

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences et Technologies**

Filière : **Génie Electrique**

Spécialité : **Electrotechnique Industrielle**

Présenté par

ZAIDI Yahia

BENZIADI Lounes

Thème

Mise en service de la section de concassage
des Matériaux réfractaires basiques de TEIOUELT.

Mémoire soutenu publiquement le 05 / 10 / 2024 devant le jury composé de :

M. Ahmed NAHI

MAA, UMMTO, Président

M. Madjid SI BRAHIM

MCA, UMMTO, Encadrant

M. Jugurta FILALI

INGENIEUR, B&F Engineering Solutions, Co-Encadrant

M. Mohamed-Lamine HAMIDA

MCA, UMMTO, Examineur

ments aux messieurs les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de participer au jugement de ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de notre

ents à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce travail, en particulier nos amis et

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes parents,

Pour les sacrifices déployés à mon égard, pour leur patience, leur amour et leur confiance en moi. Ils ont tout fait pour mon bonheur et ma réussite. Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je leur dois. Que Dieu leur réserve une bonne santé et une longue vie.

À ma sœur,

Pour son soutien inconditionnel et son encouragement constant. Ta présence à mes côtés a été une source de motivation tout au long de ce parcours. Je te suis profondément reconnaissant.

À mes amis,

Pour leur soutien et leur encouragement tout au long de ce voyage. Votre amitié et vos conseils ont été précieux et m'ont aidé à surmonter les défis rencontrés. Merci d'avoir été là.

LOUNES

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes parents,

Pour les sacrifices déployés à mon égard, pour leur patience, leur amour et leur confiance en moi. Ils ont tout fait pour mon bonheur et ma réussite. Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je leur dois. Que Dieu leur réserve une bonne santé et une longue vie.

À ma sœur et mes frères,

À mes frères et sœurs Ahmed, Mouloud, Malika, ainsi qu'à mon beau-frère Boualem, je vous exprime toute ma gratitude pour votre soutien constant et votre encouragement tout au long de ce parcours. Vos conseils et votre présence ont été une source inestimable de motivation.

A mes amis,

Pour leur soutien et leur encouragement tout au long de ce voyage. Votre amitié et vos conseils ont été précieux et m'ont aidé à surmonter les défis rencontrés. Merci d'avoir été là.

YAHIA

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Sommaire

Introduction générale1

Chapitre I

Présentation de l'entreprise ENOF

I.1 Introduction.....	3
I.4.La dolomie	5
I.5 Les différents types d'unité de l'entreprise	6
I.5.1 Unité de concassage	7
I.5.1.1. Concassage primaire	7
I.5.1.2. Concassage secondaire	10
I.5.2 Unité de calcination	12
I.5.3 Unité de Micronisation	13
I.5.4. Fonctionnement de l'unité de micronisation	14
I.6. Problématique	15
I.7. Conclusion	16

Chapitre II

Fonctionnement et composition et système automatisé du processus de concassage

Introduction	17
II.1. Logigramme du processus du concassage	17
II.2. Désignation des codes alphanumériques	19
II.3. Cahier des charges	20
II.4 Système Automatisé de Production (SAP)	20
II.4.1 Partie opérative	22
II.4.2 La Partie Commande	22
II.4.3 Les échanges d'informations entre la PO et la PC	22
II.4.4 Fonctionnement de la partie commande	22
II.4.5 Les différents types de commande de la PC	23

II.5 Les principaux pré-actionneurs et actionneurs employés	23
II.5.1 les pré-actionneurs	23
II.5.2 Les actionneurs	24
II.6. Appareillage et technique de protection	30
II.6.1 Sectionneur à Fusible	30
II.6.2 Utilisation de Deux Contacteurs en Série pour la Protection	30
II.6.3 Disjoncteur magnéto thermique	31
II.6.4 Relais de sécurités	31
II.7. Conclusion	31

Chapitre III

Modélisation du système avec l’outil Grafcet

Introduction	32
III.1 Définition	32
III.2 Principe du grafcet	32
III.3 Règle d'évolution d'un Grafcet [12]	33
III.4 Structures de base d'un grafcet	33
III.4.1 GRAFCET à séquence unique	33
III.4.2 GRAFCET à séquences simultanées	34
III.4.3 Choix de séquence	34
III.5 Niveaux d'emploi du GRAFCET	35
III.6 Mise en équation	36
III.7 Les principaux grafcet	38
III.7.1 GRAFCET de surveillance (sécurité) :	38
III.7.2 GRAFCET de conduite	38
III.7.3 Maintenance GRAFCET	38
III.7.4 GRAFCET de Production :	38

III.8 Modélisation du système	38
III.8.1 GRAFCET moteur	38
III.8.2 GRAFCET signalisation Trémie	40
III.8.4 GRAFCET de production du concassage secondaire :.....	43
III.9 Conclusion	45

Chapitre IV

Développement d'une solution programmable

Introduction	46
IV.1 Définition d'un API [13]	46
IV.2 Critère de choix de l'automate programmable industriel	47
IV.3 : Présentation de l'automate programmable S7 -1500 :	47
IV.3.1 Caractéristiques techniques principales	48
IV.4 Appareils et Liaison	49
IV.4 .1 Systèmes de périphérie décentralisée :	49
IV.4.1.1 Le système de périphérie décentralisé SIMATIC ET 200SP	49
IV.4.2 Liaison PROFINET IO	50
IV.5 Programmation sous TIA PORTAL	51
IV.5.1 Vue du portail et vue du projet	51
IV.5.2 Configuration matérielle	52
IV.5.3 Tableau des variables API	56
IV.5.4 Programme d'exécution	57
IV.5.5 Présentation de l'interface du bloc FB du moteur	58
IV.5.6 Mise à l'échelle des entrées analogiques	61
IV.5.7 L'instruction IN_RANGE	63
IV.5.8 Les temporisateurs TON et TOF [15]	63
IV.6 Conclusion	64

Chapitre V

Supervision du système automatisé

Introduction	65
V. 2 La structure d'un système de supervision	65
V.3 Configuration de la liaison IHM	66
V.3.1 Variables HMI	66
V.4 Développement de la plateforme de supervision de la machine	67
V.4.2 Vue du primaire	68
V.4.3 Vue du secondaire	68
V.4.4 Vue ensemble primaire et secondaire	69
V.4.5 Vue d'alarme	69
V.4.6 Configuration des vues contextuel	70
V.5 Simulation du Programme et de la Supervision	71
V.5.1 S7-PLCSIM	71
Conclusion	73
Conclusion générale	74
Références bibliographies	

Introduction Générale

L'industrie minière et métallurgique repose sur des processus complexes de transformation de matières premières pour produire des matériaux utiles à diverses applications industrielles. La dolomie, un carbonate double de calcium et de magnésium, est largement exploitée pour ses multiples utilisations dans la fabrication de verre, d'acier, ainsi que dans l'agriculture. Parmi les étapes cruciales de son traitement, le concassage occupe une place centrale, permettant la réduction granulométrique du minerai brut pour le rendre apte à des processus ultérieurs tels que la calcination ou la micronisation.

Dans ce mémoire, nous nous intéressons à l'optimisation du processus de concassage de la dolomie au sein de l'usine ENOF, en collaboration avec B&F Engineering Solutions, qui nous a proposé ce thème et accompagné tout au long de notre stage. Le but de notre étude est d'améliorer l'automatisation et la sécurité des équipements en identifiant les lacunes existantes et en proposant des solutions adaptées.

Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise ENOF, une société spécialisée dans l'exploitation des produits miniers non ferreux. Nous y décrivons les différentes unités de l'usine, dont l'unité de concassage de dolomie, qui est le cœur de notre étude. Ce chapitre mettra en lumière les défis techniques et les impératifs de sécurité liés au processus de transformation de la dolomie.

Dans le deuxième chapitre, nous nous concentrerons sur le fonctionnement et la composition du système de concassage. Nous y décrivons en détail les moteurs des concasseurs, des convoyeurs, des cribles, ainsi que ceux des trémies. Ce chapitre inclura une analyse approfondie des dispositifs de sécurité mis en place pour protéger ces équipements, tels que les sectionneurs à fusibles, les contacteurs en série, et les relais. Nous examinerons aussi les moteurs utilisés pour assurer le bon fonctionnement des convoyeurs et des cribles, en précisant leur rôle crucial dans l'ensemble du processus.

Le troisième chapitre portera sur la modélisation du processus avec l'outil GRAFCET. À ce stade, nous avons constaté l'absence de certains dispositifs de sécurité, notamment les klaxons et gyrophares, dans le système actuel. En réponse à cela, nous avons conçu un nouveau cahier des charges, avec l'ajout de ces dispositifs, afin d'améliorer la sécurité du processus de concassage. Cette modélisation nous permettra de visualiser et de planifier l'intégration de ces éléments dans le système automatisé. Ainsi, nous nous assurerons que chaque phase du

processus inclut désormais des avertissements visuels et sonores avant le démarrage des équipements, ce qui contribuera à prévenir les accidents.

Dans le quatrième chapitre, nous détaillerons le développement de la solution programmable que nous avons mise en place en collaboration avec B&F Engineering Solutions. Cette solution, basée sur l'utilisation de l'automate S7-1500 et du logiciel TIA Portal, nous a permis de programmer et de configurer les concasseurs, les convoyeurs, et les cribles selon les nouvelles exigences définies dans le cahier des charges. Nous avons également intégré les dispositifs de sécurité manquants, en veillant à ce que les systèmes d'alarme sonores et visuels (klaxons et gyrophares) soient activés avant chaque démarrage d'équipement, afin de protéger les opérateurs.

Enfin, dans le cinquième chapitre, nous examinerons la supervision du processus automatisé à travers le SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). En utilisant la station WinCC Runtime, nous avons pu mettre en place un système de supervision permettant de surveiller en temps réel l'ensemble du processus de concassage. Ce système permet de collecter et d'afficher les informations provenant des équipements, tout en garantissant la sécurité et la performance des opérations. Les opérateurs peuvent ainsi intervenir rapidement en cas de détection d'anomalies ou de défaillances, assurant ainsi une gestion optimale des installations. [1] [2]

Chapitre I

Présentation de l'entreprise ENOF

Chapitre I

Le marketing et le marketing des

Services

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Introduction :

Aujourd'hui le marketing s'est progressivement étendu aux autres secteurs et particulièrement à celui des services. Ainsi, les dernières années ont été marquées par un véritable tournant en matière des services, la conception traditionnelle de ce secteur, laisse place à des approches nouvelles et diversifier, témoignant d'une volonté réelle de placer le consommateur au centre de la réflexion, afin de répondre au mieux à leur attente.

En effet, ce secteur est caractérisé par une très grande diversité et il regroupe des activités multiples et hétérogènes, ainsi les entreprises sont de grande sociétés internationales, dans des secteurs aussi variés que les banques, les assurances, le transport et la télécommunication. A l'inverse des services sont aussi délivrés localement par des petites entreprises telles que les fonctions libérales exemple : médecin, coiffeur, avocat... cela fait du consommateur un élément essentiel dans l'économie actuelle, une économie qui a connu une mutation, c'est-à-dire le passage d'une économie de l'offre à une économie de la demande.

A cet effet, le marketing considéré comme une discipline de gestion est créé pour remplir un certain nombre de tâches nécessaires au bon fonctionnement d'une entreprise opérant dans une économie de marché basée sur l'échange volontaire et concurrentiel. En tant que système d'action ces tâches, dont l'importance et la complexité évolue avec les changements de l'environnement technologique, économique, concurrentiel et international a permis au marketing de s'élargir et de créer d'autres types de marketing qui s'adaptent aux multiples domaines différents du marketing classique tel le marketing des services.

Le présent chapitre traite donc les fondements du marketing et du marketing des services, développé en deux sections à savoir :

- La première porte sur les généralités du marketing et ce tout en présentant son évolution historique, la définition du concept le marketing ses objectifs et son rôle ;

- La deuxième est consacrée à la présentation du marketing des services dans laquelle nous allons retrouver les différentes définitions du concept marketing des services et service ainsi que les formes et les spécificités de ce dernier.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Section 01 : Généralités sur le marketing

Le marketing n'a pas toujours existé. Il a trouvé son origine dans l'évolution de l'économie, au début du siècle dernier : les mutations économiques majeures du vingtième siècle ont influé directement sur l'avènement et la transformation progressive du marketing.

1.1. Les fondements théoriques du marketing

1.1. Evolution du marketing

Le terme « marketing » est apparu aux États-Unis dans les années cinquantes (vers 1950). Si aujourd'hui le marketing semble indispensable au succès de toute entreprise, il n'en a pas toujours été de même.

1.1.1. Evolution dans l'importance accordée au marché

Selon la situation que présentent l'environnement et l'importance accordée au marché, la clientèle a évolué à travers les époques. Nous pouvons distinguer trois situations :

A. Phase de production :

De la fin de 19ème siècle à 1920 environ, est une approche traditionnelle utilisée par beaucoup d'entreprises qui suppose que les consommateurs choisissent les produits en fonction de leurs prix et de leurs disponibilités. Dans cette situation, l'entreprise ne faisait qu'écouler sa production sur le marché auquel elle n'a accordée aucune importance. Le rôle du gestionnaire est alors d'accroître la capacité de la production et d'améliorer l'efficacité de la distribution.

B. Phase de la commercialisation (vente) :

De la fin de la crise de 1929 à 1950 environ. Cette approche est un stade où il faut rechercher la vente des produits le plus possible au plus grand nombre possible de clients. L'entreprise a pour but de vendre ce qu'elle produit plutôt que de produire ce qu'elle pourrait vendre.

C. Phase du marketing :

Le début de la phase marketing se situe dans les années 1950. Dans cette situation, l'entreprise ne recherche pas à identifier les bons clients pour son produit, mais les bons produits pour les clients que l'on souhaite attirer. En effet, la production est conditionnée par la prise en considération des besoins du marché en utilisant les outils de marketing tels que le prix de vente, la distribution, la publicité qui sont associés à sa création, sa distribution et sa communication.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

1.1.1.2. Evolution dans les conceptions

A. L'ancienne conception du marketing :

Concerne les biens de grande consommation et donne une grande importance à la production par rapport à la vente.

B. La conception moderne :

Concerne autant la production des biens que de services et même des activités non commerciales (environnement, politique).

1.1.1.3 Evolution dans les techniques

A. Evolution de masse

Concerne essentiellement les produits de grande consommation. Un même produit est proposé à tout le monde avec la même distribution et la communication.

B. Le marketing différencié ou segmenté

Est la diversification des produits pour répondre aux désirs et besoins des consommateurs. Les moyens de communication et de la distribution se sont adaptés à la segmentation des marchés pour mieux se faire connaître par l'audience des médias de masse en s'adressant à des cibles particulières avec une efficacité économique.

C. Le marketing individualisé (one to one)

Les spécialistes en marketing ont voulu aller plus loin en s'adressant individuellement à chaque consommateur et dialoguer avec lui, faire une offre individualisée. Exemple en marketing industriel, les enjeux financiers et la spécialité des problèmes à résoudre justifient les dépenses supplémentaires pour bien cerner les désirs personnalisés d'un client.

1.1.2. La fonction marketing au sein d'une entreprise

Le marketing est resté longtemps associé aux problèmes de commercialisation des produits de grande consommation. Mais sa démarche et ses techniques peuvent s'appliquer à de nombreux autres domaines relevant des secteurs marchands et non marchands, dans un contexte « B to C » habituellement connu et vécu qu'en « B to B » encore plus élaboré. En effet, le marketing est avant tout axé sur la notion d'échange. Toute organisation est amenée à avoir des échanges avec des publics et désire les gérer, est concernée par la démarche marketing moyennant les adaptations nécessaires.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

1.1.2.1. L'optique de production

L'optique production correspond à la conception traditionnelle de l'entreprise, où la préoccupation majeure des dirigeants est la fabrication. Les efforts portent principalement sur l'accroissement des capacités de production, la diminution des coûts ou encore l'augmentation de la productivité. C'est le règne des techniciens et des ingénieurs. Les problèmes de commercialisation ne sont abordés qu'une fois le produit mis au point et fabriqué. Ils se limitent à l'écoulement de la production à travers le système de distribution.

Cette optique se justifie surtout lorsque la demande est supérieure à l'offre et qu'il n'existe pas de problème majeur d'absorption de la production par le marché. C'est le cas des périodes de pénurie ou bien lorsque la demande ne dispose que d'un très faible pouvoir d'achat, comme dans le cas des pays sous-développés d'industrialisation.

1.1.2.2. L'optique vente

Nous avons rapidement constaté qu'un consommateur n'achète pas spontanément un produit. Il faut donc l'inciter à le faire. Cette préoccupation apparaît lorsque les problèmes quantitatifs de production sont maîtrisés. Elle est associée aux économies d'abondance, de consommation de masse et de forte concurrence. Afin d'éveiller l'intérêt des acheteurs éventuels pour ses produits et les engager à les acquérir, l'entreprise fait beaucoup d'efforts, matérialisés par des dépenses publicitaires et les actions des vendeurs. Elle cherche surtout à attirer des clients pour écouler sa production. La satisfaction des consommateurs est secondaire par rapport à la conclusion de la vente et l'entreprise ne cherche toujours pas à adapter son produit à sa clientèle. Les démarcheurs à domicile essayant de vendre à tout prix leur aspirateurs ou leurs encyclopédies sont de parfaits exemples de cette optique.

1.1.2.3. L'optique marketing

Une entreprise travaille dans l'optique marketing chaque fois qu'elle produit en vue de satisfaire les besoins des consommateurs. Elle est alors orientée vers le client. L'entreprise doit nécessairement connaître et analyser les attentes des consommateurs avant de mettre au point ses produits (leur caractéristiques, le design, les quantités, la marque, le conditionnement...) et déterminer les conditions de leur commercialisation (le prix de vente, le système de distribution, le mode de communication...). L'optique marketing reconnaît la souveraineté du consommateur. Contrairement à la conception précédente, nous ne partons plus d'un produit que le vendeur souhaite écouler à tout prix, mais du client pour qui nous élaborons une offre

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

destinée à le satisfaire. L'entreprise ne se définit donc plus par rapport à un produit, mais par rapport à des besoins qu'elle cherche à satisfaire afin de mieux s'adapter au marché. Dans ce cas, nous disons que l'entreprise suit une démarche marketing. Nombreuses sont les entreprises, quelles que soient leur taille et leur secteur d'activité, qui ont une optique marketing dans leur relation avec leur marché.

1.1.4.4. L'optique marketing sociétal

S'intéresser aux seuls besoins exprimés par les consommateurs peut amener à négliger leurs intérêts à long terme, ainsi que ceux de la société dans son ensemble. Certains produits souhaités par les individus sont en effet susceptibles de porter atteinte à leur bien-être (tabac, alcool, aliments trop riches...) ou de nuire à l'environnement (détergents non biodégradables, emballages non recyclables...). L'entreprise a une responsabilité sociale à exercer. À ce titre, elle doit se préoccuper des effets sur le consommateur et sur l'environnement, des produits qu'elle fabrique et commercialise : c'est le fondement de la notion de marketing sociétal.

1.1.2.5. L'optique marketing stratégique

Aucune entreprise ne peut survivre durablement sans satisfaire les besoins des consommateurs. Sur ce point, le recours au marketing est une condition impérative de succès. Néanmoins, l'évolution constante de l'environnement fait que cela n'est plus suffisant et qu'une approche stratégique est nécessaire. L'entreprise ne doit pas se contenter d'adopter une approche marketing, elle doit aussi raisonner en termes de marketing stratégique. Dans le premier cas, elle privilégie essentiellement les marchés existants et débouche sur des actions à court terme. Dans le second cas, elle raisonne à long terme pour déterminer et orienter ses activités et ses structures, elle met l'accent sur son positionnement à long terme vis-à-vis de son environnement et plus particulièrement sur ses marchés.

Cette nouvelle optique accroît l'importance du marketing et met en évidence son rôle en tant qu'élément essentiel de la stratégie générale de l'entreprise. L'évolution de l'entreprise vers le marketing stratégique exprime la nécessité de donner une plus grande place à l'environnement, à la concurrence et au long terme.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

1.1.3. Définition et objectif et rôle du marketing

1.1.3.1. Définition du marketing

Parmi les différentes définitions nous pouvons citer :

*« Le marketing est un processus social et managérial qui permet à des personnes ou à des organisations de créer de la valeur et de l'échanger avec d'autres, afin d'obtenir ce qu'elles recherchent et ce dont elles ont besoin. Dans le contexte plus étroit de l'entreprise, le marketing suppose l'établissement de relations d'échange rentables avec les clients, basées sur la notion de valeur ».*¹

*« Le marketing est un état d'esprit et une attitude, un choix de gestion et un ensemble de techniques qui permettent, à travers une offre de biens et services, de satisfaire les besoins et désirs des consommateurs d'une manière rentable pour l'entreprise ».*²

*« Le marketing est le mécanisme économique et social par lequel individus et groupes satisfont leurs besoins et désirs au moyen de la création et de l'échange avec autrui de produits et services de valeur ».*³

*« Le marketing est l'effort d'adaptation des organisations à des marchés concurrentiels, pour influencer en leur faveur le comportement des publics dont elles dépendent, par une offre dont la valeur perçue est durablement supérieure à celle des concurrents. Dans le secteur marchand, le rôle du marketing est de créer de la valeur économique pour l'entreprise en créant de la valeur perçue par les clients ».*⁴

*« Le marketing est un ensemble de techniques, orientées vers la satisfaction des besoins et des motivations d'individus ou de groupements d'individus, permettant à une organisation d'atteindre ses objectifs ».*⁵

*« Le marketing est une conception de la politique commerciale qui part du principe que la fonction fondamentale des entreprises consiste à créer une clientèle et à la conserver, et qui permet aux entreprises d'exploiter au maximum toutes les ressources dont elles disposent. »*⁶

¹ TOURMENTE Aurélie, « l'essentiel pour comprendre le marketing », édition marketing S.A, 2011, p07.

² Le marketeur, Christian Michon, p14

³ MANCEAU Kolter- Keller « marketing management », 15^{ème} éd Pearson France pour l'édition France, 2015, p26

⁴ LENDREVIE- LEVY- LINDON, « Mercator », 8^{ème} édition Dunod, paris, 2006, p12.

⁵ DEMEURE Claude, marketing, 3^é édition, 2001, p45

⁶ LEVITT Théodore, l'imagination au service du marketing, Edition Dunod, paris, p45.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Le marketing est donc l'effort d'adaptation des organisations à des marchés concurrentiels, pour influencer en leur faveur le comportement de leurs publics, par une offre dont la valeur perçue est durablement supérieure à celle des concurrents.

1.2.2. Objectif du marketing

La direction marketing contribue à l'atteinte des enjeux de l'entreprise en déclinant des orientations et des objectifs marketings qui se traduisent en indicateurs de résultats.⁷

- Relier la stratégie de l'entreprise, les orientations marketing et les indicateurs de résultats ;
- Utiliser les outils marketing d'aide à la décision pour s'appuyer le plus possible sur des faits ou pour valider les intuitions ;
- Établir une liste d'indicateurs ou de critères permettant d'évaluer son activité ;
- Suivre et analyser les résultats, les coûts et profits, et progrès et l'évolution.

1.3. Le rôle du marketing

L'organisation de l'échange des biens et services est la responsabilité de la distribution, qui a pour tâche de faire passer les biens de l'état distributif de production à état distributif de consommation. Le passage à l'état distributif de consommation implique la production, par la distribution, de trois types d'utilités, lesquelles constituent la valeur ajoutée de la distribution :

- **Les utilités d'état**, c'est-à-dire l'ensemble des transformations matérielles destinées à mettre les biens en état de consommation, ce sont les opérations de fonctionnement, de conditionnement, d'assortiment et de service ;
- **Les utilités de lieu**, ou les transformations spatiales, telles que le transport, la Répartition géographique, qui contribuent à mettre les biens à la disposition des usages aux lieux d'utilisation, de transformation ou de consommation ;
- **Les utilités de temps**, ou les transformations temporelles comme le stockage, qui rendent les biens disponibles au moment voulu par l'acheteur.

La réunion des conditions matérielles de l'échange ne suffit pas à assurer un ajustement efficace entre l'offre et la demande. L'échange de bien, pour qu'il puisse s'exercer, suppose

⁷ VAN LAETHEM NATHALIE, « toute la fonction marketing », éd Dunod, paris, 2005, p16.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

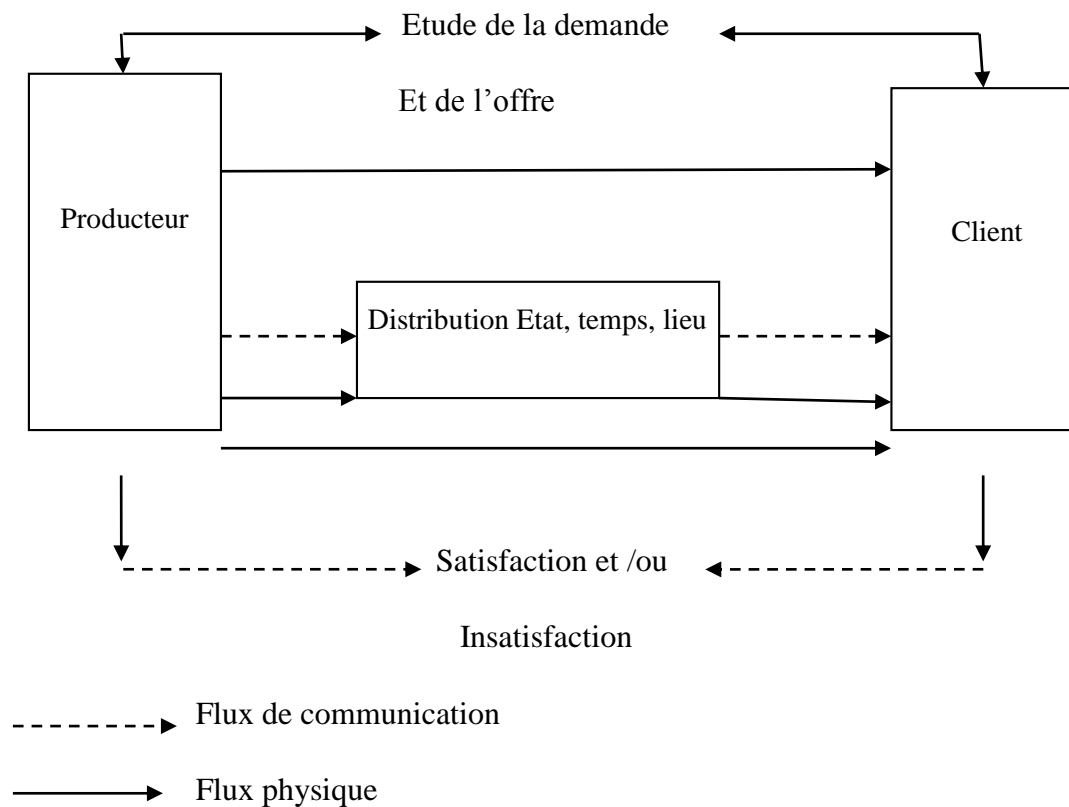
également que les clients potentiels soient conscients et alertés de l'existence, des biens, c'est à dire des combinaisons alternatives d'attributs susceptibles de rencontrer leurs besoins. Les activités de communication ont pour objectif de produire de la connaissance pour les producteurs, les distributeurs et les clients.

Nous pouvons distinguer sept différents flux de communication dans le marché :

- Avant la production, une prise d'information sur l'initiative du producteur, en vue d'identifier les besoins des clients, qui constituent une opportunité attrayante pour lui.
- Sur l'initiative du client potentiel (le plus souvent dans les marchés industriels), l'étude des possibilités offertes par les fournisseurs et l'organisation des avis d'appels d'offres ;
- Après la production, les actions de communication du fabricant orientées vers la distribution par une stratégie de pression (push) et dont l'objectif est d'obtenir le référencement du produit et la coopération des distributeurs en matière d'espace de vente, de promotion et de prix ;
- Sur l'initiative du fabricant, les activités de promotion par la publicité ou la force de vente destinées à faire aux clients potentiels l'existence des biens et leurs qualités distinctives revendiqués par le producteur au moyen d'une stratégie d'aspiration(pull) ;
- Sur l'initiative des distributeurs, les activités de promotion et de communication orientées vers le client, destinées à faire connaître l'assortiment offert et les conditions de ventes à fidéliser la cliente ;
- Après l'utilisation ou la consommation des biens, les mesures de satisfaction ou d'insatisfaction prélevées par le producteur afin d'ajuster son offre aux réactions des clients ;
- Après l'utilisation ou la consommation des biens, les évaluations et/ou les revendications transmises spontanément par les clients, agissant isolément ou en groupes organisés (consommérisme).

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Figure N° 01 : Le rôle du marketing



Source : G. Marion, « anti manuel de marketing », éd d'organisation, paris, 2003, p 06

1.2. La démarche marketing

La démarche marketing comporte trois phases essentielles complémentaires et liées : à savoir la phase de connaissance, la phase stratégique puis la phase d'action.

Le point de départ de cette démarche est l'étude des besoins et des attentes de Consommateurs potentiels. Pour faciliter son adaptation au marché, l'entreprise est alors amenée à diviser ou segmenter le marché et à sélectionner des cibles précises. Pour chaque cible retenue. L'entreprise définit ensuite quatre paramètres dont elle a la maîtrise et qui constituent ce que l'on appelle le marketing mix : le produit, le prix, la distribution et la communication. L'évaluation des résultats obtenus permet par la suite de corriger les erreurs observées aux différents niveaux de la démarche.

1.2.1. Démarche analytique

Première phase de la démarche marketing, elle étudie les différents composants du marché et de son environnement avant toute décision stratégique.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Ces études, qualitatives et quantitatives, portent généralement sur le marché : principaux acteurs (fournisseurs, concurrents, client), environnements, produit, circuits de distribution et modes de communication.

Une partie de l'étude porte également sur l'entreprise elle-même, ses produits, ses marques, sa distribution, sa communication et sa politique commerciale...

1.2.1.1. Étude de marché

Les études de marché en milieu industriel peuvent prendre la forme d'étude qualitative ou quantitative. Les objectifs et les méthodologies de ces deux types d'étude sont très différents.

A. Définition de l'étude de marché

Il existe plusieurs définitions de l'Étude de marché. Nous pouvons citer quelques-unes des plus courantes :

« L'étude de marché comprend le diagnostic des besoins d'information et la sélection de variables pertinentes à propos desquelles des informations valides et fiables doivent être collectées, enregistrées et analysées. »⁸

« L'étude de marché regroupe un ensemble d'outils et de techniques permettant de rechercher et d'analyser des données sur un marché, dans le but d'aider la prise de décisions marketing concernant un produit ou un service présente pressenti sur ce marché. »⁹

B. Objectif de l'étude de marché et son rôle

a. Objectif de l'étude de marché

L'étude de marché vise à favoriser la mise en place du concept marketing, elle analyse le marché et constitue un outil d'aide à l'action (marketing opérationnel). Donc, nous pouvons citer deux objectifs :

- L'aide à la compréhension (décrire, analyser, mesurer, prévoir la demande et les facteurs qui l'influencent) ;

- L'aide à la décision (identifier les moyens de conquête de la demande potentielle et déterminer leur niveau d'intervention) ;

⁸ BOZZO Cécile, « le marketing industriel », Dunod, paris, 2007, p16

⁹ DEMEURE Claude, « marketing », 3^e édition, 2001.p51.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

b. Rôle de l'étude de marché

L'étude de marché est un processus indispensable et parfois permanent de recueil, d'analyse et d'exploitations marketing relatif à un ou plusieurs marchés, une organisation (entreprise, association ou administration), un produit ou une famille de produits, permettant d'élaborer et de mettre en œuvre une stratégie et des plans d'action.

Les études de marchés interviennent à chaque stade de la démarche stratégique de la conception de bilan. A titre d'exemple, elles peuvent être motivées par la volonté :

- De préparer une diversification (collecte d'information sur un marché connu) ;
- Vérifier l'adéquation de l'offre de l'entreprise aux besoins des consommateurs ;
- D'étudier la concurrence.

Une étude de marché permet de

- Choisir le mode de distribution et les techniques de vente appropriés, et le lieu d'implantation
- Choisir les moyens de communication adéquats pour atteindre la cible (publicité, image à promouvoir ...)
- évaluer les objectifs de part de marché et estimer le chiffre d'affaires.

C. Les types d'études de marché

a. Étude documentaire

La recherche documentaire s'intéresse à tout ce qui est analyse des marchés sans recours aux enquêtes et au sondage. Elle a longtemps été le seul outil d'analyse des marchés.

L'Étude documentaire est régulièrement utilisée par la plupart des entreprises et particulièrement les PME qui ne disposent pas toujours des moyens nécessaires à la réalisation d'étude par sondages relativement coûteuses.¹⁰

Avant d'entreprendre une enquête auprès de la clientèle, il convient d'abord de se renseigner pour savoir si des travaux analogues n'ont pas déjà été réalisés.

¹⁰ . MANIAK, C. BAUMANN, M. FOUCHARDO, V. MOLLIEUX, R. SOYER, « marketing industriel », Dunad, paris, 2007, p36.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

L'étude documentaire permet de :

- Vérifier avant toute enquête que l'information n'existe pas, ce qui permet une économie de coûts et la mise à disposition d'une information rapide ;

- De faire le point sur la connaissance de problème en préalable à l'enquête et éviter ainsi les doubles emplois

L'objectif général de l'étude documentaire est de fournir une description des grandes composantes du marché à étudier et la position de l'entreprise par rapport à ce marché. Un aspect souvent caractéristique de l'étude documentaire est l'analyse des facteurs d'environnement susceptibles d'expliquer les évolutions constatées ou prévisible.

b. Les études qualitatives et les études quantitatives

➤ **L'étude qualitative**

L'étude qualitative pourra être utilisée par un fournisseur qui souhaite développer une nouvelle activité et qui ne sait pas quel accueil vont lui réserver les clients, ou qui se lance sur un nouveau marché et souhaite en comprendre le mode de fonctionnement, ou encore un distributeur qui voit ses clients se détourner de lui et veut en comprendre les raisons.¹¹

Elles se matérialisent par des entretiens en profondeur, plus ou moins directifs à l'occasion desquels les personnes sont interrogées individuellement où en groupe. Le nombre d'entretiens n'a pas besoin d'être très important et nous ne recherchons pas à constituer un échantillon représentatif, mais à interroger des personnes ayant une bonne capacité à ressentir et retranscrire les choses.

Le but des méthodes utilisées (Entretien individuel, Les entretiens de groupe, Les tests projectifs, etc.), dans la phase qualitative est de comprendre ce qui se passe dans le cerveau du futur consommateur du bien ou du service.

Par la suite, il sera possible de proposer un questionnaire par le biais duquel on récoltera des informations différentes de celles collectées lors de la phase qualitative : cela constituera la phase dite quantitative.

¹¹ BOZZO Cécile, « LE MARKETING INDUSTRIEL », Dunod, paris, 2007, p40.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

➤ Les études quantitatives

Les études quantitatives ont, quant à elles, pour objectifs de décrire, mesurer, prévoir ou tester des phénomènes ou des comportements pour lesquels le degré de connaissance des différents éléments en présence est déjà plus important à la base. Elles seront, par exemple, utilisées par le fournisseur qui souhaite anticiper l'impact d'une hausse de ses tarifs sur le comportement de ses clients, elles peuvent permettre d'établir une cartographie de l'offre concurrente, elles servent à mesurer la satisfaction des clients vis des fournisseurs, etc.

Elles consistent à interroger, généralement par questionnaire, un échantillon de répondants souvent choisi pour être représentatif de la population cible.

D. Les étapes d'étude de marché

Figure N° 02 : Les étapes de réalisation d'une étude de marché

Définition du problème \implies plan d'étude \implies recueil d'information \implies analyse des données
· \implies Présentation des résultats

Source : Kotler Ph, et al, (2009), p .117.

1.2.2. La démarche stratégique

Si l'enseignement du marketing devait se réduire à un seul de ses nombreux aspects, ce serait celui des politiques qui, sans aucun doute, serait retenu. Le recueil des informations et l'organisation sont certes d'une grande importance mais le marketing est d'abord orienté vers la décision et l'action. L'aspect décisionnel sera toujours privilégié au détriment du côté descriptif, même s'il est bien évident que les deux approches ne doivent pas être complètement dissociées.

Le marketing stratégique : décision de long terme portant les produits, sur les domaines, sur les clients ;

Le marketing stratégique suppose une démarche en trois temps : segmentation-ciblage-positionnement.

1.2.2.1. La segmentation

Une bonne connaissance du marché et du comportement des consommateurs constitue la première étape de la mise en place d'une politique de marché. Ensuite, ces connaissances

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

doivent être exploitées, traitées afin d'élaborer un plan d'action : c'est la segmentation du marché.

La segmentation du marché consiste à regrouper des différents types de consommateurs, en fonction de leurs besoins, motivations et du changement de leurs comportements face à l'introduction d'un nouveau produit ou service. En d'autres termes, lorsqu'on identifie les besoins d'un segment particulier de consommateurs ainsi que les avantages qu'il recherche pour les satisfaire, on est plus en guise d'interpréter ses comportements actuels et futurs.¹²

Il s'agit d'un découpage du marché en sous-ensembles homogènes significatifs et accessibles à une action marketing spécifique.

La segmentation permet de mettre en évidence le degré d'hétérogénéité d'un marché et les opportunités commerciales qui en résultent.

A- Les variables de segmentation du marché

Les variables de segmentation du marché sont multiples. Il serait nécessaire d'éclaircir quelques-unes.¹³

- **variables sociodémographiques** : (âge, sexe, niveau d'instruction, langue maternelle...);
- **variables socio-économiques** : (niveau de revenu, catégorie professionnelle, nombre de personnes au foyer...);
- **variables géographiques** : (pays d'origine, régions, villes, climat...);
- **variables psychologiques** : (personnalité, styles de vie...);
- **variables comportementales** : (volume d'achat, degré de recherche des avantages, niveau de fidélité...).

Exemple :

- Le segment tourisme des affaires (congrès, réunions de distributeurs...);
- Le segment tourisme de loisirs ;
- Le segment tourisme des associations ;
- Le segment tourisme de santé.

¹² Christophe DECHAVANNE, Marketing touristique et hôtelier, Le Génie des Glaciers, France, 2014. p. 77.

¹³ Claude DEMURE : marketing, 4^{ème} Edition, EYROLLES, PARIS, 2003,P96.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

B- Les différentes stratégies de segmentation du marché

Il existe plusieurs stratégies de segmentations à savoir (voir le tableau suivant)

Tableau N °01 : Les différentes stratégies de segmentation

Exemple : Les stratégies de segmentation dans le **du** marché touristique

Stratégies		
Non différenciée	Concentrée	Différenciée
L'ensemble a pour objectif de toucher tous les segments de clientèle.	L'entreprise s'adresse à un seul segment sur le marché (une seule cible bien distincte).	L'entreprise décide d'orienter son activité vers plusieurs segments distincts de la population.
Mise en œuvre d'une seule politique marketing avec des politiques communes quel que soit le segment de clientèle concernée. Elle décide d'attirer le maximum d'acheteurs.	Focalisation des efforts de marketing sur un segment de la population. Elle se détourne des autres segments de la population qui ne constitue pas un débouché	Mise en œuvre d'un plan de marketing opérationnel distinct et relatif à chacune des cibles visées.
Stratégie rare en tourisme et en hôtellerie car les marchés sont matures.	Stratégie adaptée par des entreprises qui visent le haut de gamme ou le luxe.	Stratégie utilisée par les entreprises qui offrent une large gamme de produits.

Source : Christophe DECHAVANNE, Marketing touristique et hôtelier, Le Génie des Glaciers, France, 2014. p.77.

1.2.2.2. Le ciblage

L'entreprise doit ensuite évaluer les différents segments et choisir ceux sur lesquels elle fera porter son effort. L'entreprise décide de s'adresser à ceux qu'elle saura mieux satisfaire que ses concurrents : C'est le ciblage.

Le ciblage est donc le choix des segments choisis pour l'intérêt de l'entreprise. ¹⁴

Toute entreprise qui segmente son marché est confrontée au problème de l'estimation de la valeur d'exploitation de chacun des segments. Deux facteurs sont à considérer : le degré

¹⁴ Christophe DECHAVANNE, p. 79

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

d'attrait du segment et les objectifs et ressources de l'entreprise. Les facteurs qui déterminent l'attrait d'un marché sont : la taille, la croissance, la rentabilité, les économies d'échelle, le niveau de risque.

A l'issue de l'analyse, l'entreprise doit déterminer les segments qu'elle décide d'attaquer, c'est-à-dire sa cible. Nous distinguons cinq stratégies de couverture d'un marché :

A. La concentration :

La première stratégie consiste à se concentrer sur un couple produit /marché.

Pour un marketing concentré, l'entreprise acquiert une forte position sur les segments choisis en raison d'une meilleure connaissance des besoins particuliers à ses segments et d'une réputation de spécialiste, elle réalise d'importantes économies du fait qu'elle peut spécialiser sa production, sa distribution, sa communication. Si le segment de marché est bien ciblé, elle peut obtenir un taux élevé de rentabilité sur ses investissements. En même temps, une stratégie de marketing concentré présente des risques.

B. La spécialisation :

L'entreprise se concentre sur un type de produit destiné à plusieurs segments.

a. La spécialisation par marché :

Il se construit une réputation vis-à-vis de ses clients mais accroît sa vulnérabilité à la santé économique du segment choisi.

b. La spécialisation sélective :

Nous choisissons certains produits pour certains marchés en fonction d'opportunités particulières, par exemple à l'occasion des rachats successifs. Une telle stratégie multi segments a pour avantage de réduire les risques inhérents à un produit ou à un marché.

c. La couverture globale :

Une société peut décider de s'attaquer à l'ensemble du marché. Deux stratégies sont : le marketing indifférencié ou le marketing différencié.

Voir les deux stratégies dans le tableau ci-après

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Tableau N°02 : Les stratégies de couverture globale

Marketing indifférencié	Marketing différencié.
Une stratégie de marketing indifférencié consiste à minimiser les différences existant entre les segments du marché. L'entreprise s'efforce de concevoir un produit et un plan marketing qui permettent d'attirer le plus grand nombre possible d'acheteurs. Elle fait appel aux circuits de distribution de masse et la publicité grand public, en utilisant des thèmes universels. Le marketing indifférencié se justifie principalement à partir des économies d'échelle qu'il permet de réaliser.	Une stratégie de marketing différencié consiste à exploiter au moins deux segments du marché et à concevoir des produits et programmes d'actions distincts pour chaque segment.

Source : Christophe DECHAVANNE, « Marketing touristique et hôtelier » Le Génie des Glaciers, France, 2014. P.79.

1.2.2.3. Le Positionnement

Le positionnement consiste à donner à un produit une configuration (attributs, image, bénéfices) qui vise à mieux répondre aux besoins d'une clientèle visée.¹⁵

Le positionnement permet d'identifier l'entreprise ou le produit en indiquant clairement sa différence par rapport aux concurrents. Le positionnement fait partie à la fois de la stratégie de l'entreprise et de la mise en œuvre du plan d'action marketing.

Le positionnement correspond aux quelques caractéristiques d'un produit ou l'entreprise véritablement distinctives par rapport à celles des produits concurrents.

Autrement dit, il s'agit de se positionner dans l'esprit du consommateur

¹⁵ Christophe DECHAVAVVE, p. 80.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Tableau N°03 : Types de positionnement

Le positionnement de l'entreprise	C'est indication de la différence de l'entreprise par rapport à la concurrence, En autres termes, ce sont les coordonnées de l'entreprise. En ce contexte, il ne faut pas que toutes les entreprises soient sur le même marché car même si celui-ci est grand, il y'a peut être d'autres opportunités ou les marchés sont plus petits mais la concurrence moins grande et la qualité différente
Le positionnement de la marque.	Le positionnement unique de l'entreprise n'est toujours facile : présence sur des marchés différents, sous-produits ... Une politique de marque est décidée par l'entreprise. Chaque marque occupe un territoire avec un positionnement spécifique qui la différencie des marques concurrentes. Ce positionnement peut être défini, par exemple, en termes de prix, d'usage, de consommation, d'image.
Le positionnement du produit	Le positionnement est souvent lié à une cible. Un même produit peut avoir plusieurs positionnements possibles. Un restaurant qui sert de la bonne cuisine traditionnelle pourrait se positionner comme « le bon restaurant des petites occasions » pour toutes les populations : la cible est large, la fréquence de visite faible ; « le restaurant des hommes d'affaires ou des cadre d'entreprise qui veulent un bon repas à prix abordable » : la cible est plus étroite, mais la fréquence de visite est plus grande.

Source : Christophe DECHAVANNE, « Marketing touristique et hôtelier » Le Génie des Glaciers, France, 2014. P.80.

Il faut donc retenir un positionnement clair et cohérent. Dans le cas d'une gamme de produits, chaque constituant doit être lui-même en cohérence avec le positionnement général de la gamme.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

1.2.3. La démarche opérationnelle

Il s'agit de la concrétisation sur terrain des décisions prise au niveau du marketing stratégique. C'est une politique à court terme qui doit être constamment adaptée à la situation du marché.

Le marketing opérationnel par souci de simplification est segmenté en quatre domaines appelés le mix marketing

Le mix marketing est l'ensemble des outils dont dispose l'entreprise pour atteindre ses objectifs auprès du marché visé.

1.2.3.1. Le produit

Le produit est un bien ou un service offert sur la marche de façon à y être remarqué, acquis où consommer en vue de satisfaire un besoin.

Plusieurs classifications de produit sont à distinguer :

a. Les produits de consommation

Ils sont destinés à être consommés directement par le consommateur final, on distingue :

- Les produits périssable : il s'agit de bien qui doivent être consommés impérativement dans un temps limité après leurs productions
- Les produits durables : c'est les biens dont l'utilisation est prolongée.
- Les services : Il s'agit de prestation ou d'activité non tangible et non stockable.

b. Les produits industriels

Ce sont le produit destiné à être vendus dans le but de produire d'autres produits (biens ou services) tel que les matières premières, les biens d'équipements, etc.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

A. Le cycle de vie d'un produit

Le cycle de vie d'un produit représente l'histoire commerciale d'un produit. Le cycle de vie compte 04 phases à savoir

a. La phase de lancement :

Elle représente la mise en place progressive du produit sur le marché, cette phase est caractérisée par :

- Un bas niveau de vente
- Des dépenses commerciales importantes

b. La phase de croissance

Les ventes prennent de l'ampleur, cette phase est caractérisée par une réduction des coûts commerciaux, des concurrents se présentent sur le marché

c. La phase de maturité

Les ventes atteignent le maximum. L'entreprise tente de fidéliser les consommateurs afin de stabiliser la part de marché. Le produit peut subir des améliorations en terme de design donc les coûts augmentent.

d. La phase de déclin

Les ventes subissent un ralentissement plus ou moins rapide pour les raisons suivantes :

- Concurrence abondante
- Guerre des prix

L'entreprise a le choix d'abandonner le produit ou le relancer en le modifiant.

B. Les attributs du produit

Un produit regroupe un ensemble de caractéristiques qui peuvent être valorisées par le consommateur

a. **La marque** : c'est un nom, un terme, un signe, un symbole, dessin servant à identifier les biens et services d'un vendeur et à le différencier de la concurrence.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

b. **La gamme** : c'est un ensemble de produit liés entre eux du fait qu'ils fonctionnent de la même façon et s'adresse au même client et sont vendus dans les même point de vente.

Une gamme est constituée par « l'ensemble des produits proche parce qu'ils remplissent la même fonction, sont vendues au même groupes de consommateur sont commercialisés par les mêmes circuits de distribution ou correspondent a une même zone de prix. »

c. **le design** : l'ensemble des techniques permettant d'adopter la forme, les couleurs a l'image du produit aux goûts et aux attentes des consommateurs.

d. **Le packaging** :

- Le conditionnement : c'est la protection de produit en vue de sa présentation à la vente, ex : tube, flacon.
- L'emballage : c'est la protection du produit en vue de son transport, son stockage, ex : carton.

c. **L'étiquette** : c'est la carte d'identité d'un produit, elle contient

- Nom du produit
- Nom et adresse du fabricant
- Pays d'origine
- Composition, quantité, date limite de consommation

1.2.3.2. Le prix

C'est un élément du mix marketing. C'est une variable déterminante. Il procure à l'entreprise des revenus et assure sa pérennité .il est a la fois un facteur de positionnement de produite de compétitivité de l'entreprise par rapport a ses concurrent.

Le prix est une expression monétaire de la valeur de toutes les caractéristiques d'un produit

A. Le prix pour le consommateur est :

Un sacrifice, une contre partie au bénéfice attendu vis-à-vis du produit et un critère de comparaison facile.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

B. Le prix pour l'entreprise :

La seule variable du mix à apporter un revenu à l'entreprise, une variable facilement et rapidement modifiable et un outil pour communiquer le positionnement visé.

La politique de prix est un élément du mix marketing, elle comprend la démarche de fixation des prix pour un produit. Elle concerne les décisions relatives à la fixation du prix de ventes des produits de l'entreprise.

La politique de prix n'est pas figée, elle peut évoluer en fonction du cycle de vie du produit.

La question du choix d'un prix se pose dans les situations suivantes :

-Lors du lancement d'un nouveau produit par l'entreprise : à ce stade le processus de fixation de prix reste complexe car de nombreuses variables restent inconnues à l'entreprise

-lors du lancement d'un nouveau produit sur un nouveau segment du marché.

-Lors d'une modification des prix par les concurrents

-Lors de la hausse ou la baisse des coûts de revient du produit qui rendent possible ou qui imposent à l'entreprise une révision de ses prix.

1.2.3.3. La place

La politique de distribution est un élément du marketing mix. Elle englobe principalement le choix de la stratégie et des canaux de distribution utilisés et à gérer les circuits de distribution. Elle comprend également les actions marketing et commerciales.

Un circuit de distribution se compose de l'ensemble des chemins (ou canaux) parcourus par un produit ou par une catégorie de produits (gamme) pour arriver jusqu'au consommateur final.

Pour parvenir aux consommateurs, le produit va parcourir un circuit. Celui-ci peut être :

A. Les canaux de distribution :

a. Le canal direct :

Il n'existe pas d'intermédiaire entre le fabricant et le consommateur final. Ce canal est généralement utilisé dans le secteur agricole ou artisanal. Il présente un avantage majeur car il n'y a pas de dépenses intermédiaires. Ce canal utilise comme mode de vente : les marchés, les foires, les salons ou encore le commerce électronique.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

b. Le canal court :

C'est un canal dans lequel il n'y a qu'un seul intermédiaire entre le fabricant et le consommateur. Ce circuit est le plus souvent utilisé par des magasins d'ameublement ou d'habillement comme la Redoute, Ikea, les 3 suisses, etc.

c. Le canal long :

C'est un canal qui comprend plusieurs intermédiaires. Ce circuit est utilisé dans le cas des franchises par exemple.

B. les circuits de distribution

a. La grande distribution :

Ce circuit intègre les fonctions de grossiste et de détaillant en utilisant de grosses quantités de marchandises.

b. Le commerce de gros :

Vous achetez de la marchandise en grosses quantités et vous la revendez à d'autres intermédiaires.

c. Le commerce de détail :

Vous achetez de la marchandise pour la revendre aux consommateurs.

d. Le e-commerce, la vente à domicile ou la vente réunion :

Vous utilisez un circuit direct pour vendre vos marchandises hors magasins.

Après avoir choisi le canal ainsi que le circuit, l'entreprise pourra définir sa stratégie de distribution.

C. Les stratégies de distribution

Il existe (03) stratégies :

La distribution ouverte ou intensive :

Il s'agit d'accepter la diffusion du produit à une grande échelle c'est-à-dire à tous les détaillants ou points de vente qui le souhaitent. C'est le cas des produits de grande consommation comme le lait ou le sucre par exemple.

- **La distribution sélective :**

En adoptant cette stratégie, vous prenez soin de sélectionner les points de vente que vous désirez. C'est le cas pour les cosmétiques ou les bijoux.

- **La distribution exclusive :**

Là vous sélectionnez des points de vente qui ne diffuseront que votre marque. Cette stratégie s'applique généralement pour les produits de luxe.

1.2.3.4. La promotion

La politique de communication est l'une des politiques les plus importantes. La communication est prise en compte pour établir une stratégie commerciale : publicité, promotion de ventes, marketing direct, relations publiques, blog, réseaux sociaux, etc.

Il faut choisir les moyens de communications les plus adaptés en fonction du type de produit, de votre cible, et de votre niveau de prix.

La politique de communication permet de faire connaître le produit, d'attirer l'attention, d'intéresser les clients potentiels, d'accroître le désir envers le produit, d'informer, de motiver l'achat, de changer les perceptions, de générer des actions, d'augmenter les quantités vendues, etc.

Lorsque l'on pense communication, on pense facilement à la publicité, mais il existe aussi le packaging (l'emballage), les dépliants, les promotions, les concours, les relations publiques, les communiqués de presse, la participation aux salons et foires, les démonstrations, les échantillons, les commandites ainsi que tous les moyens de publicité sur les lieux de vente (PLV). Les fiches techniques, les vidéos sur le site Internet de l'entreprise, les manuels d'utilisateur, la façon dont sont habillés vendeurs de l'entreprise, le message téléphonique d'accueil de l'entreprise, etc.

Section 02 : Le marketing des services

Le marketing des services est créé pour aider l'entreprise à mieux vendre ses services, subit une transformation radicale, en passant d'une orientation produit/ services à une orientation client. Ce qui veut dire que le marketing des services d'aujourd'hui aide le client à acheter et les entreprises à le suivre durant toute la période d'achat et durant sa relation avec l'entreprise. Cette évolution a conduit à une multitude de définitions des concepts service et marketing des services. En outre, le marketing des services domaines très riche d'enjeux car de plus en plus les activités de service dominant toute économie moderne.

Ce qui nous amène à nous intéresser dans cette section au service et au marketing des services de manières détaillée.

2.1. Les services et la servuction

2.1.1. Définition du service

Etymologiquement le mot « service » vient de latin « servis », qui signifie esclave, mais il ne sous entend pas une relation dominante dominée, mais tout simplement être à l'écoute du client en conservant une relation fondée sur le respect mutuel. Les spécialistes en la matière définissent les services comme suit :

B. DUBOIS et P. KOTLER ont défini les services comme étant « *une activité ou une prestation soumise à un échange. Essentiellement intangible ne donnant lieu à aucun transfert de propriété. Un service peut être associé ou non à un produit physique* »¹⁶

EIGLIER.P et LANGEARD. E ont défini le service comme « *un service est la résultante de L'interaction entre ces trois éléments de base qui sont, le client, le support physique et le Personnel en contact, cette résultante constitue le bénéfice qui doit satisfaire le besoin du client* ».

-De façon plus amusante, « les services ont aussi été décrits comme quelques chose qui peut être achetés et vendus mais qu'on ne peut pas se laisser tomber sur le pied ». ¹⁷

D'après C. LEVELOCK le service est : « *une action ou une prestation offerte par une partie à une autre bien que le processus puisse être lié à un produit physique, la prestation est*

¹⁶ Philip KOTLER et autres, Marketing management, 13^{ème} édition, Pearson Education, France, 2009, p452

¹⁷ PIERRE EIGLIER et ERIC LANGEARD servuction et marketing des services PIERRE

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

transitoire, souvent intangible par nature, et ne résulte pas normalement de la possession de l'un des facteurs de production »¹⁸

De ce fait un service est une activité économique qui crée de la valeur et fournit des avantages aux consommateurs à un moment et en un lieu donné pour apporter le changement désiré du bénéficiaire de service.

2.1.2. La servuction

La servuction est un terme apparu dans les années 80 qui désigne spécifiquement produire un service.

Selon Gallouj (1998) la production d'un service constitue un ensemble d'actes et d'opérations qui conduisent à un changement d'un état et non pas à créer un bien tangible ¹⁹

2.1.2.1. Définition du système de servuction

Eiglier et Langeard (1987) proposent le terme « Servuction » faisant référence au processus de création d'un service et le définissent comme « *Organisation systématique et cohérente de tous les éléments physiques et humains de l'interface client-entreprise nécessaire à la réalisation d'une prestation de service dont les caractéristiques commerciales et les niveaux de qualité ont été déterminés* »²⁰.

Ce néologisme est le résultat de la contraction des termes services et production, il marque la nécessité d'envisager la production de services des démarches spécifiques à celles de la production de bien.

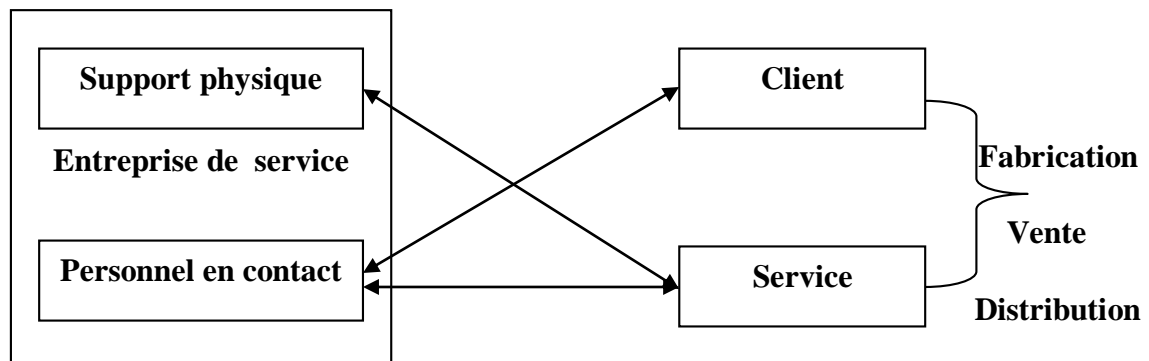
La servuction se distingue de la production classique du produit matériel car elle se base essentiellement sur le marketing et concerne principalement la relation avec les clients, alors que la production d'un produit classique qui est le bien tangible, est essentiellement une problématique industrielle en premier lieu.

¹⁸ Christopher LOVELOCK et autres, Marketing des services, 6ème édition, Pearson Education, France, 2008, p12

¹⁹ Rabeh MORRAR, « Public-Private innovation networks in services », thèse de doctorat, Université de Lille1, juin 2011.

²⁰ Anne Marianne SECK, page 02.

Figure N°03 : Le système de servuction



Source : Eiglier, Langeard et V Mathieu, « *Marketing des services* » 1997 ; cité par Sylvie de Couseuses « *gestion de la banque : du diagnostic à la stratégie* », Dunod, 2007, page 210.

2.1.2.2. Les éléments du système de servuction :

A. Le client :

Est un élément primordial, le service n'existe que lorsque le client le consomme et le client est le bénéficiaire du service²¹.

B. Le support physique :

Celui nécessaire à la production du service est double. Il y a les instruments nécessaires au service²², et l'environnement matériel où se passe le service ;

C. Le personnel en contact :

Est celui qui est en contact direct avec le client. Dans une agence de voyages, ce sont les agents de comptoir, dans un pays d'accueil touristique, ce sont les acteurs locaux.

D. Le service :

Est l'objectif du système et le résultat. Exemple : réserver une place d'avion, organiser un voyage à forfait pour une semaine, l'accueil des vacanciers dans un parc.

²¹Benoit MEYRONIN ET Jean-Paul VALLA, vers la notion de « servuction urbaine », ou les apports du marketing des services au marketing territoriales, 4eme congrès tendances du marketing, Paris, 21-22 janvier 2004, P4-5

²²GUY MORIN, analyse de qualité dans les services touristiques : expérimentation d'un outil d'évaluation dans le cas d'un hôtel, mémoire de magister en gestion des petites et moyennes organisations, l'université du Québec à Chicoutimi, mars 1993, p60.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

E. Le système d'organisation interne :

C'est la partie non visible par le client, C'est l'organisation de l'entreprise, ces différentes fonctions, la gestion, les ressources humaines, et le management ;

F. Les autres clients :

Sont ceux à qui nous nous adressons également dans le même lieu et au même moment, car rare sont les services destinés à un seul client à la fois.

Exemple : plusieurs personnes peuvent rentrer dans une agence de voyage et demander des billets d'avion ou des renseignements.

2.1.2.3. Le fonctionnement de la servuction :

La servuction implique :

- Une participation directe du client à la production du service, sans lui, le service ne pourrait exister, contrairement à la production d'un bien où le client n'est pas inclus dans l'opération de création du produit. Dans ce sens, le client est un élément participatif dans le processus de réalisation de son produit (le service),
- Dans certains cas, nous pouvons éliminer le personnel, d'où la présence du support physique et du client est suffisante à la création d'un service, exemple : le cas des automates bancaires ou le client utilise le support GAB sans l'intervention du personnel en contact,
- La servuction est à l'origine des interactions mais pas seulement au niveau de l'entreprise mais aussi entre les clients eux-mêmes,
- Souvent, la servuction se base essentiellement sur trois éléments : le client, le personnel et le support physique.

2.1.2.4. Les différentes formes de servuction :

Nous distinguons quatre formes principales de servuction, en fonction des deux variables qui caractérisent le système de servuction (voir le tableau N° : 04) :

- 1ère variable : selon le mode d'interaction client/prestataire.
- 2ème variable : selon la nature de cette interaction.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Avec l'intervention du client dans le circuit de fabrication du service, le marketing devient un point essentiel car la bonne servuction est liée directement à la relation avec le client. Cette exigence influence la conception du système de servuction.

Tableau N°04 : Les formes de servuction identifiables en fonction du mode d'interaction client/prestataire et de la nature de cette interaction.

		Mode d'interaction entre client et prestataire	
		Interaction physique directe	Interaction à distance
Nature de l'interaction entre le client et le prestataire	Interaction humaine (avec personnel de contact)	1) Servuction en face à face avec personnel de contact. Ex : l'interaction avec son conseiller dans une agence bancaire.	3) Servuction à distance avec personnel. Ex : l'interaction avec un chargé de clientèle via cellule téléphonique
	Interaction automatisée (sans personnel de contact)	2) Servuction automatisée de proximité. Ex : l'usage d'un guichet automatique bancaire.	4) Servuction à distance automatisée. Ex : l'usage du site internet de banque à domicile.

Source : Hervé BREGGEARD, « Nouvelles technologies et servuction : le choix par les clients du mode d'obtention d'une prestation », papier de recherche, groupe ESC Grenoble. Avril 2002.

Avec l'intervention du client dans le circuit de fabrication du service, le marketing devient un point essentiel car la bonne servuction est liée directement à la relation avec le client. Cette exigence influence la conception du système de servuction.

2.2. Le marketing des services ses formes et ses caractéristiques

2.2.1. Définition du marketing des services

Le marketing des services est une discipline marketing adressée aux entreprises du secteur tertiaire. Il est caractérisé principalement par l'intangibilité des services, par l'indivisibilité ainsi que la périssabilité de ce service.

Le marketing des services est l'ensemble des techniques marketings dévolus à la création et la commercialisation des services.

Selon Mercator : « *Le marketing des services se caractérise principalement par l'immatérialité des services et par la simultanéité, dans l'espace et le temps, de la production et de la consommation des service* »²³.

Gilbert ROCK et Marie Josée LEDOUX définissent le marketing des services comme étant : « *Commercialisation qui ne concerne pas les biens, mais les services et qui accorde une grande place à la qualité perçue des services offerts* »²⁴.

Selon P. CALLOT : « *Le marketing des services peut se définir comme étant l'agrégat d'éléments (humains et techniques) plus ou moins standardisés pour répondre le plus favorablement (notion d'efficacité) et de manière efficiente à la demande formulée, contingente et donc évolutive* »²⁵.

L'activité des services nécessite plus d'effort en matière du marketing, contrairement au produit tangible vue les spécificités des services.

2.2.2. Les formes du marketing des services :

Le marketing des services exige trois formes du marketing : interne, externe et interactif.

2.2.2.1. Le marketing externe :

Décrit le travail classique de préparation du service, de fixation des prix, de distribution et de communication.

²³LENDREVIE et LEVY, Mercator, 11eme édition, Dunod, Paris, 2014, p. 837

²⁴ Gilbert ROCK et Marie Josée LEDOUX, Le service à la clientèle, édition de Renouveau pédagogique INC, Canada, 2006, p.3

²⁵ P. CALLOT, Marketing des services, édition Vuibert, Paris, 2002, p. 45.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

2.2.2.2. Le marketing interne :

Signifie que l'entreprise doit mobiliser l'ensemble de son personnel. En effet, elle doit les former et les motiver afin de satisfaire ses clients.

2.2.2.3. Le marketing interactif :

Souligne que la qualité du service est liée directement à l'interaction entre client et prestataire, Les clients jugent à la fois les performances techniques et fonctionnelles.

Le schéma suivant met en évidence ces différents éléments :

Figure N °04 : Les trois formes de marketing dans les services.



Source: Leonard Berry, 1986 "Big ideas in services marketing", journal of consumer, p 47

2.2.3. Les spécificités du marketing des services

Le service présente quatre caractéristiques majeures influençant l'élaboration des actions marketing qui leur sont destinées.

2.2.3.1. L'intangibilité

Les services ne sont pas des objets mais des processus ou des actes donc ils sont intangibles. Nous ne pouvons pas les voir, les toucher, les sentir, les goûter ou les entendre avant de les acheter. La notion d'intangibilité recouvre en réalité deux dimensions : une dimension physique

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

(l'impossibilité de voir et de toucher le service) et une dimension mentale (la difficulté de se faire une idée sur le service et de l'imaginer)²⁶.

Le risque perçu est donc plus élevé pour le client à cause de l'incapacité d'examiner et d'évaluer un achat planifié. La conséquence importante pour le marketing est que, réduire l'incertitude, les consommateurs s'appuient sur les éléments tangibles pour juger la qualité du service²⁷.

2.2.3.2. L'indivisibilité

L'inséparabilité de la consommation et de la production dans les services signifie à la fois simultanément et proximité physique. Un service est fabriqué en même temps qu'il est consommé. En conséquence, il est impossible de stocker un service. Cela signifie que les contraintes de temps sont les plus importantes pour l'entreprise de service qui ne peut pas étaler sa production et la stocker pour faire face aux variations de la demande²⁸.

L'inséparabilité met en évidence le rôle indissociable que doivent jouer le client et le prestataire de service dans le processus de « production » du service²⁹.

2.2.3.3. La variabilité

La variabilité aussi définie par l'appellation hétérogénéité, ce caractère incertain de grandir une performance constante pour un prestataire. La performance d'un service varie d'une entreprise à l'autre, d'une agence à l'autre, surtout pour les services fondés en grande partie sur l'intervention des humains. Alors le client va disposer de très peu d'éléments avant l'achat pour comparer des offres de services³⁰.

2.2.3.3. La périssabilité

La périssabilité désigne le fait que les services ne peuvent en aucun cas être stockés en prévision d'une vente ou d'une utilisation ultérieure. La périssabilité d'un service n'est pas problématique si la demande est stable. Dans le cas contraire, elle engendre de nombreuses difficultés d'infrastructure³¹.

²⁶Béatrice Bréchnignac-ROUBAUD : « le marketing des services », du projet en plan marketing, édition d'organisation, France, 2004, p71

²⁷Philip KOTLER et Gary ARMASTRONG, Principe de marketing, 8eme édition, Pearson Education, France, 2007, p214.

²⁸ Jacques Lendrevie, Julien Lévy, Denis Lindon ; Mercator : Théorie et pratique du marketing, 8eme édition, Dunod, paris, 2006, p956.

²⁹Philip KOTLER et autre, p459.

³⁰Beatrice Bréchnignac-ROUBAUD, p72.

³¹ ARMASTRONG Gary, P.K, p215.

CHAPITRE I : Le marketing et le marketing des services

Conclusion

En guise de conclusion, le présent chapitre a exposé les différents concepts clés du marketing et du marketing des services (les notions clés et les spécificités de marketing des services). Ceci, nous a permis de comprendre que l'activité du marketing est un ensemble de moyens fournis par l'entreprise. Pour la circulation des biens et services, y compris les clients actuels et futurs. Afin de satisfaire leurs besoins économiques, et d'atteindre les plus hauts niveaux de satisfaction. Il joue un rôle important dans le secteur des services aux niveaux national et international d'où l'émergence du marketing des services.

Certes que le marketing des services a pris quelques retards sur le marketing des produits mais la situation se redresse rapidement. Le marketing des services n'est pas seulement externe mais également interne et interactif, afin de mobiliser les employés.

Les services sont intangibles, indivisibles, variables et périssables. Chacune de ces caractéristiques entraîne des problèmes de marketing spécifique. Il faut en particulier « Concrétiser » l'intangible ; accroître la productivité de ceux qui « produisent » le service ; contrôler la qualité afin d'en réduire les variations ; et influencer les mouvements d'offre et de demande pour réduire les inconvénients de la périssabilité.

Un service est le résultat de la production appelée (servuction) avec l'interaction entreprise/client avec multiples moyens (personnel, matériel) efficace mis à disposition du client.

Suite à cette conclusion, dans le prochain chapitre nous allons nous intéresser à un secteur particulier du marketing des services qui est le marketing touristique.

Chapitre II

Fonctionnement et composition et système automatisé du processus de concassage

Introduction

Dans le cadre de l'industrie extractive et du traitement des matériaux, le processus de concassage primaire et secondaire joue un rôle essentiel dans la préparation et la transformation des matières premières. Les concasseurs primaires et secondaires sont des équipements clés qui interviennent dans la réduction de la taille des matériaux afin de les préparer pour les prochaines étapes du processus de production. Toutefois, ces procédés impliquent des risques potentiels pour la sécurité des opérateurs et la protection des équipements en l'absence de mesures adéquates.

Au cours du chapitre précédent, une vue générale sur l'usine de traitement de la dolomie ENOF a été présentée, mettant en lumière les différentes parties de l'installation, dont les processus de concassage primaire et secondaire, de calcination et de micronisation.

Dans ce chapitre, l'accent est spécifiquement mis sur les étapes de concassage primaire et secondaire ainsi que les convoyeurs et les cribles, mettant en lumière leur fonctionnement, les composants essentiels qui les caractérisent et leur importance au sein de la chaîne de production complète. Une exploration détaillée des concasseurs primaire et secondaire au sein de l'usine de traitement de la dolomie ENOF nécessite une analyse approfondie des éléments clés qui les composent. Avec un intérêt particulier porté sur les moteurs et les schémas électriques, cette section se focalisera sur le rôle essentiel de ces composants dans le fonctionnement et le contrôle des équipements de concassage. L'objectif est donc de comprendre en profondeur la structure, le fonctionnement des moteurs utilisés et la configuration des schémas électriques qui régissent l'ensemble du processus de concassage primaire et secondaire.

II.1. Logigramme du processus du concassage

Le logigramme de la figure II.1 représente les différents éléments du processus de concassage, accompagnés de leurs désignations alphanumériques, et illustre le déroulement complet du processus, depuis l'arrivée de la dolomie dans la trémie de déchargement jusqu'à la sortie des produits concassés.

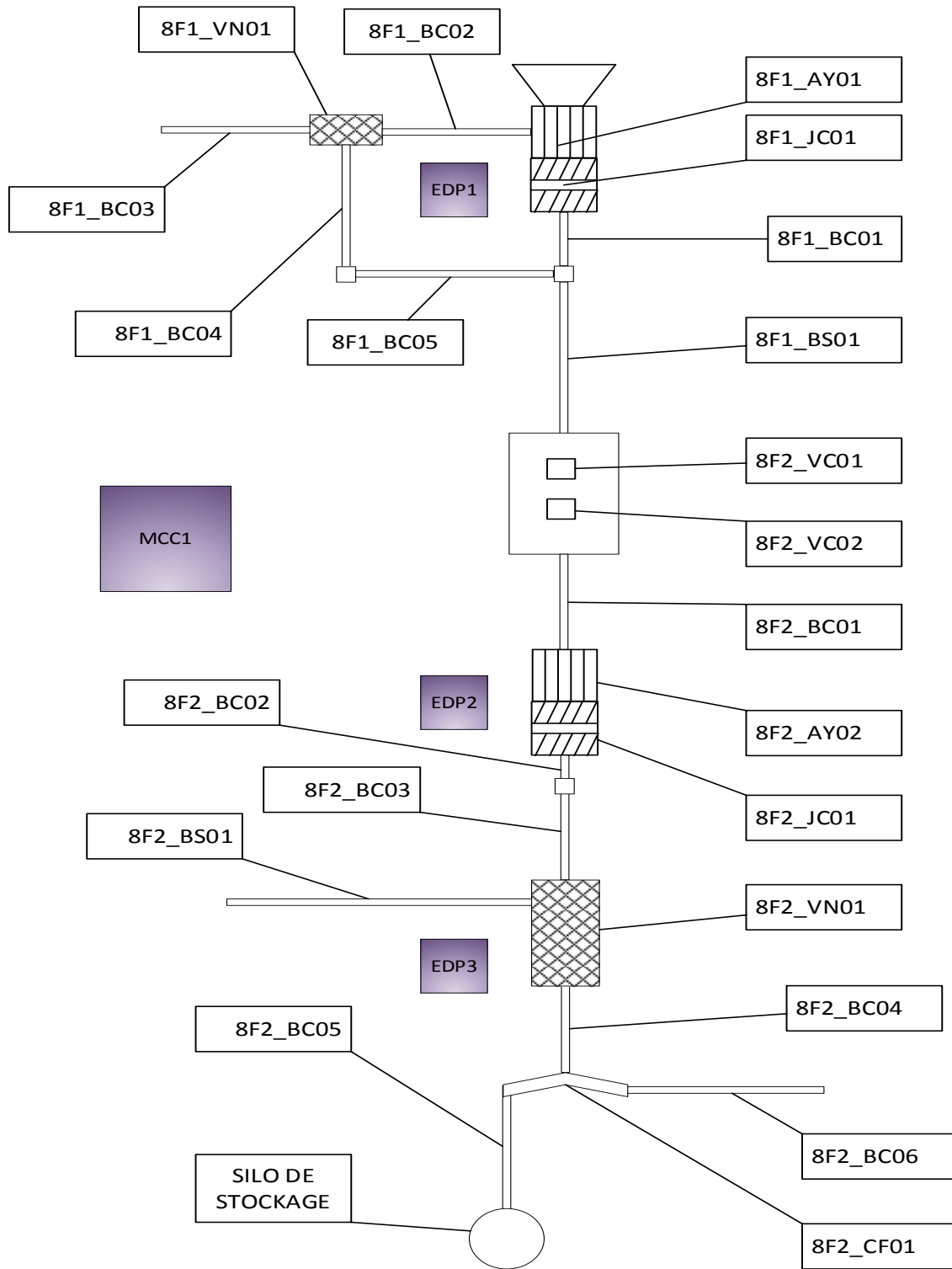


Figure II.1 : Logigrammes des phases selon le nouveau cahier des charges

II.2. Désignation des codes alphanumériques

Le tableau II.1 présente les désignations alphanumériques utilisées dans le processus, permettant d'identifier et de catégoriser les différents composants et étapes de manière structurée et standardisée. Chaque code alphanumérique correspond à un élément spécifique du processus.

Désignation des codes alphanumériques	Désignation
8F1_AY01	Trémie de déchargements (scalpeur à doigts)
8F1_JC01	Concasseur à mâchoires Primaire
8F1_BC01	Convoyeur sous concasseur primaire
8F1_BC02	Convoyeur Alimentation du crible
8F1_VN01	Crible Stérile
8F1_BC03	Convoyeur des stériles
8F1_BC04	Convoyeur Eloignement recyclages
8F1_BC05	Convoyeur Réintroduction recyclages
8F1_BS01	Convoyeur Alimentation secondaire
8F2_VC01	Extracteur vibrant 1
8F2_VC02	Extracteur vibrant 2
8F2_BC01	Convoyeur Alimentation du concasseur secondaire
8F2_AY02	Scalpeur à doigts (secondaire)
8F2_JC01	Concasseur à mâchoires secondaire
8F2_BC02	Convoyeur sous concasseur secondaire
8F2_BC03	Convoyeur alimentation crible secondaire
8F2_VN01	Crible secondaire
8F2_BS01	Convoyeur alimentation stock pile calcination
8F2_BC04	Convoyeur sous bâche à sable
8F2_CF01	Goulotte By-Pass
8F2_BC05	Convoyeur stockage silo
8F2_BC06	Convoyeur stock pile
MCC1	Armoire de commande
EDP1	Boite de jonction primaire
EDP2	Boite de jonction secondaire
DEP3	Boite de jonction secondaire

Tableau II.1. Désignation des codes alphanumériques

II.3. Cahier des charges

Dans le cadre de notre stage pratique chez BF Solution Engineering, nous avons élaboré un cahier des charges visant à améliorer la sécurité de la station de concassage de l'entreprise ENOF, notre client.

Au cours des essais à vide (la mise en service de la station), nous avons identifié plusieurs points critiques qui nécessitent des améliorations :

Systèmes d'alarme : Les alertes sonores et visuelles doivent être clairement visibles et audibles dans toutes les zones concernées. Installation de caméras de surveillance pour surveiller les zones dangereuses en temps réel.

Arrêts d'urgence : Nous avons veillé à ce que les arrêts d'urgence soient facilement accessibles et fonctionnels.

Ce cahier des charges, élaboré en collaboration avec BF Solution Engineering, vise à garantir une amélioration significative de la sécurité de la station de concassage tout en respectant les exigences spécifiques de l'entreprise ENOF

- Avant toute opération, des alertes sonores (klaxon) et visuelles (gyrophare) doivent être activées pour avertir le personnel du démarrage des machines.
- Le système doit pouvoir gérer automatiquement le démarrage et l'arrêt des équipements en fonction de l'état des stocks et des capteurs.

II.4 Système Automatisé de Production (SAP)

Le Système automatisé de production qui après avoir reçu des instructions fournies par un opérateur, décide et agit, se substituant ainsi à l'homme. Cette substitution conduit à une grande rapidité d'exécution et une meilleure régularité des résultats et évite à l'homme les tâches pénibles et répétitives. Ceci est dû aux avantages qu'apporte l'automatisation des systèmes qui sont nombreux dont on peut citer :

- ❖ Augmenter la productivité : Diminution du nombre du personnel pour réaliser une tâche spécifique
- ❖ Améliorer la qualité des produits.
- ❖ Améliorer les conditions de travail du personnel :
 - Supprimer la pénibilité.

- Améliorer la sécurité.

Un système automatisé peut être décomposé en trois grandes parties

- ❖ Une partie opérative (PO) assurant la conversion de puissance et l'action sur la matière d'œuvre.
- ❖ Une partie commande (PC) assurant la mesure en continu sur le processus, le traitement des données par comparaison aux consignes et le pilotage de la partie opérative.
- ❖ Une interface homme / machine (IHM) permettant de définir les consignes et de surveiller l'évolution.

Dans la figure II.2, nous exposons la structure d'un processus automatisé ainsi que ses composantes distinctes dans la figure qui suit.

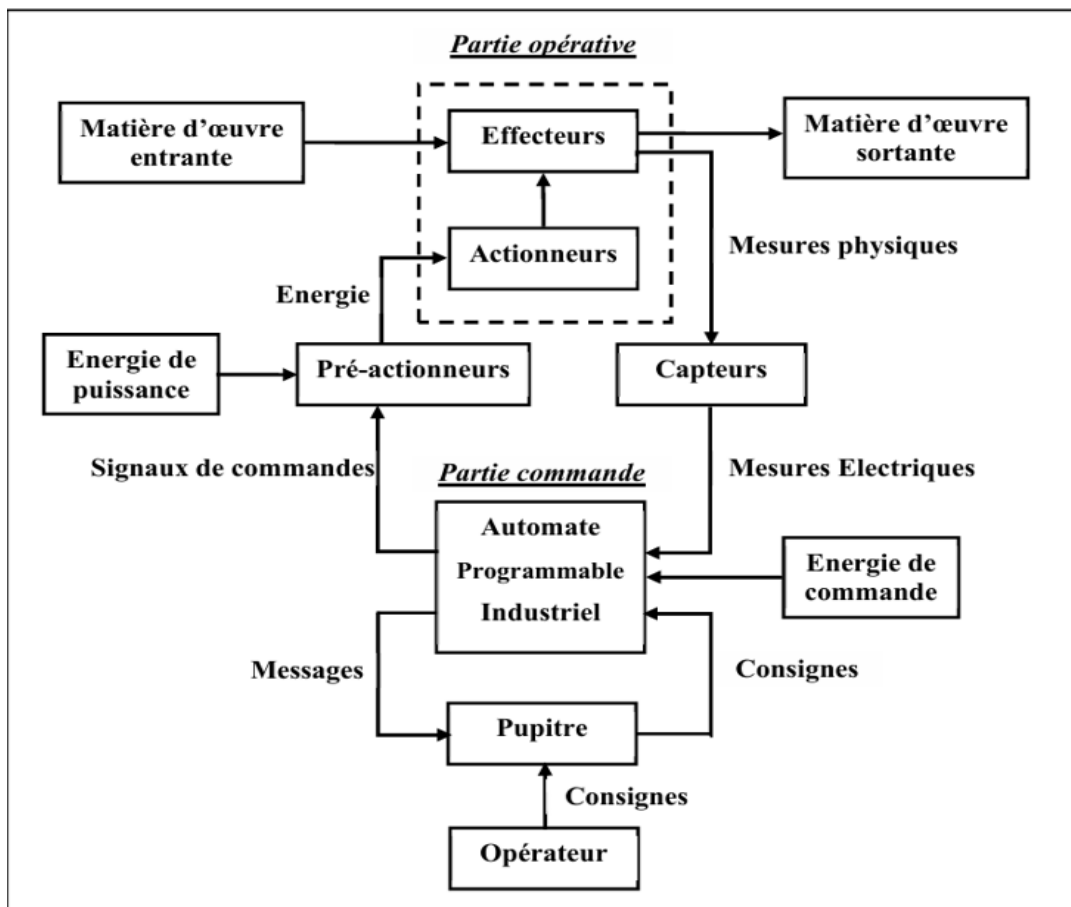


Figure II.2 Structure d'un système automatisé de production

Les Automates Programmables Industriels (API ou PLC pour Programmable Logic Controller) sont utilisés pour gérer de manière automatique les systèmes de commande des installations électriques industrielles.

II.4.1 Partie opérative

Elle regroupe l'ensemble des opérateurs techniques (actionneurs et effecteurs) qui assurent et contrôlent la production des effets utiles pour lesquels le système automatisé a été conçu. Elle agit directement sur la matière d'œuvre pour lui apporter sa valeur ajoutée, en fonction des ordres fournis par la PC.

Elle nécessite une source d'énergie puissante pour alimenter les actionneurs. Celle-ci est, d'une part, répartie et transformée par des actionneurs, et d'autre part, utilisée pour effectuer directement l'opération par effecteurs.

II.4.2 La Partie Commande

Dans un système industriel automatisé, la Partie Commande (PC), également appelée système de contrôle, est la partie du système qui prend en charge la gestion et la coordination des actions des équipements et des machines. Son rôle est de prendre les décisions en fonction des informations reçues de la partie opérative et de l'environnement, puis d'envoyer des ordres à la partie opérative pour réaliser les tâches nécessaires.

II.4.3 Les échanges d'informations entre la PO et la PC

Ils sont de deux types :

- Emission des signaux de commandes de la PC vers le pré actionneurs de la PO.
- Acquisition des informations (mesures) de la PC par l'intermédiaire des capteurs.

II.4.4 Fonctionnement de la partie commande

La PC d'un système automatisé est destinée à traiter les informations afin d'assurer les fonctionnalités suivantes :

- Elle dialogue à travers : le pupitre, la console, écran, ...etc.
- Elle communique à travers des liaisons parallèles, série, ...etc.
- Elle traite les informations délivrées par les capteurs par le processus de traitement (de l'API).
- La relation avec la PO est à travers les pré-actionneurs et les capteurs.

II.4.5 Les différents types de commande de la PC

- **Commande séquentielle** : variables booléennes pour les processus à fonctionnement séquentiel.
- **Commande continue** : asservissement et régulation de processus continu. [5]

II.5 Les principaux pré-actionneurs et actionneurs employés

II.5.1 les pré-actionneurs

➤ **Relais**

La figure II.3 montre une photo d'un relais à broches



Figure II.3 : Relais à broches

Ce relais est un dispositif électrique permettant l'ouverture et la fermeture d'un circuit. Il a pour rôle de relayer la circulation de l'énergie électrique d'un circuit dans un réseau de 12 A à un voyant LED est intégré pour signaler l'état de fonctionnement du dispositif. [6]

➤ **Variateur de vitesse**

La figure II.5 montre une photo d'un variateur de vitesse



Figure II.5. Variateur de vitesse

Le variateur de vitesse Altivar 930 offrant des fonctionnalités avancées pour le contrôle précis des moteurs asynchrones et synchrones. [6]

➤ **Démarrateur progressif**



Figure II.6. Démarreur ATS48

Le démarreur progressif ATS48C25Q appartient à la gamme Altistart 48 et est spécifiquement conçu pour les moteurs asynchrones dans des applications industrielles lourdes . [6]

➤ **Contacteur**



Figure II.7. Contacteur

Le TeSys LC1F225 est un contacteur de la gamme TeSys, spécifiquement conçu pour des applications de commande moteur (AC-3) et de charge résistive (AC-1) [6].

II.5.2 Les actionneurs

➤ **Les moteurs électriques**

La figure II.3 montre une photo d'un moteur triphasé asynchrone à cage d'écureuil WEG B3 de 110 kW



Figure II.8. Le moteur triphasé asynchrone à cage d'écureuil WEG B3 de 110 KW

Le moteur triphasé asynchrone à cage d'écureuil WEG B3 de 110 kW est un composant essentiel du concasseur à mâchoires, offrant la puissance nécessaire pour broyer efficacement les matériaux. Couplé en triangle à une tension de 400V.

Pour démarrer ce moteur en douceur et éviter les pics de courant, le démarreur progressif ATS48C25Q est utilisé. Ce démarreur offre une protection avancée contre les défaillances de phase et la surchauffe du moteur, tout en permettant un contrôle précis de la vitesse de rotation. Dans la figure II.9, on va montrer son schéma de puissance.

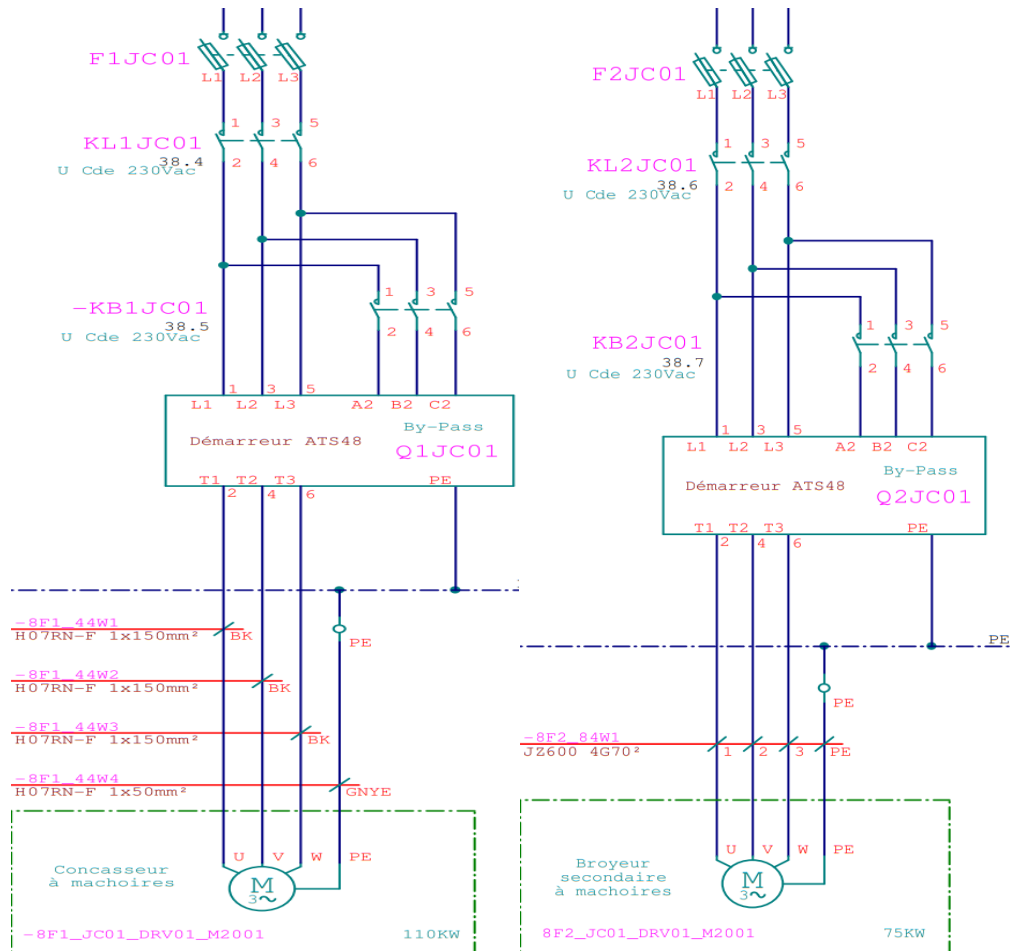


Figure II.9. Schéma de puissance des deux moteurs des deux concasseurs a mâchoires

En résumé, le moteur triphasé WEG B3 de 110 kW couplé en triangle à une tension de 400V, associé au démarreur progressif ATS48C25Q, joue un rôle crucial dans le fonctionnement efficace et fiable du concasseur à mâchoires, permettant ainsi de broyer les matériaux de manière sûre et efficace . [7]

➤ **Moteurs à Balourds des deux trémies et les alimentateurs :**



Figure II.10 : Les moteurs à balourds

Les moteurs à balourds, tels que ceux conçus par AVITEQ, sont des moteurs électriques spécialement développés pour générer des vibrations contrôlées dans des applications industrielles variées. Ces moteurs sont utilisés principalement pour l'extraction, le transport sur de longues distances, le tamisage, et l'essorage de matériaux.

Les moteurs à balourds créent des vibrations en générant une force centrifuge grâce à des masses excentrées (balourds) fixées sur leurs axes. Lorsque ces moteurs tournent, les masses excentrées produisent un mouvement oscillatoire qui se traduit par des vibrations. **[8]**

Dans la figure II.11, on va montrer son schéma de puissance.

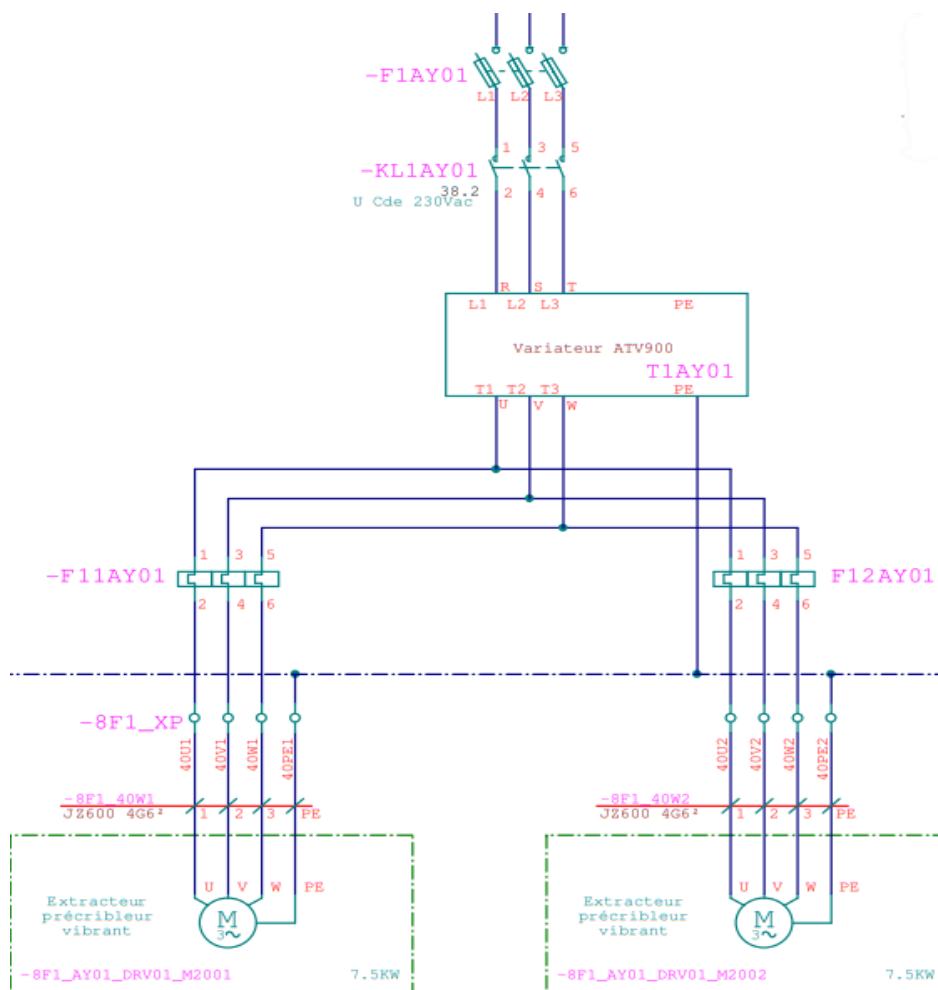


Figure II.11. schéma de puissance du branchement des deux moteurs balourds

➤ Moteur asynchrone convoyeur

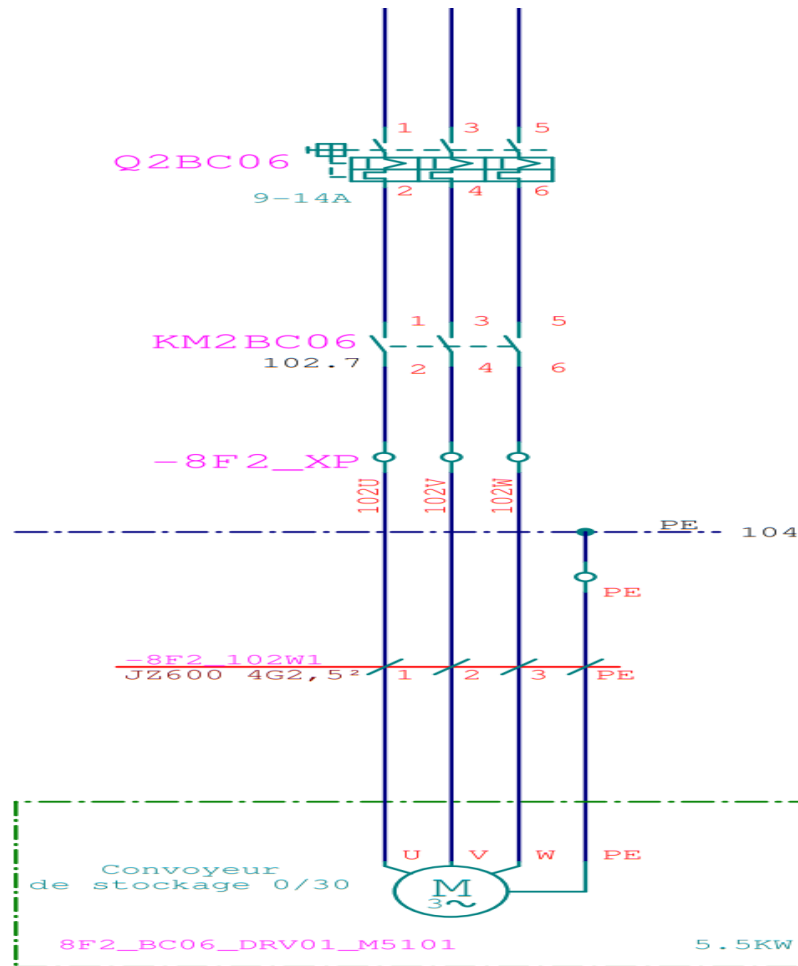


Figure II.12 Schémas de puissance d'un moteur de 5.5 kW

Les moteurs asynchrones de 5,5 kW, utilisés dans la majorité des convoyeurs de l'usine, sont conçus pour assurer un fonctionnement continu et fiable. Ils fonctionnent à une tension nominale de 400/690 V et une fréquence de 50 Hz. Ces moteurs offrent un rendement élevé, garantissant une efficacité énergétique optimale pour des applications industrielles. [9]

➤ Moteur des Crible

Les moteurs utilisés pour les cribles sont de marque WEG, spécifiquement des modèles W22 de 7,5 kW. Ces moteurs sont choisis pour leur performance et leur fiabilité dans des applications industrielles exigeantes. [10]



Figure II.13. Moteur crible

Son schéma de puissance ce présente comme suit :

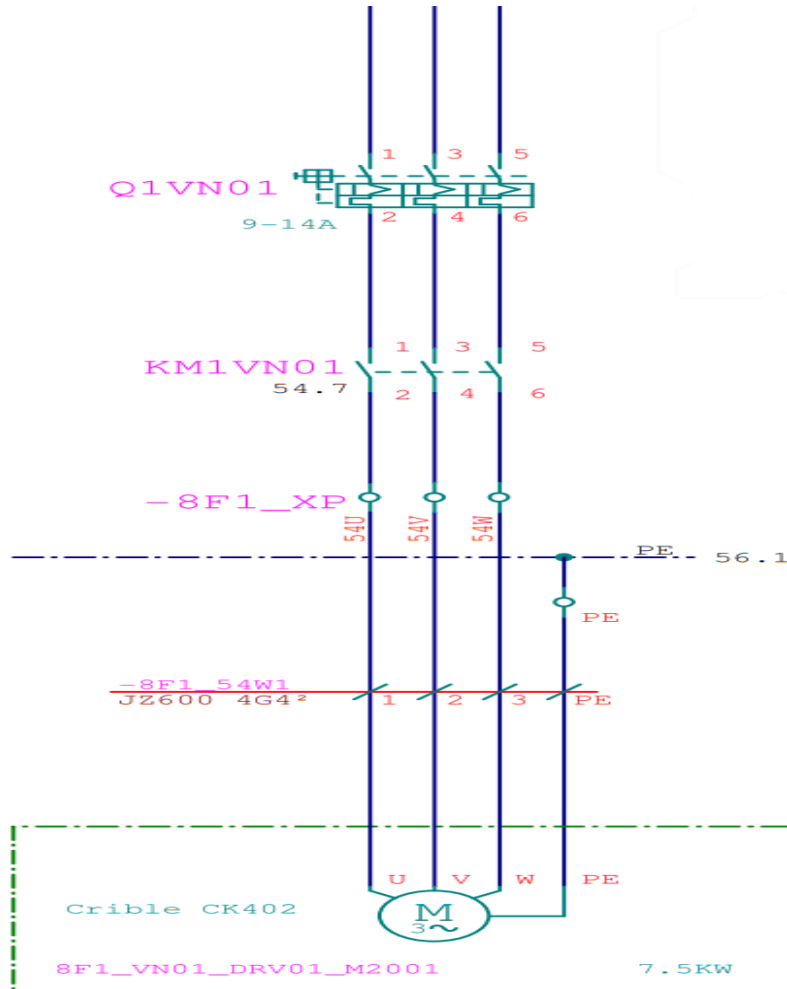


Figure II.14 : Schéma de puissance du moteur de crible

II.6. Appareillage et technique de protection

Dans le cadre du processus de concassage, la protection des moteurs (des du concasseurs à mâchoire, à balourds et des convoyeurs) a été réalisée par :

II.6.1 Sectionneur à Fusible



Figure II.15. Sectionneur à fusible

Le sectionneur à fusible Wöhner NH taille 2, 400 A, est un dispositif de protection électrique essentiel. Ce sectionneur est conçu pour protéger le moteur contre les surcharges et les courts-circuits, en assurant une coupure efficace du circuit en cas de défaillance. [11]

II.6.2 Deux Contacteurs en Série

Dans certaines configurations de circuits électriques industriels, deux contacteurs sont montés en série pour offrir une protection supplémentaire au système, en particulier dans des applications critiques comme le moteur d'un concasseur à mâchoires. L'intégration de deux contacteurs en série dans le circuit présente plusieurs avantages en matière de sécurité et de fiabilité, en s'assurant que le moteur est correctement isolé en cas de défaillance ou d'arrêt d'urgence.

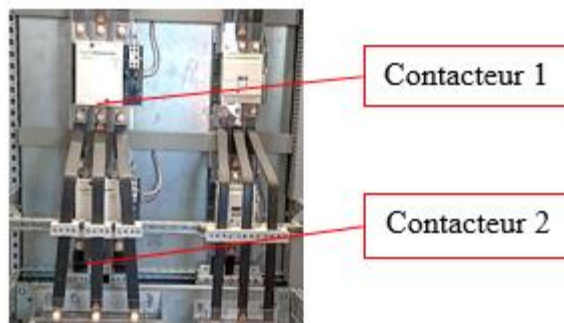


Figure II.16. Vue des deux contacteurs en séries

II.6.3 Disjoncteur magnéto thermique



Figure II.17. Disjoncteur magnétothermique

Le GV2P14 est un disjoncteur-moteur TeSys GV de Schneider Electric conçu pour des applications motorisées de 3–4 kW à 400 V Il assure une protection thermomagnétique avec une zone de réglage thermique de 6–10 A. [6]

II.6.4 Relais de sécurités

La figure II.4 montre une photo d'un relais de sécurité



Figure II.5. Relais de sécurité

Le dispositif de sécurité Preventa XPSAK est un module pour le contrôle et la surveillance des équipements électro-sensibles dans les environnements industriels. [6]

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré le système automatisé du processus de concassage, en mettant l'accent sur la partie opérative. Cette section a fourni une vue d'ensemble détaillée des opérations et de la dynamique du processus de concassage, en examinant comment les différents composants interagissent pour assurer une efficacité optimale.

Nous avons abordé brièvement la partie de commande, qui est essentielle pour le contrôle et l'optimisation du système. Toutefois, une analyse complète de cette composante sera présentée dans le troisième chapitre. Celui-ci se concentrera sur les aspects de commande, en détaillant les stratégies de gestion et les outils nécessaires pour garantir un fonctionnement précis et fiable du système automatisé.

Ainsi, cette structuration permet une compréhension progressive du système de concassage automatisé, en posant d'abord les bases opérationnelles avant de plonger dans les mécanismes de commande. Cette approche garantit une couverture exhaustive du sujet et une intégration cohérente des différents aspects du système.

Chapitre III

Modélisation du système avec l'outil Grafcet

Introduction

La modélisation du processus de concassage constitue une étape clé dans la conception d'un système automatisé. Le GRAFCET, en tant qu'outil graphique essentiel, permet de définir de manière précise les différentes phases du processus ainsi que les transitions nécessaires à son bon déroulement.

Dans ce chapitre, nous allons modéliser le processus de concassage en respectant les exigences du cahier des charges, en s'appuyant sur le GRAFCET. Cela permettra de concevoir un système automatisé fiable et optimisé,

III.1 Définition :

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande par Etapes et Transitions) ou SFC (Sequential Function Chart) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il est à la fois simple à utiliser sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser. [5]

III.2 Principe du grafcet :

Pour visualiser le fonctionnement de l'automatisme, le GRAFCET utilise une succession alternée d'ETAPES et de TRANSITIONS. A chaque étape correspond une ou plusieurs actions à exécuter. Une étape est soit active, soit inactive. Les actions associées à cette étape sont effectuées lorsque celle-ci est active. Les transitions indiquent avec les LIAISONS ORIENTEES, les possibilités d'évolution entre étapes.

A chaque transition est obligatoirement associée une condition logique pouvant être vraie ou fausse. Cette condition de transition est appelée RECEPTIVITE. L'évolution d'une étape à une autre ne peut s'effectuer que par le franchissement d'une transition. [5]

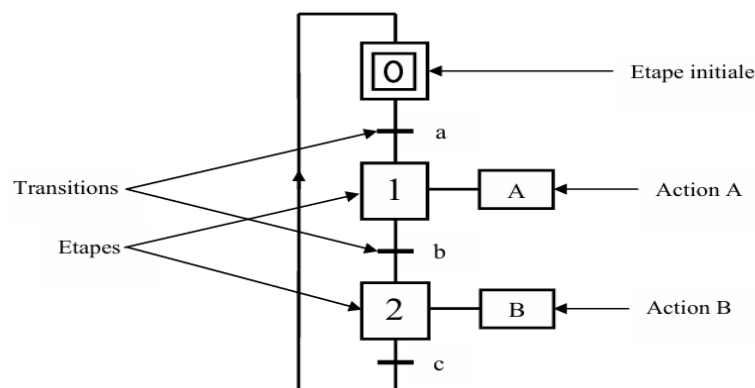


Figure III.1. Symbolisation d'un grafcet

III.3 Règle d'évolution d'un Grafcet [12] :

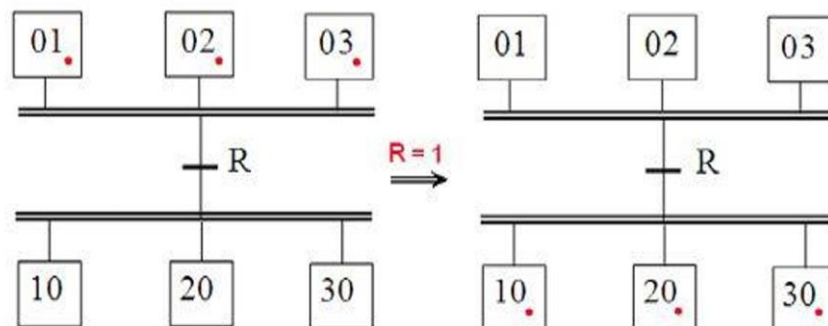
Le changement d'état de l'automatisation est appelé évolution, elle est régie par cinq Différentes règles :

Règle N°1 : Condition initiale.

A l'instant initial, seules les étapes initiales sont actives.

Règle N°2 : Franchissement d'une transition.

Pour qu'une transition soit validée, toutes ses étapes amont (liées immédiatement avant cette transition) doivent être actives. Un franchissement de transition ne se produit que lorsque la transition est validée et que la condition associée est vraie.



FigureIII.2. Franchissement d'une transition

Règle N°4 : Franchissement simultané.

Toutes les transitions qui peuvent être franchissables à un moment donné sont franchies simultanément.

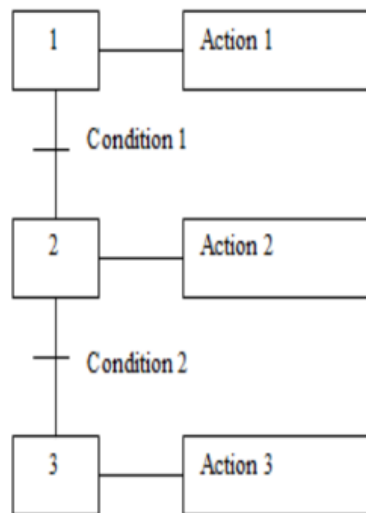
Règle N°5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape (Conflit d'activation) :

Si une étape doit être désactivée en franchissant une transition aval et activée en franchissant une transition amont en même temps, l'étape reste active. Les commandes transitoires (nuisibles à la partie opérative) sont ainsi évitées.

III.4 Structures de base d'un grafcet

❖ GRAFCET à séquence unique :

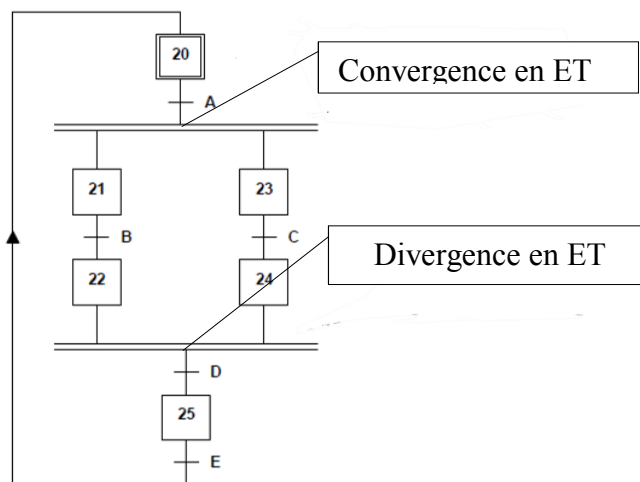
Une séquence est tout ensemble d'étapes successives où chaque étape suivie d'une Seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape [12]



FigureIII.3. GRAFCET à Séquence unique

❖ GRAFCET à séquences simultanées :

Lorsque le franchissement d'une transition conduit à activer plusieurs séquences en même temps ces séquences sont dites séquences simultanées. Après l'activation simultanée de ces séquences, les évolutions des étapes actives dans chacune des séquences deviennent alors indépendantes. [12]



FigureIII.4. GRAFCET à séquences simultanées

❖ Choix de séquence :

Il est toujours nécessaire pour obtenir un aiguillage entre plusieurs séquences que les réceptivités soient exclusives au niveau de la divergence en OÙ.

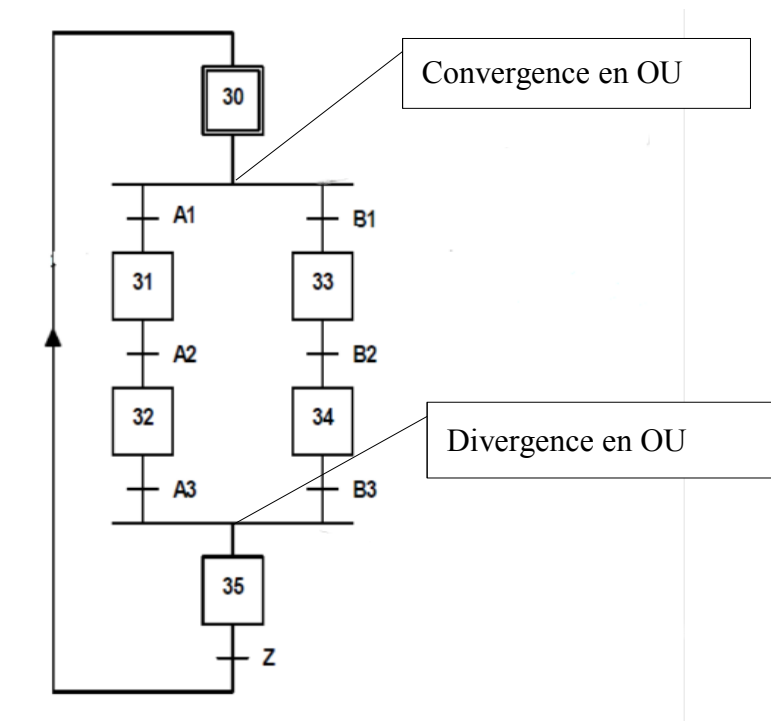


Figure III.5. GRAFCET Convergence en OU et Divergence en OU

III.5 Niveaux d'emploi du GRAFCET :

Afin de définir correctement le cahier des charges d'un équipement, le diagramme fonctionnel est utilisé à 2 niveaux [12] :

- ❖ Niveau 1 : ne prend en compte que l'aspect fonctionnel du cahier des charges. Il ne considère que les actions à réaliser et les informations nécessaires pour les obtenir, sans spécifier comment elles seront technologiquement obtenues.
- ❖ Niveau 2 : pourra être différent du grafcet de niveau 1 compte tenu de la nature et en particulier de la technologie des capteurs et actionneurs utilisés.

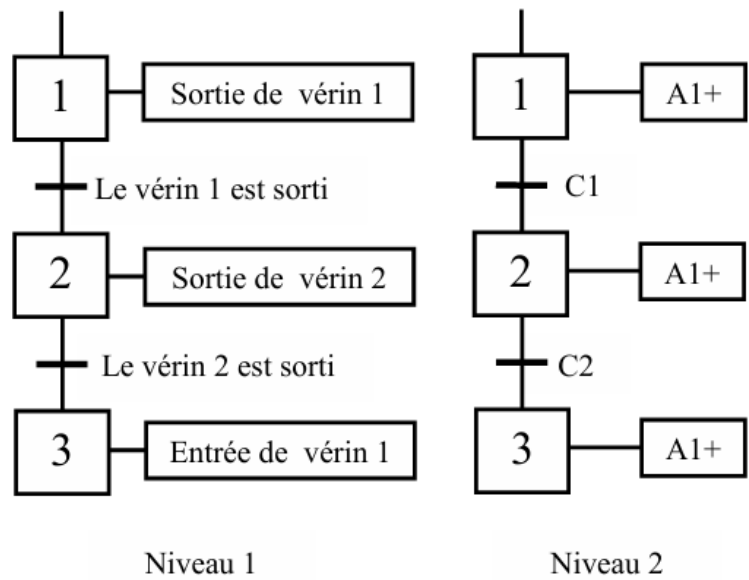


Figure III.6. Niveau de grafcet

III.6 Mise en équation :

Règle générale :

Pour l'activation d'une étape il faut que :

- ✓ L'étape précédente est active.
- ✓ La réceptivité immédiatement précédente est vraie.
- ✓ L'étape suivante n'est pas active.
- ✓ Après activation l'étape enregistre son état.

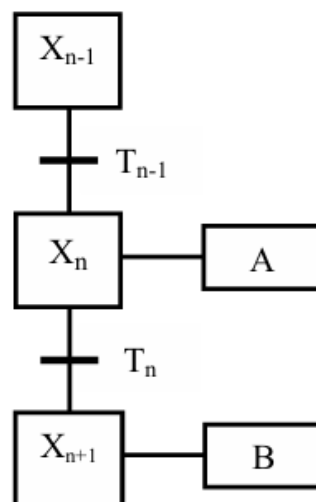


Figure III.7. GRAFCET

L'état d'une étape X_n peut être noté comme suit :

$X_n = 1$ si l'étape n est active.

$X_n = 0$ si l'étape n est inactive.

De plus, nous avons :

$T_n = 1$ Si la réceptivité est vraie

$T_n = 0$ Si la réceptivité n'est pas vraie

Soit la variable d'arrêt d'urgence dur (AUD) et d'arrêt d'urgence doux (AUd)

Tel que :

$AUD = 1$ Désactivation de toutes les étapes

$AUd = 1$ Désactivation des actions, les étapes restent actives.

Pour une étape initiale, on définit aussi la variable Init comme suit :

$Init = 1$ Initialisation du grafcet (mode d'arrêt).

$Init = 0$ Déroulement du cycle (mode marche).

La 2eme et la 3eme règle d'évolution du GRAFCET permettant de déduire les variables qui interviennent dans les équations d'activation et de désactivation de chaque étape. Ces mêmes règles permettant d'écrire : [12]

Pour une étape initiale n :

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n} + Init) * \overline{AUD}$$

$$CAX_n = (X_{n-1} * T_{n-1} + Init) * \overline{AUD}$$

$$CDX_n = X_{n-1} * \overline{Init} + AUD$$

Avec

CAX_n : est la condition d'activation de l'étape n

CDX_n : est la condition de désactivation de l'étape n.

Pour une étape non initiale n :

$$X_n = (CAX_n + X_n * \overline{CDX_n}) * \overline{Init} * \overline{AUD}$$

Avec : $CAX_n = X_{n-1} * T_{n-1} * \overline{Init} * \overline{AUD}$

$$CDX_n = X_{n-1} * Init + AUD$$

III.7 Les principaux grafcet :

GRAFCET de surveillance (sécurité) : C'est le GRAFCET hiérarchiquement le plus important. Il décrit l'ensemble des procédures de sécurité du système. Les procédures de mise en marche et l'arrêt d'urgence sont décrites dans ce GRAFCET.

GRAFCET de conduite : (ou GRAFCET des Modes de Marches) Décrit l'ensemble des procédures de Marches (auto, Cycle/Cycle, Manuel...) et des arrêts normaux.

Maintenance GRAFCET : Définir les procédures d'intervention de l'opérateur et de réglage des parties opératives.

GRAFCET de Production : Ce GRAFCET est le niveau de description du fonctionnement normal de l'automatisme. En général est décomposé en plusieurs tâches représentant les différentes fonctions de l'automatisme.

III.8 Modélisation du système :

À partir des généralités sur le GRAFCET présentées, et en tenant compte du cahier des charges spécifié du deuxième chapitre, nous allons procéder à la modélisation de notre système. Cette étape implique l'application des concepts du GRAFCET pour concevoir une solution programmable qui répond aux exigences fonctionnelles et opérationnelles définies.

III.8.1 GRAFCET moteur :

Le démarrage d'un moteur avec un retour de marche (feedback) présente plusieurs avantages. Il permet de vérifier en temps réel que le moteur fonctionne correctement après son démarrage, en surveillant sa rotation ou d'autres paramètres critiques. Cela améliore la sécurité du système en détectant rapidement toute anomalie, comme un blocage ou une sous-performance, ce qui permet une intervention rapide.

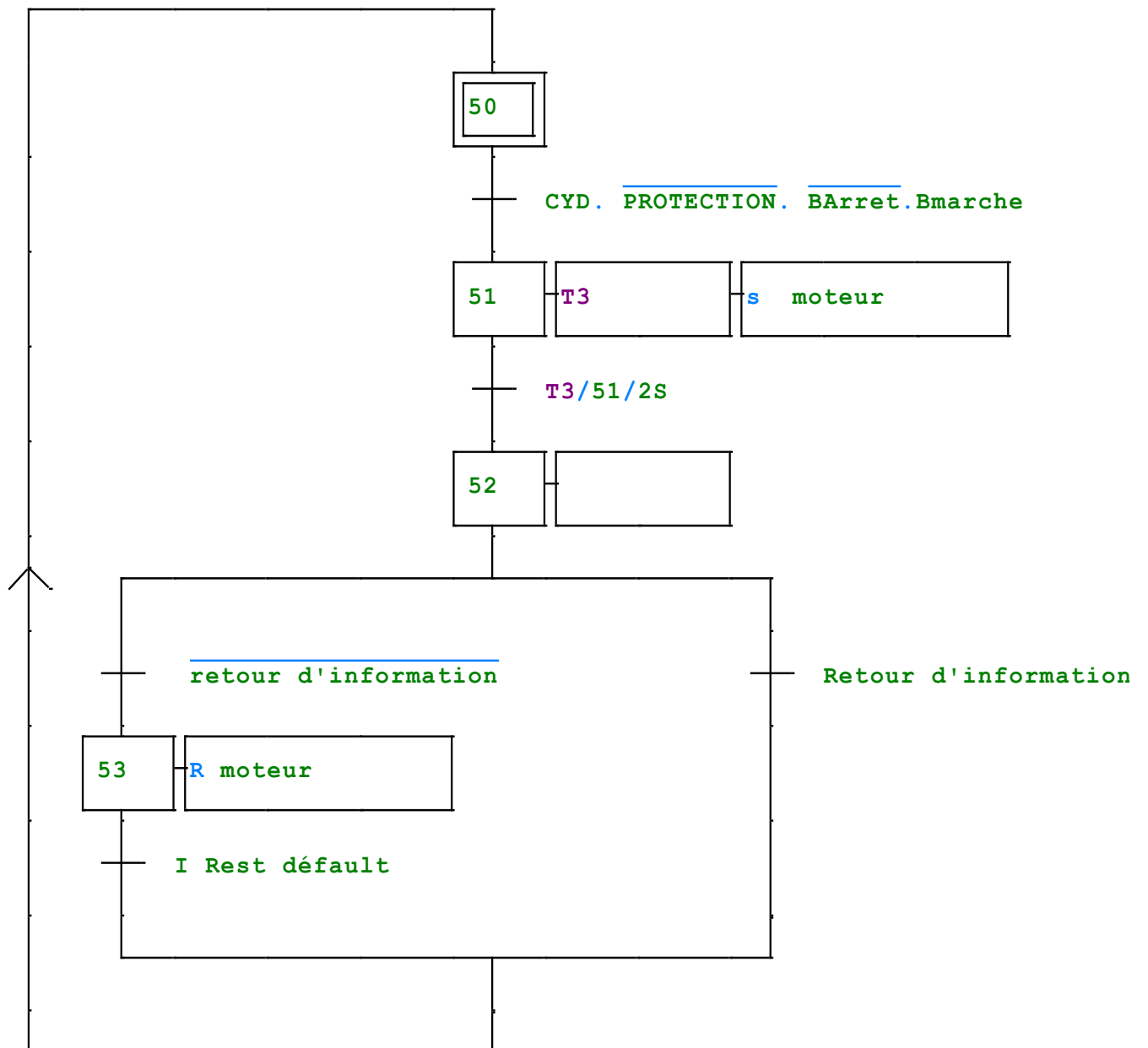


Figure III.8. Grafcet marche moteur (ancien cahier des charges)

Dans le second GRAFCET, nous allons intégrer l'alarme visuelle et sonore pour renforcer la surveillance du processus.

Cette amélioration permet de signaler immédiatement tout démarrage du moteur, afin d'avertir les opérateurs présents à proximité du site. Cela renforce les mesures de sécurité en alertant les personnes potentiellement exposées, réduisant ainsi les risques d'accidents pendant les phases critiques du processus.

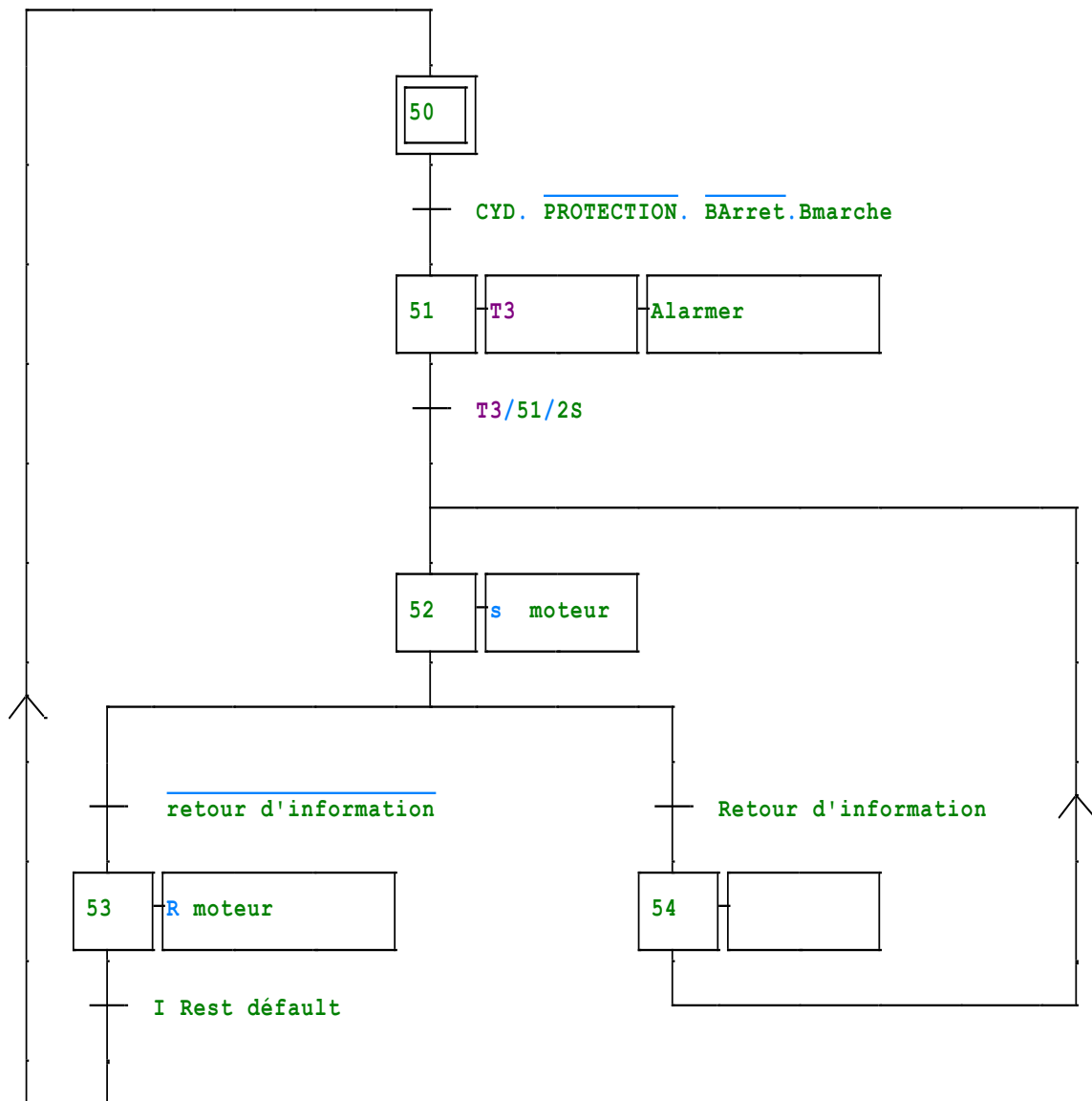


Figure III.8. Grafcet marche moteur selon le nouveau cahier des charges

III.8.2 GRAFCET signalisation Trémie

La trémie est équipée d'un système de signalisation visuelle pour indiquer son état de remplissage. Un feu vert s'allumera lorsque la trémie sera vide ou suffisamment vidée, autorisant ainsi le remplissage. En revanche, un feu rouge s'activera lorsque la trémie sera pleine, interdisant tout ajout de matériau pour éviter le risque de débordement.

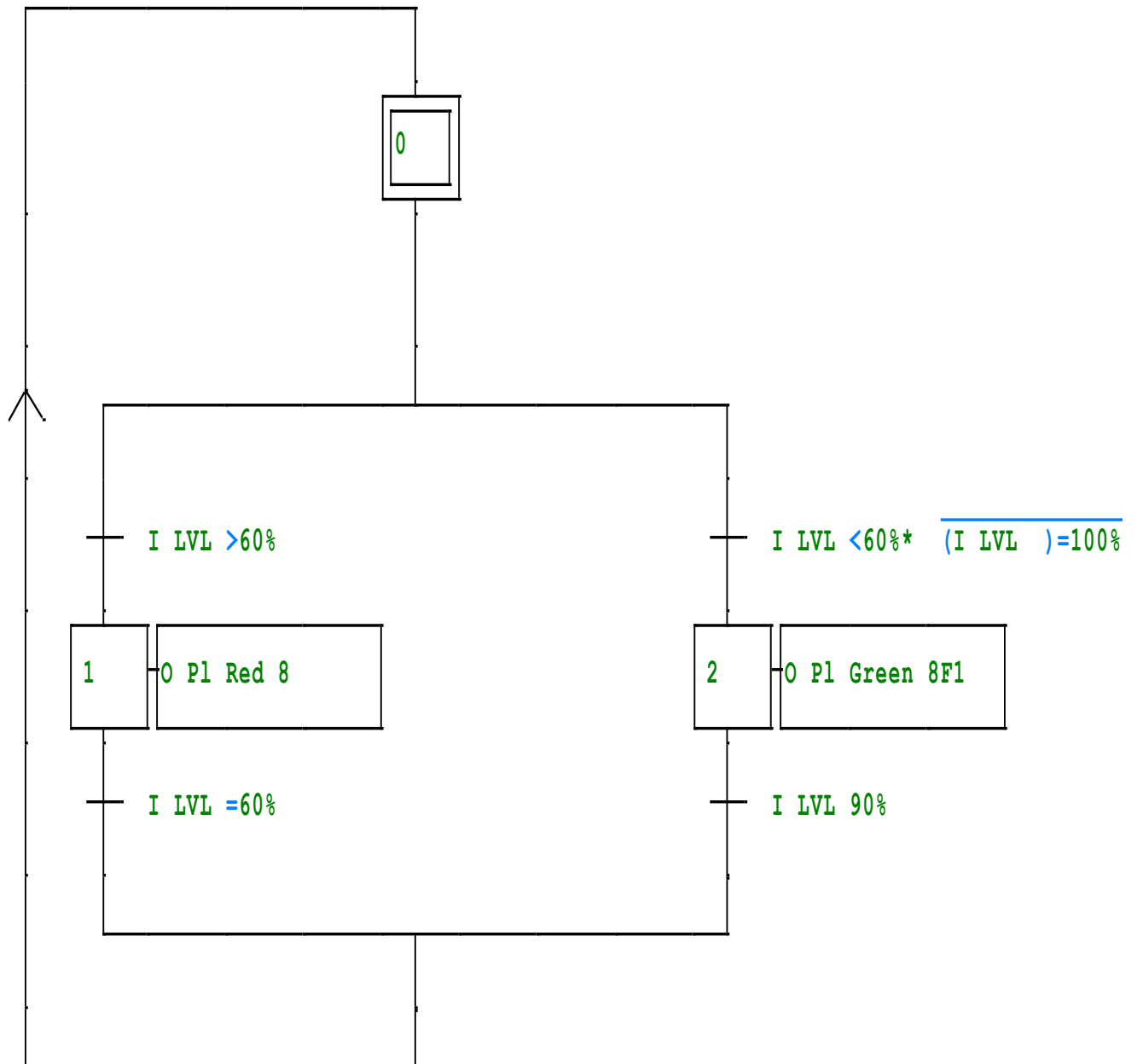


Figure III.9. GRAFCET niveau 2 signalisation trémie

III.8.3 Grafcet de production du concassage primaire (GPN (1) niveau 2

Dans ce GRAFCET, nous commencerons par le convoyeur de stock pile, en travaillant de la fin vers le début pour éviter les bourrages. Parallèlement en intégrant des alertes sonores et visuelles et en automatisant le démarrage en fonction du niveau de stockage.

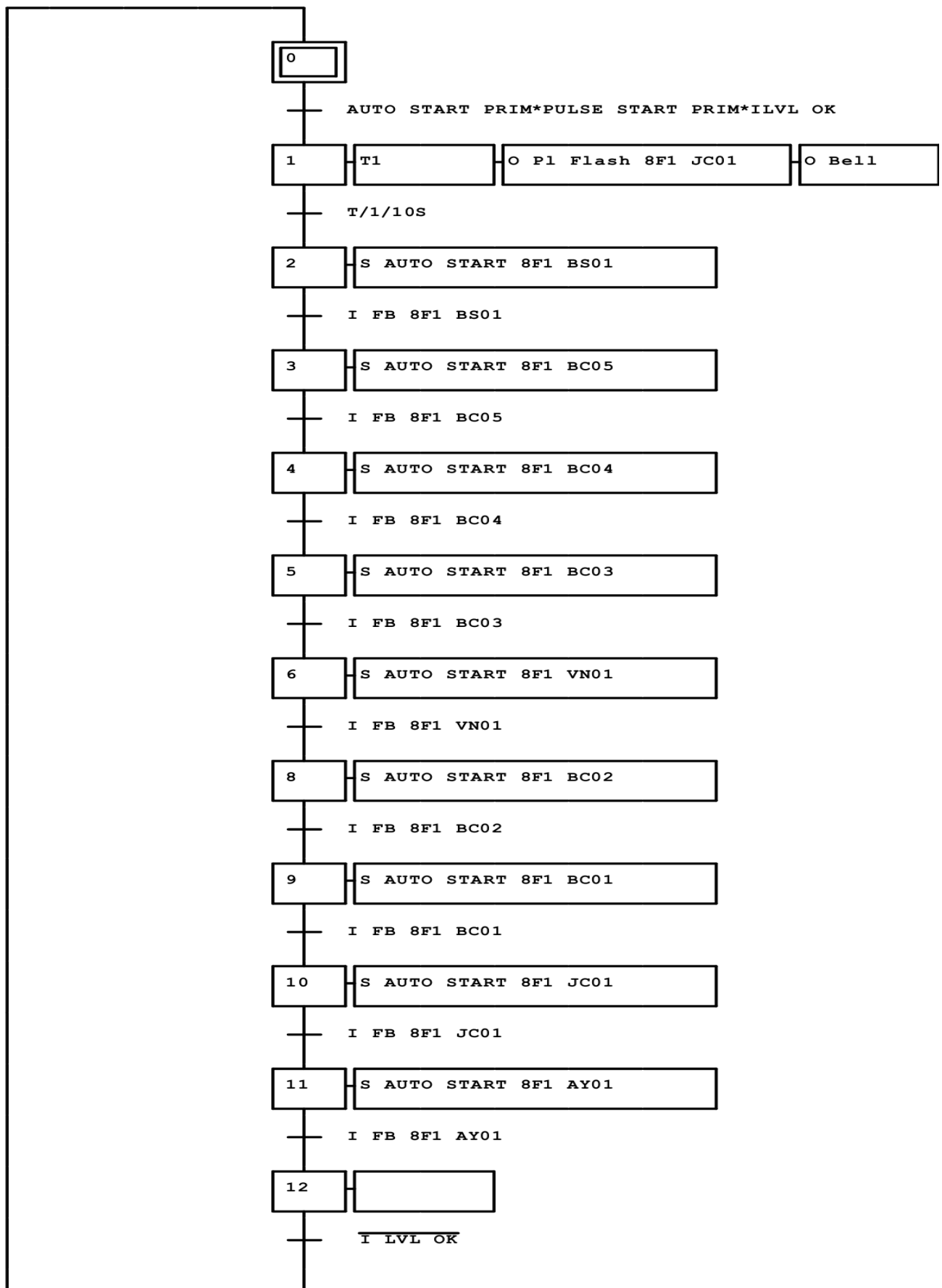


Figure III.10. Grafcet de production

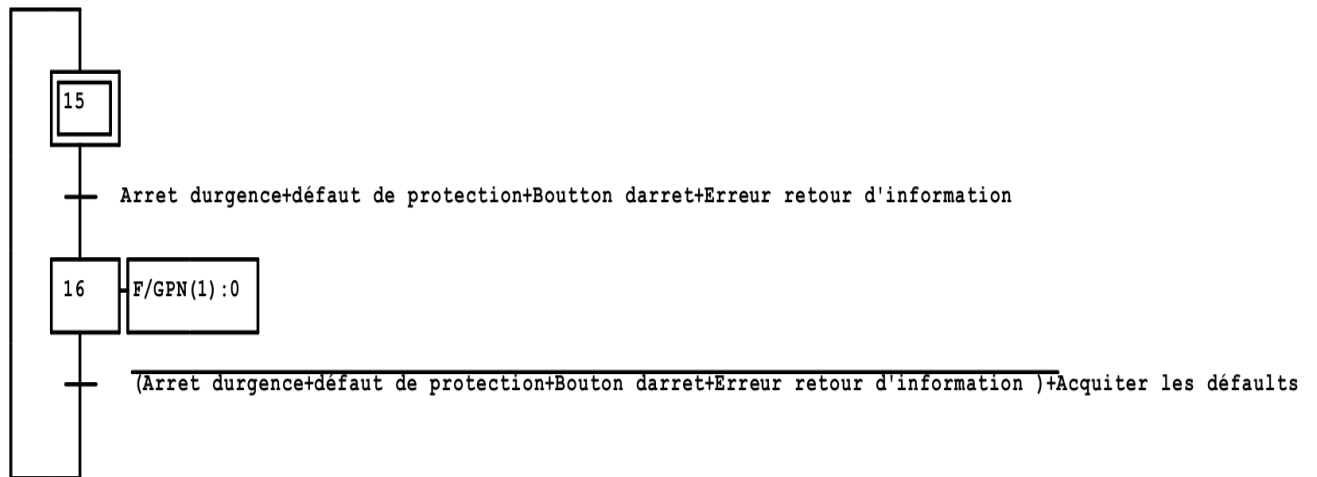


Figure III.11. Grafcet de sécurité primaire

III.8.4 GRAFCET de production du concassage secondaire :

Dans ce GRAFCET, nous modéliserons les spécifications du cahier des charges pour le concassage secondaire comme suit :

Le système commence par vérifier le niveau de stockage pile. Une fois ce niveau validé comme suffisant, un système d'alarme visuelle et sonore est activé pour signaler le début du processus. Ensuite, le système vérifie le niveau de stockage dans le silo. Si le silo est constaté comme vide, le processus de remplissage du silo est lancé. En revanche, si le silo est plein, le by-pass se ferme, le convoyeur du stockage silo est arrêté, et le convoyeur du stockage pile est activé.

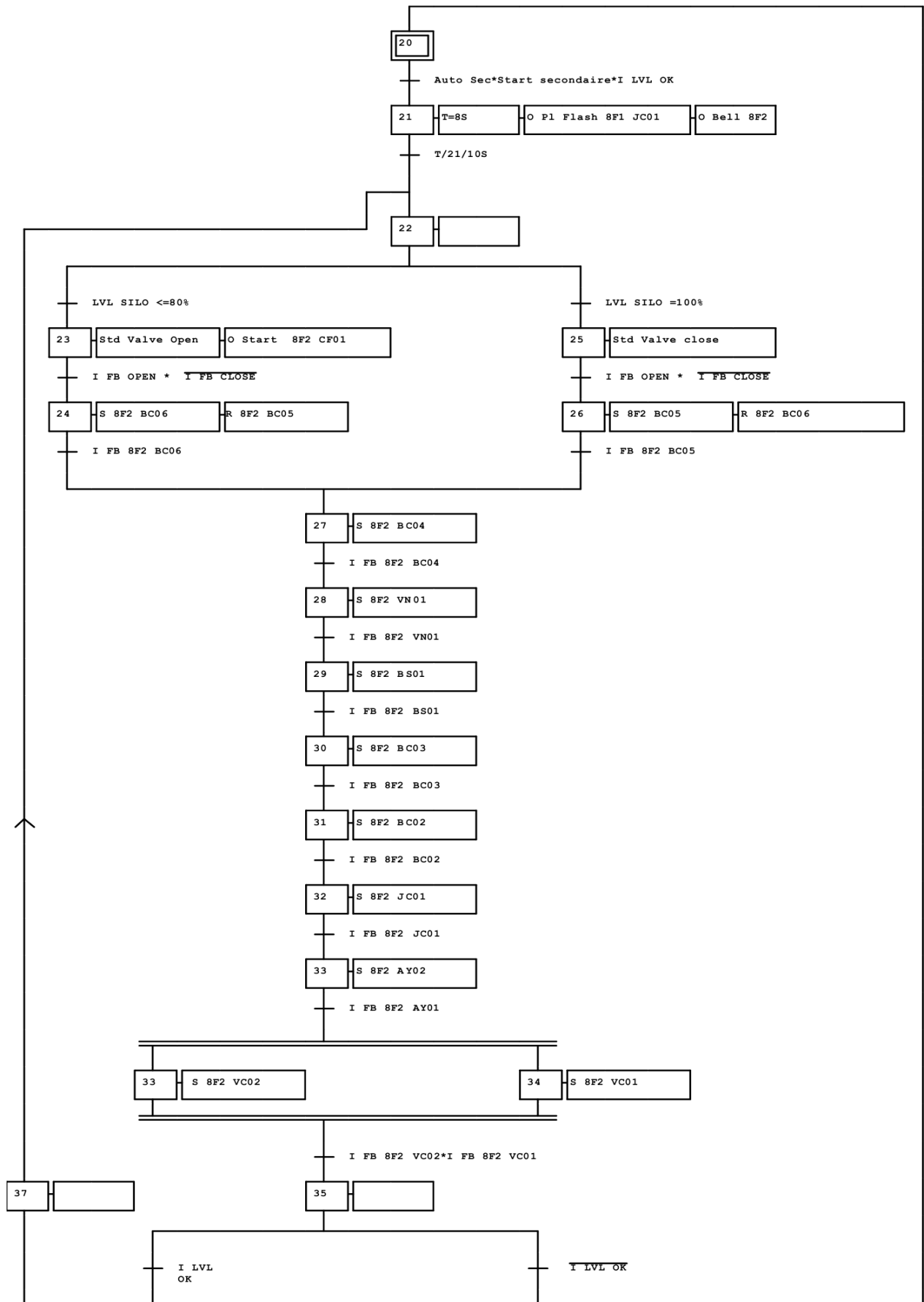


Figure III.12. GRAFCET de production du concassage secondaire GPN (2)

III.8.5 Grafcet de sécurité du concassage secondaire

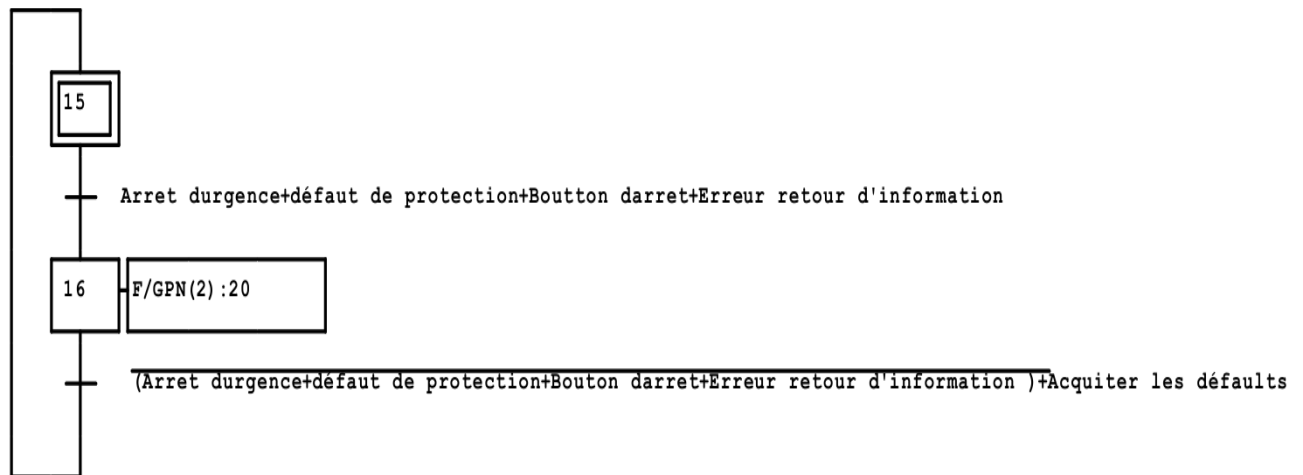


Figure III.13. Grafcet de sécurité du secondaire

I_FB : désigne le retour d'information. Pour un convoyeur, cela correspond au contrôle du bon fonctionnement de la rotation. Dans le cas des drivers, qu'il s'agisse d'un variateur de vitesse ou d'un démarreur progressif, il s'agit d'un retour d'état indiquant le statut du dispositif (marche, arrêt, défaut).

F/GPN (1) :0 signifie que toutes les étapes actives du GPN (1) sont désactivées et que l'étape 0 est activée.

F/GPN (2) :20 signifie que toutes les étapes actives du GPN (1) sont désactivées et que l'étape 20 est activée.

Conclusion

Ce chapitre a permis de modéliser le processus de concassage secondaire conformément au cahier des charges et aux exigences spécifiques de l'entreprise ENOF. Nous avons élaboré un GRAFCET pour répondre à ces exigences. Avec ces modèles en place, nous passons à la prochaine étape.

Dans le chapitre suivant, nous nous concentrerons sur la mise en œuvre de ces modèles en passant à la solution programmable en utilisant TIA Portal.

Chapitre IV

Développement d'une solution programmable

Introduction

Dans le domaine de l'automatisation industrielle, les Automates Programmables Industriels (API) jouent un rôle crucial en permettant la gestion, le contrôle et l'optimisation des processus de production. Les API, également connus sous le terme d'automates programmables, sont des dispositifs électroniques capables de contrôler une grande variété de machines et de processus industriels grâce à des programmes informatiques spécifiques. Ces dispositifs sont essentiels pour assurer la précision, la fiabilité et l'efficacité des opérations industrielles.

IV.1 Définition d'un API [13]

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique.

Norme NFC 63-850 : « Appareil électronique qui comporte une mémoire programmable par un utilisateur automaticien (et non informaticien) à l'aide d'un langage adapté, pour le stockage interne des instructions composant les fonctions d'automatisme comme :

- ✓ Logique séquentiel et combinatoire ;
- ✓ Temporisation, comptage, décomptage, comparaison ;
- ✓ Calcul arithmétique ;
- ✓ Réglage, asservissement, régulation, etc.

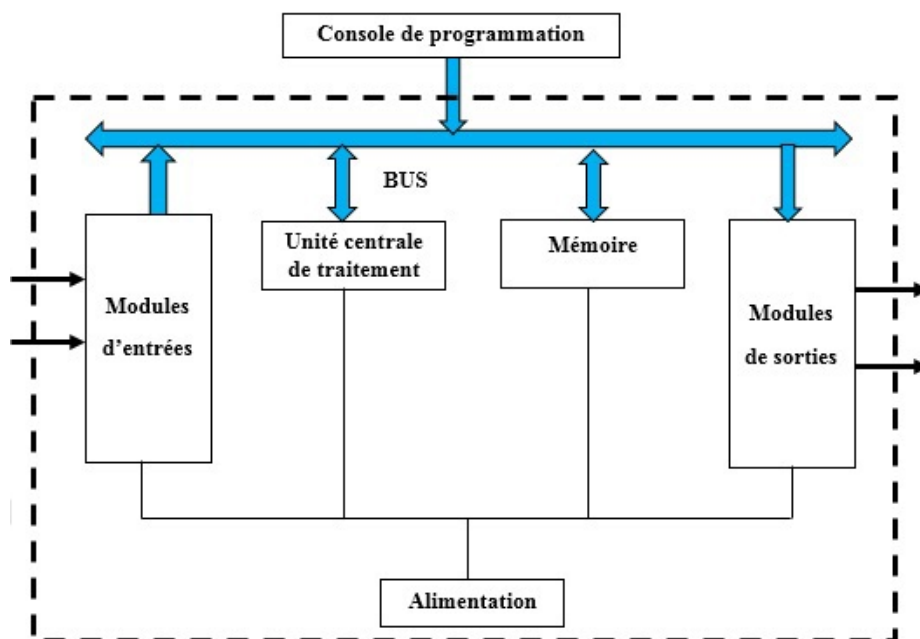


Figure IV.1: Structure interne d'un API

IV.2 Critère de choix de l'automate programmable industriel

A part le critère de prix qui fait partie des critères les plus considérés lors du choix d'un automate, le choix définitif dépendra du cahier des charges et des spécifications techniques du projet. Mais généralement, On doit tenir compte des critères techniques suivants :

- Compact ou modulaire
- Tension d'alimentation
- Taille mémoire
- Temps de réponse (performance de processeur)
- Sauvegarde (EPROM, EEPROM, pile...)
- Nombre d'entrées / sorties
- Modules complémentaires (analogique, communication,)
- Langage de programmation

Dans notre cas l'automate en place est l'automate programmable S7-1500, utilisé au sein de l'usine ENOF.

Le SIMATIC S7-1500 est un exemple de ces automates avancés, développé par Siemens. Il se distingue par sa puissance de traitement élevée, ses capacités de communication sophistiquées et ses fonctionnalités intégrées telles que le contrôle de mouvement et la protection avancée du système. La famille S7-1500 est conçue pour répondre aux exigences croissantes des environnements industriels modernes, où la performance et la flexibilité sont des impératifs.

Pour programmer et configurer ces automates, Siemens propose TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), une plateforme d'ingénierie intégrée qui regroupe divers outils nécessaires à la gestion des systèmes d'automatisation. TIA Portal est conçu pour offrir une solution complète et cohérente pour le développement, la configuration et la maintenance des systèmes automatisés.

IV.3 : Présentation de l'automate programmable S7-1500 :

L'automate SIMATIC S7-1500 est un système de commande modulaire utilisé pour les moyennes et grandes performances. Il existe un éventail complet de modules pour une adaptation optimisée à la tâche d'automatisation.

L'automate S7-1500 est composé d'une alimentation électrique, d'une CPU avec écran intégré et de modules d'entrées/sorties pour les signaux numériques et analogiques. Les modules sont montés sur un profilé-support avec un rail symétrique intégré



FigureIV.2. Automate programmable S7-1500 (CPU 1516-3 PN/DP)

IV.3.1 Caractéristiques techniques principales

- ❖ **Type de CPU** : CPU 1516-3 PN/DP Standard pour les applications haut de gamme, avec des capacités de communication élevées.
- ❖ **Temps de traitement par opération sur bit** : 10 nanosecondes, garantissant une réactivité rapide du système.
- ❖ **Mémoire de travail** : 6 Mo (1 Mo pour le programme, 5 Mo pour les données).
- ❖ **Interfaces** :
 - ✓ **2 ports PROFINET IO** pour la communication en temps réel et en mode isochrone (IRT).
 - ✓ **1 port PROFIBUS DP**, utilisé comme maître DP pour la communication avec les périphériques décentralisés.
- ❖ **Fonctions de diagnostic intégré** : Diagnostic automatique des erreurs, affichage sur l'écran de la CPU, sur le TIA Portal et via un serveur Web intégré.
- ❖ **Communication PROFINET/PROFIBUS** : La CPU est équipée d'interfaces pour la communication avec des périphériques PROFINET IO et des équipements via PROFIBUS DP, permettant une gestion centralisée et décentralisée des périphériques.
- ❖ **Serveur Web intégré** : Pour une consultation à distance de l'état du système et des diagnostics.

IV.4 Appareils et Liaison

Les appareils et liaisons dans TIA Portal Siemens permettent de configurer et de gérer la communication entre les différents équipements d'une installation automatisée, tels que les automates, les IHM et les périphériques de terrain pour assurer un échange de données fiable.

IV.4.1 Systèmes de périphérie décentralisée :

Un système de périphérie décentralisée modulable permettant de coupler les signaux du processus à un automate de niveau supérieur via un bus de terrain qui permet de remplacer l'architecture classique et nous permet :

- De faire 80% d'économies de câblage en général par rapport aux technologies conventionnelles (précâblage intégré y compris pour les moteurs)
- De réaliser 50% de gain de place dans les coffrets et armoires électriques
- De faire plus de 50% d'économies de temps de câblage des capteurs/actionneurs grâce aux embases
- De garantir des temps d'arrêts fortement réduits grâce à des moyens puissants de diagnostics de pannes et de maintenance à distance

[Sense, A. (s. d.). Périphérie décentralisée Simatic ET200S Siemens. Automation Sense.

IV.4.1.1 Le système de périphérie décentralisé SIMATIC ET 200SP

L'ET 200S est une station de périphérie décentralisée disposant d'un indice de protection IP20 et étant d'une modularité extrême. L'automaticien pourra ainsi concevoir sa station en fonction de ses besoins réels et peut y intégrer tous types de technologies et équipements (E/S TOR et analogiques, départs moteurs variateurs de vitesse, modules de comptage rapide, module de positionnements etc...). La sécurité machine ou process peut faire partie intégrante du système soit de façon conventionnelle.

❖ Caractéristiques techniques du ET 200S

- ✓ Possibilité d'enficher jusqu'à 64 modules d'E/S sur le rack
- ✓ Vitesse de transmission sur réseau Profibus DP : 12 Mbit/s
- ✓ Supporte-le Fast Ethernet (100 Mbit/s)



Figure IV.3. Périphérie décentralisé SIMATIC ET200SP

IV.4.2 Liaison PROFINET IO

PROFINET IO est un concept de communication permettant de réaliser des applications décentralisées modulaires. PROFINET IO utilise une technique de commutation permettant à chaque partenaire d'accéder au réseau à tout moment. Grâce à la transmission simultanée de données de plusieurs partenaires, l'exploitation du réseau est bien plus effective. L'émission et la réception simultanées sont rendues possibles par l'exploitation de l'Ethernet commuté en duplex intégral avec une bande passante de 100Mbit/s. PROFINET permet l'intégration directe d'appareils de terrain décentralisés (périphériques IO, exp modules de signaux) à Industriel Ethernet.

Ces appareils de terrain sont affectés à un automate central (contrôleur IO). Des coupleurs ou links compatibles permettent de conserver les modules ou appareils existants, ce qui préserve l'investissement de l'utilisateur PROFIBUS ou AS-Interface. On peut aussi réaliser des stations avec une configuration mixte de module standard et de sécurité. Un superviseur est utilisé en tant qu'interface IHM et à des fins de diagnostic – comme dans le cas de PROFIBUS. La transmission des données utiles s'effectue par la communication en temps réel, tandis que la configuration et le diagnostic s'opèrent via le protocole TCP/IP ou les standards IT.

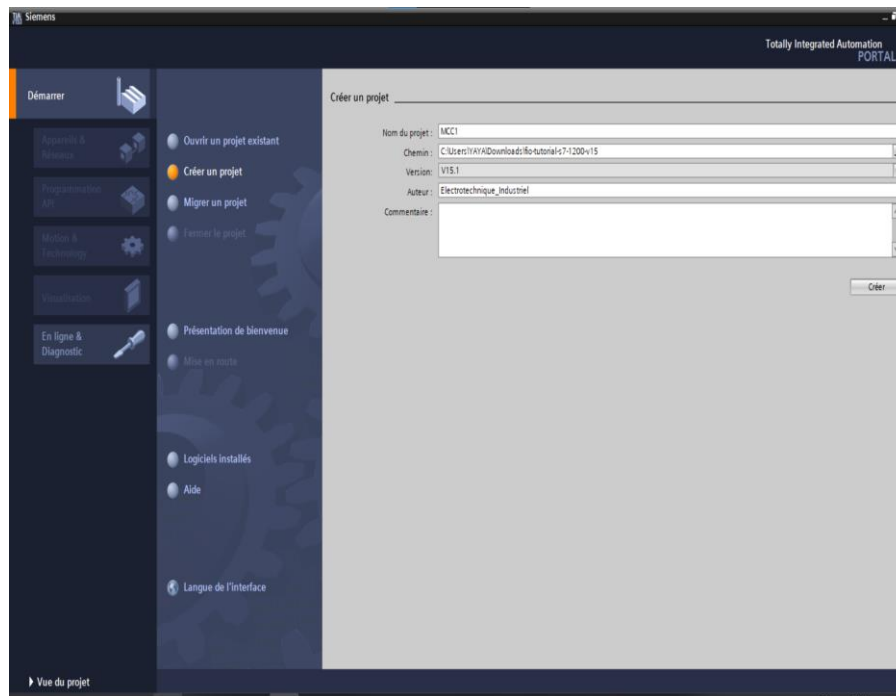


Figure. IV.5. Vue de portail

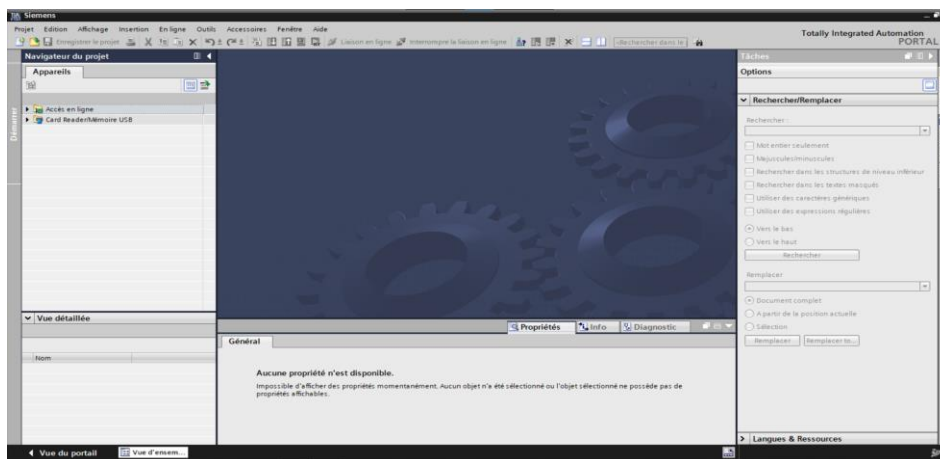


Figure.IV.6. Vue de projet

Pour créer un projet dans la vue du portail, il faut sélectionner l'action « Créer un projet ». On peut donner un nom au projet, choisir un chemin où il sera enregistré, indiquer un commentaire ou encore définir l'auteur du projet. Une fois que ces informations sont entrées, il suffit de cliquer sur le bouton « créer »

IV.5.2 Configuration matérielle

Une fois notre projet créé, on peut configurer la station de travail. La première étape consiste à définir le matériel.

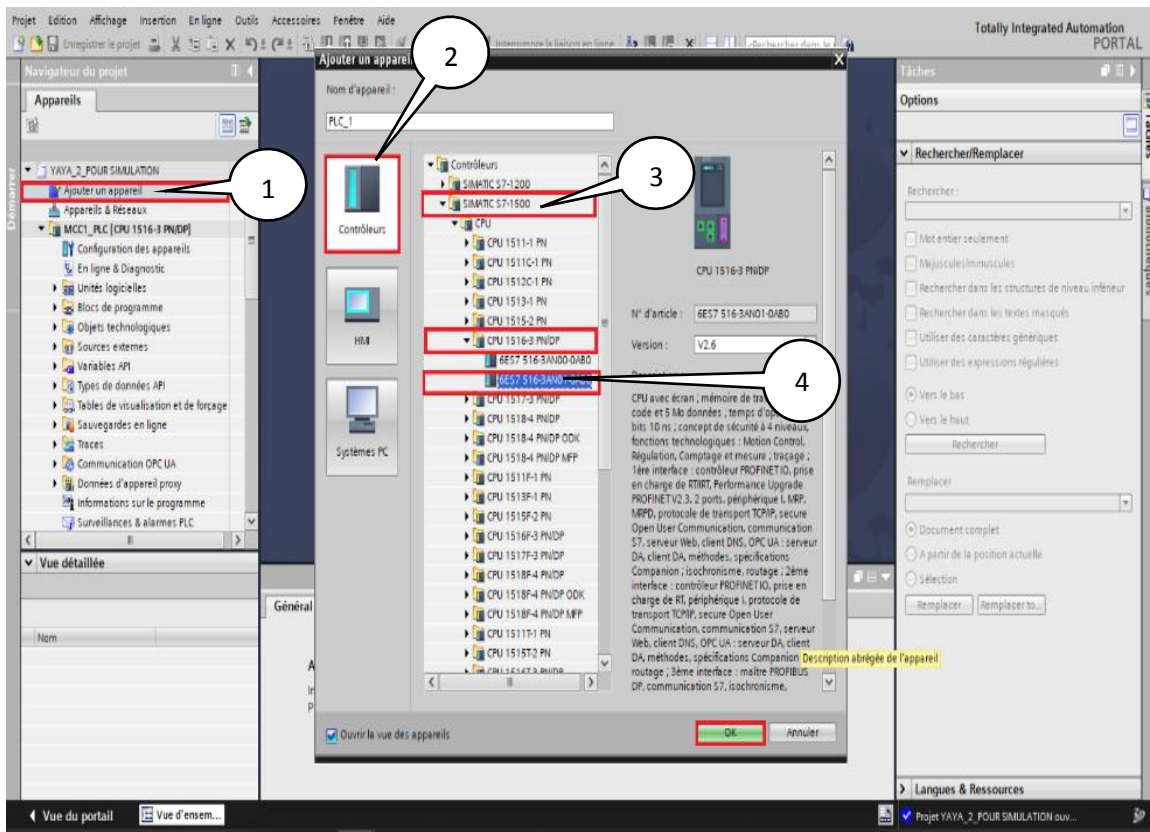


Figure.IV.7. Intégration de l'Automate dans la Configuration Matérielle

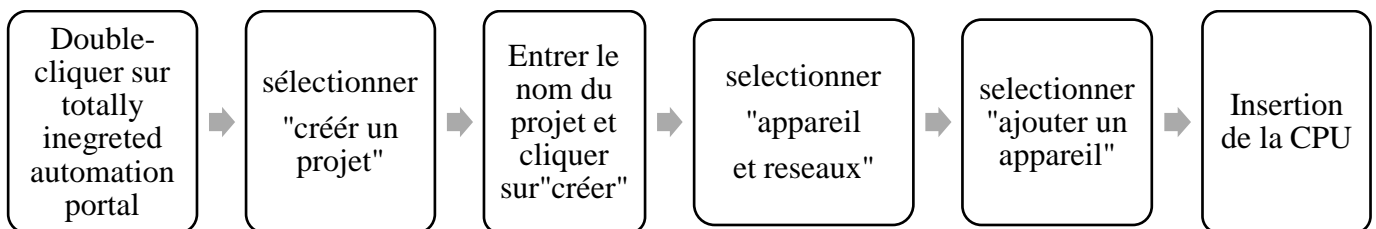


Figure.8 Etapes pour configurer le matériel.

❖ Ajouter les périphériques décentralisés

Catalogue du matériel" permet d'accéder facilement aux différents composants matériels.

La sélection de composants de la palette "Catalogue" contient les composants matériels installés dans une arborescence. On peut déplacer les appareils ou les modules voulus du catalogue vers la zone de travail graphique de la vue des appareils ou de réseau.

Les composants matériels appartenant à différents groupes de composants sur le plan thématique sont en partie exécutés comme objet relié. Si on clique sur un composant matériel relié de ce type, la structure de catalogue dans laquelle figure le composant matériel correspondant s'ouvre.

Dans la palette "Information", on peut consulter les informations détaillées relatives à l'objet sélectionné dans le catalogue :

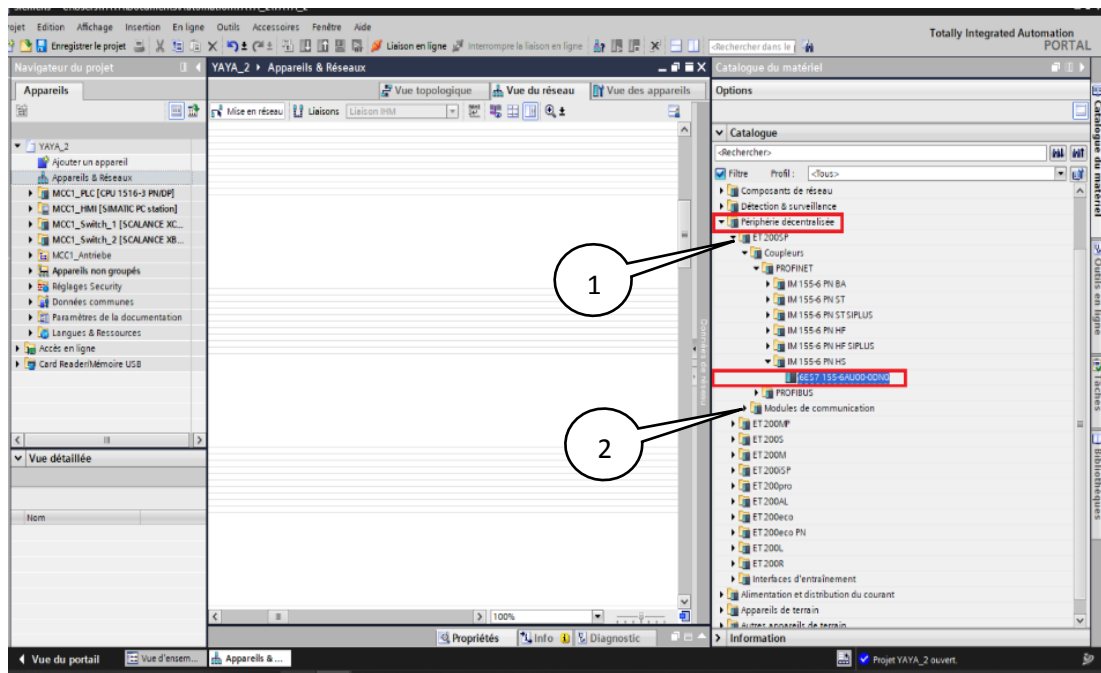


Figure.IV.9. Intégration d'un Périphérique Décentralisé dans la Configuration Matérielle

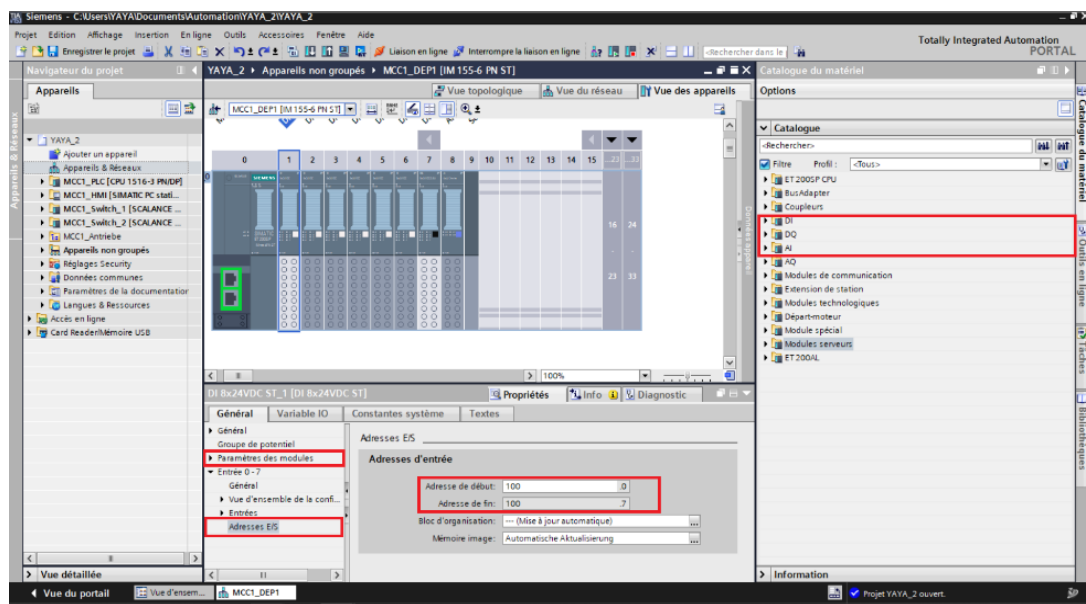


Figure.IV.10. Configuration des adresses entrées sorties des modules
Configurer l'adresse de début et l'adresse de la fin de chaque module pour chaque périphérique décentralisé.

❖ Ajout d'autres appareils de terrain à la configuration matérielle

Pour intégrer d'autres appareils de terrain à notre configuration matérielle, il faut télécharger les fichiers GSD depuis les sites officiels des fabricants. Par exemple, pour ajouter

les drivers (variateurs Schneider), il suffit de télécharger le fichier GSD correspondant sur le site officiel de Schneider. Ce fichier permet une intégration correcte des variateurs dans l'environnement TIA Portal.

❖ La Marche à suivre Pour installer un fichier GSD,

"Gérer les fichiers de description des appareils (GSD)" dans le menu "Outils".

Dans l'onglet "Fichiers GSD installés", on sélectionne le répertoire contenant les fichiers GSD. Cliquez sur le bouton "Installer". Les fichiers GSD sélectionnés sont installés.

On clique sur le bouton "Enregistrer le fichier journal" afin de créer un fichier journal pour l'installation.

Cliquez sur "Fermer". On sera informé que les périphériques IO des fichiers GSD sont inscrits dans le catalogue matériel. Sous "Autres appareils de terrain > PROFINET IO".

Les fichiers GSD sont toujours enregistrés avec le projet, c'est à dire que toutes les informations pertinentes pour la représentation de l'appareil (y compris les symboles) sont disponibles dans le projet.

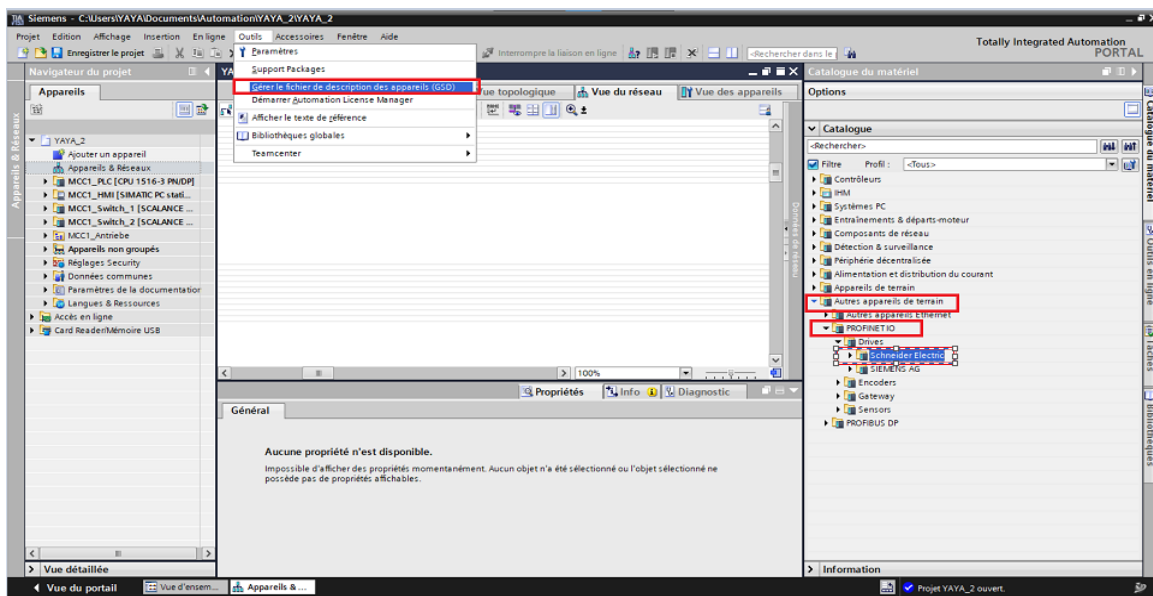
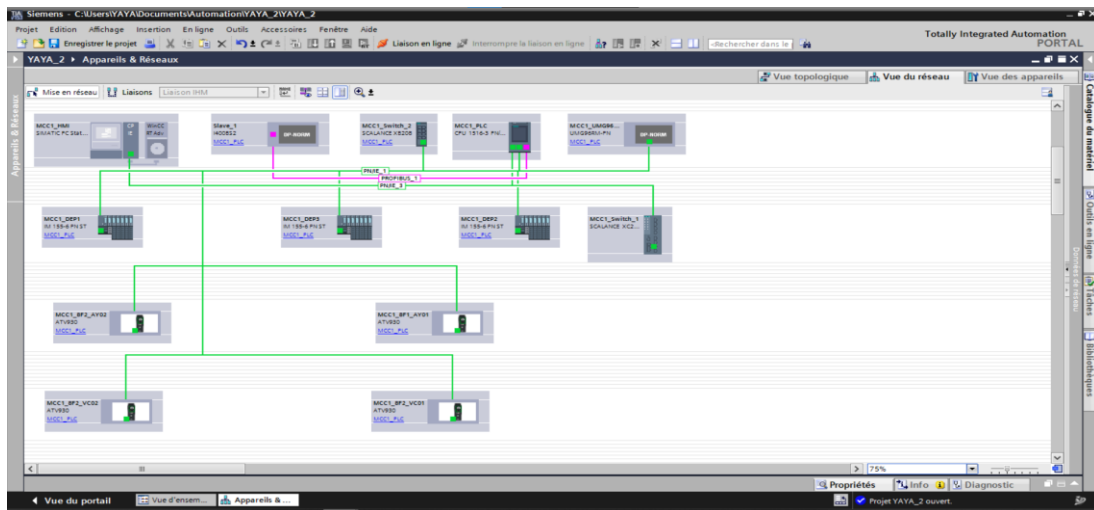


Figure.IV.11. La Marche à suivre Pour installer un fichier GSD.

Enfin la configuration matérielle est achevée on passe à la configuration du réseau : Attribution du nom d'appareil et de l'adresse pour un périphérique IO et définition d'un réseau Maître IO sur propriété de chaque appareil.



FigureIV.12. Configuration matérielle

IV.5.3 Tableau des variables API

Nous procédons à l'identification de toutes les variables présentes dans le schéma électrique duMCC1.

6	7
Input DI DEP2_ST4 %I203.5	Input DI DEP2_ST4 %I203.6
I_Loc_8F2_JC01_DRV01_S1901	I_ManOn_8F2_JC01_DRV01_S1901
Mode Local Activé	Marche Manuelle Locale

FigureIV.13. Exemple de quelques entrées du schéma.

Sous l'onglet variables API on déclare ces différentes variables d'entrées-sorties,

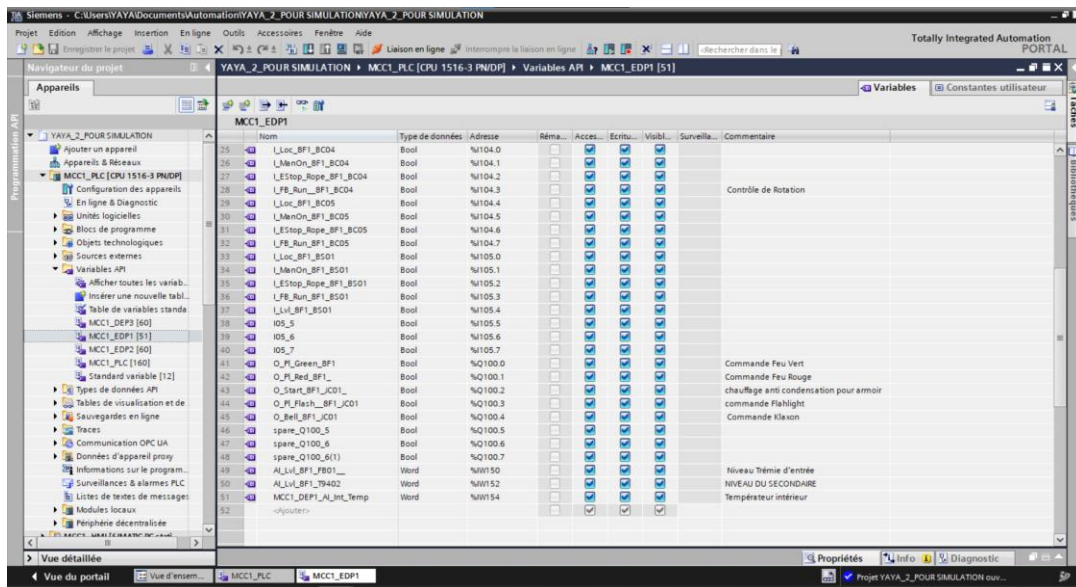


Figure.IV.14. Tables des variables

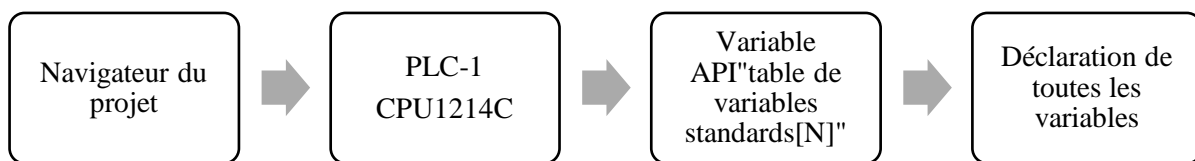


Figure IV.15. Etapes de la réalisation de la table des mnémoniques.

IV.5.4 Programme d'exécution

Après avoir déclaré les mnémoniques, nous avons entamé le programme d'exécution. Le développement de ce programme se fait en utilisant tous les blocs fonctionnels et les blocs de données nécessaires au déroulement du processus.

Dans la navigation du projet, il existe un dossier "Blocs de programme" dans lequel on peut créer et gérer les blocs suivants :

- ✓ **Blocs d'organisation (OB)** : Est appelé par le système d'exploitation en liaison avec les événements du comportement au démarrage, exécution cyclique du programme.
- ✓ **Blocs fonctionnels (FB)** : Sont des blocs de code qui mémorisent durablement leurs paramètres d'entrée
- ✓ **Fonctions (FC)** : Sont des blocs de code sans mémoire.
- ✓ **Blocs de données (DB)** : Sont des zones de données du programme utilisateur qui contiennent des données.

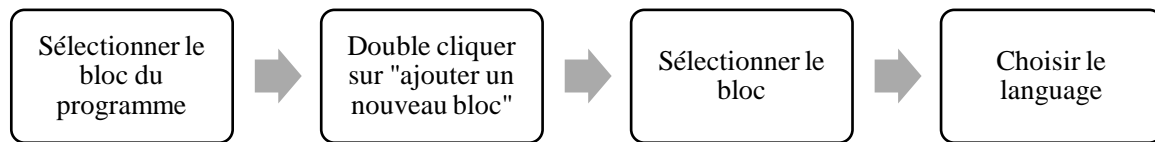


Figure IV.16. Etapes de réalisation du programme.

Nom en français	Nom en anglais	Son rôle
Le langage à contact	Ladder Diagram (LD)	Il se base sur une approche visuelle évoquant des schémas électriques
Les listes d'instructions	Instruction List (IL)	Ce langage est très proche du langage informatique dit assembleur.
Les diagrammes de schémas fonctionnels	Function Block Diagram (FBD)	C'est un langage graphique qui permet la construction d'équations complexes.
Le texte structuré	Structured Text(ST)	Il s'agit d'un langage textuel de haut niveau qui est utilisé pour décrire des procédures complexes.
Les graphes de fonction séquentielle	Sequential Function Charts (SFC)	Ce langage est issu du langage GRAFCET.

Tableau IV.1 Les différents langages de programmation d'API.

IV.5.5 Présentation de l'interface du bloc FB du moteur

En premier lieu, nous avons déclaré les variables internes du bloc (FB), dans la fenêtre d'interface. Cette étape permet de définir les données nécessaires à la logique de traitement

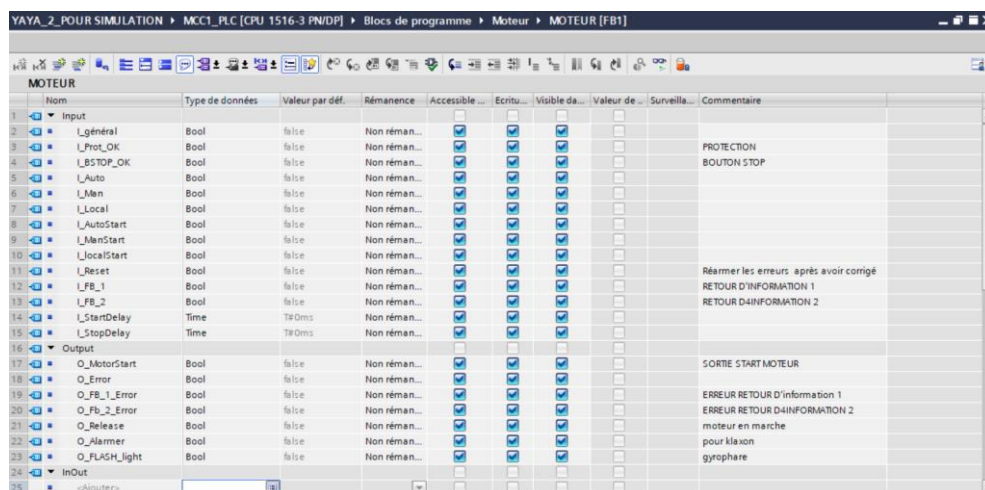


Figure IV.17. Interface de la fonction bloc FB Moteur

La figure suivante présente notre programme en langage Ladder (LAD), illustrant le démarrage d'un moteur avec un retour d'information (feedback). Cette représentation s'appuie sur le GRAFCET moteur détaillé dans le troisième chapitre.

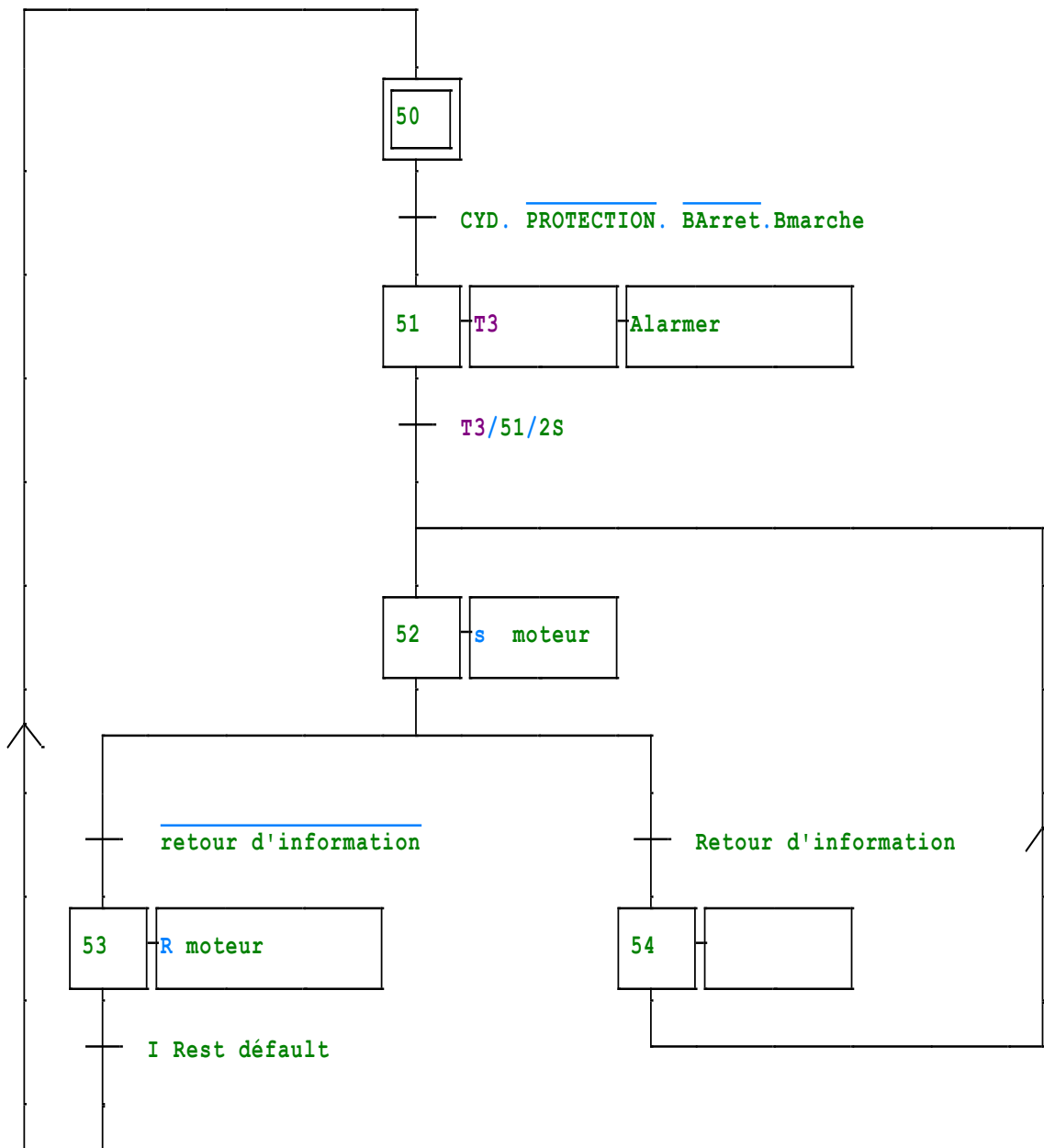


Figure.IV.18. Grafcet démarrage moteur

À partir de ce graphe, nous allons concevoir un réseau en langage Ladder (LAD) selon le GRAFCET. La figure suivante présente notre programme en langage Ladder (LAD). Le Ladder permet de traduire les étapes et les transitions du GRAFCET en logique de commande, assurant ainsi la coordination du processus de démarrage et d'arrêt du moteur, tout en prenant en compte les conditions de sécurité et les retours d'état du système.

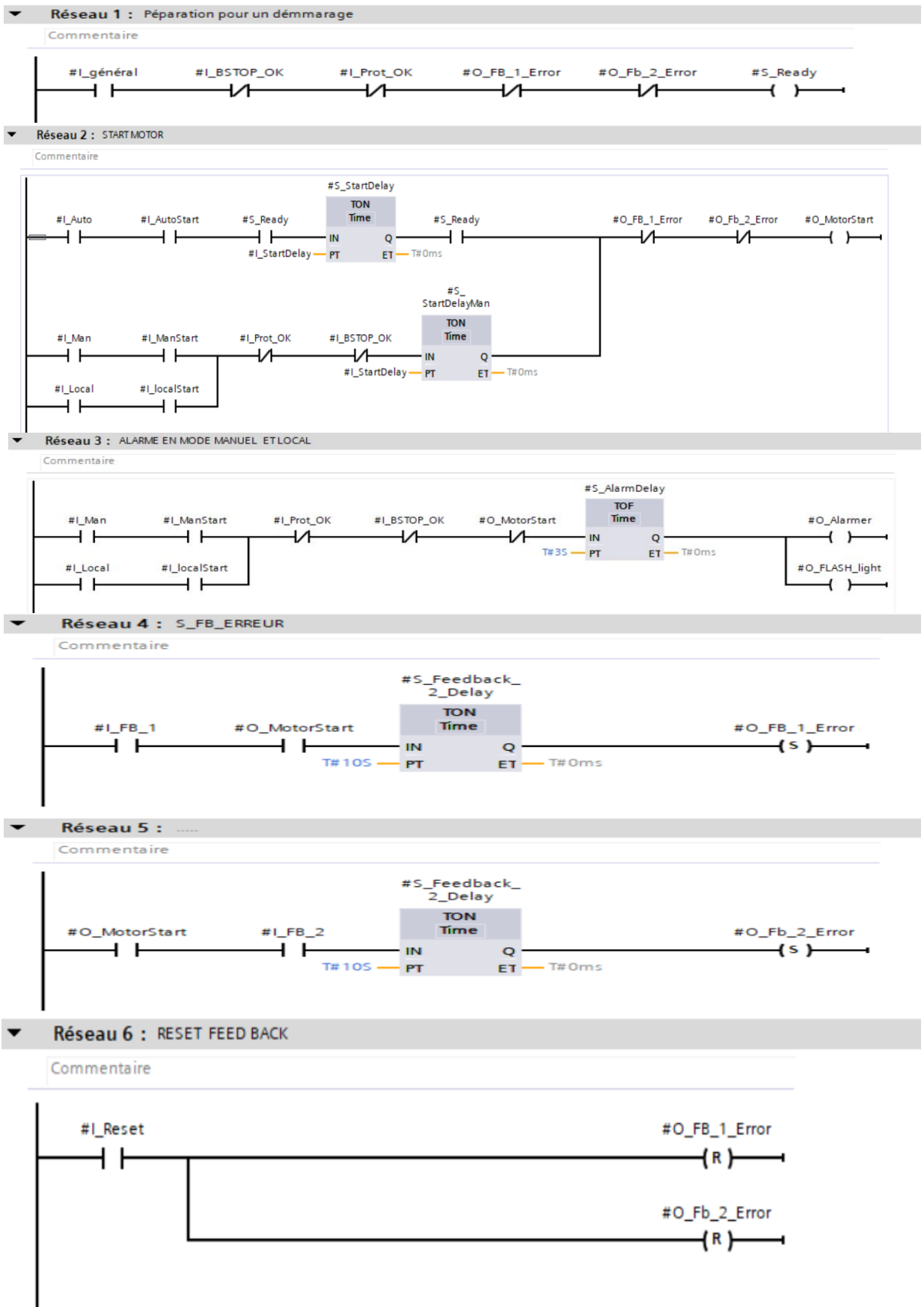


Figure.IV.19. Vues des réseaux du FB moteur

Dans notre projet, nous avons intégré un bloc moteur (FB1). Ce bloc est appelé à partir de plusieurs blocs fonctionnels distincts, Chaque bloc fonctionnel dispose de ses propres données d'instance, ce qui permet d'adapter le comportement du moteur selon les spécificités de chaque application.

Cette structure modulaire offre plusieurs avantages. D'une part, elle favorise la réutilisation du bloc moteur pour différents moteurs au sein du système. D'autre part, elle permet une maintenance simplifiée, car les ajustements nécessaires se limitent à la modification des données d'instance associées, sans nécessiter de modifications dans la logique du bloc moteur lui-même.

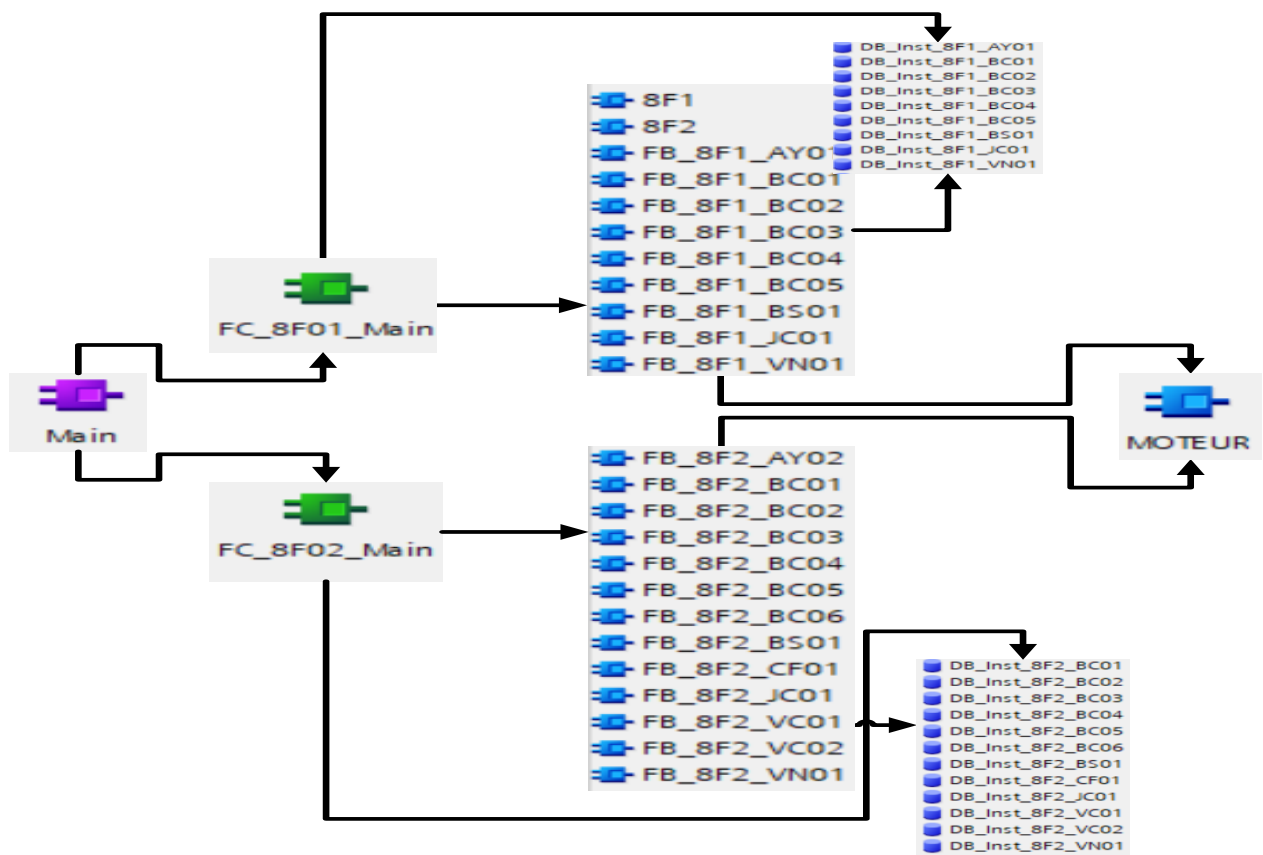


Figure.IV.20. Structure d'appel du bloc MOTEUR

IV.5.6 Mise à l'échelle des entrées analogiques

L'instruction SCALE "Mise à l'échelle" permet de convertir le nombre entier du paramètre IN en un nombre à virgule flottante mis à l'échelle en unités physiques comprises entre une valeur limite inférieure et une valeur limite supérieure. [15]

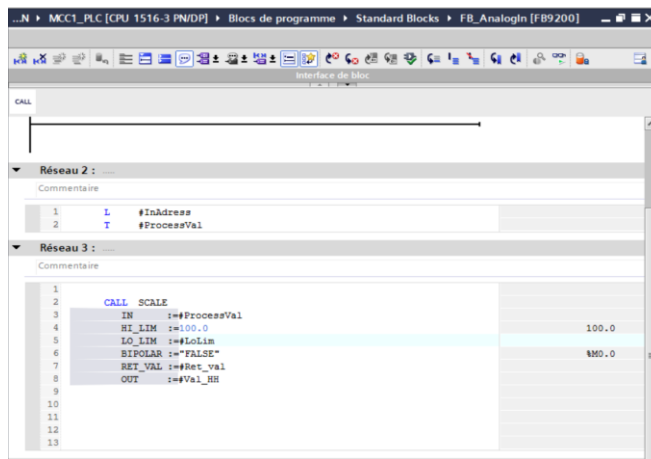


Figure IV.21. FB de la mise l'échèle des entrées analogiques

IN : Entrée de validation

HI_LIM : Valeur limite supérieure

LO_LIM : Valeur limite inférieure

BIPOLAR : Indique si la valeur du paramètre IN est interprétée comme bipolaire ou unipolaire. Ce paramètre peut prendre 0 ou bien 1

0 : Pour des valeurs unipolaires.

1 : Pour de valeurs bipolaires.

RET_VAL : Informations d'erreur

OUT : Résultat de l'instruction

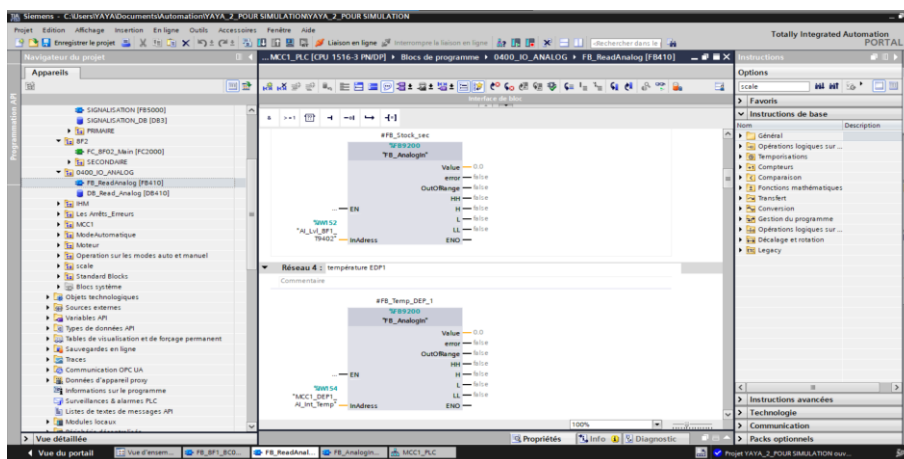


Figure IV.22. Fonction block lecture des entrées analogiques de MCC1

Les données de ce bloc fonction (FB_ReadAnalog) sont stocker dans un bloc de donnés

IV.5.7 L'instruction IN_RANGE

Cette instruction nous permet de comparer si la valeur est incluse dans l'intervalle [MIN MAX], quand la comparaison est vraie, la sortie "Q" de la boîte fournit l'état logique "1".[15]

- ❖ Bloc signalisation trémie

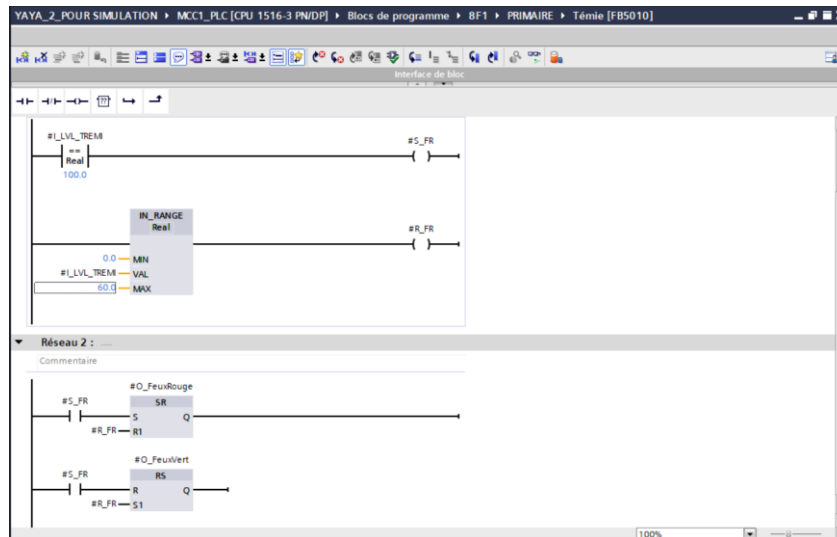


Figure.IV.23. Exemples de Réseaux Ladder

IV.5.8 Les temporisateurs TON et TOF [15]

- ❖ **L'instruction TON** : "Retard à la montée" permet de retarder la mise à 1 de la sortie Q de la durée paramétrée PT. L'instruction est démarrée lorsque le résultat logique (RLO) à l'entrée IN passe de "0" à "1" (front montant). La durée programmée PT débute au démarrage de l'instruction. Une fois la durée PT écoulée, la sortie Q fournit l'état logique "1". La sortie Q reste à 1 tant que l'entrée de démarrage est à "1". Lorsque l'état logique passe de "1" à "0" à l'entrée de démarrage, la sortie Q est mise à 0. La fonction de temporisation est redémarrée lorsqu'un nouveau front montant est détecté à l'entrée de démarrage.
- ❖ **L'instruction TOF** "Lancer la temporisation Retard à la retombée" permet de démarrer une temporisation CEI comme retard à la retombée avec une durée déterminée. L'interrogation à "1" de l'état de la temporisation fournit l'état logique "0" quand le résultat logique (RLO) est "1" à l'entrée de l'instruction. Quand le RLO passe de "1" à "0" (front descendant), la temporisation CEI est démarrée avec la durée indiquée. Tant que la temporisation CEI s'exécute, l'état de la temporisation reste à "1".

Quand la temporisation est écoulée et que le RLO à l'entrée de l'instruction est "0", l'état de la temporisation est mis à "0". Si le RLO passe à "1" avant que la durée soit écoulée, la temporisation CEI en cours est remise à zéro et l'état de la temporisation reste à "1".

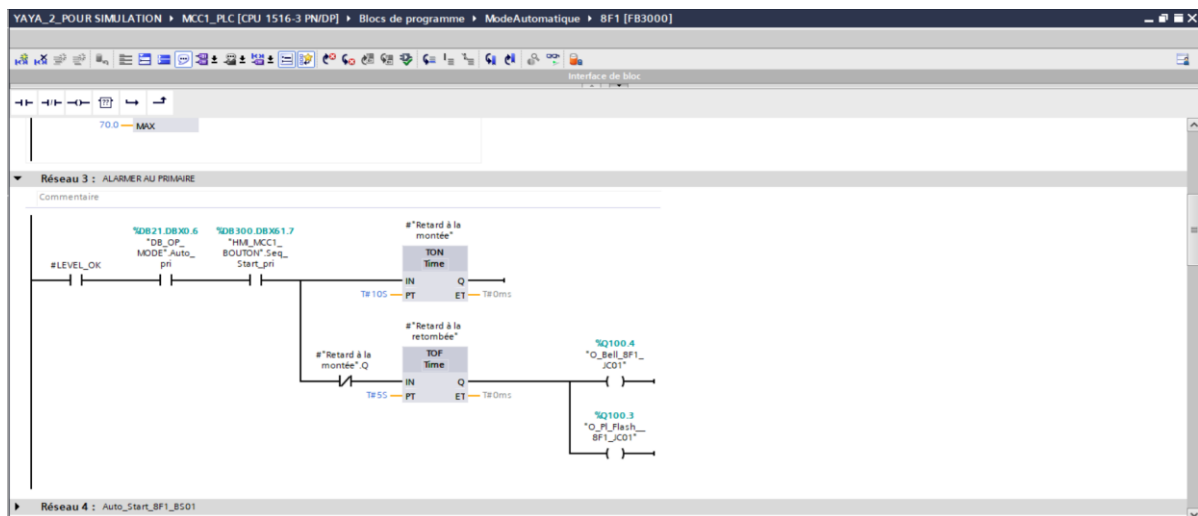


Figure IV.24. Exemples de Réseaux Ladder pour le Mode Automatique

IV.6 Conclusion

Ce chapitre a permis de développer et de mettre en œuvre la solution programmable pour le processus de concassage. En utilisant l'automate S7-1500 et TIA Portal, nous avons programmé les différentes étapes du processus, y compris la gestion des dispositifs de sécurité, tels que les klaxons et gyrophares, conformément aux exigences du cahier des charges et à la modélisation GRAFCET du chapitre précédent. La programmation a permis d'assurer une sécurité accrue des opérateurs tout en optimisant l'efficacité du processus. Ainsi, nous avons répondu à la problématique initiale en garantissant que chaque étape du processus se déroule de manière sécurisée et contrôlée, avec des avertissements sonores et visuels avant tout démarrage des équipements.

Chapitre V

Supervision du système automatisé

Introduction

Dans le cadre de l'automatisation industrielle, le système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) est une solution clé dans l'automatisation industrielle, permettant de superviser, contrôler et collecter des données en temps réel. Il est largement utilisé pour surveiller et gérer des processus industriels. WinCC Runtime, qui fait partie de ce système, est un outil de supervision utilisé spécifiquement pour le contrôle et la gestion de ces processus. Il permet d'afficher, de surveiller et de contrôler des processus en temps réel sur une station PC, offrant ainsi une supervision efficace dans le cadre industriel.

V.1. Définition de la supervision industrielle

La supervision est une forme évoluée de dialogue Homme-Machine, elle sert à représenter et surveiller l'état de fonctionnement d'un procédé. La supervision est donc composée d'un ou plusieurs ordinateurs en réseau équipés du logiciel adéquat. Mais celle-ci se trouve aussi sur des consoles ou des écrans tactiles, de plus en plus de supervision se font à laide d'ordinateur car leur cout de revient de plus en plus faible fait deux des outils plus compétitifs et pratique. La mise en place d'un système de supervision permet de visualiser en temps réel la bonne marche de l'installation et d'être alerte immédiatement en cas de défaut ou d'alarme.[13]

V. 2 La structure d'un système de supervision

Le schéma suivant illustre un système de supervision classique. Il met en évidence les différentes composantes et leur interaction pour surveiller, contrôler et analyser un système physique ou un processus [].

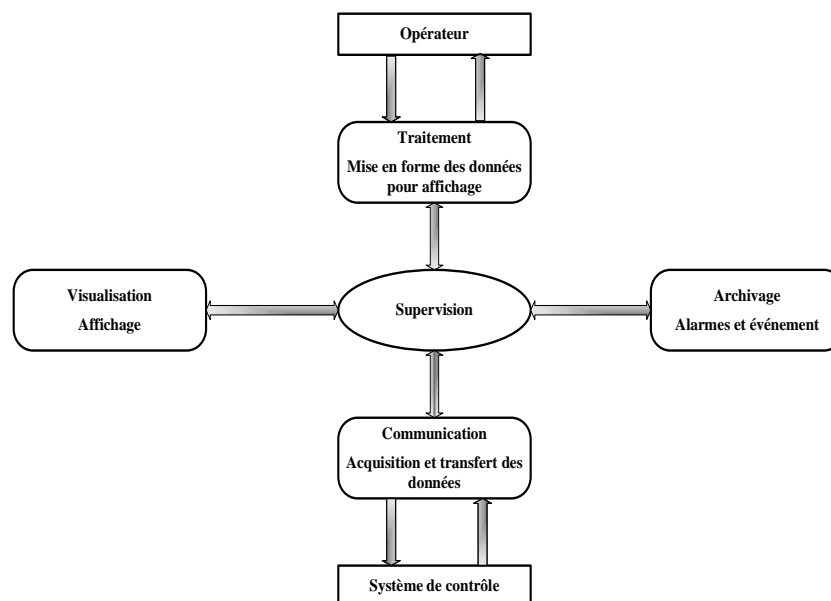


Figure.V.1. Structure d'un système de supervision.

V.3 Configuration de la liaison IHM

Après avoir configuré les automates et la station PC, il est nécessaire d'établir une liaison afin de pouvoir associer les variables. La figure ci-dessus présente une vue du réseau reliant l'automates S7-1500 au PC de supervision via PROFINET, où chaque appareil possède sa propre adresse IP.

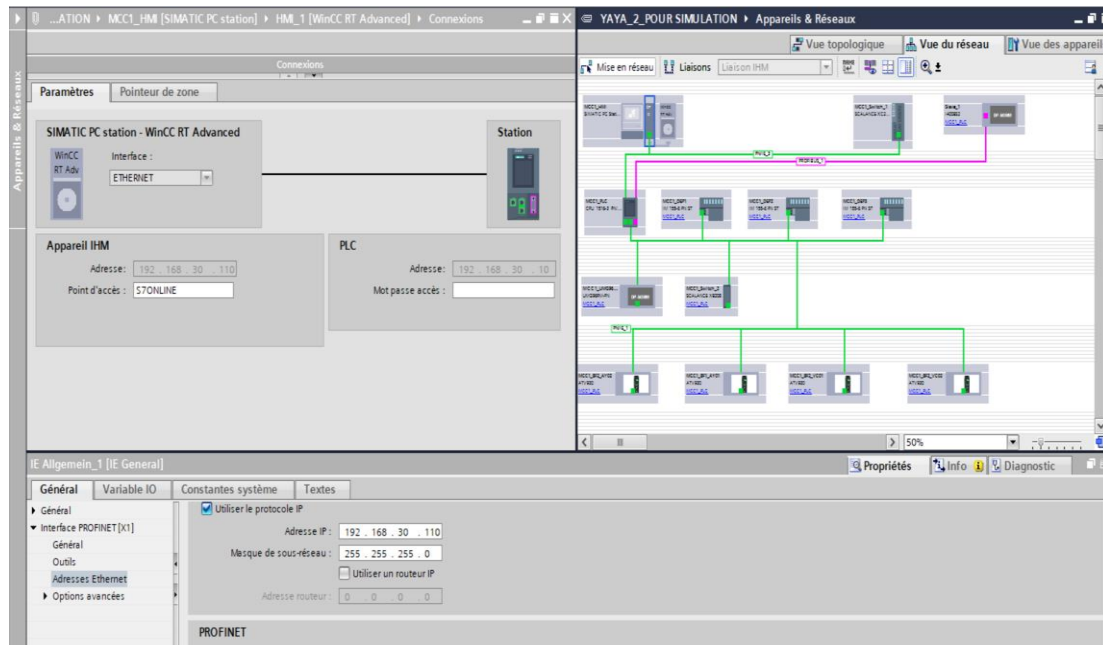


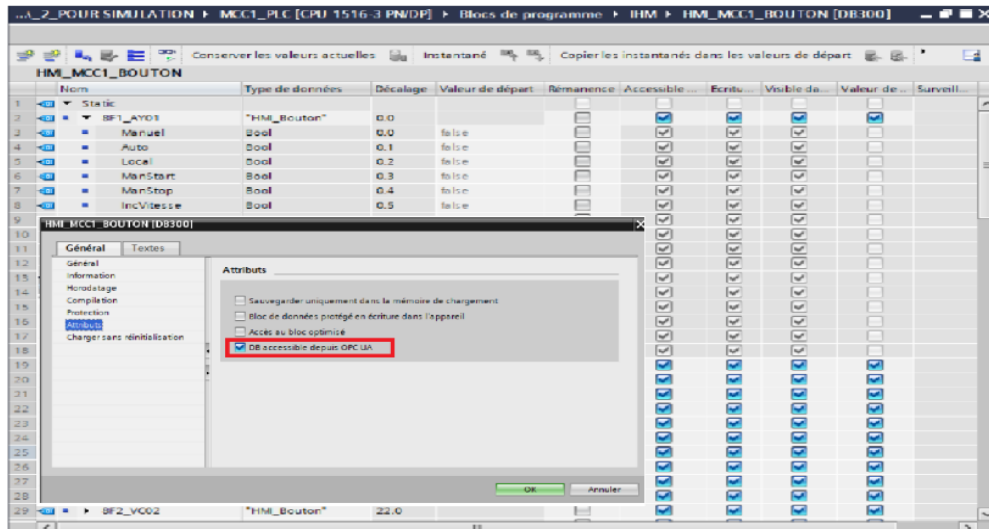
Figure V.2. Vue du réseau reliant l'automates S7-1500 au PC de supervision

V.3.1 Variables HMI

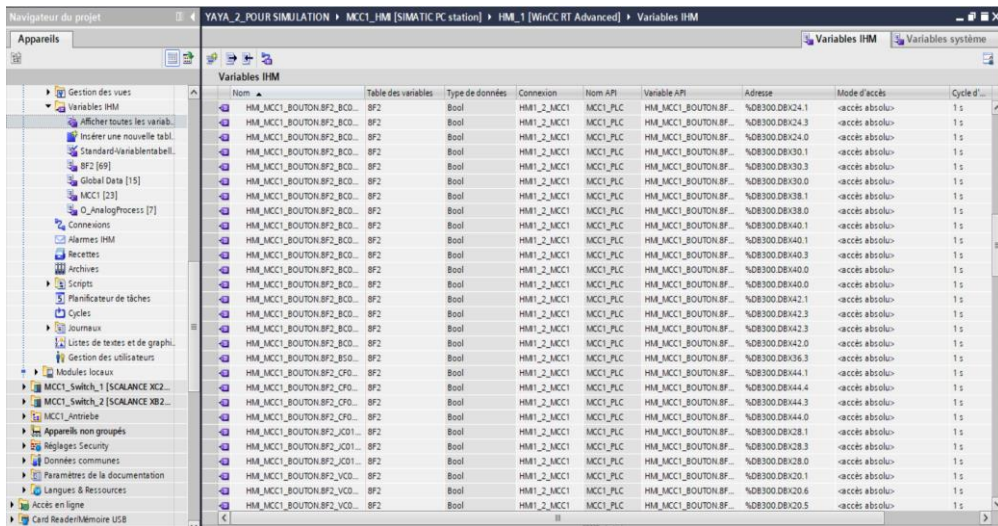
Pour intégrer l'IHM (Interface Homme Machine) avec le programme de l'automate, nous avons créé des variables images dans un bloc de données, permettant ainsi d'établir une connexion entre le programme de l'automate et la station PC. Chaque bloc de données a été configuré pour être accessible via OPC UA en cochant l'option "DB accessible via OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture)" (clic droit → Propriétés → Attributs).

Pour mieux organiser les variables, nous avons ajouté plusieurs tables distinctes, séparant celles du processus primaire et celles du processus secondaire. Cette séparation assure une gestion plus claire des données. De plus, les noms des variables sont identiques dans les blocs de données de l'automate et dans la table de variable de l'IHM, ce qui garantit une correspondance parfaite entre les deux systèmes.

Les figures suivantes illustrent le bloc de données (DB) dédié à l'IHM ainsi que certaines des variables spécifiques à l'IHM.



FigureV.3. Variables Internes dans le Bloc de Données pour l'HMI



FigureV.4. Exemple de quelque variable de l’HMI.

V.4 Développement de la plateforme de supervision de la machine

Pour la conception de l’interface de supervision nous avons réalisé des niveaux d’affichage qui permettent à l’opérateur d’atteindre sa cible rapidement.

Cependant nous avons conçu un modèle qui sera utilisé comme zone fixe pour chaque vue. Ce modèle garantit une cohérence visuelle et fonctionnelle à travers toutes les interfaces, permettant ainsi de maintenir une structure uniforme et d’assurer un accès simplifié aux éléments clés dans l’ensemble des vues. La figure ci-dessous présente notre modèle, qui assure la cohérence à travers toutes les vues du système.

V.4.1 Vue modèle

Pour créer une vue modèle, on a procédé comme suit : dans le Navigateur du Projet, on a sélectionné Gestion des Vues, puis on a cliqué sur Modèle. Ensuite, on a choisi Ajouter un

Modèle. Cette étape permet de définir un modèle standard, garantissant ainsi une cohérence visuelle et fonctionnelle à travers toutes les interfaces de supervision.

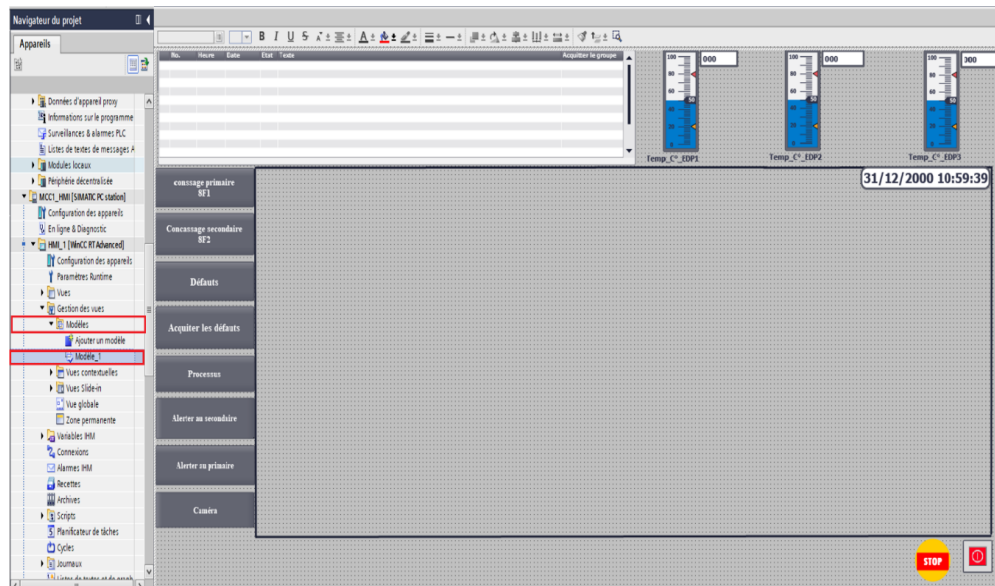


Figure.V.5. Modèle de Référence pour les Vues

V.4.2 Vue du primaire

La figure ci-dessous offre une représentation du processus de concassage primaire, les principaux éléments du système y sont affichés, incluant les équipements.

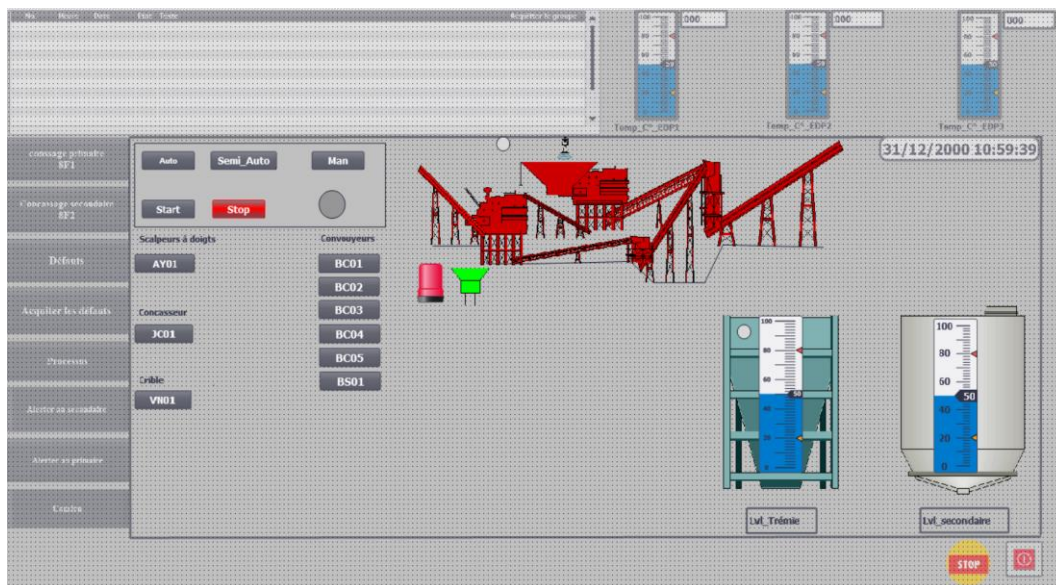


Figure V.6. Vue d'Ensemble du Concassage Primaire

V.4.3 Vue du secondaire

La figure V.7 présente une vue complète du processus de concassage secondaire. Elle permet de suivre en temps réel le traitement des matériaux après leur passage dans le concasseur primaire.

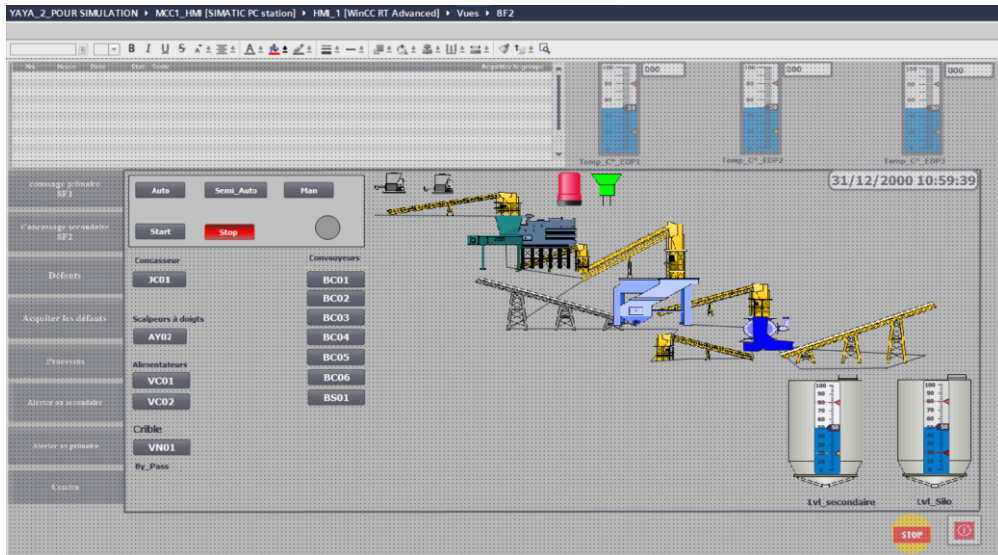


Figure.V.7. Vue d'Ensemble du Concassage secondaire

V.4.4 Vue ensemble primaire et secondaire

La figure ci-dessous offre une représentation sous forme de logigramme du processus de concassage primaire et secondaire. Elle illustre les différentes étapes du traitement des matériaux, depuis leur introduction dans le concasseur primaire jusqu'à leur passage dans le concasseur secondaire. Ce schéma permet de visualiser clairement les flux de production et les interactions entre les équipements, assurant ainsi une supervision complète.

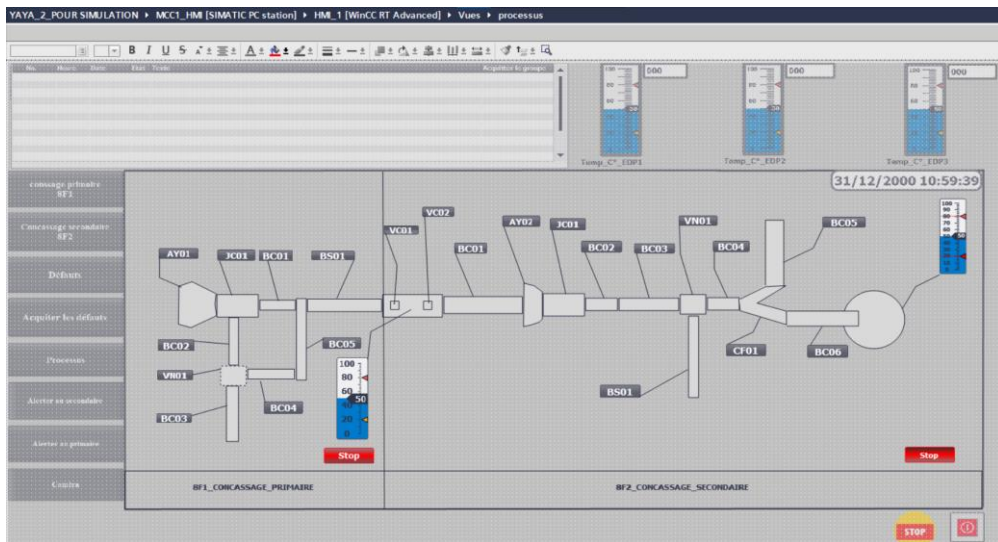


Figure.V.8. Vue d'Ensemble du Concassage Primaire et Secondaire

V.4.5 Vue d'alarme

La figure ci-dessous présente la vue d'alarme, qui centralise toutes les notifications critiques liées au fonctionnement du système. Cette interface permet aux opérateurs de surveiller en temps réel les alarmes activées, d'identifier rapidement les anomalies et de prendre

les mesures nécessaires pour garantir la sécurité et l'efficacité des opérations. Chaque alarme est accompagnée d'informations pertinentes, facilitant ainsi une réponse rapide et appropriée.

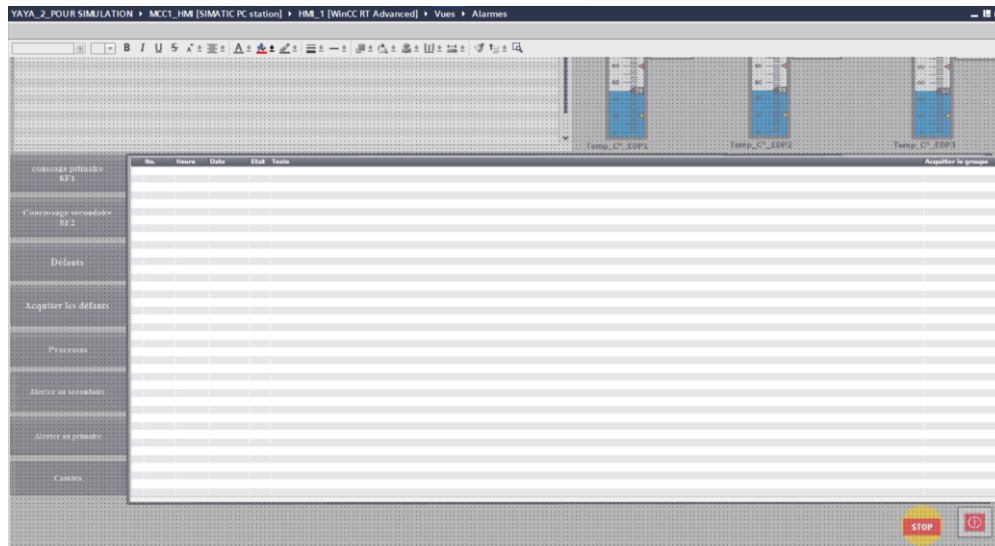


Figure V.9. Vue d'Alarme

V.4.6 Configuration des vues contextuel

Pour chaque machine de notre système, nous avons configuré une vue textuelle dédiée. Cette configuration permet d'afficher les informations essentielles sur l'état de fonctionnement de chaque machine. La figure ci-dessous présente un exemple d'une vue textuelle configurée pour la trémie, offrant un aperçu des données en temps réel et des paramètres de fonctionnement.

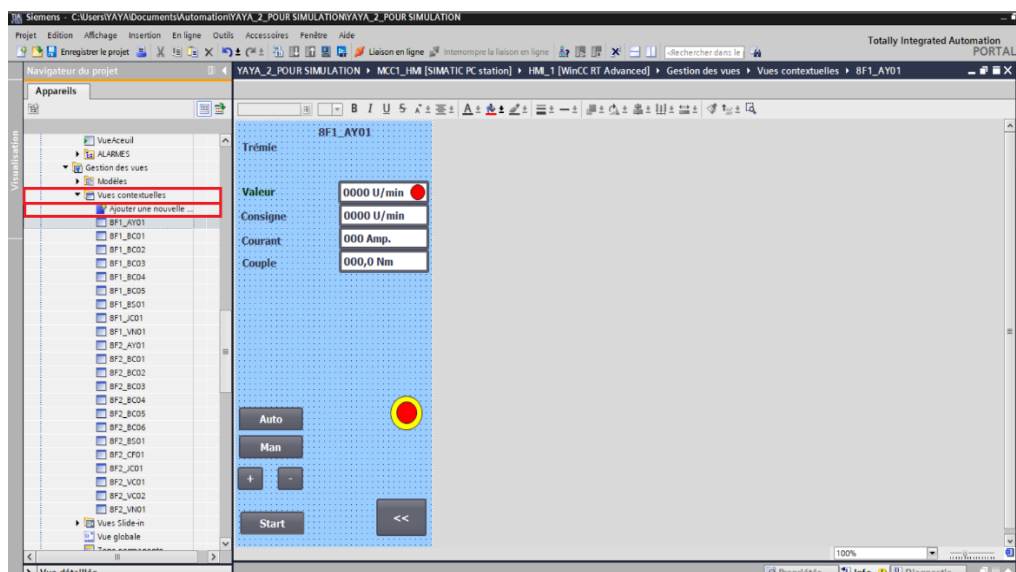


Figure V.10. Exemple d'une vue contextuel.

V.5 Simulation du Programme et de la Supervision

Dans cette étape, nous allons procéder à la simulation de notre programme, ainsi qu'à celle du système de supervision. Cette étape nous permet de tester notre programme et de voir son déroulement avant de le valider et de le charger dans l'automate. Ces observations nous permettront d'ajuster et d'optimiser le système avant sa mise en production.

V.5.1 S7-PLCSIM

L'objectif principal de S7 PLCSIM est de nous aider à rechercher des erreurs et à valider un programme d'API unique sans nécessiter de matériel. Avec S7 PLCSIM, nous avons accès à tous les outils de recherche. PLC-SIM nous permet de forcer ou d'activer manuellement des variables, tout en observant l'état des sorties en temps réel. Cet outil offre une simulation complète pour tester le comportement du programme sans avoir besoin du matériel physique, ce qui facilite la détection d'éventuelles erreurs avant le déploiement final. La figure ci-dessous présente la vue de PLC-SIM V15, ainsi que les variables du programme, permettant la simulation et la validation des programmes d'automates dans l'environnement TIA Portal. Cette représentation facilite la gestion des variables en temps réel. [15].

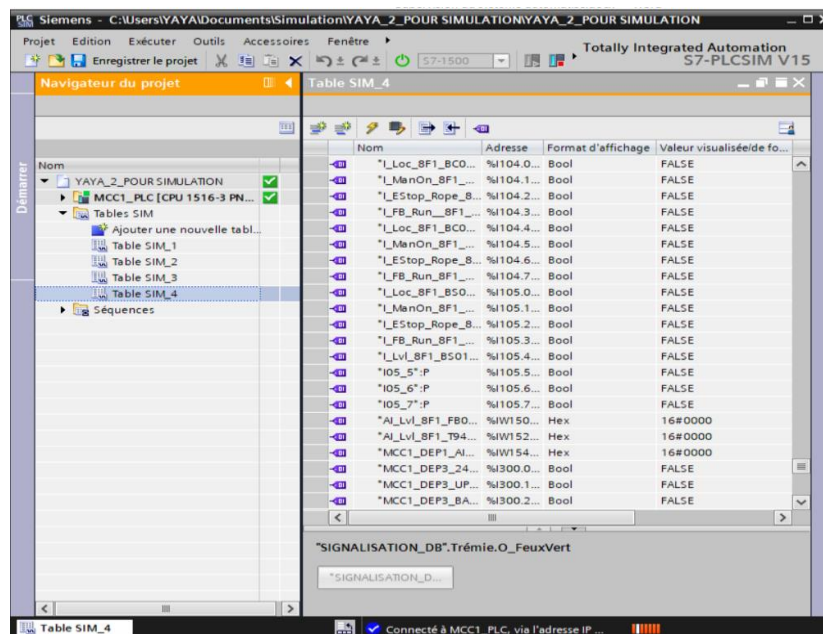


Figure V.11. Vue du projet PLC-Sim V15.

Pour effectuer la simulation de notre programme avec le logiciel TIA Portal, il est nécessaire de suivre plusieurs étapes clés, qui sont présentées dans la figure V.12.



Figure V.12. Les étapes de simulation du programme

Après avoir suivi ces étapes, nous obtenons les résultats présentés dans la figure suivante.

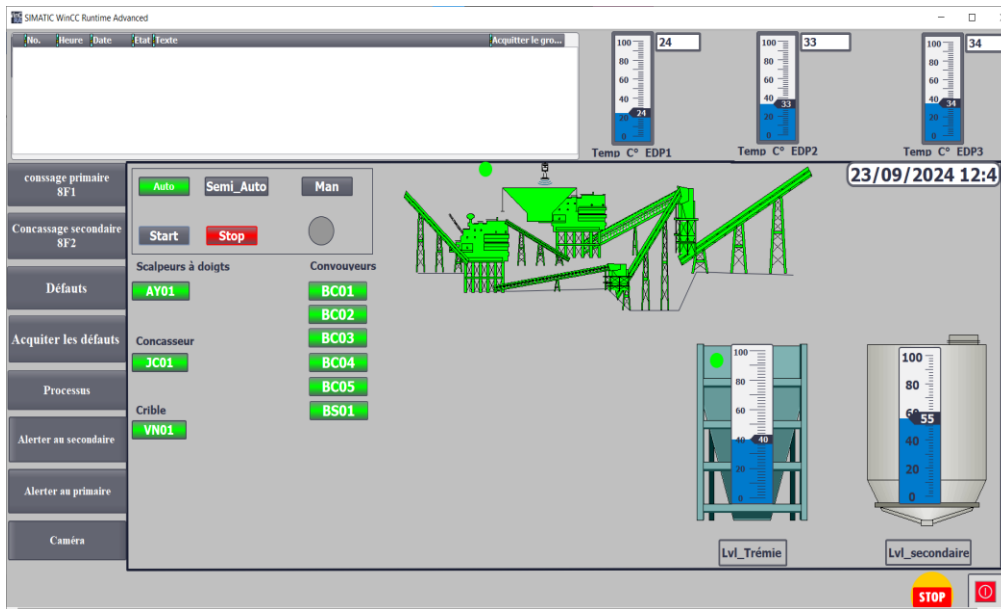


Figure V.13. Interface de Supervision en Mode Simulation primaire.

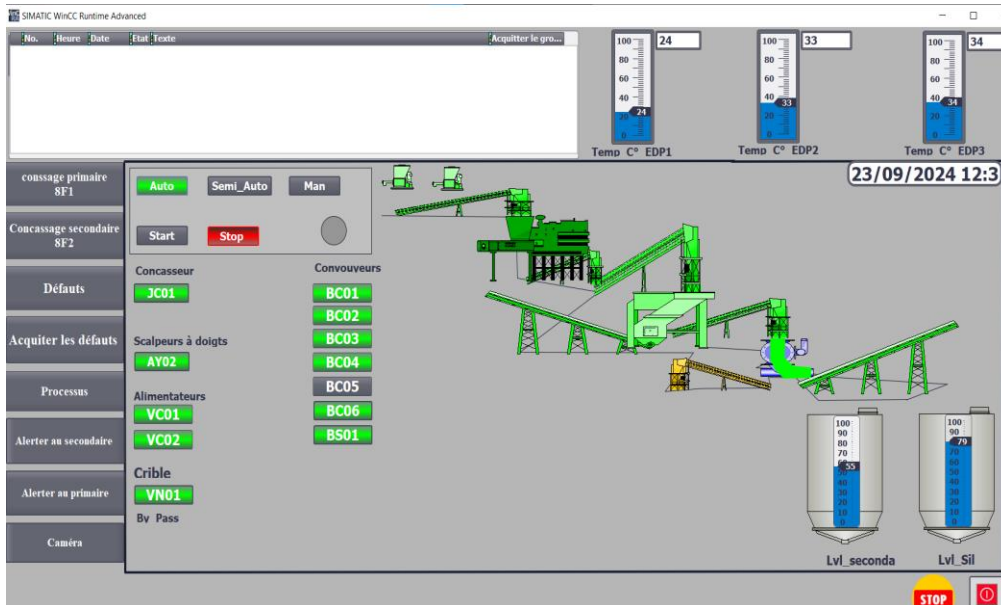


Figure V.14. Interface de Supervision en Mode Simulation secondaire.

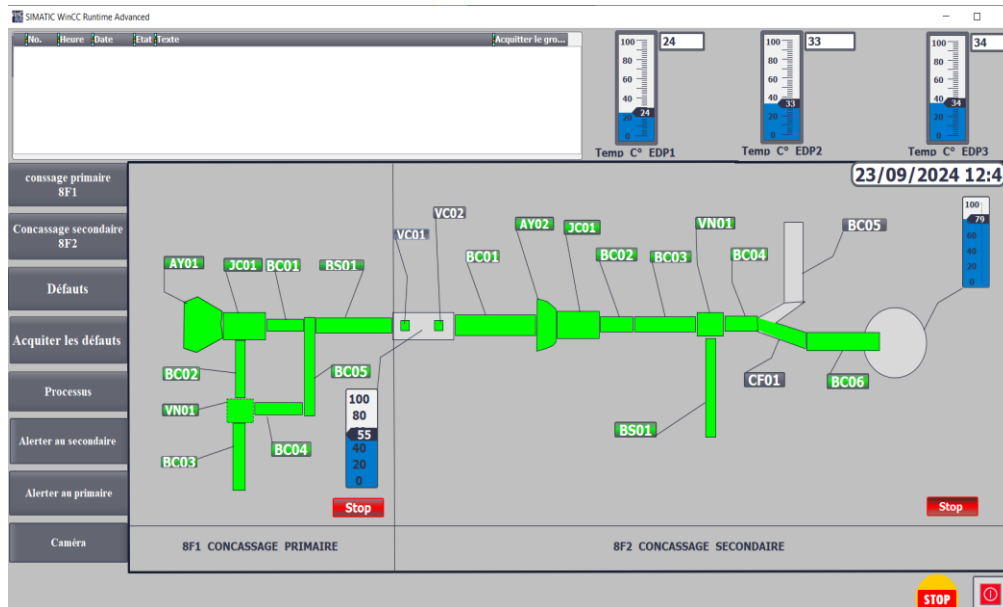


Figure V.15. Interface de Supervision en Mode Simulation primaire et secondaire

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mis en place la supervision du système automatisé en utilisant SCADA et WinCC Runtime pour permettre un contrôle en temps réel de l'ensemble du processus de concassage. Cette supervision inclut la surveillance des dispositifs critiques, tels que les klaxons et les gyrophares, pour garantir la sécurité des opérateurs. Grâce à l'interface IHM, les opérateurs peuvent suivre l'état du processus, détecter les anomalies et intervenir rapidement en cas de besoin. La mise en œuvre de cette supervision permet non seulement d'assurer un fonctionnement continu et sûr, mais aussi d'optimiser la gestion des ressources et d'améliorer l'efficacité opérationnelle globale du processus.

Conclusion Générale

En conclusion, ce mémoire nous a permis de traiter de manière approfondie le processus de concassage de la dolomie au sein de l'usine ENOF, en collaboration avec B&F Engineering Solutions. Ensemble, nous avons analysé les équipements en place, identifié les manques en matière de sécurité, et proposé des solutions concrètes pour améliorer le processus.

Dans le cadre du deuxième chapitre, nous avons étudié le fonctionnement des moteurs et des dispositifs de sécurité des concasseurs, convoyeurs, et cribles, en tenant compte des spécifications techniques. Nous avons mis en évidence l'importance des dispositifs de sécurité déjà présents, comme les sectionneurs à fusibles et les contacteurs en série, pour garantir un fonctionnement sûr des équipements.

Le troisième chapitre a permis de combler les lacunes identifiées, notamment l'absence de dispositifs d'alarme (klaxons et gyrophares). Grâce à la modélisation avec l'outil GRAFCET, nous avons intégré ces éléments dans le processus, en élaborant un nouveau cahier des charges qui prend en compte la nécessité d'avertir les opérateurs avant le démarrage des machines.

En collaboration avec B&F Engineering Solutions, nous avons ensuite mis en œuvre une solution programmable dans le quatrième chapitre, basée sur l'automate S7-1500 et le TIA Portal. Cette solution nous a permis de programmer l'ensemble du processus de concassage, tout en assurant la sécurité des opérateurs grâce aux systèmes d'alarme intégrés.

Enfin, dans le cinquième chapitre, nous avons mis en place un système de supervision avec WinCC Runtime, permettant de surveiller et de contrôler en temps réel l'ensemble des équipements. Ce système a considérablement amélioré la gestion du processus et la sécurité des opérations, en offrant une visibilité accrue sur les installations et en facilitant les interventions en cas de problème.

Ce travail a permis de montrer l'importance de l'automatisation et de la sécurité dans le traitement de la dolomie. Grâce à l'apport de B&F Engineering Solutions et à notre programmation, nous avons pu optimiser le processus tout en garantissant une meilleure protection des opérateurs et des équipements.

Références Bibliographiques

- [1] site officiel ENOF : <https://enof.dz/teiouelt/>,2024.
- [2] BELARBI Ilham, « *Elimination de composés aromatiques par une dolomie modifiée* », Thèse de Doctorat en Génie des Procédés, Option Matériaux et ingénierie chimique, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 2019.
- [3] Morao, D, *Oxyde De Calcium Et De Magnésium-Calcinor*. Minerale Industriales.<https://www.calcinor.com/fr/produits/oxyde-de-calcium-et-de-magnesium-cao-mgo-dolomie,2024>.
- [4] Thyssenkrupp Materials France. (S. d.). Materials France. <https://www.thyssenkrupp-materials.fr/>,2024.
- [5] MEZAI Nabil, “ *Automatisme Industriels*”, Cours pour Licence en Electrotechnique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2019.
E-LEARNING UMMTO: <https://teleensm.ummo.dz/course/view.php?id=1435>,2024.
- [6] Site officiel de Schneider Electric Algérie. <https://www.se.com/dz>,2024.
- [7] Moteur triphasé B3, 110 KW, 1500 tr/min, 400/690V – WEG. (s. d.). EM Distribution. <https://www.em-distribution.fr/moteur-electrique-triphas-1500tr-min/1209-moteur-electrique-triphas-b3-110-kw-1500-tr-min-400v-690v-ha-315.html>,2024.
- [8] AVITEQ. Moteurs à balourds. <https://www.aviteq.com/fr/produit/moteur-a-balourds/>,2024.
- [9] NORD DRIVESYSTEMS. (s. d.). 132 SP/4 - IEC B3 - 400/690V - NORD DRIVESYSTEMS. <https://shop.nord.com/CA-fr/132-sp4-iec-b3-400690v-790.html>,2024.
- [10] Moteur électrique WEG W22 1500 tr/min 7,5kW 230/400V B14. (s. d.). Multi-Moteur. <https://www.multi-moteur.com/2571-moteur-electrique-weg-w22-triphas-230-400v-1500-tr-min-7-5-kw-bride-b14.html>,2024.
- [11] Site officiel Wöhner : <https://pim.woehner.de>,2024.
- [12] Hamri Hakima, « *Automatisme Industriel* », Cours Pour Master 2, Université Mouloud Mammeri de Tizi-OuzouN ,2024.

- [13] Rezigue Hamza, «*Modélisation, Surveillance D'une Centrale A Béton Par L'outil Bond Graph Et Validation En Ligne Par Un Système SCADA*», mémoire de magister, université Sétif 1, Sétif, 2014.
- [14]https://cache.industry.siemens.com/dl/files/792/59191792/att_895927/v3/s71500_et200mp_system_manual_fr-FR_fr-FR.pdf,2024.
- [15] documentation et manuel d'utilisation de TIA PORTAL V15.1 « SIEMENS, manuel produit TIA PORTAL V15.1 »,2024.

Résumé

Ce mémoire a présenté le développement et la mise en œuvre d'un système automatisé pour le processus de concassage de la dolomie, avec un focus sur la sécurité et l'optimisation. À travers l'utilisation du GRAFCET pour modéliser les étapes du processus, puis en programmant ces étapes dans TIA Portal via l'automate S7-1500, nous avons pu répondre efficacement aux problématiques posées en début de projet. Les dispositifs de sécurité, tels que les klaxons et les gyrophares, ont été intégrés pour assurer une protection optimale des opérateurs, et leur supervision en temps réel via SCADA et WinCC Runtime a permis de garantir un suivi constant et une intervention rapide en cas de dysfonctionnement. Ce projet démontre ainsi l'importance de l'automatisation dans les environnements industriels modernes, en particulier dans le cadre de la sécurité et de l'efficacité des processus. Grâce à cette solution, l'usine peut désormais opérer dans des conditions optimales, avec une sécurité renforcée et une gestion améliorée des ressources.

Abstract

This thesis presented the development and implementation of an automated system for the dolomite crushing process, with a focus on safety and optimization. By using GRAFCET to model the process stages, and then programming these stages in TIA Portal through the S7-1500 PLC, we effectively addressed the issues raised at the start of the project. Safety devices, such as horns and beacons, were integrated to ensure optimal operator protection, and their real-time monitoring through SCADA and WinCC Runtime allowed for constant oversight and quick intervention in case of malfunction. This project thus demonstrates the importance of automation in modern industrial environments, particularly in terms of process safety and efficiency. Thanks to this solution, the plant can now operate under optimal conditions, with enhanced safety and improved resource management.

ENOF : abréviation d'Entreprise Nationale des Produits Miniers Non Ferreux et des Substances Utiles

SAP : Système Automatisé de Production

PO : Une partie opérative

PC : une partie commande

IHM : Une interface homme / machine

GRAFCET : Graphe Fonctionnel de Commande par Etapes et Transitions

SFC : Sequential Function Chart

GPN (1) : Grafcet de production du concassage primaire

GPN (2) : Grafcet de production du concassage secondaire

API : Automates Programmables Industriels

TIA Portal: (Totally Integrated Automation Portal)

CPU: Central Processing Unit

TOR : Tous Ou Rien

GSD : General Station Description

IO : input output

OB : Blocs d'organisation

FB : Blocs fonctionnels

DB : Blocs de données

LD : Ladder Diagram

IL : Instruction List

FDB : Fonction Block Diagram

ST : Structured Text

SFC : Sequential Function Charts

IN : Entrée de validation

HI_LIM : Valeur limite supérieure

LO_LIM : Valeur limite inférieure

BIPOLAR : Indique si la valeur du paramètre IN est interprétée comme bipolaire ou unipolaire

RET_VAL : Informations d'erreur

OUT : Résultat de l'instruction

TON : Retard à la montée

TOF : Lancer la temporisation Retard à la retombée

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition