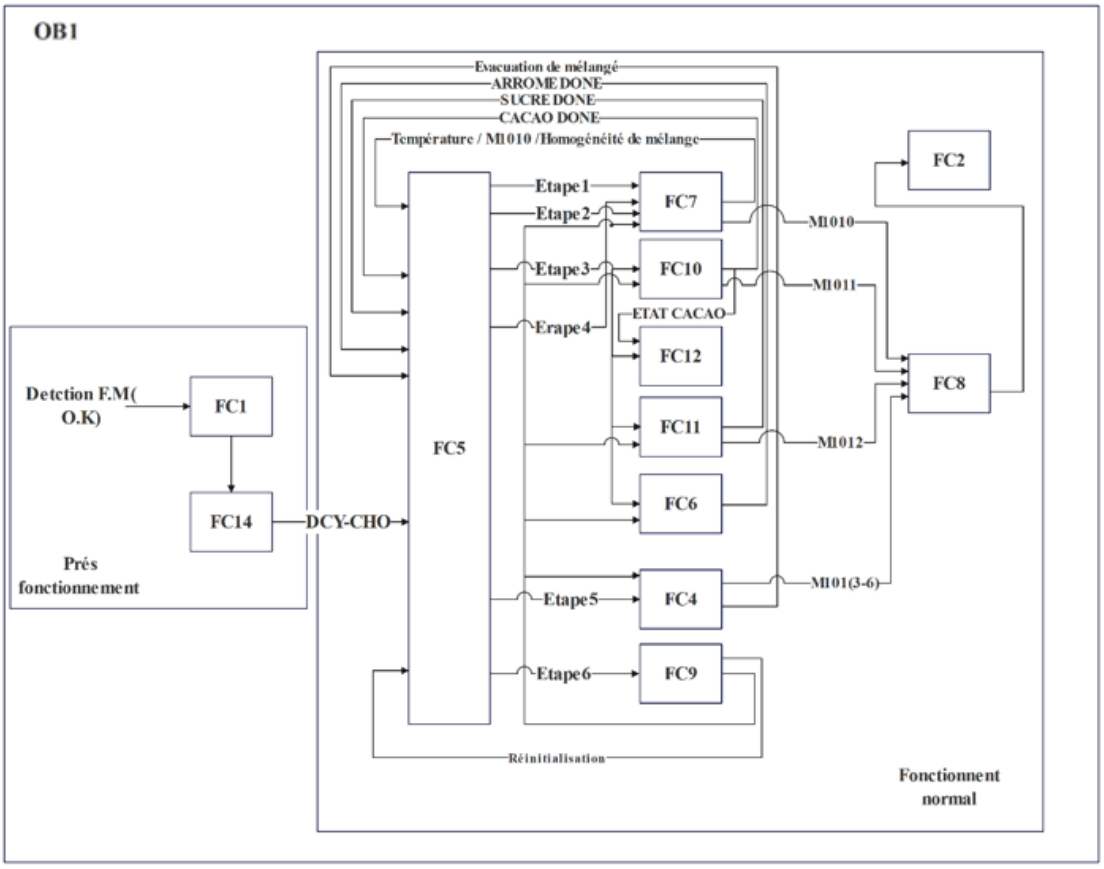


Figure IV.1 – Architecture programme

L'architecture programme mentionnée peut être divisée en deux parties principales : la phase de pré-fonctionnement et la phase de fonctionnement normal. Chaque partie est programmée à l'aide de blocs fonctionnels (FC).

- La partie de pré-fonctionnement vise la préparation des différents organes pour la production.
- La partie fonctionnement normal, chaque étape est programmée dans un bloc FC où le bloc FC5 assure la liaison entre les différents étapes de production.Le bloc FC8 est dédié à la programmation du moteur et le bloc FC2 est utilisé pour la gestion des défauts.

Cette répartition est résumée dans la figure IV.2 suivante , et chaque étape sera détaillée ultérieurement.



FIGURE IV.2 – Blocs programme

4.2.1 Les langages utilisés

Tia portal prend en charge plusieurs langages de programmation adaptés aux différentes taches de programmation.Notre choix est justifié selon le cas,par les fonctionnalités requises (pour les blocs prédéfinis),La facilitée de développement (pour le langage ladder) ainsi que notre expérience et compétence (pour le langage SCL).
Le schéma présenté dans la figure IV.3 offre une représentation visuelle des différents langages utilisés, il permet de visualiser de manière graphique la répartition des langages utilisés en segments proportionnels. Chaque segment représente un langage et sa taille relative représente sa contribution.

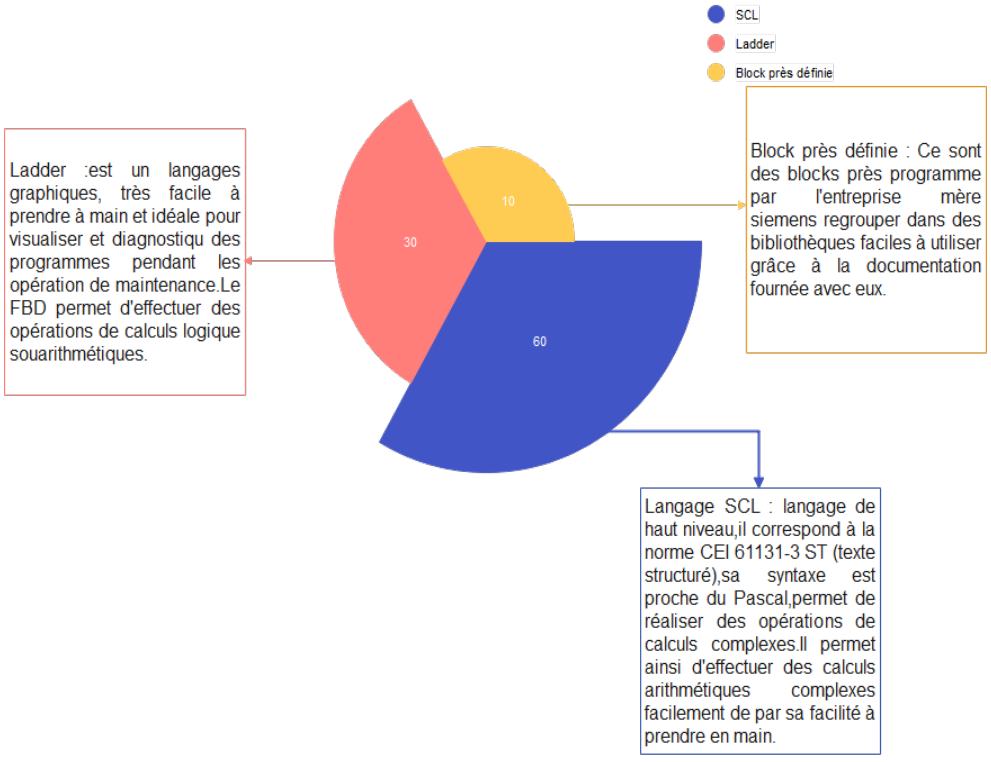


FIGURE IV.3 – Les langages utilisés

4.2.2 Déclaration des variables

Les variables utilisées dans le programme sont déclarées dans des blocs de données, et par mesure de facilitation d'accès nous les avons organisés par étape.Nous avons en total 300 variables classées dans 13 tables. La table des variables pour le variateur M1010 est illustré comme exemple dans la figure IV.4 ci-dessous.

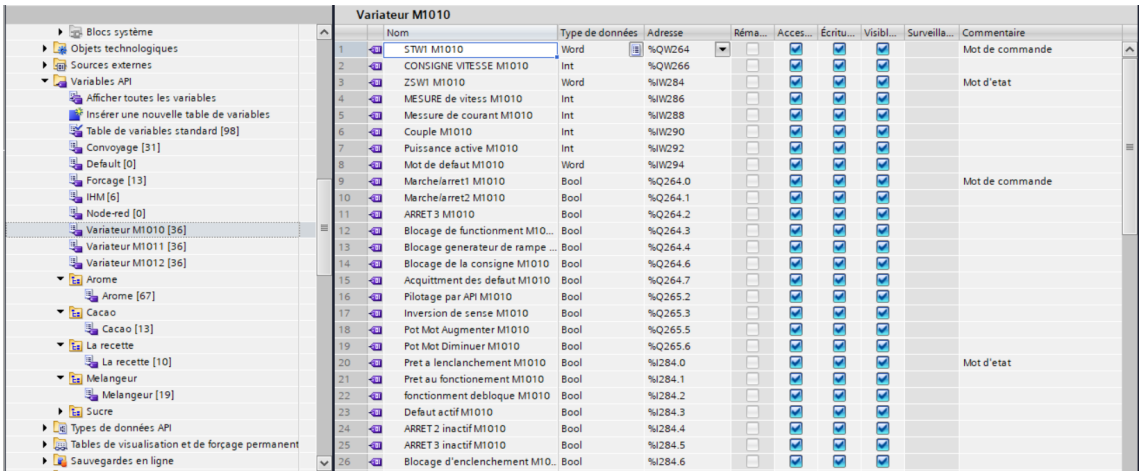


FIGURE IV.4 – Exemple table de variable M1010

4.2.3 Pré-fonctionnement (FC1-FC14)

Afin de configurer et communiquer les paramètres aux différents organes de la machine (L'instrument de pesage IDE 250, la CPU de process sucre S7-1200), deux fonctions FC1 et FC14 sont crées, comme l'étape de pré-fonctionnement est nécessaire, pour notre cas le calcule des quantités, le schéma explicatif présenté dans la figure IV.5 permet le calcul de :

- La quantité de chaque composant selon un ratio de 75/25 (25% de cacao et 75% de sucre).
- Le calcul du nombre d'itérations nécessaires et la quantité de chaque ingrédient pour chaque itération.
- Communiquer le début de production à l'autre process (Communication S7-1500/S7-1200)
- L'envoi des requêtes de nombre d'itération et de pesage de sucre par itération vers l'IDE 250 (Communication S7-1500/IDE250)

Ces différents points seront expliqués dans les parties qui suivent.

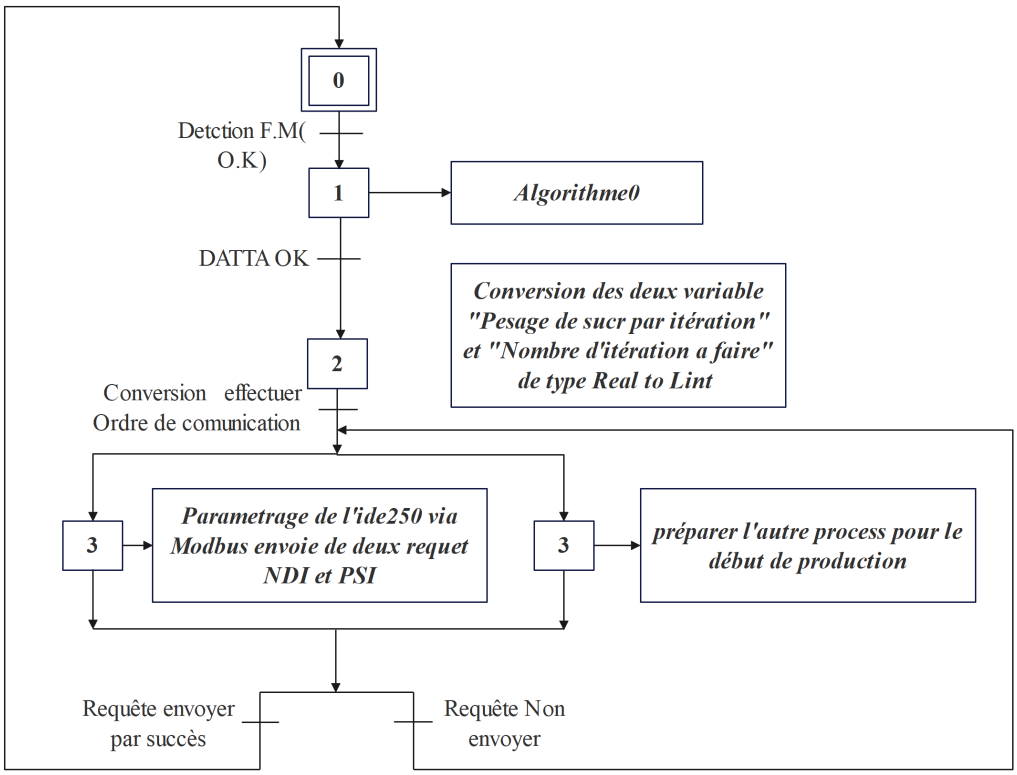


FIGURE IV.5 – Grafcet proposé de pré-fonctionnement

1. **La mise à jour des paramètres**
   Selon le grafcet proposé fig. IV.5,la saisie des données par l'utilisateur est l'étape d'initiation, à la validation par 'ok', la fonction P_TRIG (fig.IV.6) détecte le front montant et mis à jour les paramètres de la recette.

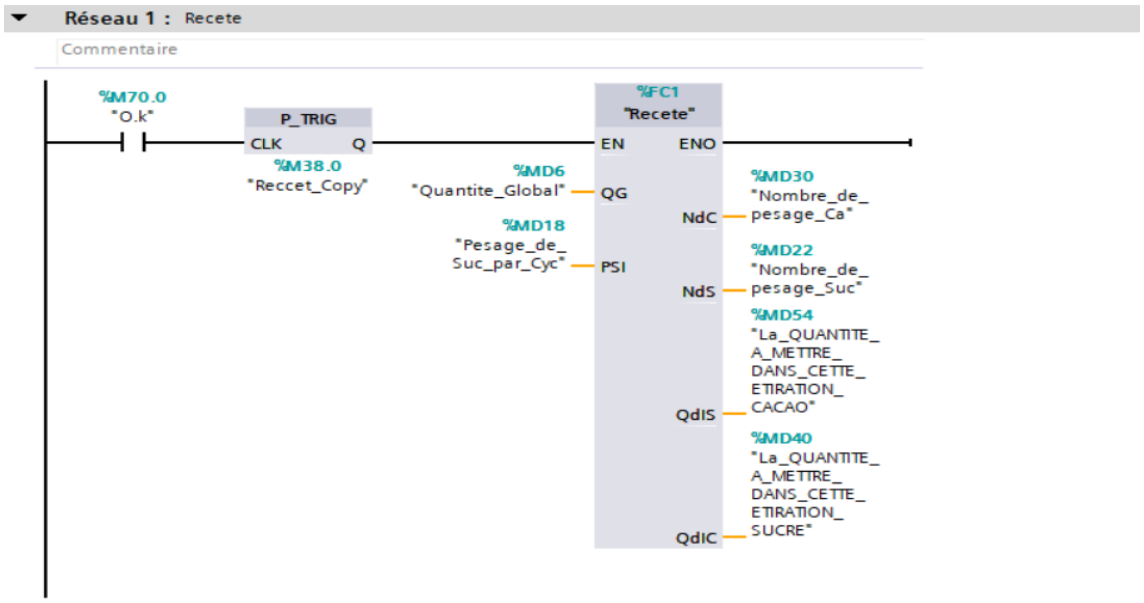


FIGURE IV.6 – Mise à jour des paramètres La recette

2. **Calcule des quantités**
   La deuxième étape consiste à mettre en œuvre l'algorithme 0(fig.IV.5), qui permet le calcul des quantités nécessaires ainsi que le nombre d'itérations pour chaque ingrédient, en fonction des proportions prédéfinies (75/25). Cet algorithme utilise les proportions spécifiées pour déterminer les quantités de chaque ingrédient à utiliser dans la production. Il prend en compte les paramètres tels que le volume total de production souhaité et les ratios prédéfinis pour chaque ingrédient. Grâce à cet algorithme, les calculs sont effectués de manière automatisée et garantissent des résultats précis tout en minimisant les erreurs potentielles liées aux calculs manuels.
   Le calcule des quantités ce fait par l'algorithme 0 présenté dans la figure IV.7 codé dans la fonction FC1.

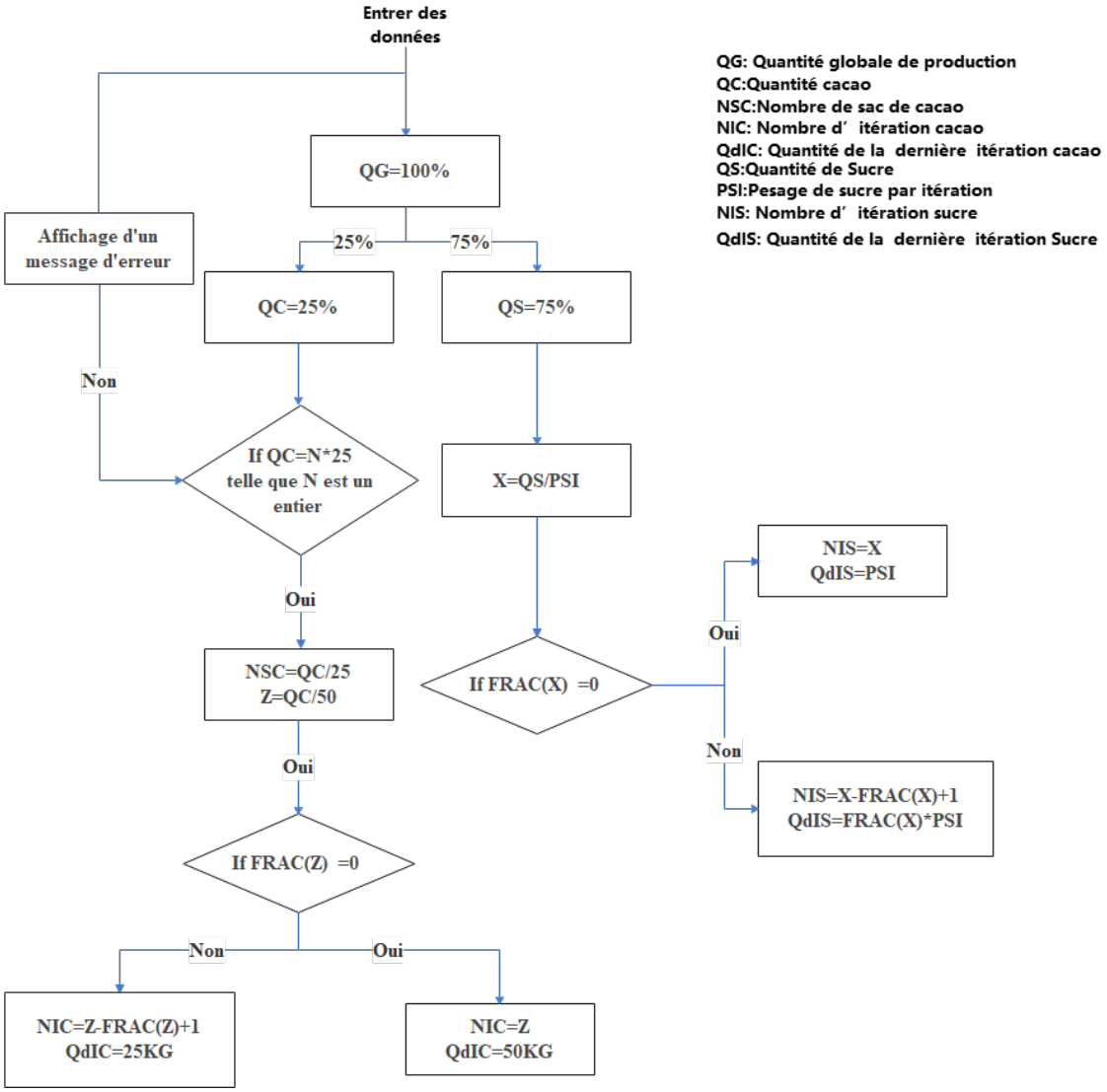


FIGURE IV.7 – Algorithme 0

L'algorithme est écrit dans 64 lignes en langage SCL, quelques illustrations sont mentionnées dans la figure IV.8 ci-dessous.

```
0001
0002 ////********************* Calcule des Quantité nécessaire pour la production ***************** \\\\\\\\\\\\\\\\
0003
0004
0005 "quantite_Ca" := (25 * "Quantite_Global") / 100;                 // Quantite de Cacao
0006 "qauntite_suc" := (75 * "Quantite_Global") / 100;                // Quantite de Sucr
0007 #X :="quantite_Ca" / 25;
0008 IF FRAC(#X) <> 0 THEN   // renisialisation en cas ou la quantier sont incorecte
0009
0010   "Nombre_de_Sac_de_Cac25kg" := 0;
0011   "qauntite_suc" := 0;
0012   "la_Quntite_de_Suc_la_dernier_itiration" := 0;
0013   "quantite_Ca" := 0;
0014   "Nombre_de_pesage_Ca" := 0;
0015   "la_Quntite_de_Cac_la_dernier_itirationl" := 0;
0016   "Erreur_Quantite" := 1;
0017
0018 ELSIF FRAC(#X) = 0 THEN  // Affichage du message d'erreur
0019
0020   "Erreur_Quantite" := 0;
0021
0022 END_IF;
```

FIGURE IV.8 – partie de code FC1

3. **Communication des paramètres résultants**
   - **Paramétrage de l'indicateur Ide250 via MODBus TCP/IP :**

     Avant d'entamer la programmation du paramétrage de la bascule à distance (IDE250), nous avons réalisé une étude extrêmement approfondie sur les protocoles de communication, en particulier le MODBus TCP/IP. Nous avons consacré du temps à comprendre les subtilités de ce protocole, en étudiant ses principes de fonctionnement, ses méthodes de transmission des données et ses mécanismes de contrôle.

     En parallèle, nous avons examiné les registres spécifiques de la bascule afin de connaître leur emplacement et leur utilisation. Cette analyse détaillée des registres nous a permis de comprendre comment les informations sont stockées et comment elles doivent être affectées pour paramétrer la bascule de manière appropriée.

     En combinant notre connaissance approfondie des protocoles de communication et de l'architecture des registres de la bascule, nous avons pu mettre en place une programmation efficace et précise du paramétrage à distance. Cela nous a permis de configurer la bascule selon nos besoins spécifiques, en manipulant les registres de manière adéquate et en établissant une communication fiable via le protocole MODBus TCP/IP. Grâce à cette étude préliminaire rigoureuse, nous avons pu développer un système de paramétrage solide et fonctionnel pour la bascule (IDE250), offrant ainsi une facilité de configuration pour optimiser notre processus industriel. Vous trouverez notre étude théorique dans l'annex 3.4.1,A.2.

     (1) **La conversion Real/Lint**

     Comme mentionné dans le chapitre **Analyse et concption** la partie **Communication avec la bascule IDE 250** figure III.9, les paramètres de nombre d'itération par cycle et la quantité a pesée dans chaque itération sont envoyés avec un type Lint, un type qui est imposé par le constructeur Arpège K. Alors une conversion de type 'Real' est nécessaire.

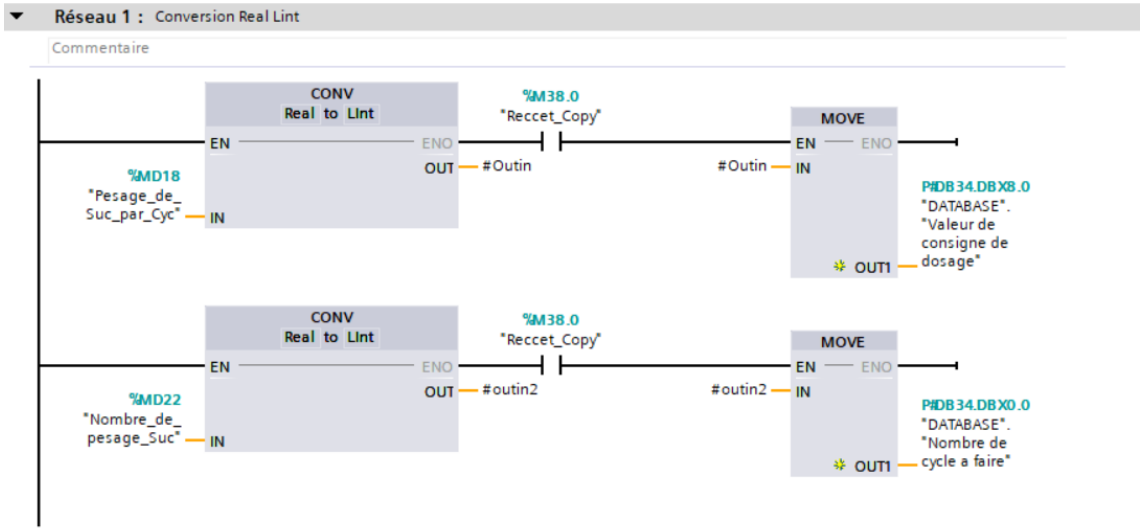


FIGURE IV.9 – La conversion de type Lint vers Real

(2) **Communication MODBus TCP/IP S7-1500/ide250**
En vérifiant l'architecture Réseaux III.34 mentionné dans le chapitre précédent, La communication maître/esclave entre le s7-1500 et IDE250 respectivement est faite par l'intermédiaire des blocs Mb_Client insérés dans la fonction FC14, les étapes suivantes décrivent la configuration pour établir la communication :

(1) **Création d'une DATA-BASE** dans un bloc standard [1] afin d'attribuer des adresses à nos données comme le montre la figure IV.10

DATABASE

		Nom	Type de données	Décalage	Valeur de départ	Rémanence
1		Static				
2		Nombre de cycle a faire	LInt	0.0	0	
3		Valeur de consigne de dosage	LInt	8.0	0	
4		Modechocolat	Word	16.0	16#0	

FIGURE IV.10 – Le bloc de données 'Base de données'

(2) **Configuration de paramètre TCONECTE** vu qu'on veut écrire des données de type Lint dans les registres de maintient 20480 et 20493(voir III.9) de l'indicateur IDE 250, alors les paramètres de la fonctions Mb_client sont :
- Interface id : 64.
- Code fonction : 1 pour l'écriture des données.
- Les registres distants : 420481, 420494 [2].
- La taille des données : 64 bits donc 4 mots pour une donnée de type Lint.

1. Les blocs de données "non optimisés/standardisés" utilise un "décalage" ou offset pour l'adressage.
2. le 4 pour les registres de maintient et +1 pour le Modbus TCP/IP

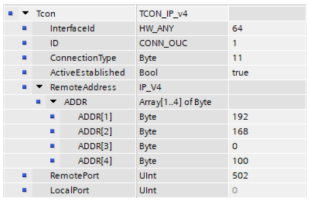
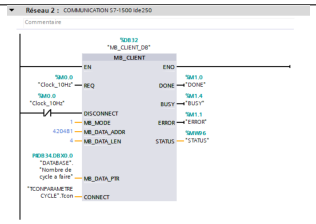
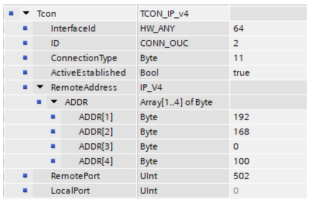
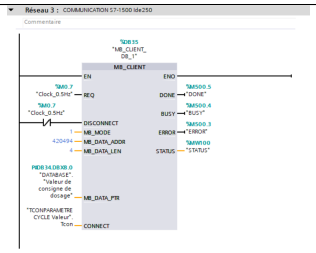
Fonction	Paramétrage TCON	Fonction MB_CLIENT
L'envoie de paramètre « nombre d'itérations à réaliser» dans le registre de maintient 20480 de la bascule IDE250 sous l'adresse IP 192.168.0.100 via le port 502 et ID 1.		
L'envoie du paramètre « quantité à peser par chaque itération» dans le registre de maintient 20493 de la bascule sous l'adresse IP 192.168.0.100 via le port 502 et ID 2.		

TABLE IV.1 – Communication Modbus TCP/IP S7-1500/ide250

- **Communication MODBus TCP/IP S7-1500/S7-1200**

  L'entrée principale de sucre pour notre machine est une extension de tuyauterie d'un autre procès situer juste à côté de cette dernière, avant le démarrage de chaque production, notre machine doit communiquer avec le processus en aval afin de permettre l'ouverture des vannes pour l'écoulement du sucre.

  Suite à l'activation du mode chocolat par le pupitre, notre automate S7-1500 enverra une requête à la CPU S7-1200.[21]

  Pour ce faire, un autre bloc, MB_Client, entrera en jeu dans le bloc FC14, la communication est par le port 502 de TCP/IP et via l'ID d'interface 64, avec la configuration suivante :
  - Code fonction : 1 pour l'écriture des données.
  - Le registre distant 40001.
  - La taille des données : 16 bits donc 1 mots pour une donnée de type Real.
  - Adresse IP de Partenaire S7-1200 : 192.168.0.6

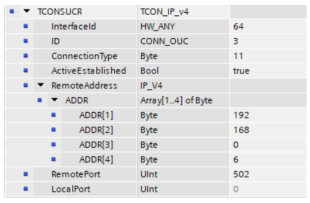
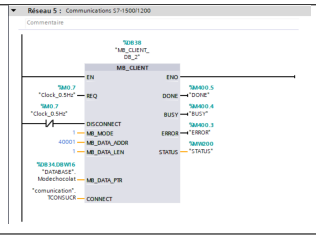
Fonction	Paramétrage TCON	Fonction MB_CLIENT
L'envoie de paramètre « Mode chocolat» dans le registre de maintient 0000 de la CPU 1200 sous l'adresse IP 192.168.0.6 via le port 502 et ID 3.		

TABLE IV.2 – Communication Modbus TCP/IP S7-1500/S7-1200

4.2.4 Fonctionnement normal

Comme déjà mentionné dans **La solution proposée** III.1,le fonctionnement de la machine se résume en six (6) grandes étapes selon le grafcet IV.11

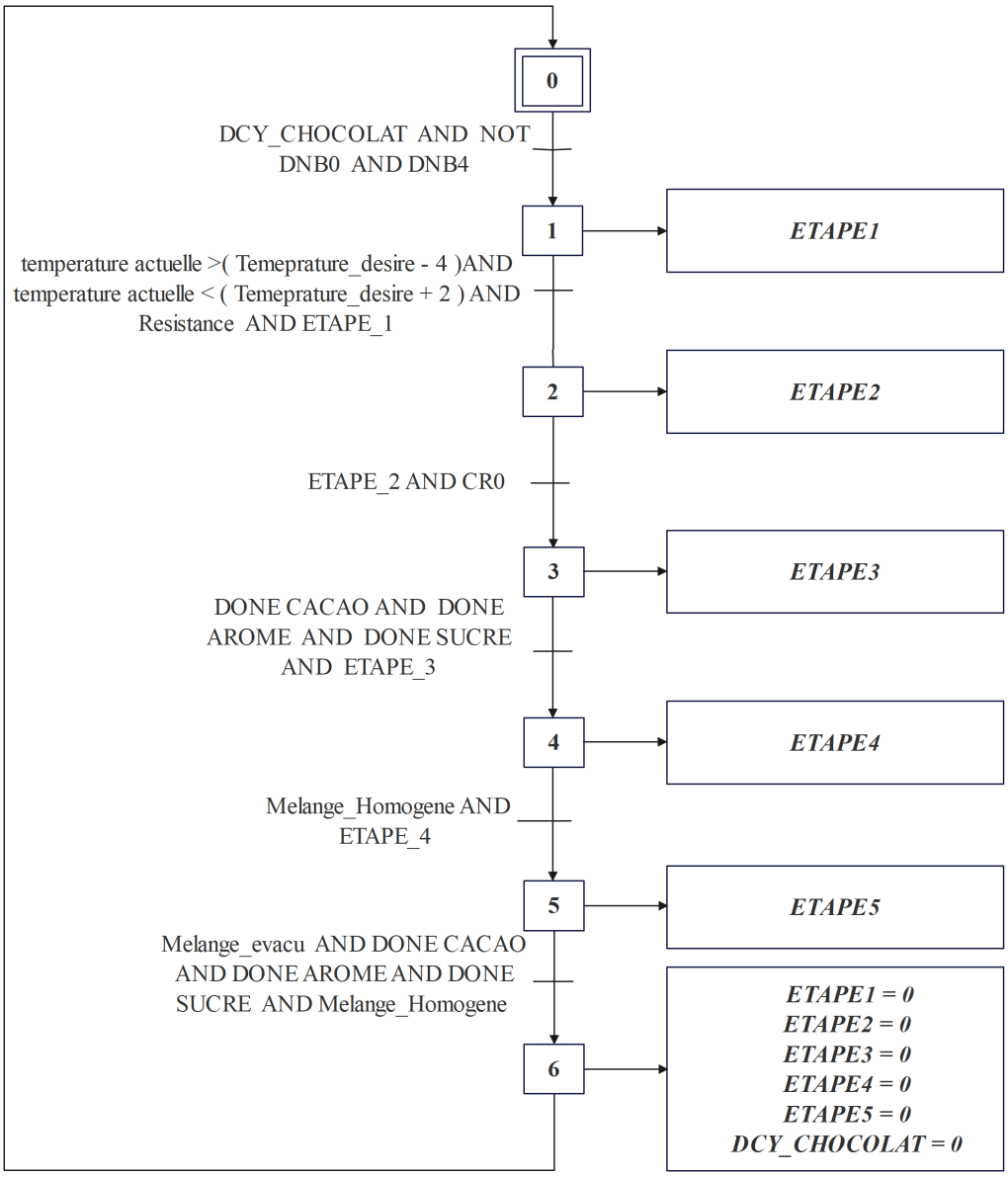


FIGURE IV.11 – Grafcet fonctionnement normal

Le grafcet présenté illustre les étapes fondamentales du fonctionnement de la machine. Chacune de ces étapes sera développée successivement dans la section suivante, où nous détaillerons les actions et les processus associés à chaque étape.

La logique de transition des étapes est codée à l'intérieur de FC5 avec le langage SCL en 34 lignes. Le FC5 joue un rôle principal dans l'architecture programme en tant que contrôleur principal du programme.

Fonctionnement mélangeur

Le fonctionnement du mélangeur codé dans la fonction FC7 est directement affecté par les deux premières étapes ainsi que l'étape quatre ,le grafcet proposé IV.12 illustre le fonctionnement de ce dernier.

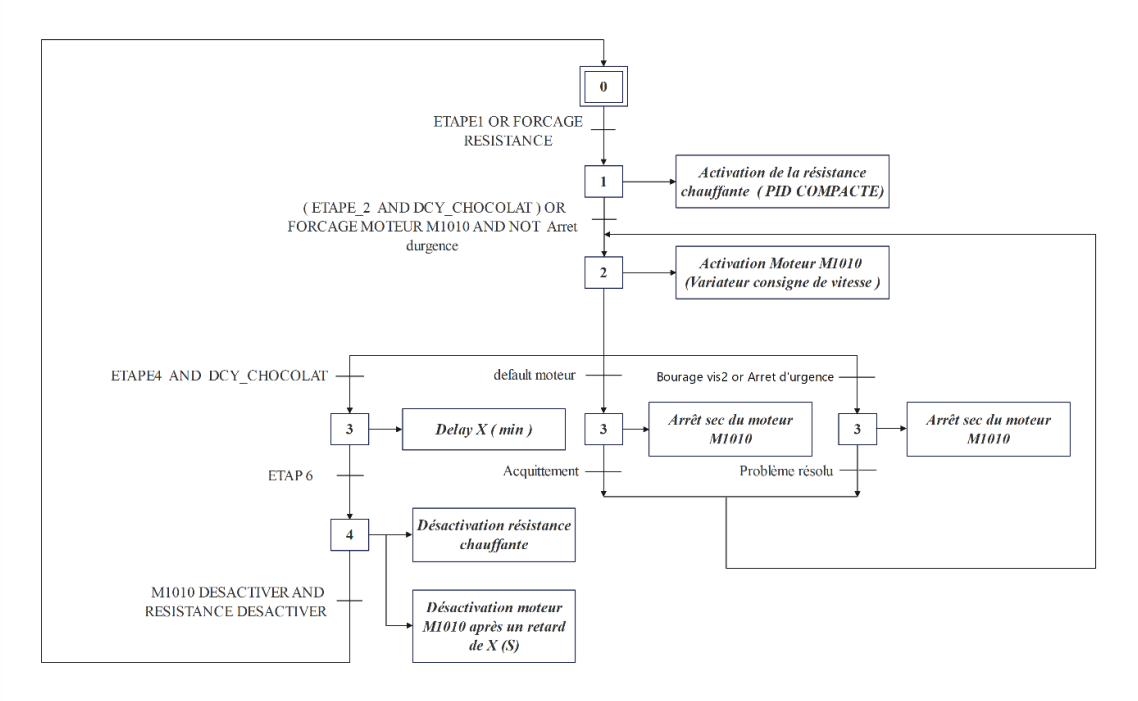


FIGURE IV.12 – Grafcet proposé du fonctionnement mélangeur

Le grafcet proposé représente les étapes du fonctionnement du mélangeur, ainsi que les réponses correspondantes aux différents scénarios, qu'il s'agisse d'un fonctionnement normal ou d'une défaillance. Il illustre de manière séquentielle les différentes actions et transitions qui se produisent lors du fonctionnement du mélangeur, ainsi que les réactions appropriées en cas de situations anormales.

Étape 01

1. **Activation de la résistance chauffante**
   Une fois que la machine reçoit l'ordre de départ de cycle et le niveau de mélangeur est à l'état bas ainsi que les arômes sont dans le doseur, la résistance de mélangeur s'active dans le but d'atteindre la température désirée,selon le code IV.13

```
2                                          //*******    Grafcet    *******\\
3 IF "DCY_CHOCOLAT"  AND  NOT "DNB0" AND "DNB4" THEN   /// Alumage de la resisatnce du melangeur
4     "ETAPE_1":= 1 ;
5 END_IF;
6  "Resistance" := "ETAPE_1" OR "FORCAGE RECISTANCE";      // Activation de la resistance
```

FIGURE IV.13 – code d'activation de la résistance

2. **Commande de la résistance**
   Afin de commander notre résistance, un PID compact est inséré dans FC7, ce PID va remplacer le thermorégulateur déjà existé dans la configuration matérielle actuelle comme le montre la figure IV.14, le PID est paramétrable selon les besoins de l'utilisation, il est auto-adaptatif et applique une régulation en boucle fermée par le biais du schéma IV.15.

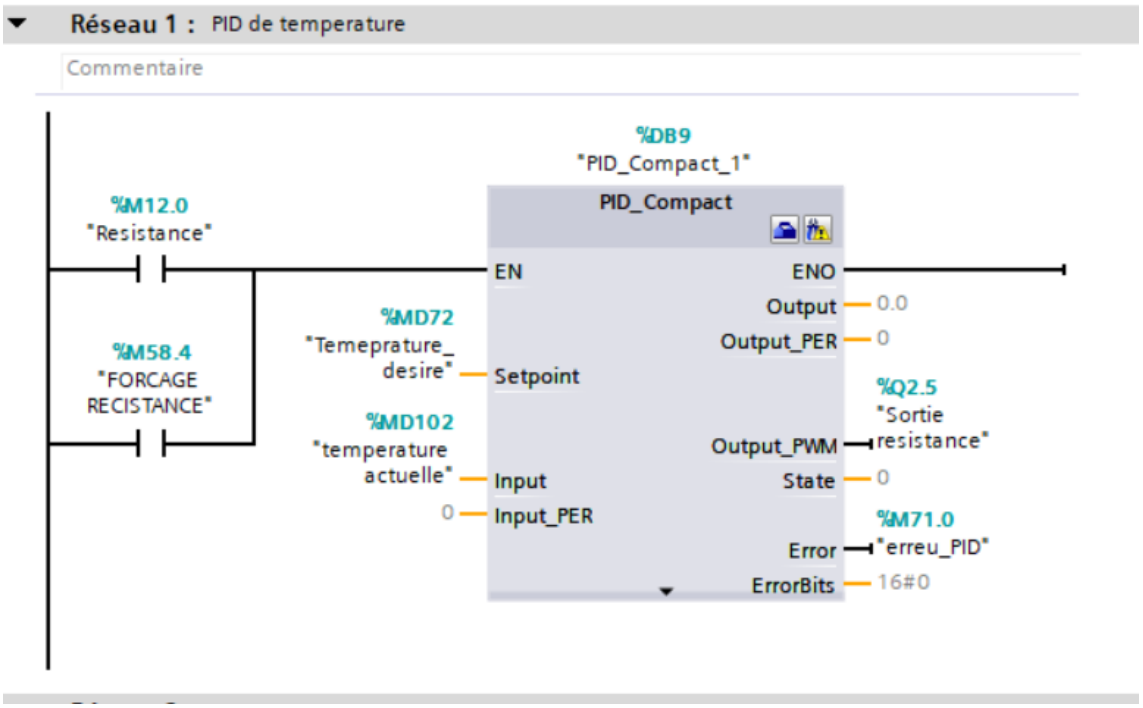


FIGURE IV.14 – PID température

Boucle de régulation :

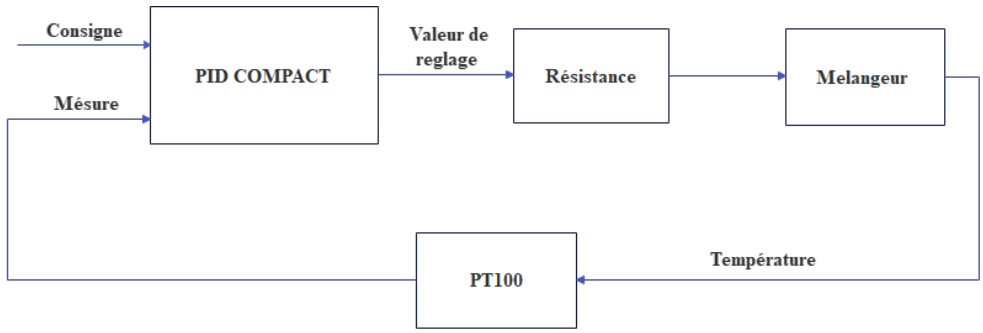


FIGURE IV.15 – Boucle de régulation

3. **La mise en service**
   - Normalisation et mise à l'échelle sonde de température PT100
     Les mesures transmises par la sonde de température sous forme d'un courant 4-20mA, recevront un pré-traitement au niveau des modules d'entrées analogiques, à l'issue de ces derniers les mesures seront traduites en un signal numérique variant de 0 à 27648 lisible par l'API. Les données étant au niveau de l'unité de traitement, ils passent par un bloc de normalisation et de mise à l'échelle,IV.16 pour enfin être exploitables par le système et les utilisateurs.

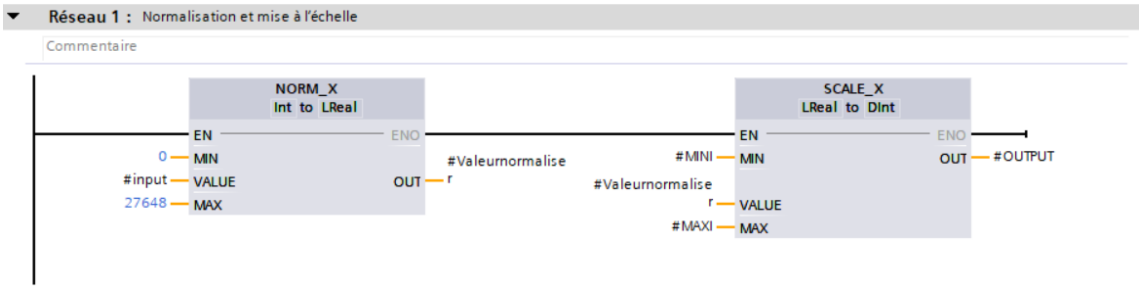


FIGURE IV.16 – NORM_X/SCALE_X de la sonde de température PT100

- Paramétrage de PID :

(1) Type de régulation

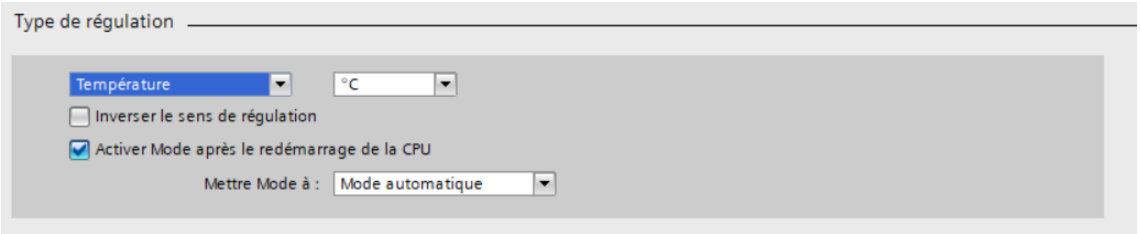


FIGURE IV.17 – Type de régulation

(2) Paramètre d'entrée/sortie
Le set point est saisie par un opérateur via les trois interfaces proposées, l'input et le retour de l'information (régulation en boucle fermet) par la sonde PT100 pour l'output, on a choisi l'output PWM [3] pour faire varier en moyenne la puissance dissipée par l'élément chauffant.

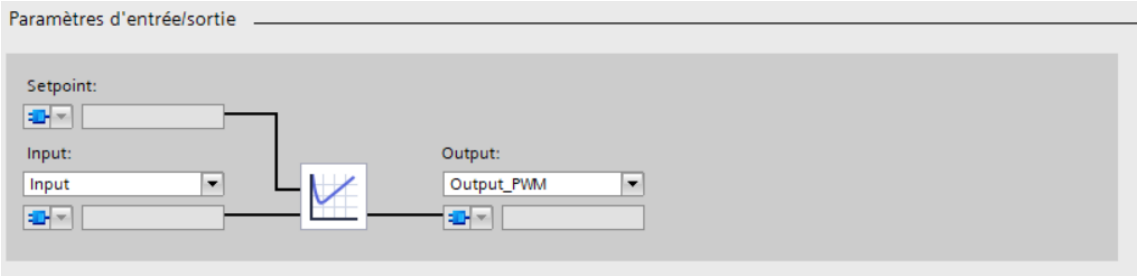


FIGURE IV.18 – Paramètre d'entrée/sortie

(3) Limite de la mesure
Vis-à-vis les caractéristiques techniques de la sonde PT100 les limites sont de 0 à 100 °C

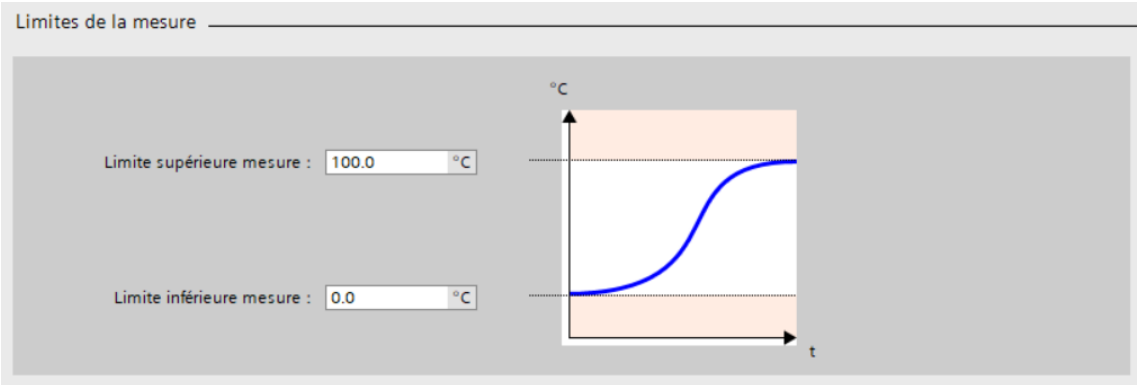


FIGURE IV.19 – Limite de la mesure

3. Pulse Width Modulation : est une technique utilisée pour contrôler la puissance délivrée à un dispositif. Il s'agit d'un signal périodique dont le rapport cyclique est modulé pour obtenir différentes valeurs de puissance.

Étape 02

Activation du mélangeur :

Une fois la température désirée est atteinte, ainsi que la résistance est activée, le mélangeur aussi va s'activer pour se préparer à mélanger les différentes quantités des ingrédients entrants.

```
IF "temperature actuelle" > "Temeprature_desire" - 4 AND "temperature actuelle" < "Temeprature_desire" + 2
                          AND "Resistance" AND "ETAPE_1" THEN  /// Si la temperature DONE alumage du moteur du melangeur
    "ETAPE_2" := 1;
END_IF;

"M1010" := (("ETAPE_2" AND "DCY_CHOCOLAT") OR "FORCAGE MOTEUR M1010") AND NOT "Arret durgence";   // Ativation du moteur
```

FIGURE IV.20 – code d'activation moteur du mélangeur

Étape 03

Une fois la température désirée est atteinte ainsi que le mélangeur est activé, trois algorithmes vont ce déclenchés simultanément et en parallèle, on parle de l'ajout des arômes, pesage et l'envoie de sucre et estimation et l'envoie de cacao.

```
IF "temperature actuelle" > "Temeprature_desire" - 4 AND "temperature actuelle" < "Temeprature_desire" + 2
                                    AND "M1010" AND "ETAPE_2" THEN  /// Chargement Des produite dans le melangeur
    "ETAPE_3" := 1;
END_IF;
```

FIGURE IV.21 – Code de lancement d'étape 3

1. **Estimation et envoie du Cacao (FC10-FC12)**
   La partie de cacao est architecturée selon le schéma IV.22 explicatif suivant

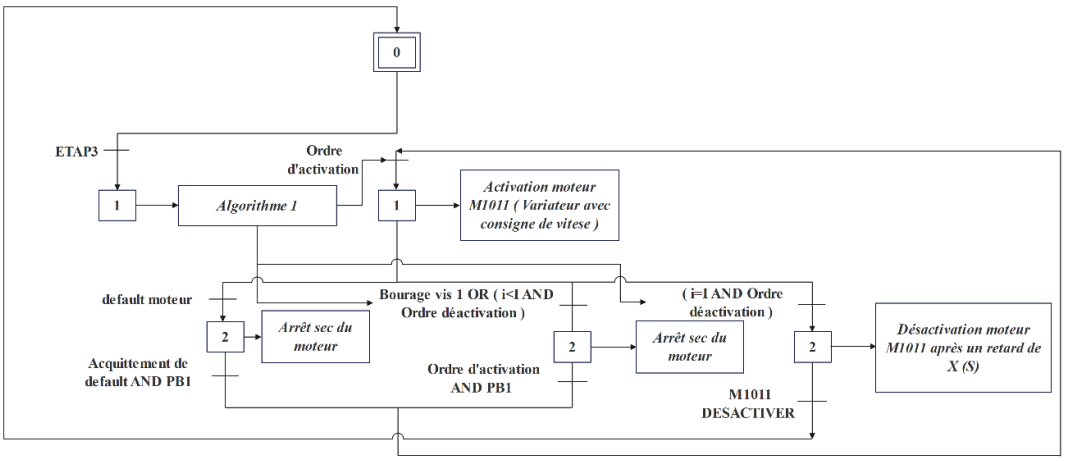


FIGURE IV.22 – Grafcet proposé de l'étape 3

Ce grafcet proposé explique la séquence d'activation du moteur M1011 et comment il réagit dans des situations spécifiques. Il offre un aperçu sur le comportement du moteur M1011 face à différentes conditions ou événements.
On divise l'étape cacao en deux parties, la première pour l'envoie et l'incrémentation de nombre d'itération fig. IV.23, le code est en SCL en 61 lignes insérées dans FC10.

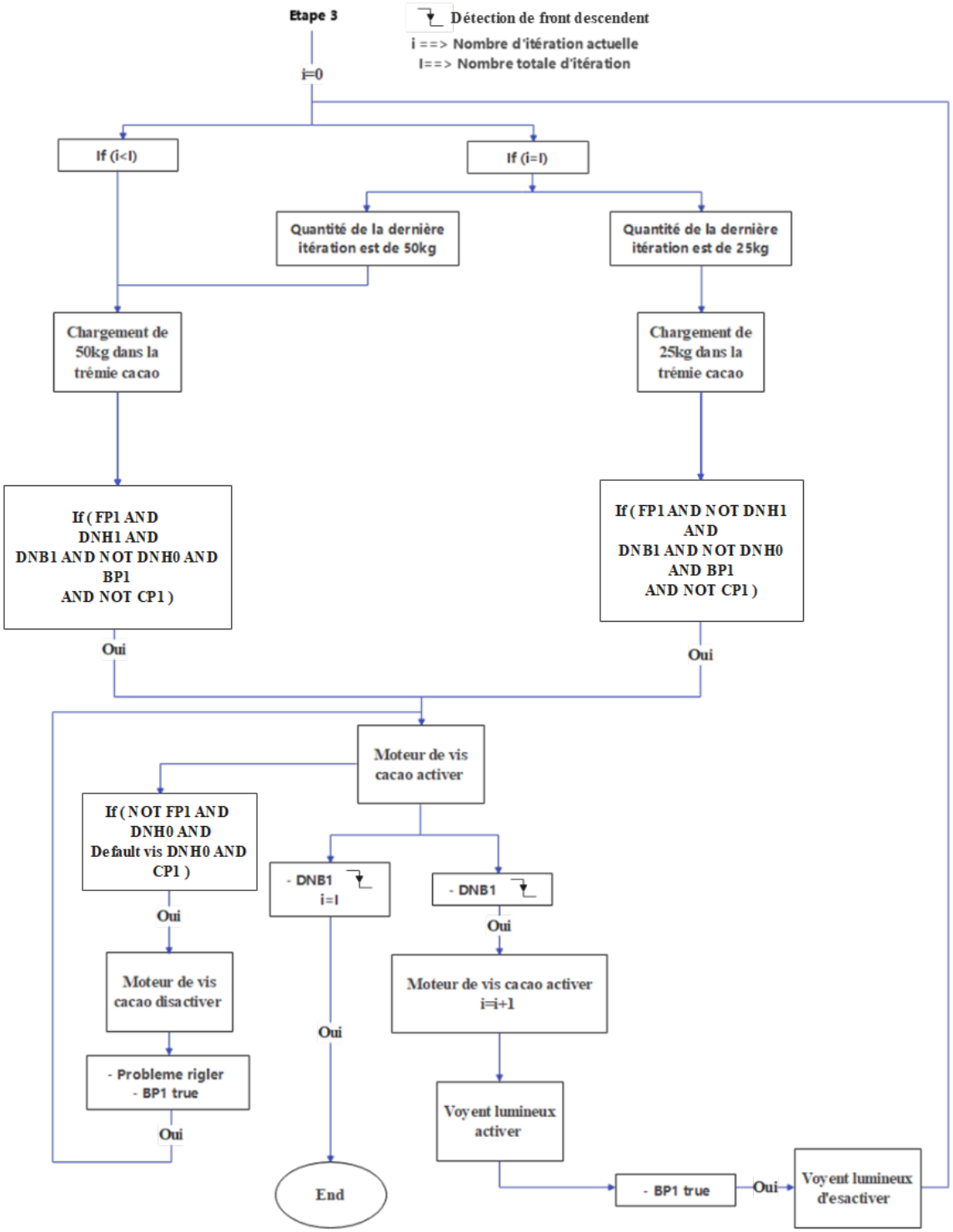


FIGURE IV.23 – Schéma d'algorithme 1

La deuxième est pour la commande de voyant lumineux fig.IV.24 codé avec le langage ladder dans un seul réseau inséré dans le bloc FC12.

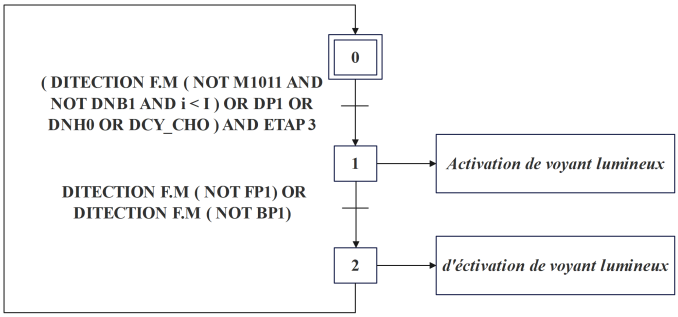


FIGURE IV.24 – Grafcet proposé commande voyant cacao

Le lien principal entre eux est le dysfonctionnement ou la fin d'une itération de sous procès cacao. Le code IV.25 permet l'affichage de la quantité à mettre dans l'itération actuelle.

```
1
2  IF "itiration_Cacao" < "Nombre_de_pesage_Ca"-1 THEN        ///// L'afichage de La quntite de cette itiration
3      "La_QUANTITE_A_METTRE_DANS_CETTE_ETIRATION_CACAO" := 50;
4
5  ELSIF "itiration_Cacao" = "Nombre_de_pesage_Ca"-1 THEN
6      "La_QUANTITE_A_METTRE_DANS_CETTE_ETIRATION_CACAO" := "la_Quntite_de_Cac_la_dernier_itiration1";
7  END_IF;
8
```

FIGURE IV.25 – Code d'affichage de la quantité

Un autre exemple pour l'activation de voyant lumineux fig. IV.26.

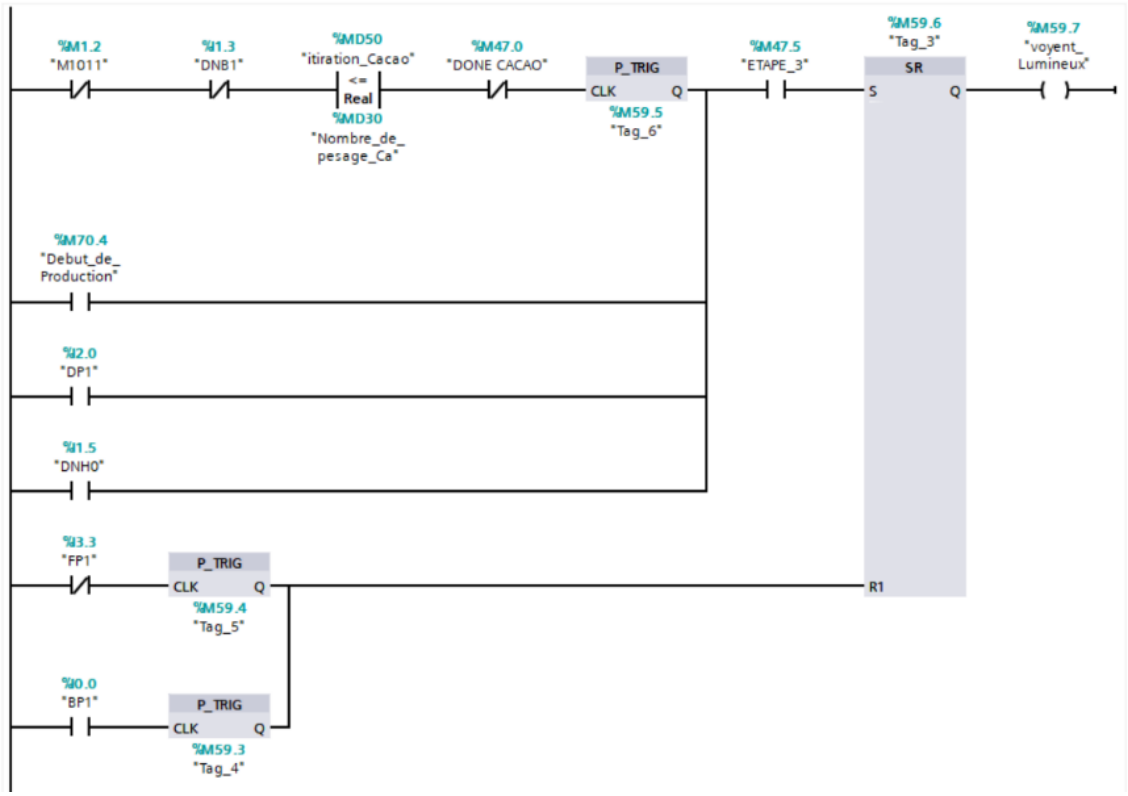


FIGURE IV.26 – Code d'activation voyant

2. **Pesage et l'envoie de sucre (FC11)**
   De la même manière, la partie de sucre est architecturée selon le schéma IV.27 explicatif suivant

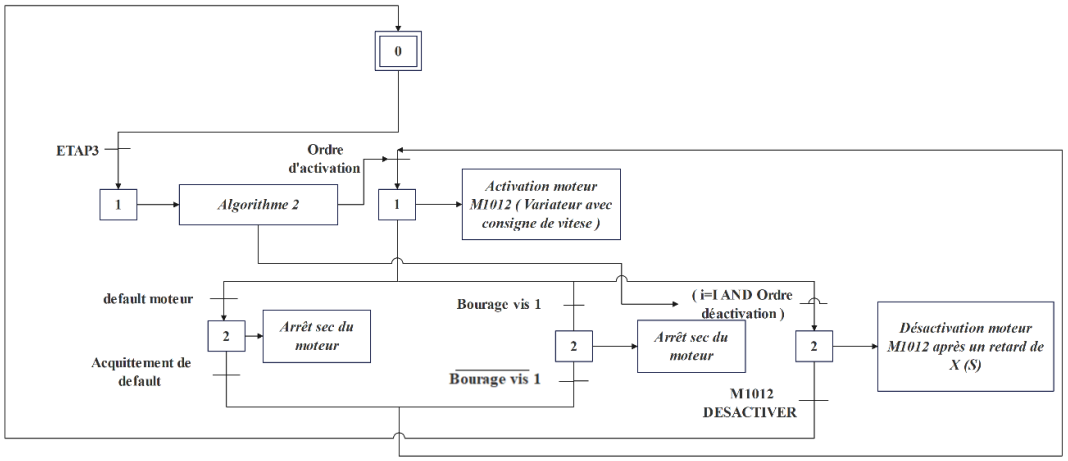


FIGURE IV.27 – Grafcet proposé de la partie sucre

L'algorithme 2 apparu dans ce schéma est expliqué par le schéma IV.28 :

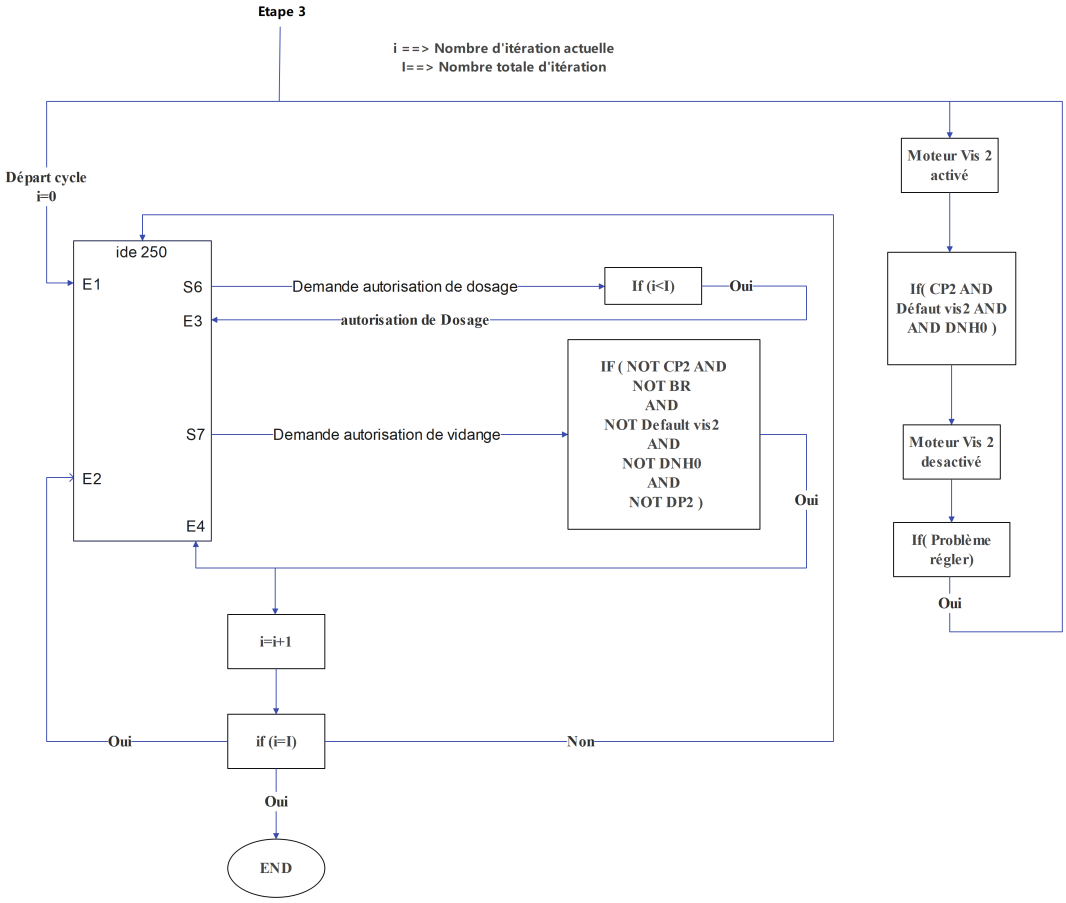


FIGURE IV.28 – Schéma d'algorithme 2

Cet algorithme est traduit en langage SCL en 43 linges et un réseau ladder, insérés dans un bloc fonction FC11,
Dans la partie précédente, il a été mentionné que notre automate communique à la bascule IDE250 le nombre d'itérations à effectuer et la quantité à peser pour chaque itération. La bascule IDE250 est équipée de différentes entrées pour recevoir les signaux de contrôle (voir 3.4.1). L'entrée E1 reçoit le signal de début de cycle, indiquant le démarrage de l'opération. L'entrée E2 est utilisée pour les interruptions(fin de cycle)
De plus, les entrées E3 et E4 de la bascule IDE250 reçoivent respectivement les autorisations de dosage et de vidange. Ces signaux permettent de contrôler le processus de dosage et de vidange des quantités pesées.
Parallèlement à cela, le moteur M1012 est activé et désactivé en fonction de la détection d'anomalies. Lorsqu'une anomalie est détectée, le moteur M1012 est désactivé pour éviter tout dysfonctionnement ou dommage.
On va aborder l'exemple de la commande départ cycle pour l'indicateur.Afin de la commander une impulsion de 1s est transmise dans la sortie I2.6 (E1) comme le montre la figure IV.29 ci dessous.

```
"IEC_Timer_DepartCYCLE_Bascule_DB".TP(IN:="ETAPE_3" AND NOT "DONE SUCRE" AND "CR0",
                                      PT:=T#1s ,
                                      Q=>"E1");
```

FIGURE IV.29 – Code départ cycle pour l'indicateur

Un autre exemple est l'incrémentation de nombre d'itération ainsi que l'autorisation de dosage si on est en court de cycle.

```
IF "E4" AND "itiration_Sucre" < "Nombre_de_pesage_Suc" THEN
    "itiration_Sucre" := "itiration_Sucre" + 1;            // incrementation de le nombre d'iteration
END_IF;
"IEC_Timer_Sortie_E1_DB_3".TP(IN:="S6" AND "itiration_Sucre" < "Nombre_de_pesage_Suc" AND "ETAPE_3" AND "DCY_CHOCOLAT",
                              PT:=T#1s,
                              Q=>"E3");          // Entrer autorisation de dosage
```

FIGURE IV.30 – Code d'incrémentation de nombre d'itération

3. **Ajout des arômes (FC6)**
Pour cette étape résumé dans la figure IV.31, vue la compétitivité des entreprises sur la qualité des produits chaque entreprise a sa propre recette surtout concernent les quantités et les parfums des arômes, et pour cela cette dernière reste un secret professionnel à ne pas partager.

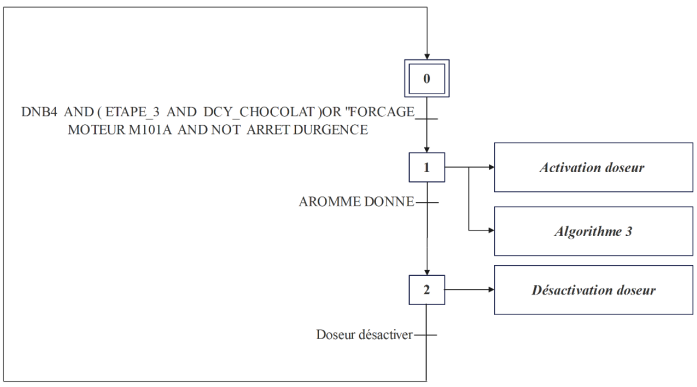


FIGURE IV.31 – Grafcet proposé d'ajout des arômes

Etape 04

Une fois toutes les quantités souhaitées sont à l'intérieur du mélangeur, ce dernier continue à malaxer les ingrédients pour une durée du temps inscrite dans les paramètres de la machine par un opérateur,le code est écrit dans une fonction FC7 comme suit IV.32

```
IF "DONE CACAO" AND "DONE AROME" AND "DONE SUCRE" AND "ETAPE_3" THEN
      "ETAPE_4" := 1;
END_IF;

"IEC_Timer_0_Melangeur_DB".TP(IN:="DONE SUCRE" AND "DONE CACAO" AND "DONE AROME" AND "DCY_CHOCOLAT" AND "ETAPE_4" ,
                              PT:= "Temps a melanger"*1000*60 , // conversion min *60 !!!
                              Q=>"temps",
                              ET=>#temps_1);
```

FIGURE IV.32 – Lancement de l'étape 4

Étape 05

Une fois le temps à mélangé est écoulé le FC 4 sera appelé selon le schéma de fonctionnement IV.33 ci dessous

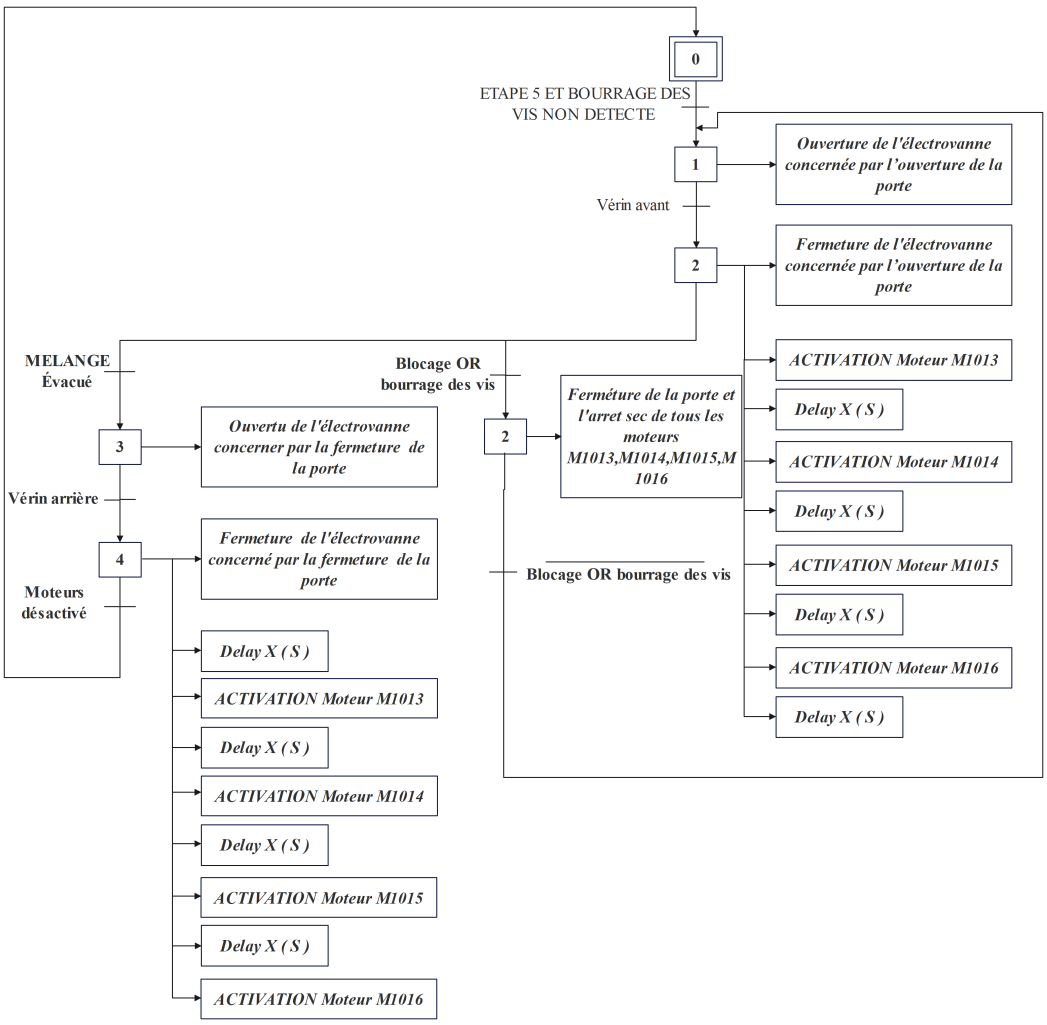


FIGURE IV.33 – Grafcet proposé de l'étape 5

le grafcet proposé de l'étape 5 décrit le processus d'évacuation du mélange, comprenant l'ouverture de la porte du mélangeur via un vérin pneumatique, l'activation progressive des moteurs par un démarrage étoile triangle, la vidange du mélangeur, la désactivation des moteurs, et les mesures prises en cas de bourrage ou de blocage des vis, notamment l'arrêt des moteurs et la fermeture de la porte.
Pour cela sept (7) réseaux programmés avec le langage ladder insérés dans une fonction FC4 vont s'exécuter.
Un exemple de l'ouverture de la vanne 1 (Poussé du vérin en avant) est présenté comme suit IV.34

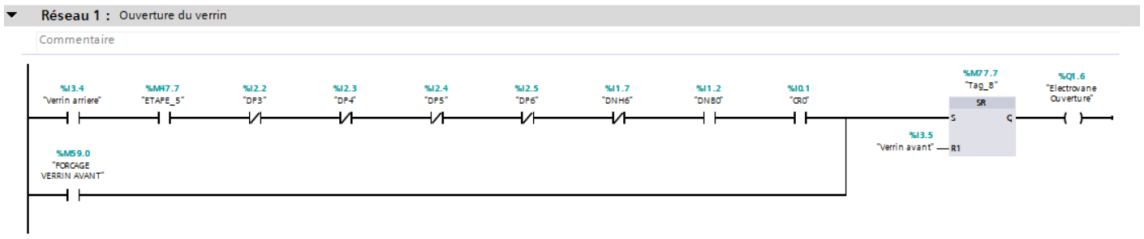


FIGURE IV.34 – Exemple code vérin avant

Un autre exemple de démarrage des moteurs dans la figure suivante IV.35

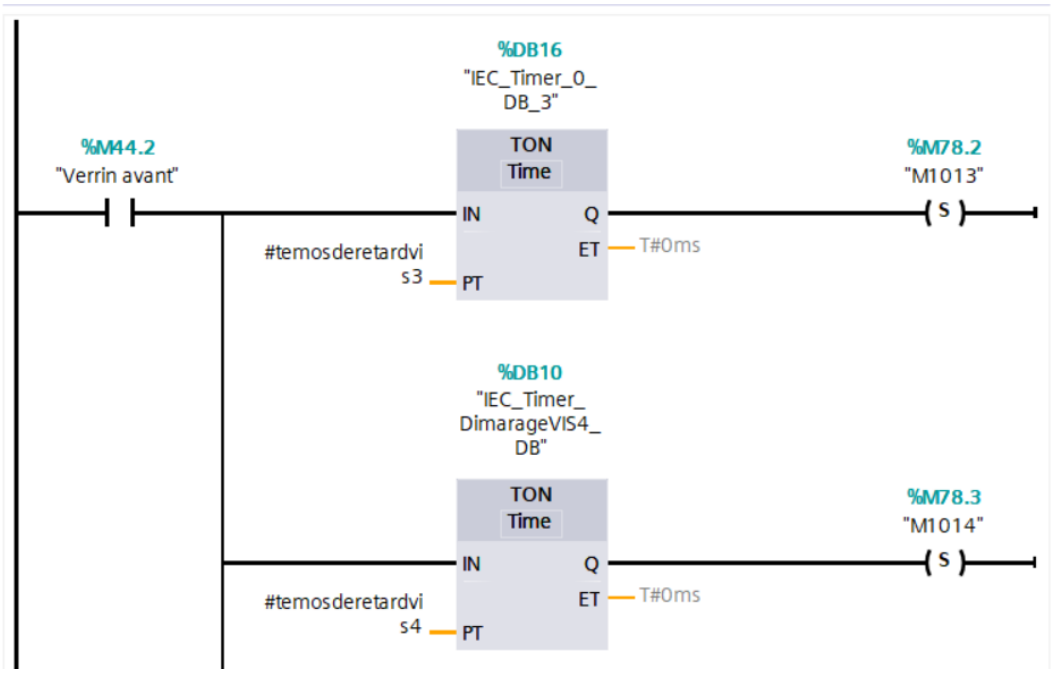


FIGURE IV.35 – Exemple code démarrage moteur

Etape 06

Après l'évacuation de toute la quantité de chocolat en poudre dans la trémie dédiée à cette dernière, la dernière étape consiste à réinitialiser tous les paramètres de la machine.

La fonction reproduire

On peut interrompu notre production à tout moment telle qu'avec le FC9 comme le montre la figure IV.36, on peut arrêter la machine et reprogrammer tous les organes de cette dernière, cette étape n'est pas vivement recommandée donc des messages de sécurité ainsi que des mesures de confidentialité sont pris en compte.

```
IF "REPRODUIRE" THEN
    "itiration_Cacao" := 0;
    "DONE CACAO" := 0;
    "itiration_Sucre" := 0;
    "DONE SUCRE" := 0;
    "DONE AROME" := 0;
    "Melange_Homogene" := 0;
    "Melange_evacu" := 0;
    "ETAPE_1" := 0;
    "ETAPE_2" := 0;
    "ETAPE_3" := 0;
    "ETAPE_4" := 0;
    "ETAPE_5" := 0;
    "DCY_CHOCOLAT" := 0;
    "ETAPE_6" := 0;
    "IEC_Timer_0_DB_5".TP(IN:="REPRODUIRE",//suspendre cycle bascule
                          PT:=T#1s,
                          Q=>"E5");
    "REPRODUIRE" := 0;
END_IF;
```

FIGURE IV.36 – Code de reproduction

Programmation moteur

- **Démarrage étoile triangle**
  Le démarrage étoile triangle est le démarrage utilisé pour les quatre moteurs M1013,M1014,M1015,M1016, le démarrage de ces derniers est programmé dans le bloc FC8 ou l'exemple de démarrage du moteur M1013 est illustrer dans la figure IV.37 ci-dessous.
  Notre programme sert à vérifier le démarrage en étoile puis le fonctionnement en triangle après un retard ajustable par l'opérateur.

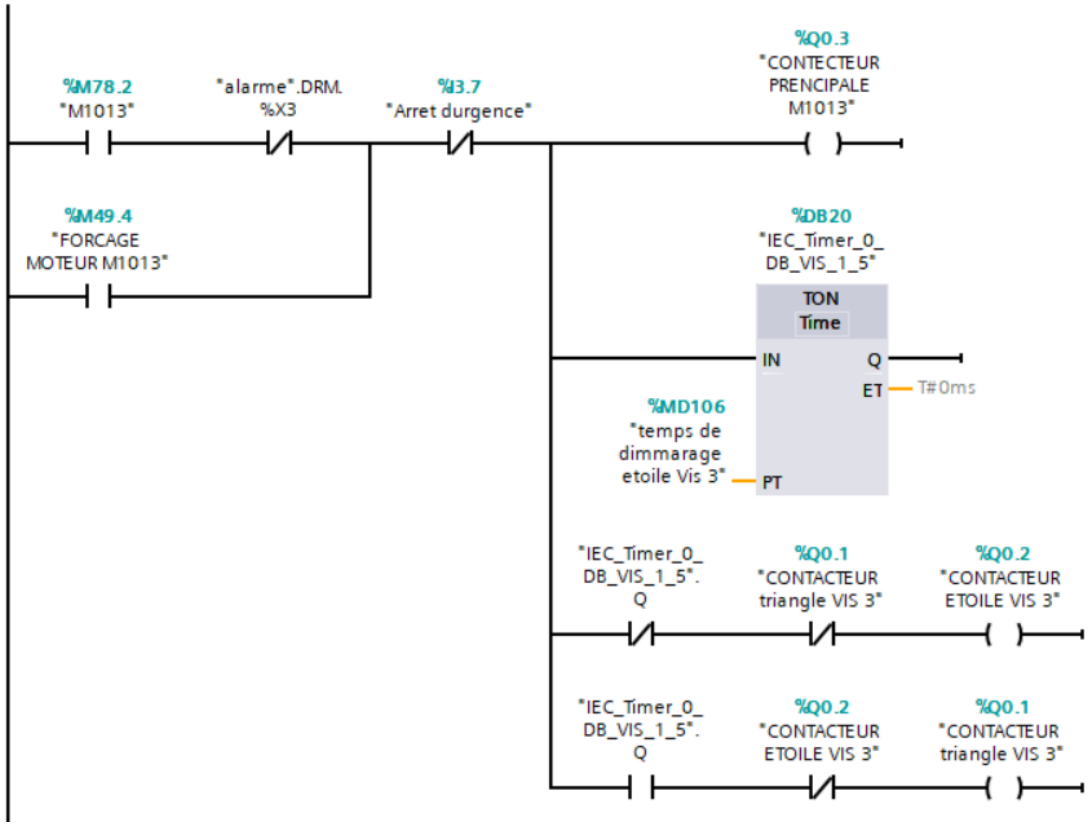


FIGURE IV.37 – Démarrage du moteur M1013

- **Animation moteur**

La partie animation moteur qui figure dans IV.38 est liée à l'HMI, de tel sorte que l'état du moteur apparaisse en changeant la couleur.

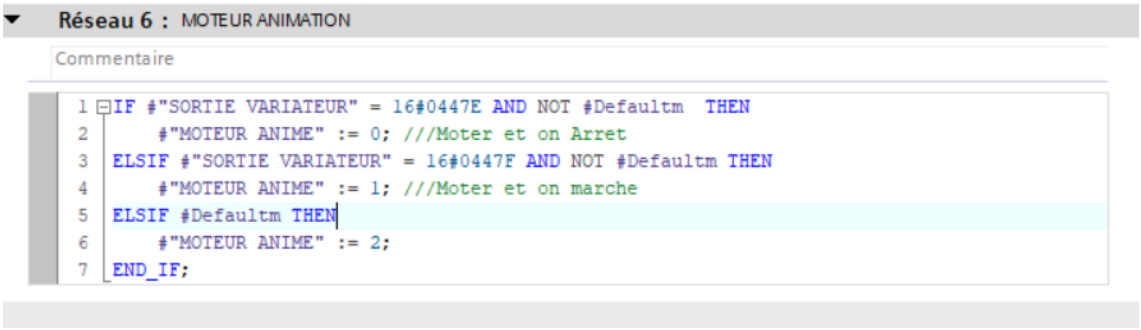


FIGURE IV.38 – Exemple animation moteur M1013

- **Variateur**

Avant d'entamer la programmation des variateurs, nous avons effectué une étude pour acquérir une compréhension approfondie de ces dispositifs essentiels. Nous avons passé en revue l'intégralité du catalogue de variateurs que nous allions manipuler, ainsi que le manuel détaillé fourni par Siemens.
Notre objectif principal était de comprendre en détail les registres internes et les méthodes d'accès nécessaires pour une programmation efficace des variateurs.

Dans le cadre de notre étude, nous avons également analysé le contenu de la trame Profinet, qui permet la communication avec les variateurs. Nous avons étudié les protocoles utilisés, les structures de données et les informations transmises à travers cette trame. Nous avons porté une attention particulière aux paramètres PZD (ProfiNet Zigbee Device) et PKW (ProfiNet Konfigurationswort), qui sont essentiels pour configurer les variateurs selon nos besoins spécifiques.
En comprenant comment les PZD et les PKW sont codés et envoyés dans la trame ProfiNet, nous

avons pu optimiser les performances et personnaliser les réglages des variateur. Cette connaissance détaillée nous a permis de configurer les paramètres nécessaires et d'adapter les fonctionnalités des variateurs en fonction de nos exigences spécifiques.
Vous allez trouver l'intégralité de notre étude dans Annex 3.4.1
Le variateur est codé dans un bloc de fonction [4],et sera appelé dans le FC8 figure IV.39

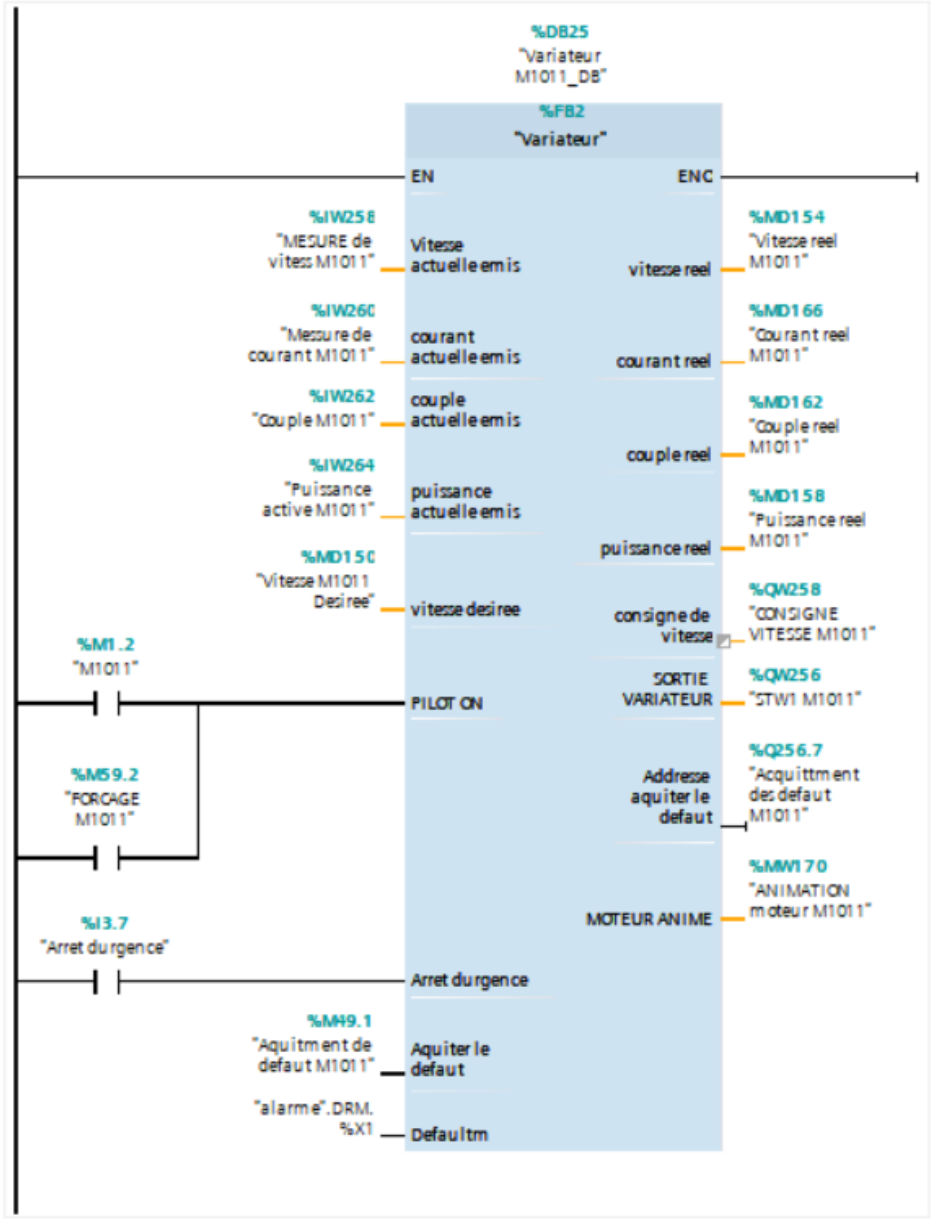


FIGURE IV.39 – Le bloc fonction variateur pour le moteur M1011

4. Blocs de code qui stockent leurs valeurs dans des instances DB, ceci afin que ces valeurs soient disponibles même après que le bloc a été traité.

Comme déjà mentionné le télégramme utilisé (télégramme 20) selon Annex 1.4.7 est configuré dans les lignes de code suivante :

- **Réception des mesures**

Réseau 1 : reception des messures

Commentaire

```
#"vitesse reel":=INT_TO_REAL(#"Vitesse actuelle emis")*(#"Vitesse de refference"/16384.0) ;//4000H=16384
#"courant reel":= INT_TO_REAL(#"courant actuelle emis") * (#"courant de refference" / 16384.0);//4000H=16384
#"couple reel" := INT_TO_REAL(#"couple actuelle emis") * (#"couple de refference" / 16384.0);//4000H=16384
#"puissance reel" := INT_TO_REAL(#"puissance actuelle emis") * (#"puissance de refference" / 16384.0);//4000H=16384
```

FIGURE IV.40 – Paramètres de réception

- **Envoie des mesures**

Réseau 2 : envoie de messure

Commentaire

```
#"consigne de vitesse":=REAL_TO_INT(#"vitesse desiree")*(16384/#"Vitesse de refference");// 4000H=16384
```

FIGURE IV.41 – Paramètres d'envoi

- **Mot de commande Marche_Arrêt normal**
  Selon l'exemple I.15 le mot de commande pour l'arrêt normal est codé **047E** et la marche comme **047F**.

Réseau 3 : Mot de commande Marche arret normale

Commentaire

```
//16#047E=STOP // 16#047F=RUN
IF #"PILOT ON"AND NOT #"Arret durgence" THEN
    #"SORTIE VARIATEUR" := 16#047F ;
ELSIF NOT #"PILOT ON" AND NOT #"Arret durgence" THEN
    #"SORTIE VARIATEUR":= 16#047E ;
END_IF;
```

FIGURE IV.42 – Mot de commande Marche Arrêt normal

- **Mot de commande Arrêt d'urgence**

Réseau 4 : Mot de commande Arret durgence

Commentaire

```
//Arret 3 Arret rapide
IF #"Arret durgence" THEN
    #"SORTIE VARIATEUR" :=16#047A ;
END_IF;
```

FIGURE IV.43 – Mot de commande Arrêt d'urgence

IV.3 Configuration de la carte Raspberry Pi

4.3.1 Définition

Le Raspberry Pi est un mini-ordinateur mono carte capable de faire fonctionner des systèmes d'exploitation comme Linux et même une version réduite de Windows 10. Cette carte est fabriquée pour aider à étudier les ordinateurs et pour représenter un moyen d'apprentissage de la programmation informatique en plusieurs langages (python, scratch, etc.). Il dispose de ports USB,d'un connecteur Ethernet, d'un port HDMI et de sortie audio, tout comme l'ordinateur de bureau. Le Raspberry pi destiné à des applications d'informatique embarquée. Le cœur de raspberry est un FPGA (Broadcom 2835) intégrant un processeur ARM11 cadencé à 700MHz et de nombreux périphériques.[22]

Comme tout autre ordinateur, Raspberry Pi utilise un système d'exploitation GNU/Linux appelée Raspbian, basée sur la version Debian qui est parfaitement adaptée à Raspberry Pi car elle est gratuite, open-source et offre de nombreuses bibliothèques, frameworks et programmes disponibles sur Internet que nous pouvons télécharger, installer et utiliser.Pour ce projet on a utilisé Raspberry Pi 3 avec un système d'exploitation Raspbian 32bit OS.

4.3.2 Mise en marche

Le Raspberry Pi peut être directement connecté à une IHM classique, souris/clavier/écran HDMI , cependant comme tout ordinateur Linux, Raspberry Pi peut intégrer ses propres outils de développement et une interface homme machine reposant sur SSH [5] contrôlable depuis un autre ordinateur par Ethernet ou WIFI.

Premier démarrage de Raspberry Pi

Nous aurons besoin d'un Raspberry Pi, et de son alimentation, d'une carte MicroSD, et un ordinateur.

1. **Préparation de la carte SD**
   Tout comme le disque dur d'un PC doit être préparé avec le système d'exploitation que l'on souhaite utiliser, la carte mémoire destinée au Raspberry Pi doit également être initialisée avec le système d'exploitation choisi. il ne pourra donc pas démarrer sans cette dernière. La fondation recommande une carte d'au moins 4Go.
   La première étape consiste à télécharger le système d'exploitation de Raspberry Pi de la Fondation Raspberry Pi. Nous utiliserons « Raspberry Pi imager » pour Raspbian.
   Maintenant que Raspbian est gravé sur la carte SD, nous allons pouvoir configurer et modifier certains fichiers afin que le Raspberry Pi puisse fonctionner sans écran et sans clavier. Pour cela, nous allons commencer par activer SSH(Secure Shell) sur la Raspberry Pi.
2. **Activation de SSH**
   Il suffit d'insérer la carte SD de la RPi dans le PC, et créer un fichier nommé ssh dans la partition boot de la carte. Pas d'éxtension, pas de contenu, juste un fichier vide nommé SSH (Voir.IV.44).On remet la carte dans le RPi et le SSH est activé.
3. **Activation de VNC**
   De la même manière que pour le protocole SSH qu'on a vu précédemment, le serveur VNC [6] n'est pas activé par défaut sur le Raspberry Pi.
   Lors de l'utilisation de VNC, deux parties différentes du logiciel sont utilisées :
   - La première partie est le serveur VNC : Celui-ci est installé sur le raspberry pi et il va permettre la connexion et le contrôle par la partie client.
     Une fois qu'on est connecté en SSH à la raspberry Pi, nous allons pouvoir activer le serveur VNC qui est installé par défaut sur Raspbian, il suffit de lancer la commande : **sudo raspiconfig**, de choisir Interfacing Options, puis VNC, et enfin de valider l'activation
   - La seconde partie est donc le client VNC : Celui-ci est installé sur notre pc et il va permettre de traduire les actions en opérations compréhensibles par le serveur qui va alors contrôler la machine distante depuis l'ordinateur.
     Maintenant que nous avons activé le serveur VNC de la Raspberry pi, il ne nous reste plus qu'à nous connecter dessus. Pour cela, nous allons devoir installer un client sur la machine depuis laquelle nous souhaitons prendre le contrôle de RPI. Par défaut, le raspberry pi utilise

5. Le protocole SSH (Secure Shell) est un protocole de communication sécurisé, dans lequel toutes les données échangées entre deux machines distantes sont chiffrées
6. VNC, ou Virtual Network Computing, est un système permet de prendre le contrôle d'une machine distante, tout en affichant le bureau de celle-ci.

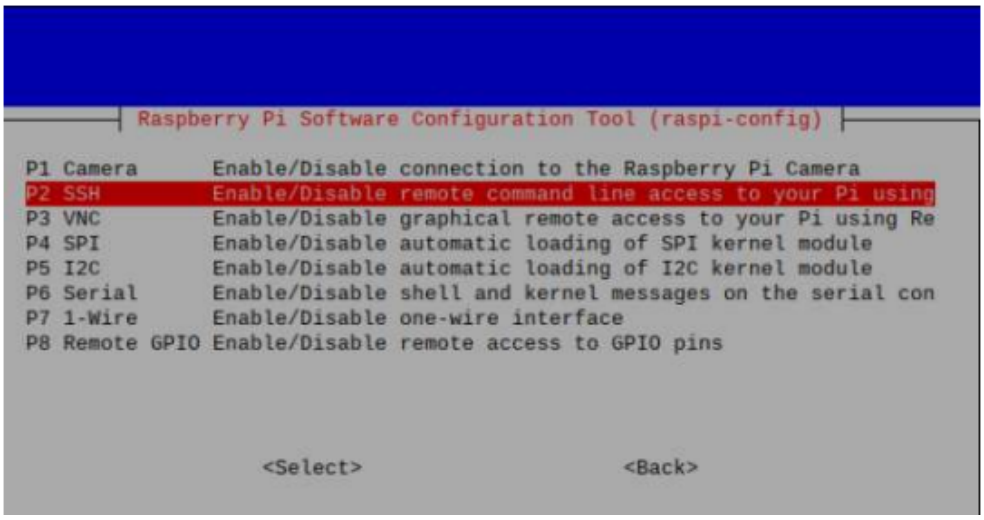


FIGURE IV.44 – Activation de SSH

le serveur Real VNC figuré dans IV.45,
Nous devrons donc installer un client compatible, à savoir le client de RealVNC. Une fois que nous avons installé RealVNC viewer, il ne reste qu'à le lancer et à connecter sur l'adresse IP de RPi.

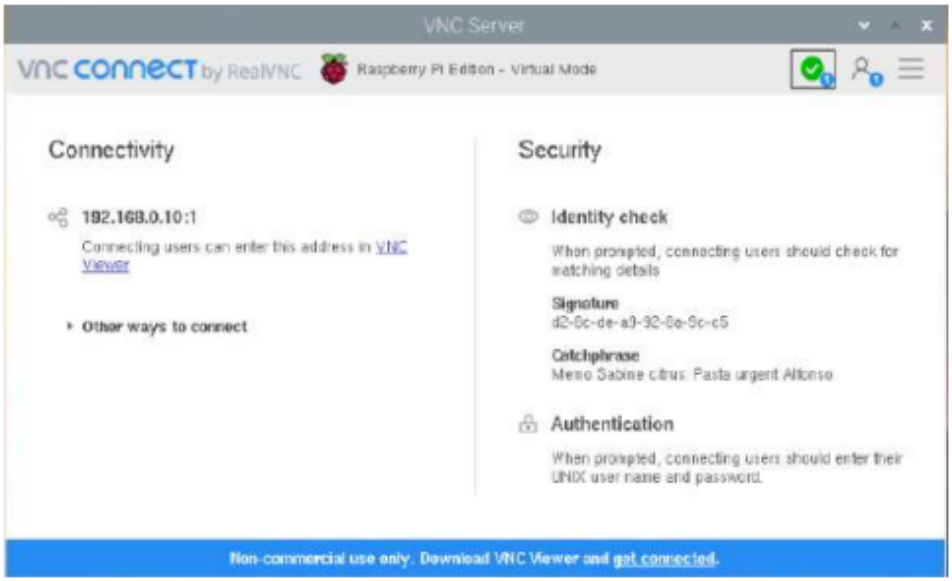


FIGURE IV.45 – Activation de vnc

4.3.3 Attribution d'une IP à notre RPI

Nous voulons attribuer une adresse IP de 192 :168 :01 :200 à notre raspberry PI pour ce faire, on suit les étapes suivantes :

1. On doit modifier le fichier appelé dhcpcd.conf et il se trouve dans le répertoire /etc.
   Il ne peut pas être modifié en l'ouvrant directement dans l'éditeur de texte de votre ordinateur étant donné que l'utilisateur standard de l'ordinateur n'a pas les droits de modification sur ce fichier, on ne l'aura qu'en lecture seule si on procède de la sorte. Il va donc falloir l'ouvrir via le terminal, avec les droits administrateur.
2. Chercher le chemin d'accès au fichier
   Pour l'ouvrir avec les droits administrateur, via le terminal, on a besoin de connaître le chemin d'accès à ce fichier .
3. Éditer le fichier via le terminal et on saisie la commande suivante pour éditer le fichier en question : sudo gedit -chemain- Dès qu'on valide par entrée,le fichier dhcpcd.conf va s'ouvrir dans l'éditeur de texte, mais cette fois-ci avec les droits suffisants pour le modifier.
4. Trouver la partie à modifier, rechercher la partie «Example static IP configuration»
   Il va falloir «de-commenter» 3 de ces lignes et adaptez la configuration selon l'adresse IP fixe désirée.

IV.4 Création et Manipulation de base de données

Afin de pouvoir contrôler les données ainsi que les utilisateurs, le besoin d'un système de gestion s'est vite fait ressentir. La gestion de la base de données se fait grâce à un système appelé SGBD (système de gestion de bases de données) ou en anglais DBMS (Database management system).[23](voir1.7.3)

4.4.1 Construction de la Base de données

Dans le but d'analyse, de prise de décision et de réalisation des rapport de performances, une centralisation des données prévenant de l'automate est recommandée, pour ce faire une base de données est crée suivant un modèle conceptuel illustré dans IV.46 qui vise à symboliser les différents éléments qui forment la base et les liens qui les unissent.

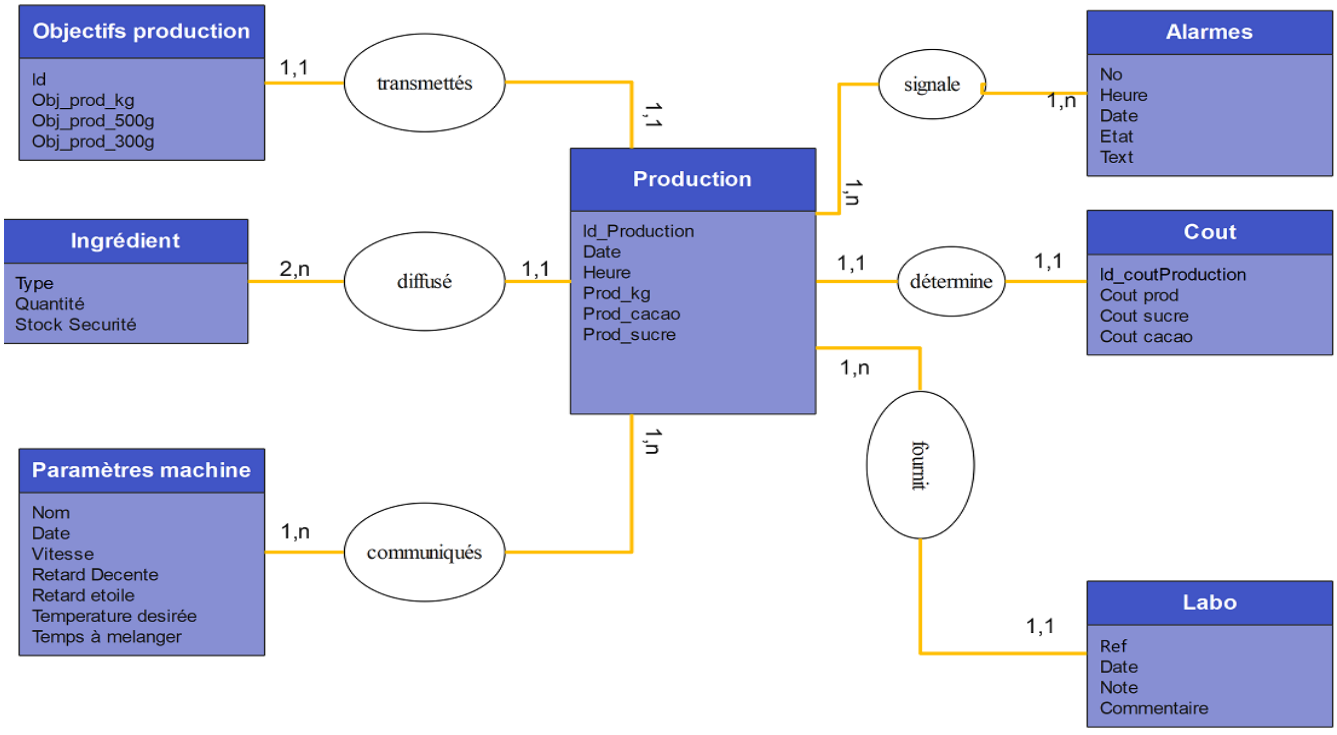


FIGURE IV.46 – Le modèle conceptuel des données

Le MCD ci-dessus montre l'arborescence de la structure en démarrant des matières premières et en finissant par la laboratoire et les alarmes selon la logique suivante :

- Un seul objectif est transmetté à une seule production.
- Un seul ou plusieurs ingrédients sont diffusés à une seule production.
- Plusieurs paramètres machine sont communiqués à plusieurs production.
- Une ou plusieurs production signale une ou plusieurs alarmes.
- Une ou plusieurs production fournit un rapport de laboratoire.
- Une seule production détermine un seul coût.

4.4.2 Manipulation des données

Une fois qu'on a créé les tables (Voir créations des tables 1.7.7), on peut insérer, mettre à jour, supprimer et interroger les données en utilisant des commandes SQL appropriées

- **La table des objectifs production**

TABLE IV.3 – MySQL obj_prod

IdObj_prod	Obj_prod_Kg	Obj_prod_500g	Obj_prod_300g	Production_IdProduction
1	300	450	250	1
2	600	900	500	2
3	1000	100	300	3

- **La table des ingrédients**

TABLE IV.4 – MySQL Ingredients

Type	Quantité	Stock_Securité	Production_idProduction
Sucre No'1	450	null	3
Cacao No'1	150	50	3
Sucre No'2	300	null	2
Cacao No'2	100	95	2

- **La table des coûts**

TABLE IV.5 – MySQL coût

IdCout_prod	Cout_Prod	Cout_cacao	Cout_Sucre	Production_idProduction
1	180000	18000	40500	3
2	128000	13000	25500	2
3	280000	30000	60 000	1

- **La table des paramètres machine**

TABLE IV.6 – MySQL paramètres machine

Date	NOM	Vts	TmpDsr	TpsMlg	RtdDçt	Rtrd*	Production_idProduction
16/11/2023	1013	null	null	null	7s	2s	3
16/11/2023	1014	null	null	null	9s	3s	3
16/11/2023	1015	null	null	null	9s	3s	3
16/11/2023	1016	null	null	null	9s	3s	3
16/11/2023	1010	1000	40	300s	null	null	3
16/11/2023	1011	1000	null	null	9s	null	3
16/11/2023	1012	1000	null	null	9s	null	3

- **La table de production**

TABLE IV.7 – MySQL production

idProduction	Date	Heure	Prod_Kg	Prod_cacao	Prod_scr
3	16/5/2023	03 :49 :55	600	150	450
2	10/4/2023	23 :57 :55	400	100	300
1	20/3/2023	1 :10 :56	800	200	600

- **La table des alarmes**

TABLE IV.8 – MySQL alarmes

NO	Heure	Date	État	Text
35	4 :33 :0	11/4/2023	AQ	Bourrage vis 4
25	1 :0 :17	20/3/2023	AQ	Blocage vérin moteur M1010
40	1 :10 :56	20/3/2023	AQ	Erreur PID
25	2 :33 :00	20/3/2023	AQ	Erreur variateur M1010
25	12 :20 :02	20/3/2023	AQ	Bourrage bascule sucre

- **La table Production_has_Alarmes**

TABLE IV.9 – MySQL Production_has_Alarmes

Production_idProduction	alarmes_No
2	35
1	25
1	40
1	25
1	25

- **La table des informations labo**

TABLE IV.10 – MySQL labo

Ref	Date	Note	Commentaire	Production_idProduction
1	16/05/2023	4	Good	1
2	10/04/2023	3	Fine	2
3	20/03/2023	2	bad	3

IV.5 Test

La phase de test revêt une importance capitale dans le processus de développement et d'implémentation d'une solution. Elle permet de valider le bon fonctionnement du système, d'identifier d'éventuels problèmes ou défauts, et de s'assurer que la solution répond aux exigences et aux attentes fixées.

4.5.1 Test de programme

Lors de la phase de test de notre programme, nous avons utilisé le logiciel PLC SIM Advanced qui a joué un rôle essentiel. Ce logiciel offre une simulation réaliste de l'automate (hôte réel), ce qui nous a permis de tester et valider notre programme sans avoir à accéder physiquement à l'automate.
Nous avons développé une interface homme-machine (IHM) afin de simuler le fonctionnement du procès. Dans cette interface, nous avons déclaré tous les dispositifs quand a (les entrées/ sorties) comme des cases mémoires afin de pouvoir les manipuler et les forcer à travers l'IHM, on a réellement fait deux programme le premier pour le test, le deuxième pour l'implémenter après la validation.

Pour tester notre programme, nous avons mis en place une architecture d'émulation qui suit le fonctionnement de notre procès. Cela nous a permis de reproduire le comportement attendu du procès en utilisant les manipulations effectuées à travers l'IHM.
En utilisant cette approche, nous avons pu valider notre programme de manière efficace et fiable, en simulant des scénarios réels et en vérifiant le bon fonctionnement de notre automatisation sans avoir besoin d'accès direct à l'automate et notre procès.

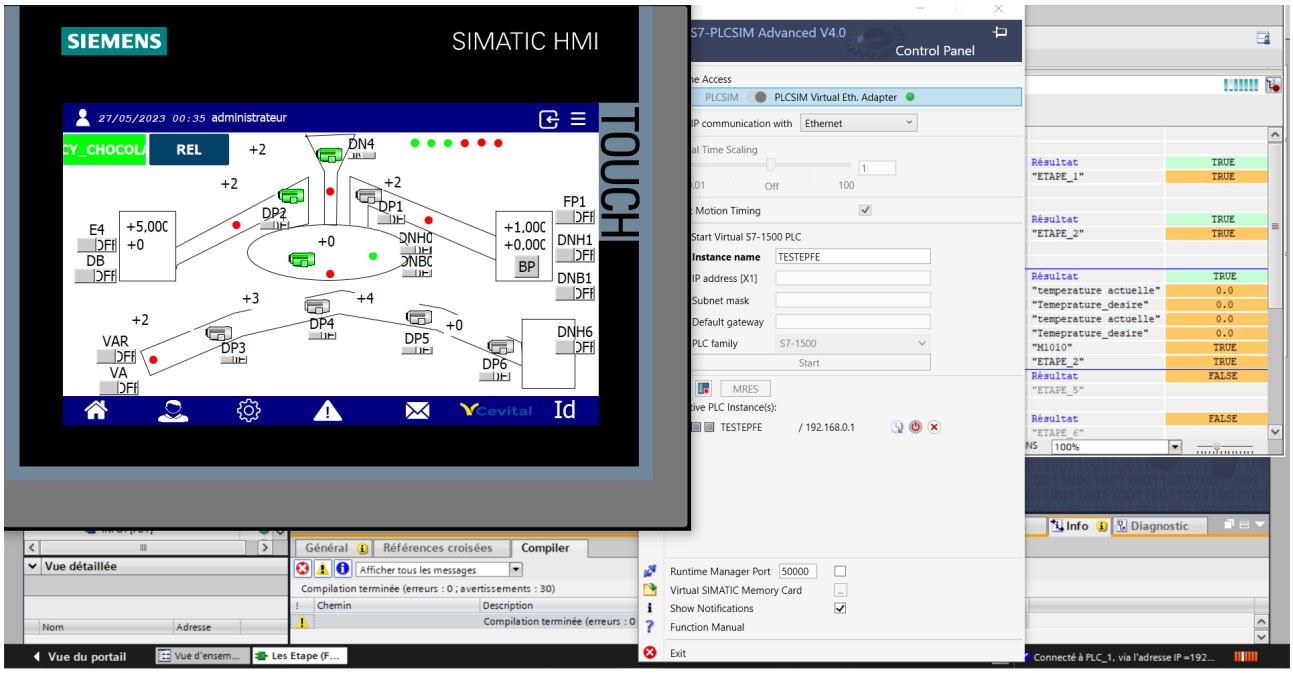


FIGURE IV.47 – Simulation de procès

4.5.2 Test de la communication Modbus TCP/IP

Dans le contexte de la communication Modbus, lors de notre travail avec l'IDE250, nous avons utilisé un simulateur appelé Modbus Slave, hébergé sur notre PC. Ce simulateur a permis d'établir la communication avec notre automate en utilisant un adaptateur de carte réseau virtuelle.

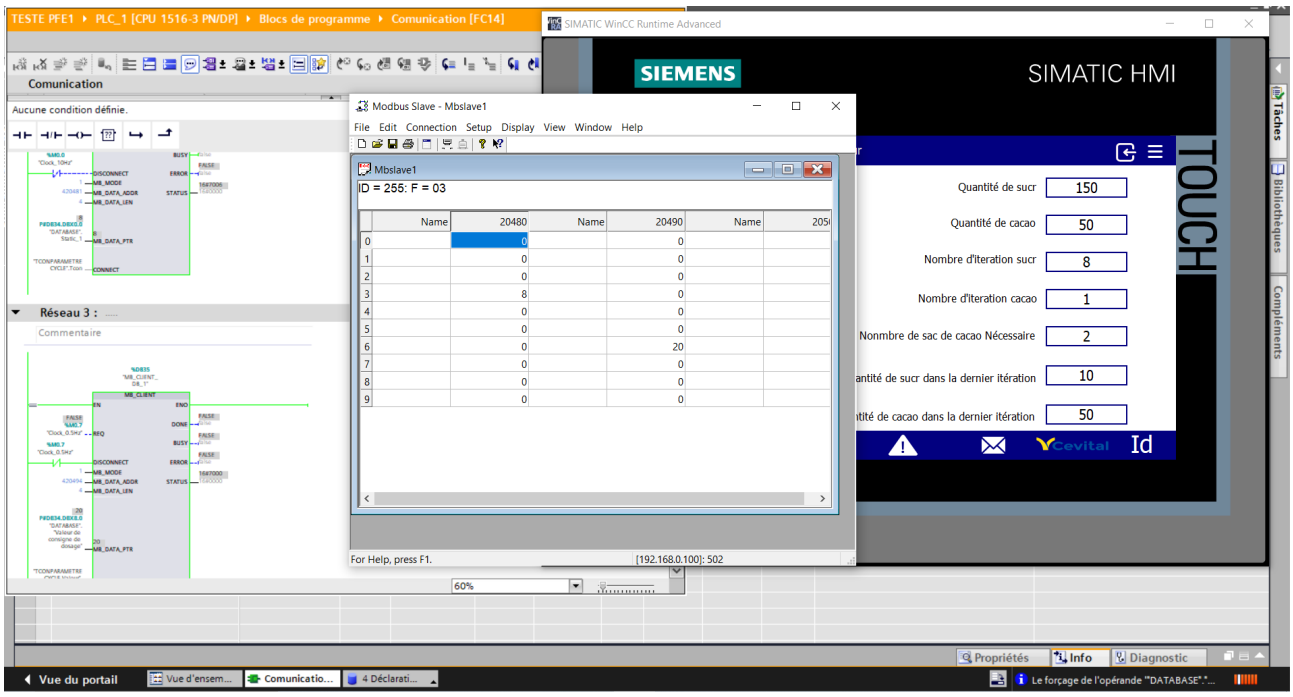


FIGURE IV.48 – Simulation de la communication S71500-ide250

Cependant, pour tester la communication avec l'automate S7-1200, nous avons rencontré une limitation avec le logiciel PLC SIM Advanced qui ne prend pas en charge directement les automates S7-1200. Pour contourner cette limitation, nous avons utilisé deux automates S7-1500 pour simuler le comportement du S7-1200. Une fois que nous avons validé les résultats et le fonctionnement de notre programme avec les automates S7-1500, nous avons reproduit les mêmes étapes avec notre automate S7-1200.
Ainsi, nous avons réussi à tester et valider la communication Modbus en utilisant le simulateur Modbus Slave avec l'adaptateur de carte réseau virtuelle pour communiquer avec notre automate, et en utilisant des automates S7-1500 comme substituts pour simuler le comportement du S7-1200. Cela nous a permis d'assurer le bon fonctionnement de notre programme avant de le déployer sur l'automate réel.

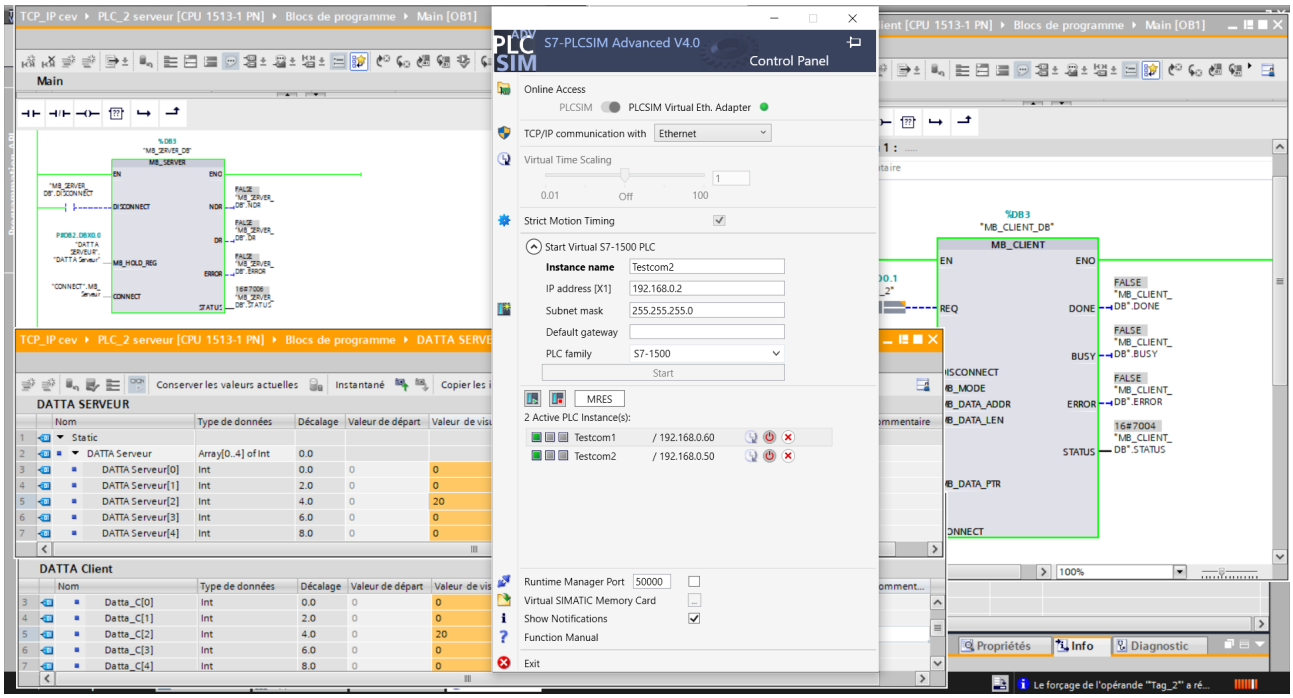


FIGURE IV.49 – Simulation de la communication S71500-S71500

Après avoir effectué les tests nécessaires sur notre programme, nous avons présenté les résultats à **M. Mahrez**, un ingénieur expert dans le domaine. **M. Mahrez** possède une connaissance approfondie sur le système et de ses exigences spécifiques. Nous avons soumis notre programme à son évaluation et à ses commentaires afin de garantir sa validité et sa conformité aux normes établies.
La validation de notre programme par **M. Mahrez** est un jalon important dans notre processus de développement. Cela démontre que notre solution répond aux attentes de l'entreprise d'accueil.

IV.6 Implémentation

Nous avons enregistré une vidéo démonstrative de notre solution en action fig.IV.50. Cette vidéo est disponible sur YouTube et nous partagerons le lien afin que vous puissiez voir concrètement le fonctionnement de notre solution.

FIGURE IV.50 – Le code QR de la vidéo d'implémentation

Grâce à cette démonstration vidéo, vous pourrez avoir un aperçu direct des performances et des fonctionnalités de notre solution voici quelques photos lors de l'implémentations.

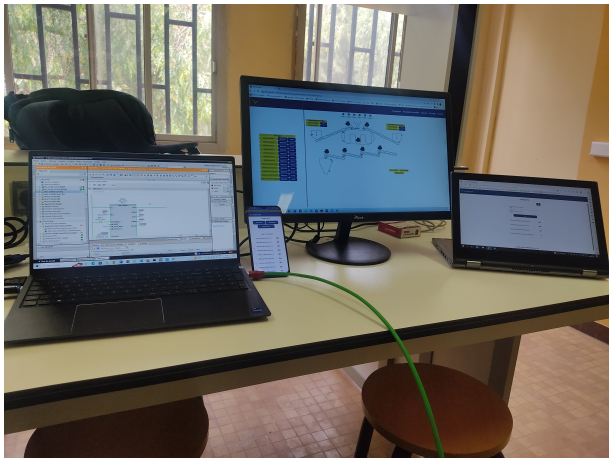


FIGURE IV.51 – La console d'implantation et d'autre Users

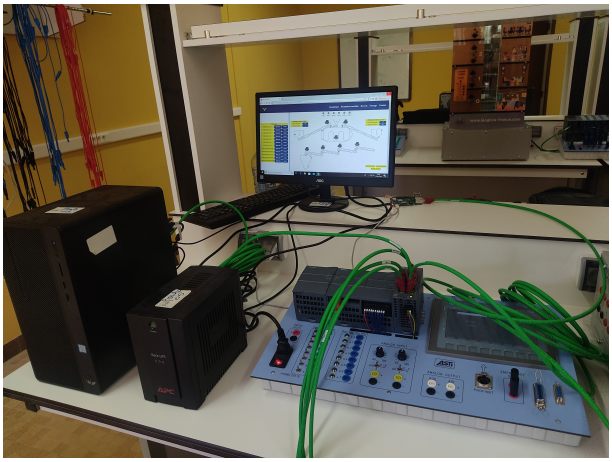


FIGURE IV.52 – Serveur Raspberry Pi et User

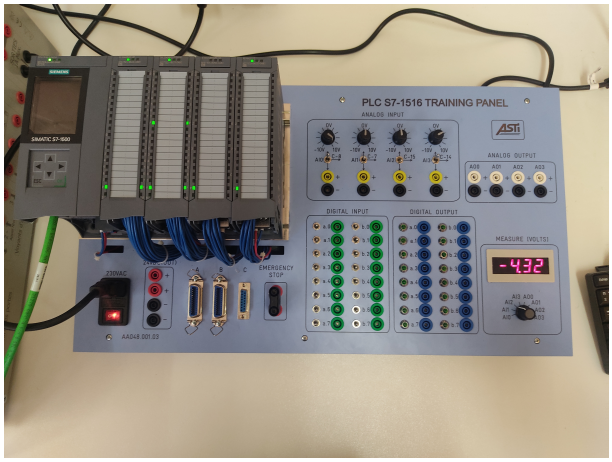


FIGURE IV.53 – Automate s7-1200

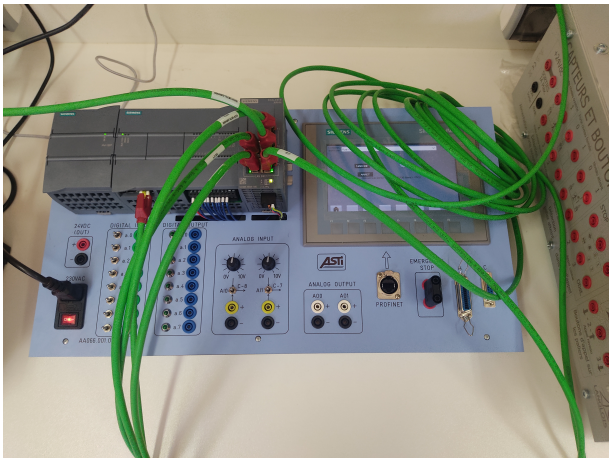


FIGURE IV.54 – Automate s7-1200 et un switcher

IV.7 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a permis de passer de l'étude conceptuelle à la réalisation concrète de notre solution. Nous avons abordé divers aspects tels que la programmation des blocs fonctionnels, la conception d'une base de données pour la gestion des données. Grâce à cette approche détaillée, nous avons pu lever l'abstraction qui caractérisait l'analyse et présenter de manière claire les détails de la programmation. Cela nous a permis de construire une solution adaptée aux besoins spécifiques de notre projet.

Chapitre V

Supervision multiplateforme

V.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons en détail les différentes plateformes de supervision que nous avons développées pour répondre aux besoins de l'entreprise. Plus précisément,les interfaces homme-machine, la page web et l'application mobile, qui sont des outils clés pour la surveillance et la gestion de notre système industriel. Nous explorerons les étapes de développement de ces plateformes, en mettant en évidence les fonctionnalités et les avantages qu'elles offrent.
En outre, nous procéderons à des tests de fonctionnement approfondis pour évaluer la performance et la fiabilité de ces plateformes. Ces tests nous permettront de vérifier si les plateformes de supervision répondent aux exigences spécifiques de l'entreprise d'accueil et si elles sont capables de gérer efficacement notre système industriel.

V.2 Programmation de l'IHM de production

Alors que la programmation de CPU se concentre principalement sur la logique de contrôle et les opérations internes des automates programmables, la programmation d'IHM vise à visualiser ces données,La programmation d'IHM permet aux opérateurs d'interagir avec les systèmes de contrôle de manière plus visuelle ,Comme mentionné dans le chapitre précédant (figure.III.34) , deux IHM sont conçues afin d'améliore l'efficacité, réduit les erreurs humaines et permet une réactivité plus rapide aux événements ou aux problèmes.

5.2.1 IHM production

L'IHM de production est l'IHM principale permettant ainsi de contrôler et de surveiller l'intégralité de processus. Dans cette optique, la configuration de l'IHM de production doit être étudiée et mise en place afin d'assurer une utilisation efficace. Dans les lignes qui suivent, nous détaillerons les différentes étapes de la configuration de cette interface.[18]

Variables IHM

Pour permettre la visualisation des paramètres environnementaux, il est nécessaire de relier les variables de sortie résultant du traitement de l'API à l'interface homme-machine (IHM).La figure suivante V.1représente des exemples de configuration des variables HMI

Table de variables standard

Nom	Type de données	Connexion	Nom API	Variable API
alarme_DBourage	Word	HMI_Liaison...	PLC_1	alarme.DBourage
alarme_DM1010	Word	HMI_Liaison_1	PLC_1	alarme.DM1010
alarme_DM1011	Word	HMI_Liaison_1	PLC_1	alarme.DM1011
alarme_DM1012	Word	HMI_Liaison_1	PLC_1	alarme.DM1012
alarme_DRM	Word	HMI_Liaison_1	PLC_1	alarme.DRM
ANIMATION moteur M1010	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ANIMATION moteur M1...
ANIMATION moteur M1011	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ANIMATION moteur M1...
ANIMATION moteur M1012	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	"ANIMATION moteur M1...
ANIMMOTEURM1013	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	ANIMMOTEURM1013
ANIMMOTEURM1014	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	ANIMMOTEURM1014
ANIMMOTEURM1015	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	ANIMMOTEURM1015
ANIMMOTEURM1016	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	ANIMMOTEURM1016
ANIMMOTEURM101A	Int	HMI_Liaison_1	PLC_1	ANIMMOTEURM101A
BP1	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	BP1
CONTACTEUR triangle VIS 6	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	"CONTACTEUR triangle V...
Couple reel M1010	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Couple reel M1010"
Couple reel M1011	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Couple reel M1011"
Couple reel M1012	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Couple reel M1012"
Courant reel M1010	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Courant reel M1010"
Courant reel M1011	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Courant reel M1011"
Courant reel M1012	Real	HMI_Liaison_1	PLC_1	"Courant reel M1012"
CR1	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	CR1
CR2	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	CR2
DB	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	DB
DCY_CHOCOLAT	Bool	HMI_Liaison_1	PLC_1	DCY_CHOCOLAT

FIGURE V.1 – Exemple de table de variables IHM

Configuration des alarmes

L'indicateur d'alarme est un symbole graphique qui, selon la configuration, signale les alarmes en instance ou à acquitter. Les alarmes (Errors warnings)traduisent les erreurs liées aux variateurs,dépassements de seuils ou bourrage des vis,un échantillon V.2 de la démarche suivie pour leur déclaration

Alarmes de bit

ID	Nom	Texte d'alarme	Classe d'alar...	Variable de d...	Bit de ..	Adresse de dé..	Variable d'ac...	Bit d'a..
23	Alarme_de_bit_23	Moteur2:L'alimentation est défectue	Errors	alarme_DM1...	11	alarme.DM10...	<aucune vari...	0
24	Alarme_de_bit_24	Moteur2:Autres défauts	Errors	alarme_DM1...	15	alarme.DM10...	<aucune vari...	0
25	Alarme_de_bit_25	Blocage vis moteur M1010	Errors	alarme_DRM	0	alarme.DRM.x0	<aucune vari...	0
26	Alarme_de_bit_26	Blocage vis moteur M1011	Errors	alarme_DRM	1	alarme.DRM.x1	<aucune vari...	0
27	Alarme_de_bit_27	Blocage vis moteur M1012	Errors	alarme_DRM	2	alarme.DRM.x2	<aucune vari...	0
28	Alarme_de_bit_28	Blocage vis moteur M1013	Errors	alarme_DRM	3	alarme.DRM.x3	<aucune vari...	0
29	Alarme_de_bit_29	Blocage vis moteur M1014	Errors	alarme_DRM	4	alarme.DRM.x4	<aucune vari...	0
30	Alarme_de_bit_30	Blocage vis moteur M1015	Errors	alarme_DRM	5	alarme.DRM.x5	<aucune vari...	0
31	Alarme_de_bit_31	Blocage vis moteur M1016	Errors	alarme_DRM	6	alarme.DRM.x6	<aucune vari...	0
32	Alarme_de_bit_32	Bourage vis 1	Errors	alarme_DBou...	1	alarme.DBour...	<aucune vari...	0
33	Alarme_de_bit_33	Bourage vis 2	Errors	alarme_DBou...	2	alarme.DBour...	<aucune vari...	0
34	Alarme_de_bit_34	Bourage vis 3	Errors	alarme_DBou...	3	alarme.DBour...	<aucune vari...	0
35	Alarme_de_bit_35	Bourage vis 4	Errors	alarme_DBou...	4	alarme.DBour...	<aucune vari...	0
36	Alarme_de_bit_36	Bourage vis 5	Errors	alarme_DBou...	5	alarme.DBour...	<aucune vari...	0
37	Alarme_de_bit_37	Bourage vis 6	Errors	alarme_DBou...	6	alarme.DBour...	<aucune vari...	0
38	Alarme_de_bit_38	Quantité maximale chocolat	Warnings	alarme_DBou...	7	alarme.DBour...	<aucune vari...	0
41	Alarme_de_bit_41	Quantité maximale dans le melange	Warnings	alarme_DBou...	8	alarme.DBour...	<aucune vari...	0

FIGURE V.2 – Exemple de la table d'alarme

Gestion des utilisateurs

L'IHM disposera de plusieurs vues, et comme exigé dans le cahier de charges du projet, certaines actions ne peuvent être effectuées que par les utilisateurs habilités.Trois groupes sont créés, à savoir des administrateurs, des superviseurs et des utilisateurs comme le montre la figure V.3

Utilisateurs

Nom	Mot de passe	Fermeture de session a..	Durée de la session	Numéro	Commentaire
utilisateur	********	☑	5	2	L'utilisateur 'Administrateur' ..
administrateur	********	☑	5	1	
superviseur	********	☑	5	3	
<ajouter>					

Groupes

Membre de	Nom	Numéro	Nom d'affichage	V..	Commentaire
○	Groupe administrateurs	1	Groupe administrat...	☐	Le groupe 'Administrateurs' a tous les droits au début.
◉	Utilisateurs	2	Groupe utilisateurs	☐	Le groupe 'Utilisateurs' a le droit 'Commande' au début.
○	Groupe superviseur	3	Groupe superviseur	☐	Groupe 'superviseur'

FIGURE V.3 – Création des accès et des groupes utilisateurs

Configuration des vues

Les vues sont les éléments principaux du projet. Elles permettent de visualiser et de contrôler la processus. L'interface graphique de notre processus se compose de plusieurs vues

- **Vue synoptique**
  La vue synoptique V.4 offre la possibilité de visualiser la quantité actuelle de production, la température cible ainsi que le temps de mélange préalablement saisis dans la partie recette. Elle présente des boutons dédiés au lancement de la production (mode_choco), à l'initialisation des quantités (DCY_choco) et à la reproduction du processus (Reproduire). Cette vue affiche également l'état des moteurs (MarcheArrêt) ainsi que des indicateurs lumineux remplaçant les capteurs de niveau, permettant de visualiser le niveau de manière intuitive. De plus, des informations concernant l'étape en cours d'exécution (étape 1, 2, etc.) ainsi que des indicateurs de clôture des étapes (Done Cacao, Done arôme, etc.) sont également affichés.

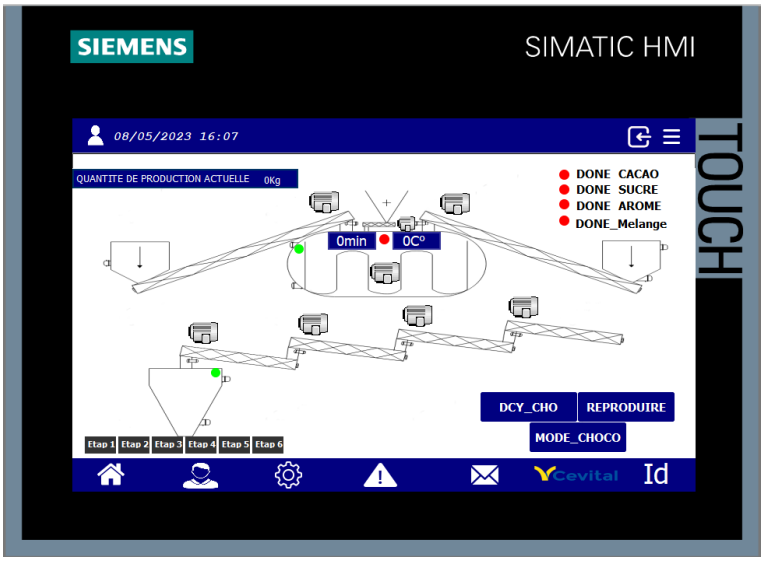


FIGURE V.4 – La vue synoptique

- **Vue recette**
  Dans la partie gauche de la vue V.5, les opérateurs ont la possibilité d'entrer les quantités selon la recette. Pendant ce temps, la partie droite de la vue affiche les quantités des ingrédients, le nombre d'itérations et d'autres informations nécessaires calculer par l'algorithme IV.7 pour assurer une supervision en temps réel.

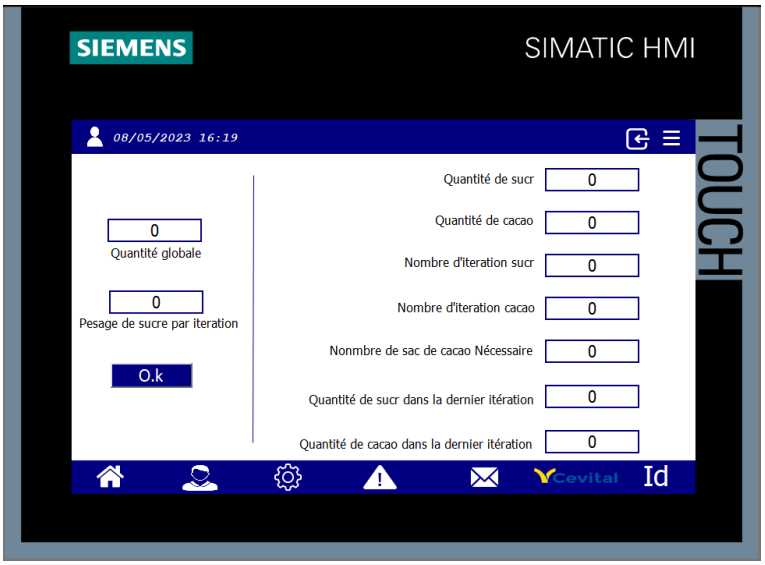


FIGURE V.5 – La vue recette

- **Vue forçage des paramètres**
  La vue des paramètres machine V.6 permet d'effectuer la saisie précise des paramètres spécifiques des composants de la machine, notamment les paramètres des moteurs tels que la vitesse de rotation, le retard et le temps de démarrage en étoile. De plus, elle permet également de saisir les paramètres du mélangeur tels que la température et la durée du processus de mélange.

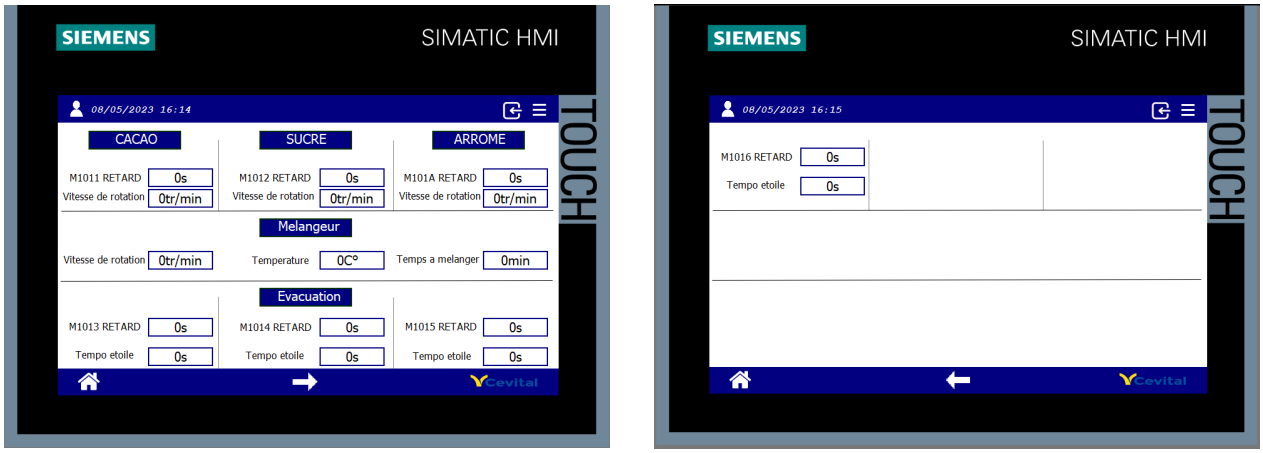


FIGURE V.6 – La vue des paramètres machine

- **Vue des alarmes**
  La vue dédiée aux alarmes V.7 est dotée de deux tableaux distincts. Le premier tableau permet de visualiser les alarmes en cours, incluant des informations telles que l'identifiant, la date et l'heure, l'état de l'alarme (acquittée ou non), ainsi qu'une description détaillée de la cause de l'erreur. Le second tableau, identique au premier, est réservé à l'archivage des erreurs qui ont été acquittées, offrant ainsi une trace complète et organisée des alarmes passées.

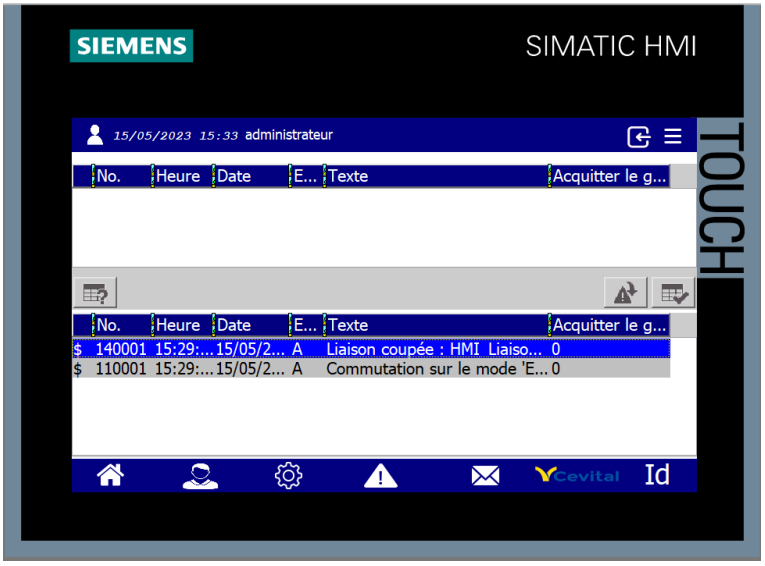


FIGURE V.7 – La vue des alarmes

Les notifications des alarmes apparaissent en tête de la vue synoptique et reste affiché jusqu'à l'acquittement comme la figure V.8 le montre

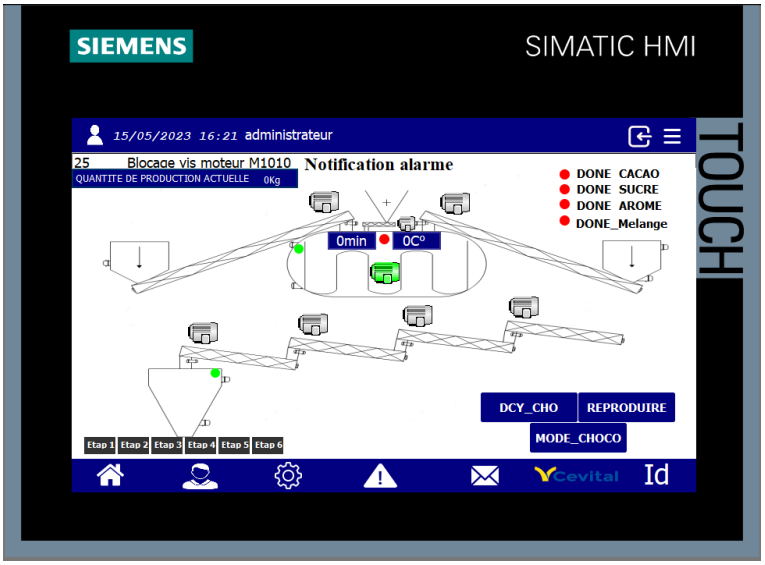


FIGURE V.8 – Exemple notification alarme

- **Vue Messagerie** La vue messagerie V.9 assure la connexion avec l'application mobile et permet l'affichage des messages envoyés par celle-ci.

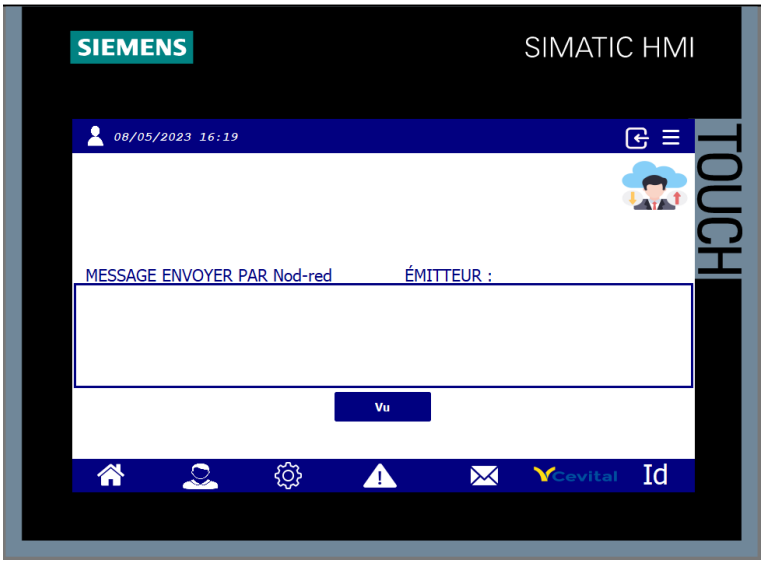


FIGURE V.9 – La vue messagerie

- **Vue gestion des utilisateurs**
  Seuls les administrateurs système ayant accès à cette vue V.10 et peuvent ajouter, supprimer ou modifier l'accès des utilisateurs.

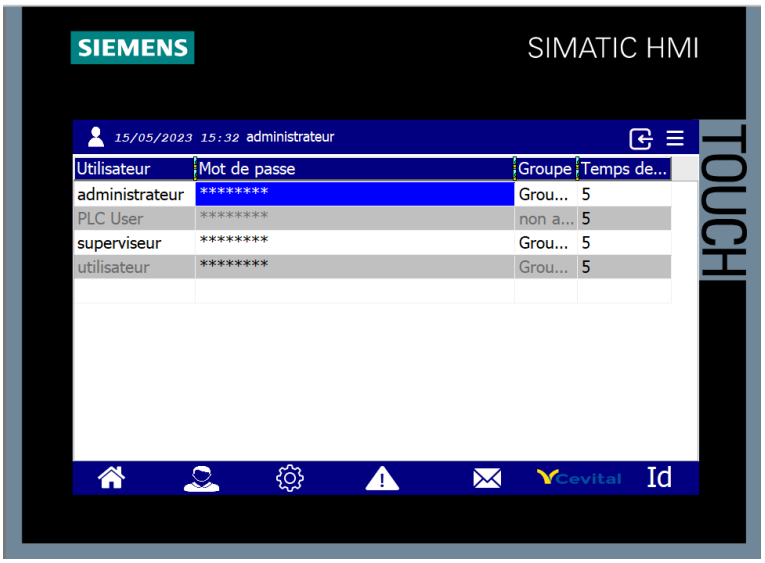


FIGURE V.10 – La Vue gestion des utilisateurs

L'accès a cette vue est sécurisé par un mot de passe avec un temps de déconnexion

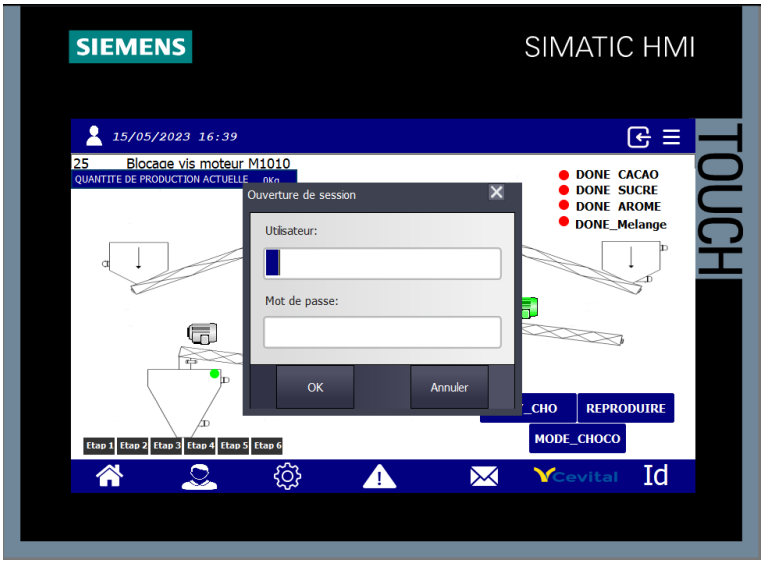


FIGURE V.11 – Fenêtre flottante de mot de passe

- **Vue réglage d'écran**
  La vue réglage d'écran offre la possibilité de personnaliser et d'adapter l'affichage de l'écran selon les préférences et les besoins de l'utilisateur. Cette vue permet de régler des paramètres tels que la luminosité, calibration etc.Elle permet assui de retirer un périphérique ou de sauvegarder le système.

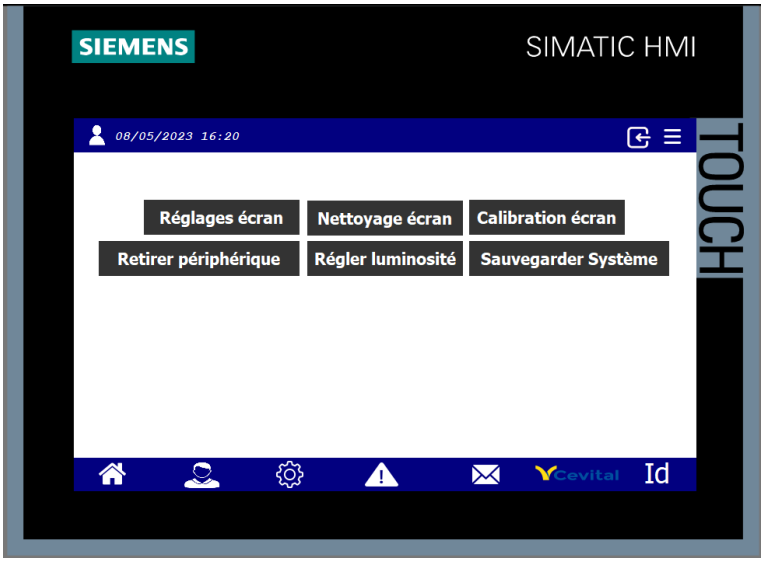


FIGURE V.12 – La vue réglage d'écran

Afin de faciliter la transition entre différentes vues, un menu coulissant (slide-in menu) V.13 a été configuré. Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs d'accéder rapidement aux différentes sections de l'interface, sans avoir besoin de revenir à l'écran principal

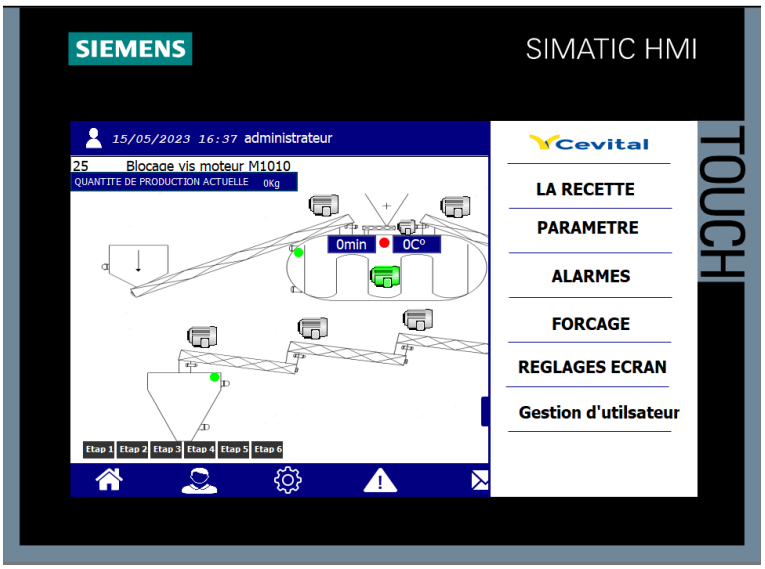


FIGURE V.13 – Le slide-in menu

Un bouton dédié a l'identification des differents composents(moteurs/capteurs) est conçue sous le nom **Id**,cette identification apparaisse dans la figure V.14

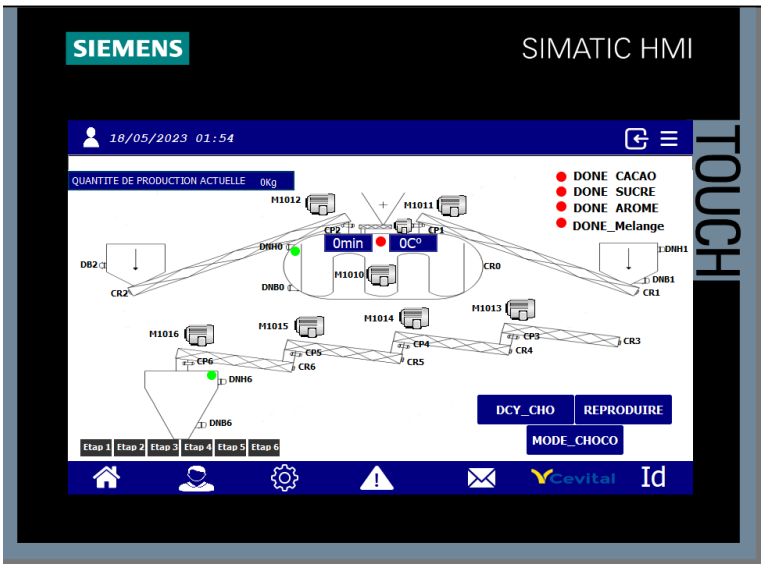


FIGURE V.14 – Identification de système

5.2.2 IHM Cacao

Variable IHM

idem pour l'IHM cacao [19], la figure suivante V.15 représente des exemples de configuration des variables HMI

Table de variables standard

Nom	Type de données	Connexion	Nom API	Variable API
CONTACTE	Bool	<Variable int...		<indéfini>
FORCAGE AGITATEUR TERMIE C...	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	"FORCAGE AGITATEUR TE...
FORCAGE M1011	Bool	HMI_Liaison_2	PLC_1	"FORCAGE M1011"
itiration_Cacao	Real	HMI_Liaison_2	PLC_1	itiration_Cacao
La_QUANTITE_A_METTRE_DAN...	Real	HMI_Liaison_2	PLC_1	La_QUANTITE_A_METTRE...
Nombre_de_pesage_Ca	Real	HMI_Liaison_2	PLC_1	Nombre_de_pesage_Ca
Nombre_de_Sac_de_Cac25kg	Real	HMI_Liaison_2	PLC_1	Nombre_de_Sac_de_Cac...

FIGURE V.15 – La table de variables IHM Cacao

Configuration des vues

Une seule vue principale V.16 est conçue pour cette interface de supervision,La vue affiche les quatre informations principales pour l'opérateur cacao le nombre de sac de cacao nécessaire pour la production actuelle,le nombre totale d'itération,l'itération actuelle et la quantité de cacao à mettre dans cette itération
Elle dispose en plus quatre boutons pour forçage Moteur M1011 ,forçage agitateur cacao, contact et nettoyage d'écran

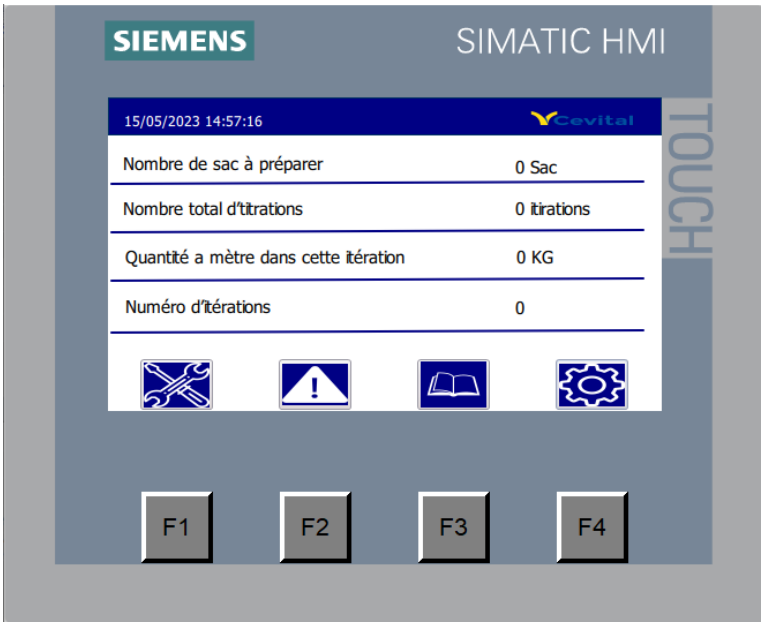


FIGURE V.16 – La vue principale IHM Cacao

En cliquant sur le bouton **F3** un vue de contact apparaît comme le montre la figure V.17

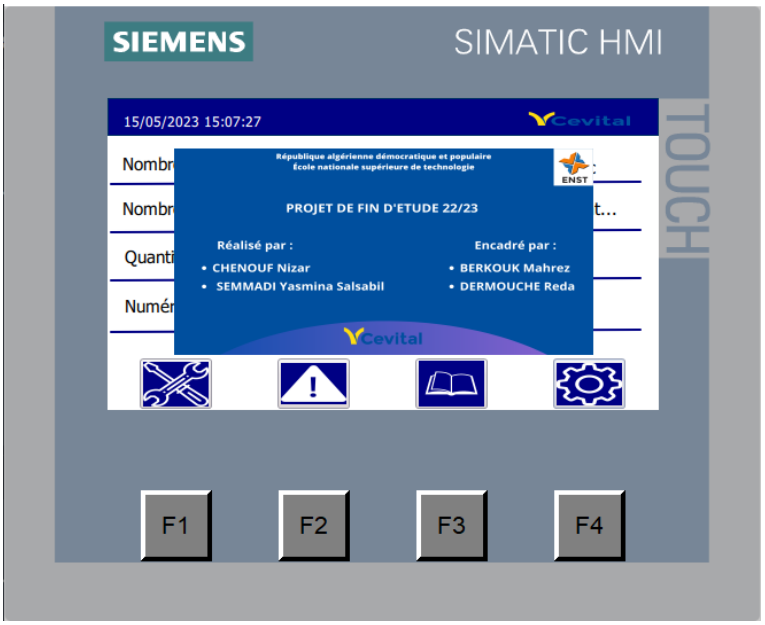


FIGURE V.17 – Contact pour IHM Cacao

V.3 Programmation de la page web

Le serveur Web du S7-1500 permet d'accéder à de nombreuses informations sur la CPU respective via des pages Web standard intégrées. Ces informations incluent des détails sur l'état de la CPU, les diagnostics, les erreurs, les avertissements et les événements en cours.(voir.1.6.2) En utilisant le serveur Web du S7-1500, on peut :

5.3.1 page web standard

1. **Intro :**
   V.18 affiche la première page (Intro) appelée par le serveur Web.



FIGURE V.18 – La page intro

2. **Page d'accueil :**
   La page d'accueil V.19 propose l'image de la CPU avec des LED indiquant son état actuel au moment de la demande de données.

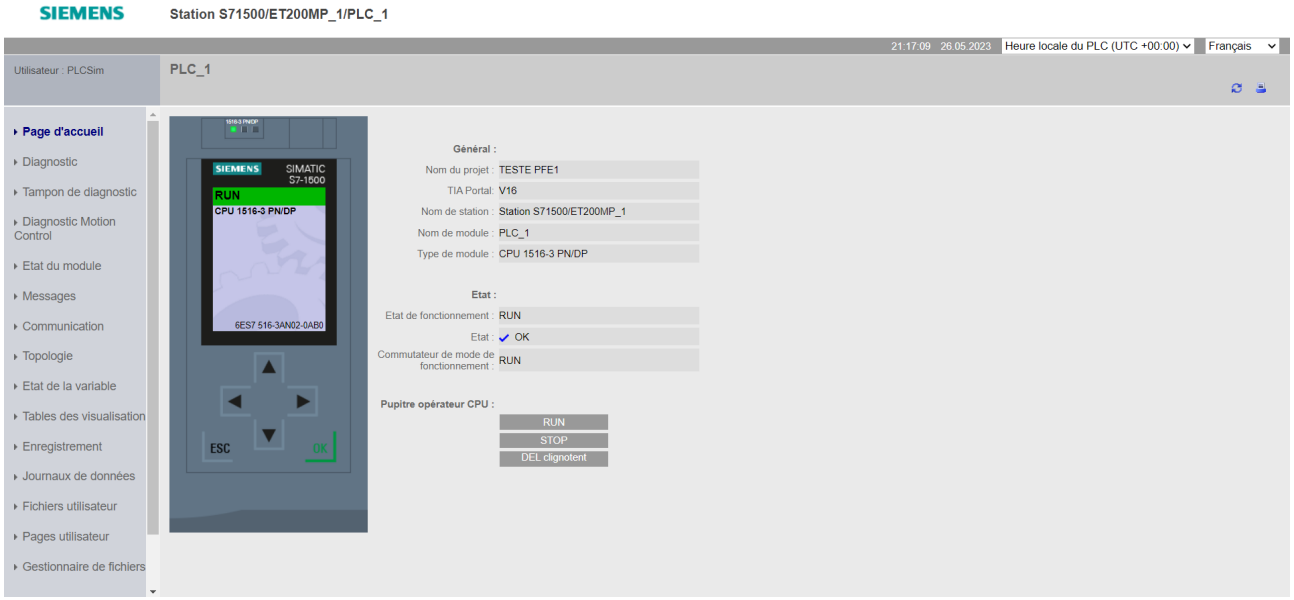


FIGURE V.19 – La page d'accueil

- "Général" contient des informations sur la CPU dont vous êtes actuellement connecté au serveur Web, ainsi que le nom du projet et la version de le portail TIA avec lequel la CPU a été configurée. La version TIA Portal affichée est au moins nécessaire pour charger ou éditer l'ensemble du projet.
- "Status" contient des informations sur l'état de la CPU au moment de la requête.
- Dans la zone "Panneau de commande de la CPU", vous avez la possibilité de modifier l'état de fonctionnement de la CPU (boutons "RUN"/"STOP") ou de faire clignoter les LED (bouton "LED clignotante") avec les droits d'accès correspondants.

3. **Diagnostic :**
   Cette page V.20 affiche les diagnostics système, les erreurs et les avertissements qui se sont produits sur la CPU. On peut y trouver des informations détaillées sur les problèmes rencontrés, les modules défectueux, les connexions perdues, etc.

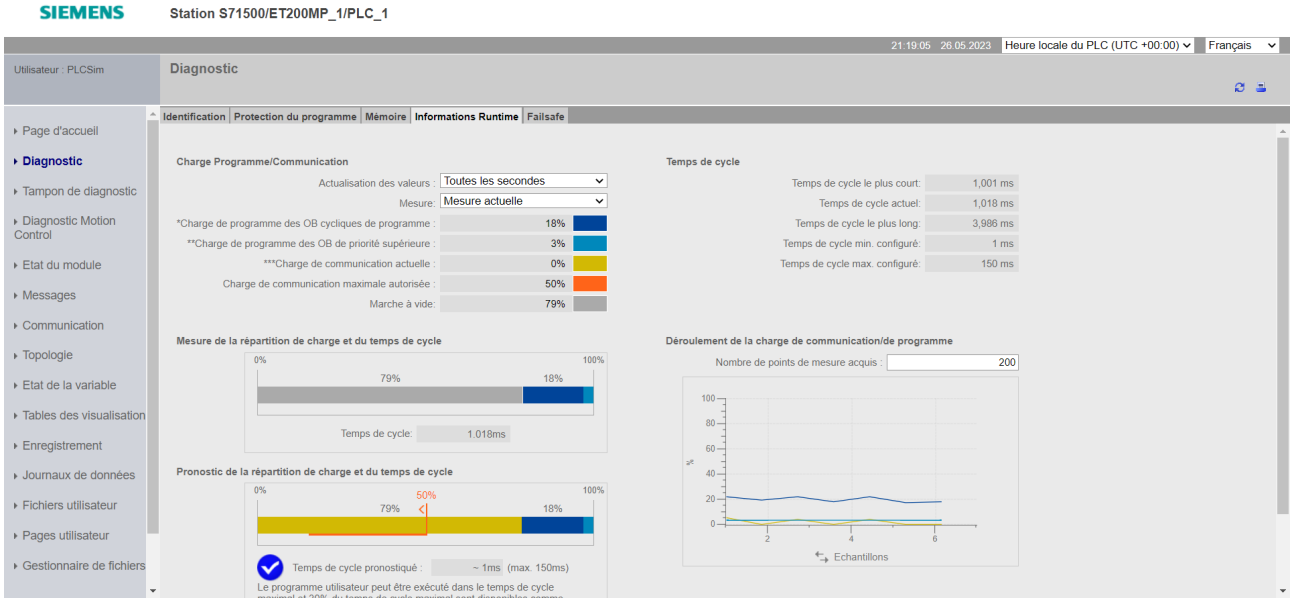


FIGURE V.20 – La page diagnostic

La page Web "Diagnostic" fournit d'informations sur les onglets :

- "Identification" : affichage des informations d'identification statiques, telles que le numéro de série, de commande et de version Protection du programme : indique si le programme API contient une protection de savoir-faire ou une protection contre la copie.
- "Mémoire" : contient les valeurs actuelles de la mémoire actuellement utilisée.
- "Informations d'exécution" : Les informations actuelles sur la charge du programme/de la communication et le temps de cycle se trouvent dans l'onglet "Informations d'exécution". Cela vous permet de voir s'il peut y avoir des problèmes d'exécution lors de l'exécution de votre programme utilisateur.

4. **Tampon de diagnostic :**
   Le contenu du tampon de diagnostic est affiché sur la page Web "Tampon de diagnostic". V.21
   Le tampon de diagnostic peut contenir différents nombres d'alarmes en fonction de la CPU utilisée. Le champ d'information "Event" contient les alarmes de diagnostic avec la date et l'heure. "Détails" affiche des informations détaillées sur un événement sélectionné.

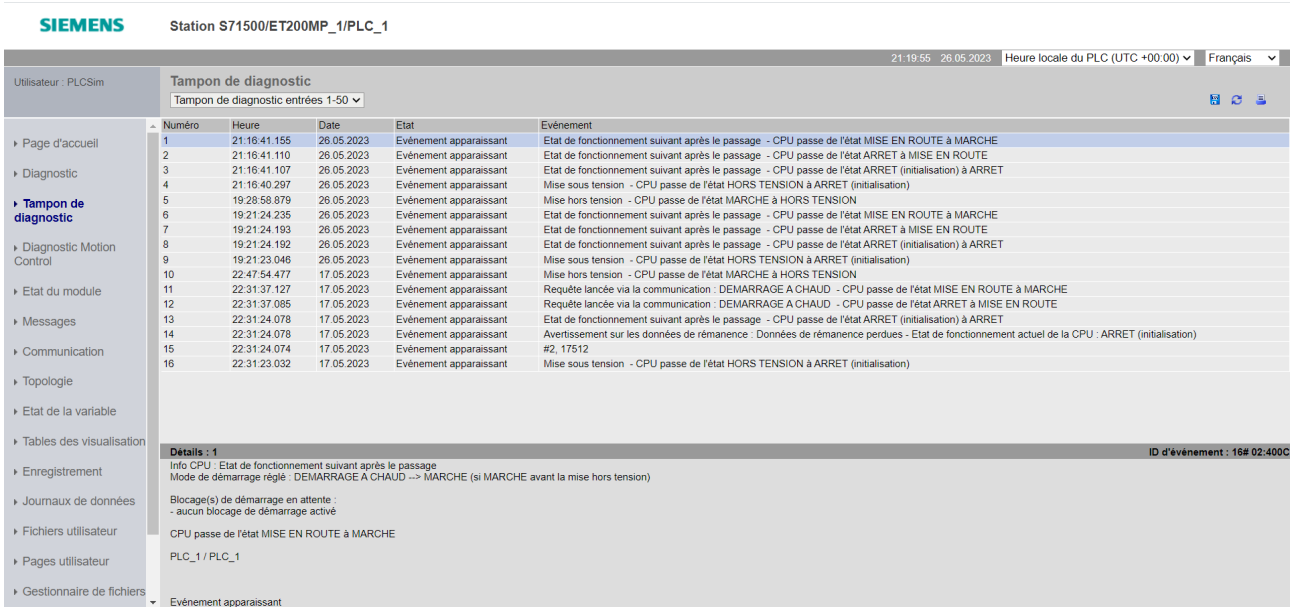


FIGURE V.21 – La page tampon de diagnostic

En raison d'avoir plus d'option vis a vis les paramètres de processus, les pages utilisateur sont exploitées.[24]

5.3.2 Page web utilisateur

Grâce à une étude préliminaire approfondie des langages de programmation HTML, CSS et JavaScript, ainsi que de la technologie Siemens AWP, nous avons pu développer une page web performante, adaptée à nos exigences spécifiques.
Notre expertise dans ces domaines clés nous a permis de créer une interface utilisateur intuitive et hautement fonctionnelle pour interagir avec notre machine et optimiser notre processus industriel. vous allez trouver notre étude théorique dans la partie A.6.
Dans notre projet, nous avons construit une hiérarchie sophistiquée afin qu'elle soit professionnelle et complète. Cette hiérarchie nous permet de structurer efficacement notre code et d'organiser les différentes parties de notre projet de manière logique et cohérente. cette hiérarchie est illustré dans la structure de dossiers (folders tree) V.22 ci-dessous :

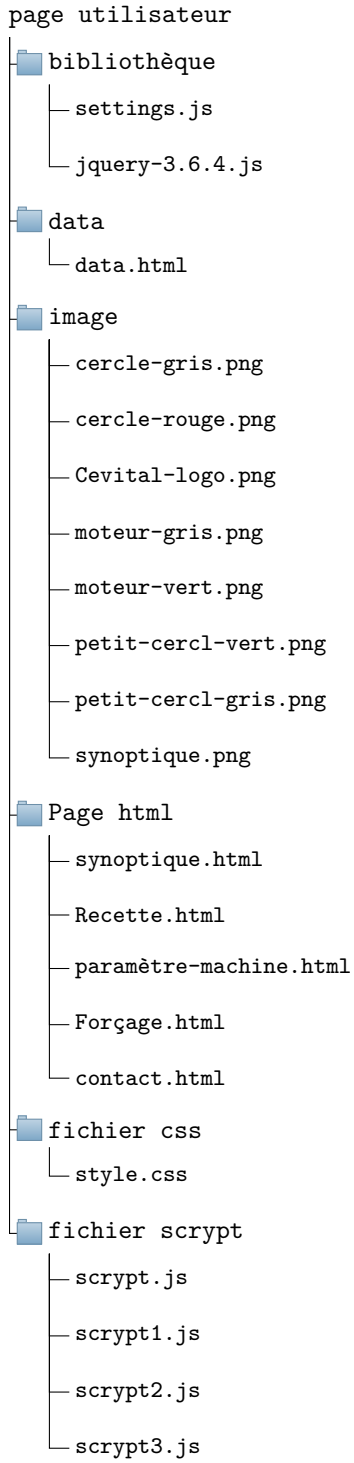


FIGURE V.22 – Folders tree pour la page utilisateur

D'aprés les informations présentées dans la partie A.6 sur les langage utilisés dans notre page web.Notre page web contient :

- 5 pages HTML
- 1 fichier CSS
- 3 scripts de java script

Au totale on aura environ 1800 lignes de code.

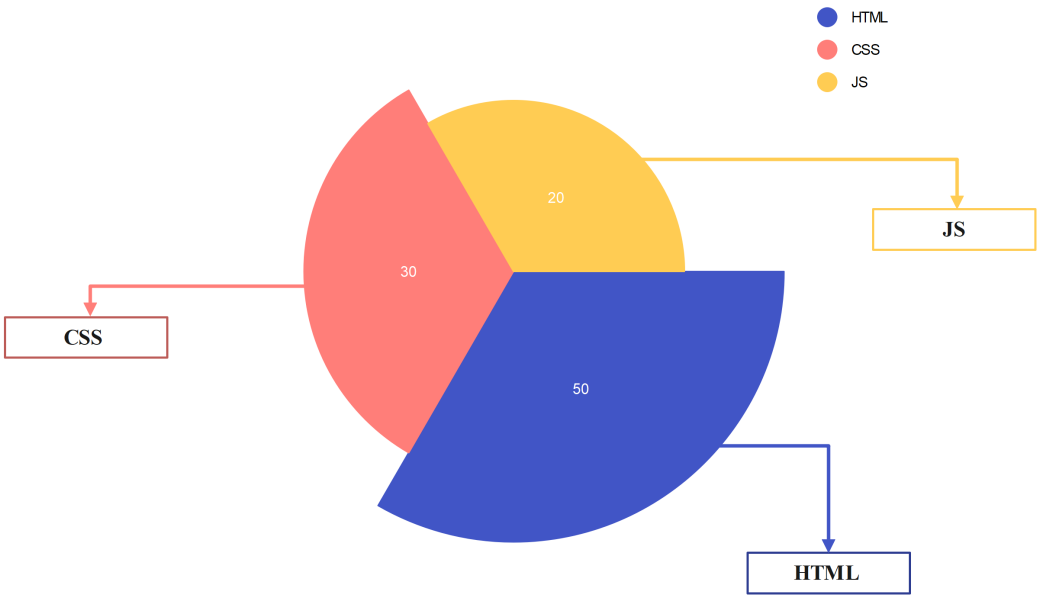


FIGURE V.23 – Langages utilisé

La coordination entre eux nous donne le résultat ci-dessous :

- **Vue synoptique**
  Parallèlement à la supervision par le biais d'une interface homme-machine (HMI), la page web synoptique V.24 offre des fonctionnalités similaires en permettant le lancement de la production, l'initialisation et la reproduction du processus. De plus, elle donne accès aux paramètres des moteurs, de l'agitateur et du vérin, permettant leur contrôle et leur activation (marche/arrêt). La page web synoptique offre également une visualisation claire des quantités maximales dans les trémies, la progression du processus de production par étapes successives, ainsi que les itérations spécifiques à chaque produit.

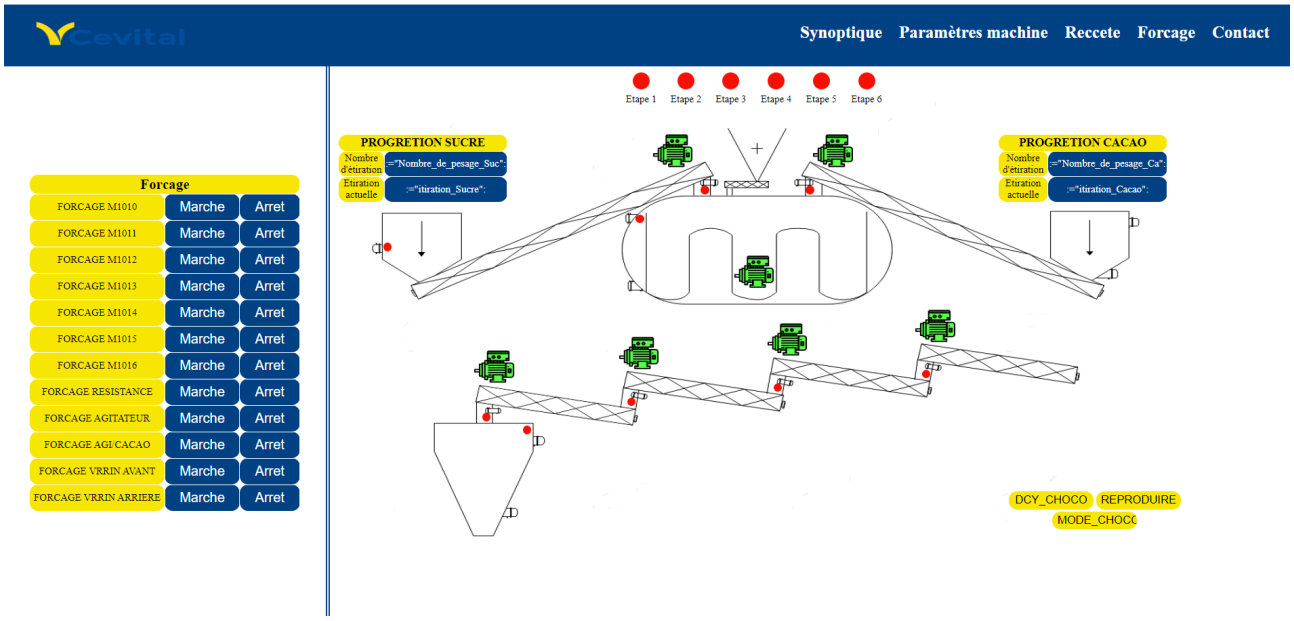


FIGURE V.24 – Vue synoptique

- **Vue Paramètres machine**
  La vue des paramètres machine fig.V.25 regroupe de manière synthétique toutes les variables liées à la production au sein d'un tableau dédié aux paramètres moteur, offrant ainsi la possibilité de les modifier selon les besoins. Cette vue présente également un paragraphe descriptif détaillé sur la table de paramètres et son contenu, permettant ainsi une compréhension approfondie des différents paramètres et de leur rôle dans le processus de production.

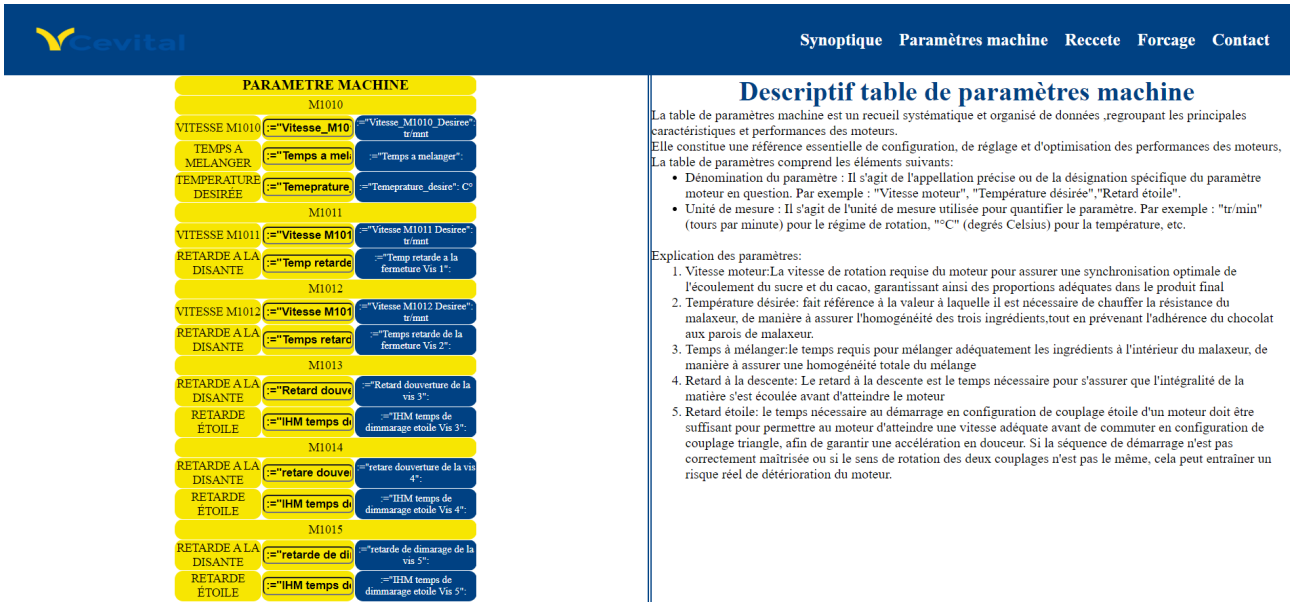


FIGURE V.25 – Vue paramètres

- **Vue Recette**
  La vue recette fig.V.26 offre la possibilité de calculer et d'afficher les quantités de production, guidant ainsi le processus par le biais d'un paragraphe explicatif détaillant la tâche à effectuer.



FIGURE V.26 – Vue recette

- **Vue Forçage**
  La vue de forçage fig.V.27, comme son appellation l'indique clairement, permet la manipulation des paramètres machine de manière contrainte, accompagnée d'un court paragraphe explicatif décrivant la nature de cette tâche.



FIGURE V.27 – Vue Forçage

- **Vue Contact**
  L'envoi des notifications par e-mail lors de la survenue d'événements anormaux dans le système sera effectué à travers la vue "contact" fig.V.28.
  Afin de procéder à cet envoi, il convient de remplir le formulaire prévu à cet effet. Un compte Gmail dédié aux notifications a été créé, étant configuré dans le système en tant que destinataire. Quant aux expéditeurs, un champ d'adresse et d'identifiant doit être rempli, garantissant ainsi une traçabilité optimale.

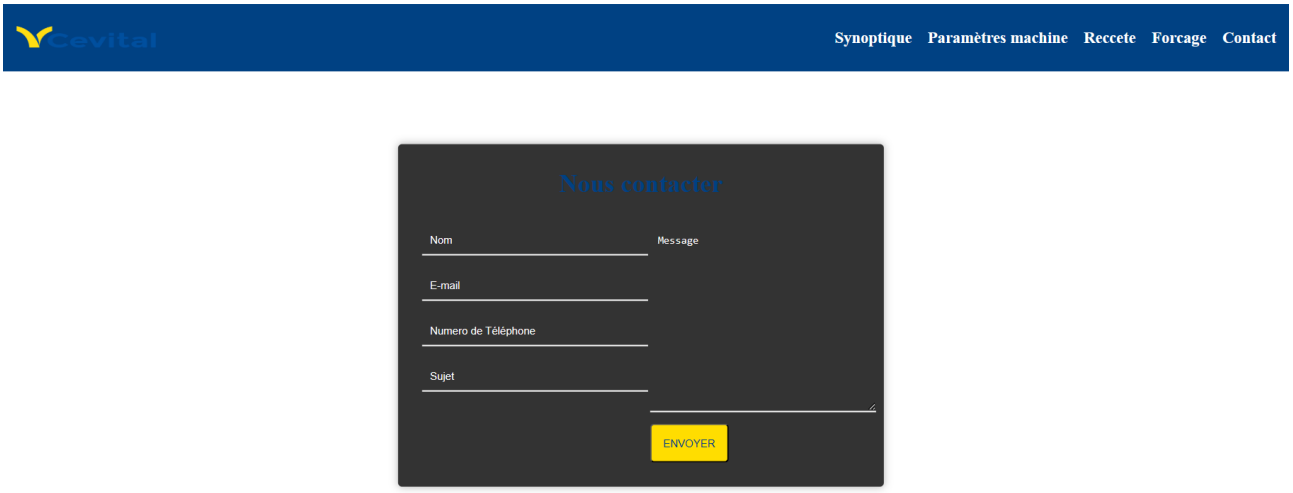


FIGURE V.28 – Vue contact

La figure V.29 ci-dessous illustre le fonctionnement de l'entièreté de la page

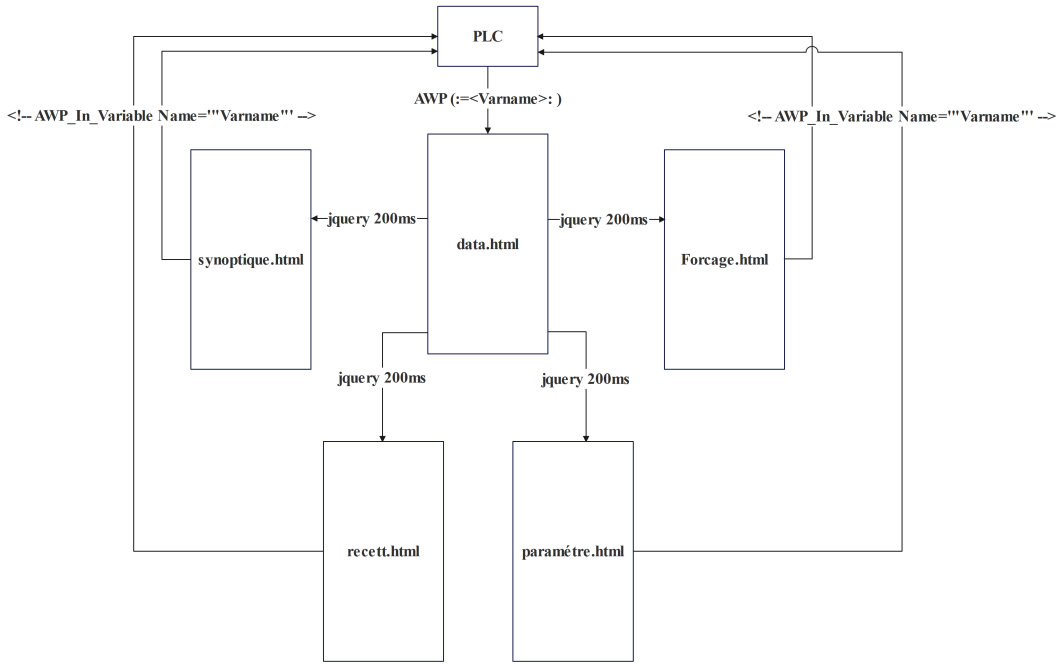


FIGURE V.29 – lLe fonctionnement de la page

V.4 Application mobile

Nous avons développé aussi une application mobile qui permet de commander à distance notre process via Internet. Cette application sera hébergée sur notre serveur Raspberry Pi et on va développer toutes les technologies employées dans notre mémoire du Master.

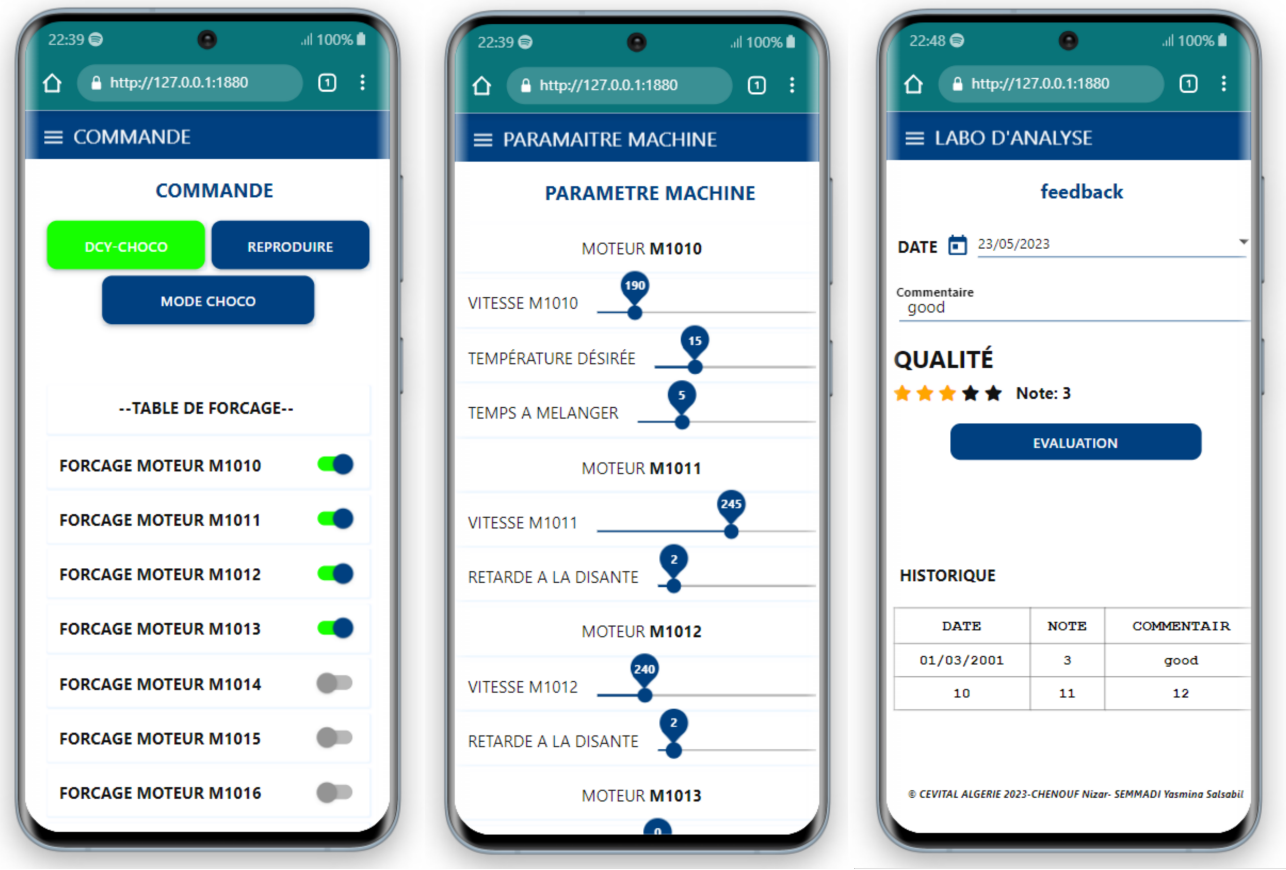


FIGURE V.30 – Application mobile

V.5 Test

5.5.1 Test de la page web

Dans le développement de notre page web, nous avons d'abord effectué des tests préliminaires en utilisant le serveur intégré fourni avec Visual Studio. Cela nous a permis de visualiser le design et le positionnement de nos balises HTML. Une fois que nous avons terminé la conception d'une page HTML, nous l'avons testée avec notre automate S7-1500 en utilisant également un adaptateur virtuel.

Cependant, il est important de noter que notre page web ne fonctionnait pas toujours correctement dès le premier essai. Nous avons donc effectué des ajustements et des réglages nécessaires jusqu'à ce que tout soit correctement configuré. Nous avons ensuite procédé à des tests de connectivité en accédant à notre page via un navigateur sur un autre PC connecté au même réseau local.

Cela nous a permis de vérifier la connectivité et de tester le bon fonctionnement de notre page web une fois déployée sur le serveur. Nous avons vérifié les interactions entre notre page web et l'automate S7-1500 pour nous assurer que tout fonctionne comme prévu.

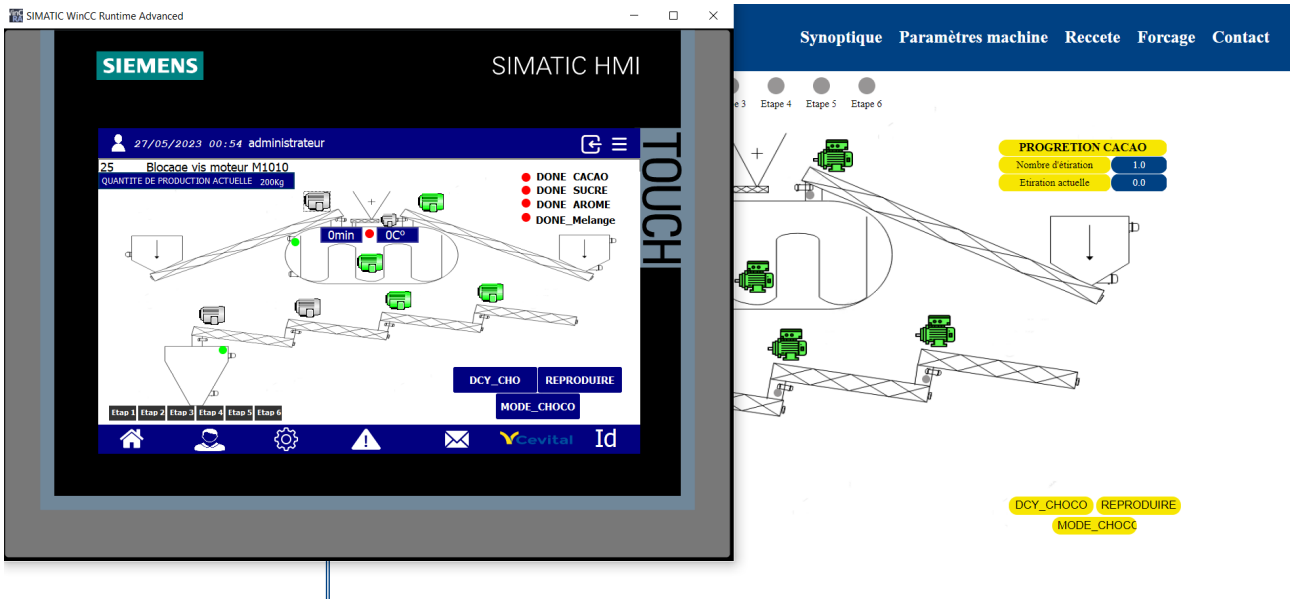


FIGURE V.31 – Simulation de la page web

V.6 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a permis de présenter en détail les différentes plateformes de supervision que nous avons développées pour répondre aux besoins spécifiques de notre entreprise. Nous avons exploré les interfaces homme-machine, la page web et l'application mobile, en mettant en évidence leurs fonctionnalités, leur développement et leur fonctionnement.
Nous avons souligné l'importance de la télémaintenance dans notre activité, et avons mis en valeur les plateformes de supervision qui garantissent une télémaintenance efficace. Ces plateformes nous permettent de surveiller à distance nos systèmes industriels, de diagnostiquer les problèmes potentiels et de prendre des mesures de maintenance préventive ou corrective, réduisant ainsi les temps d'arrêt et améliorant la réactivité face aux incidents.
Les tests de fonctionnement que nous avons effectués ont été essentiels pour évaluer la performance et la fiabilité de ces plateformes. Nous avons pu vérifier leur capacité à gérer nos systèmes industriels, ainsi que leur compatibilité avec nos exigences spécifiques.

Conclusion et perspectives

Conclusion générale

Travailler sur ce thème a été une véritable source de plaisir pour nous, car cela nous a permis d'appliquer les connaissances acquises au cours de notre formation à la réalisation de ce travail. Notre projet était multidisciplinaire, impliquant des domaines tels que l'automatisation, la mécanique et l'informatique, ce qui nous a permis d'acquérir une grande richesse d'informations tout au long du projet. Le projet s'est révélé dynamique, captivant et motivant, nous donnant un aperçu de la vie professionnelle. Nous avons pu constater de visu l'importance de la collaboration entre les différentes disciplines et l'application pratique des connaissances théoriques. Le projet nous a également permis de développer nos compétences techniques, de relever des défis et de progresser en tant que professionnels. Nous sommes reconnaissants d'avoir eu l'occasion de travailler sur ce projet stimulant et enrichissant.

Perspectives :

La solution pourrait être étendue pour inclure de nouvelles fonctionnalités répondant aux besoins changeants de l'environnement ou des utilisateurs.
Ainsi, plusieurs perspectives d'évolution peuvent être envisagées pour enrichir davantage la solution proposée. Les voies d'évolution possibles comprennent :

- Amélioration des fonctionnalités : La solution pourrait être étendue pour inclure de nouvelles fonctionnalités répondant aux besoins changeants de l'environnement.
  En architecturant le programme en fonction des étapes de production, il est possible d'optimiser l'automatisation de la partie cacao sans modifier le programme original. Cette approche permet de développer des fonctions supplémentaires spécifiques à chaque étape, qui interagissent avec le programme existant sans nécessiter de modifications majeures.
- Optimisation des performances : Des travaux supplémentaires pourraient être envisagés pour optimiser les performances de la solution.
  Cela pourrait impliquer l'utilisation de l'apprentissage machine pour l'optimisation des paramètres de la machine grâce à la collecte de données pour. Cette approche permettrait de supprimer la partie commande des paramètres machine, en la remplaçant par un système d'apprentissage automatique qui ajuste et optimise les paramètres de manière autonome.
- Intégration de nouvelles technologies : Avec l'évolution rapide de la technologie, il convient d'explorer l'intégration de nouvelles technologies.
  La généralisation de l'intégration des notions de serveur et de page web à l'ensemble de l'entreprise CEVITAL permettrait de renforcer la compétitivité de l'organisation en favorisant la collaboration, l'efficacité opérationnelle.
- La sécurité du réseau : En tant qu'automaticiens, notre perspective concernant la sécurité est centrée sur l'utilisation des switchers de ScalaneX, étant donné qu'ils sont compatibles avec la configuration que nous utilisons ainsi que l'activation du proxy et le par-feu, car nous sommes conscients de l'importance de la sécurisation de notre réseau, et c'est pourquoi nous sommes déterminés à collaborer étroitement avec l'ensemble du personnel du réseau interne de l'usine. Ensemble, nous travaillerons à l'élaboration d'une stratégie solide pour renforcer la sécurité de notre réseau. Notre objectif ultime est de mettre en place des mesures efficaces afin de protéger les données et les systèmes critiques de l'usine, tout en garantissant un fonctionnement optimal et une continuité des opérations.

Bibliographie

[1] Revolution industrielle. https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/r%C3%A9volution_industrielle/61047.

[2] L'industrie 4.0 c'est quoi ? https://www.ifm40.fr/industrie-4-0-cest-quoi/.

[3] N.Viswanadham. The past,present,and future of supply-chain automation. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 9 :48 – 56, 2002.

[4] Rajesh Singh Anita Gehlot Suresh Chandra Satapathy Waleed S Alnumay Danilo Pelusi Uttam Ghosh Janmenjoy Nayak Praveen Kumar Malik, Rohit Sharma. Industrial internet of things and its applications in industry 4.0 : State of the art. *Computer Communications*, 21, November 2020.

[5] Djalal HEDJAZI. *Conception d'un modèle coopératif de support de la télémaintenance industrielle.* PhD thesis, Université de Batna, Faculté des Sciences, 2011.

[6] Qu'est-ce que l'iot ? https://www.oracle.com/fr/internet-of-things/what-is-iot/.

[7] Francesca Michelino Vincenzo Varriale, Antonello Cammarano and Mauro Caputo. Sustainable supply chains with blockchain, iot and rfid :a simulation on order management. *MDPI*, 23, June 2021.

[8] S. Kuzhaloli Jayasudha Subburaj P. Vijayakumar P. Subha Hency Jose V. Kamatchi Sundari, J. Nithyashri. Comparison analysis of iot based industrial automation and improvement of different processes – review. *ELSEVIER*, 4, November 2020.

[9] Cite officiel cevital. https://www.cevital.com.

[10] BENMOHAMED SAMI JEMAI AHMED. Etude et conception d'un mini central à béton pour la fabrication des pavés., 2008/2009.

[11] TALABOULMA Rabah. Etude et conception d'un convoyeur a vis sans fin mobile, 2019/2020.

[12] Arpège masterk , indicateur de pesage industriel. https://www.masterk.fr/produit/indicateur-de-pesage-industriel/.

[13] CFM Pesage. *IDE 250 , Notice de paramètrage et d'utilisation*, 03/2011 edition.

[14] Siemens. *SINAMICS G120X ,Variateur SINAMICS G120X*, 03/2019 edition.

[15] Enérgie_plus. https://energieplus-lesite.be/.

[16] Capteurs pour l'industrie agroalimentaire. https://www.vega.com/fr-fr/industries/agroalimentaire.

[17] Siemens. *Datasheet , 6ES7512-1CK00-0AB0*, 5/27/2023 edition.

[18] Siemens. *SIMATIC HMI, HMI devices Comfort Panels*, 07/2017 edition.

[19] Siemens. *SIMATIC HMI , HMI device KTP400 Basic, KTP600 Basic, KTP1000 Basic, TP1500 Basic*, 01/2009 edition.

[20] Siemens. *SIMATIC ,S7-1500,CPU 1512C-1 PN (6ES7512-1CK00-0AB0)*, 06/2015 edition.

[21] Siemens. *SIMATIC , S7-1200 , CPU 1211C, compact CPU, AC/DC/relay(6ES7211-1BD30-0XB0)*, 01/2015 edition.

[22] Alain MICHEL. *PREMIERS PAS AVEC UN RASPBERRY PI 3*, 9th-10th November 2020.

[23] Marc Delisle. *MySQL DatabasePractical Design Tips and Techniques.* Packt Publishing, 2006.

[24] Siemens. *SIMATIC , S7-1500 ,Serveur Web,Description fonctionnelle*, 12/2014 edition.

[25] Transmissions par poulies et courroies. http://www.zpag.net/Tecnologies_Indistrielles/transmission_courroies.htm.

[26] Automatisation d'une machine d'emballage. https://www.mcours.net/fra6/bilafra6rapp160.pdf.

[27] Siemens. *PROFINET avec STEP 7*, 05/2021 edition.

[28] Qu'est ce que le modbus tcp/ip ? https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/qu-est-ce-que-le-modbus-tcp-ip.html.

[29] ALLAOUI Manel MOULAI MOSTEFA Hanane. Conception et développement d'une base de données et d'une ihm pour la supervision d'un réseau de capteurs sans fils implanté dans une serre agricole, 2019/ 2020.

Annexes

Annexe A

Définitions

A.1 Conception du transmetteur

Les calcules sont effectués en suivant les étapes [25] :

1.1.1 Choix et le calcul des paramètres

Choix de paramètre Ks

k_s :Coefficient correcteur lié aux conditions de service de la transmission.
D'après le cahier des charges et suite au tableau des valeurs I.1 du coefficient de service k_s on trouve : k_s=**1.3**

1. Valeur du coefficient de service K_s				
	service léger 0 à 6 h/jour	service normal 6 à 16 h/jour	service dur 16 à 24 h/jour	service très dur en continu
transmission uniforme sans à-coups	1,0	1,2	1,4	1,6
transmission avec légers à-coups et chocs modérés	1,1	1,3	1,5	1,8
transmission avec à-coups et chocs élevés *	1,2	1,4	1,7	2,1

FIGURE I.1 – Valeur du coefficient du service

Calcul de paramètre Ps

P_s :Puissance de service ou puissance corrigée.

$$P_s = P * K_s = 4 * 1.3 = 5300w \tag{A.1}$$

tq : P : la puissance réelle à transmettre(D'après le cahier des charges).

1.1.2 Type de poulie

On a P_s=5.2kw et N_d=1000tr/min
tq N_d est la vitesse de la petite poulie, donc d'après le grapheI.2 la courroie est de type **A**.

1.1.3 Étude dynamique

Calcule des diamètres primitifs

On a d_p=**200mm** le diamètre primitif de la petite poulie alors on peut calculer le facteur de réduction R avec la formule suivante :

$$R = \frac{N_D}{N_d} = \frac{D_p}{D_d} \tag{A.2}$$

avec : N_D la vitesse de sortie (la grande poulie).
N_d la vitesse d'entrée (la petite poulie).

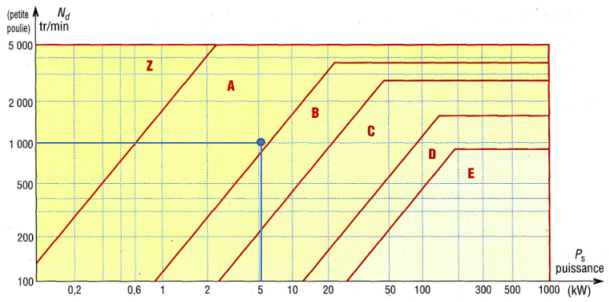


FIGURE I.2 – Type de courroie

D_p Diamètres de la petite poulie.
D_d Diamètres de la grande poulie.

Le diamètre primitif de la grande poulie est calculé par :

$$D_d = \frac{N_D * d_p}{N_d} = \frac{1000 * 150}{500} = 300mm \tag{A.3}$$

Suivant la norme ISO 4183 il suffit de valider les résultats trouvés par le tableau I.3 de telle façon que les valeurs trouvés des diamètres primitifs seront recommandés pour les poulies trapézoïdales selon la norme ISO 4183.

2. Diamètres primitifs d_p et D_p recommandés (mm) pour les poulies trapézoïdales ISO 4183	
Z SPZ	50*, 56*, 63, 71, 75, 80, 90, 100, 112, 125, 132, 140, 150, 160, 180, 200, 220, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 500, 630
A SPA	75*, 80*, 85*, 90, 95, 100, 106, 112, 121, 125, 132, 140, 150, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 300, 315, 355, 400, 450, 500, 630, 710, 800
B SPB	125*, 132*, 140, 150, 160, 170, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1 000, 1 120
C SPC	200* 212*, 224, 236, 250, 265, 280, 300, 315, 335, 355, 400, 450, 500, 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1 000, 1 120, 1 250, 1 400, 1 600, 2 000
D	355, 375, 400, 425, 450, 475, 500, 560, 600, 630, 710, 750, 800, 900, 1 000, 1 060, 1 120, 1 250, 1 400, 1 500, 1 600, 1 800, 2 000
E	500, 530, 560, 600, 630, 670, 710, 800, 900, 1 000, 1 120, 1 250, 1 400, 1 500, 1 600, 1 800, 1 900, 2 000, 2 240, 2 500
* : uniquement courroies classiques Z, A, B et C	

FIGURE I.3 – Les diamètres primitifs recommandés

Calcule de la vitesse linéaire de la courroie

La vitesse linière peut être calculer par la formule suivante :

$$V = \frac{\pi * N_d * d_p}{30 * 2} = \frac{3.14 * 1000 * 0.15}{30 * 2} = 7.85m/s \tag{A.4}$$

Calcule de l'entraxe et la langueur primitive Lp

En respectant les conditions de calcule de l'entraxe suivantes : On trouve :

$$V = \frac{D_p}{d_p} = \frac{300}{150} = 2 \tag{A.5}$$

Donc on est dans la première conditions où

$$\begin{cases} a \leq \frac{D_p + d_p}{2} + d_p \\ 1350mm \leq a \leq 375mm \end{cases} \tag{A.6}$$

La formule de calcule de la longueur primitive est :

$$l_p = 2a + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4a} \tag{A.7}$$

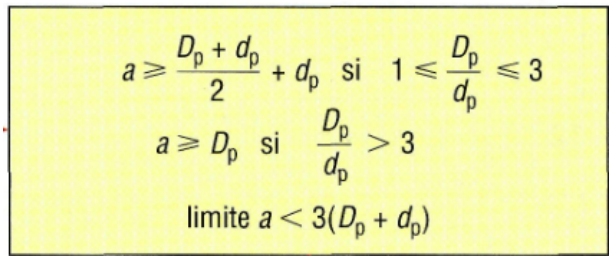


FIGURE I.4 – Les diamètres primitifs recommandés

On remplace par les valeurs des diamètres primitifs on aura :

$$l_p = 2a + 706.5 + frac225004a \tag{A.8}$$

Le résultat obtenu est une équation de second ordre avec un paramètre principale a et un autre secondaire L_p

$$8a^2 + (1413 - 4L_p)a + 22500 = 0 \tag{A.9}$$

Alors d'après le cahier des charge l'entraxe est aux alentours de 900mm vis-à-vis la taille du moteur et le diamètre de la vis, alors d'après la norme ISO 4184 la longueur primitif L_p qui satisfait le cahier des charges est de 2700 mm.

3. Longueurs primitives ou de référence Lp (en mm des courroies trapézoïdales

(L* : longueur NF ISO 4184 – les autres longueurs varient sensiblement d'un fabricant à l'autre)

Z	270, 295, 340, 380, 405*, 435, 465, 475*, 485, 505, 530*, 545, 570, 610, 625*, 635, 675, 700*, 710, 750, 780*, 790, 840, 895, 920*, 940, 1 000, 1 055, 1 080*, 1 095, 1 145, 1 205, 1 250, 1 330*, 1 420*, 1 540*...				
A	415, 490, 541, 585, 620, 630*, 670, 700*, 719, 770, 790*, 820, 871, 890*, 933, 983, 990*, 1 049, 1 100*, 1 153, 1 201, 1 250*, 1 303, 1 353, 1 405, 1 430*, 1 455, 1 508, 1 550*, 1 608, 1 640*, 1 709, 1 750*, 1 858, 1 913, 1 940*, 2 013, 2 050*, 2 133, 2 200*, 2 273, 2 300*, 2 393, 2 480*, 2 533, 2 700*, 2 833, 3 183...				
B	613, 655, 680, 729, 780, 830, 881, 930*, 980, 1 000*, 1 033, 1 083, 1 100*, 1 133, 1 185, 1 210*, 1 243, 1 318, 1 370*, 1 393, 1 465, 1 560*, 1 668, 1 760*, 1 872, 1 950*, 2 075, 2 180*, 2 283, 2 300*, 2 380, 2 480, 2 500*, 2 659, 2 700*, 2 870*, 3 200*, 3 393, 3 600*, 3 793, 4 060*, 4 430*, 4 820*, 5 043, 5 370*, 5 620, 6 070*, 6 585...				
C	920, 1 075, 1 152, 1 312, 1 462, 1 505*, 1 662, 1 760*, 1 840, 1 950*, 2 094, 2 195*, 2 348, 2 420*, 2 500, 2 715*, 2 907, 2 880*, 3 080*, 3 312, 3 520*, 3 720, 3 964, 4 060*, 4 177, 4 278, 4 600*, 5 015, 5 380*, 5 662, 6 100*, 6 362, 6 815*, 7 035, 7 600*, 8 038, 8 444, 9 100*, 10 062, 10 700*...				
D	2 576, 2 740*, 2 876, 3 100*, 3 226, 3 330*, 3 530, 3 730*, 4 080*, 4 386, 4 620*, 5 029, 5 400*, 5 676, 6 100*, 6 370, 6 840*, 7 126, 7 620*, 8 000, 8 405, 9 140*, 10 700*, 11 276, 12 200*, 13 700*, 15 200*...				
E	4 660*, 5 040*, 5 105, 5 420*, 5 765, 6 100*, 6 505, 6 850*, 7 265, 7 650*, 8 055, 8 410, 8 790, 9 150*, 10 035, 11 230, 12 230*, 13 750*, 15 280*, 16 800*...				
Séries étroites	SPZ	SPA	SPB	SPC	**Lp (ISO 4184) :** 650, 710, 800, 900, 1 000, 1 120, 1 250, 1 400, 1 600, 1 800, 2 000, 2 240, 2 500, 2 800, 3 150, 3 500, 4 000, 4 500, 5 000, 5 600, 6 300, 7 100, 8 000, 9 000, 10 000, 11 200, 12 500
	630 à 3 550	800 à 4 500	1 250 à 8 000	2 000 à 12 500	

FIGURE I.5 – Les diamètres primitifs recommandés

Calcule de la puissance de base de la courroie

Pour calculer la puissance de base de la courroie on utilise le tableau I.6 pour une vitesse linéaire de 7.85m/s et un diamètre primitif de la petite courroie de 150mm.
Alors on aura pour une vitesse linéaire de 5m/s une puissance de base est de 1.75Kw et pour une vitesse linéaire de 10m/s une puissance de base est de 3.03Kw.

4. Puissance de base P_b en kW des courroies trapézoïdales classiques

type courroie	diamètre primitif	vitesse linéaire V de la courroie (m/s) 5	10	15	20	25	type courroie	diamètre primitif	vitesse linéaire V de la courroie (m/s) 5	10	15	20	25
Z	50	0,45	0,72	0,85	–	–	C	180	3,92	6,10	7,33	8,32	–
	60	0,62	1,05	1,35	–	–		210	4,59	7,38	9,40	10,86	11,76
	70	0,73	1,29	1,70	1,94	–		240	4,99	8,31	10,82	12,75	14,14
	80	0,83	1,48	1,97	2,30	2,41		280	5,50	9,27	12,26	14,70	16,50
	90	0,90	1,61	2,18	2,58	2,76		320	5,83	9,96	13,34	16,10	18,29
	100	0,95	1,72	2,37	2,80	3,04		360	6,14	10,56	14,16	17,19	19,69
	110	1,00	1,82	2,48	2,99	3,27		430	6,55	11,25	15,32	18,68	21,43
A	85	1,25	2,04	2,66	3,01	–	D	290	8,92	13,44	15,95	16,80	–
	100	1,42	2,37	3,12	3,99	4,10		320	9,84	15,41	18,90	20,74	20,92
	115	1,55	2,64	3,52	4,21	4,73		360	10,94	17,50	22,07	24,96	26,19
	130	1,65	2,85	4,04	4,60	5,22		400	11,80	19,20	24,61	28,33	30,42
	150	1,75	3,03	4,10	4,80	5,72		460	12,78	21,18	27,55	32,29	34,37
	170	1,82	3,19	4,33	5,00	6,10		520	13,58	22,71	29,85	35,35	39,20
	190	1,87	3,30	4,54	5,55	6,39		580	14,16	23,96	31,64	37,76	42,80
B	120	2,11	3,23	4,23	4,80	–	E	440	10,97	18,85	24,69	28,33	29,44
	140	2,35	3,95	5,02	5,83	6,37		480	11,89	20,65	27,39	31,92	33,91
	160	2,57	4,03	5,61	6,63	7,37		520	12,62	22,15	29,63	34,95	37,68
	180	2,72	4,39	6,09	7,24	8,14		600	13,84	24,57	33,28	39,86	43,75
	200	2,81	4,81	6,42	7,71	8,75		700	14,94	27,26	36,66	44,28	49,35
	220	2,92	4,89	6,73	8,13	9,24		800	15,77	28,50	39,18	47,60	53,56
	250	3,01	5,06	6,89	8,64	8,85		950	16,82	30,40	42,00	51,40	59,13

Les puissances P_b indiquées sont des moyennes et peuvent varier sensiblement d'un fabricant à l'autre (consulter leurs catalogues pour des renseignements plus détaillés)

FIGURE I.6 – Puissance de base en KW

Et d'après la formule suivante :

$$P_b = \frac{P_{b1}(V - V_0) + P_{b0}(V_1 - V)}{V_1 - V_0} \tag{A.10}$$

Avec : $V_0 = 5m/s, P_{b0} = 1.75Kw, V_1 = 10m/s, P_{b1} = 3.03Kw, V = 7.85m/s$
Donc $P_b = 2.4796kw = 2479.6w$

Calcule de la puissance admissible P_a

$$P_a = P_b * K_L * K_\theta \tag{A.11}$$

Avec : K_L : est le coefficient correcteur en fonction de la longueur primitive L_p
K_θ :est le coefficient de correction pour des angles d'enroulement différents en fonctions de θcette dernière calcule par la formule suivante :

$$\theta = 180° - 2 * sin^{-1}(\frac{D_p - d_p}{2a}) = 179.89° \tag{A.12}$$

Alors on aura :

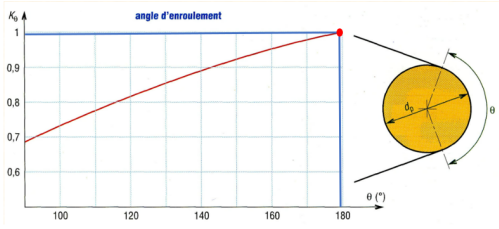


FIGURE I.7 – Angle d'enroulement $K_\theta = 0.99$

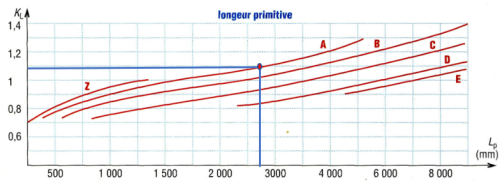


FIGURE I.8 – Longueur primitive $K_L = 1.09$

$$P_a = 1.09 * 0.99 * 2.4796 = 2.67Kw \tag{A.13}$$

Calcule de nombre de courroie nécessaire

$$n_c = \frac{P}{P_a} = \frac{4}{2.67} = 1.6 \tag{A.14}$$

Alors on arrondi le résultat trouvé ,le nombre de courroie nécessaire est donc 2.

A.2 Bascule ide250

1.2.1 Définition du logiciel

"Arpège Master K" est un logiciel de gestion de pesage développé par la société française Arpège. Il est conçu pour être utilisé avec l'indicateur de pesage IDE250 pour la gestion de la pesée et le traitement des données. Le logiciel Arpège Master K offre plusieurs fonctionnalités, telles que la visualisation des données de pesage en temps réel, la gestion de la tare, la configuration des plages de pesage et des unités de mesure, la création de rapports de pesage personnalisés, l'exportation des données vers d'autres applications, et la communication avec des équipements externes tels que des automates programmables.

En utilisant le logiciel Arpège Master K avec l'indicateur de pesage IDE250, il est possible de mettre en place des systèmes de pesage automatisés pour améliorer l'efficacité et la précision de la pesée. Il permet également d'enregistrer et de suivre l'historique de pesage pour une traçabilité et une conformité réglementaire optimales.

1.2.2 Caractéristiques

Avec une capacité de pesage allant jusqu'à 250 kg et une précision de mesure de 0,02 %, l'IDE250 est capable de fournir des mesures de haute précision pour une grande variété de tâches de pesage. Elle peut gérer tout un système de façon autonome grâce à son microprocesseur qui est très performent et un comparateur analogique avec un temps d'exécutions très réduit La capacité élevée de l'IDE250 lui permet de peser des charges importantes.Sa précision de mesure élevée garantit une grande précision et une fiabilité des résultats de pesage.

L'IDE250 est équipée d'un capteur de charge à jauges de contrainte I.9 haute précision et d'un circuit de traitement de signal numérique pour fournir des résultats de pesage précis et cohérents. Cela permet aux utilisateurs de compter sur l'IDE250 pour des tâches de pesage précises et fiables, dans des applications industrielles.

1.2.3 Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement d'une bascule IDE250 est basé sur le principe de la force électromotrice (FEM) et utilise des capteurs de pesage de haute précision pour mesurer le poids d'un objet.
La bascule IDE250 est équipée de quatre capteurs de pesage I.9 qui sont placés aux coins de la plate-forme de pesage. Chaque capteur contient une cellule de charge qui mesure la déformation mécanique subie par le capteur lorsqu'un poids est appliqué sur la plate-forme de pesage. Lorsqu'un objet est placé



Figure I.9 – Capteur de peusage

sur la plate-forme de pesage, les capteurs de pesage mesurent la déformation mécanique subie par chaque capteur. La somme de ces déformations est proportionnelle au poids de l'objet et est convertie en un signal électrique.
Le signal électrique est envoyé à un amplificateur intégré dans la bascule IDE250, qui amplifie le signal et le transmet à un processeur numérique de signal (DSP) qui convertit le signal en une valeur numérique de poids. La valeur numérique de poids est ensuite affichée sur un écran LCD intégré à la bascule IDE250. La bascule IDE250 peut également envoyer la valeur numérique de poids à un ordinateur ou à un automate programmable via une interface série ou Ethernet pour une intégration dans un système automatisé de

gestion de pesage.
La bascule IDE250 peut remplacer un automate pour les applications de remplissage avec des grandes vitesse car elle est équipée d'un microprocesseur très performent et un comparateur analogique avec un temps d'exécutions très réduit dans le cas où un automate programmable n'est pas nécessaire telle qu'avec ses différentes cartes des entrer et des sorties peuvent commander des vannes des vérins ainsi que des moteurs et des variateurs.

A.3 variateur

1.3.1 Principe de fonctionnement :

Lorsque les trois phases arrivent au variateur de fréquence (VFD), le redresseur se connecte à elles. Les diodes jouent un rôle important en permettant au courant de circuler dans un seul sens, empêchant ainsi le courant de revenir en arrière lorsque le courant alternatif se déplace dans les deux directions. Le redresseur produit donc un courant de sortie semblable à du courant continu. Ce courant continu, à l'état brut, est ensuite dirigé vers le bus CC (Courant Continu), où un filtre composé de condensateurs et/ou d'inductances est utilisé pour lisser le courant continu redressé en une tension stable, régulière et propre. Le filtre agit en libérant des électrons à des intervalles réguliers afin de réduire les variations de courant continu. Le courant continu lissé est ensuite dirigé vers la dernière étape, appelée onduleur.L'onduleur est composé de plusieurs interrupteurs électriques, appelés IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), qui s'ouvrent et se ferment par paires pour contrôler le flux d'électricité en réglant le chemin qu'elle emprunte et la durée pendant laquelle elle circule dans ces différents chemins. Cela permet de convertir le courant continu en un courant alternatif avec une fréquence spécifique, selon les besoins [26]Fig.I.10.

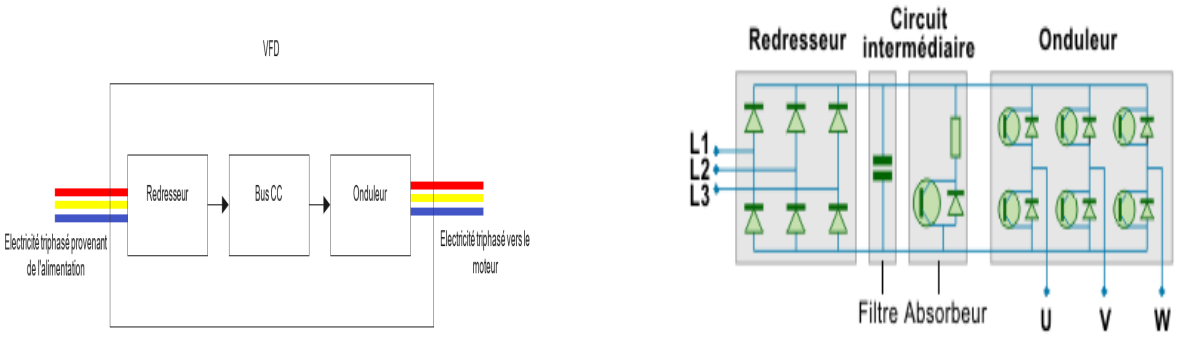


FIGURE I.10 – fonctionnement du variateur

A.4 Profinet

1.4.1 définition

Profinet est une solution ouverte de l'internet industriel qui se base sur des normes internationales.Il s'agit d'un protocole de communication conçu pour échanger des données entre des contrôleurs et des appareils dans une configuration d'automatisation.l'organisation PI a introduit profinet au début des années 2000 et en 2021 c'est la solution d'Internet industriel la plus adoptée au monde, avec plus de 40000000 de nœuds installés.[27]

1.4.2 Mécanisme de fonctionnement :

Pour garantir une performance appropriée, PROFINET fournit des données via les canaux de communication suivants :

— TCP/IP (ou UDP/IP) : PROFINET peut utiliser la communication TCP/IP ou UDP/IP pour les tâches non critiques en termes de temps, telles que la configuration et le paramétrage. En raison de la latence et de la gigue supplémentaires associées à la communication basée sur IP, cette méthode n'est pas adaptée aux tâches critiques en termes de temps.

— PROFINET temps réel (RT) :
PROFINET utilise un canal temps réel pour fournir des données de manière rapide et déterministe pour les applications critiques.
PROFINET RT fonctionne comme suit : Les trames Ethernet standard ont un champ appelé EtherType, qui indique le type de protocole utilisé. La communication PROFINET RT est configurée pour avoir un EtherType de 0×8892.(Ethertype de 0x800 trame IP)

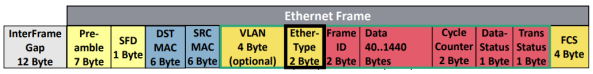


FIGURE I.11 – Trame Ethernet

Dès son arrivée au nœud de destination, la trame est immédiatement dirigée vers l'application PROFINET. Les données passent directement d'Ethernet, couche 2, à PROFINET, couche 7. Elles sautent les couches TCP/IP et évitent le temps variable qu'elles pourraient prendre pour être traitées en tant que telles. Ainsi, la vitesse de communication et le déterminisme s'améliorent considérablement.
PROFINET real-time répond aux exigences de la grande majorité des applications critiques en termes de temps. La performance globale dépendra de la conception de votre réseau, mais en général, vous pouvez atteindre des temps de cycle de 250 µs à 512 ms. Pas besoin de matériel ou de configuration spéciale pour utiliser le mécanisme de temps réel PROFINET car tous les produits PROFINET sont équipés de cette capacité.

— Temps réel isochrone PROFINET (IRT) :
PROFINET IRT élimine les retards de données variables en améliorant les règles utilisées pour commuter le trafic Ethernet et en créant des règles spéciales pour le trafic PROFINET. Il répond à toutes les exigences de synchronisation et permet une communication déterministe avec des temps de cycle jusqu'à 31,25 µs et jusqu'à 1 µs de retards prévus, également connus sous le nom de gigue(jitter) PROFINET IRT est optionnel et n'est requis que dans des applications spécifiques de haute performance, telles que les machines d'emballage et les presses d'imprimerie.

— Time Sensitive Networking (TSN) :
La dernière spécification PROFINET (V2.4) introduit un quatrième canal de communication : PROFINET over TSN

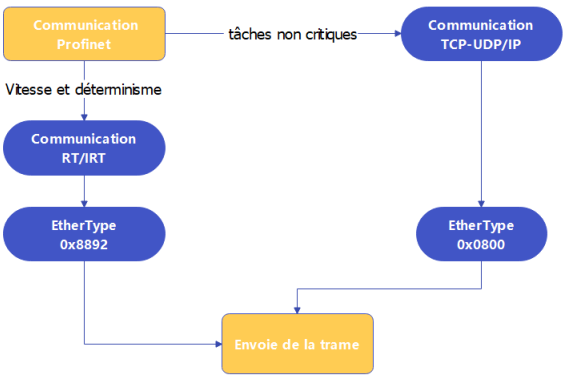


FIGURE I.12 – Logigramme de la trame Profinet

1.4.3 Notion fournisseur/ consommateur

PROFINET suit le modèle fournisseur/ consommateur pour l'échange de données.Cette méthode est basée sur la diffusion de données sur le médium par un équipement producteur de données et la prise en compte de ces données par un ou plusieurs Consommateurs.Cela signifie que le contrôleur d'E/S et le dispositif d'E/S envoient spontanément et indépendamment des données cycliques.

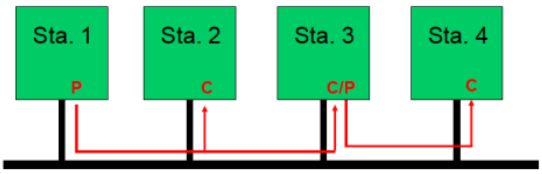


FIGURE I.13 – Notion fournisseur/ consommateu

1.4.4 Principes de configuration de Profinet

— Fichier GSD :
Afin d'intégrer des dispositifs dans l'outil de programmation, vous aurez besoin d'un fichier GSD(General Station Description) du fournisseur du dispositif, ce fichier décrivant essentiellement les propriétés du dispositif. .Par exemple :
— Propriétés de l'IO-Device (Paramètres de communication).
— Modules (Numéro et type)
— Données de configuration des modules (4 Entrées analogiques)
— Paramètres des modules (4..20mA)
— Information de diagnostic (court-circuit)
Ce fichier GSD est a base de XML (eXtensible Markup Language)qui est facile à importer dans l'outil

— Addressage :
Pour qu'un appareil PROFINET puisse être adressé comme participant à PROFINET, celui-ci doit :

1. posséder un nom d'appareil PROFINET univoque
2. une adresse IP unique dans le sous-réseau IP respectif

Pour les appareils à plusieurs interfaces PROFINET (par ex. CPU 1512C-1 PN), les adresses IP doivent se trouver dans des sous-réseaux différents. STEP 7 attribue un nom d'appareil lors de l'affectation d'un appareil PROFINET dans l'éditeur de matériels et de réseaux. En règle générale, les adresses IP sont attribuées automatiquement par STEP 7 et affectées aux appareils à l'aide du nom

1.4.5 Installation du réseau

PROFINET est basé sur un réseau Ethernet 100 Mbp/s, en duplex intégral. Une communication plus rapide est également possible sur toutes les sections de transmission.La communication peut se faire par des câbles en cuivre ou en fibre optique. Dans un réseau de Classe de conformité A (CC-A), la communication est également autorisée sur les systèmes de transmission sans fil (Bluetooth et WLAN)

1.4.6 Câbles pour PROFINET

Le guide du câblage définit le câblage à deux paires selon la norme CEI 61784-5-3 pour toutes les Classes de conformité. Pour les systèmes de transmission nécessitant un câblage Gigabit, un câblage à 4 paires peut également être utilisé. La longueur maximale de segment pour la transmission de données électriques avec des câbles en cuivre entre deux nœuds (appareils de terrain ou commutateurs) est de 100 m.

1.4.7 Commande des variateur G120X

[14]

— Données de réception :
  — **Mot de commande STW1**
  Pour le mot de commande STW1 Chaque bit est associé à une fonction particulière, pour mieux voir on va déclarer une variable pour chaque bit dans notre CPU attentions au sens d'adressage des bits dans des mots comme toujours avec siemens convention big indienne (l'octet de poids fort et à l'adresse la plus basse.

Variateur M1010

		Nom	Type de données	Adresse
23		STW1 M1010	Word	%QW264
24		Marche/arret1 M1010	Bool	%Q264.0
25		Marche/arret2 M1010	Bool	%Q264.1
26		ARRET 3 M1010	Bool	%Q264.2
27		Blocage de functionment M10...	Bool	%Q264.3
28		Blocage generateur de rampe ...	Bool	%Q264.4
29		Geler le generateur M1010	Bool	%Q264.5
30		Blocage de la consigne M1010	Bool	%Q264.6
31		Acquittment des defaut M1010	Bool	%Q264.7
32		Pilotage par API M1010	Bool	%Q265.2
33		Inversion de sense M1010	Bool	%Q265.3
34		Pot Mot Augmenter M1010	Bool	%Q265.5
35		Pot Mot Diminuer M1010	Bool	%Q265.6

FIGURE I.14 – Mot de commande Variateur

Pour que la commande du variateur soit cohérente, il faut que tous les bits du mot de commande soient correctement positionnés. Exemple des mots de commande

Démarrer le moteur 16#047F RUN

Réservé	Pot-	Pot+	Pas Utilise	Sens	Commande par la CPU	Réservé	Réservé	Acquit Défaut	Déblocage consigne	Pas figer Rampes	Débloquer Rampes	Débloquer fonctionnement	M/A 3	M/A 2	M/A 1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

FIGURE I.15 – Exemple mot de commande Marche

Arrêter le moteur 16#047E STOP

Réservé	Pot-	Pot+	Pas Utilise	Sens	Commande par la CPU	Réservé	Réservé	Acquit Défaut	Déblocage consigne	Pas figer Rampes	Débloquer Rampes	Débloquer fonctionnement	M/A 3	M/A 2	M/A 1
0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0

FIGURE I.16 – Exemple mot de commande Marche

— **Consigne vitesse**
Maintenant on est on deuxième mot envoyer au variateur PZD2 un mot de 16 bits NSOLL_A qui est directement relié avec le paramètre p1070[0] du variateur qui correspond a la consigne principale de vitesse. Le variateur obtient sa consigne principale via la source de consigne et la consigne principale spécifie normalement la vitesse du moteur un mots de sortie de l'automate va aller dans un télégramme et ensuit sera aiguillé vers le paramètre de consigne. Donc on a une réception dans le mot de variateur 16bit avec une normalisation de 4000H puis connexion a la consigne principale un réel normalise a p2000 qui est la valeur de référence de notre variateur réglé vis-à-vis la vitesse maximale de notre moteur. En résumer une valeur de 4000H dans la CPU c'est le max, égale a la valeur de référence de notre moteur .
Alors pour envoyer une consigne de vitesse il nous faut une conversion d'un réel a un entier puis le multiplié par la valeur maximale émis par la CPU qui est 4000H et on le divise par la vitesse de référence.

```
#"consigne de vitesse":=REAL_TO_INT(#"vitesse desiree")*(16384/#"Vitesse de refference");// 4000H=16384
```

FIGURE I.17 – Consigne vitesse

— Données de l'émission :
  — **Mot d'état**
  PZD1 où chaque bit convient à une donnée envoyée par le variateur vers l'automate selon la table

ZSW1 M1010	Word	%IW284
Pret a lenclanchement M1010	Bool	%I284.0
Pret au fonctionement M1010	Bool	%I284.1
fonctionment debloque M1010	Bool	%I284.2
Defaut actif M1010	Bool	%I284.3
ARRET 2 inactif M1010	Bool	%I284.4
ARRET 3 inactif M1010	Bool	%I284.5
Blocage d'enclenchement M10..	Bool	%I284.6
Alarme active M1010	Bool	%I284.7
Ecart de vitesse à l'intérieur M1..	Bool	%I285.0
Commande demandée M1010	Bool	%I285.1
Vitesse de comparaison M1010	Bool	%I285.2
Limite de courant ou de couple..	Bool	%I285.3
Frein àl'arrêt desserré M1010	Bool	%I285.4
Alarme surchauffe du moteur ...	Bool	%I285.5
Rotation du moteur M1010	Bool	%I285.6
Affichage M1010	Bool	%I285.7

FIGURE I.18 – Variateur mot d'état

— **Mesure de vitesse (NIST_A_GLATT)**
PZD2 un mot de 16 bits NIST_A_GLATT qui est directement relié avec le paramètre d'observation r0063[1] du variateur qui affiche et connecte la sortie pour la valeur réelle de la vitesse, l'indice [1] veut dire que la mesure de vitesse est lissée par le paramètre de réglage p0045. Idem pour ce mot, une normalisation suivant le paramètre p2000 est appliquée.

```
#"vitesse reel":=INT_TO_REAL(#"Vitesse actuelle emis")*(#"Vitesse de refference"/16384.0) ;//4000H=16384
```

FIGURE I.19 – Variateur mesure vitesse

— **Mesure de Courant (IAST_GLATT)** PZD3 un mot de 16 bits IAST-GLATT qui est directement relié avec le paramètre d'observation r0068[1] de variateur qui affiche le courant absolu réel, l'indice [1] veut dire que la mesure de courant est lissée par le paramètre de réglage p0045. Idem pour ce mot, une normalisation suivant le paramètre p2002 est appliquée.

```
#"courant reel":= INT_TO_REAL(#"courant actuelle emis") * (#"courant de refference" / 16384.0);//4000H=16384
```

FIGURE I.20 – Variateur mesure courant

— **Mesure de Couple (MIST_GLATT)** PZD4 un mot de 16 bits IAST-GLATT qui est directement relié avec le paramètre d'observation r0080[1] de variateur qui affiche et connecte la sortie pour la valeur de couple réelle, l'indice [1] veut dire que la mesure de couple est lissée par le paramètre de réglage p0045. Idem pour ce mot, une normalisation suivant le paramètre p2003 est appliquée.

```
#"couple reel" := INT_TO_REAL(#"couple actuelle emis") * (#"couple de refference" / 16384.0);//4000H=16384
```

FIGURE I.21 – Variateur mesure couple

— **Mesure de Puissance (PIST_GLATT)** PZD5 un mot de 16 bits PIST_ GLATT qui est directement relié avec le paramètre d'observation r0082[1] de variateur qui affiche la puissance active instantanée, l'indice [1] veut dire que la mesure de puissance est lissée par le paramètre de réglage p0045. Idem pour ce mot, une normalisation suivant le paramètre p2004 est appliquée.

```
#"puissance reel" := INT_TO_REAL(#"puissance actuelle emis") * (#"puissance de refference" / 16384.0);//4000H=16384
```

FIGURE I.22 – Variateur mesure puissance

— **Message De Défaut (MELD_NAMUR)** Le 6-ème PZD lié au paramètre d'observation r3113 de variateur qui affichage et sortie FCOM pour l'état de la barre de bits de message NAMUR. Les défauts et les alarmes sont affectés aux classes de signalisation/de message appropriées et influencent un bit de message spécifique Les bits sont répartis comme suit

Concernant bit 00 :
Un dysfonctionnement du matériel ou du logiciel a été détecté. Effectuer un POWER ON des composants concernés. Si le défaut persiste, contacter l'assistance technique.
Concernant bit 01 :
Un défaut est apparu dans alimentation réseau (coupure phase, niveau tension, ...). Contrôler le réseau et les fusibles. Contrôler tension raccordement. Contrôler câblage.
Concernant bit 02 :
La valeur de la tension du circuit intermédiaire est trop élevée et non autorisée. Contrôler le dimensionnement de l'installation (réseau, inductance, tensions). Vérifier le paramétrage de l'alimentation.
Concernant bit 03 :
Un état de fonctionnement non autorisé de l'électronique de puissance (surintensité, surchauffe, défaillance de l'IGBT,...) a été détecté. Contrôler le respect des cycles de charge. Contrôler les températures ambiantes (ventilateurs).
Concernant bit 04 :
La température du composant a dépassé la limite maximale autorisée. Contrôler la température ambiante / la ventilation de l'armoire électrique.
Concernant bit 05 :
Un défaut à la terre / défaut de phase a été détecté dans les câbles de puissance ou dans les enroulements du moteur. Contrôler les câbles de puissance (raccordement). Contrôler le moteur.
Concernant bit 06 :
Le moteur a été exploité au-delà des valeurs autorisées (température, courant, couple, ...). Contrôler les cycles de charge et les limites paramétrées. Contrôler la température ambiante / la ventilation du moteur.
Concernant bit 07 :
La communication avec la commande de niveau supérieur (couplage interne, PROFIBUS, PROFINET, ...) est perturbée ou interrompue. Contrôler l'état de la commande de niveau supérieur. Contrôler la liaison / le câblage de communication. Contrôler la configuration du bus / les temps de cycle
Concernant bit 08 :
Une surveillance du fonctionnement sûr (Safety) a détecté un défaut.
Concernant bit 09 :
Un état de signal non autorisé a été détecté lors de l'exploitation des signaux du capteur (signaux de voie, tops zéro, valeurs absolues,...). Contrôler le top zéro de signal du codeur. Respecter les fréquences max. admissibles.
Concernant bit 10 :
La communication interne entre les composants SINAMICS est perturbée ou interrompue. Vérifier le câblage DRIVE-CLiQ. Veiller à assurer la CEM. Respecter les quantités fonctionnelles / temps de cycle maximaux.
Concernant bit 11 :
L'alimentation est perturbée ou défaillante. Contrôler l'alimentation et son environnement (réseau, filtres, inductances, fusibles, ...). Contrôler la régulation de l'alimentation.
Concernant bit 15 :
Signalisation groupée de défauts. Déterminer la cause exacte avec un outil de mise en service.

FIGURE I.23 – Variateur mot de défaut

A.5 Modbus TCP

1.5.1 définition

Modbus est un protocole de communication non-propriétaire créé en 1979 par Modicon (SchnideRElectric) utilisé au départ pour les réseaux d'automates programmable industrielle. Ce protocole et universelle et il peut communiquer une large gamme d'équipement de n'importe quelle marque des capteurs des automates des actionneurs...Ext, hier comme aujourd'hui et même encore plus maintenant avec la tendance des objets connecter. Mode bus et devenue incontournable c'est fiable c'est simple et ça permet de transférer rapidement des données. Aux niveaux mis en œuvre en distingue le mode bus RTU, et le mode Bus TCP/IP[28].

1.5.2 Implémentation

— Modbus RTU : Liaison série (RS232, RS485) / Fonctionnement en mode Maitre-Esclave.
— Modbus TCP : Communication Ethernet TCP / Fonctionnement Client-Serveur.

1.5.3 Modbus TCP/IP

Le fonctionnement et de type client-serveur, les client et les serveur peuvent être multiple, Le contenue d'un message Modbus TCP il contient toujours les fameux code fonction quand va les abordera prochainement et la notions de numéro Id pour identifier les équipements existent encore mais il perdre tout son sens car les message Modbus TCP sont maintenant encapsulé dans des trames Ethernet, une trame qui contient une adresse IP de départe et de la destination de message ce qui permet de retrouver qui parle et avec qui, les trame sont beaucoup plus langue car elle contient non seulement le message Modbus mais aussi tout ce qui est spécifique aux communication Ethernet à savoir l'entête TCP avec le numéro de ports notamment le 502 généralement réserver au Modbus, un entête IP qui contient les adresses IP, un entête Ethernet avec les adresse mac, et aussi plein de code de synchronisation et de

vérification. Mais aux finales même avec des trames plus lange les échanges sont très rapide car les débits sont très grands en Ethernet a 10Mb/s.

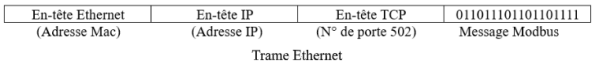


FIGURE I.24 – Trame ethernet

1.5.4 Notion Client-serveur

De façon générale lorsqu'un équipement récupère une information on parle de lecture, lorsqu'il transmit un ordre on parle de l'écriture, toujours de façon générale l'lorsque un équipement échange d'information avec un autre équipement la lecture de l'un correspond à l'écriture de l'autre et inversement. Pour autant il ne s'agit pas de quatre opérations distinctes de lecture et d'écriture simplement d'eux et tout dépend du coté ou l'on se place, par exemple les deux équipements ne pourrait faire que des lectures, lecture de données qui doive t'être mis à disposition de l'autre cote.

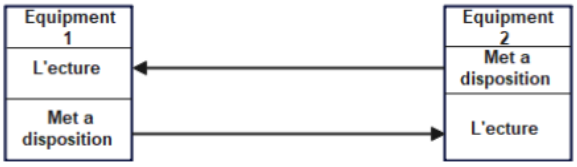


FIGURE I.25 – lecture de données par les deux équipements

Ou en encore autre solution seul un équipement qui sera à l'initiative de l'échange il lit et écrit et le second ne fait pas d'opération et reste à disposition en attente.

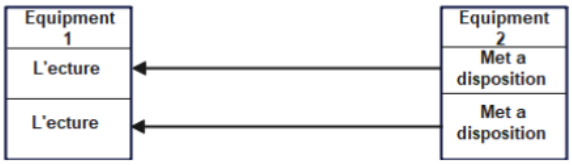


FIGURE I.26 – Un seul équipement qui lit/ecrit

Et ce dernier cas qui va correspondre à la notion client serveurs le client à gauche (équipement 1) est toujours actif et décide toujours de quoi faire c'est lui qui d'décide quand il faut lire ou écrire, le serveur (équipement 2) et lui toujours en attente et ne fait que réagir aux requêtes il attend l'instruction à réaliser, pour le premier cas c'est la notion Client-Client. Quel que soit leur nombre ce sont toujours les clients qui décident de l'appelle et les serveurs qui repende, mais lors d'un message question repense un client ne peut s'adresser que à un seul serveur et ce serveur ne repende qu'a lui c'est qu'une fois l'échange terminer que le client peut appeler un autre serveur ou que le même serveur peut servir d'autre client rien n'est exclusif mais les échange se fait en tête à tête et les uns après les autres.
Comme on a vue avant il y'a deux type de requête soit lecture ou écriture, mais dans tous les cas c'est le client qui donne des questionne et le serveur c'est lui qui repende dans le premier type lecture la donnée utile et dans la repense et dans le seconde la donnée utile et dans est dans la question.

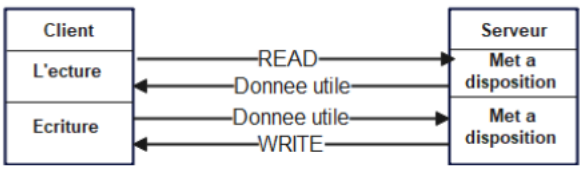


FIGURE I.27 – Les deux équipemets lisent/ecrivent

1.5.5 Zone d'adressage mémoire et codes de fonction

Par principe les données se trouvent dans le serveur et le client qui va lire ou écrire a différent endroit dans ce serveur, avec MODEBUS quatre zone mémoire différentes, les nomes de chaque zone sont hérités du passé vis-à-vis le besoin de cette époque ou le mode bus était seulement utilisé pour le contrôle commande des équipements industriels. On trouve alors la zone dite le discret input pour faire le lien avec des entrées tout ou rien, les coils pour commander des relais et des contacteur, Input registers pour la saisie des valeurs numériques commande de vitesse, de température ....ect, et en fin les holding registers pour mémoriser ou ressortir des valeurs numériques. Aux finales de type de donnée On peut les manipuler des booliens avec les deux première zone mémoire, et des mots tous de 16 bits pour les deux autre zone mémoire.

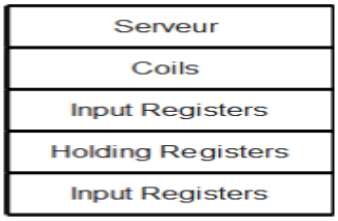


FIGURE I.28 – Les zones d'adressage

Aujourd'hui, même avec tout une révolution industrielle les choses sont très évoluées mais les appellations sont restées les mêmes, par contre au niveau d'organisation chaque équipement structure ces données à sa manière, les quatre zone Modbus servent juste d'interface avec la mémoire interne de l'équipement, cette mémoire interne pourront être structurer différemment et d'ailleurs pas forcement en quatre zone, quoi qu'il soit le type d'accès aux zones mémoires reste le même que celui défini à l'origine Modbus à savoir lecture uniquement pour les entrées TOR, lecture ou écriture pour les bobine, lecture uniquement pour les registres d'entrées , et au final lecture ou écriture pour les registres internes. Par conséquence, les opérations de lecture et d'écriture vont se décliné en fonction des zones mémoires et donc six possibilités pour les opérations a réaliser, pour les distinguer facilement chaque fonction va porter un numéro et c'est ce que nous appelle un code fonction. Donc chaque question de client comportera le code fonction qui corresponde à l'opération qu'il veut réaliser, on retrouve les premières vues avec les codes allant de 1 à 6, ces opérations peuvent transporté une ou plusieurs données suivent leur type.

Code fonction	Opération	Nb de données
FC1	Lire des sorties booliennes	1-2000 (bool)
FC2	Lire des entrer booliennes	1-2000 (bool)
FC3	Lire les registre interne	1-125(mots)
FC4	Lire les registres d'entrer	1-125(mots)
FC5	Écrire les sorties booliennes	1 bool
FC6	Écrire les registre interne	1 mot

FIGURE I.29 – Les code de fontion

Il existe plein d'autre code fonctions par exemple le code 15 et 16 qui nous permettre des écritures multiples et même pour le diagnostic vous trouverez d'autre sur internet si besoin. Reste maintenant à quelle emplacement mémoire on veut accédé, pour cela la question du client doit contenir l'adresse de l'emplacement concernée par l'opération. Par définitions les adresses contenues dans les messages Modbus vont de 0 à 65535, une valeur lie au fait que l'adresse est transmise par un mot de 16 bits, donc chaque mémoire de serveur identifie ces éléments en partant de l'adresse 1, donc un décalage de plus 1 par rapport à l'adresse contenue dans le message par exemple lire l'entrée TOR 0 permet à accéder à l'entrée TOR 1, à noter que suivent les équipements l'adressage de la mémoire interne peut inclure le décalage et de repartir a zéro ce n'est pas obligatoire mais certains fabricants le font donc 0 de l'adresse correspond au 0 de la mémoire.On a aussi pour le Modbus chaque zone mémoire a sont propre préfixe avec lequel une adresse va se débuté par exemple si en veut accédé au registre interne 0 le message envoyé par le client contient l'adresse 40001.

Zone	Prefixe
Coils	0
Input Registers	1
Input Registers	3
Holding Registers	4

FIGURE I.30 – zones mémoires et préfixes

1.5.6 Déroulement d'une transaction Modbus

Le schémas suivent va éclaircir la réaction du serveur aux requêtes du client

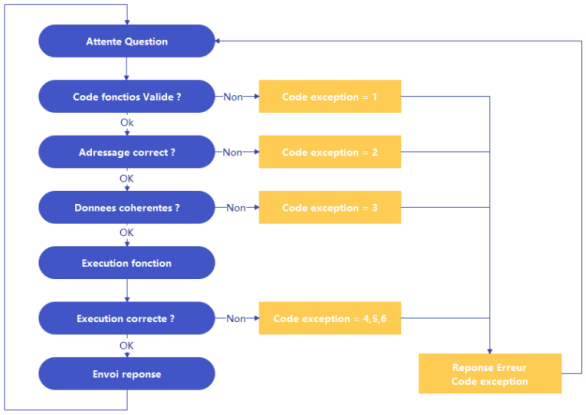


FIGURE I.31 – Schéma récapitulatif sur la transaction ModBus

1.5.7 Contenu des messages Modbus TCP

Dans une trame Ethernet au début on trouve l'en-tête de l'adresse mac de la source et de la destination de message, l'en-tête IP avec les adresses IP source et destinations, l'entête TCP avec le numéro de porte, et en fin le message Modbus.

En fait le message Modbus que ce soit question ou réponse constitue de deux partie l'en-tête et le corps , l'en-tête est constituée de deux premiers octet contenant le numéro de la transaction, il s'incrémente automatiquement à chaque échange et sa valeur est la même pour la question et la réponse, c'est bien utile surtout en reliant une question à une réponse et surtout dans le cas ou ne suive pas directement, Id protocole qui vaut zéro pour le Modbus ensuit on a le nombre d'octets à suivre c'est-à-dire celui de unit id plus celui du corps de message et à la fin de l'en-tête en trouve le numéro ID qui est le numéro de l'équipement a qui le client envoie sa requête. Maintenant le corps du message qui commence par le code fonction sur un octet et ensuite les données dépendamment de du message et du code fonctions.

A.6 Web serveur

1.6.1 Définition

Afin de créer notre web page on a décidé de travailler avec l'éditeur de texte Visual studio code avec les trois langages clés de la création des page web HTML, CSS et JavaScript. En assurant que notre code et conforme aux conventions du W3C (World Wide Web Consortium), car il y aura aucun contrôle de syntaxe dans l'logiciel Tia-portale et d'ailleurs c'est ce qui est un peu embêtant est très fatigant, telle que

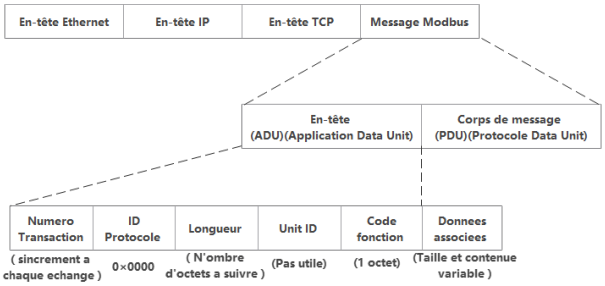


FIGURE I.32 – Contenu du message Modbus TCP

à chaque fois quand veut tester notre programme il faut générer des bloque de donnée (Web-Control-DB et DB de fragment) dans Tia-portal et les insérer dans L'instruction "WWW" qui synchronise le programme utilisateur avec le serveur Web sur la CPU et initialiser le serveur Web. Avec le premier appel de l'instruction "WWW", est si une erreur apparaître il faut faire un diagnostic afin de la détecter et la réparer ainsi que refaire tous les étapes citée auparavant. Mais quand même elle génère de très très bons résultats.

1.6.2 Pages web standards

1. **Diagnostic motion control**
   Sur la page Web "Motion Control Diagnostics" I.33, on trouver les bits d'état, d'erreur et d'avertissement ainsi que les dernières valeurs des objets technologiques configurés (TO) et comme aucun objet technologique n'est utilisé rien ne s'affiche.

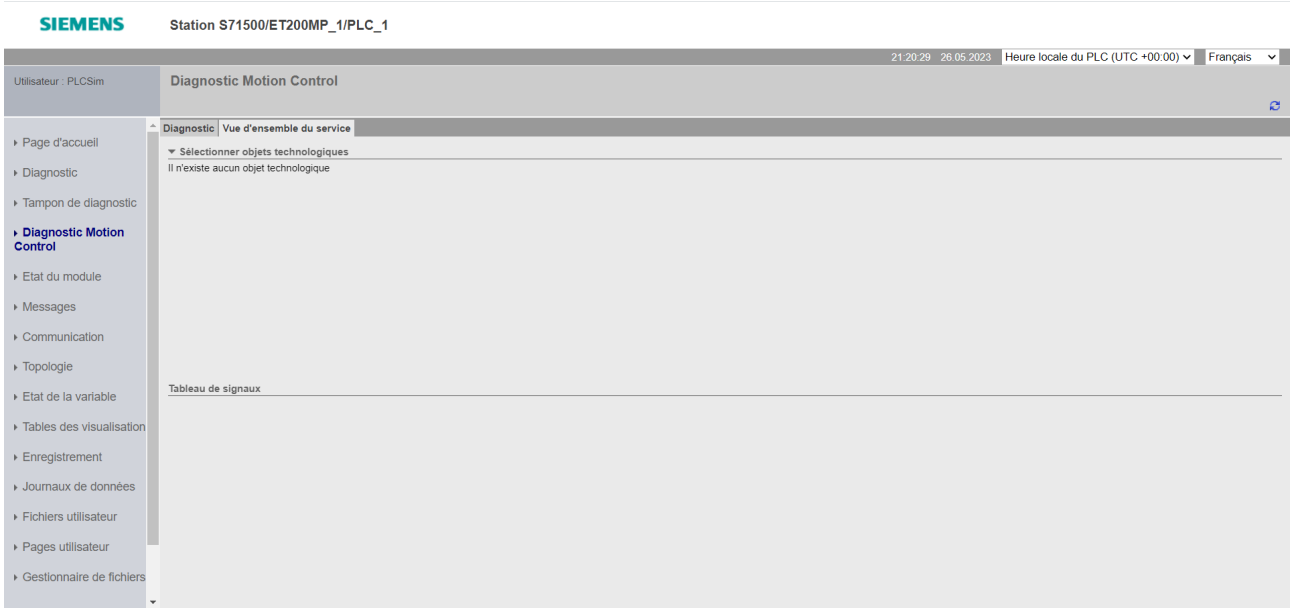


FIGURE I.33 – La page diagnostic motion control

2. **Etat de module :**
   L'état d'un appareil est indiqué au moyen de symboles et de commentaires sur la page Web "Informations sur le module" I.34.

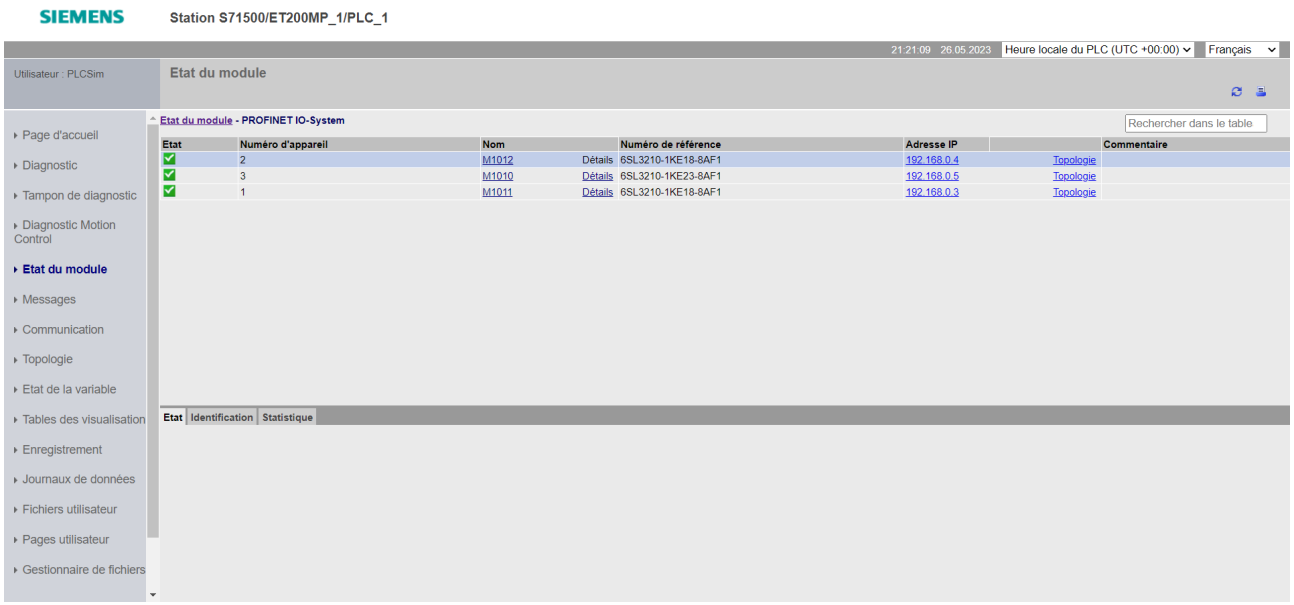


FIGURE I.34 – La page etat de module

3. **Message :**
   La page I.35 permet l'affichage du contenu du tampon de messages.

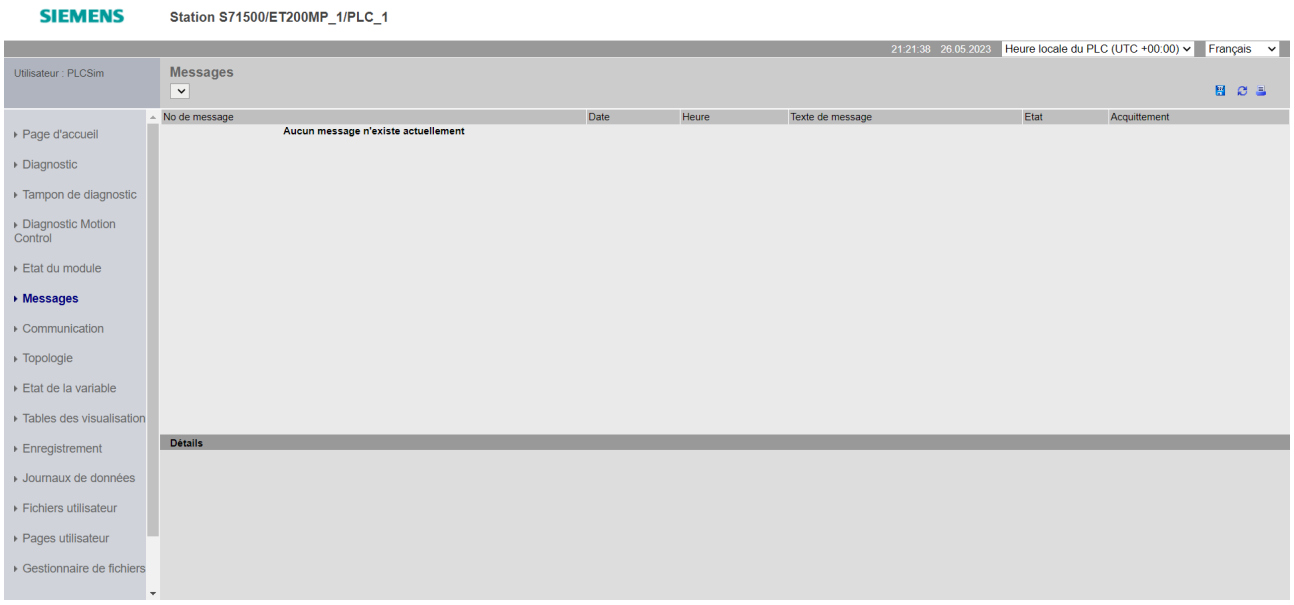


FIGURE I.35 – La page message

4. **Communication :**
   La page Web "Communication"I.36 fournit des informations détaillées sur les onglets suivants :
   — "Paramètres" : un résumé des informations sur les interfaces PROFINET et Ethernet de la CPU sélectionnée.
   — "Statistiques" : informations sur la transmission des données.
   — "Ressources" : Pour plus d'informations sur la consommation de ressources des connexions.
   — "Connexions" : fournit des informations sur le nombre de connexions réservées ou utilisées pour ES, HMI, S7, OpenUser, la communication Web et d'autres fonctions de communication.

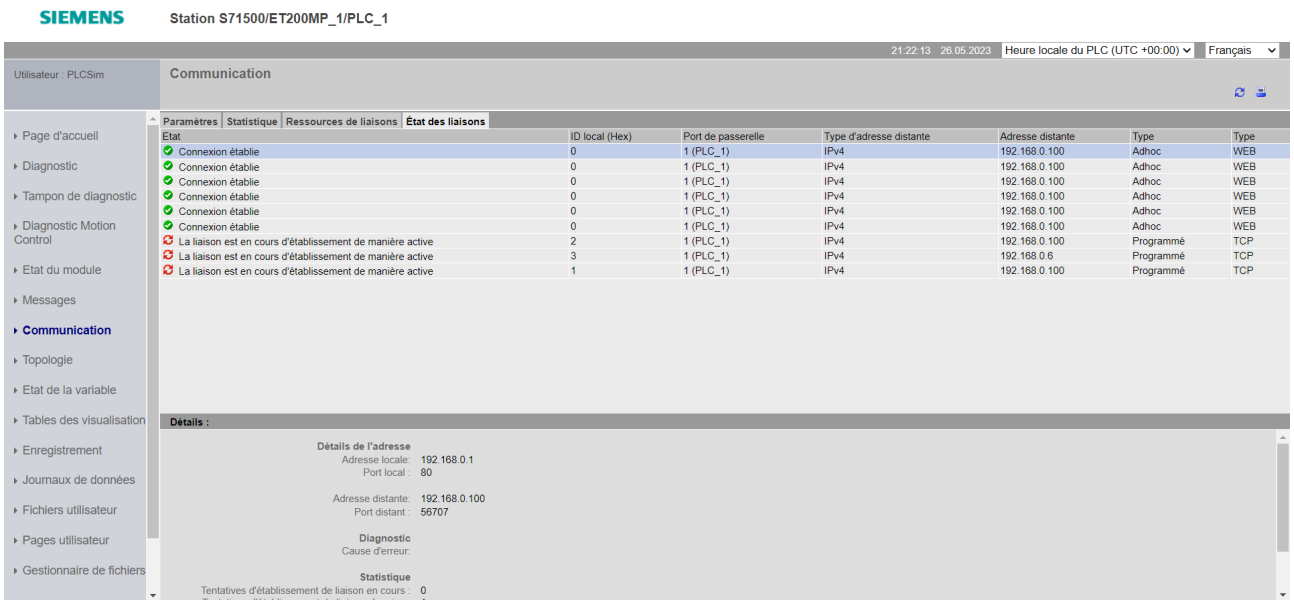


FIGURE I.36 – La page communication

5. **Topologie :**
   La page I.37 permet l'affichage de la configuration topologique et de l'état des appareils PROFINET de système PROFINET IO dans un graphique et un tableau.

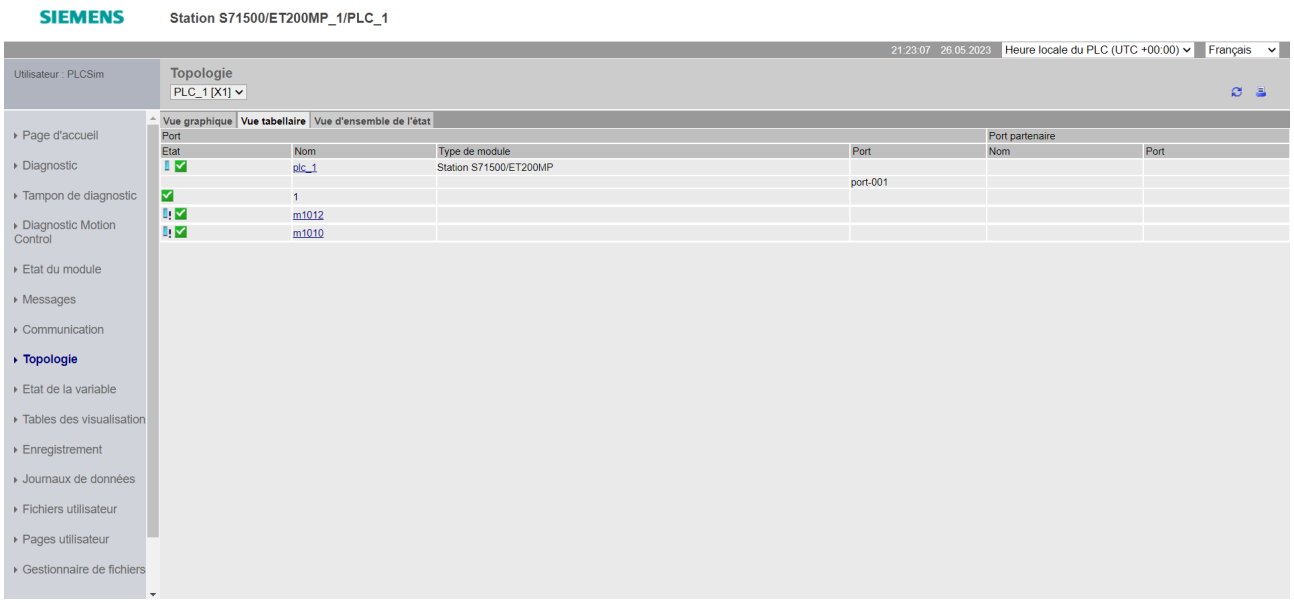


FIGURE I.37 – La page topologie

6. **État de variables :**
   La page I.38 est conçue pour afficher l'état des variables et est structurée en trois sections distinctes :
   — Adresse : L'adresse symbolique de la variable dont on souhaite visualiser le comportement est indiquée. La saisie d'une adresse absolue n'est pas autorisée. Les saisies non autorisées s'affichent en rouge.
   — Format : Dans la liste déroulante, on sélectionne le format d'affichage de la variable correspondante. Si la variable ne peut pas être représentée dans le format d'affichage souhaité, elle est affichée en code hexadécimal.
   — Valeur : Sous "Valeur", la valeur de l'opérande correspondant est affichée dans le format sélectionné.

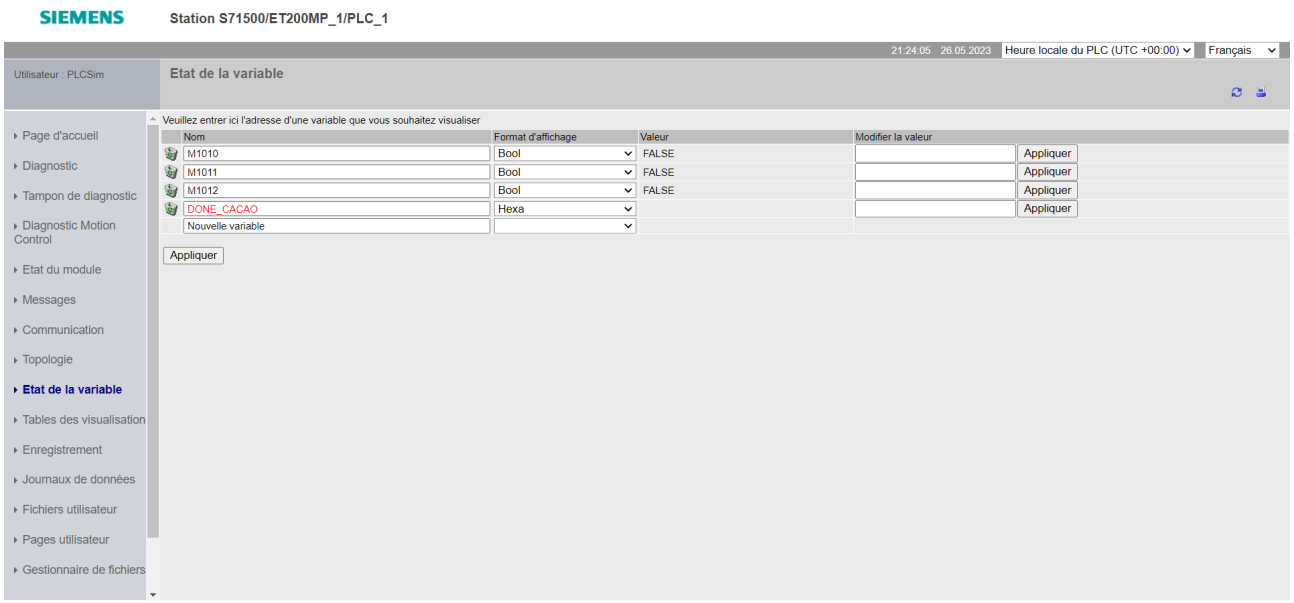


FIGURE I.38 – La page état de variables

7. **Page utilisateur** Dans la zone "Pages utilisateur" I.39 du serveur Web, On peut charger des pages HTML qu'on a créées pour lire les données du système cible.

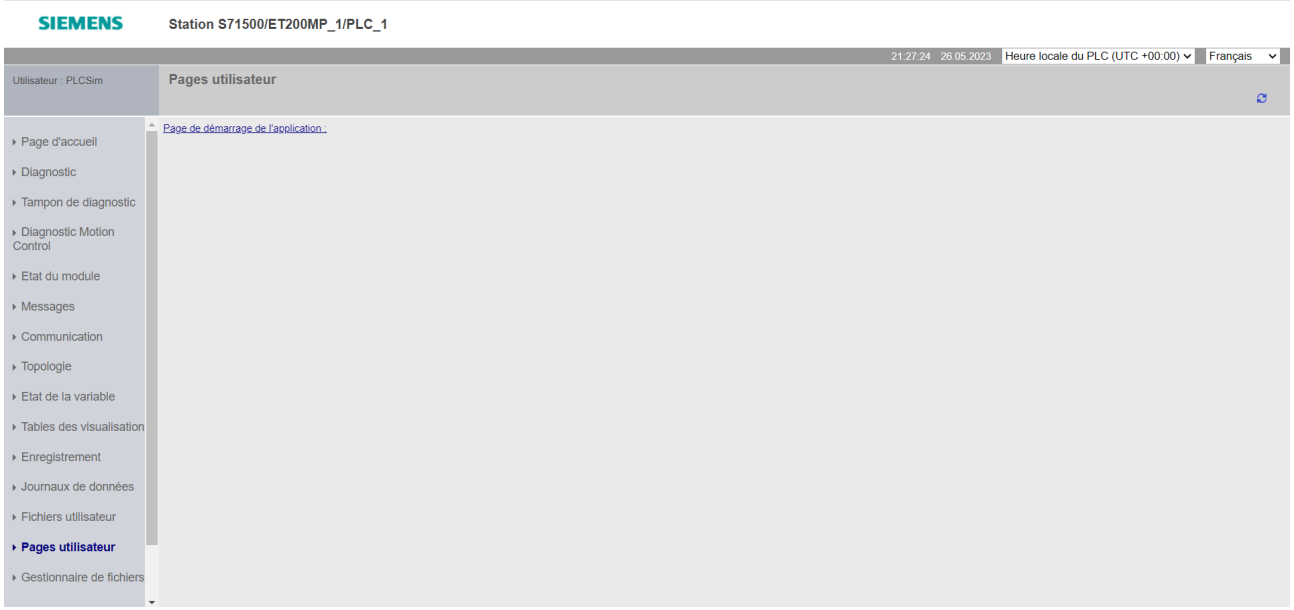


FIGURE I.39 – La page utilisateur

8. **Gestionnaire des fichiers :** La page gestionnaire I.40 répertorie tous les fichiers de données et répertoires qui existent sur la carte mémoire SIMATIC. Les fichiers peuvent être téléchargés, supprimés ou renommés. Les répertoires peuvent être recréés, supprimés ou renommé

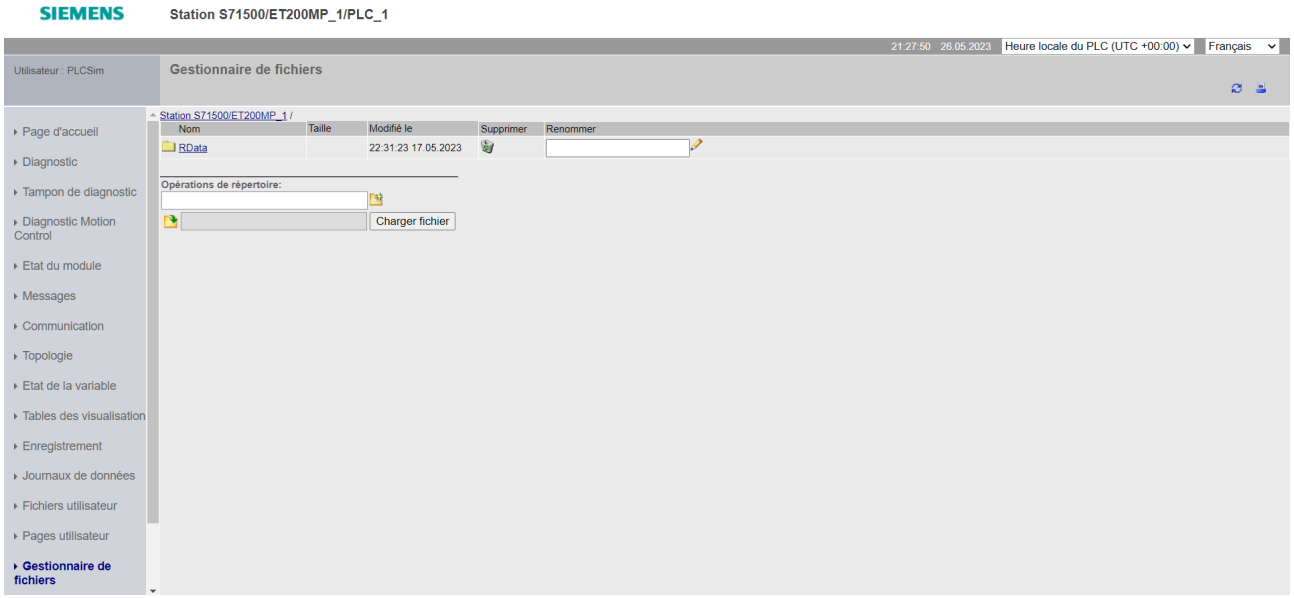


FIGURE I.40 – La page gestionnaire des fichiers

1.6.3 Création de la page web

— **HTML (Hyper Text Markup Language)**
HTML n'est pas un langage de programmation. C'est un langage de balises qui définit la structure de votre contenu. HTML se compose d'une série d'éléments utilisés pour entourer ou envelopper les diverses parties du contenu pour les faire apparaître ou agir d'une certaine façon. Les balises entourantes peuvent être rendues par un mot ou une image lien hypertexte vers quelque chose d'autre, un texte en italique, une police plus grande ou plus petite, et ainsi de suite.
la forme générale d'une page web est architecturer comme suit : le type du document, le début de notre page HTML un header et le body

```
    <!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Ma page de test</title>
  </head>
  <body>
    <img src="images/firefox-icon.png" alt="Mon image de test">
  </body>
</html>
```

telle que dans **le header** on trouve tous les information du genre nom de la page, les lien de tous les documents et les scripts qui sont reliés avec, ainsi que les bibliothèques avec les quelles on a travaillé.

```
  <head>
    <title>Mon site web</title>
    <meta charset="UTF-8">
    <script src="scrypt.js"></script>
  </head>
```

Le body c'est là ou le contenue de notre page va être rédiger, il y a bien évidement plusieurs méthodes comment on peut faire le contenue de la page la plus populaire et la plus simple est de diviser la page on plusieurs balise vis-a-vis le projet exemple je veut faire une page avec un menu sur la droit est le contenu sur la gauche, alors il me faut de balise pour la réussir.

```
<body>
  <div id="menu">contenu de menu</div>
  <div id="contenu">contenu de la page</div>
</body>
```

— **CSS (Cascading Style Sheets)**
Les fichiers CSS sont utilisés pour spécifier l'apparence des éléments HTML sur différents supports tels que l'écran ou le papier. Lorsque vous utilisez HTML, vous pouvez définir les styles directement dans le code ou les déplacer dans une feuille de style externe. Pour intégrer les styles directement, vous utilisez les balises<style> </style>. Les feuilles de style externes sont des fichiers avec l'extension .css qui sont stockés séparément. En utilisant une feuille de style externe, vous pouvez appliquer les mêmes styles à plusieurs pages HTML et mettre à jour facilement l'apparence de ces pages. Il est même possible d'utiliser un seul fichier CSS pour styliser l'ensemble d'un site Web.il est bien évidement aussi impossible de définir tous les fonctionnalité de CSS. mais allez on va voire un peut la magie de ce fameux langage. on reprenant alors l'exemple de html quand a vue précédemment

```
<body>
  <div id="menu">contenu de menu</div>
  <div id="contenu">contenu de la page</div>
</body>
```

Si on compile ce dernier on va avoir le résultat suivent :

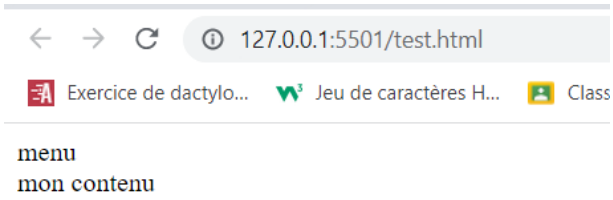


FIGURE I.41 – Traduction des mots

Maintenant on va ajouter des linge de code afin de donner des couleurs de background et de positionné nos balise a la position souhaité.

```
<div id="menu">menu</div>
<style>
 #menu{
     position: absolute;
     background-color: blue;
     width: 50px;
     height: 50px;
     left:0;
  };
</style>
<div id="contenu">mon contenu</div>
<style>
 #contenu{
     position: absolute;
     background-color: red;
     width: 50px;
     height: 50px;
     left: 50px;
 };
 </style>
```

le résultat et comme suit :

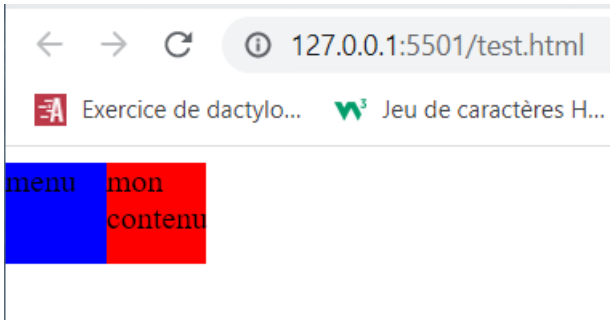


FIGURE I.42 – Code HTML sans CSS

— **JavaScript**
est un langage de programmation qui permet de mettre en œuvre des fonctionnalités avancées sur une page web. Lorsqu'une page web nécessite des éléments interactifs tels que du contenu mis à jour régulièrement, des cartes interactives, des animations 2D/3D ou des menus vidéo défilants, il est très probable que JavaScript soit utilisé. Il constitue la troisième couche des technologies standard du web, les deux premières étant HTML et CSS. A titre d'exemple on va ajouter un comportement dynamique a notre exemple.on commence par l'écriture d'un paragraphe dans notre balise menu :

```
<div id="menu">
    <p>Nom de L'école est: ENST</p>
</div>
```

on va lui ajouter quelle que ligne de code a fin lui donnée une forme :

```
p {
  position: absolute;
  font-family: 'helvetica neue', helvetica, sans-serif;
  letter-spacing: 1px;
  text-transform: uppercase;
  text-align: center;
  border: 2px solid rgba(0,0,200,0.6);
  background: rgba(0,0,200,0.3);
  color: rgba(0,0,200,0.6);
  box-shadow: 1px 1px 2px rgba(0,0,200,0.4);
  border-radius: 10px;
  padding: 3px 10px;
  display: inline-block;
  cursor:pointer;
};
```

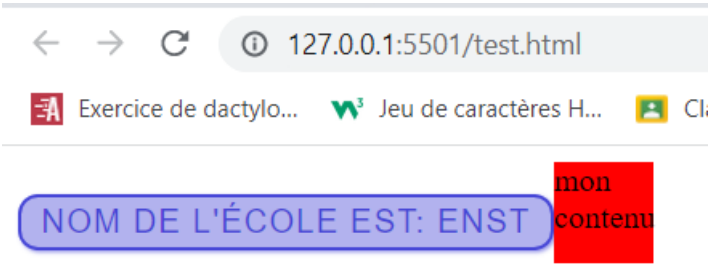


FIGURE I.43 – Code HTML avec CSS sans JavaScript

mais maintenant si on clique dessus rien ne va ce passée car notre contenue n'est pas dynamique. alors on vas ajouter un peux de javascript afin de donner un dynamisme a notre page

```
<script>
    let para = document.querySelector('P');
    para.addEventListener('click', updateName);
    function updateName() {
    let name = prompt('Enter Le nouveux nom de l"école');
     para.textContent = 'Player 1: ' + name;};
</script>
```

si on clique dessus maintenant on aura la notification suivent :

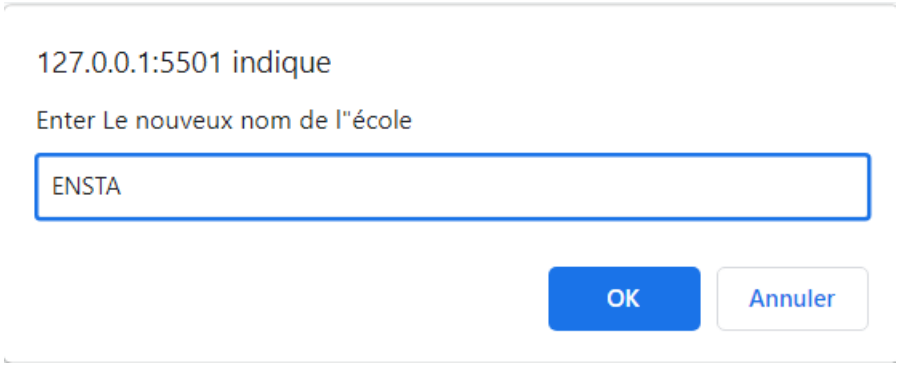


FIGURE I.44 – Code HTML avec CSS sans JavaScript

et si on change le nom on aura la modification suivent :

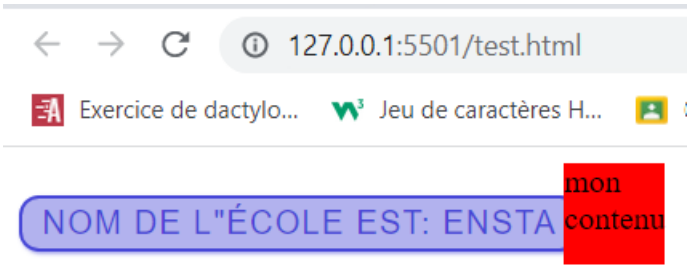


FIGURE I.45 – Code HTML avec CSS sans JavaScript

1.6.4 Commande AWP

Toutes les commandes AWP sont insérées en tant que commentaires HTML (Coockies) a l'exception de la commande d'écriture des variable. tel-que la syntaxe de c'est commandes sont comme suit :

Fonction	Syntaxe
Lire des variables API	`:=<Varname>:`
Écrire des variables API	`<!-- AWP_In_Variable Name='<Varname1>' -->`
Lire des variables spéciales	`<!-- AWP_Out_Variable Name='<Typ>:<Name>' -->`

TABLE I.1 – Commandes AWP utilisées

Il y'en a encore mais c'est ce que nous avant utiliser dans notre application. Exemple lecture d'un variable de type real comme exemple Nombre d'itération enregistrer dans notre programme :

```
<div id='NI'>:="Nombre_d'itération":</div>
```

écriture de la même variable (nombre d'itération)

```
<!-- AWP_In_Variable Name='<Nombre_d'itération>' -->
   <form>
     <input type="text"  name="Nombre_d'itération" value=:="Nombre_d'itération":/>
   </form>
```

Écriture d'une variable de type bool, comme exemple DONE_CACAO

```
<!-- AWP_In_Variable Name='<DONE_CACAO>' -->
    <form id="Arret">
       <input type="submit" value="false">
       <input type="hidden" name='"DONE_CACAO"' value=0>
    </form>
```

1.6.5 Refraîchement de la page

L'un des problème les très fréquents lors de l'hébergement d'une page web dans un automate programmable et qu'il y aura aucun auto rafraîchissement de telle manière ou si on veut afficher une variable, la première valeur affichée restera figer même après le changement de la valeur de cette dernière il faut rafraîchir la page afin d'obtenir une mise a jours de contenue.Une solution a été proposé par l'entreprise siemens consiste a écrire une linge de code pour une actualisation automatique de la page complète.

```
<meta http-equiv="refresh" content="10">
```

Mais cette solution est non seulement pas efficaces mais aussi n'est pas professionnelle, dans le cas des processus trop sensible un retard d'affichage de 10(S) comme exemple il pourra jamais être tolérable.

Alors pour cela on a décider de travailler avec une autre solution ou pour mieux la définir un autre mécanisme consiste a cibler chaque balise séparément, donc au lieu de faire un rafraîchissement automatique de la page complète, on vas faire un rafraîchissement personnalisé pour des balise cibler.Pour cela on va procéder comme suit :

— créer une page HTML ou on va enregistrer tous nos donnée et on va la surnommer DATA.html exemple de code :

```
        <!DOCTYPE html>
<head>
        <meta charset="UTF-8">
</head>

<body>
    <div class="dQg">:="Quantite_Global": Kg </div>
    <div class="dPs">:="Pesage_de_Suc_par_Cyc": Kg</div>
    <div class="dQs">:="qauntite_suc": Kg</div>
    <div class="dQc">:="quantite_Ca": Kg</div>
<body>
```

— Maintenant la deuxième étapes consiste a créer un script js afin d'écraser la valeur déjà exister dans la balise cibler. pour cela une bibliothèque (jquery) va entrer en jeux afin d'utiliser la fonction setInterval et load, de cette dernière exemple je veux que je mis a jour la valeur la quantité globale chaque 200 ms, il faut d'abord donner un emplacement pour cette variable dans la page racine (recette.html)

```
<tr>
  <td >Quantité globale de production</td>
  <td class="Qg"></td>
</tr>
```

— Dans le ficher js on va écrire un code en telle sorte que je mis a jours que la balise de classe Qg chaque 200ms avec la donnée enregistrée dans la balise de classe dQg :

```
setInterval(function(){$('.Qg').load("data\/data.html .dQg")},200);
```

— Maintenant il nous reste juste l'appelle de la bibliothèque jquery dans la page racine RECCET.html et notre variable qu'on veut afficher sera mise a jour chaque 200 ms

```
<script src="bibli/jquery-3.6.4.js"></script>
```

A.7 MySQL

1.7.1 Définition d'une base de données

Il est difficile de donner une définition exacte de la notion de base de données. Si bien que l'on distingue les quelques définitions suivantes : Une base de données (son abréviation est BD, en anglais DB : DataBase) est une entité dans laquelle il est possible de stocker des données de façon structurée et avec le moins de redondance possible. Ces données doivent pouvoir être utilisées par des utilisateurs différents.
En d'autres termes, une base de données est un ensemble de données organisé en vue de son utilisation par des programmes correspondant à des applications distinctes et de manière à faciliter l'évolution indépendante des données et des programmes.[29]

1.7.2 Les utilité d'une base de données

Une base de données permet de mettre des données à la disposition d'utilisateurs pour une consultation, une saisie ou bien une mise à jour, tout en s'assurant des droits accordés à ces derniers. Cela est d'autant plus utile que les données informatiques sont de plus en plus nombreuses. L'avantage majeur de l'utilisation de bases de données sont la possibilité de pouvoir être accédées par plusieurs utilisateurs simultanément, D'assurer l'indépendance entre les données et les traitements et D'offrir des langages de haut niveau pour la définition et la manipulation des données.

1.7.3 Notion d'un Systeme de gestion de base de données

Afin de pouvoir contrôler les données ainsi que les utilisateurs, le besoin d'un système de gestion s'est vite fait ressentir. La gestion de la base de données se fait grâce à un système appelé SGBD (système de gestion de bases de données) ou en anglais DBMS (Database management system). Un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) est un logiciel qui permet de stocker des informations dans une base de données. Un tel système permet de lire, écrire, modifier, trier, transformer ou même imprimer les données qui sont contenus dans la base de données. Parmi les logiciels les plus connus il est possible de citer : MySQL, PostgreSQL, SQLite, Oracle Database, Microsoft SQL Server, etc.

1.7.4 Le paradigme client – serveur

La plupart des SGBD sont basés sur un modèle Client - Serveur. C'est-à-dire que la base de données se trouve sur un serveur qui ne sert qu'à ça. Et pour interagir avec cette base de données, il faut utiliser un logiciel client qui va interroger le serveur et transmettre la réponse que le serveur lui aura donnée. Le serveur peut être installé sur une machine différente du client. Par conséquent, lorsque on installe un SGBD basé sur ce modèle, on installe en réalité deux choses : le serveur et le client. Chaque requête (insertion, modification ou lecture de données) est faite par l'intermédiaire du client. Jamais nous ne discuterons directement avec le serveur, nous avons donc besoin d'un langage pour discuter avec le client, pour lui donner les requêtes que nous souhaitons effectuer.

1.7.5 Le language SQL

Le SQL (langage de requêtes structuré ou en anglais « Structured Query Language » peut être considéré comme le langage de communiquer avec la base de données et langage d'accès normalisé aux bases de données. Il est aujourd'hui supporté par la plupart des produits commerciaux que ce soit par les systèmes de gestion de bases de données. SQL notamment très utilisé par les développeurs web pour communiquer avec les données d'un site web. Les instructions SQL sont regroupées en catégories en fonction de leur utilité et des entités manipulées.
Nous pouvons distinguer quatre catégories :

1. Le Langage de Définition de Données (LDD, ou en anglais DDL, Data Definition Language) pour créer et supprimer des objets dans la base de données (tables, contraintes d'intégrité, vues, etc.). Exemple de commandes : CREATE DROP ALTER
2. Le Langage de Contrôle de Données (LCD, ou en anglais DCL, Data Control Language) pour gérer les droits sur les objets de la base (création des utilisateurs et affectation de leurs droits). Exemple de commandes : GRANT REVOKE

3. Le Langage de Manipulation de Données (LMD, ou en anglais DML, Data Manipulation Language) pour la recherche, l'insertion, la mise à jour et la suppression de données. Le LMD est basé sur les opérateurs relationnels, auxquels sont ajoutés Exemple de commandes : INSERT UPDATE DELETE SELECT
4. Le Langage de Contrôle de Transaction (LCT, ou en anglais TCL, Transaction Control Language) pour la gestion des transactions (validation ou annulation de modifications de données dans la BD). Exemple de commandes : COMMIT ROLLBACK Il existe plusieurs façons d'accéder à sa base de données et d'y faire des modifications. On peut utiliser une ligne de commande (console) pour exécuter les requêtes en PHP ou faire appel à un programme qui nous permet d'avoir rapidement une vue d'ensemble. Pour cela on utilisera MySQL workbench, l'un des outils les plus connus qui permettant de manipuler une base de données MySQL.

1.7.6 Création de la base de données

Une fois connecté, On peut créer une nouvelle base de données à l'aide de la commande SQL "CREATE DATABASE".
Par exemple, pour créer une base de données appelée "cacao_line", on peut exécuter la commande suivante :

```
1 CREATE DATABASE cacao_line;
```

1.7.7 Création des tables de données

Une fois la base de données est créée, On peut créer des tables à l'aide de la commande SQL "CREATE TABLE". En spécifiant le nom de la table, ainsi que les colonnes et leurs types de données.
Pour créer nos tables on exécute les commandes suivantes :

```
1  -- MySQL Script generated by MySQL Workbench
2  -- Model: New Model    Version: 1.0
3  -- MySQL Workbench Forward Engineering
4
5  SET @OLD_UNIQUE_CHECKS=@@UNIQUE_CHECKS, UNIQUE_CHECKS=0;
6  SET @OLD_FOREIGN_KEY_CHECKS=@@FOREIGN_KEY_CHECKS, FOREIGN_KEY_CHECKS=0;
7  SET @OLD_SQL_MODE=@@SQL_MODE, SQL_MODE='ONLY_FULL_GROUP_BY,STRICT_TRANS_TABLES,
8  NO_ZERO_IN_DATE,NO_ZERO_DATE,ERROR_FOR_DIVISION_BY_ZERO,NO_ENGINE_SUBSTITUTION';
9
10 -- -----------------------------------------------------
11 -- Schema Cacao_Line_Cevital
12 -- -----------------------------------------------------
13
14 -- -----------------------------------------------------
15 -- Schema Cacao_Line_Cevital
16 -- -----------------------------------------------------
17 CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital` DEFAULT CHARACTER SET utf8 ;
18 USE `Cacao_Line_Cevital` ;
19
20 -- -----------------------------------------------------
21 -- Table `Cacao_Line_Cevital`.`Production`
22 -- -----------------------------------------------------
23 DROP TABLE IF EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Production` ;
24
25 CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Production` (
26   `idProduction` INT NOT NULL,
27   `Date` TEXT(12) NULL,
28   `Heure` TEXT(45) NULL,
29   `Prod_Kg` INT NULL,
30   `Prod_Cacao` INT NULL,
31   `Prod_Sucre` INT NULL,
32   PRIMARY KEY (`idProduction`))
33 ENGINE = InnoDB;
```

```
34
35
36  -- -----------------------------------------------------
37  -- Table `Cacao_Line_Cevital`.`Obj_prod`
38  -- -----------------------------------------------------
39  DROP TABLE IF EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Obj_prod` ;
40
41  CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Obj_prod` (
42    `idOj_prod` INT NOT NULL,
43    `Obj_prod_kg` INT NULL,
44    `Obj_prod_500g` INT NULL,
45    `Obj_prod_300g` INT NULL,
46    `Production_idProduction` INT NOT NULL,
47    PRIMARY KEY (`idOj_prod`),
48    INDEX `fk_Obj_prod_Production_idx` (`Production_idProduction` ASC) VISIBLE,
49    CONSTRAINT `fk_Obj_prod_Production`
50      FOREIGN KEY (`Production_idProduction`)
51      REFERENCES `Cacao_Line_Cevital`.`Production` (`idProduction`)
52      ON DELETE NO ACTION
53      ON UPDATE NO ACTION)
54  ENGINE = InnoDB;
55
56
57  -- -----------------------------------------------------
58  -- Table `Cacao_Line_Cevital`.`Ingredients`
59  -- -----------------------------------------------------
60  DROP TABLE IF EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Ingredients` ;
61
62  CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Ingredients` (
63    `Type` VARCHAR(255) NOT NULL,
64    `Quantite` INT NULL,
65    `Stock_Securit ` INT NULL,
66    `Production_idProduction` INT NOT NULL,
67    PRIMARY KEY (`Type`),
68    INDEX `fk_Ingredients_Production1_idx` (`Production_idProduction` ASC) VISIBLE,
69    CONSTRAINT `fk_Ingredients_Production1`
70      FOREIGN KEY (`Production_idProduction`)
71      REFERENCES `Cacao_Line_Cevital`.`Production` (`idProduction`)
72      ON DELETE NO ACTION
73      ON UPDATE NO ACTION)
74  ENGINE = InnoDB;
75
76
77  -- -----------------------------------------------------
78  -- Table `Cacao_Line_Cevital`.`Parametres_machine`
79  -- -----------------------------------------------------
80  DROP TABLE IF EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Parametres_machine` ;
81
82  CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Parametres_machine` (
83    `Date` VARCHAR(45) NULL,
84    `Nom` VARCHAR(255) NOT NULL,
85    `Vitesse` INT NULL,
86    `Retard_decente` INT NULL,
87    `Retard_etoile` INT NULL,
88    `Temperature_desiree` INT NULL,
89    `Temps_melange` INT NULL,
90    `Production_idProduction` INT NOT NULL,
91    PRIMARY KEY (`Nom`),
92    INDEX `fk_Parametres_machine_Production1_idx` (`Production_idProduction` ASC)
```

```
93    VISIBLE,
94    CONSTRAINT `fk_Parametres_machine_Production1`
95      FOREIGN KEY (`Production_idProduction`)
96      REFERENCES `Cacao_Line_Cevital`.`Production` (`idProduction`)
97      ON DELETE NO ACTION
98      ON UPDATE NO ACTION)
99  ENGINE = InnoDB;
100
101
102 -- -----------------------------------------------------
103 -- Table `Cacao_Line_Cevital`.`Alarmes`
104 -- -----------------------------------------------------
105 DROP TABLE IF EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Alarmes` ;
106
107 CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Alarmes` (
108   `No` INT NOT NULL,
109   `Heure` TEXT(45) NULL,
110   `Date` TEXT(12) NULL,
111   `Etat` TEXT(10) NULL,
112   `Text` MEDIUMTEXT NULL,
113   PRIMARY KEY (`No`))
114 ENGINE = InnoDB;
115
116
117 -- -----------------------------------------------------
118 -- Table `Cacao_Line_Cevital`.`Cout`
119 -- -----------------------------------------------------
120 DROP TABLE IF EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Cout` ;
121
122 CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Cout` (
123   `idCout_Prod` INT NOT NULL,
124   `Cout_prod` INT NULL,
125   `Cout_Cacao` INT NULL,
126   `Cout_Sucre` INT NULL,
127   `Production_idProduction` INT NOT NULL,
128   PRIMARY KEY (`idCout_Prod`),
129   INDEX `fk_Cout_Production1_idx` (`Production_idProduction` ASC) VISIBLE,
130   CONSTRAINT `fk_Cout_Production1`
131     FOREIGN KEY (`Production_idProduction`)
132     REFERENCES `Cacao_Line_Cevital`.`Production` (`idProduction`)
133     ON DELETE NO ACTION
134     ON UPDATE NO ACTION)
135 ENGINE = InnoDB;
136
137
138 -- -----------------------------------------------------
139 -- Table `Cacao_Line_Cevital`.`Labo`
140 -- -----------------------------------------------------
141 DROP TABLE IF EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Labo` ;
142
143 CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Labo` (
144   `Ref` INT NOT NULL,
145   `Date` TEXT(12) NULL,
146   `Note` INT NULL,
147   `Commentaire` TEXT(200) NULL,
148   `Production_idProduction` INT NOT NULL,
149   PRIMARY KEY (`Ref`),
150   INDEX `fk_Labo_Production1_idx` (`Production_idProduction` ASC) VISIBLE,
151   CONSTRAINT `fk_Labo_Production1`
```

```
152     FOREIGN KEY (`Production_idProduction`)
153     REFERENCES `Cacao_Line_Cevital`.`Production` (`idProduction`)
154     ON DELETE NO ACTION
155     ON UPDATE NO ACTION)
156 ENGINE = InnoDB;
157 
158 
159 -- -----------------------------------------------------
160 -- Table `Cacao_Line_Cevital`.`Production_has_Alarmes`
161 -- -----------------------------------------------------
162 DROP TABLE IF EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Production_has_Alarmes` ;
163 
164 CREATE TABLE IF NOT EXISTS `Cacao_Line_Cevital`.`Production_has_Alarmes` (
165   `Production_idProduction` INT NOT NULL,
166   `Alarmes_No` INT NOT NULL,
167   PRIMARY KEY (`Production_idProduction`, `Alarmes_No`),
168   INDEX `fk_Production_has_Alarmes_Alarmes1_idx` (`Alarmes_No` ASC) VISIBLE,
169   INDEX `fk_Production_has_Alarmes_Production1_idx` (`Production_idProduction` ASC)
170   VISIBLE,
171   CONSTRAINT `fk_Production_has_Alarmes_Production1`
172     FOREIGN KEY (`Production_idProduction`)
173     REFERENCES `Cacao_Line_Cevital`.`Production` (`idProduction`)
174     ON DELETE NO ACTION
175     ON UPDATE NO ACTION,
176   CONSTRAINT `fk_Production_has_Alarmes_Alarmes1`
177     FOREIGN KEY (`Alarmes_No`)
178     REFERENCES `Cacao_Line_Cevital`.`Alarmes` (`No`)
179     ON DELETE NO ACTION
180     ON UPDATE NO ACTION)
181 ENGINE = InnoDB;
182 
183 
184 SET SQL_MODE=@OLD_SQL_MODE;
185 SET FOREIGN_KEY_CHECKS=@OLD_FOREIGN_KEY_CHECKS;
186 SET UNIQUE_CHECKS=@OLD_UNIQUE_CHECKS;
```

Annexe B

Photos réelles

On présente des photos réelles du matériel existant :

- Une vue globale est illustrée dans la figure ci-dessous pour comprendre la distribution des différents organes.



FIGURE II.1 – Vue d'ensemble de la machine

- La figure présente les différentes vues du mélangeur :



FIGURE II.2 – Vue de profil mélangeur



FIGURE II.3 – Vue de haut

FIGURE II.4 – Différentes vues de mélangeur

- Pour la partie cacao, les figures ci-dessous montrent la trémie cacao et le vis sans fin pour convoyage.

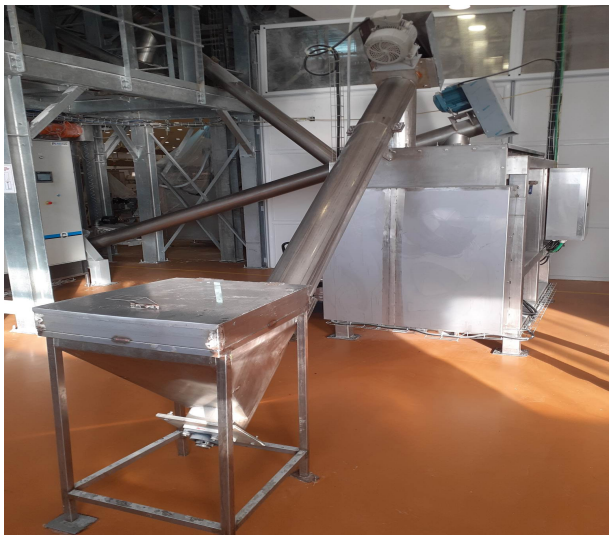


FIGURE II.5 – Trémie cacao



FIGURE II.6 – Vis de convoyage cacao

FIGURE II.7 – Partie cacao

- Pour la partie sucre, les figures ci-dessous montrent la trémie sucre et le vis sans fin pour convoyage.



FIGURE II.8 – Trémie sucre



FIGURE II.9 – Vis de convoyage sucre

FIGURE II.10 – Partie sucre

- Pour l'évacuation, l'image indique les vis de convoyage ainsi que la porte d'évacuation.



(a) La porte d'évacuation



(b) Sortie chocolat en poudre



(c) Vis de convoyage de chocolat en poudre

FIGURE II.11 – Evacuation

Le moteur du mélangeur ainsi que sa plaque signalétique sont visualisés dans la figure :

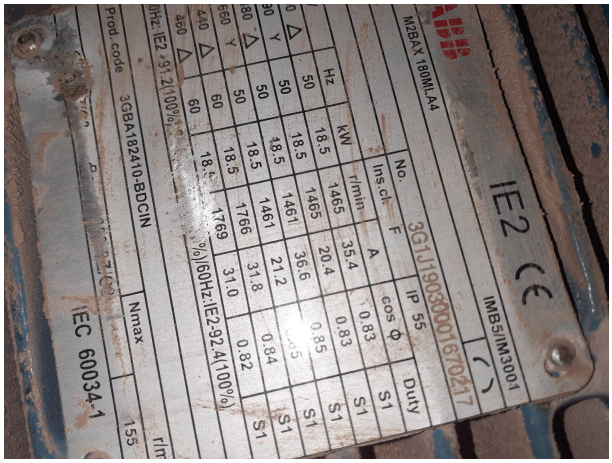


FIGURE II.12 – Moteur mélangeur

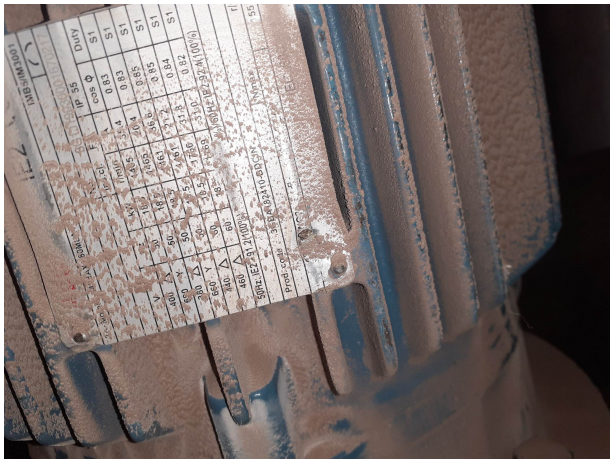


FIGURE II.13 – Plaque signalétique

FIGURE II.14 – Moteur mélangeur

L'arbre de la palette rotative du mélangeur est illustrée dans la figure :

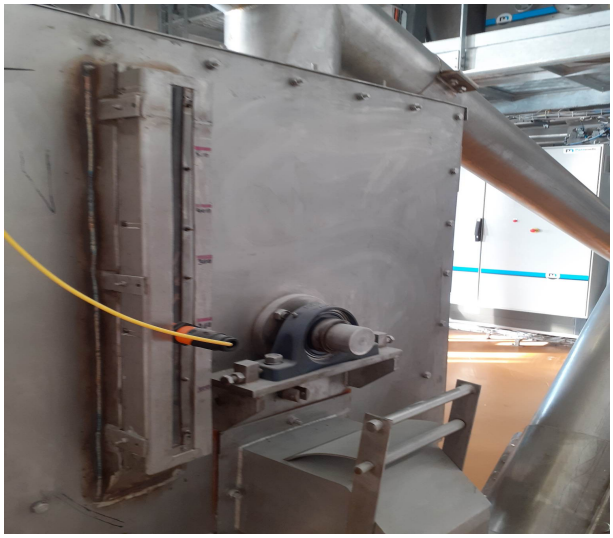


FIGURE II.15 – Arbre rotatif de la palette

Les six commutateurs rotatifs sont affichés dans la figure :



FIGURE II.16 – Commutateurs rotatifs

La plaque signalétique de six moteurs est représentée :

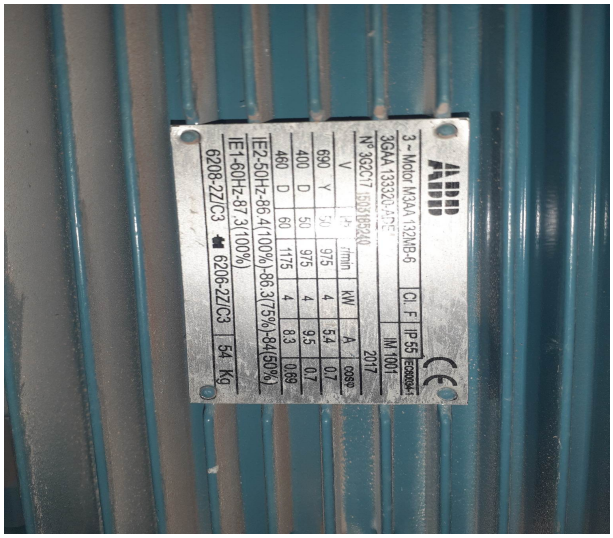


FIGURE II.17 – Plaque signaletique des moteurs de convoyage

Fixation du vérin d'ouverture de la porte du mélangeur est visualisé dans la figure :



FIGURE II.18 – Fixation vérin de la porte d'évacuation

Le produit final est disponible sur le marché, accompagné du packaging qui est illustré ci-dessous.



Figure II.19 – Produit final

Annexe C

Cahier des charges

A. Cadrage du projet chocolat en poudre :

Projet machine de production chocolat en poudre		
Projet :	Automatisation d'une machine de production chocolat en poudre	
Auteurs	• CHENOUF Nizar • SEMMADI Yasmina Salsabil	
Examinateur	• DERMOUCH Reda • BERKOUK Mehrez	
Date d'émission	08.03.2023	
Dernière Modification		
Date	Etat	Description de la modification
16.03.2023		
Parties de dossier		
Repère	Nbr de page	Titre
A	1	Cadrage de projet chocolat en poudre.
B	1	Introduction.
C	3	Etude de l'existence.
D	13	Solution.
E	2	Eléments de cahier des charges
F	1	Estimation des travaux.
G	1	Fin de matière

B. Introduction :

1. Aperçu :

L'entreprise CEVITAL désire automatiser une machine de production chocolat en poudre été utilisé dans CDS Conditionnement de sucre.

Cette machine est architecturée par un mélangeur avec une pâle entrainée en rotation à vitesse fixe et une résistance chauffante, trois trémies et six vis.

Chaque constituent de produit dans une position de départ est dans une trémie, qui seront ensuite verser dans un mélangeur afin de les chauffer et les malaxer puis les transporter par l'intermédiaire de trois vis ou à la fin est une trémie.

2. Contexte :

La production industrielle du chocolat de haute qualité s'effectue selon un processus exigeant sur le plan technique, afin d'assurer une bonne qualité et une bonne continuité en toute sécurité. L'objectif de ce projet est de concevoir une machine, automatisée et supervisée de production de chocolat en poudre pour l'entreprise CEVITAL qui envisage de fabriquer une machine de production totalement locale.

3. Exigences produit et techniques :

-Dans la mesure du possible aucune modification ne sera faite sur la machine fourni.

-Seuls les éléments permettant le fonctionnement manuel (BP, Voyants, Commutateurs) seront ceux sur le pupitre du malaxeur.

-Les connecteurs, et leurs branchements sont à conserver sans aucune modification si c'est possible.

-Le produit sera bien homogène.

-Pas de risque sur le personnelle est pas de problème d'hygiène.

C. Etude de l'existence :

1. L'état actuel de la machine (Mode manuel) :

Afin de produire ou bien de préparer une quantité donnée de chocolat en poudre, l'équipe chargé de la machine de production de cette dernière assure le bon fonctionnement des différentes étapes qu'on va
Détaillés juste après les énuméré :

a. Calcule des quantités souhaitées
b. l'activation de la résistance de mélangeur.
c. Activation du moteur de mélangeur.
d. Estimation et l'envoie de sucre au mélangeur.
e. Estimation et l'envoie de chocolat au mélangeur.
f. L'ajoute des arômes et d'autres ingrédients.
g. Assurer que le mélange est homogène.
h. Vérification de niveau de la trémie du chocolat en poudre.
i. L'envoie du chocolat à la trémie (Préparation aux conditionnement).

a. **Calcule des quantités souhaitées :**

Pour une quantité donnée le charger de la machine vas calculer les pourcentages de chaque constituent du mélange (Cacao, sucre, arome…)25/75.

b. **Estimation et l'envoie de sucre au mélangeur :**

1. Activation du mode (Chocolat dans L'HMI de sucre)
2. Ouverture de l'écluse
3. Chargement de sucre dans la trémie_1 ou sa capacité est déjà connue (si elle est pleine donc on est aux alentours de 50 KG par identification).
4. Assurer que la trémie est pleine.
5. Fermeture de l'écluse.
6. L'envoie de sucre au mélangeur, avec un convoyeur a vis numéroté par (2) [Activation du moteur_1].
7. Vérification et validation que toute la quantité de sucre excitée dans la trémie (2) est convoyée
8. Désactivation du moteur_1.
9. Mettre un X sur le tableau [1], afin de se remémorer de nombre d'envoie exécuté lors d'une préparation.
10. Refaire ces étapes jusqu'à atteindre la quantité souhaitée du sucre.

c. **L'envoie de cacao aux mélangeurs :**

1. Ouverture de la porte de la trémie (2)
2. Placement du sac de cacao dans sa position initial, aux dessus de la Porte de la tremie_2.

3. Ouverture du sac et le chargement de cacao dans la trémie_2.
4. Refaire ces deux dernières étapes pour une deuxième fois.
5. Fermeture de la porte de la tremie_2.
6. Ecrire un -2- dans le tableau [2].
7. L'envoie du cacao au mélangeur avec un convoyeur a vis numéroté par 3 [Activation du moteur_2].
8. Refaire ces étapes jusqu'à atteindre la quantité souhaitée du cacao.

d. **L'ajout des arômes et d'autres ingrédients :**

1. Préparation de la quantité souhaitée.
2. Ouverture de la porte 3.
3. Chargement de cette dernier dans le mélangeur
4. Fermeture de la porte 3.

e. **Assurer que le mélange est homogène :**

1. Attendre un temps pré-estimer.
2. Jeter un coup d'œil pour confirmer

f. **Vérification de niveau de la trémie du chocolat en poudre :**

1. Monter au premier étage.
2. Vérification de niveau de la trémie de chocolat en poudre.

g. **L'envoie du chocolat à la trémie (Préparation aux conditionnement).**

1. Ouverture de la porte (5).
2. Convoyer le mélange à la trémie du chocolat en poudre [Activation des moteurs 4_5_6_7].
3. Vérification de niveau de mélangeur (si tout le mélange est convoyé).
4. Activer l'agitateur de la trémie de chocolat en poudre.
5. Fermeture de la porte (5).
6. Désactivation du moteur du mélangeur.
7. Marquage de la date et heure de la préparation

	1er envoi	2nd envoi	3éme envoi	4éme envoi	5éme envoi
1ére préparation	X	X	X		
2nd préparation					
3éme préparation					

Tableau 1 : L'état de progression de la quantité de sucre

	1er envoi	2nd envoi	3éme envoi	4éme envoi	5éme envoi
1ére préparation	2	2			
2nd préparation					
3éme préparation					

Tableau 1 : L'état de 2nd ajout de la quantité de sucre

3. Risques :

- l'enjeux de réputation de la marque de chocolat en poudre en particulier et l'entreprise CEVITALE en générale le fait que la qualité est flottante ou non pas stable à cause de la production volumétrique (Estimation des quantité) ce qui implique la génération des incertitudes non tolérables temps en temps.
- l'enjeux financière le nombre de personnelle charger de la machine.
- Gain de productivité réduit.
- Risque d'endommager les moteurs lors de l'utilisation sans variateur de vitesse (marche et arrêt brusque).
- le risque de manipulation de quêteur pour l'ouverture des sacs de cacao.
- le risque de tomber ou bien de glisser lors de Louverture de la porte (3).
- le risque de tomber lors de vérification de nivaux de trémie.
- Aucune information retenue (l'état des moteur / les niveaux des trémie / l'état des convoyeur…).
- Risque de bourrage et blocage des vis.
- Risque de non remémoration de nombre d'envois donc le non savoir de la quantité déjà existée dans le mélangeur.
- Aucune alarme en cas de défaillance.

D. Solution :

1. Solution proposée mode automatique :

Activer le mode Chocolat en poudre dans L'IHM et faire entrer la quantité de production que vous voulez produire, une fois la quantité est accepté (il faut que la quantité de sucre soit un multiple de 25 KG) ainsi que le doseur des arômes est plein et le mélangeur est à l'état bas.

La résistance de mélangeur va se déclencher dans le but est d'atteindre la température près inscrit dans les paramètres de la machine.

-Une fois la température et a sa valeur désirée ainsi que la porte du mélangeur est fermée le moteur du mélangeur va se déclencher, et il va donner l'ordre de remplissage à la bascule ainsi qu'à l'opérateur et aux mêmes temps allumer le moteur du doseur.

Un voyant lumineux vas s'activer une fois ou l'opérateur ouvre la porte de la trémie ou s'il va appuyer sur le bouton poussoir ,le voyant lumineux se désactive, un afficheur situé près de l'opérateur à côté de la trémie du cacao va afficher le nombre total d'itération , le nombre d'itération actuelle et la quantité qu'il faut mettre dans cette itération , alors vis à vis l'état d'itération une fois l'opérateur charge la quantité indiquée sur l'afficheur dans la trémie et la porte est fermée ainsi que le bit dédié au bouton poussoir est changé, le moteur de la vis 1 se déclenche afin de charger le caco a partir de la trémie au mélangeur (le moteur peut se désactiver dans une itération s'il y'a un bourrage dans la vis_1 ou bien le mélangeur est plein ou bien la porte de la trémie est ouverte une fois le problème est réglé il suffit juste d'appuyer sur le bouton poussoir afin de continuer l'itération) , après l'envoie de toute la quantité du cacao une incrémentation dans le nombre d'itérations est effectuée et les paramètres de l'afficheur seront changer, le voyant lumineux se déclenche . Ce processus se répète jusqu'à ce que le nombre d'itération soit achevé, donc un changement d'état dans le bit DONCACAO, Afin d'éliminer l'erreur humaine.

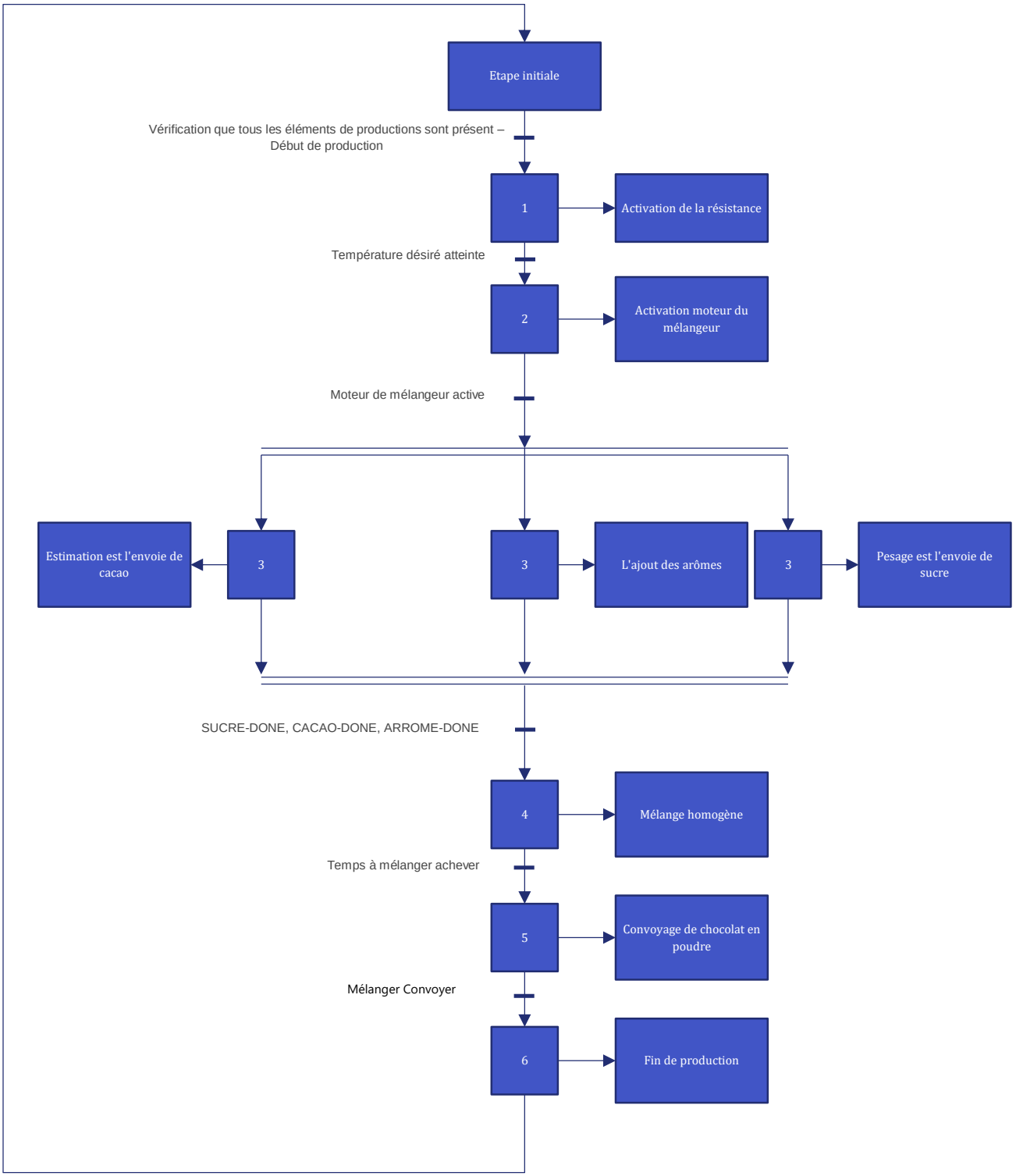
Le sucre est transmis directement de la production de sucre il sera pesé jusqu'à la quantité pré-indiquée qui vas être envoyer par notre automate a la bascule par une communication Modebus TCP/IP, une fois le poids est atteint la bascule demande une autorisation de vidange a notre automate à partir de sa carte 8/16 E/S après le vidange la bascule va demander pour une deuxième fois une autre autorisation de dosage et au même temps la quantité verser par la bascule sera transporté par l'intermédiaire d'une vis entrainer par un moteur équipé d'un variateur avec une vitesse déjà préinscrit, ce mécanisme est réalisé par une bascule IDE 250 et il sera

répété jusqu'à ce que la quantité nécessaire de sucre soit atteinte donc un changement d'état dans le bit DONSUCRE.

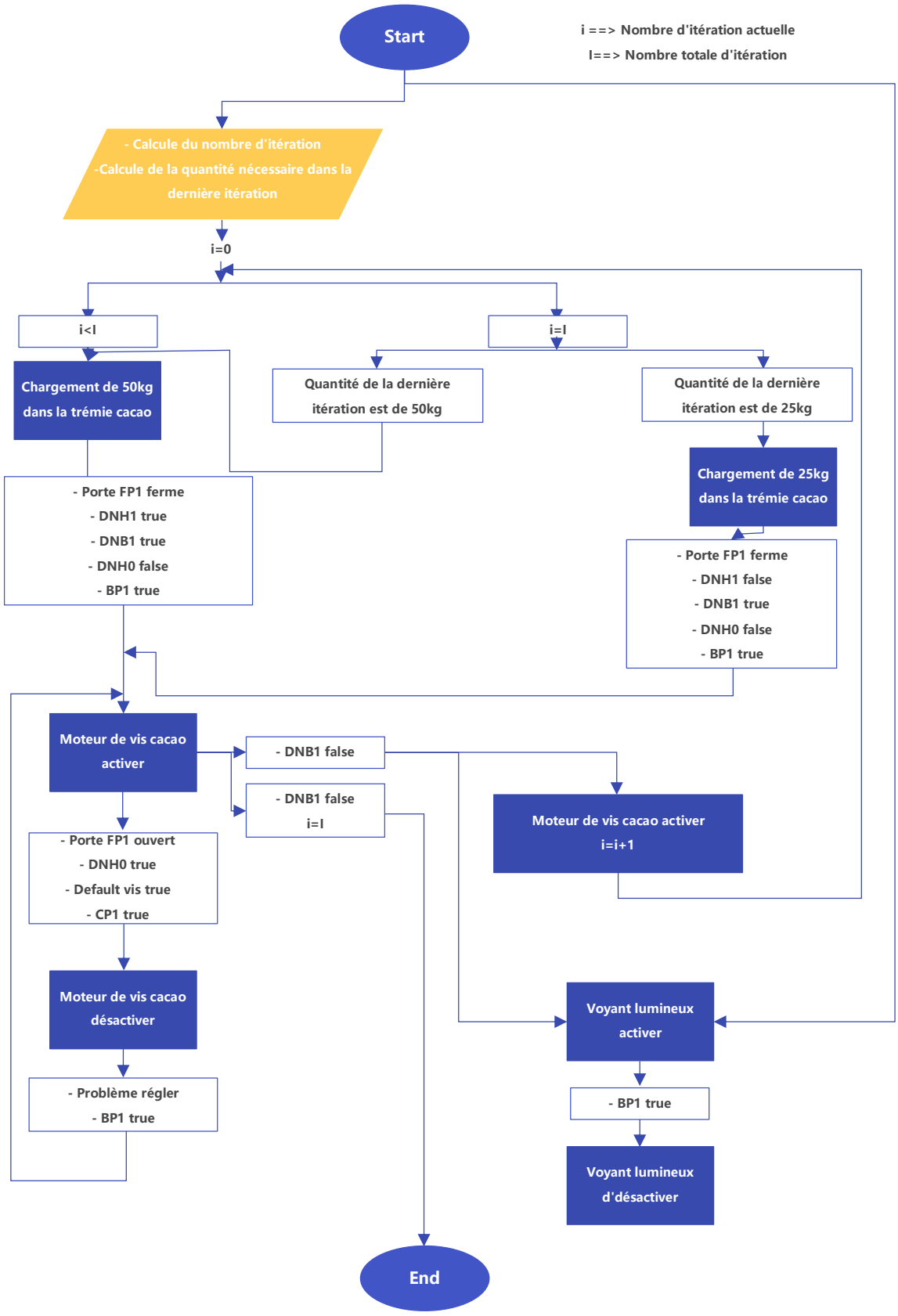
-Apres que tous les quantités souhaitées seront dans le mélangeur ce dernier va rester activé pour une durée déjà préinscrite dans les paramètres de la machine une fois le temps est achevé la porte va s'ouvrir et les MOTEURS des vis 3_4_5_6 vont s'activer dans le but de charger le chocolat en poudre dans la trémie dédiée à cette dernière (en cas d'un bourrage détecté ou bien la trémie est plein les moteurs des vis 3 4 5 6 se désactive ainsi que la porte va se fermer jusqu'à ce que le mélange soit totalement chargé dans la trémie de Chocolat en poudre) une fois le mélangeur est vide la porte va se ferme et les moteurs vont se désactive ainsi que la résistance.

Vu la superficie de l'entreprise CEVITALE et l'emplacement des bureaux des ingénieurs expert métier ,il sera temps en temps ennuyant et fatiguant de ce déplacé jusqu'à l'emplacement de la machine pour régler des petits et même des grands problèmes software pour cela une technique de la télémaintenance et mise en œuvre afin de faciliter les taches des ingénieurs et augmenter le taux de maintenabilité donc le taux de productivité, grâce aux options d'accès offertes par divers navigateurs web, les données de contrôle peuvent être affichées et contrôlées, dans une certaine mesure, par tout ordinateur ou tout appareil compatible avec le web. Être affichées et contrôlées, dans une certaine mesure, par n'importe quel ordinateur ou dispositif sans qu'il soit nécessaire d'installer un logiciel supplémentaire. Un autre avantage est la possibilité d'utiliser l'ensemble de l'infrastructure réseau d'une usine sans aucun composant matériel supplémentaire. Cela signifie que les commandes contrôle peuvent être accessibles en tout point de l'usine où l'accès au réseau est disponible. Une application mobile héberger dans un serveur Node RED et aussi mise en œuvre afin de contrôler notre machine via un smartphone a distance via internet, et aussi elle va réunir les différents départements et équipe chargé de la machine et qui sert à enregistrer et stocker les différentes données dans une base de donnée MySQL telle que l'avis du labo sur la qualité de produit , les paramètre de la machine l'avancement de production …etc pour les exploiter prochainement afin d'optimiser les performances de notre machine.

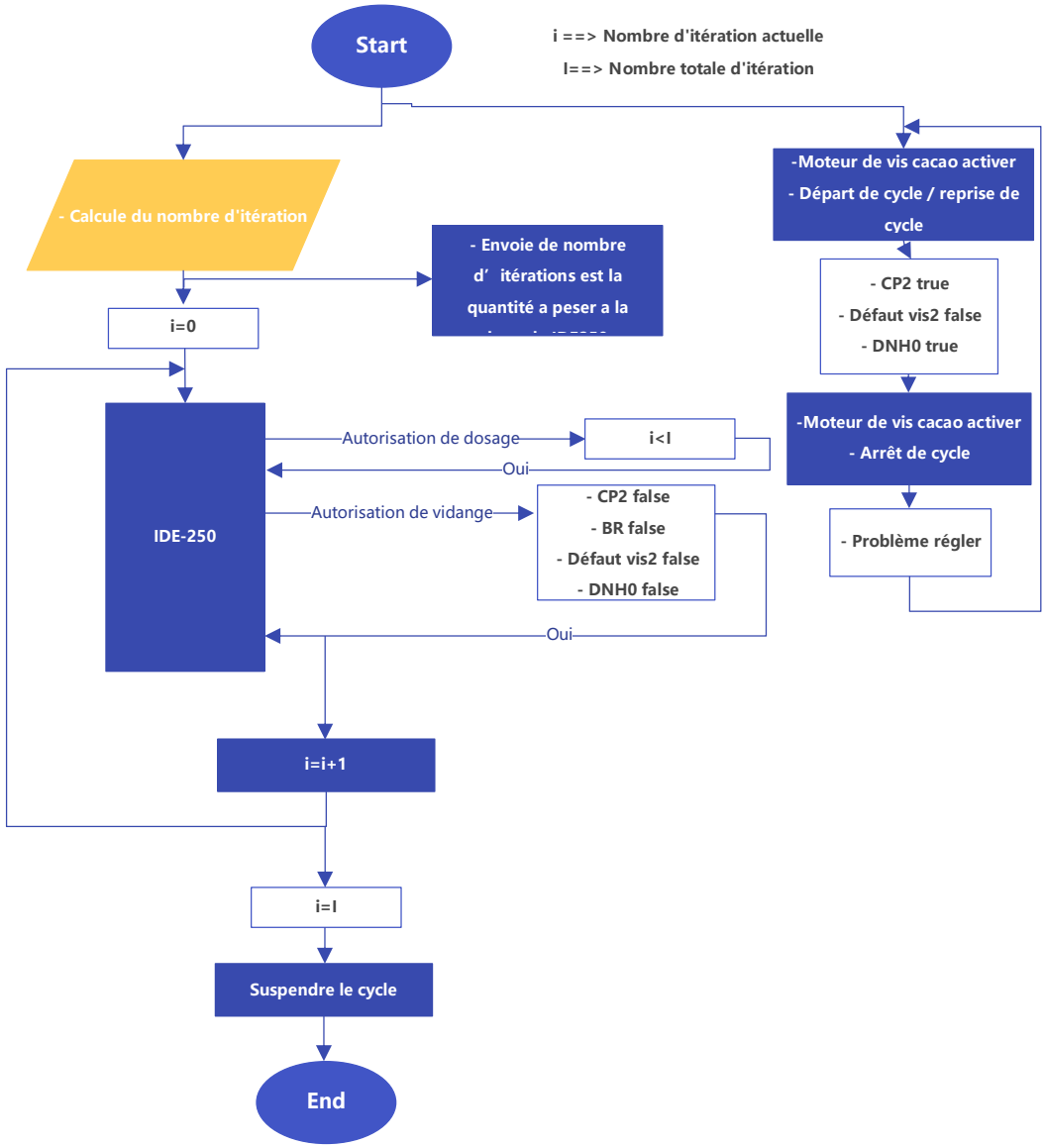
1.1 Fonctionnement en mode normal :



1.2 Estimation et l'envoie de cacao :



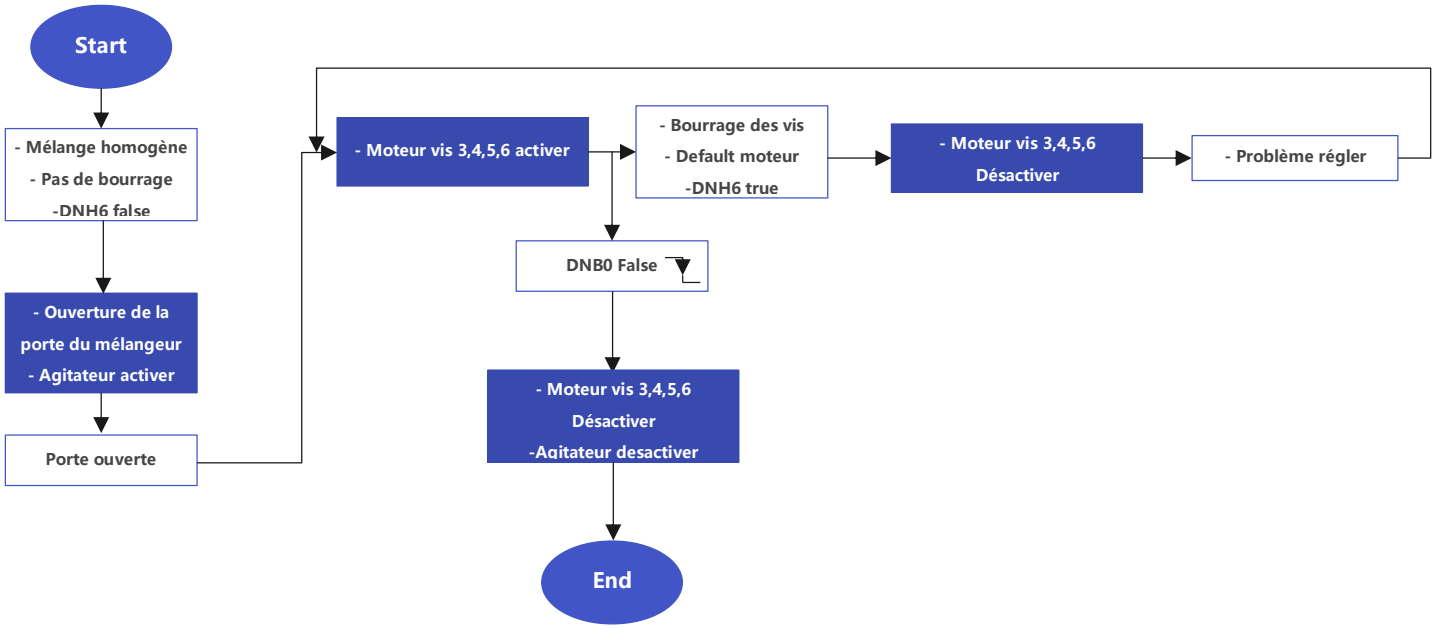
1.3 Pesage et l'envoie de sucre :



1.4 L'ajout des arômes :

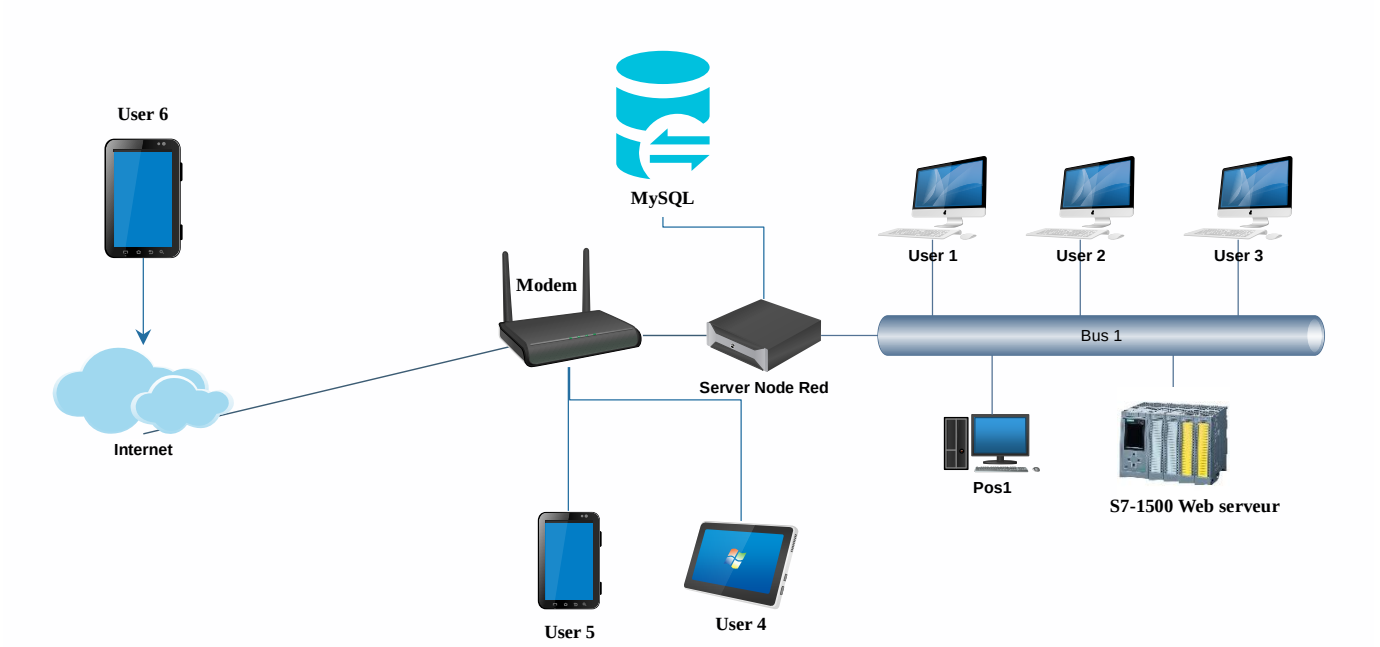
Pour cette étape vue la compétitivité des entreprises sur la qualité des produits chaque entreprise a sa propre recette surtout concernent les quantités et les parfume des arômes et pour cela cette dernière reste un secret professionnel à ne pas partager.

1.5 Convoyage de chocolat en poudre :



Une surveillance est créée. Elle permet de surveiller l'ensemble des dispositifs durant les différentes étapes, le process doit être arrêté et un message d'erreur généré dès qu'une anomalie soit apparue.

1.6 Architecture réseaux :



1.7 Choix du matérielle à utiliser :

-Choix de capteur : Avant de choisir les différents dispositifs à utiliser il faut d'abord identifier les caractéristiques d'enivrement de la machine

Caractéristique	Type/degré
Température	0 °C – 60 °C
Nature	Humide
Air marin	/
Bruit sonore (Agitateur / Moteur)	/
Vibration (Convoyeur a vis / Agitateur)	/
Bruit électromagnétique (Moteur)	/

1.6.1 La bascule IDE250 :

L'indicateur de poids IDE250 équipé de logiciel 'Dosage mono-produit 'dispose simultanément la puissance de calcul d'un microprocesseur très performant et de la rapidité d'exécution d'un comparateur analogique, dispose d'un afficheur LCD graphique ou le poids présent sur la bascule s'affiche en temps réel avec ses états dans la partie supérieur du LCD et une partie application (Menu, paramètres, informations).

Le contrôleur de pesage IDe 250 peut être connecté à un système de gestion (PC ou supervision) en temps réel avec le protocole MODBUS/JBUS ou Ethernet Modbus TCP (option).

1.6.2 Détection de niveau des trémies :

La sélection ou le choix de capteur utiliser pour la détection des niveau Min/Max des trémies de produit en vrac, va t'être vis-à-vis les caractéristiques des produits, et de l'enivrement d'exploitation.

Trémie du Cacao :

On a besoin de deux capteurs de niveaux de l'état Min et max, il faut que le capteur soit insensible aux accumulations de matière, et aussi il faut qu'il entre aux minimum 3cm, 4cm a l'intérieur de la trémie, car l'humidité aide à la formation d'une couche de cacao d'envirent 2cm sur la partie inferieur de la trémie, point de commutation et sensibilité réglable.

Pour ces raisons on a choisi **la sonde capacitive a tige**

Capteur	Avantage :
 Sonde capacitive a tige	- longue dure de vie - Entretient réduit - Constriction mécanique robuste - Resistance aux différents types de bruit - exploitation facile et rapide - Haute flexibilité - résistance a des pressions élevée

Trémie du Chocolat en poudre :

On a besoin de deux capteurs de niveaux état min/max, et vue le placement de chaque capteur on a opté à travailler avec deux capteurs différents une sonde capacitive a tige ou bien une lame vibrante pour le niveau bas (Min), et un capteur capacitif simple pour le niveau haut (Max), car pour le niveau bas il y a un risque ou le chocolat en poudre peut coller sur l'extrémité du capteur ce qui implique le retour de fausse information ainsi que l'accès à ce capteur après la mise en œuvre est très délicat pour le nettoyer, Mais pour le niveau haut tant que le capteur vas être placer de façon horizontal il y'aura jamais le risque du collage de la matière sur l'extrémité du capteur, et on peut aussi l'assurer par l'activation du l'agitateur.

Capteurs	Avantages :
Sonde capacitive a tige	- Motionner avant
 Capteur capacitif	- longue duré de vie - Entretient réduit - Constriction mécanique robuste - Resistance aux différents types de bruit - Exploitation facile et rapide - flexibilité, multiple possibilité de montage - Résistance à des pressions élevée - Économique et sans entretien
 Lame vibrante	- presque les mêmes caractéristiques de la Sonde capacitive !! PS : Il ne faut jamais allumer l'agitateur Si le niveau et a l'état Min risque d'avoir une fausse information.

-Doseur des arômes :

Afin de connaitre l'état de niveau Min du doseur on a besoin d'une gamme de capteur basique vu la simplicité de conception et la facilité d'accès. On va optée à travailler avec un détecteur capacitif de niveaux où les avantages sont déjà cité auparavant.

-Mélangeur :

Il est très recommandé de connaitre l'état de niveaux haut et bas du mélangeur, Le niveau haut pour alerter les opérateurs que il y a un risque de bourrage et le niveau bas afin d'assurer que tout le mélange est convoyé (Mélangeur est près pour une deuxième préparation) et après pour la raison de la caractéristique du mélange du chocolat en poudre, ainsi que le mélangeur est agiter (risque d'avoir des fausse information), on a opté pour le niveaux bas de travailler avec un **Capteur de niveaux microonde** Placer à la sortie du mélangeur avec une sensibilité réglable et insensible aux accumulations de matière et pour le niveau haut on va travailler avec un détecteur de niveau capacitif avec une détection de 25 mm de distance.

Capteur	Avantages
Capteur capacitif	-Motionnés avant
 Capteur de niveaux microonde	- Insensible aux accumulations de matière. - détection son contacte. - fiable flexibilité de montage. - sensibilité réglable

-Détection de présence produit dans le convoyeur a vis :

Il très important de connaitre la présence de produit dans les convoyeurs à vis, ce n'est pas évident de les commander en boucle ouverte avec une estimation de temps de passage de produit, risque de bourrage, quantités restantes, et énergie non optimiser. Et pour ce là on va travailler avec des détecteurs de présence capacitifs ou les avantages de ces derniers sont déjà mentionné.

-Rotation des arbres :

L'évidence de connaitre l'état de l'arbre des convoyeurs a vis et de mélangeur marche/arrêt retour sur le risque qu'on peut avoir en cas du blocage de ces derniers et les moteurs sont encore à l'état marche il est vivement recommandé l'utilisation des capteurs inductifs pour la prise de vitesse afin de retourner l'état des arbres (Capteur d'alarme).

Capteur	Avantages :
 Capteur rotatif	- Robuste et fiable. - détection des vitesses élevé. - flexibilité et facilite de montage - IP XX élevé. - conception standard pour des arbres Différente.

-Fermeture de la porte trémies du cacao :

Il est important d'assurer la fermeture de la porte de trémies du cacao lors de l'activation du moteur, pour ne pas le perdre et aussi pour être à la hauteur de la norme ISO 2200, produit sans impuretés. Pour ce là on a opté à travailler avec **un capteur porte magnétique.**

Capteur	Avantages :
 Capteur porte magnétique	- Robuste et fiable. - idéale pour notre conception. - flexibilité et facilite de montage. - IP XX élevé.

- Variateur de vitesse :

Vis-à-vis la puissance des moteurs et les caractéristiques de l'environnement d'exploitation de variateur sont choisi

G120C PN	G120C PN
Type d'appareil : G120C PN Type de Power Module : IP20, 18,5 kW, FA Systèmes de bus : PROFINET Entrées analogiques : 1 Sorties analogiques : 1 Sorties de relais : 1 Entrées TOR : 6 Sorties TOR : 1 Autres entrées/sorties : Safety Integrated Functions : STO Plage de tension : 380-480 V Puissance (HO) : 15 kW Puissance (LO) : 18,5 kW Fonctionnalité de réinjection (dans le réseau) : non Fonction de freinage : frein d'arrêt du moteur, freinage par injection de CC, freinage combiné, freinage dynamique Indice de protection : IP20	Type d'appareil : G120C PN Type de Power Module : IP20, 4,0 kW, FA Systèmes de bus : PROFINET Entrées analogiques : 1 Sorties analogiques : 1 Sorties de relais : 1 Entrées TOR : 6 Sorties TOR : 1 Autres entrées/sorties : Safety Integrated Functions : STO Plage de tension : 380-480 V Puissance (HO) : 3 kW Puissance (LO) : 4 kW Fonctionnalité de réinjection (dans le réseau) : non Fonction de freinage : frein d'arrêt du moteur, freinage par injection de CC, freinage combiné, freinage dynamique Indice de protection : IP20

2. Plan de test :

Pour tester la fonctionnalité du programme, le logiciel de simulation PLCSIM Advanced il va faire l'affaire on le relie avec une synoptique créer dans un IHM pour tester les différentes possibilités probablement rencontrer durent la mise en œuvre. Cette simulation permet de tester le bon fonctionnement du programme avant de démarrer la production ainsi que pour les protocoles de communication on va tester le bon fonctionnement de programme avec les logicielles Modbus-slave et Modbus-poll.

E. Elément de cahier des charges :

1. Reprise de l'existant :

- Un mélangeur :

Équipé d'une résistance, un moteur de Type ' ABB M2BAX 180MLA4 ' et une sonde de température ' PT100'

Conn	Temp Class	Freq	Voltage	Power	Speed	Current	Power Factor	Efficiency	Torque	IS/IN
Y	--	50 Hz	690 V	18.50 kW	1472 r/min	20.30 A	0.820	92.60 %	120.10 N·m	10.30
D	--	50 Hz	400 V	18.50 kW	1472 r/min	35.00 A	0.820	92.60 %	120.10 N·m	10.30
Y	--	50 Hz	660 V	18.50 kW	1469 r/min	20.90 A	0.840	92.60 %	120.09 N·m	9.40
D	--	50 Hz	380 V	18.50 kW	1469 r/min	36.30 A	0.840	92.60 %	120.09 N·m	9.40
D	--	60 Hz	440 V	18.50 kW	1773 r/min	31.60 A	0.830	92.40 %	99.50 N·m	11.10
D	--	60 Hz	460 V	18.50 kW	1775 r/min	31.00 A	0.810	92.40 %	99.37 N·m	11.90

- Six Convoyeurs a vis
- Cinq Moteurs de Type ' ABB M3AA 132MB-6 ' Avec les caractéristiques suivent :

Conn	Temp Class	Freq	Voltage	Power	Speed	Current	Power Factor	Efficiency	Torque	IS/IN
Y	--	50 Hz	690 V	4.00 kW	975 r/min	5.45 A	0.700	86.40 %	39.21 N·m	7.30
D	--	50 Hz	400 V	4.00 kW	975 r/min	9.40 A	0.700	86.40 %	39.20 N·m	7.30
D	--	60 Hz	460 V	4.00 kW	1177 r/min	8.30 A	0.690	87.30 %	32.40 N·m	8.00

- Six Commutateurs rotatifs

1. Marche/arrêt des Moteur 4_5_6_7.
2. Activer/désactiver L'agitateur.
3. Démarrer/arrêter Le mélangeur.
4. Activer/désactiver La résistance.
5. Activer/désactiver le thermorégulateur.
6. Marche/arrêt du Moteur 2.
7. Marche/arrêt du Moteur 3.

- Voyants lumineux (5_rouge/5_vert) :

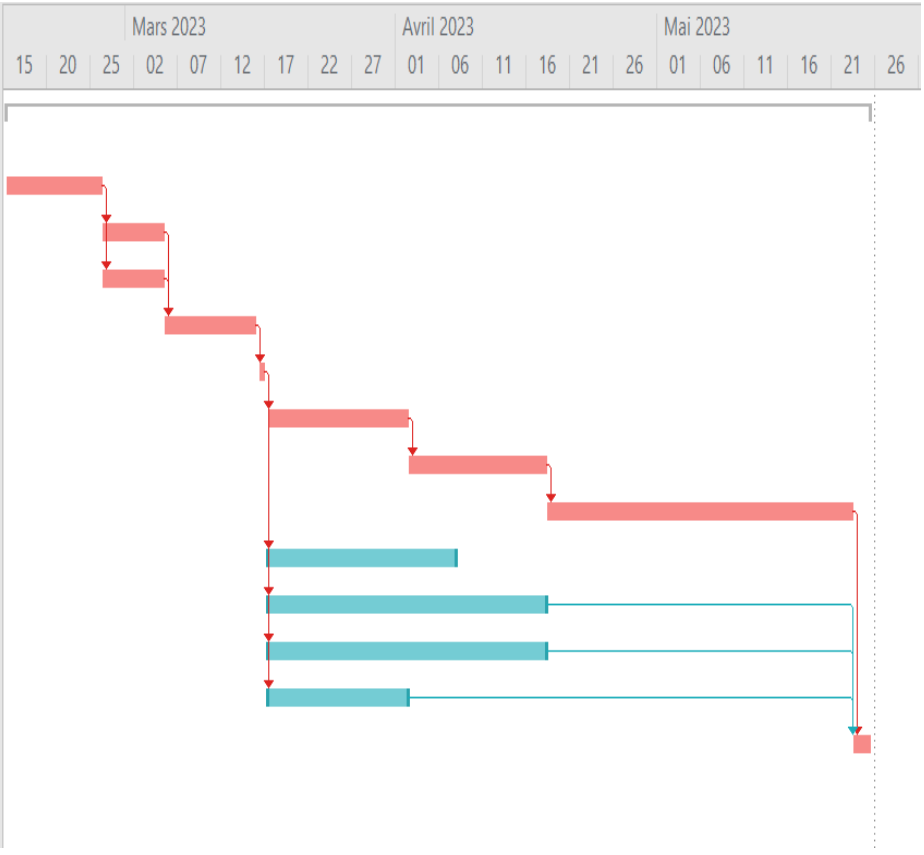
1. **Voyants lumineux rouges :**
    - La résistance désactivée.
    - Le thermorégulateur désactivé.
    - Moteur_2 en arrêt.
    - Moteur_3 en arrêt.
2. **Voyants lumineux verts :**
    - La résistance activée.
    - Le thermorégulateur activé.
    - Moteur_2 en marche.
    - Moteur_3 en marche.

2. Configurations matérielles :

- Le mélangeur doit être équipé d'un doseur d'arômes pour permettre l'ajout précis des arômes nécessaires.
- La sortie de vidange du malaxeur doit être équipée d'un vérin pour ouvrir la porte du malaxeur de manière contrôlée.
- La trémie de sucre doit être remplacée par une bascule de type IDe250, spécialement conçue pour mesurer avec précision la quantité de sucre nécessaire dans le processus de production de chocolat en poudre. Cette bascule pèse le sucre jusqu'à ce que la quantité prédéterminée soit atteinte, puis envoie un signal pour ouvrir une porte, permettant ainsi au sucre d'être acheminé vers le mélangeur. Cela garantit que la quantité de sucre ajoutée au mélange de chocolat en poudre est exacte et conforme aux paramètres de production de la machine.

F. Estimation des travaux :

Mode de Tâche	Nom de la tâche	Durée
	Conception et automatisation d'une machine de chocolat en poudre	90 jours
	Etude Générale	10 jours
	Analyse du process	7 jours
	Etude de l'existant	7 jours
	Cahier des charge	10 jours
	Validation de CDC	1 jour
	Conception mecanique	15 jours
	Conception éléctrique	15 jours
	Programmation API	30 jours
	Supervision(HMI,Station)	20 jours
	Site web	30 jours
	Application web	30 jours
	Base de donnée	15 jours
	Implémentation et résultat	2 jours



G. Fin de matière :

1. Références :

- https://www.zoneindustrie.com/Produit/Doseur-auto-devouteur-9425.html

ملخص

يركز البحث على تحسين سلسلة إنتاج بودرة الشوكولاتة في شركة سفيتال من خلال اعتماد مبادئ الصناعة 4.0 . الهدف الرئيسي هو تحسين عمليات التصنيع واستخدام التقنيات المتقدمة لزيادة الكفاءة والإنتاجية.

يقترح البحث تعديلات ميكانيكية مختلفة لتكييف المعدات الحالية مع هذا الحل. يتم التركيز على أتمتة عمليات التصنيع. بالإضافة إلى ذلك، يتم إجراء مراقبة العمليات عبر منصات متعددة، مما يتيح التحكم في الوقت الحقيقي وإدارة أكثر فعالية.

يتم مناقشة جانب آخر وهو أرشفة والوصول عن بعد إلى بيانات الإنتاج. يتيح ذلك جمع المعلومات وتحليلها في الوقت الحقيقي، مما يسهل اتخاذ القرارات المستنيرة والكشف عن المشاكل.

الهدف النهائي من هذه التحسينات هو زيادة إنتاجية سلسلة الإنتاج وتحسين جودة المنتج النهائي وتقليل أوقات التوقف غير المخطط لها. تهدف شركة سفيتال إلى البقاء تنافسية في السوق من خلال دمج مبادئ الصناعة 4.0 .

كلمات مفتاحية:
تحسين العملياتِ، المراقبة عبر منصات متعددة ، التصميم، الآلة المتصلة، قاعدة البيانات، الدخول الى المعلومات عن بعد.

Résumé

Le présent mémoire se concentre sur l'amélioration de la chaîne de production du chocolat en poudre au sein de l'entreprise Cevital en adoptant les principes de l'industrie 4.0. L'objectif principal est d'optimiser les processus de fabrication et d'introduire des technologies avancées pour accroître l'efficacité et la productivité.

Le mémoire propose différentes modifications mécaniques pour adapter les équipements existants à cette solution. L'automatisation des processus de fabrication est mise en avant. De plus, la supervision des opérations est réalisée via plusieurs plateformes, permettant un contrôle en temps réel et une gestion plus efficace.

Un autre aspect abordé est l'archivage et l'accès distant aux données de production. Cela permet de collecter et d'analyser les informations en temps réel, facilitant la prise de décision et la détection des problèmes.

L'objectif final de ces améliorations est d'accroître la productivité de la chaîne de production, d'améliorer la qualité du produit final et de réduire les temps d'arrêt non planifiés. En intégrant les principes de l'industrie 4.0, l'entreprise Cevital vise à rester compétitive sur le marché.

Mots clés : Automatisation de procès, Supervision multiplatforms, Conception, Machine connectée, Base de données, Accès distant.

Abstract

This thesis focuses on improving the chocolate powder production line at Cevital by adopting the principles of Industry 4.0. The main objective is to optimize manufacturing processes and introduce advanced technologies to increase efficiency.

The project proposes various mechanical modifications to adapt existing equipment to this solution. The automation of manufacturing processes is emphasized. In addition, operations supervision is carried out via several platforms, enabling real-time control and more efficient management.

Another aspect addressed is the archiving and remote access of production data. This enables real-time information to be collected and analyzed, facilitating decision-making and problem detection.

These improvements aim to increase production line productivity, improve end-product quality and reduce unplanned downtime. By integrating the principles of Industry 4.0, Cevital aims to remain competitive in the market.

Keywords : Process automation, multi-platforms supervision, Conception Connected machine, Database, Remote access.
