

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

Présenté par

Taieb Ezzraimi Mahdi

&

Azrou Yacine

pour l'obtention du diplôme de Master en Électronique

Filière : Automatique

Option 'Automatique et Informatique Industrielle'

Thème

Automatisation de la Minoterie Industrielle de Sidi Yahia du Groupe Agro-Alimentaire SIM

Proposé par : Dr. Reguieg F. Zohra & Dr. Ameer Abdelatif

Année Universitaire 2019-2020

Dédicaces

Je dédie mon projet à :

En premier lieu, je souhaiterais dédier mon projet à mon honorable grand père paix à son âme qui avait souhaité voir notre projet en marche, et qui a été une source débordante d'inspiration et de motivation pour moi dans ce monde.

Pour mes parents, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

Pour mes grands-parents mes oncles et leurs femmes qui ne m'ont qu'apportés de la positifs et du bon sens, tout au long de mon existence.

Ainsi que pour mon adorable famille, sans oublier mes cousins cousines et mon adorable tante.

Taieb Ezzraimi Mehdi

Mes très chers Parents, en témoignage et en gratitude de leur Dévouement, de leur Soutien permanent et de leurs Sacrifices. Et pour leur Amour, leur Tendresse et leurs Prières tout au long de mes études.

*Mes très chers Frères, Ma très chère Sœur,
pour leur Appui et leur Encouragement tout au long de mon parcours universitaire.
Toute ma Famille Azrou ainsi que tous mes amis fidèles et camarades d'études,
Et à tous ceux qui me sont chers.*

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués et le fruit, de votre soutien infailible envers moi.

Azrou Yacine

Remerciements

Nous remercions Monsieur Abdelatif Ameer pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à enrichir notre savoir-faire, lors de notre stage.

Nous exprimons notre gratitude à Madame Reguieg F. Zohra, notre directrice de mémoire, pour l'aide, l'orientation et les conseils qu'elle nous a prodigués, lors de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également toute l'équipe technique, qui nous a aidés lors de notre stage citons M. Samir Ameer, M. Omar Kehili, M. Mokhtar Benamar et M. Fodil Khelfi pour leurs précieuses informations et leurs connaissances du terrain.

Nous tenons également à remercier infiniment nos parents, pour leur soutien et pour leur aide, qui nous ont permis de garder le moral, malgré les conditions sanitaires que nous traversons jusqu'à présent.

Pour finir, nous tenons à remercier tous nos camarades d'étude, en particulier ceux de notre promotion.

ملخص

شهدت مطحنة الدقيق الصناعية لسيدى يحيى التابعة لمجمع سيم العديد من التحسينات، حيث تمت إضافة معدات أو استبدالها، وفقاً لأحدث الابتكارات، من أجل الحفاظ على جودة أفضل لجميع أنواع الدقيق. في هذا السياق، ومن أجل تجنب الأعطال المتكررة وكذلك مختلف التوقفات الغير مبرمجة ومختلف العراقيل خاصة المتعلقة بالتحكم في معدات وأجهزة المطحنة، فإن الهدف من هذا العمل هو تجسيد نظام للتحكم التلقائي، من أجل الإشراف على جميع معدات المطحنة وتسهيل مراقبتها وذلك بإتباع خطوات البرمجة الحديثة وبالتنسيق مع مهندسي الشركة، استطعنا إلى الوصول لنتائج وحلول جد فعالة وهذا هو الهدف من هذا العمل

كلمات المفاتيح: مجمع سيم. نظام للتحكم التلقائي . تجسيد نظام للتحكم التلقائي

Résumé : Le moulin à farine de la minoterie industrielle Sidi Yahia a fait l'objet de nombreuses améliorations : des équipements ont été ajoutés ou remplacés, selon les dernières innovations, afin de maintenir une meilleure qualité de tous les types de farine. Dans ce contexte, afin d'éviter les pannes répétitives ainsi que les arrêts de production non planifiés, l'objet du travail requis consiste à automatiser le système de contrôle électrique du moulin, en se basant sur l'automate S7 1500 de SIEMENS et un système de supervision associé en WIN CC SCADA. Le modèle réalisé sous le logiciel TIA PORTAL de Siemens version 15.1 professionnelle, permet le contrôle à distance et la supervision de tous les équipements du moulin.

Mots clés : Modèles de Contrôle et de Supervision, Automatisation du Moulin, Automate S7 150, WIN CC SCADA, Logiciel TIA Portal.

Abstract: The Sidi Yahia industrial flour mill, has been the subject of many improvements: equipment has been added or replaced, according to the latest innovations, in order to maintain a better quality of all types of flour. In this context, in order to avoid repetitive breakdowns and unplanned production shutdowns, the purpose of the required work is to automate the electrical control system of the mill, based on the SIEMENS S7 1500 automaton and an associated supervision system in WIN CC SCADA. The model carried out under the TIA PORTAL software package of siemens version 15.1 professional, allows remote control and supervision of all the equipment of the mill.

Keywords : Control and Supervision Models, Mill Automation, Automate S7 1500, WIN CC SCADA, TIA Portal software.

Liste des acronymes et abréviations

API : Automate Programmable Industriel.

S-S : Soft Starter (Démarreur Progressif).

D-D : Direct Drive (Démarrage Direct).

TIA PORTAL : Totally Integrated Automation Portal.

Y : Couplage étoile.

Δ : couplage triangle.

AC : Alternating Current.

DC : Direct Current.

SIM : Semoulerie Industrille de la Mitidja.

CPU: Central Processing Unit.

PC SYS: PC Systems

OB: Organization Block.

FB: Function Block.

DB: Data Block.

SCADA: Supervisory control and data acquisition.

AV : Vibreur.

BE : Élévateur.

BL : Compresseur d'air.

BV : Clapet.

CS : Trieur a tambour.

DM : Mouilleur.

DS : Désagregueur.

DV : Déviateur.

FL : Filtre.

FN : Ventilateur.

FP : Finisseur Polygonal.

LA : Capteur anti-bourrage.

LH : Capteur niveau haut.

LL : Capteur niveau bas.

MI : Doseur.

PI : Capteur de pression.

RM : Appareil cylindres.

RV : Écluse.

SC : Vis sans fin.

SD : Sasseur.

SF : Plansichster.

SG : Vanne motorisée.

SI : Capteur de rotation.

SP : Séparateur.

SR : Batteur.

TC : Transporteur a chaine.

TR : Tarreur.

TS : Epierreur.

VF : Vibro-finisher.

WG : Balance.

ERP : Enterprise resource planning.

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre 1 Notions générales sur l'agro-alimentaire	3
1.1 Introduction	3
1.2 Présentation du groupe SIM-SPA.....	3
1.2.1 Historique.....	3
1.2.2 Filiales du groupe SIM.....	3
1.3 Capacité de production	4
1.4 Présentation de la minoterie industrielle	4
1.4.1 Processus de transformation du Blé Tendre.....	4
1.4.2 Equipements du moulin	7
1.4.3 Mouture	14
1.5 Système de contrôle et de supervision des moulins industriels.....	24
1.5.1 Types de systèmes de contrôle et les différentes générations technologiques.....	24
1.5.2 Différence entre la logique programmée et la logique câblée	27
1.5.3 Durée de vie des équipements et des circuits électriques de contrôle..	27
1.6 Conclusion	28
Chapitre 2 Analyse fonctionnelle du moulin	29
2.1 Introduction	29
2.2 Analyse fonctionnelle du moulin	29
2.3 Equipements de la minoterie.....	30
2.3.1 Balance (WG).....	30
2.3.2 Elévateur (BE).....	30
2.3.3 Transporteur à chaîne (TC).....	30
2.3.4 Terreur (TR) le séparateur (SP) l'épierreur (TS) le batteur (SR) et le trieur (CS) 31	
2.3.5 Sasseur (SD) / PLANSICHTER (SF) / Finisseur polygonal (FP) / Desagregueur rotatif (DS).....	31
2.3.6 Ventilateur (FN).....	31
2.3.7 Filtre (FL)	31
2.3.8 Vanne motorisée (SG)	31
2.3.9 Déviateur (DV).....	31

2.3.10	Vibreur (AV) / Motovibreur (EX) / Vibro-finisher (VF).....	32
2.3.11	Mouilleur (DM).....	32
2.4	Gestion des conditions de démarrage et d'arrêt des stations.....	35
2.4.1	Conditions de démarrage et d'arrêt des stations	35
2.4.2	Séquences de démarrage et d'arrêt des stations	36
2.5	Transport et transfert de la graine et du produit	42
2.5.1	Fenêtre de commande	42
2.5.2	Transport de la graine	43
2.5.3	Transport du produit dans les différentes sections de la minoterie.....	44
2.6	Architecture du système automatisé.....	55
2.6.1	Analyse fonctionnelle du système actuellement installé	55
2.6.2	Analyse fonctionnelle du système automatisé	56
2.7	Conclusion	57
Chapitre 3	Matériels utilisés	58
3.1	Introduction	58
3.2	Choix des équipements.....	58
3.3	PLC S7-1500.....	Erreur ! Signet non défini.
3.3.1	Automate programmable industriel	58
3.3.2	Critères de choix d'un API	59
3.3.3	Structure interne d'un API	59
3.3.4	Principe de fonctionnement d'un API	60
3.3.5	Module d'interface entrées sorties.....	61
3.3.6	Modules d'entrées et sorties numériques	62
3.3.7	Alimentation	63
3.4	Actionneurs	64
3.4.1	Moteur asynchrone triphasé	64
3.4.2	Constituants du moteur asynchrone triphasé	65
3.4.3	Principe de fonctionnement	66
3.4.4	Branchement des moteurs (choix du couplage)	66
3.4.5	Réducteurs	68
3.5	Pré-actionneurs.....	69
3.5.1	Distributeur pneumatique	69
3.5.2	Contacteur.....	72
3.5.3	Relais	76

3.5.4	Démarreur-Ralentisseur progressif (Soft starter)	80
3.5.5	Capteur.....	83
3.5.6	Détecteurs de position (fin de course).....	83
3.5.7	Capteurs de proximité.....	84
3.6	Armoire électrique	86
3.6.1	Câblage.....	86
3.7	Matériels de sécurité	87
3.7.1	Disjoncteur	87
3.7.2	Fusibles.....	89
3.8	Conclusion	89
Chapitre 4	Mise en œuvre du programme d'automatisation de Sidi Yahia	890
4.1	Introduction	890
4.2	Tableau d'instrumentation.....	901
4.3	Analyse du tableau d'instrumentation.....	91
4.4	Etude des schémas électriques des modèles proposés	923
4.4.1	Modèles de commande	923
4.4.2	Conception du programme d'automatisme	956
4.4.3	Conception du programme de supervision.....	10809
4.5	Conclusion	11819
Conclusion générale.....		1201
Annexes.....		1212
Bibliographie		1501

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1.1. Processus de transformation du Blé Tendre	5
Figure 1.2 Diagramme de nettoyage	7
Figure 1.3 Aimant	8
Figure 1.4 Brosse	8
Figure 1.5 : Séparateur par vibrations	9
Figure 1.6 : Epierreur	10
Figure 1.7 : Tarare	11
Figure 1.8 Trieur	12
Figure 1.9 Humidificateur intensif	12
Figure 1.10 Trieur optique	13
Figure 1.11 Machine d'ébarbage VCW	14
Figure 1.12 Architectures des appareils à cylindres (a, b, c, d)	16
Figure 1.13 Architecture de planchistes (a, b)	17
Figure 1.14 Sasseur	18
Figure1.15 Elévateur.....	19
Figure 1.16 désagrégateur	20
Figure 1.17 filtres circulaires	20
Figure 1.18 compresseurs d'air	21
Figure 1.19 vannes guillotines	22
Figure 1.20 écluse	22
Figure 1.21 vis de transport	23
Figure 1.22 Pupitre de supervision	24
Figure 1.23 Circuit de commande de la logique câblée	25

Figure 1.24 La logique câblée avec séquenceur	26
Figure 1.25 Installation sous logique programme	26

Chapitre 2

Figure 2.1 Fenêtre de commande	43
Figure 2.2 Fenêtre de commande à destination du blé	44
Figure 2.3 Silos de stockage du son	45
Figure 2.4 Module d'aspiration	46
Figure 2.5 Circuit de déchet	46
Figure 2.6 Trémie de décharge de la matière première	47
Figure 2.7 Les équipements du pré-nettoyage	47
Figure 2.8 Elévateur à godets	48
Figure 2.9 Passages du blé vers les silos de stockage	48
Figure 2.10 Passage du blé dans les équipements	49
Figure 2.11 Silos de stockage	49
Figure 2.12 Phase du 1 ^{er} nettoyage et du premier mouillage	51
Figure 2.13 Phase du 2 ^{ème} mouillage	52
Figure 2.14 Phase du 2 ^{ème} nettoyage	53
Figure 2.15 Station de la mouture	54
Figure 2.16 Structure générale du système semi automatisé	55
Figure 2.17 Structure générale du système automatisé par le programme PLC	56

Chapitre 3

Figure 3.1 GRAFCET (un cycle de travail)	62
Figure 3.2 Automate programmable industriel	63
Figure 3.3 Architecture de SIMATIC ET 200SP	63

Figure 3.4 Module in/out put	64
Figure 3.5 Alimentation (ABL8REM24050)	65
Figure 3.6 Moteur asynchrone triphasé	66
Figure 3.7 Schéma général du moteur asynchrone triphasé	66
Figure 3.8 Plaque signalétique	68
Figure 3.9 Couplage étoile	68
Figure 3.10 Couplage triangle	68
Figure 3.11 Schéma de puissance étoile triangle	69
Figure 3.12 Fonctionnement d'un distributeur pneumatique à clapets	71
Figure 3.13 Fonctionnement d'un distributeur pneumatique à tiroirs	71
Figure 3.14 Différents types de commande un distributeur	72
Figure 3.15 Modèles des contacteurs	73
Figure 3.16 Composants d'un contacteur	73
Figure 3.17 Schéma d'un contacteur	74
Figure 3.18 Circuit principal d'un contacteur	75
Figure 3.19 Circuit de commande d'un contacteur	75
Figure 3.20 Organe moteur du contacteur	76
Figure 3.21 Relais électromécanique	77
Figure 3.22 Relais statique	80
Figure 3.23 Soft-Strater	81
Figure 3.24 Symboles des détecteurs de position	84
Figure 3.25 Symbole des capteurs capacitifs	85
Figure 3.26 Symbole des capteurs inductifs	86
Figure 3.27 Armoire électrique	87
Figure 3.28 Disjoncteur magnétothermique	88
Figure 3.29 Fusible	89

Chapitre 4

Figure 4.1 Échantillon des éléments du tableau d'instrumentation	92
Figure 4.2 Schéma électrique du modèle de commande à démarrage direct	94
Figure 4.3 Schéma électrique du modèle de commande d'un moteur avec le démarreur progressif	95
Figure 4.4 Schéma électrique du modèle de commande des capteurs	95
Figure 4.5 Schéma électrique d'un modèle de commande d'un déviateur	96
Figure 4.6 Topologie du réseau PROFINET	97
Figure 4.7 Boite de jonction du niveau (0)	98
Figure 4.8 Table des variables	99
Figure 4.9 Modules d'interfaces utilisées dans l'armoire principale des moteurs	100
Figure 4.10 image des blocs de programme	100
Figure 4.11 Bloc d'interface de la fonction "Moteur DD"	102
Figure 4.12 Bloc d'interface de la fonction "Moteur SS"	102
Figure 4.13 Bloc d'interface de la fonction "Vanne Simple"	103
Figure 4.14 Bloc d'interface de la fonction "Vanne Double"	104
Figure 4.15 Bloc d'interface de la fonction capteur	104
Figure 4.16 Déclaration des instances de quelques équipements	105
Figure 4.17 Déclaration des instances des capteurs	105
Figure 4.18 Quelques réseaux Interlock des équipements	106
Figure 4.19 Bloc d'interface de la fonction 'Origine'	107
Figure 4.20 Bloc d'interface de la fonction 'Destination'	107
Figure 4.21 Organigramme de la gestion automatique du démarrage et d'arrêt des équipements	108
Figure 4.22 Tableau les identificateurs des équipements	109
Figure 4.23 Réseau de supervision	110

Figure 4.24 Création des Face-plates	111
Figure 4.25 Vue de la réception	112
Figure 4.26 Méthode de commande et l'animation des Face-plates	113
Figure 4.27 Pop-up de l'aspiration	114
Figure 4.28 Pop-up de déviateur	114
Figure 4.29 Pop-up des moteurs	115
Figure 4.30 Pop-up de la vanne	116
Figure 4.31 Pop-up du capteur	116
Figure 4.32 POP-UP de démarrage et d'arrêt d'une section	117
Figure 4.33 Illustration des différents Pop-up	118
Figure 4.34 Journal d'alarme	119

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau 1.1. Avantages et inconvénients de la logique câblée	28
Tableau 1.2. Avantages et inconvénients de l'API	28

Chapitre 2

Tableau 2.1 Les conditions de démarrage, de permanence et d'arrêt des équipements.....	32
Tableau 2.2 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements de la station déchet.....	37
Tableau 2.3 1 ^{er} Exemple d'une séquence de démarrage et d'arrêt des équipements de la station réception	38
Tableau 2.4 2 ^{ème} Exemple d'une séquence de démarrage et d'arrêt des équipements de la station réception.....	38
Tableau 2.5 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements du 1 ^{er} nettoyage.....	39
Tableau 2.6 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements du 2 ^{ème} mouillage.....	40
Tableau 2.7 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements du 2 ^{ème} nettoyage.....	40
Tableau 2.8 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements de la station mouture.....	41
Tableau 2.9 Destination du produit fini après la phase du 2 ^{ème} nettoyage	54

Chapitre 3

Tableau 3.1 Caractéristiques de l'alimentation (ABL8REM24050)	65
Tableau 3.2 Distributeur (monostable/bistable)	72

Chapitre 4

Tableau 4.1 Caractéristiques du tableau d'instrumentation	91
--	----

Tableau 4.2 Nombre des différents équipements	92
--	----

Introduction générale

Caractérisé par une demande à l'offre qui ne cesse de s'accroître, le milieu de l'industrie se doit de répondre présent dans toutes les circonstances, afin de gouverner le marché, suivant la disponibilité et la suffisance de la distribution de ses produits, avec bien entendu la meilleure qualité.

Pour ce faire, l'introduction de la logique programmable dans les entreprises industrielles, n'a été que bénéfique. En effet, le principe de l'automatisation offre à son utilisateur d'avoir plusieurs avantages technologiques, lui permettant de gagner beaucoup de temps pour la production, avec une traçabilité infaillible pour assurer la meilleure qualité et ainsi, se mettre au sommet de la concurrence, dans ce qui est de la commercialisation de ses produits, dans les marchés.

Afin de pouvoir répondre à cette contrainte, l'entreprise industrielle est appelée à raccourcir des délais, de l'ensemble des étapes de la chaîne de production. La robotisation et plus précisément l'automatisation, sont devenues aujourd'hui les parfaites solutions pour remédier à cette contrainte ; car en pratique, tout système industriel a besoin, pour mener à bien sa productivité du travail et de la gestion, de l'automatisation et de toutes ses installations.

Dans le secteur agroalimentaire, c'est le groupe SIM, qui nous a ouvert ses portes lors de notre stage pratique, au niveau de leur moulin à farine, plus précisément la minoterie de Sidi Yahia. L'objectif principal de ce mémoire, est de concevoir un programme d'automatisation à base d'un automate programmable Siemens S7-1500, afin de permettre un meilleur rendement de la minoterie, suite aux besoins du groupe et, aux contraintes rencontrées selon l'ancienne technologie, qui est la logique câblée.

➤ **Problématique et objectifs**

La minoterie industrielle Sidi Yahia fait partie des unités les plus importantes de la filiale Agroalimentaire du groupe SIM, inaugurée en 1996 avec une capacité nominale de 550 tonnes/jour. Dans ce cadre, afin de maintenir une meilleure qualité de tous les types des farines, ce moulin a fait l'objet de nombreuses améliorations, des équipements ont été ajoutés ou remplacés, selon les dernières innovations dans ce domaine. Dans la même approche, pour éviter les pannes répétitives ainsi que les arrêts de production non planifiés, la prochaine mise à niveau programmée, consiste à refaire tous les câbles et les équipements de contrôle électrique (devenus obsolètes ou atteignant la limite de fonctionnement sécurisée). Sachant que le système actuel, de contrôle et de supervision est mis en œuvre en logique câblée.

Le travail requis consiste à faire une étude d'un système de contrôle, basé sur l'automate S7 1500 de SIEMENS et un système de supervision associé en WIN CC SCADA.

Le système mis en place, doit permettre le contrôle à distance et la supervision de tous les équipements du plan. Ce contrôle doit être limité au personnel autorisé. Compte tenu du volume du site, nous recommandons également l'utilisation de modules d'entrée / sortie déportés, pour éviter de tirer des longueurs de câbles importantes.

L'archivage et la communication au plus haut niveau pour la planification de la production (ERP) n'est pas nécessaire à ce stade, mais les ressources indispensables, doivent être prises en considération.

➤ **Structure méthodologique du mémoire**

La structure méthodologique du travail, adopte les points qui suivent.

- Analyse fonctionnelle du moulin.
- Recensement des capteurs et des actionneurs.
- Établissement des modèles de contrôle et de supervision.
- Étude du circuit électrique de puissance.
- Analyse des documents de spécification d'automatisme : définition des conditions de démarrage, d'arrêt et de maintiens pour chaque actionneur.
- Réalisation des fonctions de commandes et de supervision de bases.
- Conception du programme d'automatisme et des vues de supervision.
- Tests et simulations.

➤ **Organisation du mémoire**

Pour s'y faire, nous adoptons la démarche décrite par les chapitres qui suivent :

- **Le premier chapitre** comporte la description générale du processus de transformation du blé tendre.
- **Le deuxième chapitre** est consacré à l'étude de la partie opérative du système, détaillant ses organes et précisant leurs rôles.
- **Le troisième chapitre** est destiné à la description des outils d'automatisation nécessaires à la concrétisation du projet.
- **Le quatrième chapitre** est réservé à la partie pratique. Il comprend les étapes suivies, lors de l'automatisation de la minoterie.

Une conclusion générale pour l'évaluation des solutions adoptées, les problèmes rencontrés et les connaissances recueillies à ce stade d'avancement, clôture le mémoire.

Chapitre 1 Notions générales sur l'agro-alimentaire

1.1 Introduction

L'automatisation et la supervision sont des stratégies adaptées, pour permettre aux équipes de production, un meilleur contrôle et maintenir un niveau élevé de qualité dans l'entreprise industrielle.

Dans ce chapitre, nous présentons le groupe SIM, tout en se concentrant sur la description générale du processus de transformation du blé tendre, particulièrement sur le plan technologique, pour expliciter la problématique rencontrée.

1.2 Présentation du groupe SIM-SPA

1.2.1 Historique

Tout a commencé en 1990, quand Monsieur Taieb Ezzaïmi Abdelkader a fondé sa société familiale SIM, dans le domaine de la transformation des céréales (semoulerie et minoterie), qui fut la première société privée dans cette filière d'activité en Algérie !

D'une dimension modeste à sa création, la société SIM a connu dès ses premières années d'activité, une croissance active qui lui a permis de s'élargir pour créer un groupe industriel, commercial et financier, d'une envergure nationale largement consacrée.

Le groupe SIM-SPA [1] a par la suite étendu ses activités, vers d'autres créneaux par la création de plusieurs filiales, comme cités dans les sections qui suivent.

1.2.2 Filiales du groupe SIM

Le secteur industriel du groupe SIM, comprend plusieurs filiales attribuées à divers secteurs [1].

1.2.2.1 Secteur industriel

Le secteur industriel du groupe SIM, comprend :

- Une filiale de la Minoterie et des Pâtes Alimentaires.
- Une filiale des Eaux Minérales, Jus, Conserves et Boissons.
- Une filiale des aliments du Bétail.
- Une filiale de Trituration et de Raffinage d'Huile de Soja.
-

1.2.2.2 Secteur de la santé

- Une clinique Médico-chirurgicale.

1.2.2.3 Secteur agricole

- Une filiale d'exploitation agricole dédiée à l'élevage du bovin, de l'arboriculture, des cultures maraichères, des céréales et des légumineuses.

1.2.2.4 Secteur Immobilier et loisir

- Une filiale dédiée à la promotion immobilière et à la gestion d'infrastructures sportives et de détente.

1.2.2.5 Secteur de l'enseignement et formation

- Un complexe scolaire de différents paliers.
- Deux instituts de management.

1.3 Capacité de production

La capacité de trituration [1] est de 3500 Tonnes/Jour, répartis comme suit :

- Semoulerie (blé dur) : 1500 Tonnes/Jour.
- Minoterie (blé tendre) : 1000 Tonnes/Jour.
- Pâtes et couscous : 1000 Tonnes/Jour.

Cette production [1] est assurée par :

- 5 semouleries.
- 2 minoteries.
- 5 lignes de production de pâtes courtes.
- 4 lignes de production de pâtes longues.
- 8 lignes de production de couscous.
- 1 ligne de production de pâtes spéciales (Lasagnes).
- 1 ligne de production de pain ficelle.

1.4 Présentation de la minoterie industrielle

1.4.1 Processus de transformation du Blé Tendre

Le processus qui aboutit à la transformation du blé tendre en farine, est défini par le diagramme de mouture de la figure 1.1.

Il est constitué d'une succession d'opérations de broyage et de tamisage, programmées dans différentes machines, qui permettent la fabrication de la farine souhaitée [2, 3].

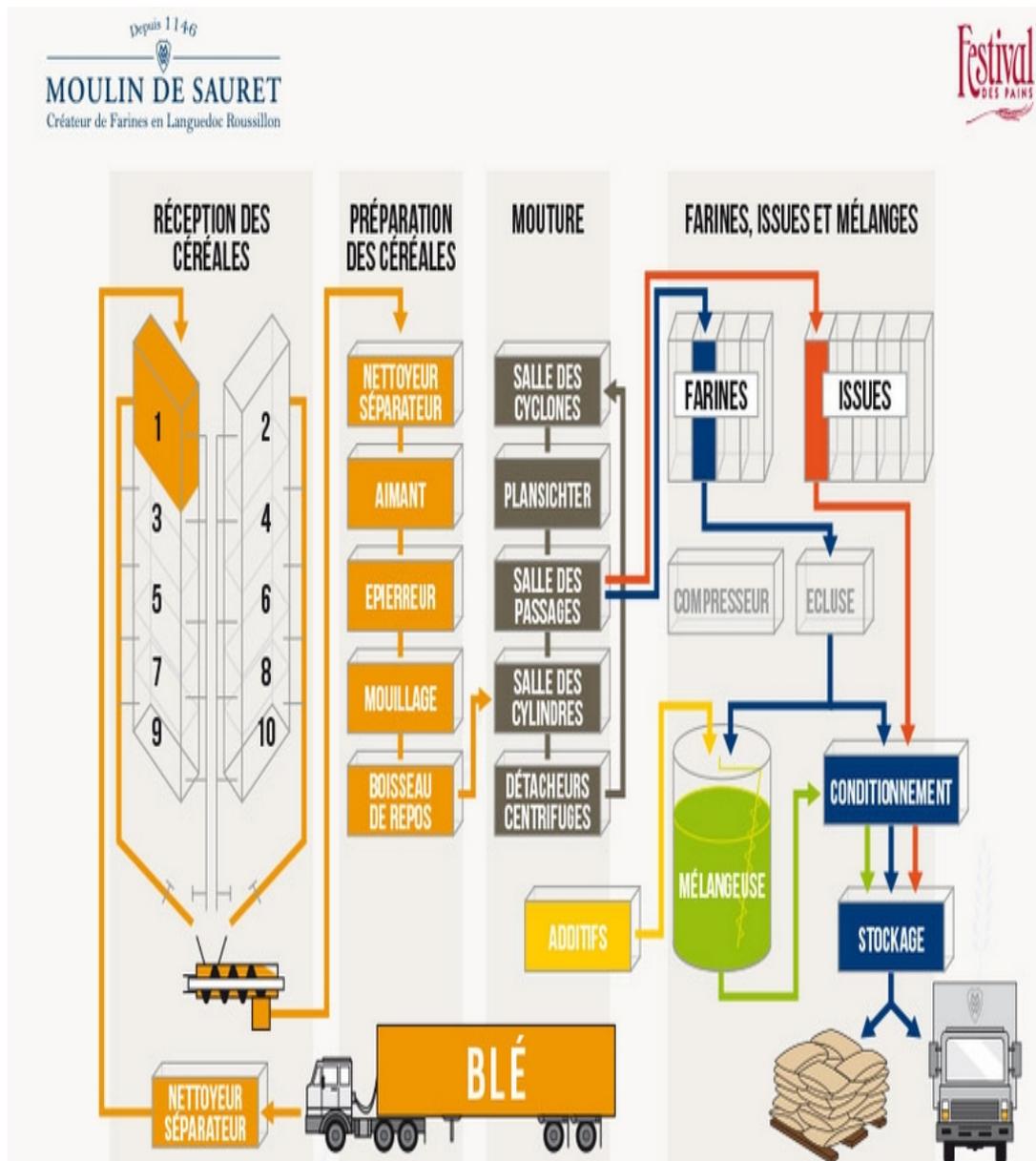


Figure 1.1 Processus de transformation du Blé Tendre [2]

Ce processus s'effectue suivant différentes phases, que nous décrirons dans les sections qui suivent.

1.4.1.1 Nettoyage du blé

A l'arrivée au moulin, le blé est stocké dans de grands silos, puis transporté par des élévateurs ou des bandes transporteuses, jusqu'aux nettoyeurs séparateurs, lesquels éliminent les impuretés telles que ; la terre, les pierres, les pailles, les graines vides, les poussières et, autres graines. Des trieurs permettent ensuite, de ne conserver que les graines de blé.

Ces dernières sont humidifiées pour faciliter la séparation de l'amande et, de ses enveloppes, pour reposer de 24 à 48 heures dans des boisseaux à blé propres, avant d'être écrasées.

1.4.1.2 Préparation du blé à la mouture

Les lots de blé reçus au moulin, contiennent des graines étrangères et des impuretés ; mais dans une proportion tolérable, qui permet leur classement, comme blé sain, loyal et marchand. Cependant, ces lots doivent subir des opérations de nettoyage avant d'aller en mouture. Parallèlement à ces opérations, le meunier prépare le blé à la mouture par des opérations de mouillage et de repos, pour faciliter la séparation des enveloppes et de l'amande.

Les impuretés du blé qui peuvent être présentes se caractérisent par différentes graines :

- les graines étrangères :
 - autres céréales (orge, seigle, avoine) ;
 - graines nuisibles par l'odeur ou la couleur (ail, mélilot, mélampyre) ;
 - graines toxiques (nielle, liseron).
- les graines de blé malades : carie, rouille, charbon, ergot (*graines dangereuses pour l'homme*) ;
- les graines attaquées par les insectes (charançon, punaise) ;
- les graines de blé cassées (contamination de l'amande qui est alors sans protection).

1.4.1.3 Opérations du nettoyage du blé

Les opérations de nettoyage du blé (figure 1.2), parcourent plusieurs étapes :

- séparation magnétique, pour éliminer les débris métalliques ;
- séparation par calibrage, pour éliminer les graines plus grosses et les plus petites que le blé ;
- éliminer les graines longues et les graines rondes par les trieurs à disques ;
- Épierrage.

A ce stade se termine le nettoyage à sec.

Avant la mise en mouture, le blé subit un conditionnement, qui permet d'humidifier les enveloppes du blé, pour favoriser la séparation de celles-ci, de l'amande de la graine au cours de la mouture. Cette phase consiste à la réalisation des traitements suivants :

- Conditionnement : le blé est amené au degré d'humidité convenable.
- Brossage et ventilation tarare, pour éliminer les poussières.

Le blé sain, ainsi nettoyé et conditionné est stocké dans des silos de repos, où il attend pendant 24 heures environ, d'être mis en mouture. Pour ce faire, le blé propre humidifié, contient généralement 16 à 17% d'eau.

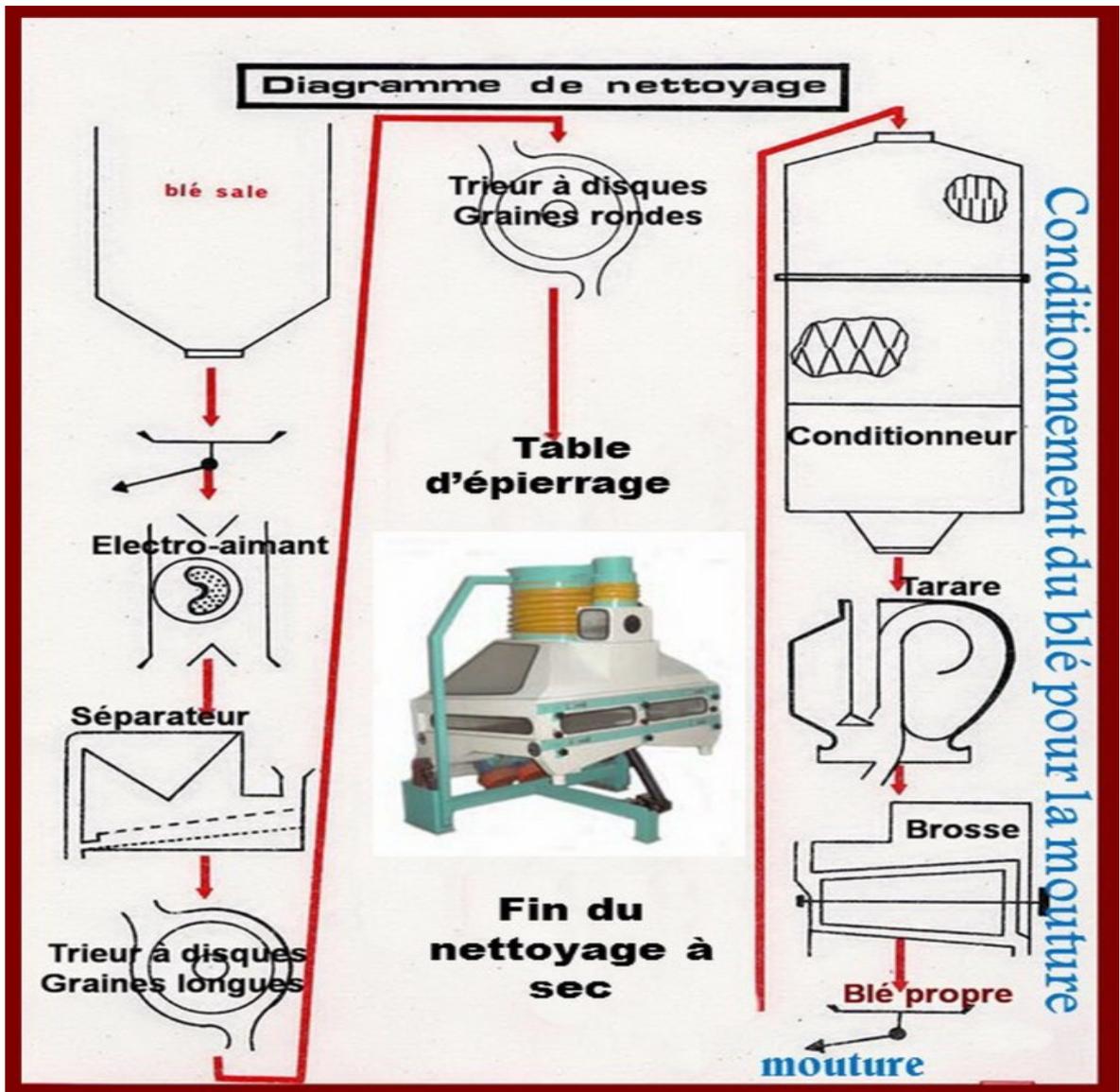


Figure 1.2 Diagramme de nettoyage [4]

1.4.2 Équipements du moulin

Le moulin nécessite un équipement spécifique, pour la réalisation du processus de transformation du blé [5].

1.4.2.1 Aimant

Le séparateur tubulaire à noyau magnétique est un outil de nettoyage du grain, utilisé pour la séparation des contenus ferreux du grain à traiter ou de la farine. Il s'agit d'un petit appareil de nettoyage magnétique, pouvant être installé à l'entrée d'autres machines de traitement, entre deux tuyaux de raccordement (figure 1.3).



Figure 1.3 Aimant [5]

1.4.2.2 Brosse (décortiqueuse)

Le nettoyeur-séparateur (figure 1.4) a été développé pour le nettoyage des grains en meunerie. Il utilise un système de frappe mécanique, accompagné d'un mouvement de frottement afin d'enlever la poussière, les enveloppes des grains, les micro-organismes et d'autres matières non désirables, pouvant adhérer à la surface du grain. Cet outillage de nettoyage du grain, est également à même de défaire les accumulations de boue ou de terre ; les insectes, les grains de blé impropres à la consommation et d'autres éléments. Cette opération de nettoyage du blé des impuretés, permet à la farine créée d'être plus pure, avec une couleur plus blanche.



Figure 1.4 Brosse [5]

❖ Caractéristiques de la brosse

- *Pureté du grain incomparable*

Les performances d'épuration de cette machine de nettoyage, du grain permettent à la farine créée en amont, d'être d'une pureté et d'une qualité irréprochables. Cet aspect est dû majoritairement à trois éléments :

- a. La machine réduit considérablement la présence de bactéries, de champignons et d'autres micro-organismes, pouvant compromettre l'intégralité du produit fini.
 - b. L'absence d'éléments durs (minéraux entre autres), garantit que le grain soit broyé correctement lors des étapes de traitement.
 - c. Cet appareil d'épuration peut être utilisé en combinaison avec un séparateur (vertical, à air...), placé au niveau de la décharge du produit, afin d'éliminer toutes les impuretés légères brassées lors du fonctionnement.
- Rendement élevé avec un encombrement minimum.

1.4.2.3 Séparateur par vibrations

Également appelé séparateur vibratoire ou séparateur vibrant, cet appareil est utilisé pour le nettoyage ou le calibrage des matières premières, en utilisant des tamis et des cribles avec des trous de tailles différentes (figure 1.5).



Figure 1.5 Séparateur par vibrations [5]

❖ Caractéristiques du séparateur par vibrations

- Le tamis est fait d'une feuille métallique fine, avec des trous arrangés en croix, de façon à assurer un nettoyage de qualité. Des balles de caoutchouc de taille moyenne, sont utilisées pour nettoyer le tamis, afin de prévenir l'obstruction des trous du triage.
- Cette machine du triage par vibrations, possède deux moteurs de vibrations rattachés au même bloc terminal, grâce à une technique de câblage sûre et pratique permettant au moteur, de démarrer de façon synchronisée. Ces moteurs sont par ailleurs stables, peu bruyants, sûrs et durables.
- Le dispositif de fermeture du cadre du tamis, est verrouillé par une poignée spéciale, facilitant les opérations d'inspection et d'entretien. Le rendement de cette machine, n'est donc nullement entravé lors de son opération.

1.4.2.4 Épierreur

Il sert à séparer les pierres et, d'autres éléments minéraux du grain à traiter. Il est également adapté, pour trier des grains lourds et légers.

La différence de densité entre les grains et les éléments de densité plus élevée, tels que les pierres, les cailloux, les gravillons, les bouts de métal et de verre, permet de les trier et les séparer de façon efficace. Ce même dispositif permet également le tri des céréales entre elles, sélectionnant les céréales les plus lourdes, de celles les plus légères (figure 1.6).



Figure 1.6 Epierreur [5]

❖ **Caractéristiques d'épierreur**

- Pureté des matériaux traités

Cet épierreur à gravité permet de séparer efficacement les grains des pierres de la granulométrie équivalente, pour un produit fini de pureté, répondant aux critères internationaux du secteur.

- Taux de séparation élevé

Ce taux possède des performances du nettoyage du grain exceptionnelles, même si les éléments minéraux à épurer, sont de la même taille que les grains à traiter. Cela permet également à ces résidus, de ne pas venir entraver le bon fonctionnement des machines du traitement, utilisées en amont.

- Rendement élevé.

1.4.2.5 Tarare

Il s'agit d'un séparateur à aire circulaire, spécialement conçu, pour séparer les particules de faible densité (coques, poussières, bout de paille...) du grain à traiter dont ; le blé, l'avoine, l'orge, le maïs, et autres oléagineux. Cette machine de tri pour grains, peut par ailleurs être utilisée de façon indépendante ou en complément d'un séparateur par vibrations, séparateur rotatif ou nettoyeur-séparateur (figure 1.7).



Figure 1.7 Tarare [5]

❖ **Caractéristiques de tarare**

➤ Design intelligent : cette machine de triage adopte un design hermétique, avec un mécanisme d'alimentation en grain fermé à l'extérieur et, ouvert à l'intérieur de l'appareil. La porte à pression axiale se charge d'enlever les impuretés légères, afin de prévenir toute défaillance mécanique au niveau de l'alimentation, en évitant tout risque d'enrayement du convoyeur à vis.

➤ Excellentes performances de séparation

Le séparateur à aire circulaire utilise une grande chambre de décantation de la poussière, afin d'améliorer les résultats du tri de façon significative.

➤ Étanchéité : cet équipement de tri fait preuve d'une étanchéité remarquable en raison des raccords étanches établis entre les diverses pièces de l'engin. Par conséquent, la poussière séparée des grains ne vient pas polluer l'environnement de travail avoisinant.

1.4.2.6 Trieur

Le séparateur à cylindres est une machine de tri, indispensable pour la fabrication de farine de qualité. Utilisant la différence de longueur ou de taille entre le grain et les impuretés, ce nettoyeur-séparateur est capable de trier et séparer ces éléments pour obtenir un grain aussi propre que possible. Ainsi, il sépare les grains ronds et les grains longs du blé (figure 1.8).



Figure 1.8 Trieur [5]

1.4.2.7 Humidificateur intensif

Il s'agit d'un outil d'humidification du grain (figure 1.9), garantissant que le grain à traiter, contient un pourcentage d'humidité en accordance avec les normes en vigueur. Cet humidificateur à grains, permet d'y injecter un volume en eau précis de façon uniforme, à l'aide d'un convoyeur à vis.



Figure 1.9 Humidificateur intensif [5]

❖ Caractéristiques d'un humidificateur intensif

- Précision d'humidification : l'eau est ajoutée uniformément au grain, par des pulvérisateurs spéciaux, facilitant ainsi la séparation entre le tégument et le grain. La mouture peut donc se faire, dans des conditions optimales, pour l'obtention d'une farine de qualité supérieure.
- Le convoyeur à vis présente des lames arrangées, de manière héliocoïdale sur l'arbre principal où, une partie des matériaux à traiter, est déplacée lors du mouvement de la vis. La chambre principale est également inclinée, afin que les grains soient mélangés de façon satisfaisante. L'eau est donc répartie de façon homogène et le taux d'humidité du grain, peut atteindre jusqu'à 4% en une seule passe.

- Facilité d'entretien

Les lames sont faites de plaques d'acier, résistant à l'usure pour un entretien minime de l'appareil.

1.2.4.8 Trieur optique

La sortex A est une trieuse optique, conforme à la norme ATEX pour le tri des céréales. Cet appareil (figure 1.10) permet de détecter les défauts de couleur claire, ou foncée ainsi que les matières étrangères. En éliminant les graines colorées du germe, mouchetées, boutées ainsi que les graines de mauvaises herbes et les graines étrangères, le trieur optique offre les avantages suivants :

- Optimisation la productivité.
- Amélioration de la qualité de la farine.



Figure 1.10 Trieur optique [5]

1.2.4.9 Machine d'ébarbage VCW

La machine d'ébarbage 'Satake VCW' (figure 1.11) est le cœur du procédé 'PeriTec' [5]. Dans la première étape, le son est enlevé par abrasion contrôlée. Pendant la deuxième étape, le frottement polit le grain et enlève les fragments du son qui adhèrent. L'ébranchage élimine les contaminants de surface, tels que, les bactéries, les moisissures et les produits chimiques agricoles.



Figure 1.11 Machine d'ébarbage VCW [5]

Le procédé PeriTec, qui comprend l'égreneuse Satake VCW, fournit des produits de qualité supérieure à des taux d'extraction plus élevés, avec moins de matériel de mouture, sur toutes les variétés de blé.

❖ **Les caractéristiques de la machine d'ébarbage VCW**

- Ébranchage efficace de toutes les variétés du blé en un seul passage.
- La construction verticale nécessite un minimum d'espace au sol.
- La simplicité mécanique et la facilité d'accès, assurent une grande fiabilité avec un faible coût de maintenance.
- Le débit d'air à travers la machine, est facilement et précisément contrôlé.
- Un dispositif de contrôle de la charge, maintient l'efficacité de l'ébranchement et prévient la surcharge du moteur.

1.4.3 Mouture

Après le nettoyage, la transformation des graines du blé s'opère en trois étapes :

- le broyage ;
- le claquage ;
- le convertissage.

Chacune de ces étapes représente plusieurs passages du blé, dans les machines. Le produit de chaque passage, est tamisé selon sa taille [5, 6].

Chaque opération complémentaire, permet d'extraire un peu plus de farine. Selon les moulins, une quinzaine d'opérations sont nécessaires pour obtenir la farine.

La mouture aboutit à la séparation des graines du blé en deux composants, les enveloppes d'un côté et, l'amande (amidon) de l'autre. À la fin des opérations, la farine contient encore un faible pourcentage de matières minérales, issues de l'enveloppe et de fragments du germe, qui déterminent le taux de cendres réglementaire.

La farine du blé tendre, appelée aussi farine de froment, est la plus couramment utilisée en boulangerie. Elle est classée selon des "types" définis en fonction du taux de cendres, c'est-à-dire en fonction du taux de la matière minérale présente, dans sa composition. Cette teneur est obtenue par une analyse, qui consiste à brûler la farine et à peser le résidu constitué par "les cendres". Plus le résidu est important, plus le taux de cendres est élevé. Ce taux est réglementé par les pouvoirs publics.

Voyons encore ce qu'on trouve dans la mouture :

1.4.3.1 Des appareils à cylindres

L'appareil à cylindres (figure 1.12), est alimenté de façon uniforme. La quantité du produit incluse dans l'appareil, est réglée automatiquement au moyen d'un indicateur de niveau, qui contrôle les rouleaux d'alimentation. Le produit qui s'écoule uniformément, est broyé entre les cylindres. Le système de réglage assure un écartement, très précis des cylindres.

Le produit passe à travers deux paires de cylindres, lisses ou cannelés suivant les besoins, et tournant à des vitesses différentes. Le produit trituré se vide dans la trémie, placée sous l'appareil. Il est ainsi, transporté par un système pneumatique.

Le débit d'un moulin, dépend de la longueur des cylindres ainsi que, de la surface blutante totale.

Les étapes de la mouture sur les appareils à cylindres sont réalisées par :

- **Broyage**

Les Broyeurs (cylindres cannelés, tournant en sens inverse, avec une vitesse différentielle importante de 1/2,5) au nombre de 4 ou 5 ; se distinguent les uns des autres, par l'écartement entre eux et, par la finesse des cannelures.

- **Blutage**

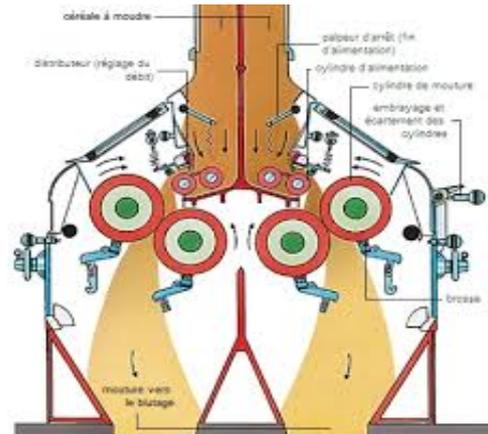
Après chaque passage, on procède à un tamisage à l'aide du « **plansichter** ». L'amande extraite après chaque opération de broyage, est constituée de fractions grosses (fines, grosses semoules, finots) et de fractions très fines, les farines de passage.

- **Claquage ou Convertissage**

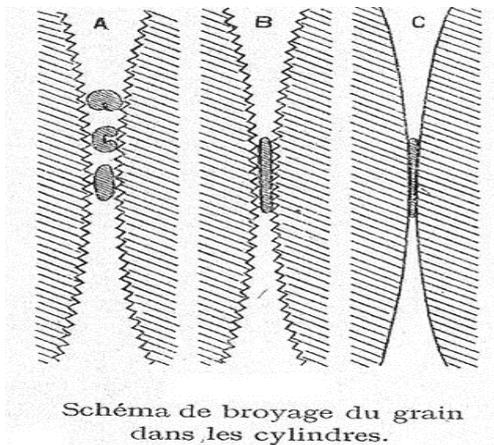
Les claqueurs et les convertisseurs sont des cylindres lisses tournant en sens inverse et pratiquement au contact l'un de l'autre. Ils ont une vitesse différentielle faible comprise entre 1/1,2. Au sortir du broyage, les grosses semoules sont envoyées vers les claqueurs. Les fines semoules sont dirigées vers les convertisseurs. Le refus est envoyé au broyeur suivant.



(a)



(b)



(c)



(d)

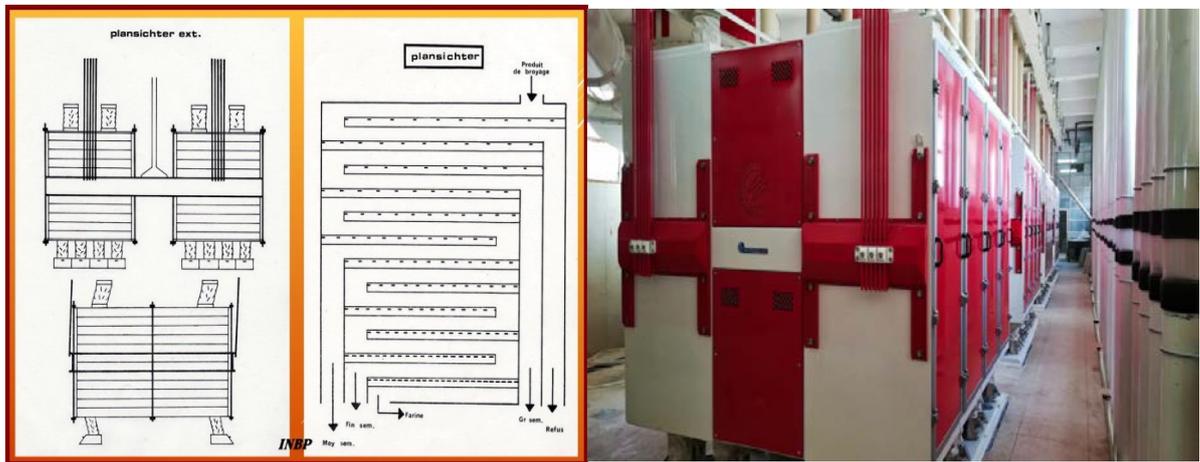
Figure 1.12 Architectures des appareils à cylindres (a, b, c, d) [6]

1.4.3.2 Plansichter

Le plansichter (figure 1.13) est une machine utilisée, dans les minoterie. Il permet, par blutage, la séparation des différents produits de mouture : sons, finots, semoules et farines.

Le plansichter vient des deux mots allemands « plan », qui signifie : « plan », et « sichter », qui signifie « classificateur », ce qui permet de traduire par « tamisage plan », par opposition au blutoir traditionnel rotatif.

Après chaque opération de broyage, de claquage ou de convertissage, les particules obtenues sont classées en fonction de leur grosseur par le passage au travers des tamis superposés du « plansichter ».



(a)

(b)

Figure 1.13 Architecture des plansichters [6]

Le refus est envoyé au broyeur suivant. Les grosses et les fines semoules, sont dirigées vers le claquage et le convertissage. Au dernier stade, les refus sont constitués par les « sons » et les remoulages.

❖ SÉLECTION DANS LES PLANSICHTERS

Le plansichter est une machine à débrancher, à l'intérieur de laquelle sont présentes des piles de tamis empilées et, triées selon les schémas de la figure 1.13. Dans chaque pile, les tamis supérieurs, présentent les voiles à mailles plus larges. Tandis que les piles inférieures, présentent des voiles à mailles plus étroites.

Les fractions les plus fines et les plus lourdes, correspondent aux farines, qui sortent du processus pour être envoyées aux silos.

De la partie intermédiaire sortent des produits, qui nécessitant un traitement supplémentaire. Ceux-ci peuvent être envoyés aux machinesasseur.

1.4.3.3 Sasseur

Les sasseurs (figure 1.14) reçoivent les fractions granulométriques intermédiaires, sélectionnées par les plansichters. Ils sont donc en mesure, d'effectuer une sélection très précise. Ces machines sélectionnent également les farines, en fonction de leur poids spécifique. On distingue ainsi les semoules « **propre** » (le produit fini), les semoules « **habillés** » (le produit à dépouiller) et les **morceaux de son**.



Figure 1.14 Sasseur [6]

❖ Principales caractéristiques du sasseur

- Ce sont des machines doubles où, chaque côté présente des corps d'arrêt qui vibrent, grâce aux moto-vibreurs.
- Les dépoussiéreurs, constitués par des empilements superposés, sont surmontés par des chambres fermées auto-nettoyantes, mises en dépression par l'aspiration. Le flux d'air investit les châssis de bas en haut.
- Un système d'alimentation auto-réglable, permet une distribution uniforme du produit sur le tamis.
- Les canaux collecteurs abritent les **farines lourdes** pour les envoyer à d'autres phases de broyage, ou aux silos. Les rejets transmettent alors, les **farines légères** à d'autres phases de broyage.
- Les **vannes de régulation de l'air** garantissent un afflux constant d'air, sur les piles.

1.4.3.4 Elévateurs

L'élévateur à godets (figure 1.15) est une installation, assurant l'ascension de matières solides en vrac, généralement pondéreuses, à l'aide de récipients fixés à intervalles réguliers, sur une bande souple ou une chaîne refermée sur elle-même. On distingue dans un élévateur à godets trois sous-ensembles :

- la base de l'élévateur, où sont remplis les godets par gravité, écolage ou raclage ;
- la colonne, dans laquelle la bande monte et redescend ;
- le sommet de l'élévateur, où se fait la vidange des godets. Dans ce cas, le tambour est motorisé.



Figure 1.15 Élévateur [6]

1.4.3.5 Détacheur à percussions (désagregueur)

Il permet la désagrégation du produit, dans les passages de semoules concernés dans les diagrammes de blé tendre. Son utilisation dans ces passages, augmente le taux de farine. L'alimentation en produit est faite par un orifice d'entrée centrale.

Une distribution continue, est assurée grâce aux ailes radiales du disque rotatif. La vitesse de rotation du carter, permet de propulser le produit vers les goujons du disque, en faisant gagner au produit, une force centrifuge en constante hausse. La force de percussion est liée, à la construction des goujons du disque. La machine (figure 1.16) permet de désagréger les morceaux de produits fin ou demi-gros, à demi-fragmentés venant des passages.

Grâce à ce broyage libre, les grains de semoules tendres et durs sont influencés différemment. Ce système permet le choix de broyage automatique, entre les différents morceaux du produit. Les particules, qui ont la même masse, sont désagrégées avec la même intensité de broyage, ce qui permet d'obtenir un taux d'extraction élevé en farine. Le taux important de la farine obtenue avec un taux de cendre identique, ou faiblement différent, permet de raccourcir et d'alléger le diagramme. Le passage de grosses particules et de matières étrangères, est évité grâce à un tamis placé à l'entrée de la machine.



Figure 1.16 Désagregueur [6]

1.4.3.6 Filtres circulaires

Le filtre circulaire modèle (FKC/A) est une machine (figure 1.17) conçue pour filtrer et épurer le flux d'air, qui arrive des installations de transport pneumatique ou d'aspiration.



Figure 1.17 Filtres circulaires [6]

1.4.3.7 Compresseurs d'air

Les compresseurs d'air (figure 1.18) fonctionnent en forçant l'air dans une chambre, dont le volume a été réduit pour comprimer l'air. Les compresseurs d'air de type à piston, utilisent ce principe par pompage de l'air, dans une chambre à air à travers l'utilisation, de la constante de mouvement des pistons. Ils utilisent des clapets anti-retour pour guider l'air dans une chambre, où l'air est comprimé. Les compresseurs à vis utilisent également, la compression volumétrique par appariement de deux vis hélicoïdales qui, lorsqu'elle est activée, guide l'air dans une chambre, dont le volume est réduit par la vis tournante. Les compresseurs utilisent encore un rotor à palettes à fente, avec une variation du placement de la lame, pour guider l'air dans une chambre de compression et réduire le volume.

La plupart des compresseurs d'air, sont soit de type à piston alternatif, à palettes ou à vis rotative. Les compresseurs centrifuges sont fréquents, dans les très grandes applications industrielles.



Figure 1.18 Compresseurs d'air [6]

1.4.3.8 Vannes guillottes

Les vannes guillottes (figure 1.19) sont conçues pour les applications tout ou rien, où la vanne sera soit complètement ouverte, soit complètement fermée.

Elles ne sont pas conçues pour la régulation du débit, car lorsque le produit rencontre un obturateur partiellement fermé, cela crée des vibrations. A cet effet, la cavitation finit par endommager l'obturateur, le siège et le corps. Ces vannes sont conçues pour se fermer lentement, afin de réduire le risque de coups de bélier.



Figure 1.19 Vannes guillotines [6]

1.4.3.9 Écluse

L'écluse (figure 1.20) permet le dosage et le transfert pneumatique des produits en vrac, en optimisant le mélange air/produit. L'écluse rotative peut être à passage intégral, ou à passage latéral.



Figure 1.20 Écluse [6]

1.4.3.10 Vis de transport

C'est un appareil (figure 1.21) de manutention de matériel en vrac, qui utilise la rotation d'une vis à hélices, pour déplacer le matériel à l'intérieur d'une auge ou d'un tube. Ce principe est basé sur la vis d'Archimède. Le transporteur est utilisé, pour le transport de grains et du matériel granuleux.

Dans les systèmes de manutention, le transporteur à vis est le plus utilisé pour déplacer du matériel horizontalement, ou sur une pente faible parfois même, sur plusieurs mètres de longueur.



Figure 1.21 Vis de transport [6]

Le processus effectué par la semouleuse (sasseur) dans le moulin, peut se résumer en 3 étapes :

- Les farines sont chargées sur les tamis du premier niveau, qui vibrent et comportent des mailles à lumières croissantes.
- Un flux d'air traverse simultanément, les tapis de bas en haut.
- L'action de vibration et d'aspiration, permet à la nourriture de se diviser. La machine aspire ainsi, les fragments du son et envoie les semoules habillées à la décharge. Les semoules pures passent aux niveaux inférieurs, pour être épurées et envoyées aux canaux de collecte, ou autrement dit silos de produits finis.

1.5 Système de contrôle et de supervision des moulins industriels

Le système de contrôle et de supervision des moulins (figure 1.22), contient les symboles des fonctionnalités spécifiques de chaque moteur, présent dans la minoterie. Dans ce cadre, chaque moteur possède un voyant bicolore indiquant son état actuel : si le voyant vert est allumé, le moteur est en position de marche, si au contraire il devient rouge, cela signifie que le moteur est en position d'arrêt. Dans notre cas, la minoterie Sidi Yahia est soumise à un système de contrôle issu de la deuxième génération de la technologie [7].

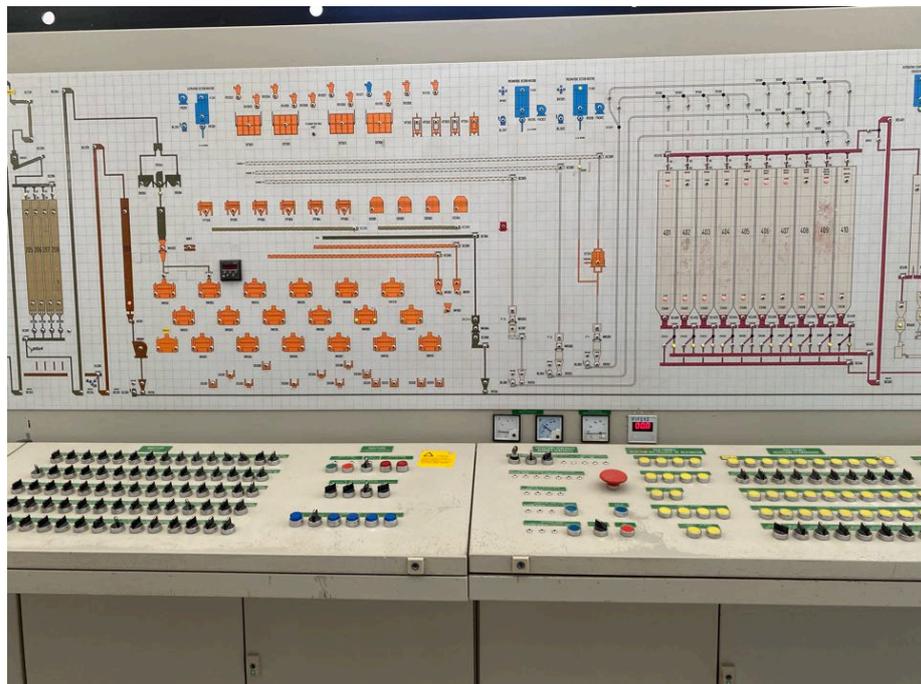


Figure 1.22 Pupitre de supervision [7]

1.5.1 Types de systèmes de contrôle et les différentes générations technologiques

On distingue ainsi les types des systèmes de contrôle, selon les différentes générations utilisant technologiques décrites dans les sous sections qui suivent.

1.5.1.1 Première génération

Elle tourne autour de la logique câblée, avec une commande manuelle des équipements utilisant un ancien séquenceur de chez Siemens le S5 et une supervision de base (figure 1.23).

En logique câblée, la loi de contrôle évoquée ci-dessus, est réalisée en interconnectant judicieusement des opérateurs matériels, réalisant des fonctions logiques de base. Suivant la technologie adoptée, il peut s'agir d'opérateurs fluidiques (interconnectés par tuyauteries), de relais électromagnétiques ou de relais statiques (interconnectés par fil). Comme nous le savons, le nombre de types d'opérateurs nécessaires pour réaliser l'ensemble des fonctions logiques possibles, peut être très réduit. Par exemple, les familles d'opérateurs suivantes : [AND, OR, NOT], [porte NAND], [porte NOR], [relais normalement ouvert, relais normalement fermé] permettent, chacune, de réaliser n'importe quelle fonction logique.



Figure 1.23 Circuit de commande de la logique câblée [7]

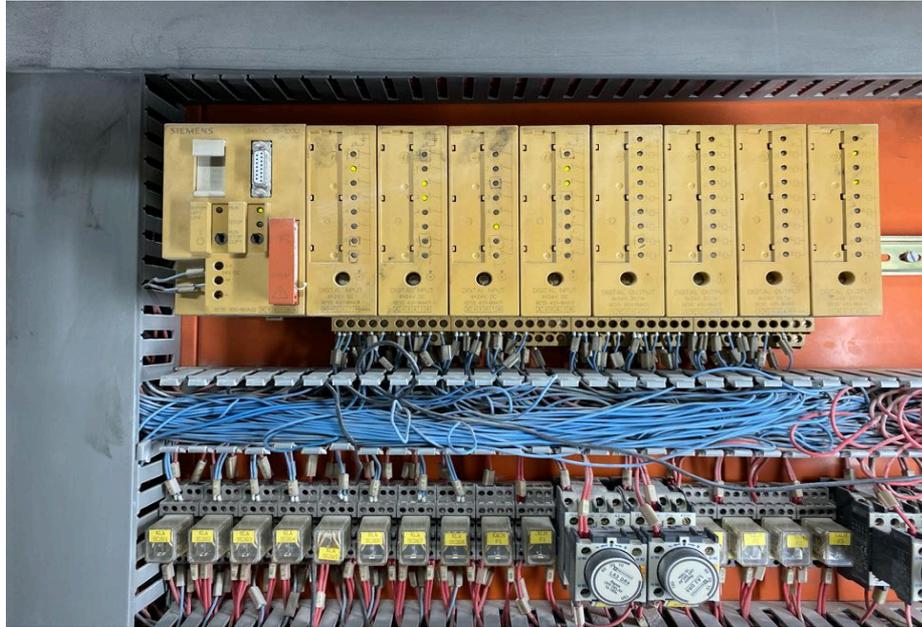


Figure 1.24 Logique câblée avec séquenceur de démarrage [7]

1.5.1.3 Deuxième génération

C'est le cas de notre objectif, où nous utilisons la logique programmée, suivant un seul automate qui est le S7 1500 de chez Siemens, avec une supervision interactive sur écran.



Figure 1.25 Installation sous logique programme [7]

1.5.2 Différence entre la logique programmée et la logique câblée

La logique câblée et la logique programmée, permettent d'effectuer de petites et moyennes opérations de contrôle-commande. Dans ce cas, les relais et plus globalement la logique câblée, peuvent suffire. Cependant lorsque les systèmes à commander deviennent de plus en plus complexes, on aura besoin d'autres organes de commande comme les circuits logiques, les automates.

La logique programmée permet de se passer des câblages, souvent fastidieux et peu flexibles. Grâce aux automates et aux microcontrôleurs, les opérations de modifications sur des systèmes automatisés, deviennent plus faciles et ne requièrent que l'ajout de quelques lignes de code.

Les automates reposent sur la logique numérique, comparés au relais qui est mécanique. Le fait que ces relais fonctionnent mécaniquement, entraîne qu'ils nécessitent plus d'entretien. Si nous prenons le cas d'une installation domotique, à base d'automate et une autre à base de relais, l'installation à base d'automate programmable, sera plus rapide à mettre en place. En outre, grâce aux technologies sans fils, la communication entre les différents équipements, peut se faire en utilisant moins de câble.

Lors de la mise en place d'opérations plus complexes, comme les temporisations et les compteurs, on aura besoin d'équipements supplémentaires, comme les relais temporisés. Cependant pour les automates, on peut utiliser un nombre important de timers internes, sans matériels supplémentaires.

Un autre avantage des automates par rapport à la logique câblée, est le domaine de la régulation. Par exemple, la commande d'un dispositif de chauffage, permet de maintenir un réservoir, à une température donnée. Cela est très difficile à faire, avec la logique câblée, car les relais exigeraient des circuits supplémentaires, tels que des comparateurs, des conditionneurs de signaux, des amplificateurs etc ... Avec un automate, cela devient plus simple, le capteur analogique connecté directement à l'automate, peut fournir le signal conditionné [7].

1.5.3 Durée de vie des équipements et des circuits électriques de contrôle.

Les tableaux ci-dessous sont des tableaux comparatifs, montrant l'impact de l'équipement souhaité sur l'équipement actuel [7].

Avantages de l'API	Inconvénients de l'API
Câblage et montage facile.	Prix élevé.
Modifications du programme faciles à effectuer par rapport à une logique câblée.	Le personnel doit être qualifié pour l'utiliser.
Énormes possibilités d'exploitation.	Peut réduire le nombre de personnels dans l'unité.
Fiabilité professionnelle.	
Durée de vie prolongée.	
Robuste.	
Maintenance simple.	

Tableau 1.1 Avantages et inconvénients de l'API [7]

Avantages de la logique câblée	Inconvénients de la logique câblée
Beaucoup moins cher que les automates.	Faible résistance sur le terrain. (secousses, vibrations, humidité).
Ne nécessite que des connaissances en électronique.	Usure des équipements plus rapide.
Pièces de rechange disponible.	Fréquences et vitesses limitées.
	Consomme beaucoup d'énergie sur les hautes fréquences.
	Trop bruyant.

Tableau 1.2 Avantages et inconvénients de la logique câblée [7]

1.6 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à des notions générales sur l'agro-alimentaire, tout en se concentrant sur l'aspect technique de la minoterie de Sidi Yahia. Le prochain chapitre parcourt l'analyse fonctionnelle du moulin.

2.1 Introduction

La minoterie est un ensemble d'équipements qui, en fonctionnant en harmonie, permettent de contribuer au phénomène de transformation du blé tendre, en farine. Dans ce chapitre, nous présentons l'analyse fonctionnelle du moulin, pour appréhender, le principe de fonctionnement de chaque équipement, ayant un comportement spécial, commandé depuis une interface. Celle-ci contrôle les séquences de démarrage et d'arrêts dans les différents points de transfert du blé, la supervision et la surveillance du moulin, de sorte à ce que le processus de transformation, devienne facilement utilisable par l'opérateur.

2.2 Analyse fonctionnelle du moulin

La minoterie est décomposée en quatre sections différentes ; la station de réception, celle du nettoyage, celle de la mouture et la station des déchets. Chaque section assure un rôle dans la transformation du blé, en farine. Nous allons procéder à une étude préalable afin, de faire la gestion du moulin en général [1, 2]. Dans ce cadre, les équipements traités sont les suivants :

- Les types des équipements de la minoterie et leurs principes de fonctionnement.
- La gestion des conditions de démarrage et l'arrêt des sections.
- Le transport, le transfert de la graine et, du produit.

2.3 Aspect technologique des équipements de la minoterie

Dans la minoterie la mise en marche et l'arrêt des équipements, varie de l'un à l'autre, mais en partageant les mêmes types de contrôle : le mode automatique et le mode manuel. L'arrêt d'urgence provoque immédiatement, l'arrêt de tous les équipements [5, 7, 8] [9, 10, 11].

2.3.1 Balance (WG)

La balance se divise en deux parties : la partie responsable de son chargement et l'autre de son déchargement. Toutes les deux sont équipées de capteurs.

La balance démarre automatiquement, une fois son tour venu, lors du cycle de démarrage ; si le capteur LH est désactivé et si, les équipements d'aspiration ainsi que l'équipement qui suit, sont en marche. La balance continue de fonctionner normalement tant que, le capteur LH du déchargement reste désactivé. Elle s'arrête si l'une des conditions de démarrage, change d'état ou, au déclenchement de l'arrêt d'urgence.

2.3.2 Élévateur (BE)

L'élévateur démarre à son tour, au cours du démarrage automatique, si le prochain équipement est disponible et, l'aspiration en marche.

Afin que l'élévateur continue de fonctionner, il est nécessaire que l'équipement qui lui succède, reste toujours en marche.

L'élévateur est aussi équipé d'un capteur de rotation, chargé de l'arrêter momentanément ou définitivement, à son déclenchement. Il s'arrête automatiquement, si le prochain équipement se met hors fonction, peu de temps après pour éviter le démarrage en charge, ou l'arrêt de la section.

2.3.3 Transporteur à chaîne (TC)

Le transporteur à chaîne se met en marche, lors du démarrage automatique. Une fois son tour arrivé, le système d'aspiration et l'équipement suivant, devront être fonctionnels.

On distingue dans le cas de cet appareillage, un capteur de rotation et un capteur d'engorgement ; si l'un d'entre eux ou les deux s'enclenchent ou que l'équipement qui suit s'arrête, le système cesse de fonctionner à son tour, jusqu'au moment voulu. L'arrêt de ce dernier, se fera à l'arrêt de la section ou si l'une des conditions de marche, s'arrête pendant une longue période.

2.3.4 Terreur (TR) le séparateur (SP) l'épierreur (TS) le batteur (SR) et le trieur (CS)

Ces systèmes ont tous les mêmes conditions de démarrage, représentées par l'activation de la station d'aspiration et des équipements qui suivent. Lors de leur fonctionnement, il leur suffit qu'un élément qui les précède s'arrête, pour les mettre en position de pause ou d'arrêt. En effet, le bon fonctionnement, dépendra du temps passer en cette phase. Pour leur arrêt total automatique, il suffit de stopper la station.

2.3.5 Sasseur (SD) / PLANSICHTER (SF) / Finisseur polygonal (FP) / Désagregueur rotatif (DS)

Le démarrage automatique de ces équipements, nécessite la mise en marche de la station d'aspiration et du prochain équipement. Le système s'arrête si l'une des conditions du démarrage, change d'état ou au déclenchement de l'arrêt d'urgence.

2.3.6 Ventilateur (FN)

Le démarrage automatique de cet équipement, nécessite la mise en marche de l'écluse (RV) spécifiée au circuit pneumatique. L'arrêt de cet appareillage, provoque l'arrêt du ventilateur (FN) ou l'arrêt d'urgence.

2.3.7 Filtre (FL)

Le démarrage automatique de cet équipement, nécessite la mise en marche du prochain équipement. L'arrêt de ce dernier, provoque l'arrêt du filtre (FL).

2.3.8 Vanne motorisée (SG)

La commande à l'ouverture ou à la fermeture de cet équipement, dépend de choix de la destination et la source du produit. Lorsque la charge du silo destinataire est réalisée, la vanne se ferme automatiquement.

2.3.9 Déviateur (DV)

Le positionnement automatique des déviateurs, dépend du choix de l'origine et la destination du produit, dans la chaîne de production.

2.3.10 Vibreur (AV) / Moto-vibreur (EX) / Vibro-finisher (VF)

Le démarrage automatique de ces équipements, nécessite la mise en marche des équipements de l'aspiration et du prochain équipement. Il s'arrête si l'une des conditions du démarrage, change d'état ou au déclenchement de l'arrêt d'urgence.

2.3.11 Mouilleur (DM)

Le démarrage automatique de ces équipements, nécessite la mise en marche de la vis de transport (SC) et du circuit pneumatique. Si l'une de ces conditions n'est pas vérifiée, l'arrêt de cet équipement, est immédiatement provoqué.

Les conditions de démarrage et d'arrêt des équipements, sont résumées, dans le tableau

Équipements	Conditions de démarrage	Conditions de permanence	Conditions d'arrêt
<ul style="list-style-type: none"> • Balance (WG) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements de l'aspiration en marche • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur du niveau haut du prochain équipement • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • L'élévateur (BE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements de l'aspiration en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur de rotation 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Transporteur à chaine (TC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements de l'aspiration en marche • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur de rotation • Capteur anti-bourrage • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.

<ul style="list-style-type: none"> • Tarreur (TR) • Séparateur (SP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements de l'aspiration en marche • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche • Capteur du niveau haut (LH) de la balance 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Epierreur (TS) • Batteur (SR) • Trieur (CS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements de l'aspiration en marche • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Doseur (MI) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements de l'aspiration en marche • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur du niveau bas (LL) • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Vis de transport (SC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur de présence • Les équipements de l'aspiration en marche • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche • Capteur de présence du niveau haut du prochain équipement. • Capteur de rotation 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Ecluse (RV) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur de pression • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.

<ul style="list-style-type: none"> • Appareil à Cylindre (RM) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche • Les équipements de l'aspiration en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Par commande manuelle. • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Compresseur d'air (BL) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements du circuit pneumatique en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements du circuit pneumatique en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt d'urgence • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Filtre (FL) • Ventilateur (FN) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt d'urgence • Par commande manuelle. • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Désinsectiseur (ID) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche • Les équipements de l'aspiration en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Capteur de rotation • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt d'urgence • Par commande manuelle. • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • PLANSICHTER (SF) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche • Les équipements de l'aspiration en marche • Plus de 3 minutes de son arrêt. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt d'urgence • Par commande manuelle. • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Sasseur (SD) • Finisseur polygonal (FP) • Desagregueur rotatif (DS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt d'urgence • Par commande manuelle.

<ul style="list-style-type: none"> • Mouilleur (DM) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les équipements de l'aspiration en marche 		<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Vanne (SG) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le choix de destination commande la vanne 	<ul style="list-style-type: none"> • Le prochain équipement en marche • Capteur du niveau haut (LH) 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrêt d'urgence • Par commande manuelle. • Arrêt du prochain équipement.
<ul style="list-style-type: none"> • Déviateur (DV) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le choix de destination commande le déviateur 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune condition 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune condition

Tableau 2.1 Conditions de démarrage, de permanence et d'arrêt des équipements [11]

2.4 Gestion des conditions de démarrage et d'arrêt des stations

2.4.1 Conditions de démarrage et d'arrêt des stations

Les stations de notre minoterie, partagent quelques conditions communes, lors du cycle de démarrage et d'arrêt de ses stations. Ce qui nous permet d'éviter des problèmes électriques, tels que les surcharges et les surintensités, ou même les soucis mécaniques, comme les engorgements [5, 7, 9], [10, 11].

Le démarrage s'effectue, en choisissant toujours la destination et la source du produit en s'assurant, que ces derniers soient accessibles. A cet effet, on peut commander les moteurs de 2 façons différentes :

- ❖ Commande automatique : la commande automatique d'un équipement, se fait lors du lancement du cycle de démarrage de la section.
- ❖ Commande manuelle : souvent utilisée si l'opérateur, souhaite démarrer uniquement l'équipement choisi pour l'essayer suite à une maintenance, ou pour effectuer une vidange ou d'autres opérations.

Ainsi, le fait que l'équipement soit en mode manuel, cela implique qu'il sera exclu de ces priorités, lors des séquences de démarrage et d'arrêt réalisées, sous la responsabilité de l'opérateur.

Les stations de la minoterie étudiée, répondent à des conditions de fonctionnement et d'arrêt, selon les critères qui suivent.

- Lors du remplissage du silo, s'il atteint le niveau haut, un capteur l'indiquera et enverra l'information à l'automate, afin de déclencher l'alarme pour faire intervenir l'opérateur.
- L'arrêt d'une station ou d'un équipement se fait soit, automatiquement dans le cas où une alarme reste activée, pendant une période déterminée, soit par l'opérateur, en cliquant sur la fenêtre (Arrêter). Cette opération fonctionne suivant une séquence d'arrêt. Lorsque cette dernière est mise hors tension, l'arrêt successif des équipements est provoqué, en commençant par le moteur situé à l'origine de la ligne de production, jusqu'à la destination, pour assurer l'évacuation du produit dans le circuit.
- Dans toutes les stations on trouve l'arrêt d'urgence. Ce dernier engendre une mise hors énergie des actionneurs, ce qui cause l'arrêt immédiat de tout le processus en cours, laissant une information à l'automate, pour avoir un certain suivi sur la transformation.

2.4.2 Séquences de démarrage et d'arrêt des stations

2.4.2.1 Station des déchets

Une fois la destination et la source sélectionnée, les équipements fonctionnent, suivant une séquence de démarrage. Le tableau 2.2, nous montre la séquence de démarrage et d'arrêt, des stations étudiées [5, 7, 9, 10, 11].

Arrangement	Séquence de démarrage des équipements	Séquence d'arrêt des équipements
01	Écluse (RV402)	Vis de transport (SC208)
02	Ventilateur (FN402)	Élévateur (BE207)
03	Filtre (FL402)	Balance (WG203)
04	Compresseur de l'air (BL306)	Écluse (RV315)
05	Écluse (RV314)	Écluse (RV314)
06	Écluse (RV315)	Compresseur d'air (BL306)
07	Balance (WG203)	Filtre (FL402)
08	Élévateur (BE207)	Ventilateur (FN402)
09	Vis de transport (SC208)	Écluse (RV402)

Tableau 2.2 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements de la station des déchets [11]

2.4.2.2 Station de réception

La mise en marche de la station, consiste à sélectionner l'origine et la destination du blé. La station de réception présente 5 origines (trémie, SL101, SL102, SL103, SL104) et 8 silos de destinations (SL101, SL102, SL103, SL104, SL105, SL106, SL107, SL108), d'après le processus de l'entreprise [9, 10, 11, 12].

➤ **1^{er} exemple : L'origine est la trémie, la destination est le silo SL101**

La mise en marche et l'arrêt des équipements concernés, suit la séquence de démarrage et d'arrêt suivant le tableau 2.3.

Arrangement	Séquence de démarrage des équipements	Séquence d'arrêt des équipements
01	Vanne motorisée (SG103)	Transporteur à chaine (TC101)
02	Transporteur à chaine (TC103)	Élévateur à godets (BE101)
03	Vanne motorisée (SG101)	Moteur à Tarare (TR101)
04	Transporteur à chaine (TC102)	Moto-vibreur à Tarare (SP101)
05	Élévateur à godets (BE102)	Élévateur à godets (BE102)
06	Moto-vibreur à Tarare (SP101)	Transporteur à chaine (TC102)
07	Moteur à Tarare (TR101)	Vanne motorisée (SG101)
08	Élévateur à godets (BE101)	Transporteur à chaine (TC103)
09	Transporteur à chaine (TC101)	Vanne motorisée (SG103)

Tableau 2.3 1^{er} Exemple d'une séquence de démarrage et d'arrêt des équipements de la station de réception [11]

➤ **2ème exemple : L'origine est le silo SL101, la destination est le silo SL108.**

Le tableau 2.4, indique le fonctionnement de la station de réception.

Arrangement	Séquence de démarrage des équipements	Séquence d'arrêt des équipements
01	La vanne motorisée (SG110)	La vanne motorisée (SG101)
02	Le transporteur à chaine (TC106)	Le transporteur à chaine (TC107)
03	Élévateur à godets (BE102)	Le transporteur à chaine (TC105)
04	Le transporteur à chaine (TC105)	Élévateur à godets (BE102)
05	Le transporteur à chaine (TC107)	Le transporteur à chaine (TC106)
06	La vanne motorisée (SG101)	La vanne motorisée (SG110)

Tableau 2.4 2ème Exemple d'une séquence de démarrage et d'arrêt des équipements de la station réception [11]

2.4.2.3 Station de nettoyage

Cette station est décomposée en 3 phases :

- 1^{er} nettoyage et mouillage ;
 - 2^{ème} mouillage ;
 - 2^{ème} nettoyage.
- **1^{er} nettoyage et mouillage** : nous commençons par choisir, les cellules de stockage du 1^{er} repos souhaité (nous avons 4 cellules SL201, SL202, SL203, SL204) et l'origine du blé dans les silos de stockage (SL105/SL106/SL107/SL108).
- Nous prenons l'exemple de la cellule 201, pour la destination et le silo 105 pour l'origine. La mise en marche et l'arrêt des équipements, suit la séquence du tableau 2.5.

Arrangement	Séquence de démarrage des équipements	Séquence d'arrêt des équipements
01	La vanne (SG201)	Le doseur (MI201)
02	La vis de transport (SC203)	Le transporteur a chaine (TC201)
03	La vis mouilleuse (SC 202)	L'élévateur (BE201)
04	Le mouilleur (DM201)	La Balance (WG201)
05	L'élévateur (BE202)	Les moto-vibreurs (SP201)
06	Tarare (TR203)	Les moto-vibreurs (SP 202)
07	Les batteurs (SR202)	L'épierreur TS201
08	Les batteurs (SR201)	Les batteurs (SR201)
09	L'épierreur TS201	Les batteurs (SR202)
10	Les moto-vibreurs (SP 202)	Tarare (TR203)
11	Les moto-vibreurs (SP201)	L'élévateur (BE202)
12	La Balance (WG201)	Le mouilleur (DM201)
13	L'élévateur (BE201)	La vis mouilleuse (SC 202)
14	Le transporteur a chaine (TC201)	La vis de transport (SC203)
15	Le doseur (MI201)	La vanne (SG201)

Tableau 2.5 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements du 1^{er} nettoyage [11]

- **2ème mouillage** : L'origine est l'un des silos (SL201/202/203/204), et la destination est l'un des silos (SL205/SL206/SL207/SL208). Cette réalisation s'effectue suivant le tableau 2.6.

Arrangement	Séquence de démarrage des équipements	Séquence d'arrêt des équipements
1	Vanne (SG204/205/205/206)	L'écluse (RV201/202/203/204).
2	Vis (SC206)	La vis (SC204)
3	Vis (SC205)	L'élévateur (BE203)
4	Le mouilleur (DM202)	La trieuse optique PIXEL5
5	L'élévateur (BE208)	L'élévateur (BE205)
6	L'élévateur (BE205)	L'élévateur (BE208)
7	La trieuse optique PIXEL5	Le mouilleur (DM202)
8	L'élévateur (BE203)	Vis (SC205)
9	La vis (SC204)	Vis (SC206)
10	L'écluse (RV201/202/203/204).	Vanne (SG204/205/205/206)

Tableau 2.6 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements du 2ème mouillage [11]

- **2ème nettoyage** : L'origine dans cette partie de nettoyage, est l'un des silos (SL205/SL206/SL207/SL208), et la destination est la balance WG202. Ce nettoyage est réalisé, selon les séquences du tableau 2.7.

Arrangement	Séquence de démarrage des équipements	Séquence d'arrêt des équipements
01	La balance (WG202)	L'écluse (RV205/206/207/208)
02	Tarare (TR204)	La vis (SC207)
03	Le batteur (SR203)	L'élévateur BE206
04	Le batteur (SR204)	Le séparateur SP203
05	L'élévateur (BE204)	Le mélangeur ML201
06	Vis de transport (SC210)	Satacké A
07	Satacké B	Satacké B
08	Satacké A	Vis de transport (SC210)
09	Le mélangeur ML201	L'élévateur (BE204)
10	Le séparateur SP203	Le batteur (SR204)
11	L'élévateur BE206	Le batteur (SR203)
12	La vis (SC207)	Tarare (TR204)
13	L'écluse (RV205/206/207/208)	La balance (WG202)

Tableau 2.7 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements du 2ème nettoyage [11]

2.4.2.4 Station de mouture

Le tableau 2.8 nous montre la séquence de démarrage et d'arrêt, de la station de mouture.

Arrangement	Séquence de démarrage des équipements	Séquence d'arrêt des équipements
01	L'écluse RV401	L'habilitation de l'alimentation des appareils cycindes RMF
02	Le compresseur d'air BL401	Les plansifters SF305 a SF301
03	Le ventilateur FN402	Les sasseurs SD304 a SD3041
04	La vis SC305	Le ventilateur FN303
05	L'ecluse RV301	L'écluse RV319
06	Le filtre FL301	Les vibro-finisseeurs VF304 au VF301
07	Le ventilateur FN301	Les finisseeurs polygonal FP306 jusqu'au FP301
08	Le compresseur d'air BL302	Le desinsecteur ID202
09	Filtre FL302	Les appareils cylindres RM301A jusqu'au RM 3191B
10	L'écluse RV315	Les desagregeurs DS313 juqu'au DS301
11	La vis SC308	Le clapé BV301
12	La balance WG304	Le ventilateur FN302
13	Le compresseur d'air BL305	La vis SC310
14	L'écluse RV313	Les vis SC304 a SC301
15	L'écluse RV316	L'écluse RV318
16	Le filtre FL303	L'écluse RV317
17	La vis SC307	L'écluse RV309 a l'écluse 302
18	La balance WG303	Le melangeur ML301
19	Le compresseur BL304	La balance WG 301
20	L'écluse RV312	L'écluse RV311
21	La balance WG302	Le compresseur d'air BL302
22	Le compresseur d'air BL302	La balance WG302
23	L'écluse RV311	L'écluse RV312
24	La balance WG 301	Le compresseur BL304
25	Le melangeur ML301	La balance WG303
26	L'écluse RV302 a l'écluse 309	Le compresseur BL304
27	L'écluse RV317	Le filtre FL303
28	L'écluse RV318	L'écluse RV316

29	Les vis SC301 a SC304	L'écluse RV313
30	La vis SC310	Le compresseur d'air BL305
31	Le ventilateur FN302	La balance WG304
32	Le clapé BV301	La vis SC308
33	Les desagregeurs DS301 juqu'au DS313	L'écluse RV315
34	Les appareils cylindres RM319B/A jusqu'au RM 301A	Filtre FL302
35	Le desinsecteur ID202	Le compresseur d'air BL302
36	Les finisseurs polygonal FP301 jusqu'au FP306	Le ventilateur FN301
37	Les vibro-finisieurs VF301 au VF304	Le filtre FL301
38	L'écluse RV319	L'ecluse RV301
39	Le ventilateur FN303	La vis SC305
40	Les sasseurs SD301 a SD304	Le ventilateur FN402
41	Les plansifter SF301 a SF305	Le compresseur d'air BL401
42	L'habilitation de l'alimentation des appareils cycindes RMF	L'écluse RV401

Tableau 2.8 Séquence de démarrage et d'arrêt des équipements de la station mouture [11]

2.5 Transport et transfert de la graine et du produit

2.5.1 Fenêtre de commande

Comme pour chaque ligne de production, lors de la séquence de démarrage et d'arrêt, l'ordre chronologique de mise en marche ou d'arrêt des équipements est primordial, pour nous garantir le résultat souhaité. A cet effet, l'automatisation (figure 2.1) de ces derniers, nous permettra non seulement de contrôler précisément et superviser l'état de chaque équipement, ainsi que du produit, mais encore, de conserver la traçabilité et l'historique de la production via une interface [10, 11, 12].

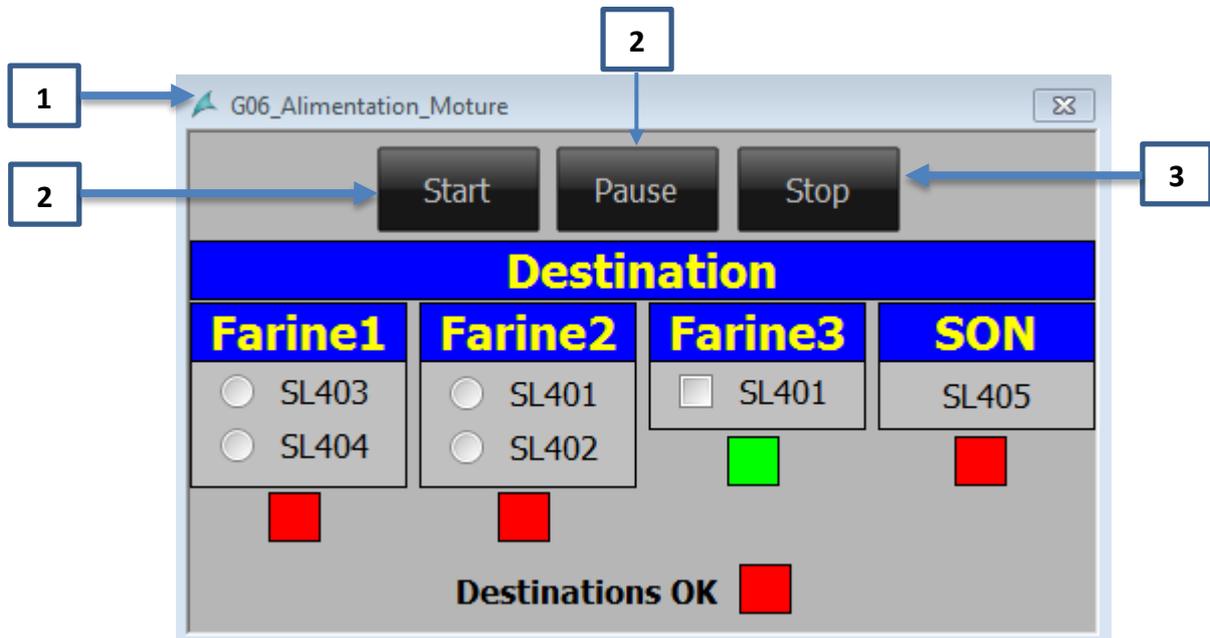


Figure 2.1 Fenêtre de commande [28]

Les numérotations 1, 2 et 3 correspondent aux opérations suivantes :

- 1- Choix de la station souhaitée ; a l'occurrence la mouture.
- 2- Bouton de démarrage de la section.
- 3- Bouton d'arrêt de la section.
- 4- Bouton pause de la section.

2.5.2 Transport de la graine

Afin d'effectuer l'opération de transport de la graine, tout au long du processus de sa transformation et de son stockage ; un circuit pneumatique équipé de compresseurs et d'extracteurs d'air, est mis en place [9, 10, 12].

On distingue aussi le transilage des grains qui est une technique, qui consiste à transférer le grain d'un silo à un autre. Cette technique est habituellement utilisée pour préparer le nettoyage des grains, ou un traitement suite à un incident de conservation, tel que la germination ou pour la désinsectisation.

Pour s'y faire, il nous faudra d'abord commencer par choisir la destination et la source souhaitée, pour activer les équipements responsables lors du transport (figure 2.2).

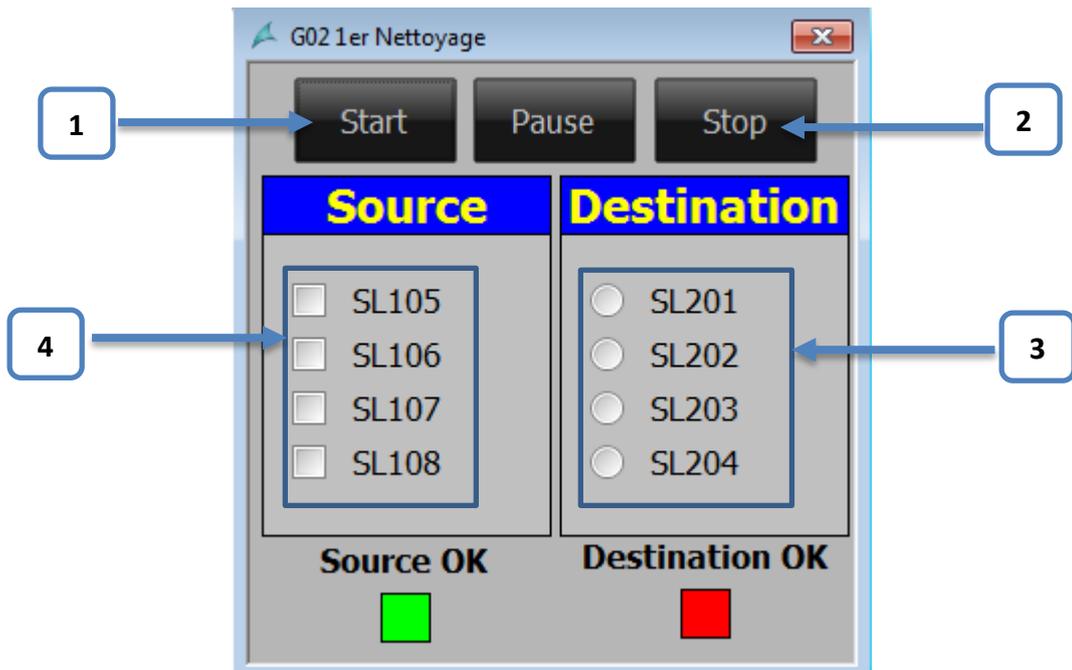


Figure 2.2 Fenêtre de commande à destination du blé [28]

A travers la figure 2.2, les commandes 1, 2, 3 et 4, assurent les rôles suivants :

- 1-Démarrage du transfert.
- 2-Arrêt du transfert.
- 3-Choix de la destination souhaiter.
- 4-Choix de la source du blé.

2.5.3 Transport du produit dans les différentes sections de la minoterie

2.5.3.1 Station de déchets

La mise en marche de la station de déchets, a la priorité dans tout le processus de la transformation. Il est important de s'assurer que ce circuit est vide et, prêt à l'emploi tout en confirmant, que la destination est bien prête.

Dans ce cadre, nous disposons de 5 silos (figure 2.3) pour stocker notre déchet (le son) (SL411, SL412, SL413, SL414, SL415).

Le choix d'une destination, dépend de la sélection d'un des silos de stockage, pour permettre aux déviateurs (DV314, DV315, DV316, DV317), de distinguer une position (A/B) automatiquement selon la décision faite par l'opérateur. Ceci se déroule comme ci-dessous :

- Pour alimenter le silo (SL415), tous les déviateurs prendront la position B.
- Pour alimenter le silo (SL414), les déviateurs (DV314, DV315, DV316) prendront la position B et, le déviateur (DV317) sera en position A.
- Pour alimenter le silo (SL413), les déviateurs (DV314, DV315) prendront la position B et, le déviateur (DV316) prendra la position A.
- Pour alimenter le silo (SL412), le déviateur (DV314) sera en position B et le déviateur (DV315) en position A.
- Pour alimenter le silo (SL411) le déviateur (DV314) prendra la position A.

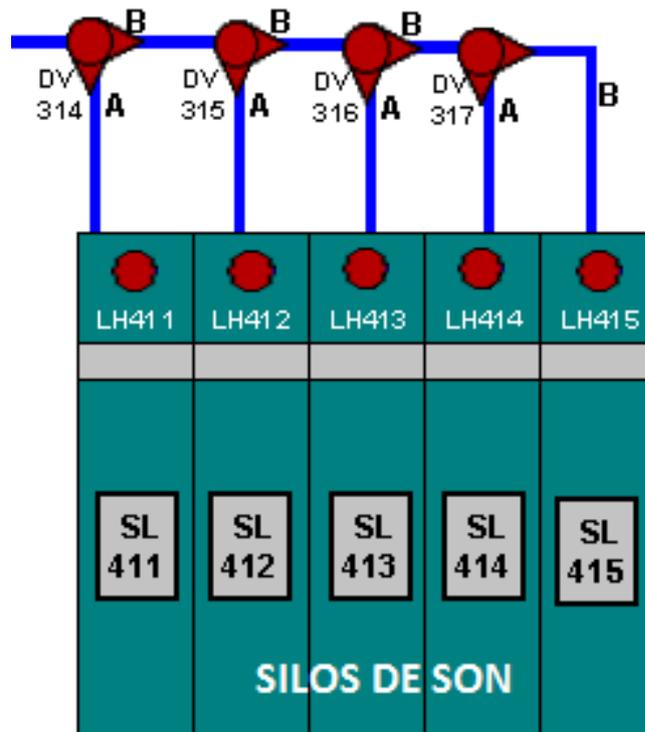


Figure 2.3 Silos de stockage du son [11]

Une fois le choix de la destination et de la source sélectionnée, la mise en marche de la station se fait lors du démarrage de l'aspiration. Cette station (figure 2.4) se compose de l'écluse (RV402), du ventilateur (FN402), d'un compresseur d'air (BL 306) et d'un filtre (FL402). Cette étape consiste à filtrer l'air comprimé des déchets indésirables, lors du transport du produit dans le circuit.

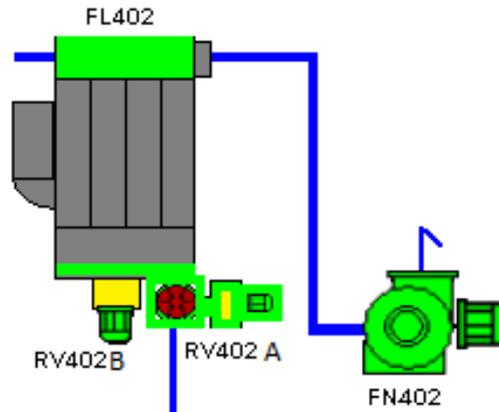


Figure 2. 4 Module d'aspiration [11]

Dans le cas où la source des déchets sélectionnée est la mouture, l'écluse (RV 314) commence à déverser, le son dans le canal pneumatique. Si on choisit de le recevoir depuis la réception, les moteurs (figure 2.5) suivants démarrent successivement l'écluse (RV 315), la balance (WG 203), l'élévateur (BE 207) et la vis de transport (SC 208).

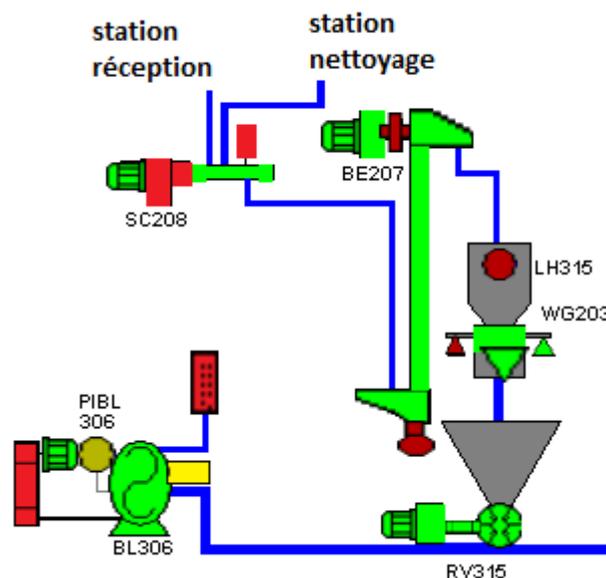


Figure 2. 5 Circuit de déchet [11]

Cette étape assure le transport du son (déchet), depuis les stations de réception et de nettoyage, aux silos de stockage.

2.5.3.2 Station de la réception

Le but de cette station est de stocker le blé. Cette opération consiste à entreposer le blé dans des silos de stockage [9, 10, 11] [12, 13, 14].

La station réceptionne des camions de blé qui décharge notre matière première, dans une trémie, qui alimente 8 silos de stockage. Une fois la destination et l'origine sont sélectionnées par l'opérateur, la mise en marche de la station se fait lors du démarrage de l'aspiration, qui se compose de l'écluse (RV101) et du ventilateur (FN101).

Nous considérons quelques exemples dans ce qui suit.

➤ **1^{er} exemple : l'origine est la trémie, la destination est le silo SL101**

Une fois tous les équipements mis en marche, le blé est transporté de la trémie dans le transporteur à chaîne (TC101) vers l'élévateur (BE101), en passant par le déviateur (DV101) qui est commandé à la position A (figure 2.6).

Les déviateurs (DV103) et (DV101) sont commandés à la position A. Les déviateurs (DV106) et (DV102) sont en position B.

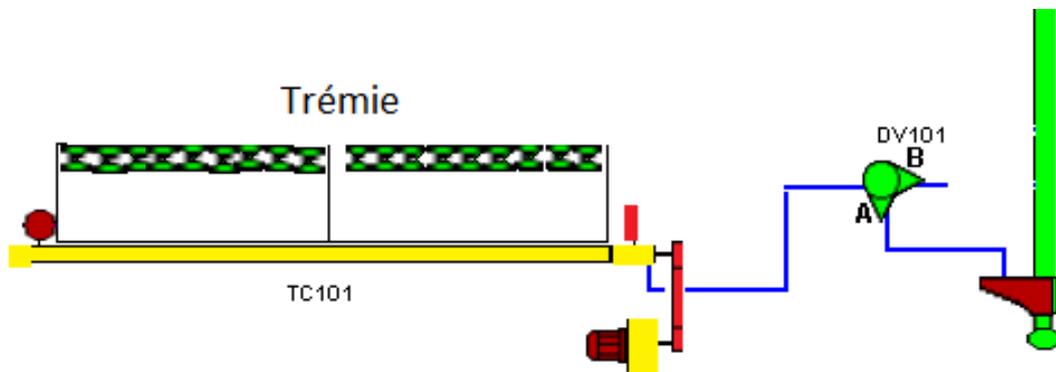


Figure 2.6 Trémie de décharge de la matière première [11]

L'élévateur (figures 2.8) décharge le blé dans le tarreur en passant par le déviateur (DV106) (figure 2.7) pour le nettoyage ou calibrage des matières premières et séparer les particules de faible densité (coques, poussières, bout de paille...). Ces équipements déchargent le blé nettoyé dans l'élévateur (BE102).

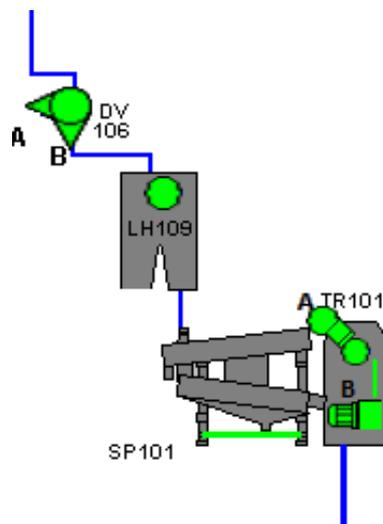


Figure 2. 7 Les équipements du pré-nettoyage [14]

L'élévateur à godets (BE102) assurant l'ascension du blé, vers le transporteur à chaîne (TC102).

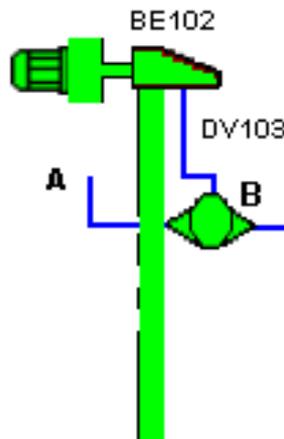


Figure 2. 8 Élévateur à godets [14]

Les transporteurs à chaîne (TC103) (TC102), permettent de transporter le blé de manière horizontale (figure 2.9).

Les vannes motorisées (SG103) (SG101), assurent le passage du blé vers notre destination.

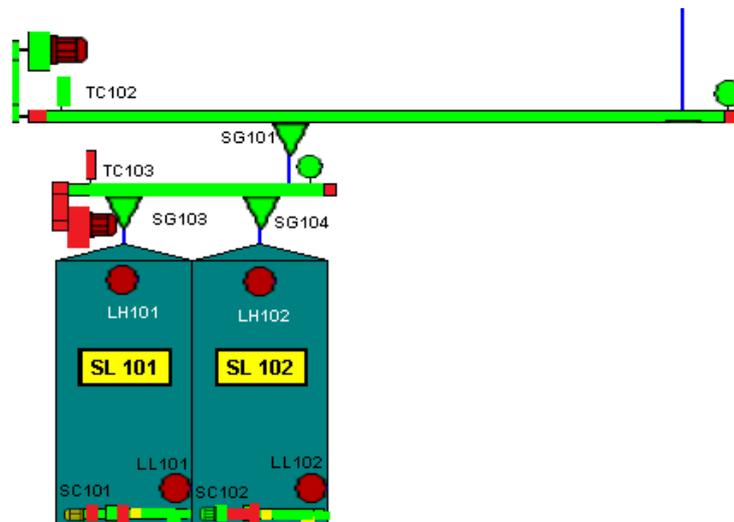


Figure 2.9 Passages du blé vers les silos de stockage

➤ **2ème exemple : L'origine est le silo SL101, la destination est le silo SL108**

Le déviateur (DV107) est commandé à la position A et, les déviateurs (DV103) et (DV104) en position B (figure 2.10). Une fois tous les équipements démarrent : la vis de transport (SG101) permettra le passage du produit de silo de stockage (SL101) vers le transporteur à chaîne (TC107). Ce dernier transfère notre produit, dans le transporteur à chaîne (TC105). Dans ce cas, le (TC105) décharge le produit dans l'élévateur à godets (BE102).

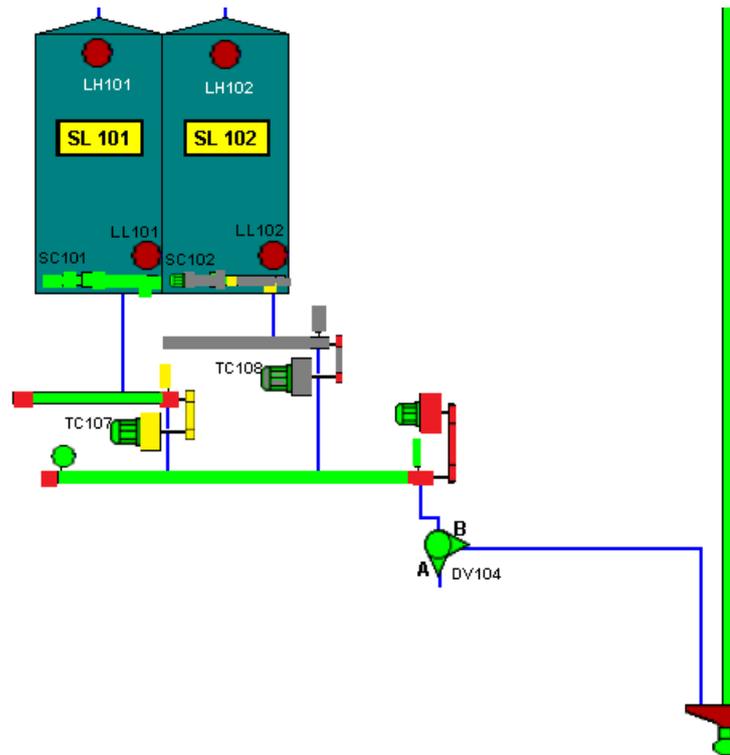


Figure 2.10 Passage du blé dans les équipements [14]

L'élevateur à godets (BE102) (figure 2.10) assure l'ascension du blé vers le transporteur à chaîne, (TC106) en passant par les déviateurs (DV103), (DV107) et (DV104). Le (TC106) transport le blé vers le silo de stockage (SL108), en passant par la vanne (SG110).

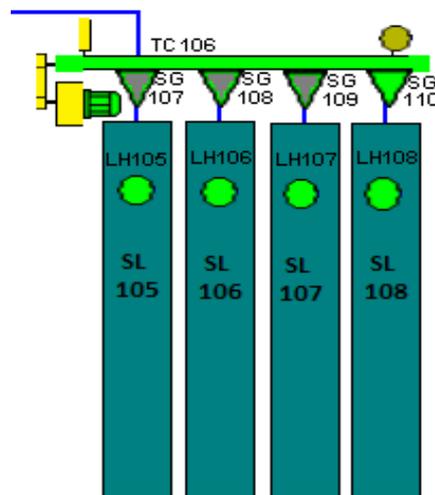


Figure 2.11 Silos de stockage [14]

2.5.3.3 Station de nettoyage

Cette station est décomposée en 3 phases ; la 1^{ère} phase assure le 1^{er} nettoyage et le mouillage du blé tendre, la deuxième étape permet le second mouillage et la troisième réalise le second nettoyage [13, 14].

➤ **Phase du premier nettoyage et du premier mouillage (figure 2.12)**

L'exemple considéré, est représenté par la source de blé tendre qui est le silo SL105 et la destination de ce dernier, est le silo SL201. Dans ce cas, lorsque tous les équipements démarrent, le doseur (MI201) permettra le passage du blé tendre du silo (SL105) vers le transporteur à chaîne (TC201), pour le transférer au l'élevateur (BE201).

L'élevateur à godets (BE201) assure l'ascension du blé, vers la balance (WG201) pour faire connaître la quantité du blé souhaitée, à nettoyer. Le blé passe par la suite, de la balance vers les séparateurs (SP201/SP202) puis vers les tarreurs (TR201/TR202).

À sa sortie, il peut soit prendre le chemin :

- Du (TR201/TR202) vers le trieur tambour (CS201)
- Du (CS201) vers l'élevateur (BE202)
- De l'élevateur (BE202), vers le mouilleur (DM201)
- Du (DM201) vers la vis (SC202)
- De la vis (SC202) vers la vis (SC203)
- Du la vis (SC203) vers le silo SL201 en passant par la vanne (SG201)

Sinon, il peut prendre le chemin suivant :

- Du (TR201/TR202) vers l'épierreur (TS201)
- De l'épierreur vers les batteurs (SR201/SR202)
- Du batteur (SR201/SR202) vers tarreur (TR203)
- Du tarreur (TR203) vers l'élevateur (BE202) et il va continuer vers le silo (SL201) en prenant le même chemin.

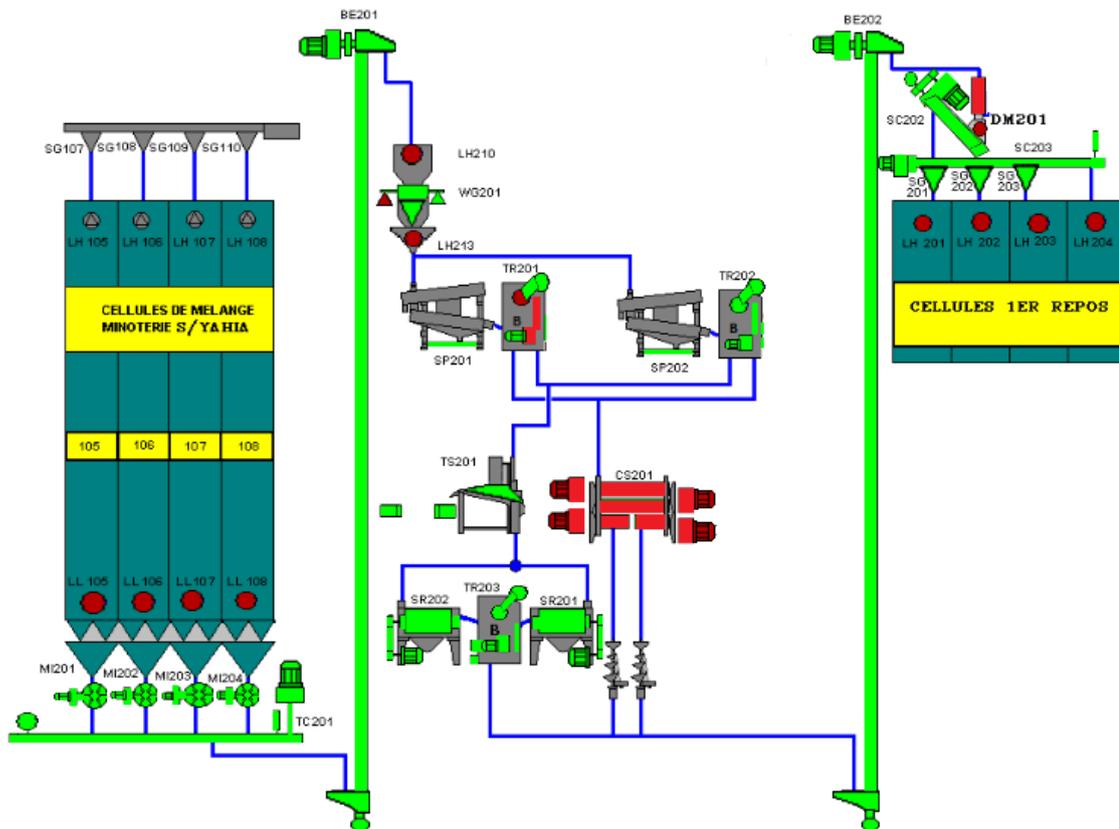


Figure 2.12 Phase du 1^{er} nettoyage et du premier mouillage [13]

➤ **2ème phase du 2ème mouillage du produit (figure 2.13)**

Nous considérons dans ce cas, la source du blé par le silo (SL201) et, la destination par le silo (SL208). La mise en marche de cette phase, assure le transfert du blé tendre du silo (SL201), vers le silo de stockage (SL208), en passant successivement par les équipements suivants :

- L'écluse (RV201).
- La vis (SC204).
- L'élévateur (BE203).
- La trieuse optique (PIXEL5).
- L'élévateur (BE209).
- Le mouilleur (DM202).
- La vis (SC206).

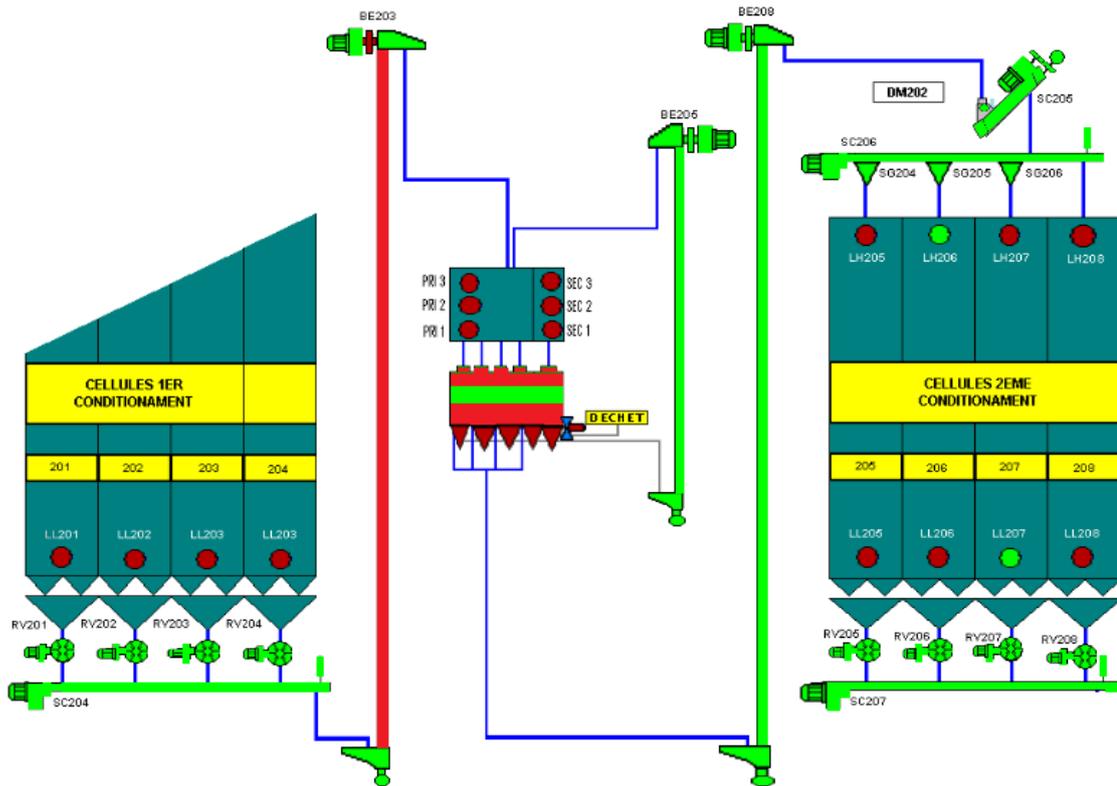


Figure 2.13 Phase du 2ème mouillage [13]

➤ **3ème phase de la station (figure 2.14)**

Cette phase assure le 2ème nettoyage du blé. Le transfert du blé dans cette étape, débute par l'un des silos de stockage (SL205/SL206/SL207/SL208), vers la balance (WG202) en passant successivement, par les équipements suivants :

- Une des écluses (RV205/206/207/208)
- La vis (SC207)
- L'élévateur (BE206)
- Le séparateur (SP203)
- Le mélangeur (ML201)
- Les vannes (SG209/210)
- Les Satakés 1 et 2
- La vis (SC210)
- L'élévateur (BE204)
- Les batteurs (SR203/204)
- Le tarreur (TR204)

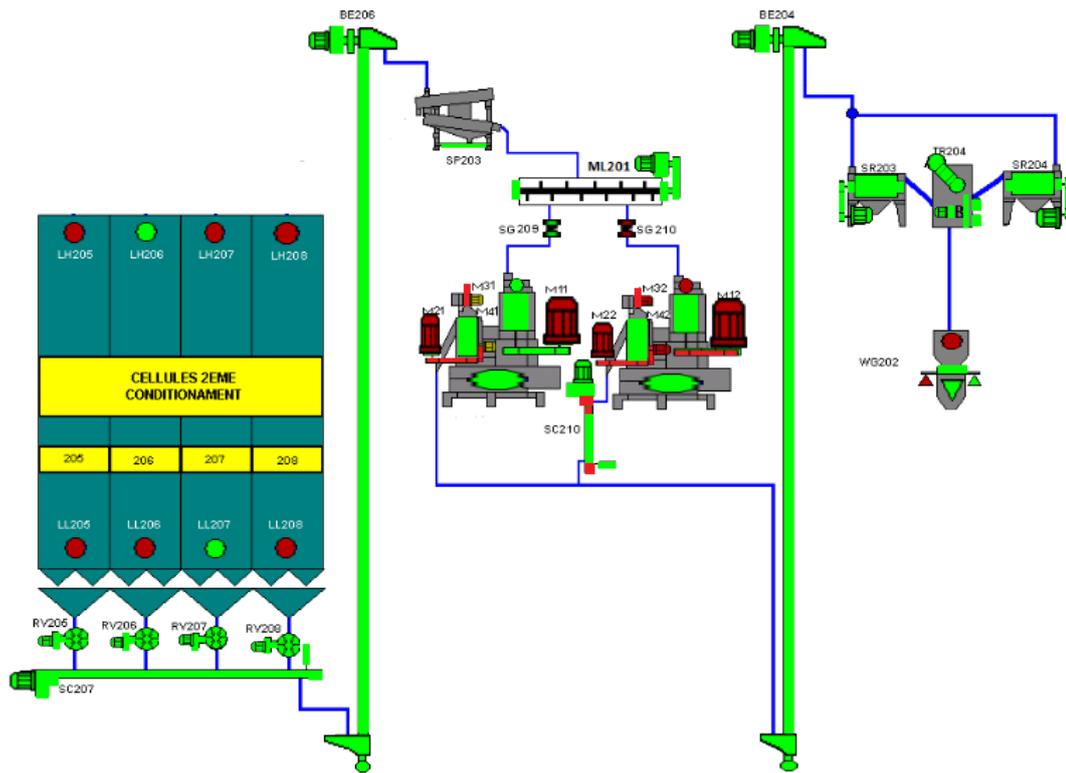


Figure 2.14 Phase du 2ème nettoyage [13]

2.5.3.4 Station de mouture

Le transfert du blé dans la mouture (figure 2.15), passe successivement par différents équipements, selon le degré de granulation de la graine. Les différents équipements utilisés, sont listés ci-dessous :

- Les appareils à cylindre (RM).
- Les Plansichters (SF).
- Les sasseurs (SD).
- Les Désagrégeurs (DS).
- Les Finisseurs polygonaux (FP).
- Les vibro-finisieurs (VF).

Après le passage du blé dans ces appareils, il en résulte de 3 qualités de farine, plus le son. Chaque produit passe par un chemin bien déterminé, afin de rejoindre son propre silo de stockage. Le tableau 2.9, montre le chemin de chaque produit fini.

Farine 1	Farine 2	Farine 3	Son
SC301	SC302	SC303	SC304
WG301	WG302	WG303	WG304
RV311	RV312	SC307	SC308
		RV313	RV314

Tableau 2.9 Destination du produit fini après la phase du 2ème nettoyage [11]

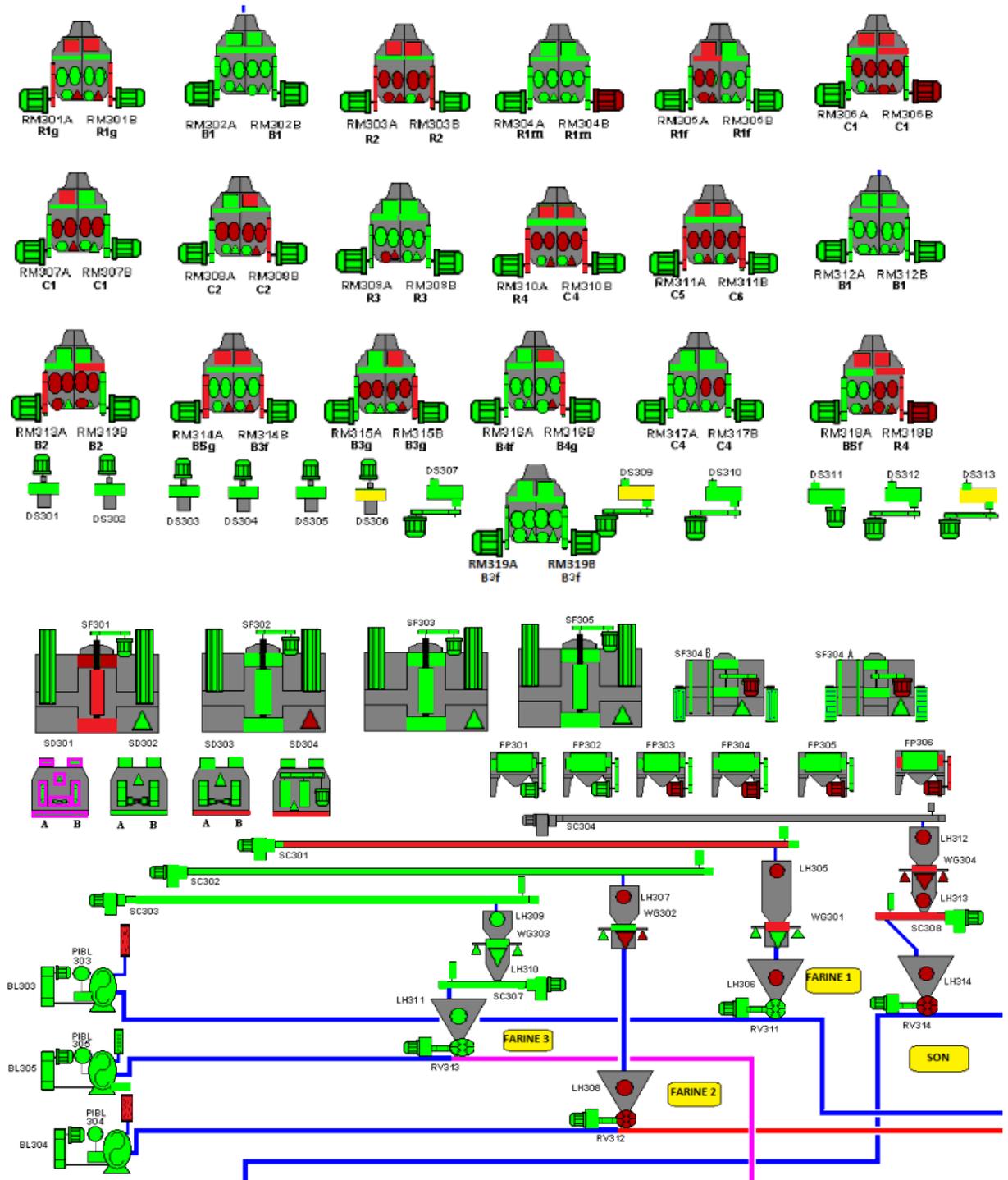


Figure 2.15 Station de la mouture [11]

2.6 Architecture du système automatisé

Au vu de l'analyse fonctionnelle effectuée dans ce chapitre, nous remarquons que notre système, est un système à évènement discret. Dans ce cadre, vu l'étendue et la complexité de ce système, il est très difficile voire, impossible de réaliser une solution directe, avec l'aide des méthodes conventionnelles telles que ; le grafcet et les schémas de représentation et de simplification, basés sur l'algèbre de Boole [8].

Étant donné qu'une solution est déjà mise en place avec une ancienne technologie fonctionnelle, nous estimons que l'analyse structurale de la solution actuellement installée, peut conduire à une solution probable.

2.6.1 Analyse fonctionnelle du système actuellement installé

Le système déjà installé dans la minoterie, est représenté par la figure 2.16.

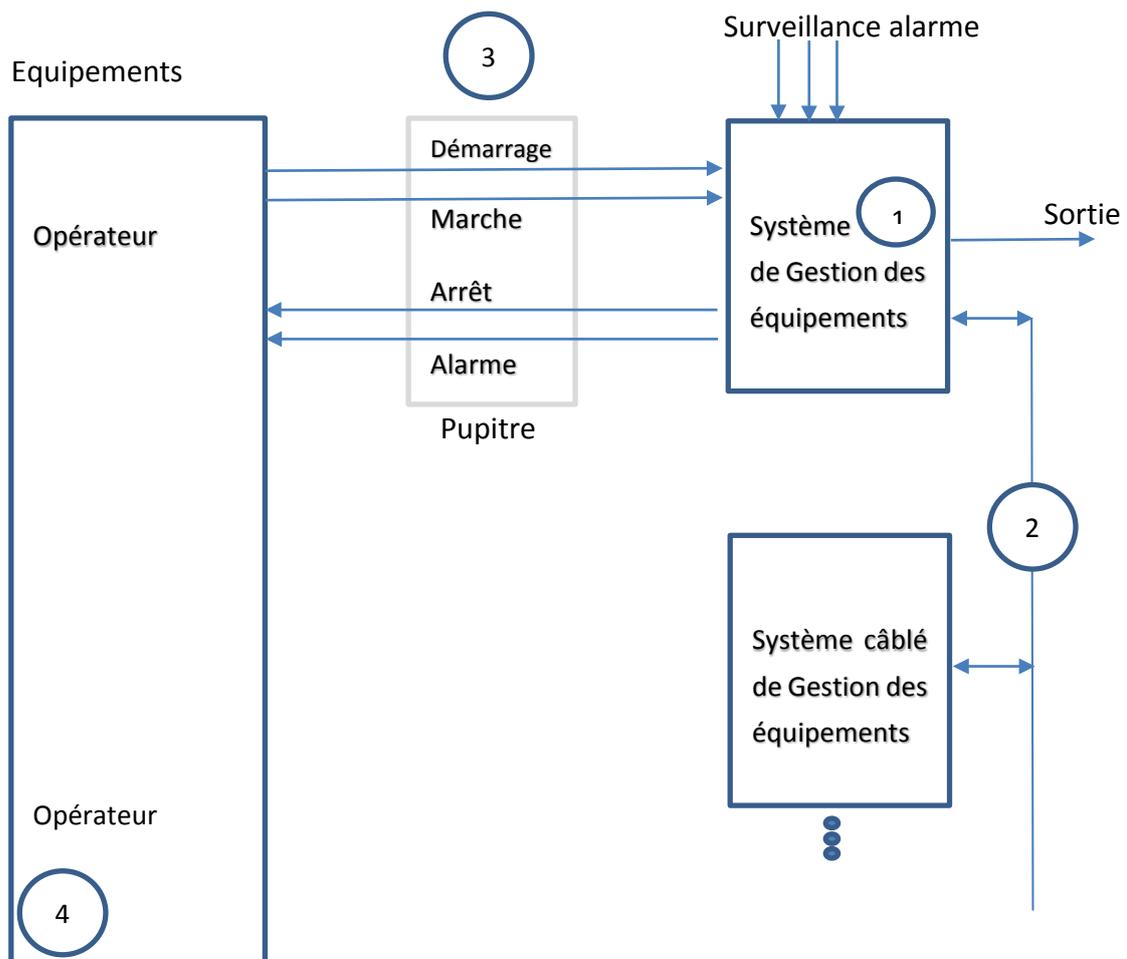


Figure 2.16 Structure générale du système semi automatisé [1]

1- Le système réalisé en logique câblé, est responsable de la gestion des alarmes et de la mise en marche et de l'arrêt de la station.

2- Cette commande indique la gestion des équipements, qui sont interconnectés électriquement par des signaux de verrouillage (Interlock) avec la logique câblée (Le verrouillage est valable pour tous les équipements).

3- Cette commande représente l'interface de l'utilisateur, sous forme de pupitre qui permet à l'opérateur le démarrage, l'arrêt et la surveillance d'état de chaque équipement.

4- Étant donné que ce système est semi-automatique, des équipements sont attribués à l'opérateur. La tâche de démarrage est cyclique et synchronisée.

2.6.2 Analyse fonctionnelle du système automatisé

Le système automatisé est conçu par la figure 2.17.

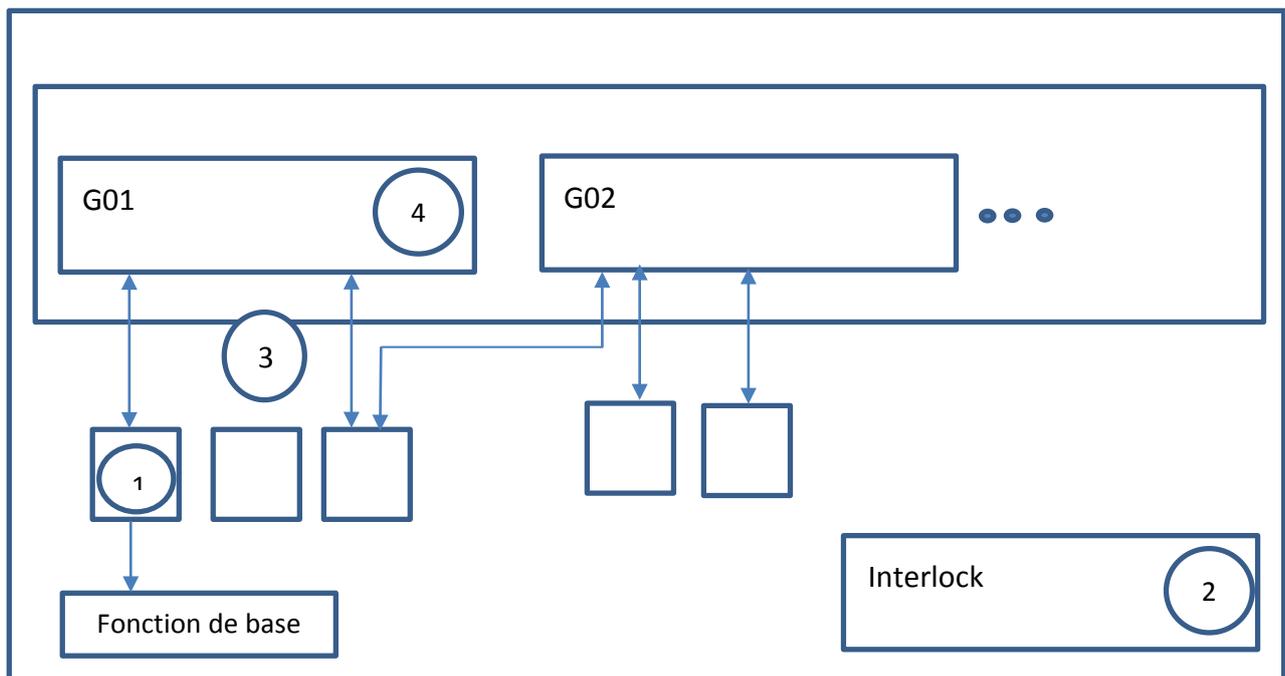


Figure 2.17 Structure générale du système automatisé par le programme PLC

- 1- Une fonction de base utilisée par tous les équipements, est responsable de la surveillance des alarmes, de la signalisation ainsi que, de la commande en mode manuel ou automatique, des cycles de démarrage des sections.
- 2- Interlock est une fonction qui regroupe toutes les données nécessaires, au verrouillage des équipements interconnectés.

- 3- L'interface utilisateur sous PC SYSTÈME, est une plateforme qui permet de contrôler et visualiser en direct, le déroulement du processus depuis un ordinateur.
- 4- Sachant que le système est totalement automatisé, le déclenchement du cycle de démarrage et d'arrêt, se fera automatiquement après avoir choisi de mettre hors ou, en fonction la station voulue.

2.7 Conclusion

L'analyse fonctionnelle du moulin étudiée dans ce chapitre, nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement du moulin, le mode de commande des équipements, ainsi que le cycle des séquences de démarrage et d'arrêt des groupes. C'est ce cadre, qui nous guide vers la création d'une architecture pratique de la solution. Cette conception constituera la base de notre réalisation pratique, décrite dans le quatrième chapitre.

Le troisième chapitre est consacré aux matériels utilisés, dans l'étude expérimentale.

3.1 Introduction

La technologie a fait des avancées très considérables dans le domaine l'automatisation industrielle. Ce qui met à notre disposition, un choix très varié pour automatiser la chaîne de production de la farine.

Pour la réalisation du système proposé dans le chapitre précédent, nous avons choisi le matériel cité ci-dessus.

3.2 Choix des équipements

3.2.1 Automate programmable industriel

L'automate programmable est un dispositif similaire à un ordinateur, ayant des entrées et des sorties, utilisé pour automatiser des processus comme la commande des machines sur une ligne de montage dans une usine. On nomme automaticiens, les programmeurs de ces Automates Programmables Industriels.

L'automate programmable est en fait, une amélioration des vieux relais que l'on utilisait et qui, nécessitaient des câblages fastidieux. Ainsi, une petite modification du fonctionnement de la machine, entraînerait un recâblage complet du système [9].

Lorsque les automates programmables, ont été introduits, ils ont été programmés dans un format, qui a suivi, la façon dont les relais ont été connectés physiquement. Dans ce cadre, au lieu d'avoir une équipe d'électriciens qui s'occuperaient de la logique câblée, celle-ci est maintenant confié à l'automate, que l'on peut programmer facilement via le langage à contact ou Ladder.

Un automate programmable (PLC) est un ordinateur numérique industriel, utilisé pour le contrôle des dispositifs électromécaniques, tels que, le contrôle de machines industrielles, des pompes, de l'éclairage, etc. Un automate sera connecté aux entrées.

L'automate traite les entrées en temps réel, basé sur la logique stockée dans sa mémoire et peut ainsi, activer ou désactiver des sorties. L'automate est simplement un dispositif électronique. Il s'agit d'une application des microcontrôleurs.

Les programmes sont généralement stockés, dans la mémoire sauvegardée par pile, ou par mémoire non volatile, comme la ROM.

Le fonctionnement de l'automate est expliqué dans les étapes suivantes :

➤ **Étape 1**

Lecture des entrées pouvant être des capteurs, des commutateurs, des boutons poussoirs, etc...

➤ **Étape 2**

Utilisation de son microprocesseur interne, pour exécuter les calculs logiques, de séquence, de temporisation et de comptage selon l'équation, ou l'état du signal d'entrée lu. Cela se traduit par une action au niveau des sorties (activations relais internes). Le langage principal de programmation de l'automate, est le Ladder ou le langage à contact.

Il existe des fonctions puissantes dans l'automate, avec les exigences de développement et d'application de la technologie électronique, telles que le contrôle de la position, les réseaux etc... Ainsi un API joue un rôle important, dans les industries de procédés. Dans le contexte actuel de l'automatisation, l'importance de l'automate a augmenté rapidement.

3.2.2 Critères de choix d'un API

Le choix d'un automate programmable, est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe, dont le personnel de maintenance doit toutefois être formé, sur les types des matériels adoptés [9, 10]. Parmi les critères de choix d'un API, nous citons :

- Le nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires, devient élevé.
- Le type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettent le choix dans une large gamme.
- Les fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettent de "soulager" le processeur, en offrant les caractéristiques souhaitées (résolution, etc. ...).

3.2.3 Structure interne d'un API

Les API [9, 10] comportent quatre parties principales :

- Une unité de traitement (un processeur CPU) ;
- Une mémoire ;
- Des modules d'entrées-sorties ;

- Des interfaces d'entrées-sorties ;
- Une alimentation 230 V, 50/60 Hz (AC) - 24 V (DC).

3.2.4 Principe de fonctionnement d'un API

L'automate programmable (figure 3.1) reçoit les informations relatives, à l'état du système pour commander les pré-actionneurs, suivant le programme inscrit dans sa mémoire.

Généralement les automates programmables industriels, ont un fonctionnement cyclique. Le microprocesseur réalise toutes les fonctions logiques ET, OU, les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul... Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons parallèles, appelées ' BUS ' qui véhiculent les informations sous forme binaire. Lorsque le fonctionnement est dit synchrone, par rapport aux entrées et aux sorties, le cycle de traitement commence par la prise en compte, des entrées qui sont figées en mémoire pour tout le cycle [10, 13].

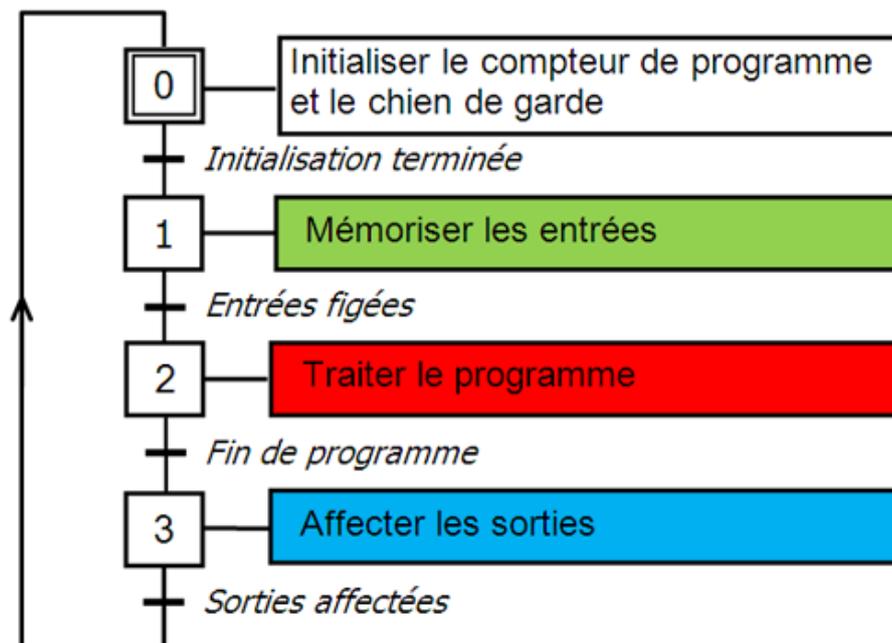


Figure 3.1 GRAFCET (un cycle de travail) [9]

Le processeur exécute alors le programme, instruction par instruction en rangeant à chaque fois, les résultats en mémoire. En fin de cycle, les sorties sont affectées d'un état binaire, par mise en communication avec les mémoires correspondantes. Dans ce cas, le temps de réponse à une variation d'état d'une entrée, peut être compris entre un ou deux temps de cycle.

Dans notre cas, le S7 1500 de Siemens, est celui qui a été choisi par notre entreprise, à sa particularité d'être le dernier modèle de Siemens, qui a passé ces tests de performances et, de fiabilité avec succès.

Le nouvel automate modulaire SIMATIC S7-1500, est destiné à faire des tâches d'automatisation simples mais d'une précision inuite (figure 3.2). Il est modulaire, compact, et polyvalent. Il constitue donc, un investissement sûr et une solution parfaitement adaptée, à une grande variété d'applications. Une conception modulaire et flexible, une interface de communication répondant aux exigences les plus sévères, dans l'industrie et une large gamme de fonctions technologiques performantes et intégrées, font de cet automate un composant à part entière, d'une solution d'automatisation complète.

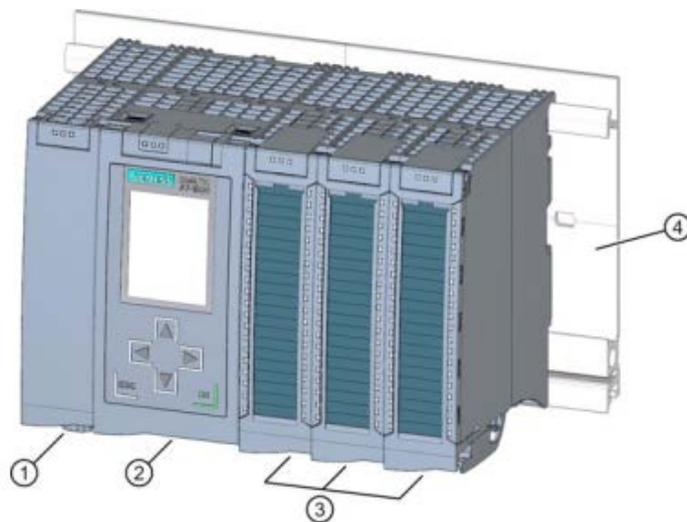


Figure 3.2 Automate programmable industriel [9]

- 1- Alimentation de la CPU.
- 2- CPU.
- 3- Modules I/O.
- 4- Rail de montage avec profil intégré de haute gamme.

3.2.5 Module d'interface entrée sorties

SIMATIC ET 200SP (figure 3.3) est un système de périphérie décentralisée modulaire et, très souple permettant de coupler les signaux du processus, à un automate de niveau supérieur via un bus de terrain [9].

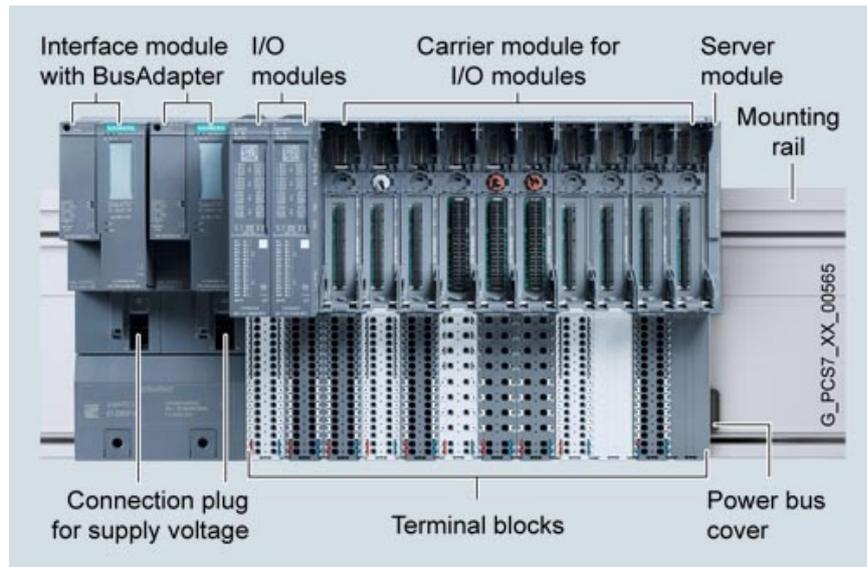


Figure 3.3 Architecture de SIMATIC ET 200SP [10]

3.2.6 Modules d'entrées et sorties

Les entrées numériques enregistrent des signaux 24 V CC dans l'installation et, les transmettent au contrôleur. Des commutateurs et des détecteurs de proximité, à 2, 3 ou 4 fils, peuvent être connectés [9, 10].

Les sorties numériques commutent des tensions de 24 V CC dans l'installation et transfèrent ainsi, les signaux internes du contrôleur à l'installation. Des électrovannes, des contacteurs CC et des voyants lumineux, peuvent être connectés.

Le module d'entrée / sortie économique de 25 mm de large (figure 3.4), n'a pas de paramètres réglables ni de fonctions de diagnostic. Il peut donc être intégré très facilement, dans l'ingénierie. Il est recommandé pour une utilisation dans des endroits, où seuls très peu de canaux d'entrée / sortie, sont nécessaires. Il est aussi conseillé dans des conditions d'utilisation, dans lesquelles un nombre élevé de canaux, doit être implémenté dans un espace très limité.



Figure 3.4 Module in/out put [10]

3.2.7 Alimentation

L'ABL8REM24050 de Schneider (figure 3.5), est une alimentation à découpage régulée à phase 0 Optimum, avec un montage sur rail DIN. Il s'agit d'une alimentation à découpage monophasée ou biphasée, pour des applications industrielles (tableau 3.1). Cette alimentation à phase 0 Optimum, peut être connectée en phase à neutre (N-L1) ou phase à phase 1 (L1-L2). Les alimentations Phase 0 de la gamme Optimum, possèdent des dispositifs de protection, pour garantir une performance optimale du système d'automatisation, avec un mode de reset automatique, après l'élimination du défaut [15].

Plage de tension d'entrée	85VAC à 264VAC
Tension de sortie	24VDC
Puissance nominale	120W
Courant de sortie d'alimentation	5A
Efficacité	85%
LED pour indication d'état	-
Protection contre les court-circuits	-

Tableau 3.1 Caractéristiques de l'alimentation (ABL8REM24050) [15]



Figure 3.5 Alimentation (ABL8REM24050) [15]

3.3 Actionneurs

3.3.1 Moteur asynchrone triphasé

Le moteur asynchrone triphasé (figure 3.6), agit comme un récepteur de puissance transformant ainsi, l'énergie électrique en énergie mécanique, grâce à des phénomènes électromagnétiques (figure 3.7). Sa particularité est la simplicité de construction, qui est en fait un matériel très fiable, demandant peu d'entretien [16].

Ce qui explique sa dominance, dans le domaine de l'industrie. Il se compose de deux parties essentielles ; le rotor pour la partie rotative et le stator pour la partie statique.

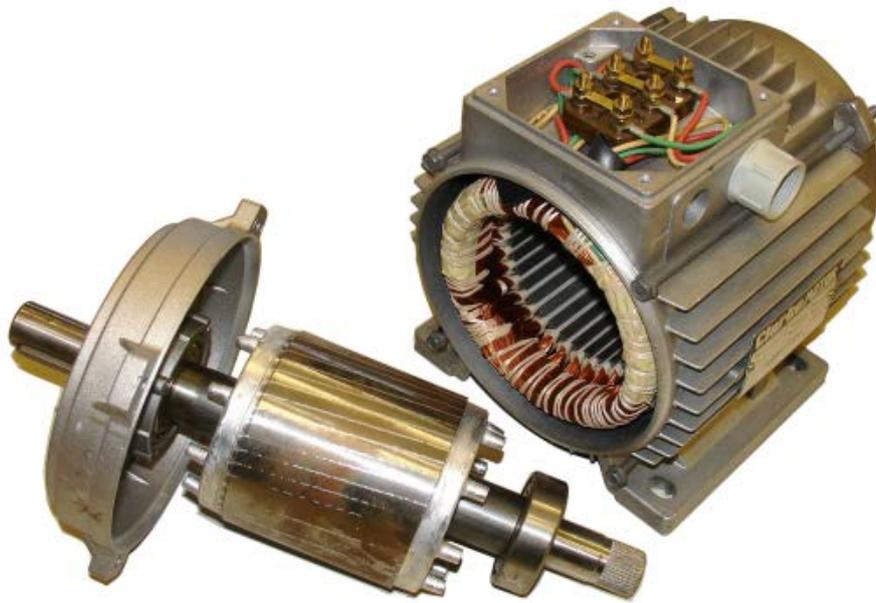


Figure 3.6 Moteur asynchrone triphasé [16]

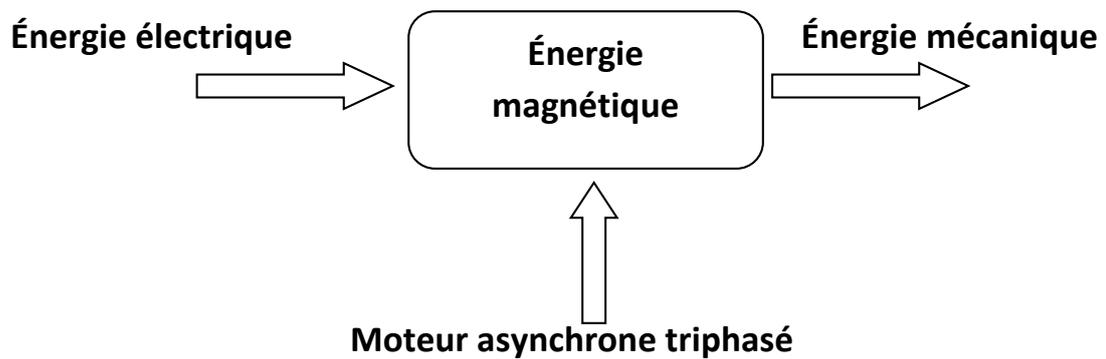


Figure 3.7 Schéma général du moteur asynchrone triphasé [16]

3.3.2 Constituants du moteur asynchrone triphasé

Le moteur asynchrone est composé des modules qui suivent [16].

- Le stator : aussi appelé cage d'écureuil, est la partie fixe du moteur, qui produit un champ magnétique tournant.
- Le rotor : qui est entraîné par le champ tournant du stator, produit l'énergie mécanique.
- Les flasques : ferment le carter moteur aux deux extrémités. Ces modules sont réalisés en fonte grise, ou en aluminium injecté. Les flasques sont centrés sur le carter et réunis entre eux, par des tirants ou des tiges d'assemblage.

- L'arbre du rotor : le rotor est monté sur un arbre en acier. A une de ses extrémités, est monté le ventilateur et éventuellement le frein. A l'autre extrémité, on trouve l'arbre de sortie avec une rainure de clavetage, pour le montage du pignon d'entraînement.
- Le carter : généralement réalisé en aluminium injecté pour les petits moteurs et, en fonte grise pour les gros moteurs. Dans la boîte à bornes s'effectuent les branchements, qui sont fixés sur le dessus ou sur le côté.
- Le ventilateur : placé à l'arrière du moteur, permet le refroidissement du moteur. Le capot oriente le flux d'air, vers les ailettes du carter.
- Les roulements : sur le moteur proposé, le guidage en rotation de l'arbre se fait par deux roulements à billes, montés dans les flasques (d'autres combinaisons sont possibles).

3.3.3 Principe de fonctionnement

Trois bobines fixées sur un circuit magnétique appelé stator, sont alimentées par un réseau de tensions triphasées. Ces trois tensions étant déphasées chacune, de 120° produisent à travers des bobinages statoriques un champ magnétique, tournant s'exerçant sur un cylindre en aluminium appelé rotor. Ce dernier se met alors à tourner dans le même sens que le champ tournant mais à une vitesse légèrement plus faible d'où le terme asynchrone [16].

3.3.4 Branchement des moteurs (choix du couplage)

Afin d'adapter un moteur sur un réseau électrique souhaité, il est obligatoire de respecter les courants et les tensions inscrits, sur la plaque signalétique (figure 3.8) suivant un type de couplage. Celui-ci sera adéquat au branchement choisi, pour ainsi éviter, les chutes de tensions qui peuvent endommager nos équipements [5, 16, 17].

V		Hz	min ⁻¹	kW	cos ϕ	A
Δ 220	50	1427	17	0.88	60	
Y 380	50	1427	17	0.88	35	
U_R 250					I_R 42	

GRAISSE ESSO UNIREX N3			
DE 6310 C3	15 cm ³	11000 /	H 50/60 Hz
NDE 6310 C3	15 cm ³	11000 /	H 50/60 Hz

Couplage adopté	Vitesse nominale	Puissance utile	Facteur de puissance	Intensité du courant en ligne
-----------------	------------------	-----------------	----------------------	-------------------------------

Figure 3.8 Plaque signalétique [17]

On distingue de deux types de couplages :

- **Couplage étoile** : Lorsque deux enroulements sont alimentés en série, la tension de fonctionnement la plus élevée est égale à la tension, entre les phases du réseau d'alimentation (figure 3.9).

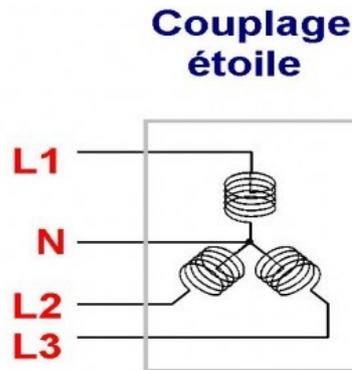


Figure 3.9 Couplage étoile [18]

- **Couplage triangle** : Lorsqu'un enroulement seulement est alimenté, la tension de fonctionnement la plus basse est égale à la tension entre les phases (tension composée) du réseau d'alimentation.

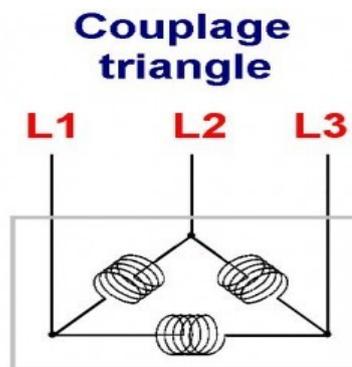


Figure 3.10 Couplage triangle [18]

Les types de commande d'un moteur [16], peuvent correspondre à trois modèles différents :

- ✓ Le modèle de démarrage direct online.
- ✓ Le modèle de démarrage étoile triangle.
- ✓ Le modèle de démarrage en soft-starter.

Nous présentons le cas d'un couplage étoile triangle.

- **Principe de fonctionnement du couplage étoile triangle**

Le démarrage étoile triangle (figure 3.11) est très utilisé en électrotechnique, pour la mise en route des moteurs électriques asynchrones triphasés. Ce dispositif est employé afin de diminuer les pics de courants, lors du démarrage

direct. En effet, l'intensité du courant au démarrage (en direct) est très importante, vis à vis du courant nominal du moteur (environ 5 à 7 fois l'intensité nominale). Sur les gros moteurs ces courants importants, entraînent des surcharges sur les lignes d'alimentations (fils, câbles, bornes), sur les appareils de protection et de commande (fusible, sectionneur, contacteur, relais thermique...) d'où une usure, voire une destruction prématurée, des composants du démarreur [18, 19].

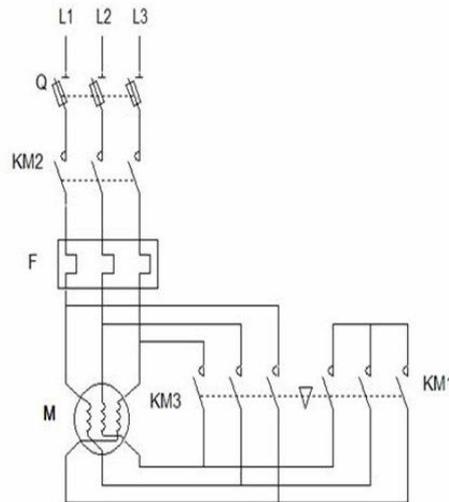


Figure 3.11 Schéma de puissance étoile triangle [19]

L1, L2, L3 : Alimentation triphasée.

Q : Fusible sectionneur.

KM1 : Contacteur couplage étoile.

KM2 : Contacteur de ligne.

KM3 : Contacteur couplage triangle.

F : Fusibles.

M : Moteur triphasé.

3.3.5 Réducteurs

Un réducteur mécanique, a pour but de modifier le rapport de vitesse ou/et, le couple entre l'axe d'entrée et l'axe de sortie d'un mécanisme [16, 19]. Le réducteur est caractérisé par son rapport de transmission :

$$R = \frac{\Omega_{\text{Sortie}}}{\Omega_{\text{Entrée}}} \quad 3.3$$

Avec " Ω " la vitesse de rotation.

Si $R < 1$: Nous avons à faire à un réducteur.

Si $R > 1$: Nous avons à faire à un multiplicateur de vitesse.

Le réducteur est souvent réversible, c'est à dire que la sortie peut jouer le rôle d'entrée et réciproquement.

3.4 Pré-actionneurs

Les automates programmables industriels [9] sont généralement incapables, de distribuer directement l'énergie nécessaire à l'actionneur, car ils traitent de l'information sous forme d'énergie de faible niveau.

Le pré-actionneur est donc là pour s'occuper de distribuer une énergie forte, adaptée à l'actionneur, en fonction de commandes (énergie faible) venant de l'API. La raison d'être du pré-actionneur, réside dans les problèmes de distribution de l'énergie, à l'actionneur. En fonction des grandeurs d'entrée et de sortie, on peut classer les pré-actionneurs par :

- Pré-actionneurs électrique (les contacteurs et les relais) [20, 21].
- Pré-actionneurs pneumatiques et hydrauliques (les distributeurs) [22].

3.4.1 Distributeur pneumatique

L'énergie pneumatique est distribuée à l'actionneur, sur ordre de l'unité de traitement. Cette énergie pneumatique est transformée en énergie mécanique, afin de mouvoir les effecteurs [22].

Les distributeurs pneumatiques, sont des éléments de la chaîne d'énergie. Ils distribuent de l'air comprimé aux actionneurs pneumatiques (vérins, générateurs de vide, moteurs à palettes...), à partir d'un signal de commande (pilotage).

3.5.1.1 Principe de fonctionnement

Les distributeurs sont réalisés suivant deux technologies de commutation différentes :

- **Les distributeurs à clapets :** Ils sont constitués d'équipements mobiles à clapets munis de joints (figure 3.12) qui, en se déplaçant d'un siège à l'autre, ouvrent ou obturent le passage de l'air comprimé.

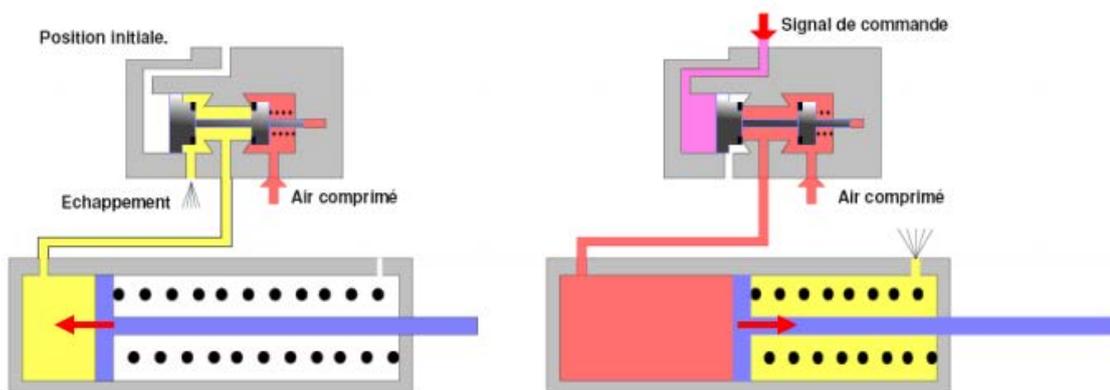


Figure 3.12 Fonctionnement d'un distributeur pneumatique à clapets [22]

Les distributeurs à clapets, sont réservés aux petits distributeurs à faible débit. Ils sont robustes car ils s'accommodent d'air, même non lubrifié. En général un distributeur à clapet est réservé à la commande de vérins jusqu'à un \varnothing de 25 mm.

- **Les distributeurs à tiroirs** : L'équipement mobile de ce type d'appareil, comprend un axe épaulé, appelé tiroir, qui, en se déplaçant à l'intérieur d'un corps muni de joints d'étanchéité, met les orifices d'utilisation en communication (figure 3.13).

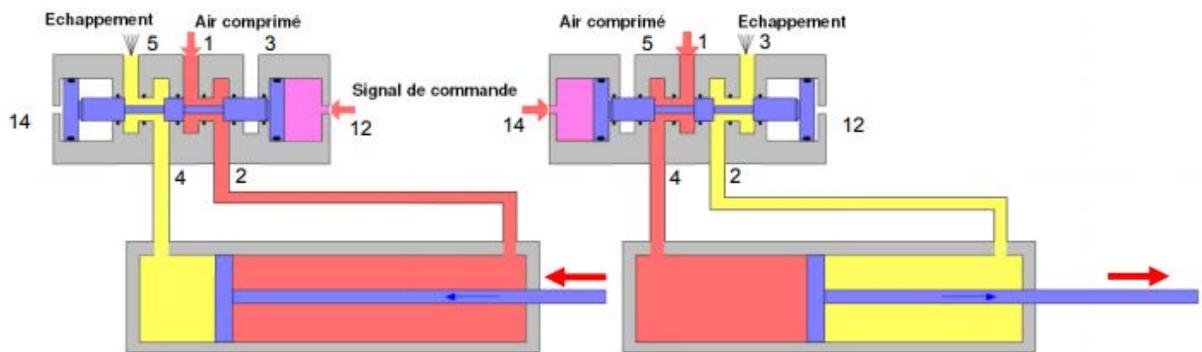


Figure 3.13 Fonctionnement d'un distributeur pneumatique à tiroirs [22]

Les distributeurs à tiroirs peuvent commander tous les types de vérins, grâce à leurs capacités de débit qui peuvent être importantes.

3.5.1.2 Type de commande des distributeurs

La représentation des différents types de commandes (figure 3.14), s'ajoute de chaque côté du symbole de base.

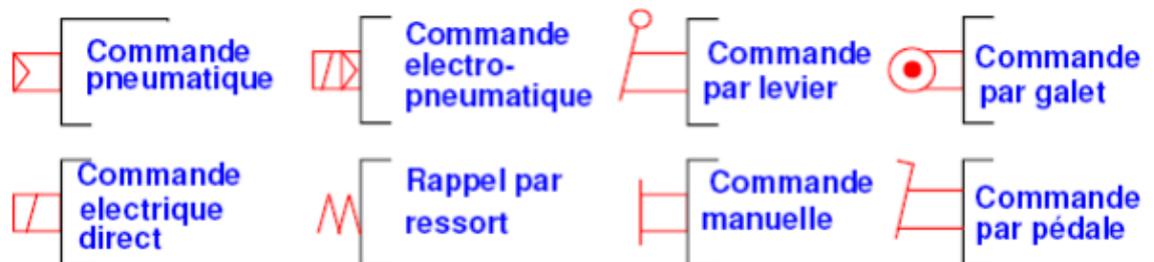


Figure 3.14 Différents types de commande un distributeur [22]

Le distributeur peut -être monostable ou bistable. Le tableau 3.2, indique les critères de fonctionnement de chacun d'eux.

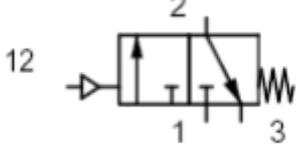
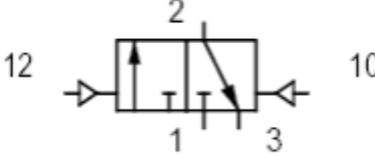
Distributeur MONOSTABLE	Distributeur BISTABLE
<p>Si le distributeur possède un rappel par ressort, on dit qu'il est MONOSTABLE. En présence du signal de pilotage, le tiroir bascule et reste dans sa position, si le pilotage est maintenu. En l'absence du signal de pilotage, le tiroir retrouve sa position de repos sous l'action du ressort.</p>	<p>Si le distributeur possède deux pilotages, il est dit BISTABLE. En l'absence de signal de pilotage, le tiroir ne bouge pas et occupe la position qu'il avait précédemment.</p>
	

Tableau 3.2 Distributeur (monostable/bistable) [22]

3.4.2 Contacteur

3.5.2.1 Définition

Le contacteur (figure 3.15) est un appareil mécanique de connexion, capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharge en service.

Le contacteur de puissance, est utilisé pour la commande des moteurs, des résistances du chauffage, du circuit de puissance en général. Il est repéré dans les schémas par KM, (KM1, KMA...) aussi bien que pour la bobine, que les contacts.

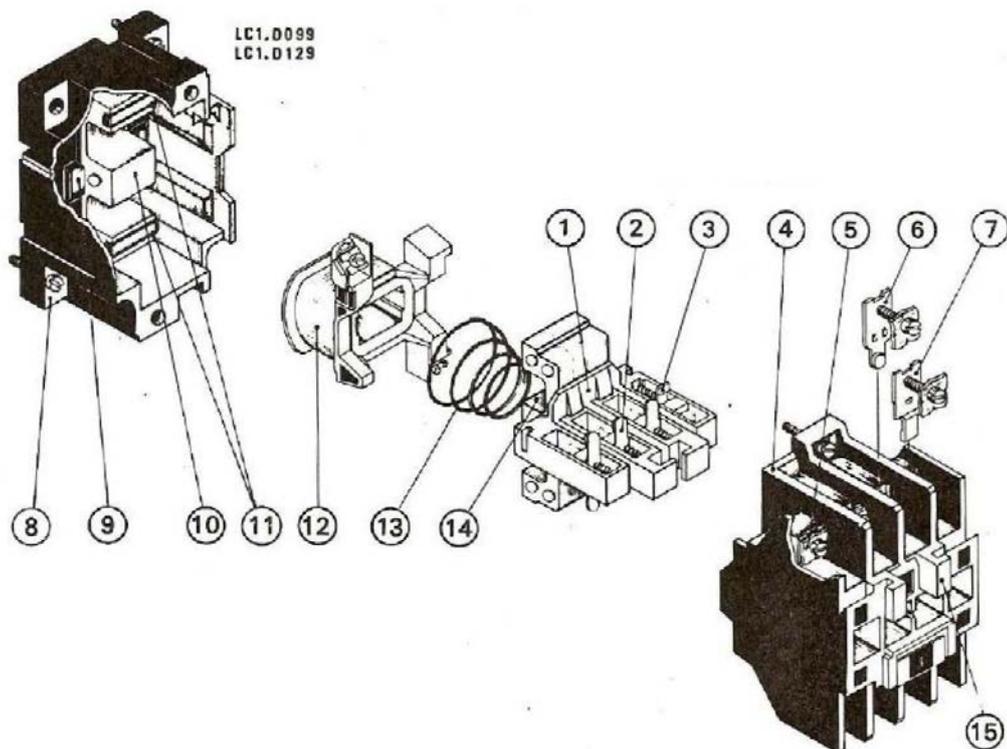
On appelle ce type de constituant '*pré-actionneur*', puisqu'il se trouve avant l'actionneur dans la chaîne des énergies. Ce dernier peut être commandé à distance, au moyen de contacts actionnés manuellement (bouton poussoir), ou automatiquement (asservi à une grandeur physique : pression, température, vitesse, etc.) [20].



Figure 3.15 Modèles des contacteurs [20]

3.5.2.2 Constitution

La (figure 3.16), représente les différents constituants d'un contacteur.



- 1-Support contacts mobile de pôle.
- 2-Contact mobile de pôle "F".
- 3-Contact mobile auxiliaire "O"
- 4-Boitier de pôles et chambres de coupure de l'arc.
- 5-Connexion de puissance.

- 6-Contact fixe de pôle "F".
- 7-Contact fixe auxiliaire "O".
- 8-Socle.
- 9-Amortisseur de chocs de l'électro.
- 10-Partie fixe de l'électro-aimant.
- 11-Bagues de déphasage.
- 12-Bobine d'attraction.
- 13-Ressort de rappel de la partie mobile de l'électro.
- 14-Partie mobile de l'électro-aimant.
- 15-Glissière permettant l'adjonction de contacts auxiliaires instantanés et temporisés.

Le contacteur de puissance (figure 3.17) comporte 4 ensembles fonctionnels :

- le circuit principal ou circuit de puissance ;
- le circuit de commande ;
- l'électro-aimant ;
- le circuit auxiliaire (bloc supplémentaire).

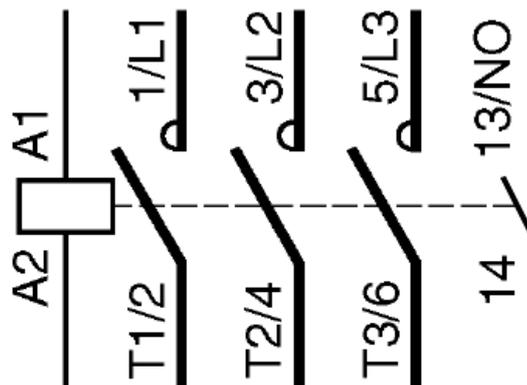


Figure 3.17 Schéma d'un contacteur [20]

3.5.2.3 Circuit principal ou circuit de puissance

C'est un ensemble de pièces conductrices (figure 3.18), du courant principal du contacteur. Le circuit est constitué, de contacts principaux (1/L1- T1/2, 3/L2-T2/4, 5/L3-T3/6).

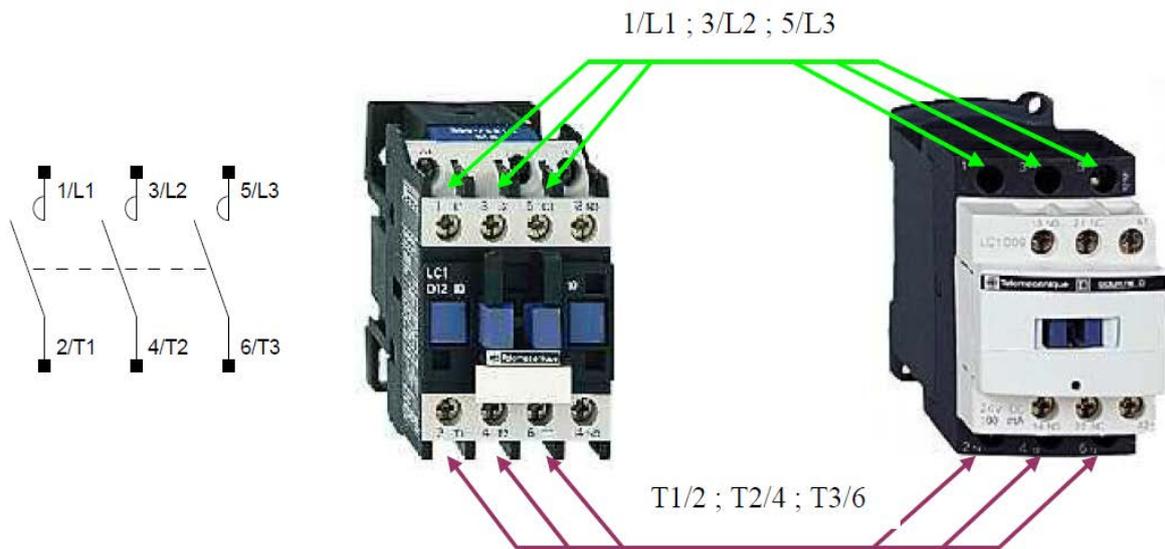


Figure 3.18 Circuit principal d'un contacteur [20]

3.5.2.4 Circuit de commande

Il comprend un ou deux contacts de commande (figure 3.19), pour par exemple l'auto maintien des contacts de commande (NO/13-14 ; NC/21-22).



Figure 3.19 Circuit de commande d'un contacteur [20]

3.5.2.5 Organe moteur

L'électro-aimant est l'élément moteur du contacteur (figure 3.20). Il comprend : une bobine alimentée sous une tension alternative ou continue en : 24V, 48V, 110V, 230V et 400 V. Elle est repérée par les bornes A1, A2.

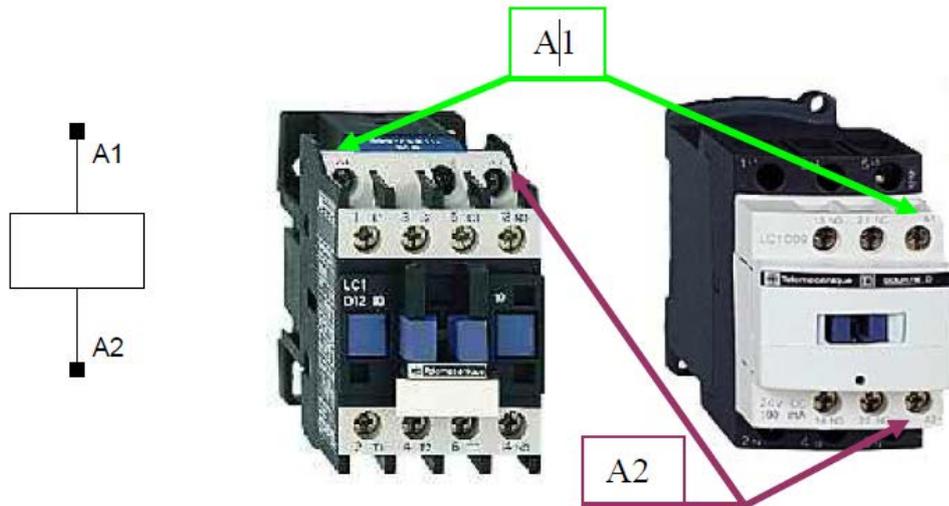


Figure 3.20 Organe moteur du contacteur [20]

3.5.2.6 Circuit auxiliaire

Le circuit auxiliaire qui est réalisé par l'addition d'un bloc auxiliaire, est destiné à remplir des fonctions autres que celles assurées par les deux premiers circuits : le verrouillage électrique, la signalisation et la temporisation. Il comporte essentiellement des contacts auxiliaires instantanés et, temporisés. Ils ont la particularité, de s'installer sur la face.

3.4.3 Relais

3.5.3.1 Définition d'un relais

Un relais est un appareil dans lequel, un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation On / Off d'un élément mécanique. On se trouve alors, en présence d'un relais électromécanique, ou d'un élément électronique (on a alors affaire à un relais statique). C'est en quelque sorte un interrupteur, que l'on peut actionner à distance, où la fonction de coupure est dissociée de la fonction de commande. La tension et le courant de commande (partie "commande"), ainsi que le pouvoir de commutation (partie "puissance") dépendent du relais. Ces paramètres doivent être donc choisis, en fonction de l'application désirée. Ainsi, il faut considérer des relais différents, selon qu'il faut commuter des tensions ou des courants importants. Comme la commande, peut être réalisée sous faible puissance (faible tension, faible courant) et, que la partie coupure peut commuter des puissances importantes, on peut dire que ce composant, est un amplificateur de courant. On distingue plusieurs types de relais que nous citons dans ce qui suit [21].

3.5.3.2 Relais électromécaniques

Un relais électromécanique (figure 3.21) est doté d'un bobinage, en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (il ne s'agit ni plus ni moins que d'un électro-aimant). Ce champ magnétique va être capable, de faire déplacer un élément mécanique métallique, monté sur un axe mobile, qui déplacera alors des contacts mécaniques.

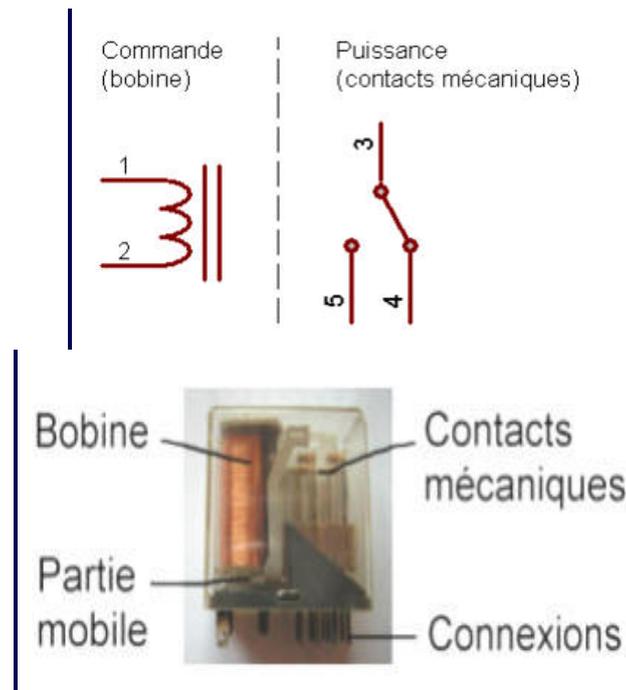


Figure 3.21 Relais électromécanique [21]

Sur la figure ci-dessus, on voit nettement la bobine, constituée d'un très grand nombre de spires d'un fil de cuivre très fin. Quand cette bobine est parcourue par un courant suffisant, un champ magnétique attire la partie mobile vers lui (sur la photo, l'élément marqué partie mobile se soulève) et déplace par le biais d'un axe, les contacts mécaniques situés à côté (sur la photo, les contacts mécaniques se déplacent vers la droite). Quand plus aucun courant ne circule dans la bobine, les contacts reprennent leur position de repos grâce à un ressort de rappel. Les connexions extérieures permettent simplement d'avoir accès aux fils de la bobine et, aux contacts électriques solidaires des parties mécaniques mobiles [21].

➤ **Avantages du relais électromécanique**

- Capacité de commuter aussi bien des signaux continus, qu'alternatifs sur une large gamme de fréquences.
- Fonctionnement avec une dynamique considérable, du signal commuté.
- Aucun ajout de bruit ou de distorsion.

- Résistance de contact fermé très faible (il est moins facile de trouver des valeurs aussi faibles, avec des composants électroniques).
- Résistance de contact ouvert très élevée (il est moins facile de trouver des valeurs aussi élevées, avec des composants électroniques).
- Très grande isolation entre le circuit de commande (bobine) et le circuit commuté (contacts).
- Possibilité de résoudre des problèmes d'automatisme, de façon parfois plus simple qu'avec un circuit électronique.

➤ **Inconvénients du relais électromécanique**

- Élément de commande possédant une composante inductive, non négligeable (c'est une bobine, après tout), provoquant une surtension importante lorsque le courant circulant dans la bobine, est interrompu (loi de Lenz). Ce qui impose l'emploi d'au moins un composant de protection (une diode par exemple), pour protéger le circuit de commande, si ce dernier est de type électronique.
- Présence de rebonds lors des commutations, le passage de l'état ON à l'état OFF (ou inversement) n'est pas "net" (même phénomène de rebonds mécaniques que l'on observe dans les interrupteurs). Il est intéressant de savoir que le nombre de rebonds et, donc la rapidité de la mise en contact franc, dépend du courant de commande circulant dans la bobine. Le nombre de rebonds est en effet, plus important quand ce courant de commande, est bien inférieur ou supérieur, à la valeur du courant nominal spécifiée par le fabricant.
- Compatibilité pas toujours assurée avec les circuits numériques, notamment pour les relais de forte puissance, qui peuvent nécessiter un circuit d'interface spécifique.
- Couplage capacitif entre les contacts pour les modèles multipolaires (à plusieurs pôles).
- Diminution de l'isolation à l'état ouvert, à cause du couplage capacitif (d'autant plus embêtant que les signaux commutés, montent haut en fréquence).
- Durée de vie "faible" si on observe un nombre important de commutation (fatigue des contacts et du ressort de rappel, qui peut se "ramollir" ou même casser).
- Encombrement mécanique plus important, pour les relais de moyenne et forte puissance, qu'il faut cependant comparer aux transistors ou triacs, munis de leur (parfois gros) radiateur.
- Brochage pas vraiment normalisé, malgré quelques efforts faits pour certaines catégories de relais (relais reed en boîtier DIL et relais en norme "européenne").

3.5.2.4 Relais statiques

Comme le contrôle électronique se répand dans les applications grand public, commerciales, médicales et industrielles, il existe un besoin croissant en circuits à faible tension et à faible courant, pour la commutation de circuits à haute tension et à fort courant. Malgré l'utilité des relais électromécaniques (EMR), les relais statiques (SSR) sont souvent privilégiés en raison de leur taille compacte, de leur faible coût, de leur haute vitesse, de leur faible bruit sonore et électrique ainsi que de leur fiabilité.

Un relais statique est un dispositif de puissance permettant de commuter des récepteurs monophasés ou triphasés tel que des résistances électriques, des moteurs, des compresseurs frigorifiques. Il est utilisé pour les mêmes applications qu'un relais ou un contacteur électromécanique. Par contre un relais statique comme son nom l'indique, n'a pas de pièces en mouvements pour établir une commutation, c'est un assemblage de composants électroniques (triac, thyristor) qui ont ce rôle.

➤ **Avantages de la technologie des relais statiques**

- Durée de vie importante, pas de pièces mécaniques en mouvement.
- Pas d'arc électrique ou d'amorçage.
- Pas de parasite ou de perturbation électromagnétique.
- Commande directe via une sortie automate (ex : 0 à 10V).
- Rapidité et fréquence de commutation.
- Silencieux, résistants aux chocs et aux vibrations.
- Fabrication antidéflagrante.
- Utilisable jusqu'à 100 A maximum.

➤ **Composition d'un relais statique**

Comme il existe un grand nombre de types et de technologies de relais statique, la description du fonctionnement ci-dessous, est la plus commune.

Deux grandes parties distinctes le composent, la commande et le circuit de puissance. Ces deux parties sont complètement séparées car il n'y a pas de liaison mécanique ou électrique entre eux (figure 3.22).

Pour la commande, on utilise un auto-coupleur qui est le même rôle que la bobine d'un contacteur traditionnel, qui donne l'ordre de commutation.

Un auto-coupleur possède un émetteur (led) et un récepteur de type optique, c'est en fait une LED infrarouge (émetteur), qui de manière optique ou photosensible, établit une liaison avec un phototransistor (récepteur), qui ferme alors le circuit de puissance. Généralement la tension de commande, est comprise entre 4 à 30 Volts DC.

Dans ce cadre, lors de l'alimentation de la LED, les photons générés alimentent le phototransistor, ce qui permet la circulation du courant électrique vers la charge. Le circuit est alors fermé. Lorsque la LED s'éteint, le phototransistor coupe la circulation du courant.

Pour la partie circuit de puissance, les composants électroniques utilisés sont des thyristors montés tête-bêche (fonctionnement TOR), pour permettre le passage des deux alternances du courant alternatif.

Quant à eux, les relais statiques de type triac (gradateur), utilisent des semi-conducteurs capables d'assurer la commutation des deux alternances. Certains d'entre eux, disposent de protections thermiques internes.

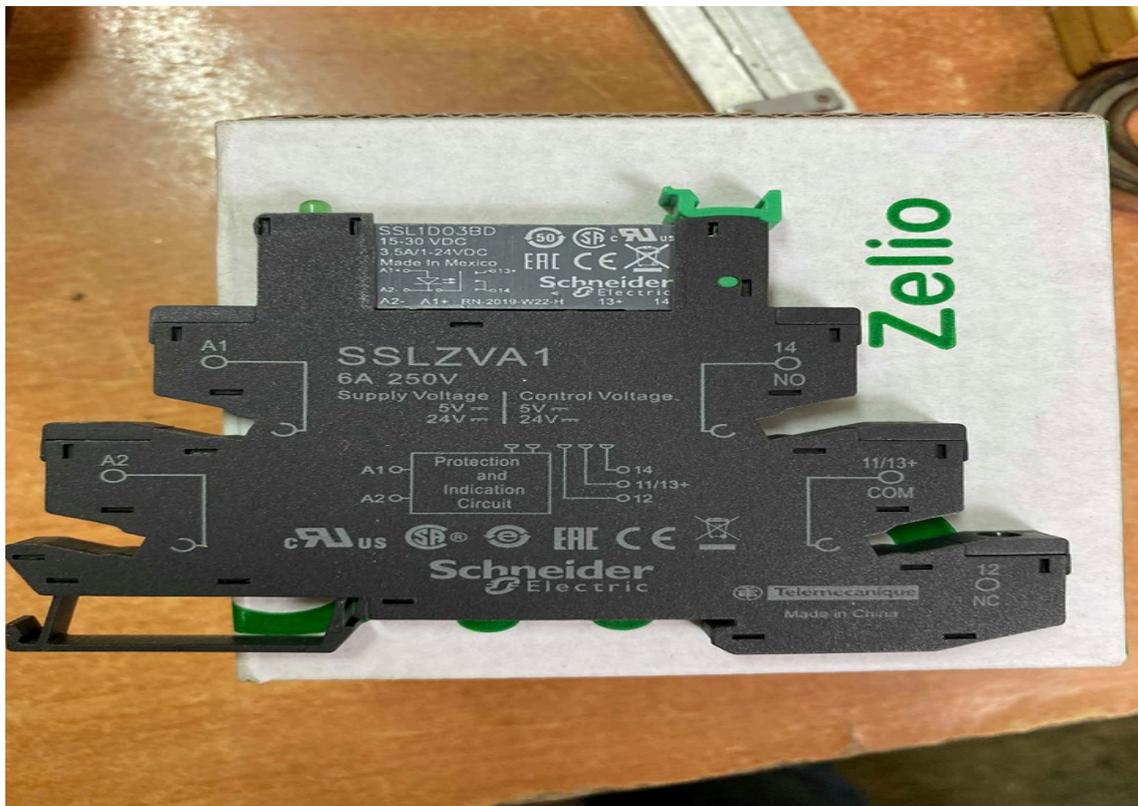


Figure 3.22 Relais statique [11]

3.4.4 Démarreur-Ralentisseur progressif (Soft starter)

3.5.4.1 Définition

Le démarreur-ralentisseur Altistart 48 est un gradateur à 6 thyristors (figure 3.23), assurant le démarrage et l'arrêt progressifs des moteurs asynchrones triphasés, pour des puissances comprises entre 4 et 900 kW. Il intègre les fonctions de démarrage et de ralentissement en douceur, de la protection des machines et des moteurs ainsi que, les fonctions de communication avec les automates programmables industriels.

Ces fonctions répondent aux applications les plus courantes des machines centrifuges, des pompes, des ventilateurs, des compresseurs et des convoyeurs, que l'on rencontre principalement dans les activités du bâtiment, de l'agro-alimentaire et de la chimie. Les performances des algorithmes de l'Altistart 48, ont été mises au service de la robustesse, de la sécurité et de la facilité de mise en œuvre [23].

Le démarreur-ralentisseur Altistart 48 est une solution économique qui permet de :

- réduire les coûts d'exploitation des machines, en diminuant les contraintes mécaniques et en améliorant leurs disponibilités.
- réduire les sollicitations sur la distribution électrique, en diminuant les pointes de courant et les chutes de tensions en ligne, liées aux démarrages des moteurs.

Les démarreurs-ralentisseurs Altistart 48 se composent de 2 gammes :

1- tensions triphasées de 230 V à 415 V, 50/60 Hz,

2- tensions triphasées de 208 V à 690 V, 50/60 Hz.

Pour chaque gamme de tension, les démarreurs-ralentisseurs Altistart 48, sont dimensionnés en fonction des applications.



Figure 3.23 Soft-Strater [23]

3.5.4.2 Fonctions

Le démarreur-ralentisseur Altistart 48 est livré, prêt à l'emploi pour une application standard, avec une protection moteur de classe 10. Il comporte un terminal intégré, permettant de modifier les fonctions de programmation, de réglage ou de surveillance pour adapter et personnaliser l'application aux besoins du client [23].

- **Fonctions de performance d'entraînement avec :**
 - La commande en couple exclusive de l'Altistart (brevet Schneider Electric).
 - La maîtrise du couple délivré au moteur pendant toute la période d'accélération et de décélération (réduction significative des coups de bélier).
 - La facilité de réglage de la rampe et du couple de démarrage.

- La possibilité de court-circuiter le démarreur, avec un contacteur en fin de démarrage avec maintien des protections électroniques (fonction by-pass).
 - La large tolérance de fréquence pour les alimentations par groupe électrogène.
- **Fonctions de protection du moteur et de la machine avec :**
- L'intégration d'une protection thermique moteur.
 - Le traitement des informations des sondes thermiques PTC.
 - La surveillance du temps de démarrage.
 - La fonction de préchauffage moteur.
 - La protection contre les sous-charges et les surintensités en régime permanent.
- **Fonctions de facilité d'intégration dans les automatismes avec :**
- Les 4 entrées logiques, 2 sorties logiques, 3 sorties relais et 1 sortie analogique.
 - Les connecteurs des entrées/sorties débrosables.
 - La fonction de configuration d'un second moteur et, l'adaptation aisée des réglages.
 - La visualisation des grandeurs électriques, de l'état de charge et du temps de fonctionnement.
 - La liaison série RS 485 pour la connexion sur liaison série 'Modbus'.

3.5.4.3 Avantages d'un démarrage avec l'Altistart 48

- Démarrage conventionnel électronique pour remédier aux problèmes des :
 - ✓ Contraintes mécaniques au démarrage.
 - ✓ Transitoires hydrauliques à l'accélération et à la décélération, en application du pompage. Les démarrages conventionnels électroniques, utilisent plusieurs limitations de courant, ou des commutations de plusieurs rampes de tension. Le réglage devient alors complexe et doit être modifié, à chaque évolution de la charge.
- Démarrage avec l'Altistart 48 : la commande permet de faire, avec une seule rampe d'accélération, un démarrage sans contrainte mécanique et une gestion en douceur des transitions hydrauliques. Les réglages sont simples et efficaces, quelle que soit la charge.

3.5.4.4 Critères de choix d'un démarreur/ralentisseur (Soft stater)

L'Altistart 48 doit être choisi en fonction de 3 critères principaux :

- La tension d'alimentation du réseau électrique.
- La puissance et le courant nominal de la plaque signalétique du moteur.
- Le type d'application et le cycle de fonctionnement.

Afin de simplifier le choix, les applications sont classées suivant 2 types :

- Applications standard,

➤ Applications sévères.

a) Application standard

En application standard, l'Altistart 48 est dimensionné pour répondre à :

- Un démarrage à 4 In pendant 23 secondes ou à 3 In pendant 46 secondes, en partant de l'état froid (correspond à un service moteur S1).
- Un démarrage à 3 In pendant 23 secondes ou à 4 In pendant 12 secondes, suivant un facteur de marche de 50 % et 10 démarrages par heure ou un cycle thermiquement équivalent (correspond à un service moteur S4).

La protection thermique moteur doit être positionnée en classe 10 (exemple : pompe centrifuge).

b) Application sévère

En application sévère, l'Altistart 48 est dimensionné pour répondre à :

- Un démarrage à 4 In pendant 48 secondes ou, à 3 In pendant 90 secondes, en partant de l'état froid (correspond à un service moteur S1).
- Un démarrage à 4 In pendant 25 secondes, avec un facteur de marche de 50 % et 5 démarrages par heure, ou un cycle thermiquement équivalent (correspond à un service moteur S4).

La protection thermique moteur, doit être positionnée en classe 20 (exemple d'un broyeur).

3.4.5 Capteur

3.5.5.1 Définition d'un capteur

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui transforme une grandeur physique en une grandeur normée, généralement électrique, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande [24].

La détection se fait avec deux manières :

- Détection avec contact : le capteur doit entrer en contact physique, avec le phénomène pour le détecter.
- Détection sans contact : le capteur détecte le phénomène à proximité de celui-ci.

3.5.5.2 Classification des capteurs (type de sortie)

- **Capteurs logiques** : ils adressent un compte rendu, qui ne peut prendre que deux valeurs (oui ou non, 1 ou 0, absence ou présence d'un phénomène). Ce capteur est appelé aussi TOR (tout ou rien).

- **Capteurs analogiques** : ils adressent un compte rendu, qui est continu et proportionnel au phénomène physique détecté (température, la luminosité, une tension, une longueur, etc...).
- **Capteurs numériques** : la sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peut être du type :
 - train d'impulsion ;
 - code numérique binaire ;
 - bus de terrain.

3.4.6 Détecteurs de position (fin de course)

3.5.6.1 Définition

Les capteurs mécaniques de position, appelés aussi interrupteurs de position, sont surtout employés dans les systèmes automatisés, pour assurer la fonction de détection des positions. On parle aussi de détecteurs de présence [24].

➤ Détection, technologie et symboles

- Les détecteurs de position, permettent la détection de tout objet solide.
- La technologie est symbolisée par 2 fils, un pour le + et l'autre pour le GND.
- Les symboles de ces détecteurs, sont représentés par la figure 3.24.



Figure 3.24 Symboles des détecteurs de position [24]

3.5.6.2 Avantages

Les avantages des détecteurs de position se résument dans les points ci-dessous :

- Sécurité de fonctionnement élevée.
- Bonne fidélité sur les points d'enclenchement.
- Séparation galvanique des circuits.
- Bonne aptitude à commuter les courants faibles.
- Tension d'emploi élevée.
- Mise en œuvre simple, fonctionnement visualisé.
- Grande résistance aux ambiances industrielles.

3.5.6.3 Utilisations

Les utilisations les plus significatives, se rencontrent dans la mécanique et la machine-outil (usinage, manutention, levage), dans l'agro-alimentaire et la chimie (conditionnement, emballage).

3.5.6.4 Principe de fonctionnement

C'est un commutateur, commandé par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Lorsque le corps d'épreuve est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique.

3.4.7 Capteurs de proximité

3.5.7.1 Définition

Ce type de capteur, est réservé à la détection sans contact d'objet. L'objet est donc à proximité du capteur, mais pas en contact contrairement au détecteur de position [5, 24].

3.5.7.2 Technologie

On observe principalement cinq technologies :

- Les détecteurs capacitifs.
- Les détecteurs inductifs.
- Les détecteurs photoélectriques.
- Les détecteurs magnétiques.
- Les détecteurs à ultrasons.

3.5.7.3 Capteur de proximité capacitif

Les capteurs capacitifs (figure 3.25) sont des capteurs de proximité, qui permettent de détecter des objets métalliques ou isolants et toute forme d'objets solides. Leur portée de détection, qui dépend de l'épaisseur des objets, peut aller jusqu'à 50mm pour les plus courants. Ce sont des capteurs symbolisés par 3 fils : deux fils pour l'alimentation et l'autre, pour le signal.

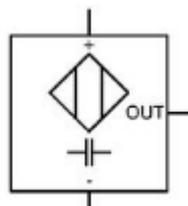


Figure 3.25 Symbole des capteurs capacitifs [24]

➤ **Avantages**

- Pas de contact physique avec l'objet détecté : possibilité de détecter des objets fragiles, fraîchement peints.
- Pas d'usure, durée de vie indépendante du nombre de manœuvres.
- Détecteur statique, pas de pièces en mouvement.
- Très bonne tenue à l'environnement industriel (atmosphère polluante).

➤ **Principe de fonctionnement**

La technologie des détecteurs de proximité capacitifs, est basée sur la variation d'un champ électrique à l'approche d'un quelconque. Lorsqu'un objet entre dans le champ de détection des électrons sensibles du capteur, il provoque des oscillations en modifiant la capacité du couplage du condensateur.

3.5.7.4 Capteur de proximité inductif

Ce type de capteur est réservé à la détection sans contact d'objet métallique (figure 3.26). Il permet de détecter tout type d'objet métallique. De même que les capteurs capacitifs, leur portée de détection, qui dépend de l'épaisseur des objets, peut aller jusqu'à 50mm. Ce sont des capteurs symbolisés par 2 à 3 fils.

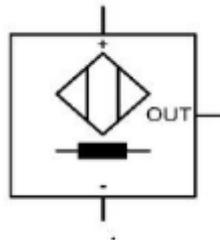


Figure 3.26 Symbole des capteurs inductifs [24]

➤ **Principe de fonctionnement**

Les capteurs inductifs produisent à l'extrémité de leur tête, la détection du champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une self et une capacité, montées en parallèle.

Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ, puis une atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur, qui délivre un signal de sortie.

3.5 Armoire électrique

L'armoire électrique (figure 3.27) est le lieu où sont regroupés différents systèmes, participant à la distribution d'une installation électrique. Elle consiste à centraliser les arrivées, les départs de la distribution interne, au bâtiment et regrouper les protections, concernant les lignes ou les personnes [25].

3.5.1 Câblage

Pour la réalisation d'une armoire, trois règles principales doivent être respectées.

1-Respecter la couleur des fils et leurs sections afin de recompter la nature de la tension qui circule (alternatif, continu, 24V, 230V, 400V, ...)

2-Respecter le repérage des fils et des appareils électriques afin de mieux se situer sur le schéma électrique.

3-Respecter l'implantation des appareils électriques dans l'armoire (partie commande à gauche séparée de la partie puissance à droite).

Le respect de ces 3 règles, permet de faciliter la maintenance de l'armoire, en cas de problèmes et une meilleure compréhension de l'installation.

Tout commence par l'analyse complète du schéma électrique, afin de déterminer le nombre exact d'appareils électriques, à installer dans l'armoire et leur encombrement afin de procéder, à une bonne disposition de ces derniers.

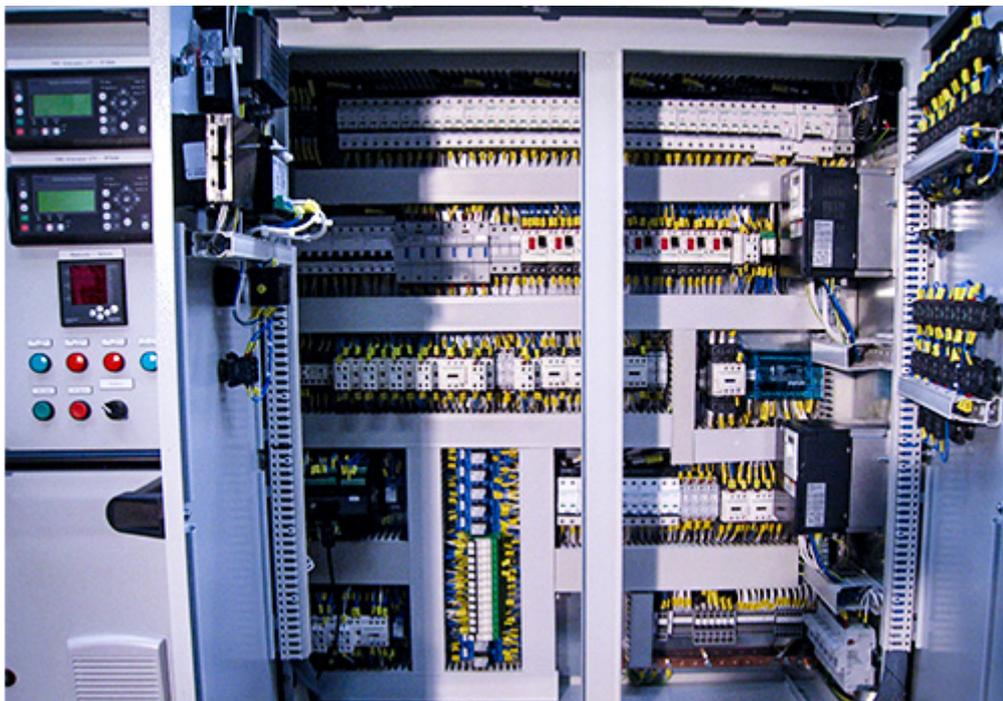


Figure 3.27 Armoire électrique [25]

3.6 Matériels de sécurité

3.6.1 Disjoncteur

Un disjoncteur est un dispositif électromécanique, voire électronique, de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique, en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-

circuit, dans une installation. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible, est qu'il est réarmable (il est prévu pour ne subir aucune avarie, lors de son fonctionnement) [26].

➤ Types de disjoncteurs

Il existe plusieurs types de disjoncteurs, à savoir le disjoncteur magnétothermique (figure 3.28), qui associe une protection thermique contre les surcharges électriques et une protection, contre les courts-circuits par boucles magnétiques.

Il existe aussi les disjoncteurs magnétiques, qui sont utilisés en cas de fortes surintensités. On les retrouve surtout pour protéger les moteurs et, les transformateurs. En troisième point, il y a les disjoncteurs électroniques qui vont régler le seuil de protection, contre les surcharges et les courts-circuits. Ils sont souvent équipés avec des écrans, pour les réglages et les paramétrages. Enfin, il se trouve qu'il existe des disjoncteurs différentiels qui, eux, vont mesurer l'ensemble des courants de l'installation et vont déclencher l'ouverture d'un circuit, s'il détecte une différence entre le courant aller et le courant retour [26].



Figure 3.28 Disjoncteur magnétothermique [26]

3.6.2 Fusibles

Le fusible (figure 3.29) est un petit dispositif, qui sert à protéger une installation contre les éventuelles surcharges électriques. En effet, chaque installation électrique est divisée en secteur et chaque secteur, possède un fusible dont l'intensité, correspond à celle que la ligne supporte [27].

➤ **Principe de fonctionnement du fusible**

On dit qu'il y a surcharge, lorsque l'intensité électrique est plus forte que ce que l'installation, peut supporter. Le fusible, quant à lui, est composé d'un petit fil de plomb et intégré, au circuit d'entrée du secteur.

Le plomb est un métal qui chauffe rapidement, en cas de courant électrique. Si le courant est trop fort, le plomb fond et coupe automatiquement l'arrivée de ce courant, dans le secteur concerné.

Le circuit électrique étant coupé, il n'y a plus aucun danger ni pour les personnes, ni pour l'installation, ni pour les biens. Le fusible se loge dans le tableau électrique, d'un foyer ou d'une habitation. Chaque tableau électrique comporte de nombreux fusibles, protégeant chacun ligne électrique différente (salle de bain, lampes, machine à laver, chauffage électrique, etc.). Mais il peut arriver que l'on retrouve des fusibles, dans certains appareils électriques également.

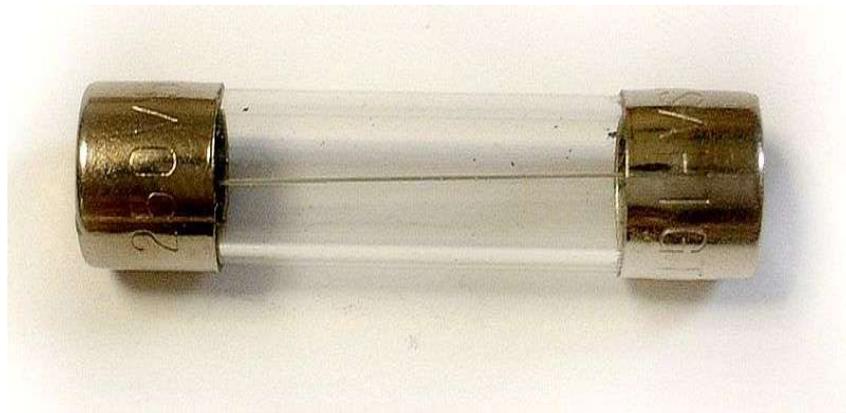


Figure 3.29 Fusible [27]

3.7 Conclusion

La présentation exhaustive du matériel utilisé dans l'industrie agro-alimentaire, nous a permis de bien comprendre le rôle de chaque élément, dans l'accomplissement des différentes tâches nécessaires, au fonctionnement automatique de notre minoterie. Le prochain chapitre, illustre les résultats obtenus, lors de l'accomplissement du système agro-alimentaire automatique.

4.1 Introduction

Conformément aux chapitres réalisés précédemment et particulièrement à la conception du système automatisé par le programme PLC adapté au cas de la minoterie de Sidi Yahia (figure 2.16), l'objet de ce chapitre, est d'élaborer le programme d'automatisme ainsi que, le programme de supervision. Dans ce cadre, nous présentons la description des étapes nécessaires, à la réalisation.

Dans ce cadre, nous adoptons la structure ci-dessous :

- Le recensement de toutes les informations sur les équipements du moulin, dans un tableau dit tableau d'instrumentation.
- L'analyse des données récoltées.
- L'application des recommandations résultantes de l'analyse, à la réalisation d'un schéma électrique.
- Le recensement des entrées et des sorties relatives, à chaque équipement avec leur emplacement physique (nécessaire à la configuration des matériels).
- La configuration des matériels et la déclaration des entrées et des sorties.
- La conception du programme d'automatisme suivant le plan de travail ci-dessous :
 - La description générale de la hiérarchie du programme.
 - La création des fonctions de base, pour la gestion des équipements.
 - La création des instances de ces fonctions.
 - La gestion des équipements, en mode automatique.
- La conception du programme de supervision, suivant le plan de travail ci-dessous :
 - Le choix d'un système de supervision.
 - La création des Face-plates animations équipements
 - La création des vues de supervision.
 - La mise en œuvre d'une interface des fonctions bloc et des Face-plates.
 - La conception des POP-UP des commandes des équipements.
 - La gestion des alarmes.

4.2 Tableau d'instrumentation

Le tableau d'instrumentation (tableau 4.1) comporte tous les équipements ainsi que les instruments de la minoterie, leurs caractéristiques techniques et leurs emplacements physiques. Cette opération a pour but de déterminer les ressources nécessaires, pour la mise en œuvre d'un système d'automatisation.

Caractéristiques	Signification
Abréviation	Le nom de l'équipement dans le synoptique
Désignation	Le nom complet de l'équipement
Type d'équipement	Les types des équipements (Moteur/Capteur/Vanne/Déviateur/Équipement)
Puissance	La puissance de l'équipement
Type de commande	Le type de commande pour les moteurs
Voltage	L'alimentation des équipements
Nombres des inputs	Le nombre des inputs réservés à l'équipement.
Nombres des outputs	Le nombre des outputs réservés à l'équipement.
Niveau	L'emplacement physique de l'équipement dans le bâtiment.
Vues	La vue où on trouve l'équipement dans la supervision. Utile dans la supervision
Ordres de démarrage et d'arrêt des équipements	Ordre de démarrage et d'arrêt des équipements dans chaque section de notre minoterie
ID	Un numéro (ID) pour chaque équipement (moteur/vanne/déviateur), utile dans la programmation.

Tableau 4.1 Caractéristiques du tableau d'instrumentation

La figure 4.1, présente un échantillon des éléments du tableau d'instrumentation.

Abréviation	Désignation	Types	Puissance	Types de cmd	Voltage	Nbr inputs	Nbr output	Niveau	vues	ID
AV 201	Vibreur 201	moteur	0,18	DD	380	1	1	4	mouture 2	173
AV 301	Vibreur 301	moteur	0,18	DD	380	1	1	0	mouture 1	174
AV 302	Vibreur 302	moteur	0,18	DD	380	1	1	0	mouture 1	175
AV 303	Vibreur 303	moteur	0,18	DD	380	1	1	9	mouture 1	176
BE 101	Elevateur a g	moteur	18,5	SS	380	3	1	0	reception	13
BE 102	Elevateur a g	moteur	18,5	SS	380	3	1	0	reception	16
BE 201	Elevateur a g	moteur	3	DD	380	1	1	0	1er nettoyage	39
BE 202	Elevateur a g	moteur	2,2	DD	380	1	1	0	1er nettoyage	29
BE 203	Elevateur a g	moteur	2,2	DD	380	1	1	0	eme nettoyage	65
BE 204	Elevateur a g	moteur	3	DD	380	1	1	0	eme nettoyage	45
BE 205	Elevateur a g	moteur	1,1	DD	380	1	1	0	eme nettoyage	63
BE 206	Elevateur a g	moteur	3	DD	380	1	1	0	eme nettoyage	57
BE 207	Elevateur a g	moteur	2,2	DD	380	1	1	0	mouture 2	10
BE 208	Elevateur a g	moteur	3	DD	380	1	1	0	eme nettoyage	62
BL 302	Compresseur	moteur	11	SS	380	3	1	0	mouture 1	72
BL 303	Compresseur	moteur	55	SS	380	3	1	4	mouture 2	86
BL 304	Compresseur	moteur	15	SS	380	3	1	4	mouture 2	83
BL 305	Compresseur	moteur	7,5	DD	380	1	1	4	mouture 2	77
BL 306	Compresseur	moteur	22	SS	380	3	1	0	mouture 2	7
BL 401	Compresseur	moteur	15	SS	380	3	1	15	Partout	18
BV 301	Clapé 301	vanne	-	-	220	2	1		mouture 1	101
BV 302	Clapé 302	vanne	-	-	220	2	1		mouture 1	177
CS 201	Trieur tamb	moteur	2,2	DD		1	1		1er nettoyage	178
DM 201	Mouilleur 20	équipement		DD	380	1	1	21	1er nettoyage	28

Figure 4.1 Échantillon des éléments du tableau d'instrumentation

4.3 Analyse du tableau d'instrumentation

Nous avons résulté 385 équipements présents dans le système, répartis entre les moteurs de faible puissance à démarrage direct (DD), les moteurs de grande puissance qui nécessitent un démarreur progressif (soft-starter-SS), plusieurs types de capteurs, de déviateurs bistables et, de vannes monostables classés dans le tableau 4.2.

Équipements	Nombre
Moteurs DD	157
Moteurs SS	64
Déviateurs	15
Capteurs	129
Vannes	20

Tableau 4.2 Nombre des différents équipements

Cette analyse nécessite l'édition d'un modèle de commande, pour chaque type d'équipement. Ce modèle est représenté, par un schéma électrique.

Notons que :

- Pour l'intégration des capteurs et actionneurs de faible puissance : la répartition des capteurs, des vannes et des déviateurs sur des différents niveaux, nous impose de créer des boîtes de jonctions avec des modules d'interface, reliés à l'automate par un réseau PROFINET (Commande décentralisé).
- Pour la commande des équipements de puissance : tous les moteurs sont alimentés par un tableau centralisé de puissance.

4.4 Etude des schémas électriques des modèles proposés

Un schéma électrique représente à l'aide de symboles graphiques, les différentes parties d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement qui sont reliées et connectées fonctionnellement. Chaque schéma électrique d'un moteur se divise en deux parties : La partie puissance et la partie commande.

- a) **La partie commande** : sert à établir la séquence de marche et d'arrêt. Elle comporte l'appareillage nécessaire, à la commande des récepteurs de puissance.
- b) **La partie puissance** : Elle comporte l'appareillage nécessaire, au fonctionnement des récepteurs de puissance suivant un automatisme bien défini.

4.4.1 Modèles de commande

4.4.1.1 Modèle de commande du moteur à Démarrage direct

Pour un démarrage direct du moteur (figure 4.2), un contacteur bien dimensionné est mis en place suivant la puissance du moteur, le tout étant protégé par un disjoncteur. Le pré actionneur qui est le contacteur, reçoit la commande du moteur envoyé par le module output, où le contacteur se commande à la fermeture et, le moteur démarre directement.

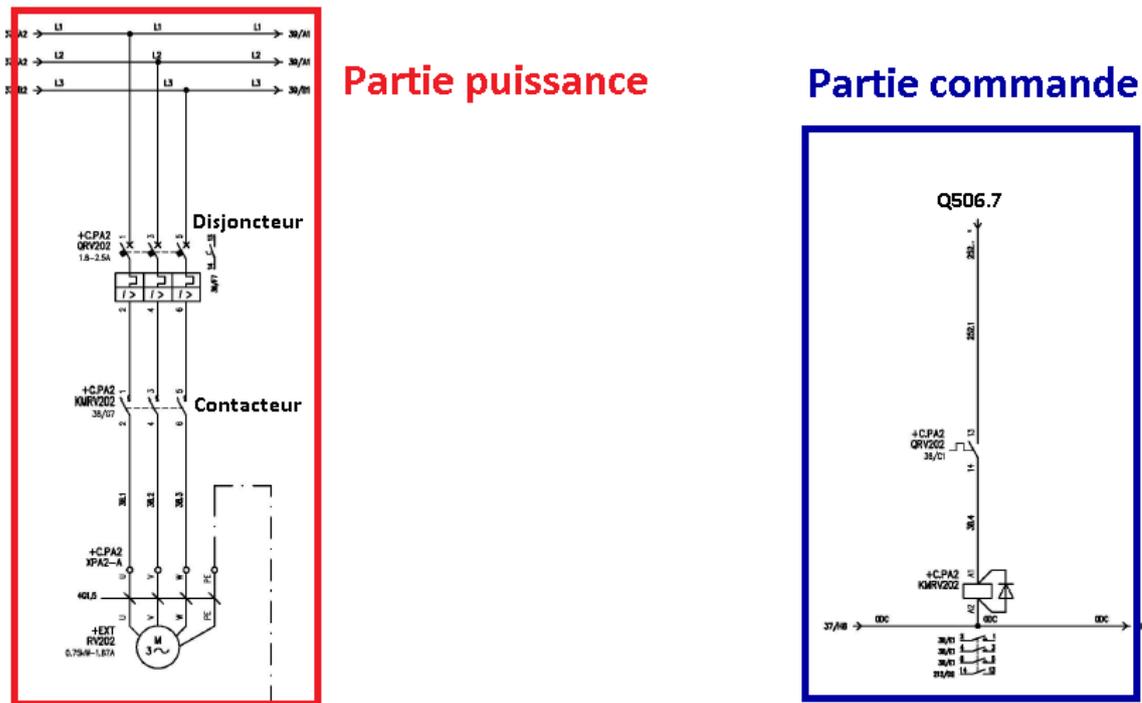


Figure 4.2 Schéma électrique du modèle de commande à démarrage direct

4.4.1.2 Modèle de commande de moteurs à démarrage progressif

Ce modèle de commande (figure 4.3) se compose d'une sortie, pour la commande du Soft-Starter et 3 entrées pour les signaux de retour suivants :

- le retour (ON/RUN) spécifié pour la sécurité thermique du moteur (PTC) ;
- le retour (OVERLOAD) spécifié pour l'alarme de la surcharge (courant élevé) ;
- le retour (By-Pass) est dédié à la mise en marche du moteur, au régime permanent.

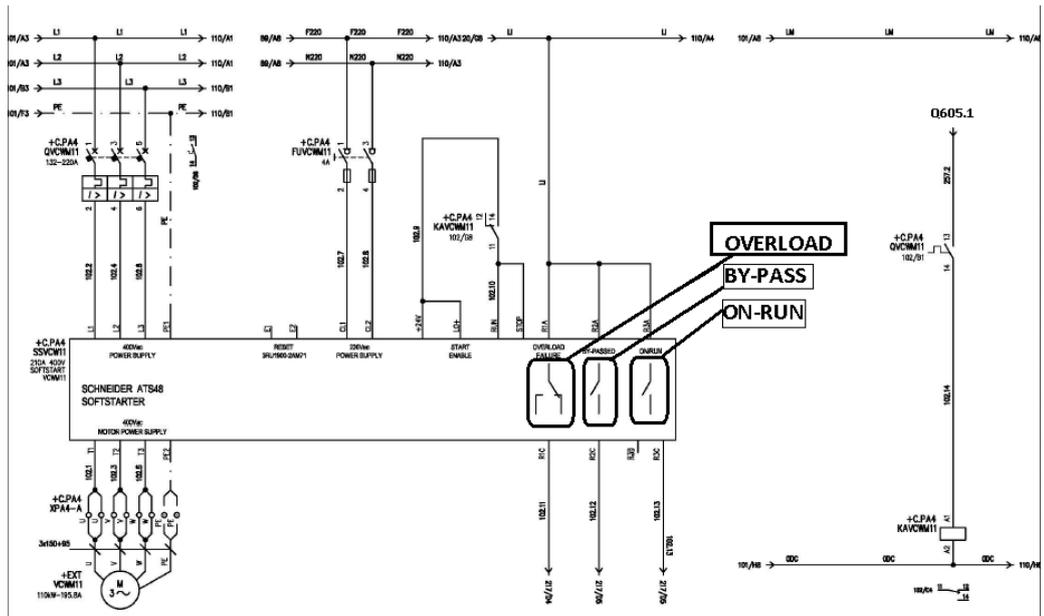


Figure 4.3 Schéma électrique du modèle de commande d'un moteur avec le démarreur progressif

4.4.1.3 Modèle de câblage des capteurs

Le schéma électrique du capteur capacitif de détection (figure 4,4), se compose de 2 fils pour l'alimentation de 24V et une sortie de commutation PNP, reliée avec le module d'entrée pour le retour du signal.

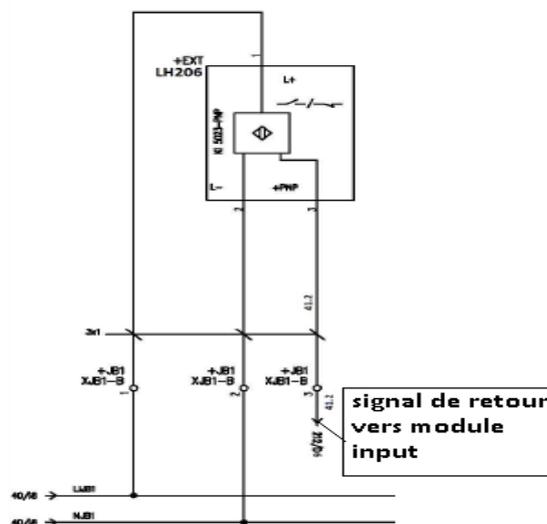


Figure 4.4 Schéma électrique du modèle de commande des capteurs

4.4.1.4 Modèle de commande d'un déviateur

D'après le schéma électrique (figure 4.5), nous constatons qu'il y a deux sorties pour la commande du déviateur et, deux entrées pour le retour, vers le module input.

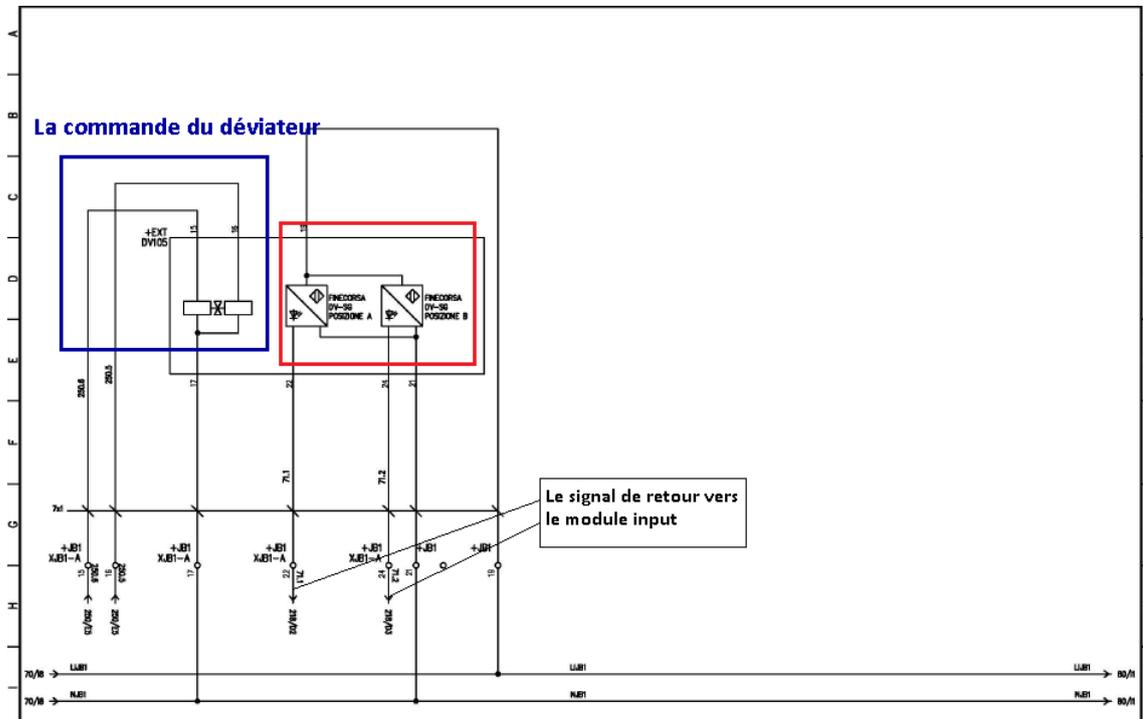


Figure 4.5 Schéma électrique d'un modèle de commande d'un déviateur

4.4.2 Conception du programme d'automatisme

Pour établir le programme d'automatisme, il est impératif de suivre une procédure bien établie.

1. Configuration des matériels.
2. Déclaration des entrées et des sorties.
3. Création des fonctions de base pour la gestion de chaque type d'équipements.
4. Déclaration des instances des fonctions de base.
5. Création des fonctions de gestion de groupe d'équipements en mode automatique.

4.4.2.1 Étape1 : Configuration des matériels

Une fois le projet créé, la station de travail peut être configurée. A cet effet, pour commencer nous sélectionnons notre CPU (automate S7-1500), imposé par la société.

La liste des modules complémentaires à intégrer, se compose des entrées, des sorties, des TOR analogiques, des modules de communication AS-i, ... Ainsi, après avoir ajouté l'API, place aux modules d'interfaces déportés et les modules d'entrées et sorties, à inclure.

Nous avons choisi le module déporté, par rapport à la topologie du moulin. Une topologie centralisée génère un grand nombre de connexions, avec des longueurs très importantes. Ce cadre nous impose le recours à un système décentralisé, ce qui est réalisable en pratique suivant l'utilisation des modules d'interfaces, sur un réseau Profinet avec les modules d'interface de type ET200SP (figure 4,6).

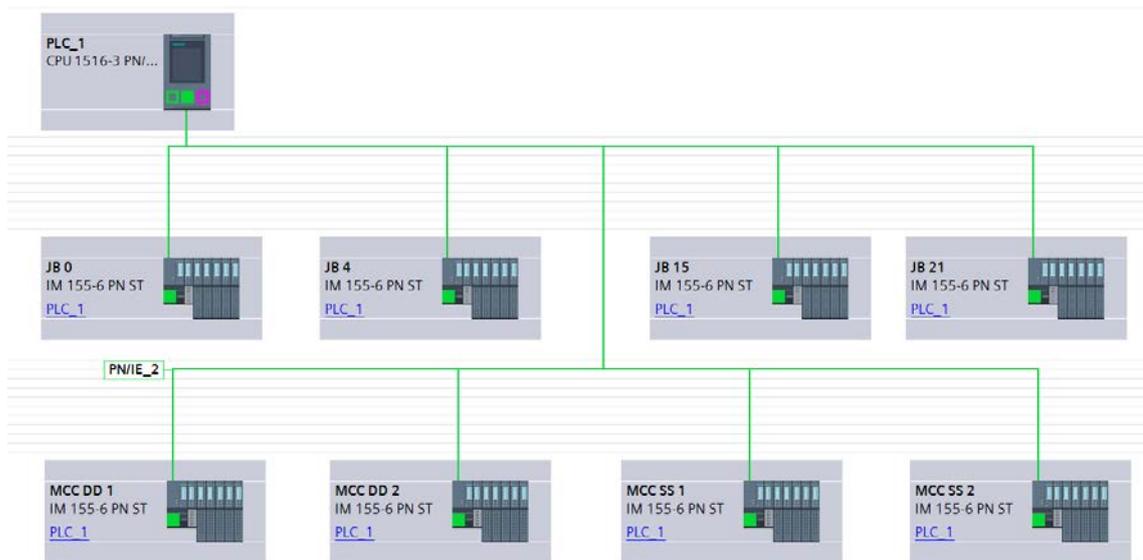


Figure 4.6 Topologie du réseau PROFINET

4.4.2.2 Étape 2 : Déclaration des entrées et sorties

Notre minoterie se divise en 4 niveaux, où chacun d'eux, contient un certain nombre d'équipements. Nous devons installer un coffret électrique (boîte de jonction), dans chaque niveau, afin de raccorder les entrées des capteurs et les sorties de commande des vannes, dans un niveau.

La réalisation de l'armoire principale des moteurs (MCC), se fera au niveau (0), où nous installons les composants de commande et de surveillance de tous les moteurs ainsi que, les équipements câblés.

1. Boîtes des jonctions (JB)

Après le recensement de tous les capteurs de la minoterie, ainsi que le choix des modules d'interfaces et les modules d'entrées et sorties, nous établissons un bilan de puissances (annexe A), nécessaire au dimensionnement des alimentations (en 24VDC). L'avantage des boîtes de jonctions, est qu'elles évitent l'encombrement des câbles électriques, dans l'installation électrique.

Au Niveau (0) (figure 4.7), nous calculons le nombre des inputs et des outputs, pour déduire le nombre des modules d'entrées et de sorties utilisées dans ce niveau. A cet effet, dans ce niveau 62 entrées et 11 sorties sont utilisées. Il en résulte alors 4 modules d'entrées, et un module de sortie auxquels, nous ajoutons un module d'entrée et un module de sortie vides, en cas de besoin.

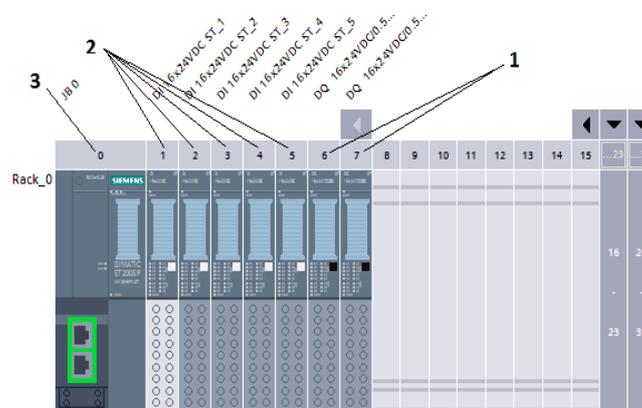


Figure 4.7 Boite de jonction du niveau (0)

1 : Modules de sorties

2 : Modules d'entrés

3 : Module d'interface ET 200 SP

Nous affectons les tags dans une table de variable (figure 4.8), en leur attribuant les adresses correspondantes.

General	IO tags	System constants	Texts	
Name	Type	Address	Tag table	
DI 16x24VDC ST_1				
Capteur Déviateur 101 A	Bool	%I100.0	Default tag table	
Capteur Déviateur 101 B	Bool	%I100.1	Default tag table	
Capteur Déviateur 104 A	Bool	%I100.2	Default tag table	
Capteur Déviateur 104 B	Bool	%I100.3	Default tag table	
LA SC 204	Bool	%I100.4	Default tag table	
LA SC 207	Bool	%I100.5	Default tag table	
LA SC 210	Bool	%I100.6	Default tag table	
LA SC 307	Bool	%I100.7	Default tag table	
LA SC 308	Bool	%I101.0	Default tag table	
LA TC 101	Bool	%I101.1	Default tag table	
LA TC 105	Bool	%I101.2	Default tag table	
LA TC 107	Bool	%I101.3	Default tag table	
LA TC 108	Bool	%I101.4	Default tag table	
LA TC 109	Bool	%I101.5	Default tag table	
LA TC 110	Bool	%I101.6	Default tag table	
LA TC 201	Bool	%I101.7	Default tag table	

Figure 4.8 Table des variables

De la même façon, nous affectons les autres tags.

- **Niveau (4)** : 21 variables d'entrées et une variable de sortie de type booléen dans le niveau (4), sont utilisées. Il en résulte 2 modules d'entrées et, un module de sortie.
- **Niveau (15)** : nous constatons 52 variables inputs et 29 outputs à ce niveau. Nous avons donc besoin de 4 modules d'entrées et 3 modules de sorties.
- **Niveau (21)** : à ce niveau 66 variables inputs et 25 variables outputs, sont pris. Dans ce cas, 5 modules d'entrées et 2 modules de sorties, sont utilisés.

Les boites de jonction de tous les niveaux ainsi que la table des variables, sont dans l'annexe A.

2. Centre de contrôle des moteurs (MCC)

La réalisation de l'armoire principale des moteurs (MCC) nécessite tout d'abord, un recensement de tous les moteurs des équipements de notre minoterie. Un calcul du nombre des inputs et des outputs nécessaires, au contrôle des moteurs est déterminé, afin de déduire le nombre des modules d'interface et leurs modules d'E/S utilisés (figure 4.9).

Les modules d'interface sont tous connectés via un réseau PROFINET, avec l'automate programmable S7-1500 qui va gérer notre unité de production.

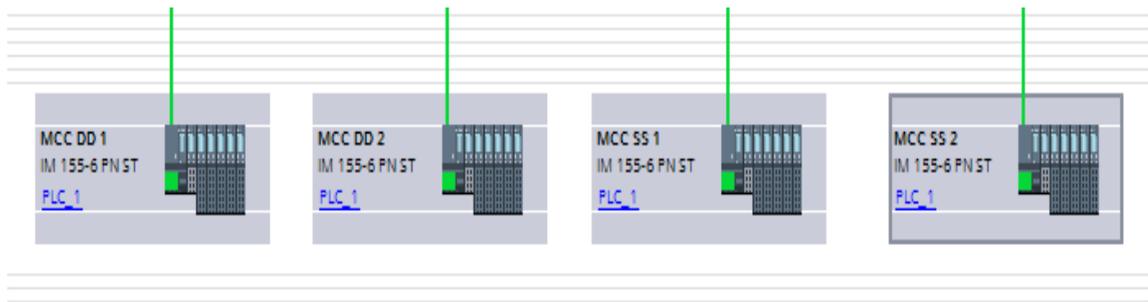


Figure 4.9 Modules d'interfaces utilisées dans l'armoire principale des moteurs

Chaque module d'interface contient des modules d'E/S, affectés aux variables E/S (Voir Annexe A).

3. Introduction aux blocs de programme

Notre programme (figure 4.10) est constitué de :

- Blocs d'organisations OB.
- Blocs fonctionnels FC.
- Blocs de fonctions FB.
- Blocs de données DB.



Figure 4.10 image des blocs de programme

a. Blocs d'organisation (OB)

Ces blocs constituent l'interface, entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation et, commandent par exemple les opérations suivantes :

- comportement du démarrage du système d'automatisation ;
- traitement cyclique du programme ;
- traitement du programme déclenché par alarme ;
- Traitement des erreurs.

b. Fonctions (FC)

Ce sont des blocs de code, sans mémoire. Elles n'ont pas de mémoire de données dans laquelle, il est possible d'enregistrer les valeurs des paramètres des blocs. C'est pourquoi des paramètres effectifs, doivent trier tous les paramètres formels, lors de l'appel d'une fonction.

Pour enregistrer les données durablement, les fonctions disposent de blocs globaux.

c. Blocs fonctionnels (FB)

Ce sont des blocs de code, qui mémorisent durablement leurs paramètres d'entrée, de sortie et d'entrée/sortie dans des blocs de données d'instance ; afin qu'il soit possible d'y accéder même après le traitement.

d. Blocs de données (DB)

Ces blocs servent à mémoriser les données de programme. Les blocs de données contiennent donc des données variables, qui sont utilisées dans le programme utilisateur. Les blocs de données globaux, enregistrent des données qui peuvent être utilisées par tous les autres blocs.

4.4.2.3 Etape 3 : Création des programmes de gestion de base pour chaque type d'équipements

Conformément au résultat de l'analyse effectuée dans le chapitre 2, l'interface 'step7', nous permet de créer les fonctions sous deux variantes, en fonction de FC ou en fonction du bloc FB. L'utilisation des fonctions blocs, est préférable pour réaliser une encapsulation des données.

Pour chaque modèle de commande d'équipement, nous associons une fonction qui a pour mission, de piloter l'équipement et de gérer toutes les fonctionnalités nécessaires. Avant de créer ces fonctions, nous affectons un numéro identificateur unique, pour chaque équipement (ID Moteur), afin d'accéder aux données par un adressage indexé (indirect). Cette méthode diminue considérablement, l'effort de programmation.

1. Fonction pour le moteur DD

Tout d'abord, nous devons collecter toutes les informations qui commandent le moteur DD. Ensuite, nous allons créer une fonction de base standard (FB) dédiée, à la gestion de tous les moteurs à démarrage direct. Ces informations sont placées, dans le bloc d'interface de la fonction (figure 4.11).

MoteurDD				
	Name	Data type	Default value	Comment
1	▼ Input			
2	■ ID_Moteur	Int	0	Numéro du moteur
3	■ RT-KM	Bool	true	Retour contacteur
4	■ LA	Bool	true	Le retour du capteur inti bourrage
5	■ SI	Bool	true	Le retour du capteur de rotation
6	■ PI	Bool	true	Le retour du capteur de pression
7	■ LA_EN	Bool	false	Présence du capteur anti bourrage
8	■ SI_EN	Bool	false	Présence du capteur de rotation
9	■ PI_EN	Bool	false	Présence du capteur de pression
10	▼ Output			
11	■ CMD	Bool	true	La commande du moteur
12	▼ InOut			
13	■ <Add new>			
14	▼ Static			
15	■ Anim	DInt	0	interface d'animation Face-plate
16	■ Interlock	Bool	false	Interlock (verouillage lié aux conditions systeme)
17	■ En-Marche	Bool	false	Moteur en marche
18	▼ Temp			
19	■ <Add new>			
20	▼ Constant			
21	■ <Add new>			

Figure 4.11 Bloc d'interface de la fonction "Moteur DD"

2. Fonction pour le moteur SS

Après la collection des informations qui commandent le moteur à démarrage progressif, nous trouvons que la différence entre la fonction Moteur DD et la fonction Moteur SS, au niveau du retour, est composée de 3 inputs (figure 4.12).

MoteurSS				
	Name	Data type	Default value	Comment
1	▼ Input			
2	■ ID_Moteur	Int	0	Numéro du moteur
3	■ BYPASS	Bool	true	Retour Soft-starter
4	■ OVERLOAD	Bool	true	Retour Soft-starter
5	■ RUN	Bool	true	Retour Soft-starter
6	■ LA	Bool	true	Le retour du capteur anti bourrage
7	■ SI	Bool	true	Le retour du capteur de rotation
8	■ PI	Bool	true	Le retour du capteur de pression
9	■ LA_EN	Bool	false	Présence du capteur anti bourrage
10	■ SI_EN	Bool	false	Présence du capteur de rotation
11	■ PI_EN	Bool	false	Présence du capteur de pression
12	▼ Output			
13	■ CMD	Bool	true	La commande du moteur
14	▼ InOut			
15	■ <Add new>			
16	▼ Static			
17	■ Anim	DInt	0	interface d'animation Face-plate
18	■ Interlock	Bool	false	Interlock (verouillage lié aux conditions systeme)
19	■ En-Marche	Bool	false	Moteur en marche
20	▼ Temp			
21	■ <Add new>			
22	▼ Constant			

Figure 4.12 Bloc d'interface de la fonction "Moteur SS"

3. Fonction pour la vanne simple

Cette fonction est dédiée à la gestion des vannes monostables. La figure 4.13, illustre les entrées, les sorties et les données statiques de la vanne.

VanneSimple				
	Name	Data type	Default value	Comment
1	▼ Input			
2	■ ID_Vanne	Int	0	Numéro de la vanne
3	■ VanneFermée	Bool	false	Signal de retour Vanne Fermée
4	■ VanneOuvverte	Bool	false	Signal de retour Vanne Ouvverte
5	▼ Output			
6	■ CMD_Ouverture	Bool	false	La commande de la vanne
7	▼ InOut			
8	■ <Add new>			
9	▼ Static			
10	■ Ouverte	Bool	false	Vanne Ouverte
11	■ Fermée	Bool	false	Vanne Fermée
12	■ Anim	DInt	0	interface d'animation Face-plate
13	▼ Temp			
14	■ <Add new>			
15	▼ Constant			
16	■ <Add new>			

Figure 4.13 Bloc d'interface de la fonction "Vanne Simple"

4. Fonction pour la vanne double

Cette fonction est dédiée à la commande des déviateurs bistables. La fonction contient 2 signaux de retour, pour les positions du déviateur ainsi que, 2 commandes de positionnement (figure 4.14).

VanneDouble				
	Name	Data type	Default value	Comment
1	▼ Input			
2	■ ID_Vanne	Int	0	Numéro de déviateur
3	■ Deviateur position A	Bool	false	signal de retour de déviateur en position A
4	■ Deviateur position B	Bool	false	signal de retour de déviateur en position B
5	▼ Output			
6	■ CMD_Position A	Bool	false	La commande de déviateur en position A
7	■ CMD_Position B	Bool	false	La commande de déviateur en position B
8	▼ InOut			
9	■ <Add new>			
10	▼ Static			
11	■ Anim	DInt	0	interface d'animation Face-plate
12	▼ Temp			
13	■ <Add new>			
14	▼ Constant			
15	■ <Add new>			

Figure 4.14 Bloc d'interface de la fonction "Vanne Double"

5. Fonction pour les capteurs

Cette fonction est dédiée à la gestion des capteurs. Cette dernière, contient un signal de retour du capteur et un temporisateur (figure 4.15).

Level				
	Name	Data type	Default value	Comment
1	▼ Input			
2	■ Capteur	Bool	false	Signal de retour
3	■ Tempo	DInt	3000	Temporisation
4	▼ Output			
5	■ <Add new>			
6	▼ InOut			
7	■ <Add new>			
8	▼ Static			
9	■ Anim	Int	0	interface d'animation Face-plate
10	■ Q	Bool	false	Donnée statique de la sortie
11	■ Q_TMP	Bool	false	Donnée statique de la sortie timporisé
12	■ ► retard_Arrêt	TOF_TIME		Timer
13	▼ Temp			
14	■ <Add new>			
15	▼ Constant			
16	■ <Add new>			

Figure 4.15 Bloc d'interface de la fonction capteur

4.4.2.4 Etape 4 : Déclaration des instances des fonctions de base

Dans ce cas, nous créons deux fonctions (FB) ; une fonction 'EQUIPEMENT' pour déclarer les instances des équipements relativement aux moteurs, aux vannes ainsi qu'aux déviateurs, et une fonction 'LEVELS', pour déclarer les instances des équipements capteurs (figures 4.16 et 4.17).

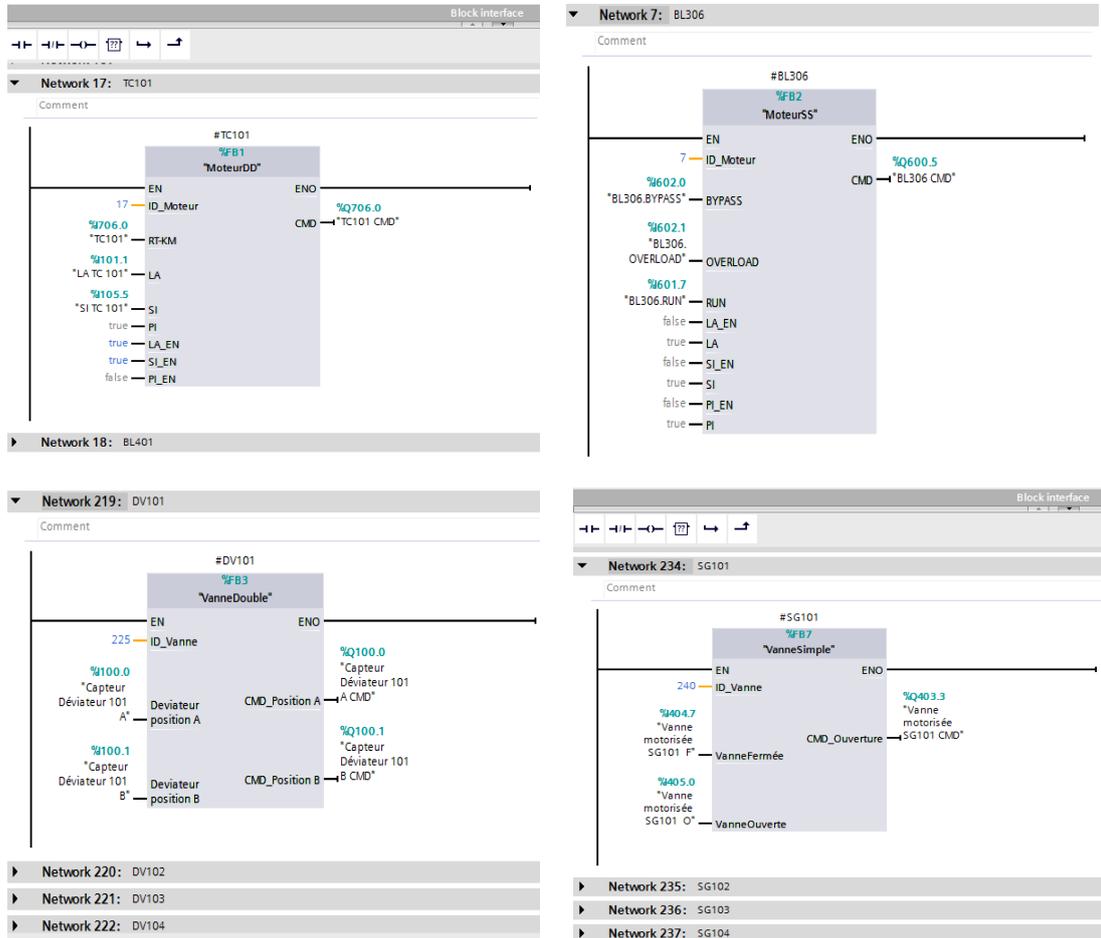


Figure 4.16 Déclaration des instances de quelques équipements

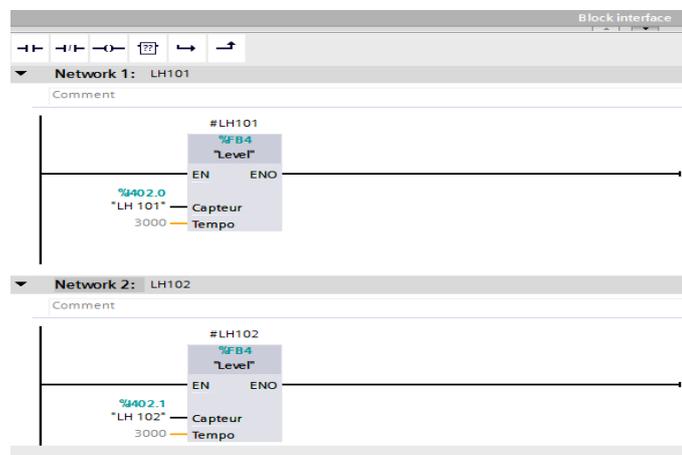


Figure 4.17 Déclaration des instances des capteurs

4.4.2.5 Étape 5 : gestion des équipements en mode automatique

Les équipements en mode automatique se divisent en groupes, qui ont pour objectif de réaliser une fonction commune.

Un ensemble de groupe d'équipements, est dans le cas général, constitué d'ensembles chevauchés.

Un équipement n'est pas entièrement réservé à un groupe, ce qui nécessite une gestion spéciale à ce type de configuration. Dans ce cadre, nous divisons les équipements du moulin, suivant la fonction désirée. Pour chaque fonction, un groupe d'équipements lui est associé, permettant une tâche prédéfinie.

Deux fonctions doivent être créées à cet effet ; la première est pour la gestion du choix de la source et la destination du produit dans les lignes de production, la seconde fonction dite 'Interlock' est responsable de l'arrêt des équipements en état de marche.

1. Fonction 'Interlock'

Cette fonction consiste à regrouper les conditions nécessaires, au fonctionnement d'un équipement en mode permanent (figure 4.18).

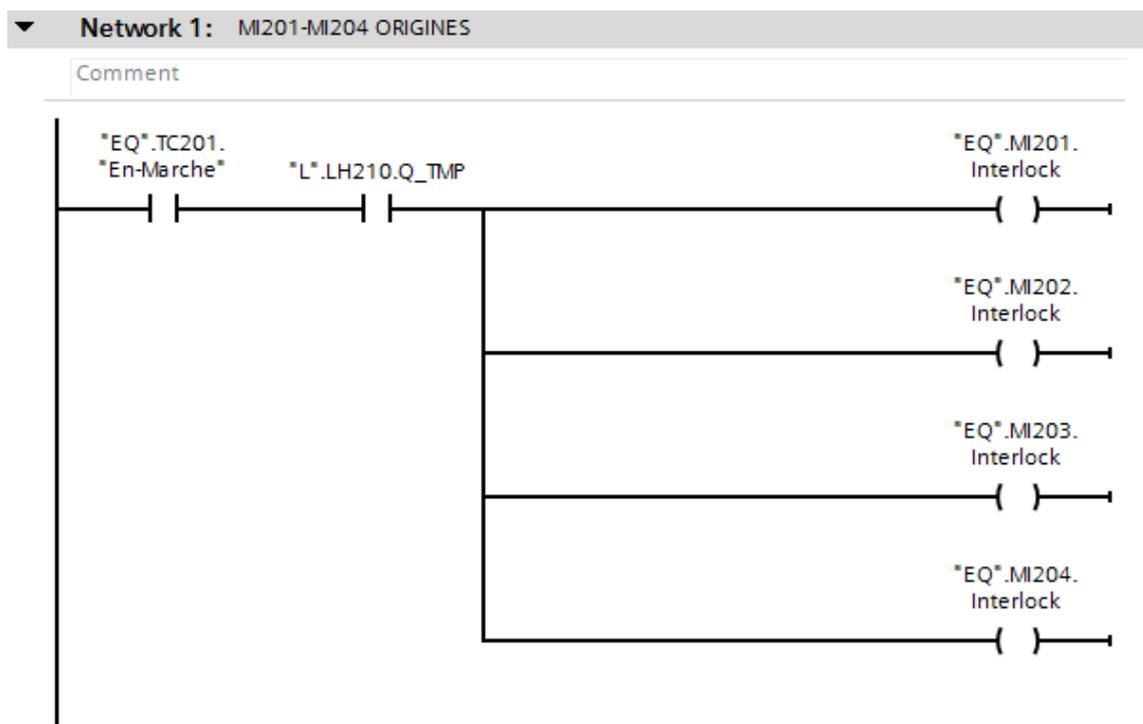


Figure 4.18 Quelques réseaux Interlock des équipements

2. Fonction 'Origine'

Cette fonction gère le choix de la source du produit, établie par l'opérateur dans la fenêtre de chaque section (figure 4.19).

Origine					
	Name	Da...	Defa...	Retain	Comment
1	▼ Input				
2	■ <Add new>				
3	▼ Output				
4	■ <Add new>				
5	▼ InOut				
6	■ <Add new>				
7	▼ Static				
8	■ Selection_ORG_1erNettoyage	Int	0	Retain	Choix de la source du produit au 1er nettoyage
9	■ Selection_ORG_2emNettoyage	Int	0	Retain	Choix de la source du produit au 2em nettoyage
10	■ Selection_ORG_VersMouture	Int	0	Retain	Choix de la source du produit de 2em nettoyage vers la mouture
11	▼ Temp				
12	■ <Add new>				
13	▼ Constant				
14	■ <Add new>				

Figure 4.19 Bloc d'interface de la fonction 'Origine'

3. Fonction 'Destination'

Cette fonction gère le choix de la destination du produit, établie par l'opérateur dans la fenêtre de chaque section (figure 4.20).

Destination					
	Name	Data type	Default v..	Retain	Comment
1	▼ Input				
2	■ <Add new>				
3	▼ Output				
4	■ <Add new>				
5	▼ InOut				
6	■ <Add new>				
7	▼ Static				
8	■ Selection_DST_1erNettoyage	Int	0	Retain	Choix de destination dans le 1er nettoyage
9	■ Selection_DST_2emNettoyage	Int	0	Retain	Choix de destination dans le 2eme nettoyage
10	■ Selection_DST_ProduitFinis	Int	0	Retain	Choix de destination des produits finis
11	■ DST_1erNettoyage_OK	Bool	false	Non-retain	Destination au 1er nettoyage prête
12	■ DST_2emNettoyage_OK	Bool	false	Non-retain	Destination au 2em nettoyage prête
13	■ DST_ProduitFinis_OK	Bool	false	Non-retain	Destination des produits finis prête
14	▼ Temp				
15	■ <Add new>				
16	▼ Constant				
17	■ <Add new>				

Figure 4.20 Bloc d'interface de la fonction 'Destination'

4. Fonctions de gestion des équipements en mode automatique

L'organigramme de la figure 4.21, représente la gestion en mode automatique du mode de démarrage et d'arrêt d'un groupe d'équipements.

Les identificateurs des équipements (ID) sont enregistrés, dans un tableau à une dimension. Nous utilisons un pointeur (I) qui permet d'extraire les codes des équipements consécutifs, relatifs au cycle du démarrage et d'arrêt du groupe.

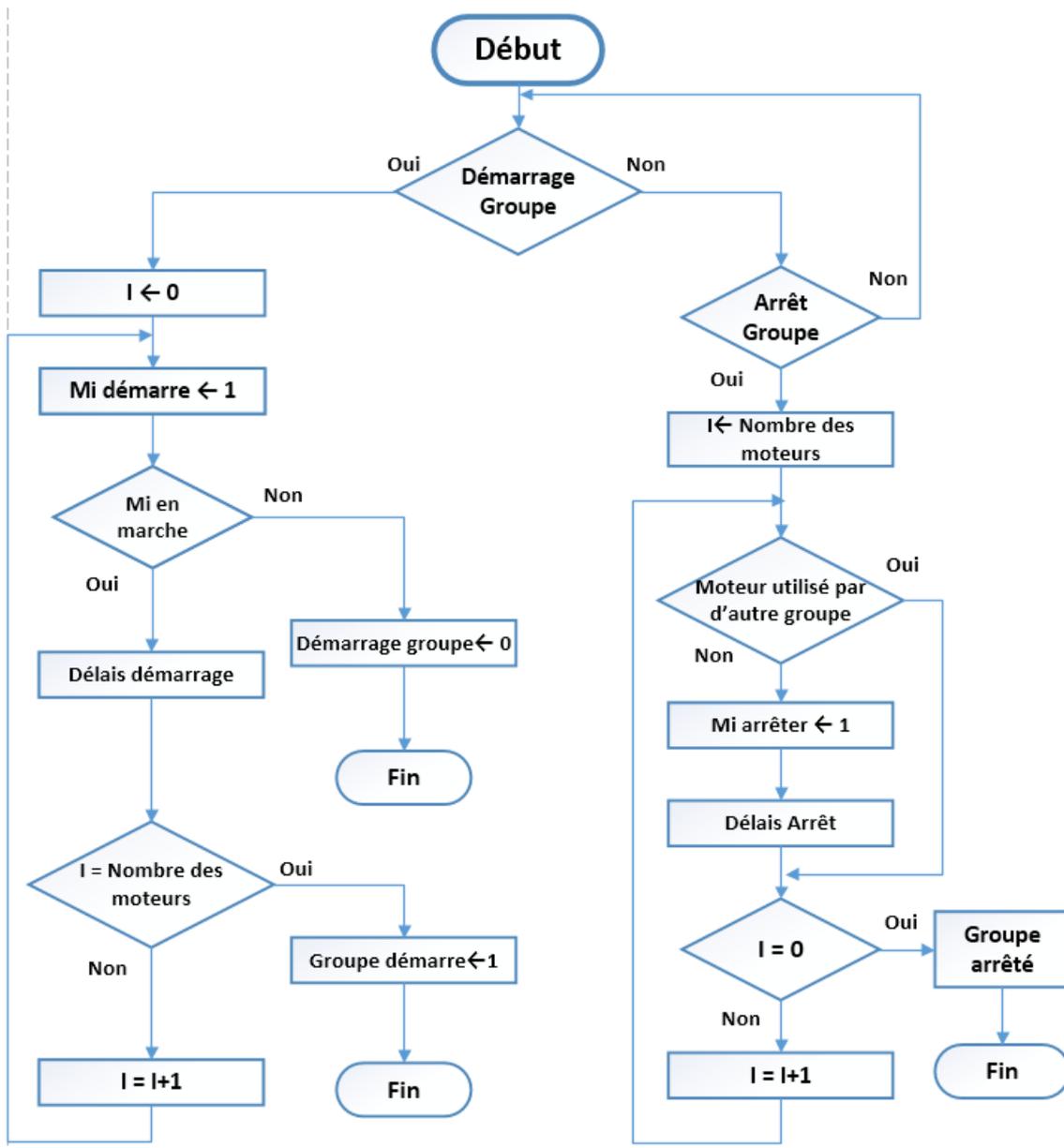


Figure 4.21 Organigramme de la gestion automatique du démarrage et d'arrêt des équipements

2
67
3
189
18
4
260
5

Pointeur →

← ID Moteur

Figure 4.22 Tableau les identificateurs des équipements

4.4.3 Conception du programme de supervision

La supervision permet la commande individuelle de chaque équipement ainsi que, la supervision de l'état de fonctionnement de tous les composants nécessaires, à son contrôle.

Elle permet aussi de contrôler le paramétrage, le lancement des cycles de démarrage et d'arrêt relatifs à chaque groupe d'équipements ; suivant une fenêtre spécifique pour déterminer les destinations et les origines, de chaque groupe.

Afin d'établir le programme de supervision, il nous faut suivre la procédure suivante :

- Le choix d'un système de supervision.
- La création des Face-plates pour les animations des équipements.
- La création des vues de supervision.
- La mise en œuvre d'une interface de fonctions blocs et de face-plates.
- La conception des POP-UP pour la commande des équipements.
- La gestion des alarmes.

4.4.3.1 Ergonomie

L'ergonomie est l'étude scientifique des conditions de travail et, des relations entre l'être humain et la machine. Sachant que l'opérateur passe son temps devant l'écran, nous nous devons de lui offrir le confort nécessaire. Pour cela :

- L'interface doit permettre, un maximum d'efficacité (accès rapide par une organisation structurée des vues).
- La représentation graphique des équipements, se fait par des représentations simples à identifier (pas de photo réaliste ou des images 3D).
- Les détails relatifs à chaque équipement et les paramètres, qui présentent un faible intérêt dans la gestion continue de l'installation, ne doivent pas être considérés dans les vues principales. Ils sont regroupés dans des fenêtres flottantes, accessibles selon la fonction, afin de ne pas encombrer l'opérateur avec trop de données à gérer.
- Les animations des états d'équipements, se font par des représentations aux couleurs standards, pour éviter toute ambiguïté.

4.4.3.2 Choix d'un système de supervision

Pour le système de supervision, nous avons choisi d'utiliser le 'WinCC RT' professionnel intégré, dans l'environnement TIA V15.1 (figure 4.23).

Une fois le matériel ajouté, il est connecté au réseau Profinet avec le PLC.

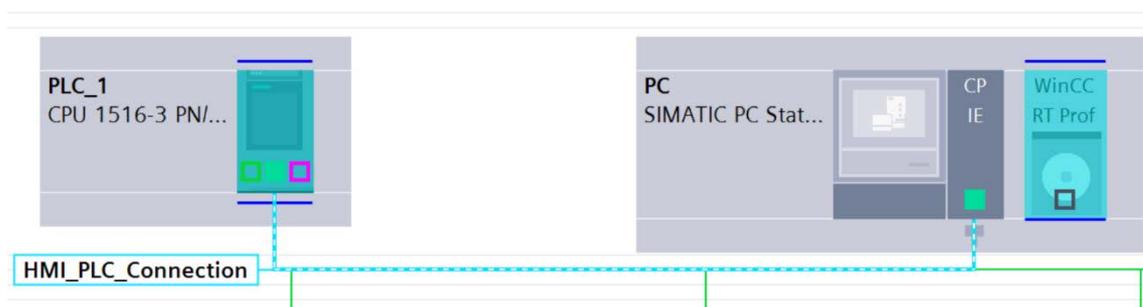


Figure 4.23 Réseau de supervision

1. Création des Face-plates

Une Face-plate est un objet image standardisé, créé de manière centralisée, en tant que type dans un projet (figure 4.24).

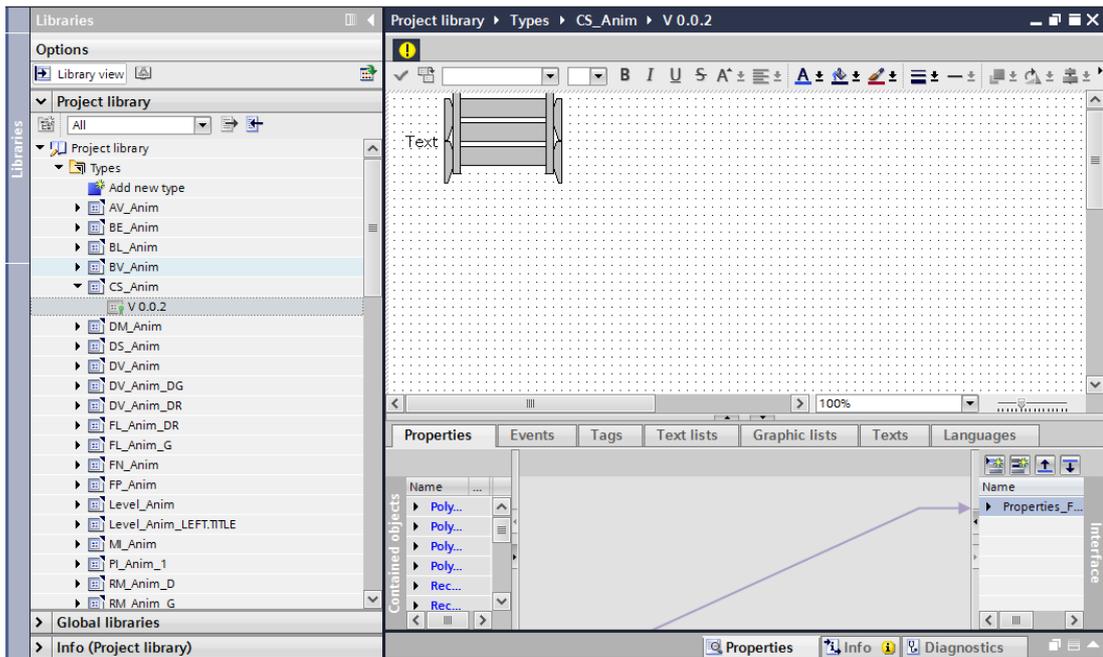


Figure 4.24 Création des Face-plates

Par la suite, toutes les Face-plates dont nous avons besoin, pour la supervision, seront créées.

2. Création des vues de supervision

Les face-plates qui représentent les représentations animées des équipements, sont placées structurellement pour générer des vues. Nous commencerons à les placer et les organiser, selon leurs groupes pour obtenir une vue relative à une fonction.

Après avoir créé la fenêtre, les face-plates de la bibliothèque sont glissées à notre vue de la réception, jusqu'à arriver au résultat final, comme le montre la figure 4.25.

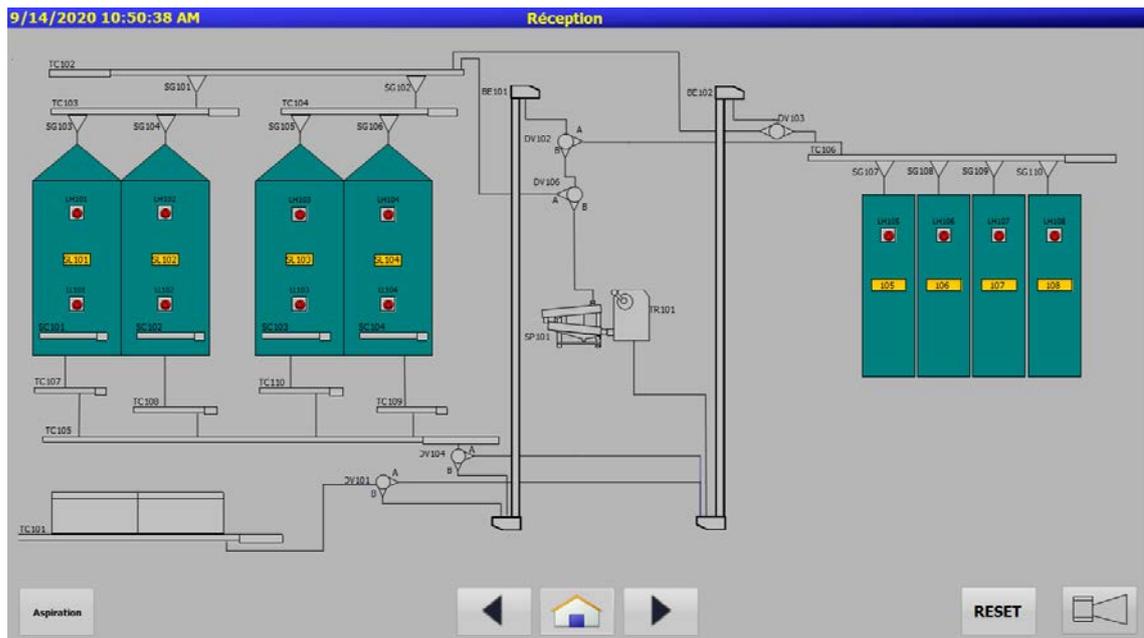


Figure 4.25 Vue de la réception

Pour mettre en œuvre une vue, tous les équipements indispensables à la mise en marche de la station voulue, sont regroupés. Pour s'y faire nous nous sommes aidés des documents internes et de l'ancien synoptique de la minoterie, pour bien architecturer la vue. Nous avons commencé par dessiner les silos de stockage, puis mettre en place les face-plates des équipements et, finir par relier les équipements entre eux (annexe C).

3. Commande et animation des Face-plates

Pour animer et commander les Face-plates, une relation avec les fonctions de gestions des équipements en question, doit être établie. Dans notre cas nous avons vu utile, de regrouper toutes les données dans un tag dit, 'animation du type DWord', qui regroupe ainsi tous les bits nécessaires, à une animation et à la commande (figure 4.26). Pour s'y prendre, nous passons par les étapes suivantes :

- **Étape 1** : Nous commençons par la création d'un tag d'animation relatif, à chaque équipement. Ce tag défini dans le système de supervision, est une image de la donnée statique 'Animation' représentée dans l'instance de la fonction de base de cet équipement, dans le programme PLC.
- **Étape 2** : Nous assignons le tag défini d'animation de chaque équipement, à la donnée d'interface de la face-plate correspondante.

- **Étape 3** : le nom de l'équipement est attribué, dans l'interface de la face-plate. Ce nom sera affiché comme nom d'équipement, dans la vue de supervision et servira comme préfixe des variables adressées dans la vue Pop-up, relative à l'équipement.

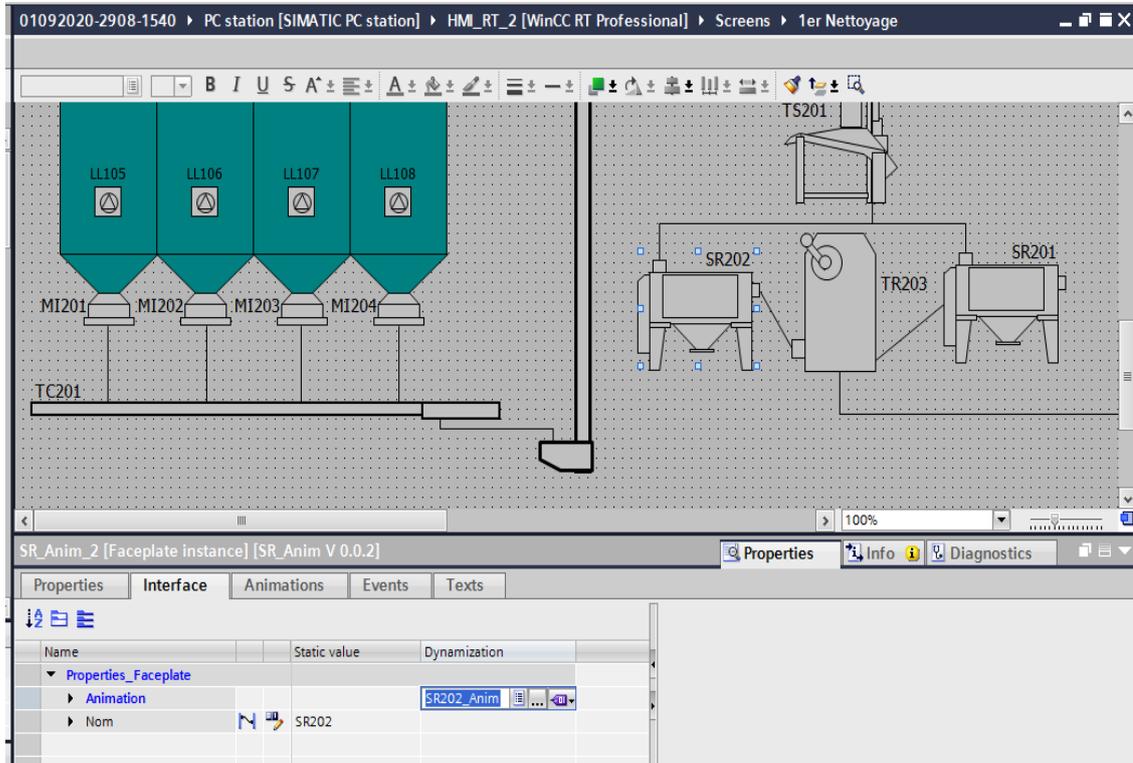


Figure 4.26 Méthode de commande et l'animation des Face-plates

4.4.3.3 POP-UP

Une Pop-up est une fenêtre flottante, qui regroupe des objets tels que des boutons et des voyants, qui ne sont pas nécessairement affichés à plein temps. Dans ce cas, différents Pop-up sont utilisés.

1. Pop-up pour l'aspiration

Le Pop-up d'aspiration contient les différents équipements, responsables de l'aspiration dans les différents niveaux du moulin. C'est pourquoi, on le trouve présent comme bouton dans toutes les vues (figure 4.27).

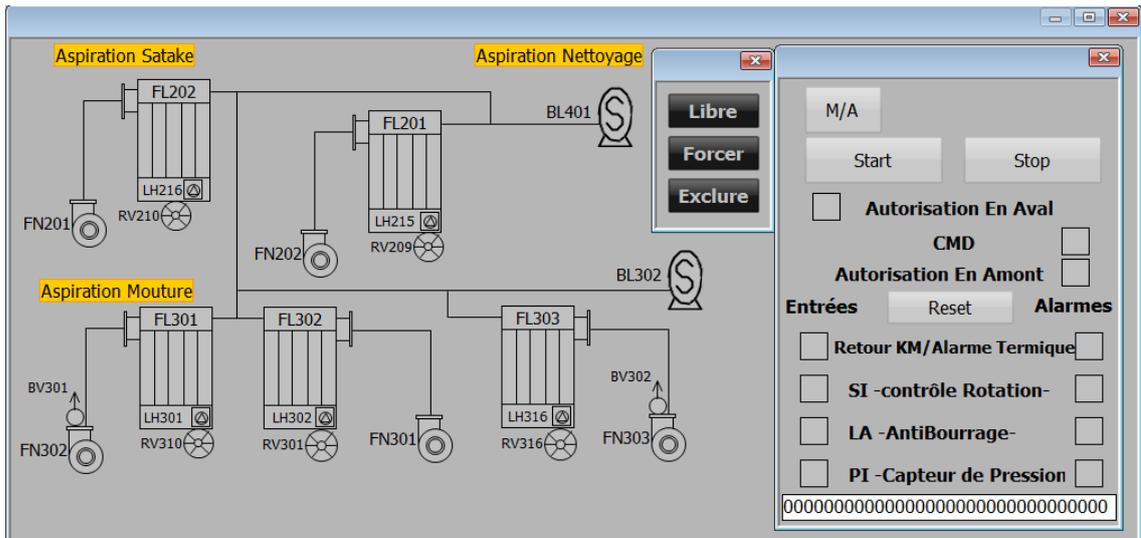


Figure 4.27 Pop-up de l'aspiration

2. Pop-up pour les déviateurs

En appuyant sur un déviateur, la fenêtre Pop-up de la figure 4.28, apparaît.

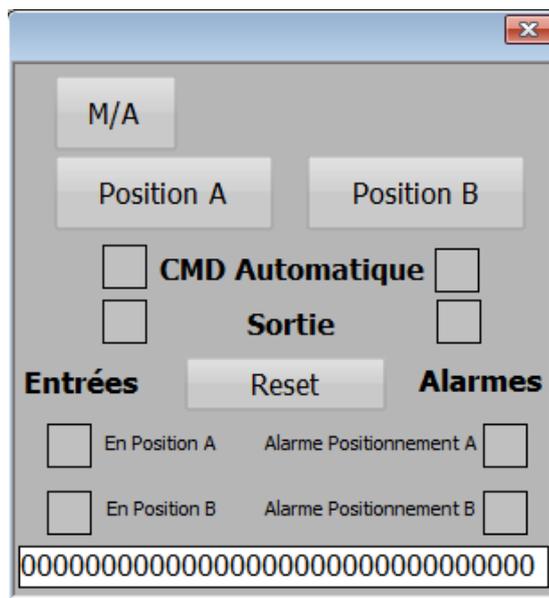


Figure 4.28 Pop-up de déviateur

La Pop-up contient comme nous pouvons le voir, des boutons et des voyants de signalisations suivants :

- Le bouton M/A, représente la commande automatique et manuelle de l'équipement.

- Les boutons des positions A et B, permettent de mettre en position le déviateur, soit en A ou en B.
- Le bouton reset, est responsable de l'actualisation de l'état de l'équipement.
- Des voyants de signalisation des capteurs, permettent de connaître la position actuelle du déviateur.

3. Pop-up pour les moteurs

En appuyant sur un moteur, la fenêtre Pop-up de la figure 4.29, s'affiche.

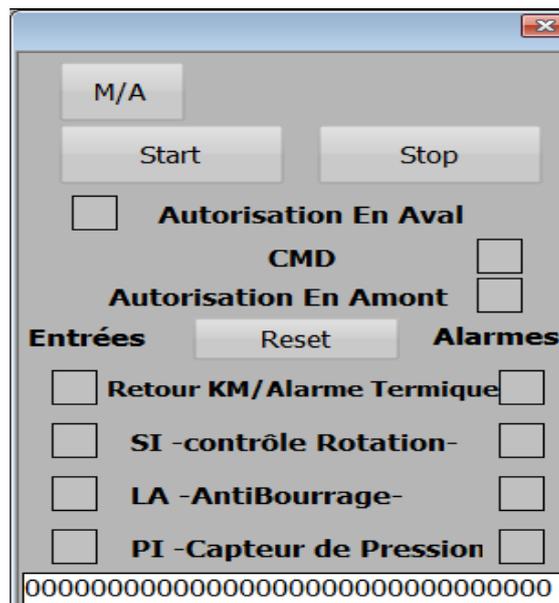


Figure 4.29 Pop-up des moteurs

- Le bouton M/A, représente la commande automatique et manuelle du moteur.
- Les boutons de démarrage et d'arrêt du moteur Start et Stop.
- Le bouton Reset.
- Des voyants de signalisation de l'état du capteur associé au moteur.

4. Pop-up pour les vannes

La fenêtre pop-up correspondant aux vannes, est représentée par la figure 4.30.

Les commandes de la fenêtre pop-up du capteur, sont indiquées suivant :

- Le bouton 'libre', permet de remettre le capteur à sa fonction après avoir été forcé ou exclu.
- Le bouton 'forcer', nous permet de forcer la réponse du capteur à 1, pour l'automate.
- Le bouton 'exclure', permet d'isoler le capteur de la chaîne de production.

6. Pop-up de paramétrage et de démarrage/Arrêt

Pour chaque groupe d'équipements dans une section de moulin, nous associons une fenêtre de paramétrage (choix de source et de destination) et de lancement des opérations 'démarrage, arrêt et pause'. Ces actions peuvent être regroupées, dans cette fenêtre (figure 4.32).



Figure 4.32 POP-UP de démarrage et d'arrêt d'une section

7. Boutons de raccourcis et de défilement des vues des Pop-up

La fenêtre de la figure 4.33, illustre les raccourcis des différentes commandes des pop-up.

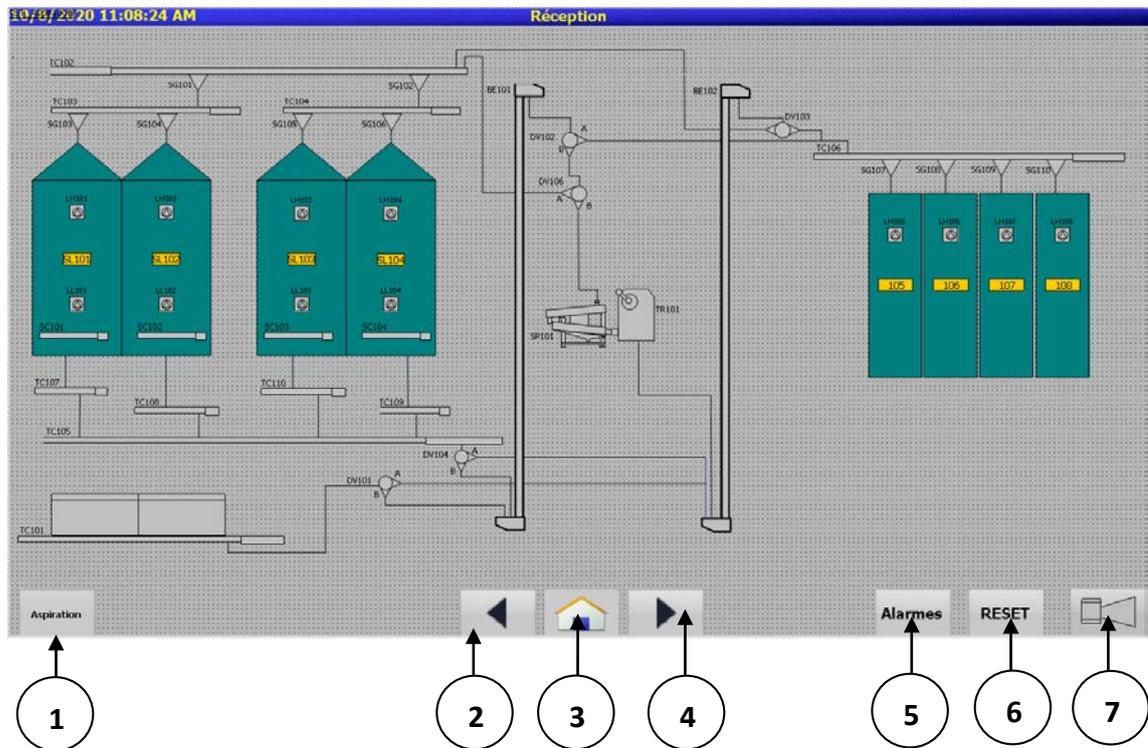


Figure 4.33 Illustration des différents Pop-up

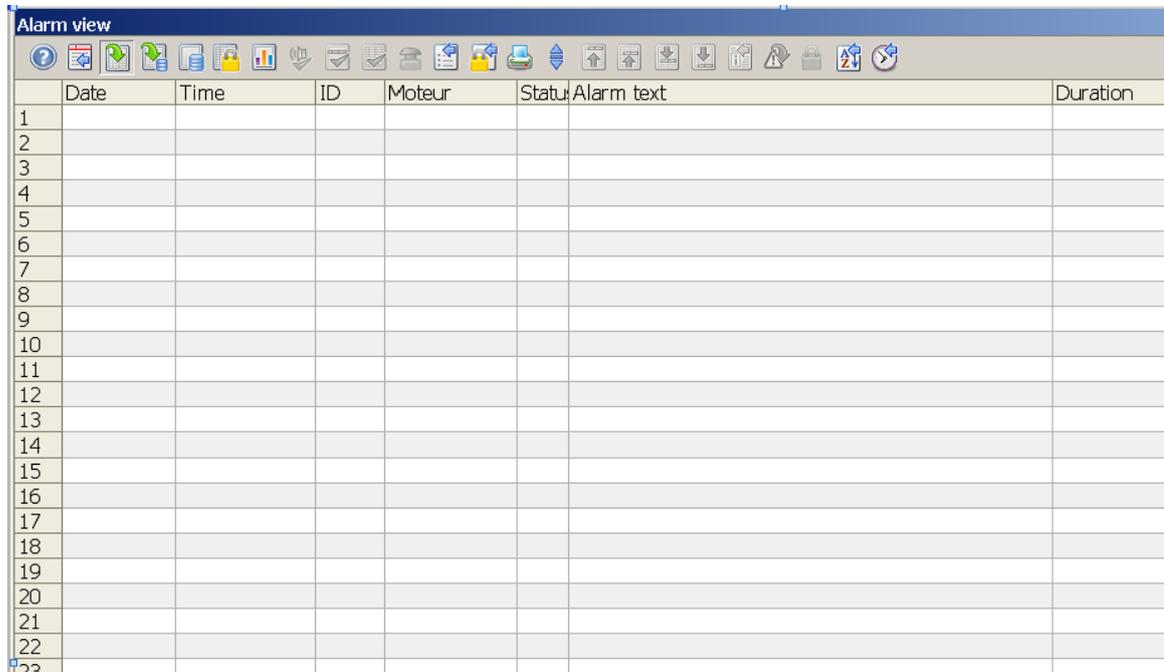
1. Bouton qui ouvre la fenêtre Aspiration.
2. Bouton pour revenir à la vue précédente.
3. Bouton pour aller à la page d'accueil.
4. Bouton pour passer à la vue suivante.
5. Bouton pour afficher le journal des alarmes.
6. Bouton de réarmement des alarmes des équipements, figurants dans la vue
7. Bouton pour la gestion de la sirène.

4.4.3.4 Alarmes

Nous distinguons deux tableaux de représentation des alarmes :

1. Le tableau de représentation des alarmes en cours, qui représente les alarmes non acquittées et les alarmes persistantes. Chaque enregistrement (ligne) contient la date, l'heure et l'équipement concerné ainsi, qu'un texte descriptif de l'alarme.
2. Le tableau d'archivage des alarmes. Il contient toutes les alarmes (historique) très utiles dans le suivi continue de la production.

Nous notons que l'archive des alarmes, est enregistrée dans une base de données, préparée à l'envoi vers l'ERP.



	Date	Time	ID	Moteur	Statu	Alarm text	Duration
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

Figure 4.34 Journal d'alarmes

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons concentré notre travail en premier lieu, sur la collecte et l'exploration des équipements pertinents, pour les regrouper dans un tableau d'instrumentations. Avant la mise en œuvre de l'automate agro-alimentaire, les données récoltées, sont analysées afin de recenser les entrées et sorties relatives à chaque équipement, pour les déclarer dans le système.

L'élaboration du programme d'automatisme ainsi que le programme de supervision, s'est faite autour de la hiérarchie du système et d'une étude approfondie sur le plan de supervision actuel.

Le système d'automatisme développé, a permis la création des fonctions de base pour la gestion des équipements, en tenant compte des paramètres adéquats.

Dans le même cadre, le système de supervision, assure la mise en œuvre des pop-ups pour la commande des équipements et la gestion des alarmes.

L'automate réalisé via une interface de commande sur ordinateur, nous a permis de simuler le contrôle, la commande du démarrage et l'arrêt de toutes les stations. L'approche développée, offre aussi la possibilité d'utiliser les commandes des équipements en mode manuel, ou automatique selon le besoin. Dans le même contexte, la simulation et l'archivage des alarmes, offrent une traçabilité très précise des données obtenues.

Conclusion générale

Le présent mémoire, a été réalisé au sein de la filiale SIM-AGRO du groupe SIM, pour l'élaboration d'un système d'automatisation et de supervision de la minoterie Sidi Yahia, suivant l'automate programmable industriel S7 1500, en se concentrant sur l'étude du fonctionnement de la minoterie de Sidi-Yahia.

Lors du stage effectué, pendant six mois, nous a permis d'acquérir sur le plan théorique, des connaissances bien approfondies, sur le processus de transformation du blé tendre en farine et toutes ses dérivées, ainsi que les différentes caractéristiques techniques des éléments de la partie commande et des équipements de la partie opérative. Cet apprentissage, a été mis en pratique, pour l'élaboration du programme d'automatisation, avec l'outil TIA PORTAL V15.1. Les résultats engendrés via une simulation, suivant divers paramètres et des fonctions de commande ainsi que de la gestion des alarmes, sont encourageants pour la réalité du terrain.

Ce stage nous a offert une expérience marquante dans le milieu de l'industrie, que ce soit sur le plan pratique ou théorique. Nous avons eu la chance, d'avoir une vision sur le monde professionnel du développement.

En conclusion nous devons avouer que nous sommes satisfaits de ce mémoire et de l'automate développé. En effet, nous avons atteint notre objectif, qui est la validation de la solution proposée à l'entreprise. Ce qui apporterait une aide précieuse, dans la transformation automatique et rapide du blé en tenant compte de la pureté du produit.

Nous allons éventuellement poursuivre nos travaux, en se concentrant sur la réalisation des armoires et des coffrets électriques. A cet effet, l'établissement du circuit électrique de commande et de puissance, permet de finaliser notre travail et de faire les tests, directement sur l'unité, en temps réel.

Annexe A

Boite de jonction de niveau (0)



Name	Type	Address	Name	Type	Address
Capteur Déviateur 101 A	Bool	%I100.0	LH 307	Bool	%I102.0
Capteur Déviateur 101 B	Bool	%I100.1	LH 309	Bool	%I102.1
Capteur Déviateur 104 A	Bool	%I100.2	LH 310	Bool	%I102.2
Capteur Déviateur 104 B	Bool	%I100.3	LH 312	Bool	%I102.3
LA SC 204	Bool	%I100.4	LH 314	Bool	%I102.4
LA SC 207	Bool	%I100.5	LH 315	Bool	%I102.5
LA SC 210	Bool	%I100.6	LH 316	Bool	%I102.6
LA SC 307	Bool	%I100.7	LL 101	Bool	%I102.7
LA SC 308	Bool	%I101.0	LL 102	Bool	%I103.0
LA TC 101	Bool	%I101.1	LL 103	Bool	%I103.1
LA TC 105	Bool	%I101.2	LL 104	Bool	%I103.2
LA TC 107	Bool	%I101.3	LL 105	Bool	%I103.3
LA TC 108	Bool	%I101.4	LL 106	Bool	%I103.4
LA TC 109	Bool	%I101.5	LL 107	Bool	%I103.5
LA TC 110	Bool	%I101.6	LL 108	Bool	%I103.6
LA TC 201	Bool	%I101.7	LL 201	Bool	%I103.7

Name	Type	Address
LL 202	Bool	%I104.0
LL 203	Bool	%I104.1
LL 204	Bool	%I104.2
LL 205	Bool	%I104.3
LL 206	Bool	%I104.4
LL 207	Bool	%I104.5
LL 208	Bool	%I104.6
PI BL 302	Bool	%I104.7
PI BL 306	Bool	%I105.0
Capteur ...	Bool	%I105.1
Capteur ...	Bool	%I105.2
Capteur ...	Bool	%I105.3
Capteur ...	Bool	%I105.4
SI TC 101	Bool	%I105.5
SI TC 105	Bool	%I105.6
SI TC 201	Bool	%I105.7

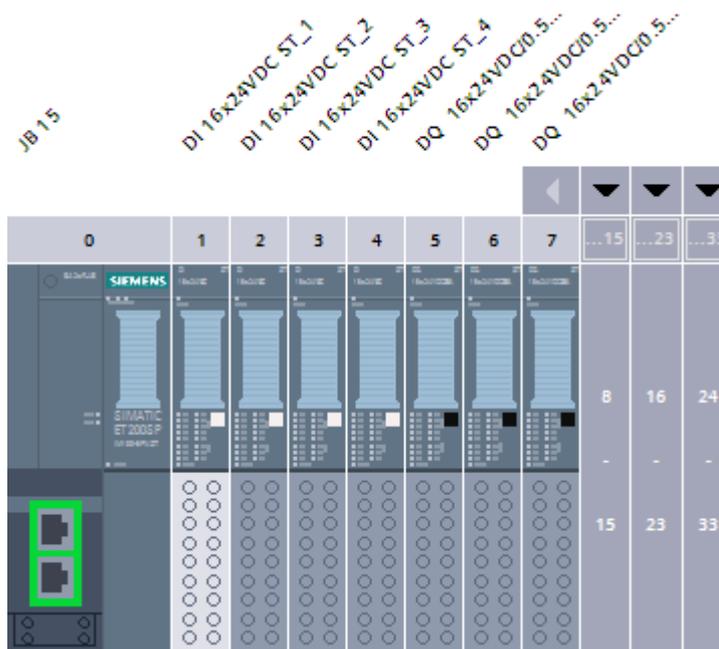
Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
SI BE 101	...	%I106.0	WG304	...	%I108.0	Capteur Dé...	...	%Q100.0
SI BE 102	...	%I106.1		...	%I108.1	Capteur Dé...	...	%Q100.1
SI BE 201	...	%I106.2		...	%I108.2	Capteur Dé...	...	%Q100.2
SI BE 202	...	%I106.3		...	%I108.3	Capteur Dé...	...	%Q100.3
SI BE 203	...	%I106.4		...	%I108.4	Capteur Va...	...	%Q100.4
SI BE 204	...	%I106.5		...	%I108.5	Capteur Va...	...	%Q100.5
SI BE 205	...	%I106.6		...	%I108.6	WG203 CMD	...	%Q100.6
SI BE 206	...	%I106.7		...	%I108.7	WG301 CMD	...	%Q100.7
SI BE 207	...	%I107.0		...	%I109.0	WG302 CMD	...	%Q101.0
SI BE 208	...	%I107.1		...	%I109.1	WG303 CMD	...	%Q101.1
SI M11	...	%I107.2		...	%I109.2	WG304 CMD	...	%Q101.2
SI M12	...	%I107.3		...	%I109.3	WG203DCH	...	%Q101.3
WG203	...	%I107.4		...	%I109.4	WG301DCH	...	%Q101.4
WG301	...	%I107.5		...	%I109.5	WG302DCH	...	%Q101.5
WG302	...	%I107.6		...	%I109.6	WG303DCH	...	%Q101.6
WG303	...	%I107.7		...	%I109.7	WG304DCH	...	%Q101.7

Boite de jonction Niveau (4)



Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
DI LA SC 108	...	%I200.0	DI PI BL 303	...	%I202.0	DI WG202 CMD	...	%Q200.0
DI LA SC 208	...	%I200.1	DI PI BL 304	...	%I202.1	DI WG202DCH	...	%Q200.1
DI LA SC 301	...	%I200.2	DI PI BL 305	...	%I202.2		...	%Q200.2
DI LA SC 302	...	%I200.3	DI LH 213	...	%I202.3		...	%Q200.3
DI LA SC 303	...	%I200.4	DI LH 215	...	%I202.4		...	%Q200.4
DI LA SC 304	...	%I200.5		...	%I202.5		...	%Q200.5
DI LA SC 305	...	%I200.6		...	%I202.6		...	%Q200.6
DI LA SC 310	...	%I200.7		...	%I202.7		...	%Q200.7
DI LH 304	...	%I201.0		...	%I203.0		...	%Q201.0
DI LH 305	...	%I201.1		...	%I203.1		...	%Q201.1
DI LH 306	...	%I201.2		...	%I203.2		...	%Q201.2
DI LH 308	...	%I201.3		...	%I203.3		...	%Q201.3
DI LH 311	...	%I201.4		...	%I203.4		...	%Q201.4
DI LH 313	...	%I201.5		...	%I203.5		...	%Q201.5
DI LL 209	...	%I201.6		...	%I203.6		...	%Q201.6
DI WG202	...	%I201.7		...	%I203.7		...	%Q201.7

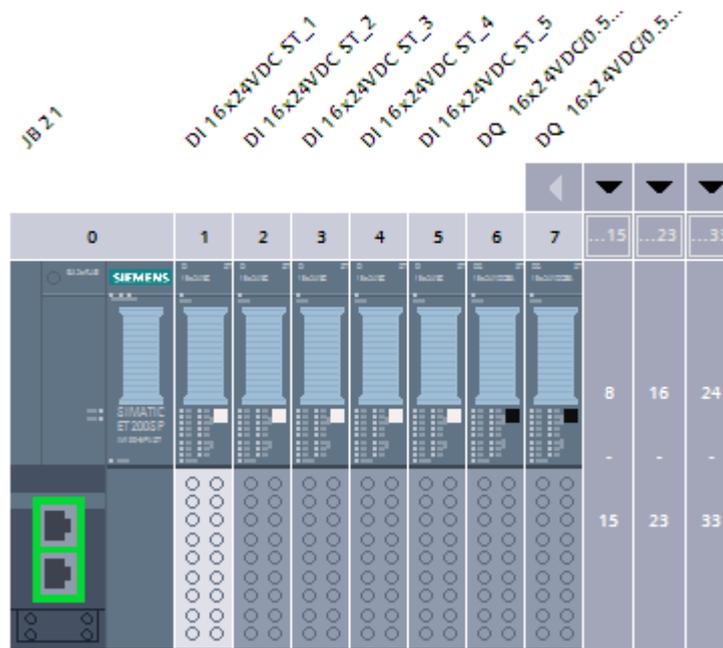
Boite de jonction Niveau (15)



Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
Capteur Dev...	...	%I300.0	Capteur ...	...	%I206.0	LH 411	...	%I208.0
Capteur Dev...	...	%I300.1	Capteur ...	...	%I206.1	LH 412	...	%I208.1
Capteur Dev...	...	%I300.2	Capteur ...	...	%I206.2	LH 413	...	%I208.2
Capteur Dev...	...	%I300.3	Capteur ...	...	%I206.3	LH 414	...	%I208.3
Capteur Dev...	...	%I300.4	LH 302	...	%I206.4	LH 415	...	%I208.4
Capteur Dev...	...	%I300.5	LH 303	...	%I206.5	LH 901	...	%I208.5
Capteur Dev...	...	%I300.6	LH 401	...	%I206.6	LH PRI 1	...	%I208.6
Capteur Dev...	...	%I300.7	LH 402	...	%I206.7	LH PRI 3	...	%I208.7
Capteur Dev...	...	%I301.0	LH 403	...	%I207.0	LH SEC 1	...	%I209.0
Capteur Dev...	...	%I301.1	LH 404	...	%I207.1	LH SEC 3	...	%I209.1
Capteur Dev...	...	%I301.2	LH 405	...	%I207.2	PIXEL 5 A	...	%I209.2
Capteur Dev...	...	%I301.3	LH 406	...	%I207.3	PIXEL 5 B	...	%I209.3
Capteur Dev...	...	%I301.4	LH 407	...	%I207.4	BV301 F	...	%I209.4
Capteur Dev...	...	%I301.5	LH 408	...	%I207.5	BV301 O	...	%I209.5
Capteur Dev...	...	%I301.6	LH 409	...	%I207.6	BV302 F	...	%I209.6
Capteur Dev...	...	%I301.7	LH 410	...	%I207.7	BV302 O	...	%I209.7

Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
PI BL 401	...	%I210.0	Capteur Dev...	...	%Q202.0	Capteur De...	...	%Q204.0
	...	%I210.1	Capteur Dev...	...	%Q202.1	Capteur D...	...	%Q204.1
	...	%I210.2	Capteur Dev...	...	%Q202.2	Capteur D...	...	%Q204.2
	...	%I210.3	Capteur Dev...	...	%Q202.3	Capteur D...	...	%Q204.3
	...	%I210.4	Capteur Dev...	...	%Q202.4	PIXEL 5 A C...	...	%Q204.4
	...	%I210.5	Capteur Dev...	...	%Q202.5	PIXEL 5 B C...	...	%Q204.5
	...	%I210.6	Capteur Dev...	...	%Q202.6	BV301 CMD	...	%Q204.6
	...	%I210.7	Capteur Dev...	...	%Q202.7	BV302 CMD	...	%Q204.7
	...	%I211.0	Capteur Dev...	...	%Q203.0		...	%Q205.0
	...	%I211.1	Capteur Dev...	...	%Q203.1		...	%Q205.1
	...	%I211.2	Capteur Dev...	...	%Q203.2		...	%Q205.2
	...	%I211.3	Capteur Dev...	...	%Q203.3		...	%Q205.3
	...	%I211.4	Capteur Dev...	...	%Q203.4		...	%Q205.4
	...	%I211.5	Capteur Dev...	...	%Q203.5		...	%Q205.5
	...	%I211.6	Capteur Dev...	...	%Q203.6		...	%Q205.6
	...	%I211.7	Capteur Dev...	...	%Q203.7		...	%Q205.7

Boite de jonction Niveau (21)

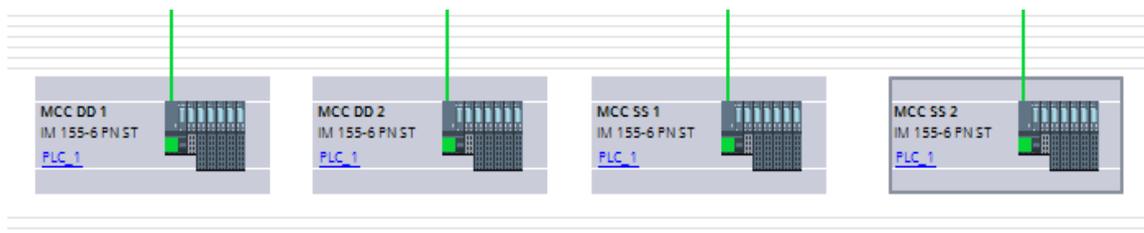


Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
WG201	...	%I400.0	LH 101	...	%I402.0	LH 208	...	%I404.0
Capteur ...	...	%I400.1	LH 102	...	%I402.1	LH 209	...	%I404.1
capteur ...	...	%I400.2	LH 103	...	%I402.2	LH 210	...	%I404.2
Capteur ...	...	%I400.3	LH 104	...	%I402.3	LH 212	...	%I404.3
Capteur ...	...	%I400.4	LH 105	...	%I402.4	LH 214	...	%I404.4
Capteur ...	...	%I400.5	LH 106	...	%I402.5	LH 216	...	%I404.5
Capteur ...	...	%I400.6	LH 107	...	%I402.6	LH 301	...	%I404.6
Capteur ...	...	%I400.7	LH 108	...	%I402.7	Vanne...	...	%I404.7
Capteur ...	...	%I401.0	LH 109	...	%I403.0	Vanne...	...	%I405.0
Capteur...	...	%I401.1	LH 201	...	%I403.1	Vanne...	...	%I405.1
LA SC 203	...	%I401.2	LH 202	...	%I403.2	Vanne...	...	%I405.2
LA SC 206	...	%I401.3	LH 203	...	%I403.3	Vanne...	...	%I405.3
LA TC 102	...	%I401.4	LH 204	...	%I403.4	Vanne...	...	%I405.4
LA TC 103	...	%I401.5	LH 205	...	%I403.5	Vanne...	...	%I405.5
LA TC 104	...	%I401.6	LH 206	...	%I403.6	Vanne...	...	%I405.6
LA TC 106	...	%I401.7	LH 207	...	%I403.7		...	%I405.7

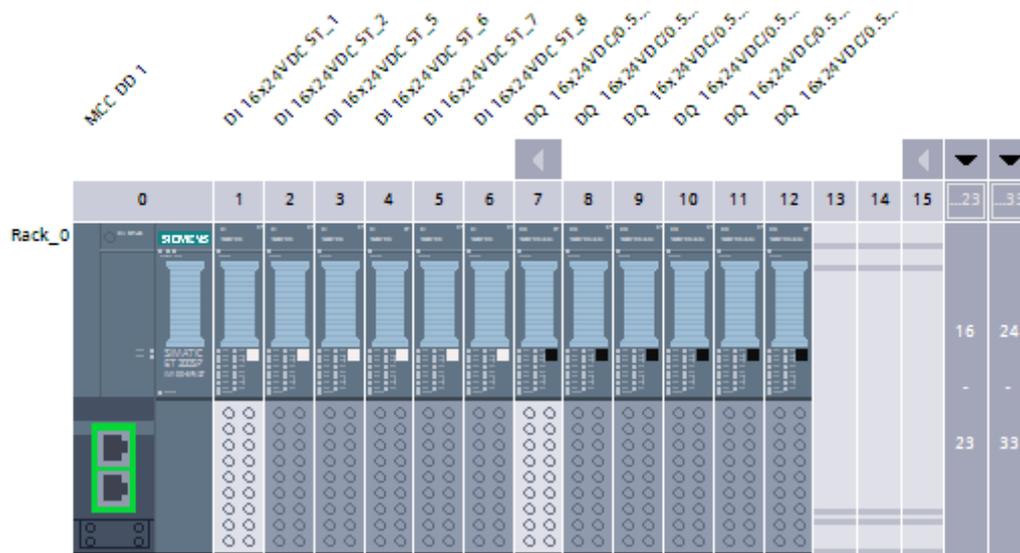
Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
Vanne...	...	%I406.0	Vanne ...	...	%I408.0	Capteur...	...	%Q402.0
Vanne...	...	%I406.1	Vanne ...	...	%I408.1	capteur...	...	%Q402.1
Vanne...	...	%I406.2	Vanne ...	...	%I408.2	Capteur...	...	%Q402.2
Vanne...	...	%I406.3	Vanne ...	...	%I408.3	Deviate...	...	%Q402.3
Vanne...	...	%I406.4	Vanne ...	...	%I408.4	Deviate...	...	%Q402.4
Vanne...	...	%I406.5	Vanne ...	...	%I408.5	Deviate...	...	%Q402.5
Vanne...	...	%I406.6	Vanne ...	...	%I408.6	Deviate...	...	%Q402.6
Vanne...	...	%I406.7	Vanne ...	...	%I408.7	Deviate...	...	%Q402.7
Vanne...	...	%I407.0	SI TC 102	...	%I409.0	Deviate...	...	%Q403.0
Vanne...	...	%I407.1	SI TC 103	...	%I409.1	Capteur...	...	%Q403.1
Vanne...	...	%I407.2	SI TC 104	...	%I409.2	Capteur...	...	%Q403.2
Vanne...	...	%I407.3	SI TC 106	...	%I409.3	Vanne ...	...	%Q403.3
Vanne...	...	%I407.4	SI SC 205	...	%I409.4	Vanne ...	...	%Q403.4
Vanne...	...	%I407.5	SI SC 202	...	%I409.5	Vanne ...	...	%Q403.5
Vanne...	...	%I407.6		...	%I409.6	Vanne ...	...	%Q403.6
Vanne...	...	%I407.7		...	%I409.7	Vanne ...	...	%Q403.7

Name	...	Address
Vanne mo...	...	%Q404.0
Vanne mo...	...	%Q404.1
Vanne mo...	...	%Q404.2
Vanne mo...	...	%Q404.3
Vanne mo...	...	%Q404.4
Vanne de ...	...	%Q404.5
Vanne de ...	...	%Q404.6
Vanne de ...	...	%Q404.7
Vanne de ...	...	%Q405.0
Vanne de ...	...	%Q405.1
Vanne de ...	...	%Q405.2
WG201CMD	...	%Q405.3
WG201DCH	...	%Q405.4
	...	%Q405.5
	...	%Q405.6
	...	%Q405.7

Centre de contrôle des moteurs



MCC DD 1



Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
AV201	...	%I500.0	BL305	...	%I502.0	FN102	...	%I504.0	ML 301	...	%I506.0
AV301	...	%I500.1	CS201	...	%I502.1	FL401	...	%I504.1	ML 302	...	%I506.1
AV302	...	%I500.2	DS301	...	%I502.2	FL402	...	%I504.2	PP 201	...	%I506.2
AV303	...	%I500.3	DS302	...	%I502.3	FL201	...	%I504.3	PP 202	...	%I506.3
BE201	...	%I500.4	DS303	...	%I502.4	FL202	...	%I504.4	PPMP	...	%I506.4
BE202	...	%I500.5	DS304	...	%I502.5	FL301	...	%I504.5	RV101	...	%I506.5
BE203	...	%I500.6	DS305	...	%I502.6	FL302	...	%I504.6	RV201	...	%I506.6
BE204	...	%I500.7	DS306	...	%I502.7	FL303	...	%I504.7	RV202	...	%I506.7
BE205	...	%I501.0	DS307	...	%I503.0	FP304	...	%I505.0	RV203	...	%I507.0
BE206	...	%I501.1	DS308	...	%I503.1	FP305	...	%I505.1	RV204	...	%I507.1
BE207	...	%I501.2	DS309	...	%I503.2	FP306	...	%I505.2	RV205	...	%I507.2
BE208	...	%I501.3	DS310	...	%I503.3	MI 201	...	%I505.3	RV206	...	%I507.3
BE401	...	%I501.4	DS311	...	%I503.4	MI 202	...	%I505.4	RV207	...	%I507.4
BE402	...	%I501.5	DS312	...	%I503.5	MI 203	...	%I505.5	RV208	...	%I507.5
BE403	...	%I501.6	DS313	...	%I503.6	MI 204	...	%I505.6	RV209	...	%I507.6
FN103	...	%I501.7	FN101	...	%I503.7	ML 201	...	%I505.7	RV210 A	...	%I507.7

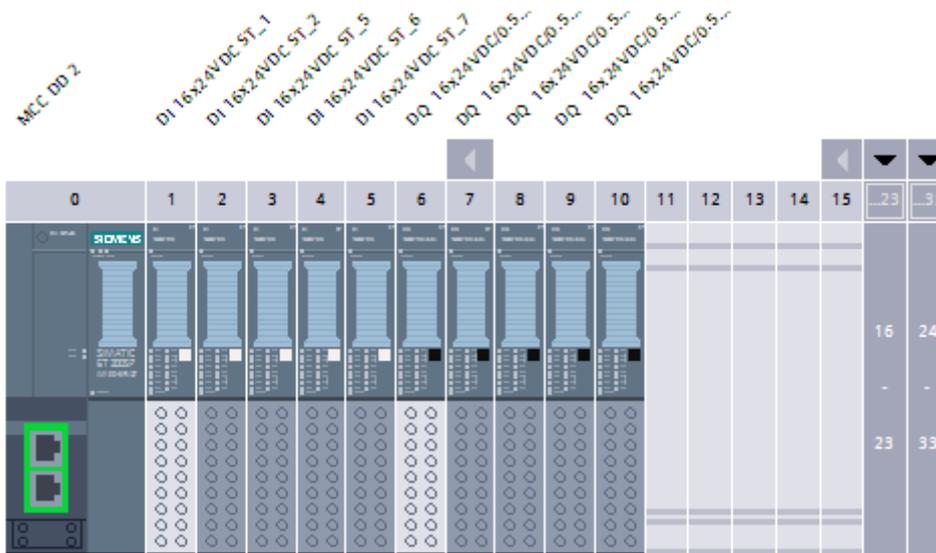
Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
RV210 B	...	%I508.0	RV316	...	%I510.0	AV201...	...	%Q500.0
RV301	...	%I508.1	RV317	...	%I510.1	AV301...	...	%Q500.1
RV302	...	%I508.2	RV318	...	%I510.2	AV302...	...	%Q500.2
RV303	...	%I508.3	RV319	...	%I510.3	AV303...	...	%Q500.3
RV304	...	%I508.4	DM201	...	%I510.4	BE201 ...	...	%Q500.4
RV305	...	%I508.5	DM202	...	%I510.5	BE202 ...	...	%Q500.5
RV306	...	%I508.6	FNVCWM31	...	%I510.6	BE203 ...	...	%Q500.6
RV307	...	%I508.7	SCVCWM41	...	%I510.7	BE204 ...	...	%Q500.7
RV308	...	%I509.0	FNVCWM32	...	%I511.0	BE205 ...	...	%Q501.0
RV309	...	%I509.1	SCVCWM42	...	%I511.1	BE206 ...	...	%Q501.1
RV310	...	%I509.2	FL406	...	%I511.2	BE207 ...	...	%Q501.2
RV311	...	%I509.3	FL408	...	%I511.3	BE208 ...	...	%Q501.3
RV312	...	%I509.4	FN406	...	%I511.4	BE401 ...	...	%Q501.4
RV313	...	%I509.5	FN408	...	%I511.5	BE402 ...	...	%Q501.5
RV314	...	%I509.6	FN402	...	%I511.6	BE403 ...	...	%Q501.6
RV315	...	%I509.7		...	%I511.7		...	%Q501.7

Name	...	Address
BL305...	...	%Q502.0
CS201...	...	%Q502.1
DS301...	...	%Q502.2
DS302...	...	%Q502.3
DS303...	...	%Q502.4
DS304...	...	%Q502.5
DS305...	...	%Q502.6
DS306...	...	%Q502.7
DS307...	...	%Q503.0
DS308...	...	%Q503.1
DS309...	...	%Q503.2
DS310...	...	%Q503.3
DS311...	...	%Q503.4
DS312...	...	%Q503.5
DS313...	...	%Q503.6
FN102...	...	%Q503.7

Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
FN103	...	%Q504.0	ML 301	...	%Q506.0	RV210	...	%Q508.0
FL401	...	%Q504.1	ML 302	...	%Q506.1	RV301	...	%Q508.1
FL402	...	%Q504.2	PP 201	...	%Q506.2	RV302	...	%Q508.2
FL201	...	%Q504.3	PP 202	...	%Q506.3	RV303	...	%Q508.3
FL202	...	%Q504.4	PPMP C...	...	%Q506.4	RV304	...	%Q508.4
FL301	...	%Q504.5	RV101	...	%Q506.5	RV305	...	%Q508.5
FL302	...	%Q504.6	RV201	...	%Q506.6	RV306	...	%Q508.6
FL303	...	%Q504.7	RV202	...	%Q506.7	RV308	...	%Q508.7
FP304	...	%Q505.0	RV203	...	%Q507.0	RV307	...	%Q509.0
FP305	...	%Q505.1	RV204	...	%Q507.1	RV309	...	%Q509.1
FP306	...	%Q505.2	RV205	...	%Q507.2	RV310	...	%Q509.2
MI 201	...	%Q505.3	RV206	...	%Q507.3	RV311	...	%Q509.3
MI 202	...	%Q505.4	RV207	...	%Q507.4	RV312	...	%Q509.4
MI 203	...	%Q505.5	RV208	...	%Q507.5	RV313	...	%Q509.5
MI 204	...	%Q505.6	RV209	...	%Q507.6	RV314	...	%Q509.6
ML 201	...	%Q505.7	RV210	...	%Q507.7	RV315	...	%Q509.7

Name	...	Address
RV316 CMD	...	%Q518.0
RV317 CMD	...	%Q518.1
RV318 CMD	...	%Q518.2
RV319 CMD	...	%Q518.3
DM201 CMD	...	%Q518.4
DM202 CMD	...	%Q518.5
FNVCM31	...	%Q518.6
SCVCM41	...	%Q518.7
FNVCM32	...	%Q519.0
SCVCM42	...	%Q519.1
FL406 CMD	...	%Q519.2
FL408 CMD	...	%Q519.3
FN406 CMD	...	%Q519.4
FN408 CMD	...	%Q519.5
FN402 CMD	...	%Q519.6
	...	%Q519.7

MCC DD 2

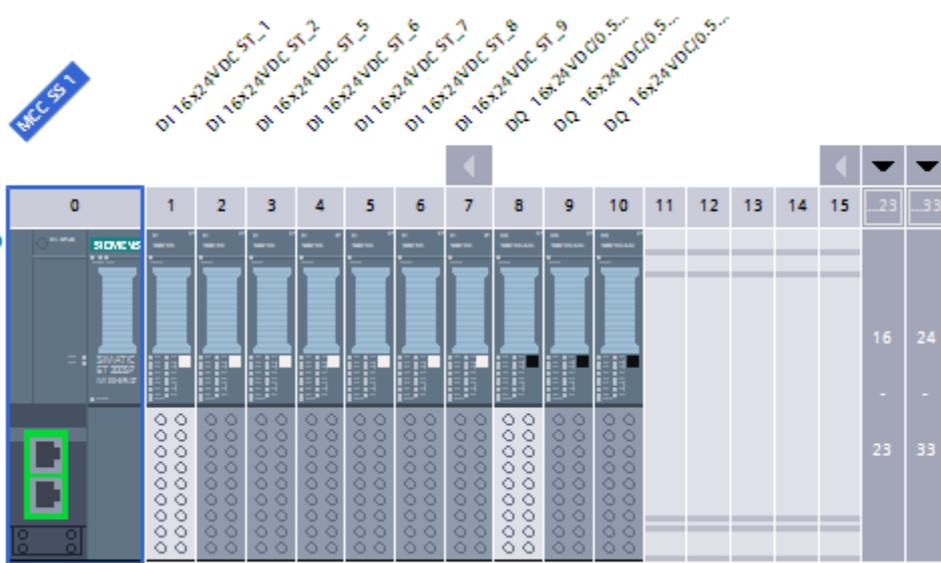


Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
RV401	...	%I700.0	SC208	...	%I702.0	SD301	...	%I704.0	TC101	...	%I706.0
RV402 A	...	%I700.1	SC210	...	%I702.1	SD302	...	%I704.1	TC102	...	%I706.1
RV402 B	...	%I700.2	SC301	...	%I702.2	SD303	...	%I704.2	TC103	...	%I706.2
SATAKE 1	...	%I700.3	SC302	...	%I702.3	SD304	...	%I704.3	TC104	...	%I706.3
SATAKE 2	...	%I700.4	SC303	...	%I702.4	SF301	...	%I704.4	TC105	...	%I706.4
SC101	...	%I700.5	SC304	...	%I702.5	SF302	...	%I704.5	TC106	...	%I706.5
SC102	...	%I700.6	SC305	...	%I702.6	SF303	...	%I704.6	TC107	...	%I706.6
SC103	...	%I700.7	SC307	...	%I702.7	SF304 A	...	%I704.7	TC108	...	%I706.7
SC104	...	%I701.0	SC308	...	%I703.0	SF304 B	...	%I705.0	TC109	...	%I707.0
SC108	...	%I701.1	SC310	...	%I703.1	SF305	...	%I705.1	TC110	...	%I707.1
SC202	...	%I701.2	TS201	...	%I703.2	SF R1	...	%I705.2	TC201	...	%I707.2
SC203	...	%I701.3	VF301	...	%I703.3	SF R2	...	%I705.3	TR101	...	%I707.3
SC204	...	%I701.4	VF302	...	%I703.4	SP101	...	%I705.4	TR201	...	%I707.4
SC205	...	%I701.5	VF303	...	%I703.5	SP201	...	%I705.5	TR202	...	%I707.5
SC206	...	%I701.6	VF304	...	%I703.6	SP202	...	%I705.6	TR203	...	%I707.6
SC207	...	%I701.7		...	%I703.7	SP203	...	%I705.7	TR204	...	%I707.7

Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
RV401...	...	%Q700.0	SC208...	...	%Q702.0	SD301...	...	%Q704.0
RV402...	...	%Q700.1	SC210...	...	%Q702.1	SD302...	...	%Q704.1
RV402...	...	%Q700.2	SC301...	...	%Q702.2	SD303...	...	%Q704.2
SATAK...	...	%Q700.3	SC302...	...	%Q702.3	SD304...	...	%Q704.3
SATAK...	...	%Q700.4	SC303...	...	%Q702.4	SF301 ...	...	%Q704.4
SC101...	...	%Q700.5	SC304...	...	%Q702.5	SF302 ...	...	%Q704.5
SC102...	...	%Q700.6	SC305...	...	%Q702.6	SF303 ...	...	%Q704.6
SC103...	...	%Q700.7	SC307...	...	%Q702.7	SF304 ...	...	%Q704.7
SC104...	...	%Q701.0	SC308...	...	%Q703.0	SF304 ...	...	%Q705.0
SC108...	...	%Q701.1	SC310...	...	%Q703.1	SF305 ...	...	%Q705.1
SC202...	...	%Q701.2	TS201 ...	...	%Q703.2	SF R1 ...	...	%Q705.2
SC203...	...	%Q701.3	VF301...	...	%Q703.3	SP101 ...	...	%Q705.3
SC204...	...	%Q701.4	VF302...	...	%Q703.4	SF R2 ...	...	%Q705.4
SC205...	...	%Q701.5	VF303...	...	%Q703.5	SP201 ...	...	%Q705.5
SC206...	...	%Q701.6	VF304...	...	%Q703.6	SP202 ...	...	%Q705.6
SC207...	...	%Q701.7		...	%Q703.7	SP203 ...	...	%Q705.7

Name	...	Address
TC101...	...	%Q706.0
TC102...	...	%Q706.1
TC103...	...	%Q706.2
TC104...	...	%Q706.3
TC105...	...	%Q706.4
TC106...	...	%Q706.5
TC107...	...	%Q706.6
TC108...	...	%Q706.7
TC109...	...	%Q707.0
TC110...	...	%Q707.1
TC201 ...	...	%Q707.2
TR101 ...	...	%Q707.3
TR201 ...	...	%Q707.4
TR202 ...	...	%Q707.5
TR203 ...	...	%Q707.6
TR204 ...	...	%Q707.7

MCC SS 1



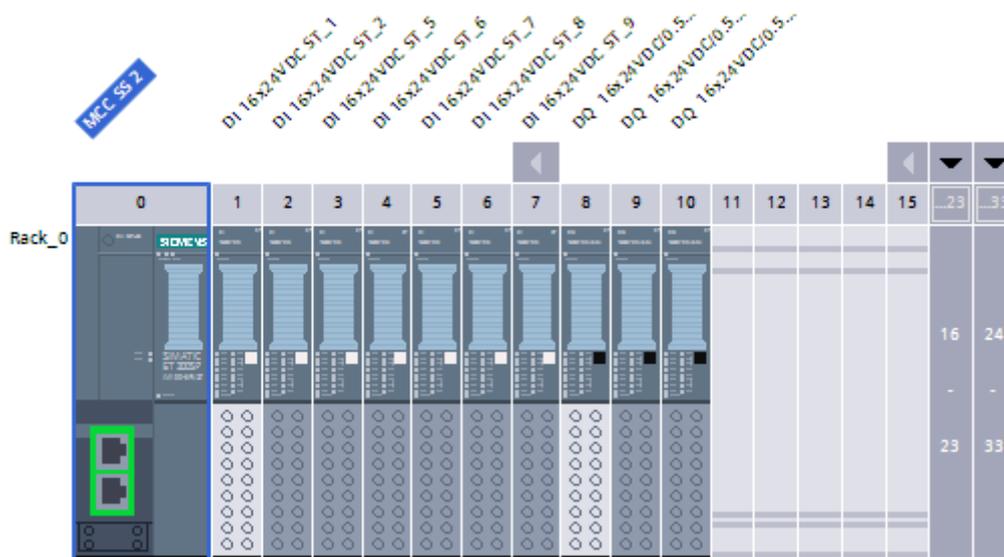
Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
FN101.B...	...	%I604.0	FP301.R...	...	%I606.0	RM304	...	%I610.0
FN201.R...	...	%I604.1	FP301.B...	...	%I606.1	RM305	...	%I610.1
FN201.B...	...	%I604.2	FP301.O...	...	%I606.2	RM305	...	%I610.2
FN201.O...	...	%I604.3	FP302.R...	...	%I606.3	RM305	...	%I610.3
FN202.R...	...	%I604.4	FP302.B...	...	%I606.4	RM306	...	%I610.4
FN202.B...	...	%I604.5	FP302.O...	...	%I606.5	RM306	...	%I610.5
FN202.O...	...	%I604.6	FP303.R...	...	%I606.6	RM306	...	%I610.6
FN301.R...	...	%I604.7	FP303.B...	...	%I606.7	RM307	...	%I610.7
FN301.B...	...	%I605.0	FP303.O...	...	%I607.0	RM307	...	%I611.0
FN301.O...	...	%I605.1	SR201.R...	...	%I607.1	RM307	...	%I611.1
FN302.R...	...	%I605.2	SR201.B...	...	%I607.2	RM308	...	%I611.2
FN302.B...	...	%I605.3	SR201.O...	...	%I607.3	RM308	...	%I611.3
FN302.O...	...	%I605.4	SR202.R...	...	%I607.4	RM308	...	%I611.4
FN303.R...	...	%I605.5	SR202.B...	...	%I607.5	RM309	...	%I611.5
FN303.B...	...	%I605.6	SR202.O...	...	%I607.6	RM309	...	%I611.6
FN303.O...	...	%I605.7	SR203.R...	...	%I607.7	RM309	...	%I611.7

Name	...	Address
SR203.B...	...	%I608.0
SR203.O...	...	%I608.1
SR204.RUN	...	%I608.2
SR204.B...	...	%I608.3
SR204.O...	...	%I608.4
RM301 A...	...	%I608.5
RM301 A...	...	%I608.6
RM301 A...	...	%I608.7
RM302 A...	...	%I609.0
RM302 A...	...	%I609.1
RM302 A...	...	%I609.2
RM303 A...	...	%I609.3
RM303 A...	...	%I609.4
RM303 A...	...	%I609.5
RM304 A...	...	%I609.6
RM304 A...	...	%I609.7

Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
BL306.BYPASS	...	%I602.0	BE101.RUN	...	%I600.0	SATAKE 1-M11...	...	%I612.0
BL306.OVER...	...	%I602.1	BE101.BYPASS	...	%I600.1	SATAKE 1-M11...	...	%I612.1
BL401.RUN	...	%I602.2	BE101.OVERL...	...	%I600.2	SATAKE 1-M11...	...	%I612.2
BL401.BYPASS	...	%I602.3	BE102.RUN	...	%I600.3	SATAKE 1-M21...	...	%I612.3
BL401.OVER...	...	%I602.4	BE102.BYPASS	...	%I600.4	SATAKE 1-M21...	...	%I612.4
BL410.RUN	...	%I602.5	BE102.OVERL...	...	%I600.5	SATAKE 1-M21...	...	%I612.5
BL410.BYPASS	...	%I602.6	BL302.RUN	...	%I600.6	SATAKE 2-M12...	...	%I612.6
BL410.OVER...	...	%I602.7	BL302.BYPASS	...	%I600.7	SATAKE 2-M12...	...	%I612.7
BL411.RUN	...	%I603.0	BL302.OVERL...	...	%I601.0	SATAKE 2-M12...	...	%I613.0
BL411.BYPASS	...	%I603.1	BL303.RUN	...	%I601.1	SATAKE 2-M22...	...	%I613.1
BL411.OVER...	...	%I603.2	BL303.BYPASS	...	%I601.2	SATAKE 2-M22...	...	%I613.2
BL412.RUN	...	%I603.3	BL303.OVERL...	...	%I601.3	SATAKE 2-M22...	...	%I613.3
BL412.BYPASS	...	%I603.4	BL304.RUN	...	%I601.4		...	%I613.4
BL412.OVER...	...	%I603.5	BL304.BYPASS	...	%I601.5		...	%I613.5
FN101.RUN	...	%I603.6	BL304.OVERL...	...	%I601.6		...	%I613.6
FN101.OVER...	...	%I603.7	BL306.RUN	...	%I601.7		...	%I613.7

Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
BE101	...	%Q600.0	FP301	...	%Q602.0	RM301A ALM	...	%Q604.0
BE102	...	%Q600.1	FP302	...	%Q602.1	RM302A ALM	...	%Q604.1
BL302	...	%Q600.2	FP303	...	%Q602.2	RM303A ALM	...	%Q604.2
BL303	...	%Q600.3	SR201	...	%Q602.3	RM304A ALM	...	%Q604.3
BL304	...	%Q600.4	SR202	...	%Q602.4	RM305A ALM	...	%Q604.4
BL306	...	%Q600.5	SR203	...	%Q602.5	RM306A ALM	...	%Q604.5
BL401	...	%Q600.6	SR204	...	%Q602.6	RM307A ALM	...	%Q604.6
BL410	...	%Q600.7	RM301	...	%Q602.7	RM308A ALM	...	%Q604.7
BL411	...	%Q601.0	RM302	...	%Q603.0	RM309A ALM	...	%Q605.0
BL412	...	%Q601.1	RM303	...	%Q603.1	SATAKE 1-M11	...	%Q605.1
FN101	...	%Q601.2	RM304	...	%Q603.2	SATAKE 1-M21	...	%Q605.2
FN201	...	%Q601.3	RM305	...	%Q603.3	SATAKE 2-M12	...	%Q605.3
FN202	...	%Q601.4	RM306	...	%Q603.4	SATAKE 2-M22	...	%Q605.4
FN301	...	%Q601.5	RM307	...	%Q603.5		...	%Q605.5
FN302	...	%Q601.6	RM308	...	%Q603.6		...	%Q605.6
FN303	...	%Q601.7	RM309	...	%Q603.7		...	%Q605.7

MCC SS 2



Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
DI RMB10 A.R...	...	%I800.0	DI RMB15 A.B...	...	%I802.0	DI RMB02 B.O...	...	%I804.0
DI RMB10 A.B...	...	%I800.1	DI RMB15 A.O...	...	%I802.1	DI RMB03 B.R...	...	%I804.1
DI RMB10 A.O...	...	%I800.2	DI RMB16 A.R...	...	%I802.2	DI RMB03 B.B...	...	%I804.2
DI RMB11 A.R...	...	%I800.3	DI RMB16 A.B...	...	%I802.3	DI RMB03 B.O...	...	%I804.3
DI RMB11 A.B...	...	%I800.4	DI RMB16 A.O...	...	%I802.4	DI RMB04 B.R...	...	%I804.4
DI RMB11 A.O...	...	%I800.5	DI RMB17 A.R...	...	%I802.5	DI RMB04 B.B...	...	%I804.5
DI RMB12 A.R...	...	%I800.6	DI RMB17 A.B...	...	%I802.6	DI RMB04 B.O...	...	%I804.6
DI RMB12 A.B...	...	%I800.7	DI RMB17 A.O...	...	%I802.7	DI RMB05 B.R...	...	%I804.7
DI RMB12 A.O...	...	%I801.0	DI RMB18 A.R...	...	%I803.0	DI RMB05 B.B...	...	%I805.0
DI RMB13 A.R...	...	%I801.1	DI RMB18 A.B...	...	%I803.1	DI RMB05 B.O...	...	%I805.1
DI RMB13 A.B...	...	%I801.2	DI RMB18 A.O...	...	%I803.2	DI RMB06 B.R...	...	%I805.2
DI RMB13 A.O...	...	%I801.3	DI RMB01 B.R...	...	%I803.3	DI RMB06 B.B...	...	%I805.3
DI RMB14 A.R...	...	%I801.4	DI RMB01 B.B...	...	%I803.4	DI RMB06 B.O...	...	%I805.4
DI RMB14 A.B...	...	%I801.5	DI RMB01 B.O...	...	%I803.5	DI RMB07 B.R...	...	%I805.5
DI RMB14 A.O...	...	%I801.6	DI RMB02 B.R...	...	%I803.6	DI RMB07 B.B...	...	%I805.6
DI RMB15 A.R...	...	%I801.7	DI RMB02 B.B...	...	%I803.7	DI RMB07 B.O...	...	%I805.7

Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
RM308 B.R...	...	%I806.0	RM313 B.B...	...	%I808.0	RM318 B....	...	%I810.0
RM308 B.B...	...	%I806.1	RM313 B.O...	...	%I808.1	RM319 A....	...	%I810.1
RM308 B.O...	...	%I806.2	RM314 B.R...	...	%I808.2	RM319 A....	...	%I810.2
RM309 B.R...	...	%I806.3	RM314 B.B...	...	%I808.3	RM319 A....	...	%I810.3
RM309 B.B...	...	%I806.4	RM314 B.O...	...	%I808.4	RM319 B....	...	%I810.4
RM309 B.O...	...	%I806.5	RM315 B.R...	...	%I808.5	RM319 B....	...	%I810.5
RM310 B.R...	...	%I806.6	RM315 B.B...	...	%I808.6	RM319 B....	...	%I810.6
RM310 B.B...	...	%I806.7	RM315 B.O...	...	%I808.7	FN401 RUN	...	%I810.7
RM310 B.O...	...	%I807.0	RM316 B.R...	...	%I809.0	FN401 BY...	...	%I811.0
RM311 B.R...	...	%I807.1	RM316 B.B...	...	%I809.1	FN401 OV...	...	%I811.1
RM311 B.B...	...	%I807.2	RM316 B.O...	...	%I809.2		...	%I811.2
RM311 B.O...	...	%I807.3	RM317 B.R...	...	%I809.3		...	%I811.3
RM312 B.R...	...	%I807.4	RM317 B.B...	...	%I809.4		...	%I811.4
RM312 B.B...	...	%I807.5	RM317 B.O...	...	%I809.5		...	%I811.5
RM312 B.O...	...	%I807.6	RM318 B.R...	...	%I809.6		...	%I811.6
RM313 B.R...	...	%I807.7	RM318 B.B...	...	%I809.7		...	%I811.7

Name	...	Address	Name	...	Address	Name	...	Address
RM310 ...	...	%Q800.0	RM306 B...	...	%Q802.0	RM310A ALM	...	%Q804.0
RM311 ...	...	%Q800.1	RM307 B...	...	%Q802.1	RM311A ALM	...	%Q804.1
RM312 ...	...	%Q800.2	RM308 B...	...	%Q802.2	RM312A ALM	...	%Q804.2
RM313 ...	...	%Q800.3	RM309 B...	...	%Q802.3	RM313A ALM	...	%Q804.3
RM314 ...	...	%Q800.4	RM310 B...	...	%Q802.4	RM314A ALM	...	%Q804.4
RM315 ...	...	%Q800.5	RM311 B...	...	%Q802.5	RM315A ALM	...	%Q804.5
RM316 ...	...	%Q800.6	RM312 B...	...	%Q802.6	RM316A ALM	...	%Q804.6
RM317 ...	...	%Q800.7	RM313 B...	...	%Q802.7	RM317A ALM	...	%Q804.7
RM318 ...	...	%Q801.0	RM314 B...	...	%Q803.0	RM318A ALM	...	%Q805.0
RM319 ...	...	%Q801.1	RM315 B...	...	%Q803.1	RM319A ALM	...	%Q805.1
RM301 ...	...	%Q801.2	RM316 B...	...	%Q803.2	RM301B ALM	...	%Q805.2
RM302 ...	...	%Q801.3	RM317 B...	...	%Q803.3	RM302B ALM	...	%Q805.3
RM303 ...	...	%Q801.4	RM318 B...	...	%Q803.4	RM303B ALM	...	%Q805.4
RM304 ...	...	%Q801.5	RM319 B...	...	%Q803.5	RM304B ALM	...	%Q805.5
RM305 ...	...	%Q801.6	FN401 C...	...	%Q803.6	RM305B ALM	...	%Q805.6
	...	%Q801.7		...	%Q803.7	RM306B ALM	...	%Q805.7

Annexe B

Bilan énergétique

Le bilan énergétique d'une ressource énergétique, désigne le rapport entre la quantité d'énergie dépensée, pour extraire cette ressource et, l'énergie finale réellement disponible pour l'utilisateur.

Afin de couvrir précisément notre besoin, pour ce qui est des installations électriques et la mise en place adéquate des alimentations, une étude du bilan énergétique est réalisée. A cet effet, nous utilisons les datasheets des capteurs, pour les classer dans un tableau et, les trier par niveau des boîtes de jonctions.

	<h3>Capteur fin de course. XCKP127</h3>	
	à levier à galet thermoplastique à 1 seul sens d'action latérale 	à levier à galet thermoplastique à 1 seul sens d'action verticale 
endurance mécanique (millions de cycles de manœuvres)	15	15
vitesse d'attaque (m/s)	1	1
degré de protection	IP65	IP65
caractéristiques assignées d'emploi	~ AC 15 ; A 300 (Ue = 240 V, Ie = 3)	
encombrement du corps L x P x H (mm)	30 x 30 x 73	30 x 30 x 73
appareil complet (contact "O+F" bipolaire à action brusque)	XCK P121 ⊖	XCK P127 ⊖
appareil complet (contact "O+F" bipolaire décalé à action dépendante)	XCK P521 ⊖	XCK P527 ⊖



Capteur de rotation SI XSAV11373

Principales

Gamme de produits	OsiSense XS
Nom de gamme	Application
Type de capteur	Détecteur de proximité inductif
Fonction de l'appareil	Surveillance de la rotation
Nom du détecteur	XSA
Forme du capteur	Cylindrique M30
Dimension	81 mm
Type de carter	Fixe
Capacité de montage du détecteur	Encastrable
Matériau	Métal
Matériau du coffret	Laiton plaqué nickel
Type de signal de sortie	Numérique
Mode de raccordement	À 3 fils
Portée nominale	10 mm
Sortie numérique	1 "O"
Type de circuit de sortie	CC
Type de sortie numérique	PNP
Raccordement électrique	Câble
Longueur de câble	2 m
[Us] tension d'alimentation	12...48 V CC avec protection contre l'inversion de polarité
Pouvoir de commutation en mA	<= 200 mA avec protection contre les surcharges et courts-circuits
Degré de protection IP	IP67 se conformer à CEI 60529

Face de détection	Frontal
Matériau de la face avant	PPS
Réglage gamme de fréquence	6...150 cyc/mn
Domaine de fonctionnement	0...8 mm
Parcours différentiel	3...15% du Fr
Précision de répétition	3% du Sr
Composition du câble	3 x 0,34 mm ²
Isolement	PvR
État LED	État sortie: 1 LED (rouge)
Limites de la tension d'alimentation	10...58 V CC
Fréquence de commutation	<= 100 Hz
Chute de tension maximale	<1,8 V (fermé)
Consommation électrique	0...15 mA sans charge
Temporisation à la mise sous tension	9 s standard
Marquage	CE
Longueur du filetage	67 mm
Longueur	81 mm
Poids du produit	0,3 kg

Environnement

Certifications du produit	CSA UL CCC
Température de fonctionnement	-25...70 °C
Température ambiante de stockage	-40...85 °C



Capteur capacitif KI5023

Caractéristiques du produit		
Technologie		PNP
Fonction de sortie		normalement ouvert / fermé; (sélectionnable)
Portée [mm]		15
Boîtier		boîtier fileté
Dimensions [mm]		M30 x 1.5 / L = 125
Données électriques		
Tension d'alimentation [V]		10...55 DC; ("supply class 2" selon cULus)
Consommation [mA]		14; (24 V)
Classe de protection		II
Protection inversion de polarité		oui
Sorties		
Technologie		PNP
Fonction de sortie		normalement ouvert / fermé; (sélectionnable)
Chute de tension max. sortie de commutation DC [V]		2.5
Courant de sortie (au maintien) de la sortie de commutation DC [mA]		250
Fréquence de commutation DC [Hz]		40
Résistance courts-circuits		oui
Protection surcharges		oui
Zone de détection		
Portée [mm]		15
Portée réelle Sr [mm]		15 ± 10 %
Portée de travail [mm]		0...12,1
Exactitude / déviations		
Facteur de correction		verre: 0,4 / eau: 1 / céramique: 0,2 / PVC: 0,2
Hystérésis [% de Sr]		1...15
Dérive du point de commutation [% de Sr]		-15...15
Conditions d'utilisation		
Température ambiante [°C]		-25...70
Indice de protection		IP 65
Immunité aux parasites augmentée		oui; (immunité renforcée contre les perturbations électromagnétiques)
Tests / homologations		
CEM		EN 60947-5-2
MTTF [Années]		743
Données mécaniques		
Poids [g]		135
Boîtier		boîtier fileté
Type de montage		non encastrable
Dimensions [mm]		M30 x 1,5 / L = 125
Désignation du filetage		M30 x 1,5
Matières		PBT; capot: PC
Afficheurs / éléments de service		
Indication	état de commutation	1 x LED, jaune
Accessoires		
Accessoires fournis		écrous de fixation: 2 tournevis: 1
Remarques		



**Capteur de pression PI
PQ0809**

Inputs / outputs	
Number of inputs and outputs	Number of digital outputs: 2
Outputs	
Total number of outputs	2
Output signal	switching signal
Electrical design	NPN
Number of digital outputs	2
Output function	normally open / closed; (configurable)
Max. voltage drop switching output DC [V]	2
Permanent current rating of switching output DC [mA]	100
Switching frequency DC [Hz]	< 200
Short-circuit protection	yes
Type of short-circuit protection	yes (non-latching)

Nous aurons les tableaux si dessous :

JB (0)

	Capteurs Anti - bourrage LA	Capteur Capacitif LH / LL	Capteur Inductif SI	Capteur de Pression PI	Modules Input	Modules Output	Total des courants utilisés par la JB
Nombre d'équipements	12	22	13	2	5	2	-
Courant consommé par les équipements (mA)	16.5	16.5	16.5	16.5	90	90	1442

JB (4)

	Capteurs Anti - bourrage LA	Capteur Capacitif LH / LL	Capteur Inductif SI	Capteur de Pression PI	Modules Input	Modules Output	Total des courants utilisés par la JB
Nombre d'équipements	8	9	0	3	2	1	-
Courant consommé par les équipements (mA)	16.5	16.5	0	16.5	90	90	600

JB (15)

	Capteurs Anti - bourrage LA	Capteur Capacitif LH / LL	Capteur Inductif SI	Capteur de Pression PI	Modules Input	Modules Output	Total des courants utilisés par la JB
Nombre d'équipements	0	24	0	0	4	3	-
Courant consommé par les équipements (mA)	0	16.5	0	0	90	90	1026

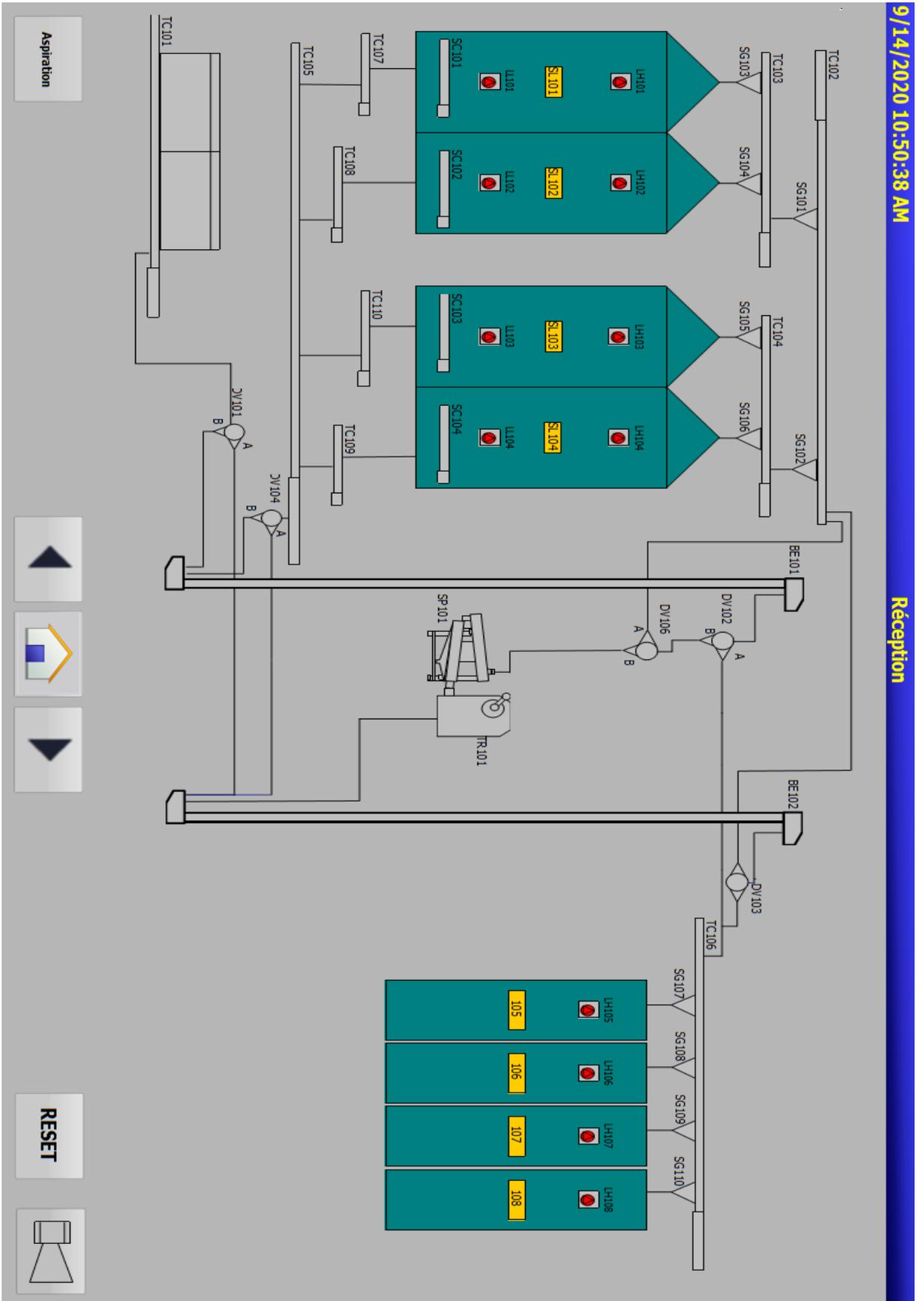
JB (21)

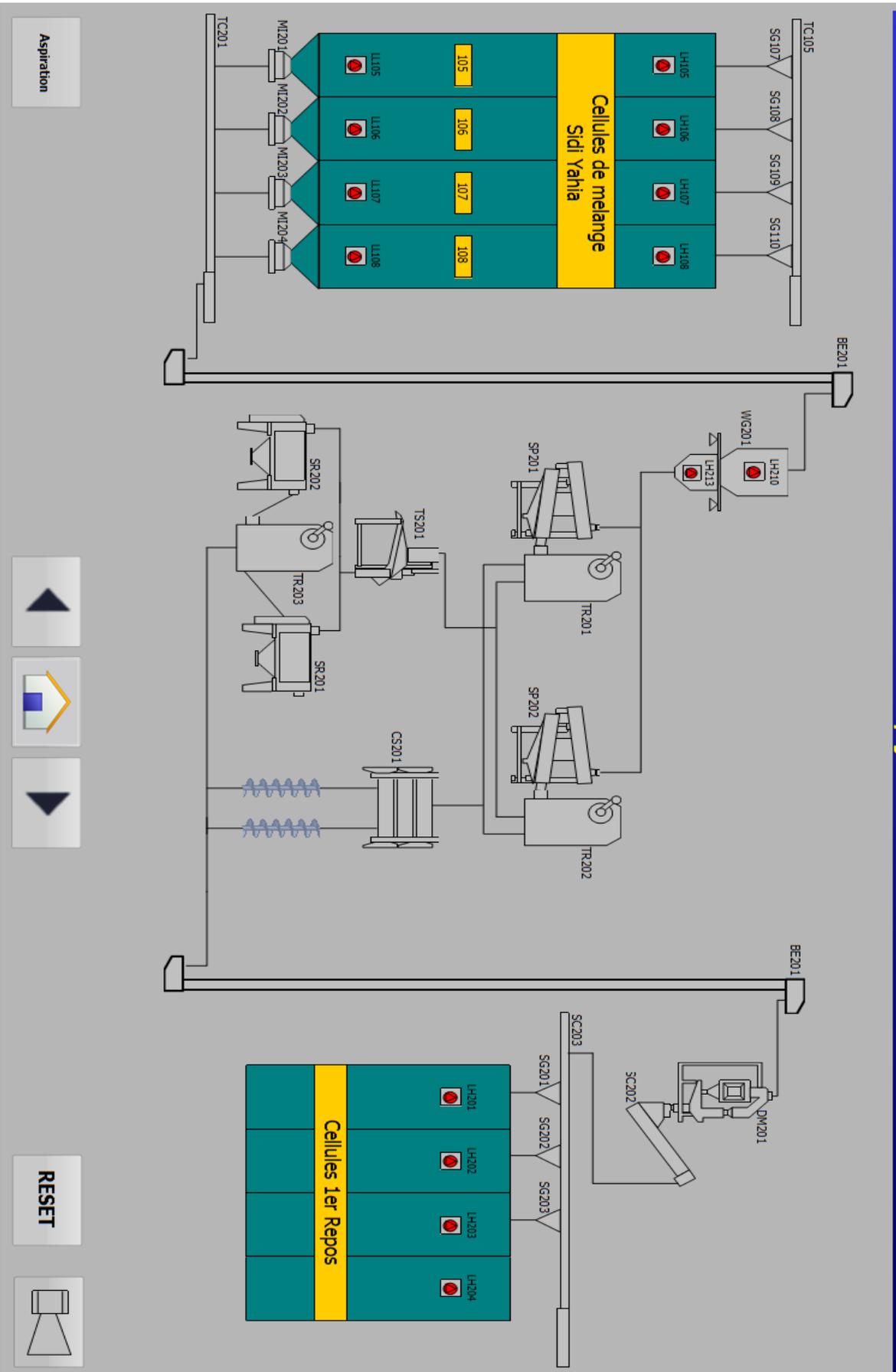
	Capteurs Anti - bourrage LA	Capteur Capacitif LH / LL	Capteur Inductif SI	Capteur de Pression PI	Modules Input	Modules Output	Total des courants utilisés par la JB
Nombre d'équipements	6	22	0	0	6	3	-
Courant consommé par Les équipements (mA)	16.5	16.5	0	0	90	90	1272

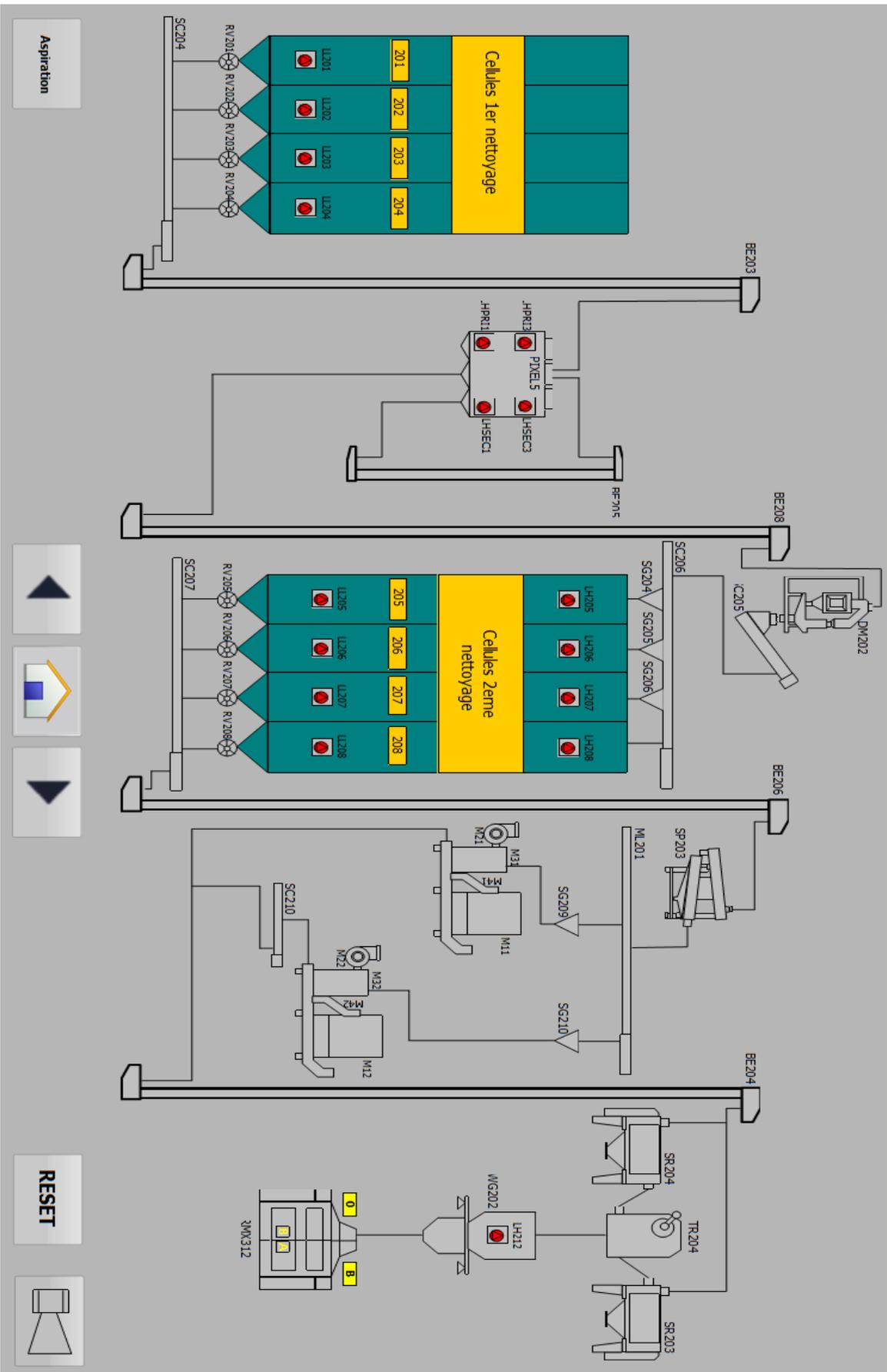
En observant la somme des courants totaux, de chaque boîte de jonction, nous mettrons en place, des alimentations 24v et 3A, pour une affaire de standardisation.

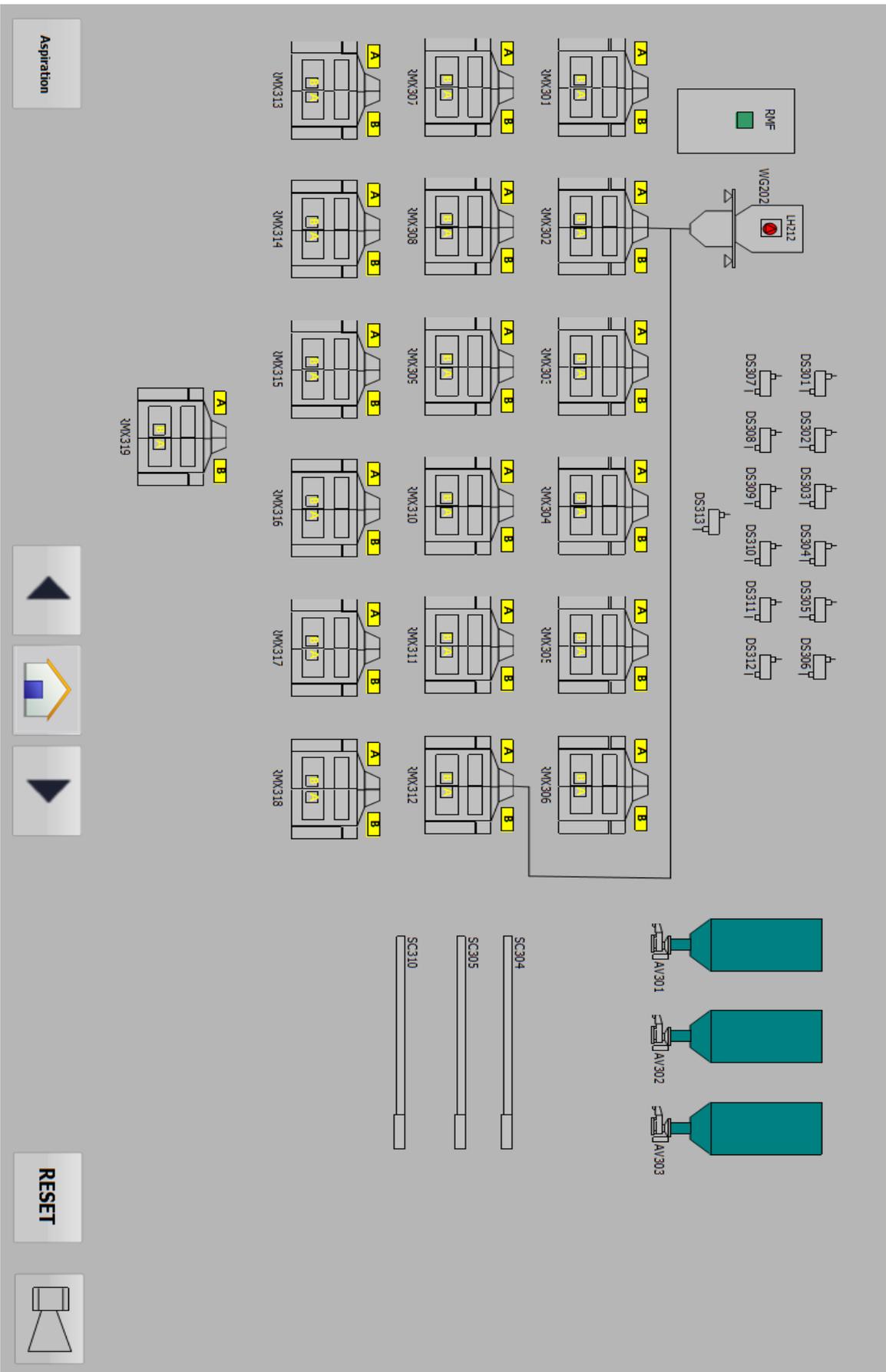
Annexe C

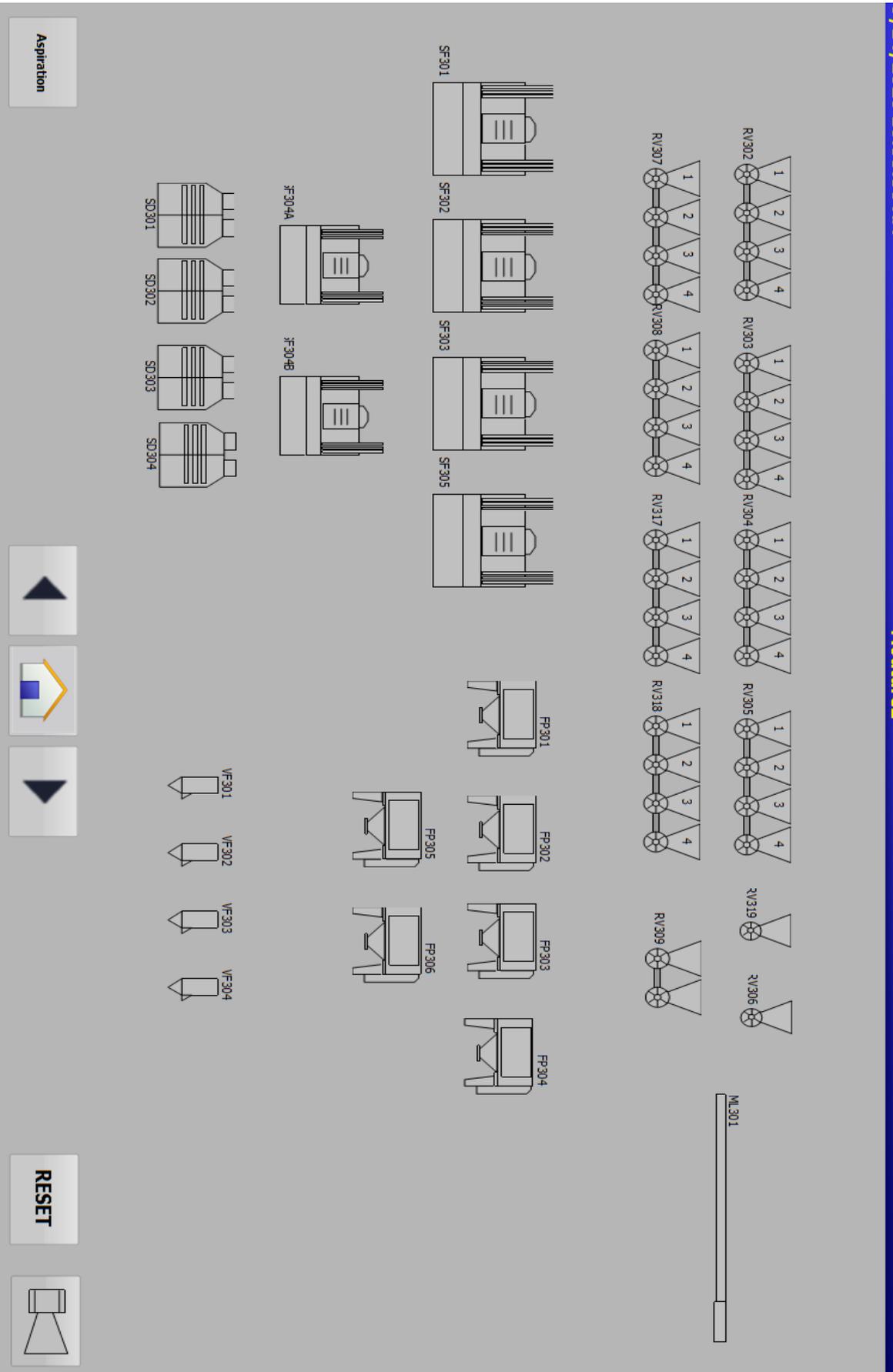
Les vues de supervision

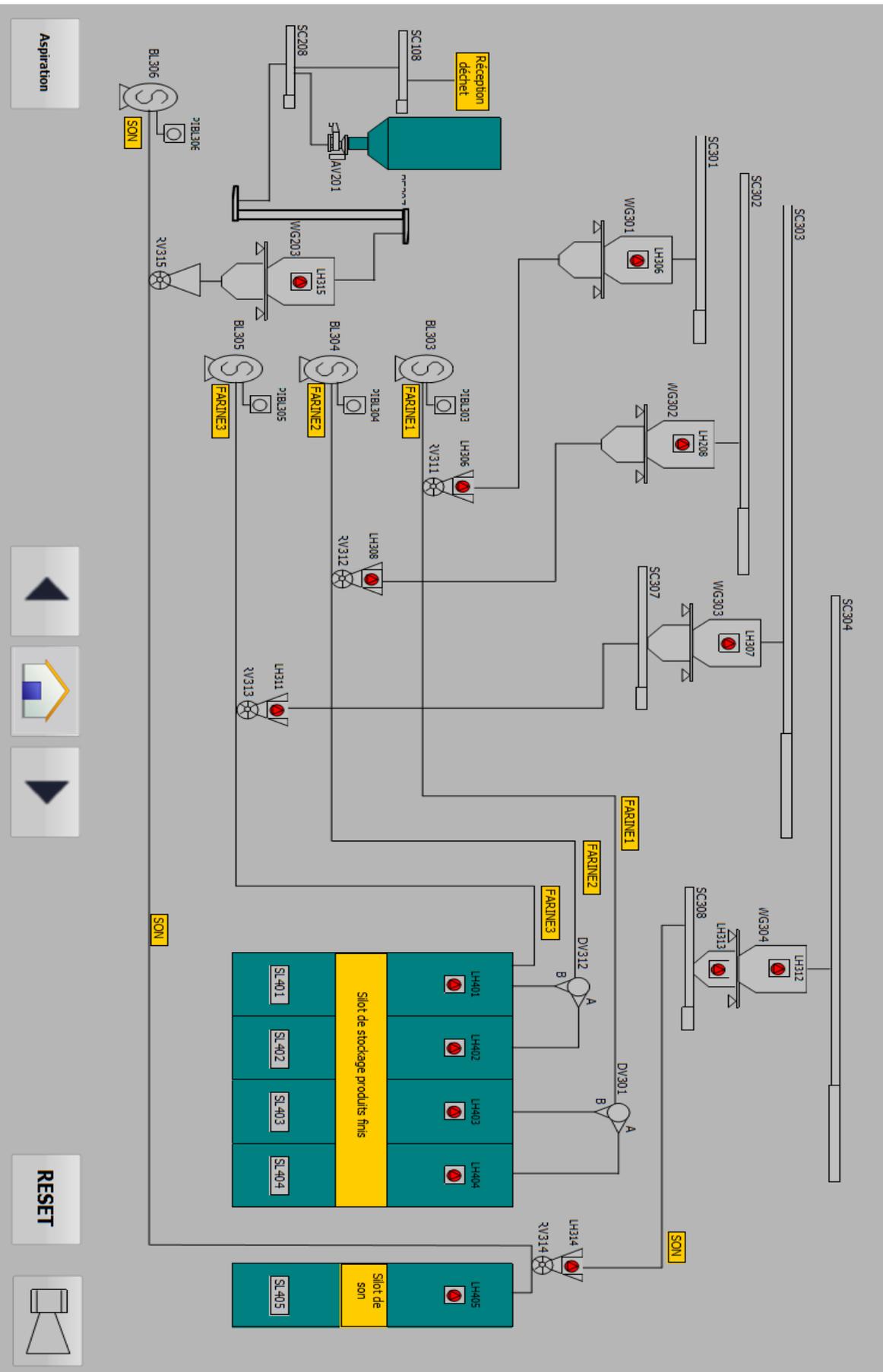












Bibliographie

- [1] "Univers SIM", http://groupesim.com/?page_id=211, consulté en mars 2020.
- [2] "Processus de transformation du Blé Tendre", <https://www.moulindesauret.fr/schema-du-moulin/>, consulté en mars 2020.
- [3] "Les différentes phases de processus de transformation du Blé Tendre", sim-agro, http://groupesim.com/?page_id=211, consulté en mars 2020.
- [4] Diagramme de nettoyage, <http://technomitron.aainb.com/constituants-pain-et-pate/le-ble-transformation-mouture/>, consulté en mars 2020.
- [5] Liste équipements du moulin <https://www.buhlergroup.com/content/buhlergroup/global/en/products/>, consulté en mars 2020.
- [6] Architectures des appareils à cylindres (a, b, c, d), https://www.researchgate.net/figure/Schema-dun-broyeur-a-cylindres-avec-laimable-autorisation-de-la-societe-Buhler-Tres_fig6_280755839, consulté en mars 2020.
- [7] Système de contrôle et de supervision, Sim-agro, http://groupesim.com/?product_cat=agroalimentaire, consulté en mai 2020.
- [8] Architecture du plansichter (a, b) et le sasseurs http://www.selis.com.tr/en/products/milling-sieving-machinery-equipment/plansifter_32/, consulté en mai 2020.
- [9] Automate programmable industriel, http://adasim.com.tr/dosyalar/dokumanlar/s71500_system_manual_en-US_en-US.pdf, consulté en mai 2020.
- [10] Architecture du simatic ET200 SP, <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10321271>, consulté en mai 2020.
- [11] Images du programme d'automatisation, images de l'entreprise, http://groupesim.com/?product_cat=agroalimentaire, le 11 mars 2020
- [12] Logique câblée avec séquenceur de démarrage, http://groupesim.com/?product_cat=agroalimentaire, minoterie Sidi Yahia, le 10 mars 2020.

- [13] Modules In/Out des équipements Siemens, <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/io-systems/et-200sp.html>, consulté en avril 2020.
- [14] Élévateur à godets, <http://adem.tn/produits/fabrication-elevateur-a-godets/>, consulté en mai 2020.
- [15] Alimentation (ABL8REM24050), <https://www.se.com/fr/fr/product/ABL8REM24050/phaseo---alim.-en-mode-commutation-r%C3%A9gul%C3%A9---mono-biphas%C3%A9---100.240vca---24v-5a/>, consulté en avril 2020.
- [16] Moteur asynchrone triphasés, <https://www.maxicours.com/se/cours/moteurs-asynchrones-triphases/>, consulté en avril 2020.
- [17] Plaque signalétique <https://media.xpair.com/img/cours/086.jpg>, consulté en mai 2020.
- [18] Types de couplage des moteurs triphasés, <https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/le-moteur-asynchrone-couplage-etoile-triangle>, consulté en avril 2020.
- [19] Schémas de puissance de transition étoile triangle, <https://www.positron-libre.com/cours/electrotechnique/demarrage-moteur/schema-demarrage-etoile-triangle.php>, consulté en avril 2020.
- [20] Contacteurs, <https://www.pompes-h2o.com/en/protection-moteur/4301-contacteur-puissance-schneider-lc1d09-12-18.html>, consulté en avril 2020.
- [21] Relais statiques, <http://www.zpag.net/Electroniques/relais.htm>, consulté en avril 2020.
- [22] Schéma explicatif du fonctionnement des distributeurs pneumatiques, <http://www.mytopschool.net/mysti2d/activites/polynesie2/ETT/C044/21/Pneumatique/files/Documents/pdf/distributeurs.pdf>, consulté en avril 2020.
- [23] Soft-Starter, <https://www.se.com/ww/en/product-range-download/689-altistart-48/>, consulté en avril 2020.
- [24] Les différents types de capteurs, http://www.composelec.com/capteur_de_proximite.php, consulté en avril 2020.
- [25] Armoire électrique <https://www.masselin-fabrication.fr/content/uploads/sites/86/2017/12/masselin-fabrication-armoire-electrique.jpg>, consulté en avril 2020.

[26] "Disjoncteur magnétothermiques", <https://www.se.com/fr/fr/product-category/61000-disjoncteurs-et-appareillage-modulaire/>, consulté en avril 2020.

[27] "Fusible" <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-fusible-10701/>, consulté en avril 2020.

[28] Capture du notre programme de supervision réalisé, le 20 septembre 2020.