



**Mémoire de Projet de fin d'étude**

**Préparé par**

**CHOURAFA HAJAR**

**Pour l'obtention du diplôme**

*Master Sciences et Techniques*

*Electronique, Signaux et Systèmes Automatisés*

*(E.S.S.A)*

**Intitulé**

**Amélioration, automatisation et supervision  
des maquettes des essais des moteurs et des  
modules redresseurs**

**Encadré par :**

**Pr Nor Said Echatoui**

**Mr Bendnaiba Abderrahmane (Ciment du Maroc)**

**Soutenu le 15 Juin 2019, devant le jury composé de :**

**Pr Nor Said Echatoui.....: Encadrant**

**Pr ELMARKHI Hassan..... : Examineur**

**Pr MOUSSAOUI..... : Examineur**



*A ma mère, mon père, mes sœurs et mon frère, à tous les gens que j'aime et qui m'ont présenté leurs soutiens, j'ai l'honneur de vous présenter ce travail.*

# Remerciements

*J'aimerais bien exprimer ma gratitude tout d'abord à Monsieur Chetoui, professeur chercheur à la faculté des sciences et techniques de Fès, pour son soutien et son encadrement, sa collaboration et sa disponibilité.*

*Je tiens aussi à remercier mon encadrant Monsieur BENDNAIBA Abderrahmane ; ingénieur électricien en cimenterie AIT BAHA, pour son aide, son écoute et de m'avoir offert toutes les informations nécessaires afin d'accomplir bien ma mission dans les bonnes conditions.*

*Je ne manquerai pas non plus de remercier les honorables membres de jury : Monsieur  $x$ ,  $y$ ,  $z$  d'avoir accepté d'évaluer cette soutenance et de me faire part de leurs remarques. Tous mes remerciements à tout le département mécatronique.*

*Ce travail n'aurait pas eu toute sa valeur sans la collaboration de l'équipe des électriciens de l'usine d'Ait-Baha à qui je tiens à faire part de toute ma reconnaissance particulièrement envers monsieur Oujjaa, monsieur Akbour, monsieur Benmiloud, monsieur Saloumi et monsieur Lanai.*

# *Résumé*

Dans le cadre de mon projet de fin d'étude et en vue de l'obtention du diplôme master en électronique, signaux et systèmes automatisés, j'ai effectué un stage au sein de la société Ciments du Maroc. Ce projet a pour objectif : l'amélioration et l'automatisation de la maquette des essais des moteurs et modules redresseurs.

Durant la période du stage, nous avons fait en premier lieu une étude détaillée de toutes les maquettes dont on a expliqué le fonctionnement de chaque équipement qui les constitue.

La phase qui suit consiste à étudier les différentes améliorations effectuées au niveau de chaque maquette. Pour la maquette d'essais des moteurs, l'amélioration consiste à remplacer le démarreur progressif par un variateur de fréquence qui sera communiqué à distance à l'aide d'un automate programmable industriel via la technologie Profibus DP, ensuite l'automatisation de la carte DSSB pour la maquette d'essais des modules redresseurs, finalement la réalisation d'un écran de supervision pour contrôler tout le système.

Notre amélioration consiste ainsi d'intégrer l'aspect de sécurité en ajoutant un gyrophare pour indiquer le risque présenté par les maquettes lors des essais.

# Table des matières

<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>10</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>12</b>
<b>CHAPITRE 1 : CONTEXTE GENERAL DU PROJET</b>	<b>13</b>
<b>1. IDENTIFICATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL</b>	<b>14</b>
1.1. PRESENTATION DU GROUPE HEIDELBERG CIMENT	14
1.2. CIMENT MAROC	14
1.3. HISTORIQUE	14
1.4. USINE AIT BAHA	15
1.4.1. Présentation	15
1.4.2. Organigramme	16
1.4.3. Installations industrielles dans l'usine	16
1.4.4. Salle de contrôle	17
1.4.5. Présentation de l'atelier électrique	17
1.5. PROCESS DE FABRICATION DE CIMENT	18
1.5.1. Qu'est-ce que ciment ?	18
1.5.2. Etapes de fabrication de ciment	18
<b>2. CAHIER DE CHARGE</b>	<b>19</b>
2.1. CONTEXTE	20
2.2. DEROULEMENT DU PROJET	20
2.3. OBJECTIFS DU PROJET	20
2.4. FORMULATION DU PROBLEME QQQQCP	20
<b>3. ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN</b>	<b>21</b>
3.1. PRESENTATION DE LA MAQUETTE DE TEST DES MOTEURS ET REDRESSEURS	22
3.1.1. Description fonctionnelle de la maquette de test des moteurs	22
3.1.2. Description fonctionnelle de la maquette d'essai des redresseurs	24
3.2. PRESENTATION DE LA MAQUETTE DE CHARGE DES CONDENSATEURS	24
3.3. ANALYSE FONCTIONNELLE	26
3.3.1. Diagramme bête à cornes	26
3.3.2. Diagramme d'ISHIKAWA	Erreur ! Signet non défini.
3.3.3. Diagramme de Gant	27
<b>CHAPITRE 2 : ETUDE ET AMELIORATION DU PROJET</b>	<b>28</b>
<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>29</b>

<b>2.</b>	<b>AMELIORATION DE LA MAQUETTE DE TEST DES MOTEURS</b>	<b>29</b>
2.1.	LES TYPES DE DEMARRAGE	29
2.1.1.	Démarrage direct	30
2.1.2.	Démarrage avec élimination des résistances rotoriques	30
2.1.3.	Démarrage étoile triangle	31
2.1.4.	Démarrage avec démarreur progressif	32
2.1.5.	Démarrage avec variateur de fréquence	34
2.2.	AMELIORATIONS POUR LE TEST DES MOTEURS	35
2.2.1.	Introduction	35
2.2.2.	Définition du Variateur de fréquence ABB ACS600	36
2.2.3.	Mode de fonctionnement	37
2.2.4.	Cartes de communication de variateur ACS600	37
2.2.5.	Types de communications	39
2.2.6.	Communication Profibus à l'aide de module adaptateur NPBA	41
2.2.6.1.	Installation électrique et mécanique	42
2.2.6.2.	Configuration du variateur	42
2.2.6.3.	Configuration de la carte NPBA et le variateur	43
2.2.6.4.	Communication avec la carte NPBA	44
2.2.7.	Amélioration au niveau de sécurité	46
<b>3.</b>	<b>AMELIORATION DE LA MAQUETTE DE TEST DES REDRESSEURS</b>	<b>48</b>
3.1.	INTRODUCTION	48
3.2.	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU REDRESSEUR	48
3.3.	REDRESSEUR ABB	49
3.4.	TEST DU REDRESSEUR	50
3.5.	CARTE DSSB	50
3.6.	AMELIORATION DE MAQUETTE DE TEST DES MODULES REDRESSEURS	52
<b>4.</b>	<b>AMELIORATION DE LA MAQUETTE DE CHARGE DES CONDENSATEURS</b>	<b>-----ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
4.1.	INTRODUCTION	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
4.2.	DEFINITION DE CONDENSATEUR	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
4.3.	ETUDE THEORIQUE D'UN CONDENSATEUR SOUMIS A UN ECHELON DE TENSION	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
4.4.	AMELIORATION DE LA MAQUETTE	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
<b>CHAPITRE 3 : PROGRAMMATION ET SUPERVISION</b>		<b>54</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>148</b>
<b>2.</b>	<b>PROGRMATION STEP7</b>	<b>148</b>
2.1.	CONFIGURATION MATERIEL	55
2.2.	LA PROGRAMMATION	58
2.2.1.	Blocks utilisés dans la programmation	59
2.2.2.	Communication câblée avec la carte d'entrées sorties NIOC	59

2.2.3.	Communication Profibus avec la carte NPBA	62
2.2.4.	Communication avec la carte DSSB	66
2.2.5.	Communication avec la maquette de Charge des condensateurs	66
<b>3.</b>	<b>SUPERVISION</b>	<b>14</b>
3.1.	INTRODUCTION	68
3.2.	WINCC FLEXIBLE	68
3.3.	INTERFACE HOMME MACHINE	70
<b>CHAPITRE 4 : ETUDE ECONOMIQUE</b>		<b>72</b>
1.	INTRODUCTION	14
2.	VALEUR AJOUTEE DE POINT DE VUE ECONOMIQUE POUR LA SOCIETE	14
4.	COUT DES EQUIPEMENTS	14
5.	TEMPS DE REDUCTION DE TRAVAIL	14
<b>CONCLUSION</b>		<b>76</b>
<b>WEBOGRAPHIE</b>		<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>		<b>78</b>



# Liste des figures

FIGURE 2 : HISTORIQUE DE CIMENT DU MAROC.....	15
FIGURE 3 : USINE AIT BAHA .....	15
FIGURE 4 : ORGANIGRAMME GENERAL DE CIMENT AIT BAHA.....	16
FIGURE 5 : SALLE DE CONTROLE .....	17
FIGURE 6 : ATELIER ELECTRIQUE.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 7 : DIFFERENTS PRODUITS DE CIMENT.....	18
FIGURE 8 : ETAPES DE FABRICATION DE CIMENT .....	19
FIGURE 9 : VUE DE MAQUETTE .....	22
FIGURE 10 : MAQUETTE DE TEST DES MOTEURS .....	23
FIGURE 11 : RELAI DE MESURES.....	24
FIGURE 12 : CARTE DSSB.....	24
FIGURE 13 : LA DUREE DE CHARGE DES CONDENSATEURS.....	25
FIGURE 14 : MAQUETTE DE CHARGE DES CONDENSATEURS .....	26
FIGURE 15 : DIAGRAMME BETE A CORNES .....	27
FIGURE 17 : DIAGRAMME DE GANT.....	27
FIGURE 18 : DEMARRAGE DIRECT .....	30
FIGURE 19 : DEMARRAGE AVEC ELIMINATION DES RESISTANCES ROTORIQUES .....	31
FIGURE 20 : DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE.....	31
FIGURE 21 : DEMARRAGE AVEC DEMARREUR PROGRESSIF .....	32
FIGURE 22 : SIGNAL DE SORTIE DE GRADATEUR A ANGLE DE PHASE .....	33
FIGURE 23 : SIGNAL DE SORTIE D'UN GRADATEUR A TRAIN D'ONDES .....	34
FIGURE 24 : SCHEMA SIMPLIFIE DU VARIATEUR DE FREQUENCE .....	35
FIGURE 25 : SCHEMA D'AMELIORATION DE LA MAQUETTE DE TEST DES MOTEURS.....	36
FIGURE 26 : VARIATEUR DE FREQUENCE DE MARQUE ABB ACS600.....	36
FIGURE 27 : MICRO-CONSOLE INTELLIGENTE .....	37
FIGURE 28 : CARTE NDCU.....	38
FIGURE 29 : MODULE NAMC .....	38
FIGURE 30 : CARTE MPI.....	39
FIGURE 31 : COMMUNICATION EN MPI .....	39
FIGURE 32 : CABLE PROFIBUS .....	40
FIGURE 33 : CONNECTEUR SUB-D .....	41
FIGURE 34 : LA CARTE NPBA.....	42
FIGURE 35 : LES TYPES DES PPO .....	45
FIGURE 36 : AMELIORATIONS POUR LA MAQUETTE DE TEST DES MOTEURS.....	46
FIGURE 37: MAQUETTE AVEC GYROPHARE.....	47
FIGURE 38: MONTAGES P3, PD3, S3 .....	48

<b>FIGURE 39: TENSION REDRESSEE DES MONTAGE P3, PD3 .....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURE 40 : MODULES REDRESSEURS ABB .....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURE 41 : CARTE DSSB.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURE 42 : DIFFERENTS BLOCKS DE LA CARTE DSSB.....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURE 43 : FONCTIONNEMENT LOCAL DE LA CARTE DSSB .....</b>	<b>52</b>
<b>FIGURE 44 : SCHEMA D'AMELIORATION DE LA MAQUETTE DE TEST DES MODULES REDRESSEURS .....</b>	<b>52</b>
<b>FIGURE 45 : AMELIORATION DE LA MAQUETTE DE TEST DES MODULES REDRESSEURS.....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURE 46 : CONDENSATEUR ABB .....</b>	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
<b>FIGURE 47 : CIRCUIT RC.....</b>	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
<b>FIGURE 48 : COURBE DE TENSION DE CHARGE DU CONDENSATEUR.....</b>	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
<b>FIGURE 49 : COURBE DE COURANT DE CHARGE DU CONDENSATEUR .....</b>	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
<b>FIGURE 50 : AMELIORATION DE LA MAQUETTE.....</b>	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
<b>FIGURE 51 : CONFIGURATION HARDWARE.....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURE 52 : ENTREE ANALOGIQUE .....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURE 53 : CONFIGURATION D'ENTREE ANALOGIQUE .....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURE 54 : CONFIGURATION DE LA SORTIE ANALOGIQUE.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURE 55 : CONFIGURATION D'ENTREE NUMERIQUE .....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURE 56 : CONFIGURATION DE LA SORTIE NUMERIQUE.....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURE 57 : CONFIGURATION DU RESEAU .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURE 58 : BLOCKS UTILISES DANS LA PROGRAMMATION STEP7.....</b>	<b>59</b>
<b>FIGURE 60 : SIMULATION DE LA FONCTION FC105 .....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURE 61 : EXPLICATION DE LA MISE A L'ECHELLE .....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURE 62 : SIMULATION DE LA FONCTION FC106 .....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURE 59 : CARTE D'ENTREES ET SORTIES NIOC .....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURE 63 : CARTE NPBA.....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURE 64 : LA FONCTION FB500 .....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURE 65 : CONDITION DU PRET POUR LE VARIATEUR .....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURE 66 : CONDITION DE DEMARRAGE POUR LE VARIATEUR.....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURE 67 : LA FONCTION FC501 .....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURE 68 : TABLE DES MNEMONIQUES POUR LA CARTE DSSB.....</b>	<b>66</b>
<b>FIGURE 69 : CODE LADDER.....</b>	<b>67</b>
<b>FIGURE 70: SIMATIC HMI .....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURE 71 : VUE D'ACCUEIL .....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURE 72: VUES DE SUPERVISION.....</b>	<b>70</b>
<b>FIGURE 73 : VUE D'ALARME .....</b>	<b>70</b>
<b>FIGURE 74 : ORDINATEUR DE SUPERVISION.....</b>	<b>71</b>

# *Liste des tableaux*

<b>TABLEAU 1 : FICHE TECHNIQUE DE CIMENT DU MAROC.....</b>	<b>14</b>
<b>TABLEAU 2 : FORMULATION DU PROBLEME QQQQCP .....</b>	<b>21</b>
<b>TABLEAU 3 : MODELE OSI .....</b>	<b>41</b>
<b>TABLEAU 4 : PARAMETRE DU VARIATEUR ACS600.....</b>	<b>44</b>
<b>TABLEAU 5 : CARACTERISTIQUES DE L'API UTILISE .....</b>	<b>55</b>
<b>TABLEAU 6 : POSITION D'ADAPTATEUR DE LA PLAGES DE MESURE .....</b>	<b>56</b>
<b>TABLEAU 7 : TABLE DE MNEMONIQUES POUR LA CARTE NIOC.....</b>	<b>62</b>
<b>TABLEAU 8 : TABLE DE VERITE .....</b>	<b>67</b>
<b>TABLEAU 9 : TABLE DES MNEMONIQUES DE LA MAQUETTE DE CHARGE DES CONDENSATEURS .....</b>	<b>68</b>
<b>TABLEAU 10: COUTS DES EQUIPEMENTS .....</b>	<b>74</b>

# *Liste des abréviations*

API : Automate Programmable Industriel

DSSB: Diode supply system board

DP : Decentralised Peripheral

PPCS : Power Plate Communication System

PPO : Parameter/Process Data Objets

IHM : Interface Homme Machine.

MPI : Multi Point Interface

Profibus: Process Field Bus

SAP: Service Access Points

# *Introduction générale*

Un projet de fin d'études n'est pas uniquement une obligation pour nous les étudiants, mais c'est aussi une expérience qui nous immerge dans le monde professionnel pour une durée qui nous permet d'approfondir nos connaissances et d'accomplir une mission venant du besoin d'entreprise accueillante. Ce projet m'a permis de développer mon sens d'analyse, de rigueur et d'organisation, le sujet traité durant mon projet fin d'études s'intitule : « Amélioration et automatisation d'une maquette d'essais des moteurs et redresseur et d'une maquette de Charge des condensateurs des modules onduleurs ».

Ce document comporte quatre chapitres, le premier est dédié au contexte général du projet, il est divisé à deux parties, l'une traite la présentation d'organisme d'accueil ; dont c'est présenté la fiche technique de Ciment d'Ait Baha, l'historique, et tous les organismes essentiels qui constituent l'usine et le processus de fabrication, l'autre partie sert à la rédaction du cahier de charges et de problématique, l'analyse fonctionnelle dont on a utilisé des outils à savoir les diagrammes bêtes à cornes et de Gant.

Le deuxième chapitre traite les différentes tâches suivies afin de trouver des solutions adéquates aux problèmes relevés au chapitre 1 et de présenter par la suite les améliorations réalisées pour les maquettes à savoir la création d'un réseau Profibus entre l'automate et le variateur, la commande à distance de la carte du test des modules redresseur DSSB.

Le troisième chapitre comporte l'automatisation et la supervision de système complet, dont la solution utilisée consiste à placer un ordinateur dans la salle des techniciens, ce dernier intègre une carte MPI dans sa carte mère pour avoir la communication avec l'automate, il sert à la supervision de tout le système à l'aide des interfaces qui servent d'afficher les alarmes, les paramètres à savoir la vitesse, le courant, l'état de marche, les défauts...

Le dernier chapitre est consacré à étudier l'effet des améliorations au niveau de temps et de coût.

# **Chapitre 1**

## Contexte général du projet

## 1. Identification de l'organisme d'accueil

### 1.1. Présentation du groupe Heidelberg Ciment

Depuis le 1er juillet 2016, Ciments du Maroc fait partie de Heidelberg Ciment Group. Suite à l'intégration entre Heidelberg Ciment et Italcementi, le groupe devient, à l'échelle mondiale, le premier producteur de granulats, le second de l'industrie cimentière et le troisième du marché du béton prêt à l'emploi avec 60000 collaborateurs travaillant dans plus de 3000 sites de production à travers 60 pays sur les cinq continents. La capacité totale de production des 156 cimenteries est de près de 200 millions de tonnes de ciment.

Le groupe Heidelberg Ciment dispose de plus de 600 carrières de granulats et plus de 1700 centrales à béton. Il devient ainsi l'un des plus grands fabricants intégrés de matériaux de construction dans le monde.

L'entreprise se présente comme le 2ème producteur de ciment au Maroc et exploite trois usines de production sur trois sites différents à savoir Ait Baha, Marrakech et Safi ainsi elle exploite un centre de broyage à Laâyoune et un centre d'ensachage à Jorf Lasfar.

### 1.2. Ciment Maroc

Ciments du Maroc est une entreprise marocaine de matériaux de construction, filiale du groupe allemand HeidelbergCement, le tableau 1 présente sa fiche technique.

Nom	Ciment du Maroc
Directeur général	Hakan Gürdal
Siège social	621, boulevard Panoramique 20 150Casablanca Maroc
Site web	<a href="http://www.cimentsdumaroc.com">www.cimentsdumaroc.com</a>
Forme	Société anonyme régie par la législation marocaine, et notamment la loi n° 17-95 relative aux sociétés anonymes, telle que modifiée et complétée par les lois n° 20-05 et n° 78-12 et par le Dahir portant loi n° 1-93-212 du 21 septembre 1993 relatif à l'Autorité Marocaine du Marché des Capitaux (AMMC).
Date de constitution	28 juin 1951
Capital social	Le capital social est fixé à la somme de 1443600400 DH, divisé en 14436004 actions ayant une valeur nominale de 100 DH.
Nombre d'employés	813

Tableau 1 : Fiche Technique de Ciment du Maroc

### 1.3. Historique

Ciment du Maroc a connu plusieurs phases de réussite pendant une durée de 60 ans comme montre la figure 2, elle a pu développer sa stratégie de travail dans le domaine de construction de ciment en respectant les normes internationales de sécurité et environnement ce qui lui a permis d'avoir plusieurs certifications ISO à savoir 14001.

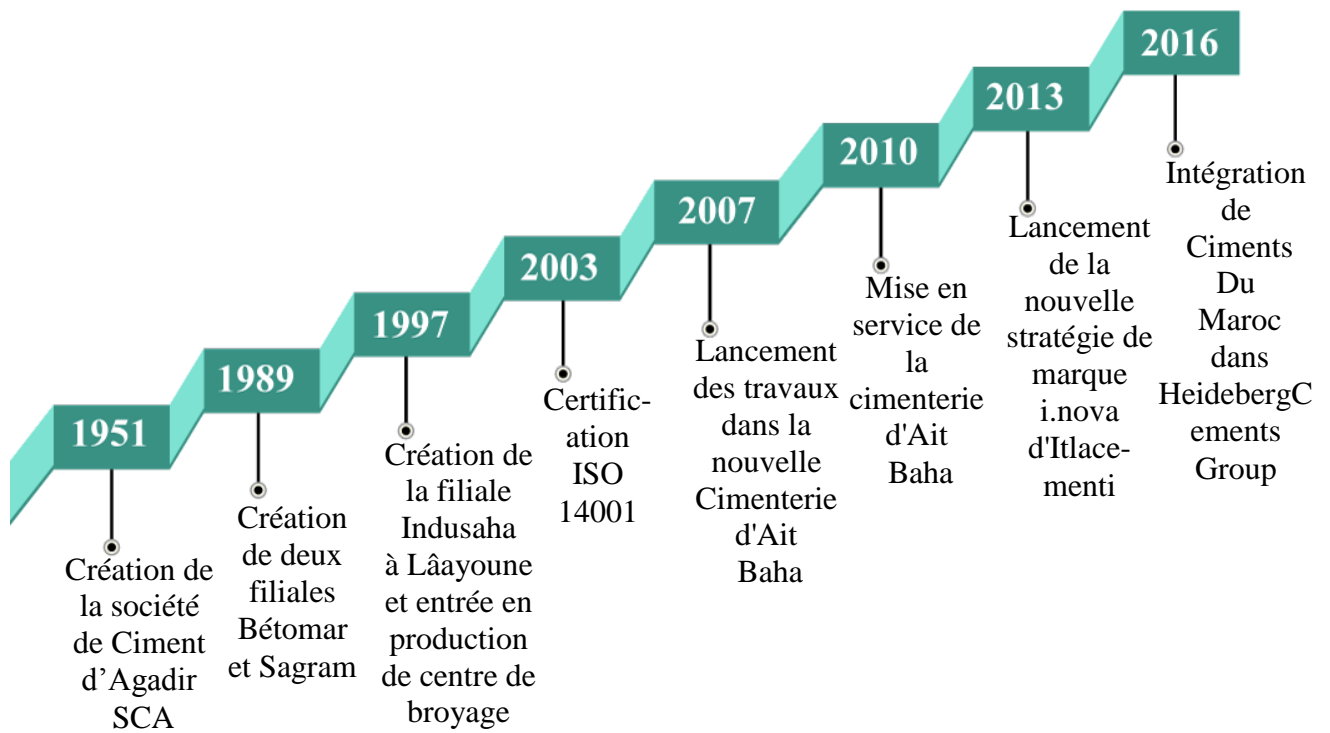


Figure 1 : Historique de Ciment du Maroc

## 1.4. Usine AIT BAHA

### 1.4.1. Présentation

Cimenterie d'Ait Baha se trouve dans la commune rurale d'Imi Mqorn, dans la province de Chtouka Ait Baha, elle se présente comme l'une des cimenteries les plus modernes dans le monde, elle vient remplacer la cimenterie d'Agadir, dans le quartier Anza, et assure l'approvisionnement d'un vaste marché et d'une vaste région, allant d'Agadir à Laâyoune, qui équivaut à 45% de la superficie nationale.



Figure 2 : Usine AIT BAHA

Certifiée ISO 14001 en 2013, elle a bénéficié des technologies les plus avancées en matière de protection de l'environnement et d'économie d'énergie et d'eau. D'une capacité de production de 2,2 millions de tonnes de ciment, ce site peut couvrir les besoins de la région Souss-Massa et tout le Sud Marocain. Ciment du Maroc, a fourni 110 000 m<sup>3</sup> de béton prêt à l'emploi pour la



construction de l'usine. Les technologies déployées dans cette usine lui confèrent des performances énergétiques et environnementales et économiques. C'est une des rares usines au monde à être dotée d'une technologie de cogénération consistant en la production d'électricité à partir de la chaleur résiduelle des gaz de four traditionnellement rejetés dans l'atmosphère.

### 1.4.2. Organigramme

L'organigramme d'entreprise se présente comme c'est montré dans la figure 4.

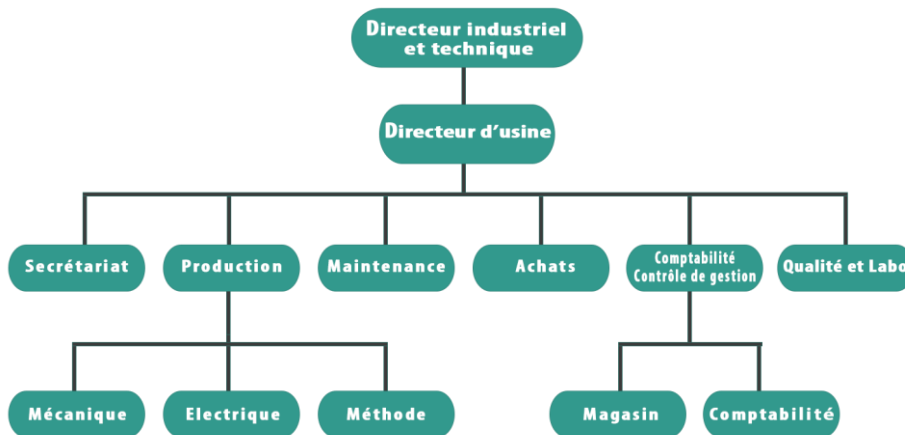


Figure 3 : Organigramme général de Ciment AIT BAHA

### 1.4.3. Installations industrielles dans l'usine

Les différentes installations de l'usine d'Ait Baha sont :

- Un atelier de concassage des matériaux calcaires.
- Halls de stockage de calcaire équipé d'un système d'extraction automatique de 50000t de capacité.
- Halls de stockage de charbon couvert et muni d'extraction automatique de 50000t.
- Un atelier de broyage de matières premières équipé d'un broyeur vertical de 400t/h.
- Un atelier de broyage de charbon équipé d'un broyeur vertical.
- Un dôme de stockage clinker couvert de 120000t de capacité équipée de système d'extraction automatique et d'alimentation des ateliers de broyage ciment.
- Installations auxiliaires et services généraux.
- Un hall de stockage de matières d'ajouts à ciment à savoir gypse, pouzzolane. Muni de système d'extraction automatique.
- Deux ateliers de broyage ciment, chacun est équipé d'un broyeur vertical de 170 t/h.
- Un atelier d'ensachage équipé de cinq machines rotatives de 150t/h chacune.
- Quatre silos de 12000t chacun, équipé de système de chargement en vrac.

### 1.4.4. Salle de contrôle

Le contrôle de toutes ces installations reste un travail difficile et non organisé, c'est pour cela que plusieurs d'équipement de vérification et de mesure sont mise en place à savoir, les capteurs de chaleurs et de pression et de fuite, les détecteurs de métaux pour les convoyeurs, les détecteurs de fumée, installation des jauges de niveau avec les capteurs radars, l'arrêt automatique des systèmes de surchauffe, caméras infrarouges résistant à 1450°C dans le four et les refroidisseurs.

Tout ce matériel est relié par un réseau de fibres optiques sous terrain qui se dirige vers la salle de contrôle. Cette salle est le cerveau de l'usine. Les équipements y sont contrôlés 24 h/24 et toutes les décisions importantes y sont prises. Les ingénieurs vérifient chaque capteur et analysent l'état de chaque machine. Si un problème est décelé, ils envoient des techniciens sur place ou se déplacent.



Figure 4 : Salle de contrôle

### 1.4.5. Présentation de l'atelier électrique

L'atelier électrique est un département technique où s'effectue la maintenance des équipements électriques à savoir les moteurs, variateurs, armoires... Ce dernier joue un rôle important dans le processus d'usine car il garantit la fiabilité et l'efficacité des machines électriques, elle est sous la responsabilité des techniciens compétents, Ces derniers appliquent la méthode 5S afin d'optimiser les conditions et le temps du travail, éviter le désordre et la perte des documents ou la détérioration du matériel et d'assurer la sécurité d'un plan de travail.

C'est dans l'atelier électrique où j'ai suivi mon projet fin d'études sous l'encadrement d'un ingénieur électricien, car j'ai pris un sujet réalisable qui doit être étudié et mis en service à la fin de réalisation. Il comporte des bureaux pour des raisons administratives, des salles de vestiaires et une grande surface qui se compose de plusieurs zones chacune est dédiée à une mission à savoir:

- Préparation des coffrets électriques

- Utilisation des pièces qui sortent du magasin.
- Outillage et pièces de récupération.
- Maquette d'essai des moteurs et variateurs de fréquence.
- Maquette de Charge des condensateurs des modules onduleurs.
- Changement des lampes défectueuses.
- Câblage des armoires électrique.
- Outils de nettoyage.et emplacement des déchets électriques

### 1.5. Process de fabrication de ciment

#### 1.5.1. Qu'est-ce que ciment ?

Les matières premières nécessaires à la production de ciment sont le carbonate de calcium, la silice, l'alumine et le minerai de fer. Elles sont, pour l'essentiel, tirées de la roche calcaire, de la craie, de la marne, du schiste argileux et de l'argile. Ces matières premières sont concassées, puis broyées et mélangées dans des proportions adéquates. Le mélange est ensuite introduit dans un four rotatif et chauffé à une température d'environ 1500 °C pour obtenir du clinker. Broyé avec du gypse, celui-ci permet d'obtenir le ciment. Il est également possible de substituer à certaines matières premières ou d'ajouter en fin du processus de fabrication - d'autres composants : calcaire, laitier broyé, cendres volantes qui proviennent de la combustion du charbon dans les centrales thermiques ou pouzzolane. Cette technique permet notamment de réduire la facture énergétique et les émissions de CO<sub>2</sub> et d'élargir la gamme de produits.



Figure 5 : Différents produits de Ciment

#### 1.5.2. Etapes de fabrication de ciment

Les usines de Ciments du Maroc sont installées à proximité de carrières dont les réserves leur permettent de faire face aux besoins d'exploitation à long terme. La durée de vie moyenne de ces carrières est de l'ordre de 50 ans. La fabrication de ciment suit les étapes suivantes :

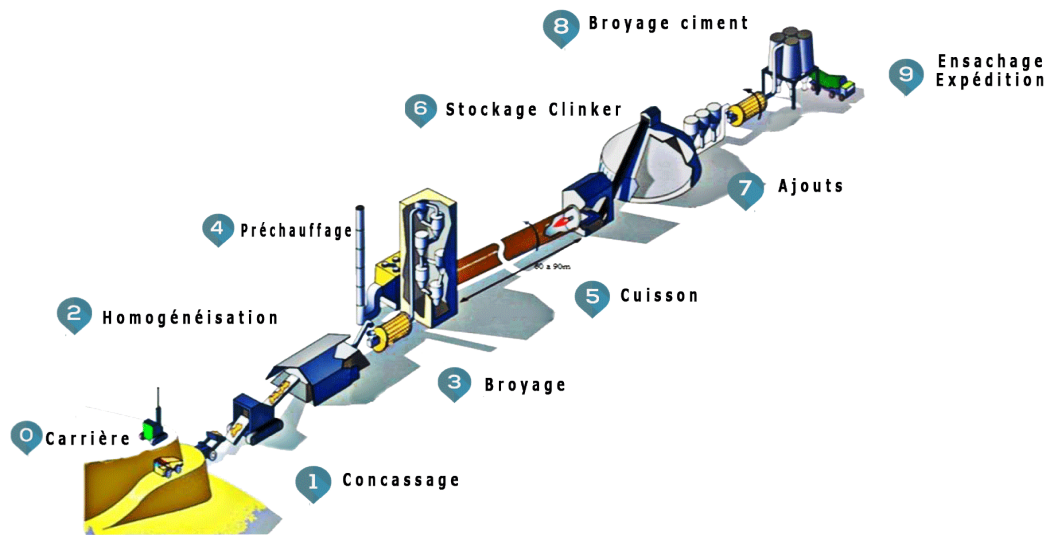


Figure 6 : Etapes de fabrication de Ciment

Les matières premières qui entrent dans la fabrication du ciment sont carbonate de calcium, silice, alumine et minerai de fer, ces derniers sont généralement extraits de roche calcaire, de craie, de schiste ou d'argile. Ces matières premières sont prélevées des carrières par extraction, ensuite broyées mécaniquement. À ce stade, d'autres minéraux sont ajoutés pour corriger la composition chimique du ciment. Le broyage permet de produire le cru de ciment, qui est ensuite préchauffée, placée dans un four où elle est soumise à d'autres procédés. Une fois dans le four, il sera chauffé à environ 1500 °C ce qui correspond à la température de la lave en fusion. À cette température, se forme du clinker, substance qui contient des silicates de calcium hydrauliques. Pour chauffer des matières à une température aussi élevée, il faut produire une flamme de 2000 °C à l'aide de carburants fossiles et de déchets. Le four est incliné de trois degrés par rapport à l'horizontale, ce qui permet à la matière de le traverser en 20 à 30 minutes. À la sortie du four, le clinker est refroidi, avant d'être broyé afin de produire le ciment. Une petite quantité de plâtre est ajoutée au clinker pour réguler le durcissement du ciment. Ce mélange est ensuite moulu très finement pour obtenir du ciment pur. Pendant cette phase, d'autres minéraux, pourraient être ajoutés en plus, ces adjuvants d'origine naturelle ou industrielle sont dosés pour conférer au ciment des propriétés précises : perméabilité réduite, résistance accrue aux sulfates et aux environnements agressifs, maniabilité améliorée, meilleure qualité des finis. Enfin, le ciment est entreposé dans des silos avant d'être expédié en vrac ou en sacs aux chantiers où il sera utilisé.

## 2. Cahier de charge

Cette étape est nécessaire pour définir clairement le cadre du projet et les objectifs à atteindre, je vais commencer par identifier le problème posé pour déterminer le contexte général et le déroulement du projet, ensuite formuler le problème à l'aide d'outil : QQQQCP. Par la suite analyser le problème posé, en commençant par une définition générale et puis la description fonctionnelle de la maquette de test des moteurs et modules redresseurs et celle de charge des capacités des modules redresseurs, ensuite l'analyse fonctionnelle qui comporte les diagrammes : bête à cornes et Gant qui sont des outils puissants pour la bonne gestion du projet.

### 2.1. Contexte

J'ai effectué mon projet fin d'études au sein de Cimenterie AIT BAHA, dans le but d'améliorer et d'automatiser une maquette d'essais des moteurs et modules redresseurs ainsi de développer la maquette de charge des condensateurs des modules onduleurs.

### 2.2. Déroulement du projet

On a mis en place une démarche à suivre pour la réalisation de mon projet, qui se focalise sur les points suivants :

- Présentation et description fonctionnelle de la maquette d'essais des moteurs et redresseurs et celle de charge des condensateurs des modules onduleurs et de leurs fonctionnements.
- Améliorations réalisées au niveau des maquettes.
- Automatisation.
- Supervision SCADA.
- Etude économique.

### 2.3. Objectifs du projet

Les objectifs principaux de projets se présentent comme suite :

- Proposer toutes les améliorations qui peuvent s'ajouter à la maquette d'essais des moteurs et modules redresseurs.
- Automatisation de maquette dans le but de pouvoir la contrôler localement et à distance en faisant à la fin de chaque test un rapport qui englobe toutes les informations nécessaires au test.
- Amélioration de la maquette de charge des condensateurs des modules onduleurs dans le Db but de contrôler d'une manière automatique la durée de charge.

### 2.4. Formulation du problème QQQQCP

Pour bien identifier le cadre dans lequel se déroulera mon projet, l’outil QQQQCP est l’outil adéquat pour la définition du projet, il répond à la problématique en répondant aux questions Qui, Quoi, Ou, Quand, Comment, Pourquoi, ces différents pronoms interrogatifs servent à circonstancier le sujet traité, le tableau 2 présente les réponses à ces différentes questions.

<b>Qui est concerné par le problème ?</b>	Le département électrique
<b>Quel est le problème ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maquette d’essai des moteurs limités en puissance.</li> <li>▪ Difficulté de supervision des caractéristiques actuels du moteur lors de son démarrage.</li> <li>▪ Danger présent lors des essais.</li> <li>▪ Test des moteurs et modules redresseurs d’une manière locale.</li> <li>▪ Difficulté de contrôle du courant absorbé par les capacités et le temps de charge.</li> </ul>
<b>Où se pose le problème ?</b>	Dans l’atelier électrique.
<b>Quand ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lors de réparation d’un moteur ou un module redresseur.</li> <li>▪ Lors d’utilisation d’un variateur de vitesse resté une longue période au magasin.</li> </ul>
<b>Comment ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Danger posé par les moteurs au cours du test, par exemple : court-circuit du bobinage, augmentation brutale de courant du démarrage.</li> <li>▪ Une perte de temps, ce qui revient à un gaspillage en termes de coût.</li> <li>▪ Manque de supervision.</li> </ul>
<b>Pourquoi ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pouvoir contrôler la maquette à distance et de collecter toutes les informations à associées au test afin d’écrire un bilan bien détaillé.</li> <li>▪ Améliorer la maquette de charge des condensateurs. Proposer des améliorations.</li> </ul>

**Tableau 2 : Formulation du problème QQQQCP**

### **3. Analyse fonctionnelle du besoin**

### 3.1. Présentation de la maquette de test des moteurs et redresseurs

La maquette d'essai des moteurs et modules redresseurs se trouve dans l'atelier électrique, elle se compose de deux parties :

- La première partie est dédiée aux moteurs, le test se fait pour savoir les causes principales du défaut afin de le réparer, ensuite, refaire le test pour s'assurer que le moteur fonctionne.
- La deuxième partie est pour le test des modules redresseurs.



Figure 7 : Vue de maquette

#### 3.1.1. Description fonctionnelle de la maquette de test des moteurs

La maquette d'essais des moteurs est un ensemble des appareils électriques qui servent de démarrer progressivement le moteur et afficher le comportement du courant et de tension dans un relai de mesures. Pour essayer un moteur, il faut commencer tout d'abord par tirer les valeurs nominales à partir de sa plaque signalétique, le test se base principalement sur la comparaison de valeur de courant de démarrage par rapport à 30% de la valeur nominale à vide, si elle la dépasse il y'aura une possibilité de défaut au niveau de bobinage. Comme il y'aura plusieurs causes qui peuvent être relevés au cours du test dont on cite : défaut dans les roulements, mauvais isolement des enroulements, déséquilibre des phases, sur-échauffement des bobines, coupure d'une bobine, mauvais serrage de la plaque à bornes, défaut de ventilation du moteur, patte ou arbre du moteur qui pourront être cassés, blocage du moteur.

La maquette contient plusieurs appareils électriques :

**Sectionneur** : c'est un appareil électromécanique de protection qui sert à couper le courant sur une section de ligne électrique pour permettre les réparations.

**Démarrateur progressif** : C'est un dispositif électronique qui permet une adaptation optimale de l'évolution du courant et du couple lors de démarrage, Il sert de démarrer, d'arrêter le moteur et de réguler la tension alternative. Dans l'usine ils utilisent le démarrage progressif de marque SIRIUS.

**Contacteur de ligne** : Un contacteur est un relais électromagnétique qui permet grâce à des contacts de puissance à établir ou interrompre le passage du courant, à partir d'une commande électrique qu'elle est souvent de 24V. Il assure le fonctionnement de moteurs, de résistances ou d'autres récepteurs de fortes puissances.

**Disjoncteur** : C'est un dispositif électromécanique, de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation grâce à son pouvoir de coupure.



Figure 8 : Maquette de test des moteurs

**Relai de mesure** : C'est un dispositif électronique qui permet de lire l'image de courant, grâce aux transformateurs de courant qui sont branchés dans les trois phases de l'entrée du réseau. Il permet d'afficher le courant, le facteur de puissance, le déphasage dans un afficheur numérique.





Figure 9 : Relai de mesures

### 3.1.2. Description fonctionnelle de la maquette d'essai des redresseurs

La maquette d'essai des redresseurs sert à tester les modules redresseurs défailants ou ceux qui restent en arrêt une longue période, afin de localiser les défauts, le test se fait à l'aide d'un dispositif électronique qui s'appelle la carte DSSB de la marque ABB, elle est reliée au module redresseur par un câble connecteur. Cette dernière est capable de détecter les types des défauts et afficher la tension et le courant de chaque phase du module redresseur dans un afficheur. Cette dernière se compose de :

**Afficheur** : De type 7 Segments, il affiche les valeurs des tensions des phases, la tension continue, le courant alternatif...

**Des boutons** : Pour le réglage des paramètres.

**Des Leds** : Pour indiquer l'état du redresseur : Prêt, défaut de : dépassement de température, terre. Elle est alimentée par 24v à partir du module redresseur.

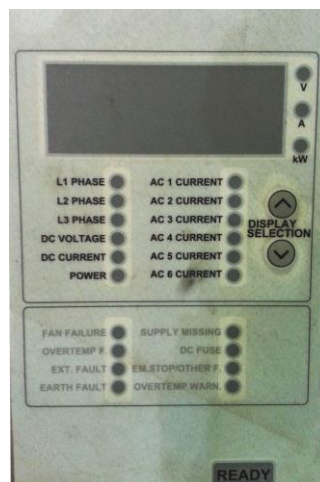


Figure 10 : Carte DSSB

Les modules redresseurs sont alimentés avec le même circuit de puissance que les moteurs qui se compose de sectionneur, contacteur de ligne et disjoncteurs.

### 3.3.1. Présentation de la maquette de charge des condensateurs

La charge des condensateurs est une opération qui s'applique aux variateurs de fréquence, en chargeant leurs capacités intégrées dedans, avec une tension continue lorsqu'il reste en arrêt une

longue durée qui dépasse généralement une année, dans le but d'éviter l'endommagement du variateur lorsqu'il fonctionnera pour la première fois après cette durée. Le fournisseur ABB a proposé plusieurs méthodes pour réaliser cette opération :

➤ **La première méthode :**

Si le variateur de fréquence est en arrêt moins de deux ans. Cette méthode consiste de l'alimenter et d'attendre une durée bien prédéfinie

➤ **La deuxième méthode :**

La charge se fait à l'aide d'un générateur de tension continue qui arrive jusqu'à 1000VDC et qui limite le courant dans les environs de 1A, si ce dernier ne peut pas limiter le courant, il sera nécessaire d'augmenter la tension progressivement, par exemple 100V chaque 5min, le courant recommandé pour le reforming est 500mA et la tension appropriée est  $(1,35... \sqrt{2})U_x$ , telle que  $U_x$  est la tension nominale de variateur .

Voici les étapes à suivre :

- S'assurer que le variateur est déconnecté de toutes les sources de tension continue et alternative.
- Connecter le circuit reforming au variateur de vitesse dans les DC terminales.
- Calculer le courant passant au circuit en ajustant la tension et s'assurer de ne pas dépasser la valeur 500mA en courant.
- Lorsque la durée indiquée dans la figure ci-dessus est terminée, il faut enlever l'alimentation de circuit de reforming.

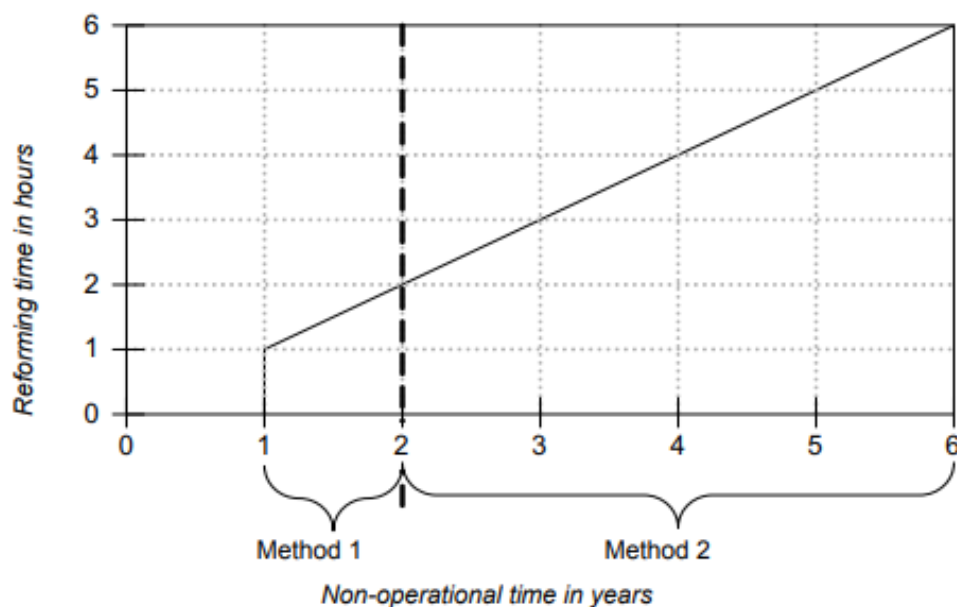


Figure 11 : La durée de charge des condensateurs

L'atelier électrique ne dispose pas d'un générateur de tension qui limite le courant dans les environs de 1A, c'est pour cela ils ont utilisé la deuxième méthode, c'est-à-dire augmentation progressive de tension avec l'observation de comportement du courant, donc ils utilisent comme solution une maquette simple qui est composée d'un transformateur de tension alternative à plusieurs sorties de tensions qui varient entre 75V et 380V et un petit variateur ABB pour exploiter leurs sortie de tension continue qui vaut  $1,3V_x$  telle que  $V_x$  est la tension d'entrée du variateurs.



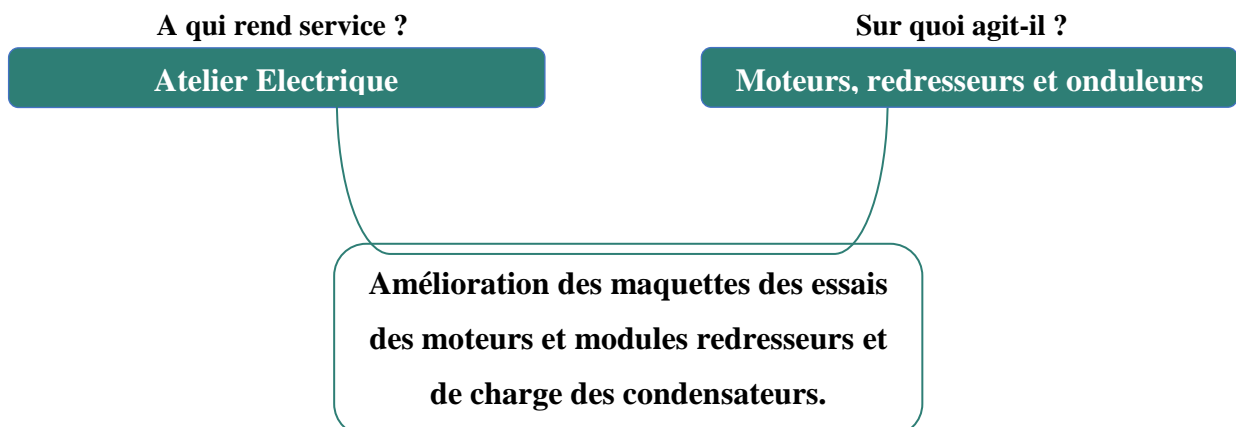
Figure 12 : Maquette de charge des condensateurs

### 3.2. Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui a pour rôle la recherche et la caractérisation des fonctions offertes par un produit afin de satisfaire les besoins de son utilisateur, elle sert à améliorer ce produit. Donc avant de commencer l'étude, il faut commencer par une analyse, pour se faire j'ai utilisé trois outils puissants qui sont : bêtes à cornes et GANT, ils vont m'aider à analyser le projet et de le développer et l'améliorer par la suite.

#### 3.3.2. Diagramme bête à cornes

La bête à cornes est un outil fort dans l'analyse fonctionnelle, il a pour rôle de donner une idée générale d'un service en répondant aux trois questions suivantes :



Dans quel but ?

Avoir un bilan sur les moteurs et les redresseurs à la fin de chaque test d'une manière autonome.

Figure 13 : Diagramme Bête à cornes

### 3.3.3. Diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt est un outil utilisé en gestion de projet, il permet de visualiser dans le temps les diverses tâches composant un projet. Il s'agit d'une représentation, évalué et orienté qui permet de représenter l'avancement du projet.

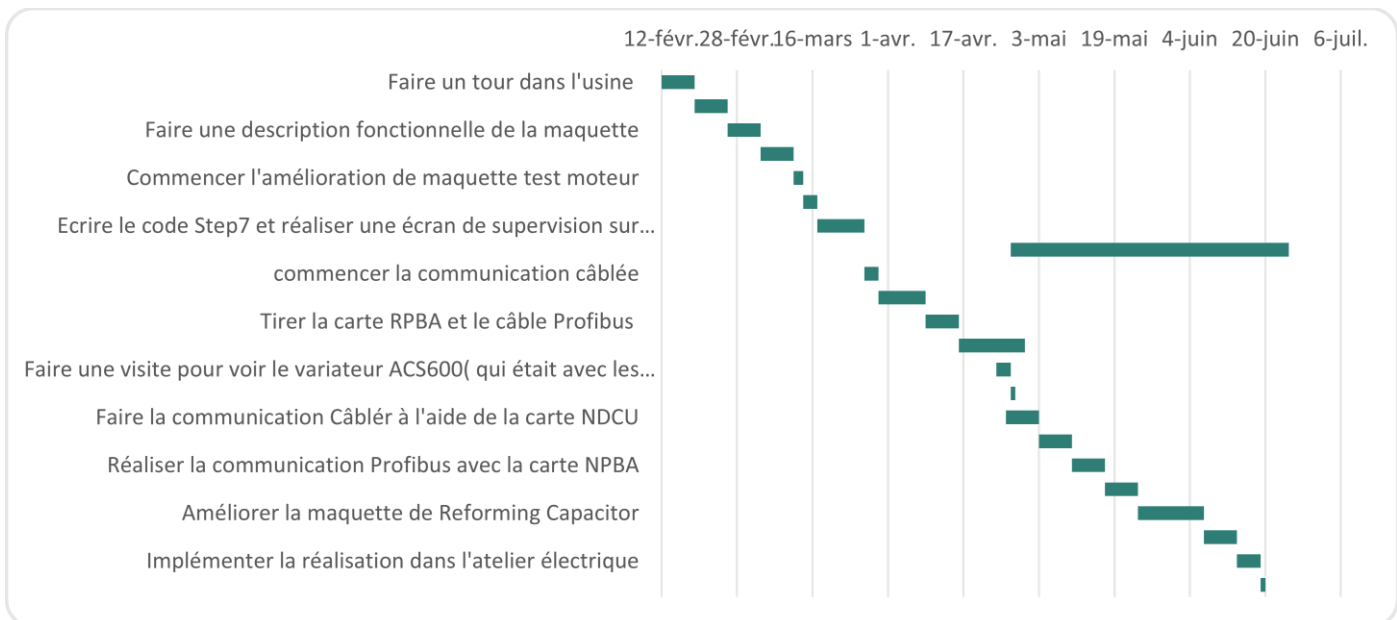


Figure 14 : Diagramme de GANT

# **Chapitre 2**

## Étude et amélioration du projet

## 1. Introduction

L'amélioration continue représente une nécessité très importante dans le monde industriel. Pour l'intégrer dans un environnement de concurrence, l'usine Ait Baha renforce et développe cette politique en se basant sur des bonnes formations qu'elle offre aux cadres, techniciens et même aux opérateurs, pour développer leur esprit de créativité et responsabilité, dans le but d'assurer la qualité et la réduction de coût de processus et d'adopter de nouvelles technologies ce qu'il va la permettre d'être le leader dans le monde industriel.

Ce chapitre sert à détailler toutes les tâches suivies pour répondre à la problématique et remédier aux problèmes relevés au chapitre précédent, et de présenter par la suite les améliorations réalisées pour les maquettes d'essais des moteurs, modules redresseurs et de charge des condensateurs des modules onduleurs à savoir la création d'un réseau Profibus entre l'automate et le variateur, la commande à distance de la carte du test des modules redresseur DSSB, ensuite le contrôle du temps de charge des condensateurs des modules onduleurs. il est divisé en trois parties :

Le test des moteurs consiste à trouver le défaut principal d'un moteur qui a mal à fonctionner afin de pouvoir le réparer par la suite et de rédiger un bilan qui détaille toutes les informations relatives au test pour appliquer la maintenance préventive et donc diminuer les défaillances répétitives.

La première partie de ce chapitre concerne l'amélioration de la maquette de test des moteurs, on va présenter tout d'abord les différents types de démarrage utilisés à l'usine, ensuite proposer les améliorations au niveau du maquette pour pouvoir contrôler la maquette a distance on utilisant deux types de communication a savoir communication a savoir Profibus et câblée .

La deuxième partie consiste à expliquer le principe de fonctionnement du redresseur, spécifier par la suite les redresseurs de la marque ABB et enfin présenter les améliorations nécessaires qu'on a réalisé pour améliorer la maquette de test des modules redresseurs.

La troisième partie est consacrée pour l'étude d'un condensateur soumis à une tension échelon et donner par la suite les différentes améliorations effectuées pour améliorer la maquette de charge de condensateurs des modules onduleurs.

## 2. Amélioration de la maquette de test des moteurs

### 2.1. Les types de démarrage

Les démarrages le plus fréquemment utilisé dans l'usine Ait Baha sont les démarrages étoile triangle et direct, qui exploitent la technologie SIMOCODE, ces derniers sont des petits automates qui gèrent le démarrage de manière à calculer les courants des phases par l'utilisation

d'un transformateur de courant et contrôler l'arrêt et démarrage et le déclencher d'urgence, ensuite vient

les démarrages avec variateur de fréquence et le démarreur progressif. Finalement le démarrage par élimination des résistances qui est utilisé dans les broyeurs car ils demandent un très fort courant dans le début de démarrage.

### 2.1.1. Démarrage direct

Pour réaliser un démarrage direct, on utilise les composants électriques suivants :

**Sectionneur** : Pour isoler et séparer le réseau.

**Contacteur** : pour la commande d'arrivée d'énergie au moteur.

**Fusible** : Pour la protection du moteur contre les courts-circuits.

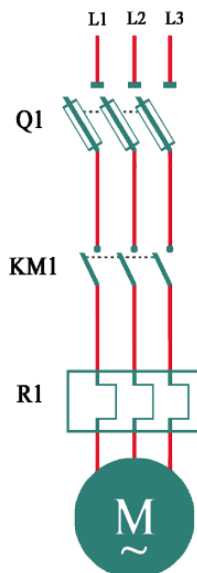


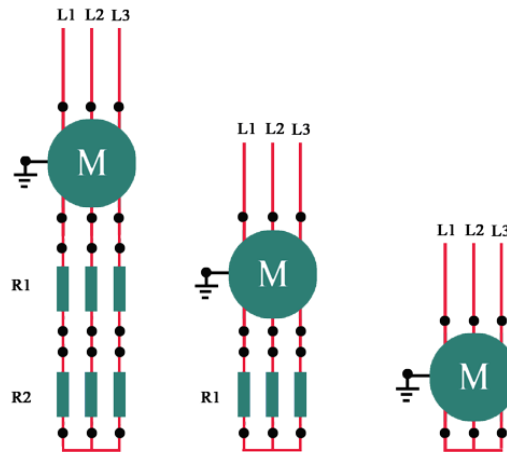
Figure 15 : Démarrage direct

Le démarrage direct se fait uniquement si la puissance du moteur est inférieure à celle du réseau, ce dernier présente une solution simple en appareillage, elle offre un couple important mais elle présente un Inconvénient remarquable au niveau du courant de démarrage qui peut arriver jusqu'à 3 à 15 fois le courant nominal. Enfaite, Lorsqu'on met un moteur sous tension, ce dernier provoque un fort appel du courant, ce qui cause des chutes de tension importantes dans une installation électrique.

### 2.1.2. Démarrage avec élimination des résistances rotoriques

Ce type de démarrage consiste à alimenter le stator par la tension nominale et éliminer les résistances rotoriques. Ce dernier passe par trois phases : **1ère Phase** : Dans un premier temps on fonctionne avec deux groupes de résistances qui sont insérés dans les enroulements du rotor dans le but de réduire l'appel du courant fort au démarrage et d'augmenter le couple de démarrage.

- **2ème phase** : On élimine un groupe de résistance.
- **3ème phase** : Enfin on élimine toutes les résistances.

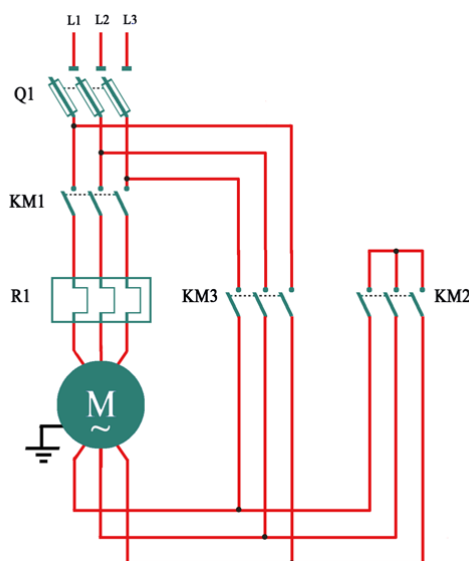


**Figure 16 : Démarrage avec élimination des résistances rotoriques**

Le démarrage avec élimination des résistances rotoriques réduit bien le courant de démarrage mais il présente quand même des inconvénients, il est destiné d'une part qu'aux moteurs à rotor bobiné, d'autre part, il s'agit d'un équipement cher.

### 2.1.3. Démarrage étoile triangle

Le démarrage étoile triangle est fréquemment utilisé dans le monde industriel pour la mise en marche des moteurs électriques asynchrones triphasés. Cette technique est employée afin de diminuer le courant de démarrage direct. Sur les moteurs ayant des puissances très importantes, le démarrage direct entraîne des surcharges sur les ligne d'alimentation et sur les appareils de protection et de commande.



**Figure 17 : Démarrage étoile triangle**

Les étapes pour le démarrage étoile/triangle se font en deux temps :

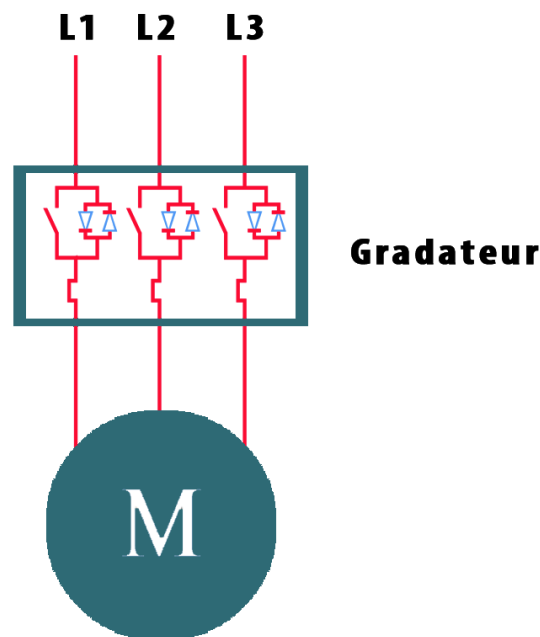


**Premier temps** : le moteur est couplé en étoile, donc la tension appliquée dans chaque phase sera réduite par  $\frac{U}{\sqrt{3}}$  telle que U est la tension composée.

**Deuxième temps** : suppression du couplage étoile, immédiatement suivie du couplage triangle.

#### 2.1.4. Démarrage avec démarreur progressif

Un démarreur progressif s'agit d'un dispositif électronique, il assure le fonctionnement d'un gradateur, il est constitué de trois paires de Triac, cela permet de démarrer et d'arrêter le moteur, et de réguler la tension alternative en changeant l'angle d'amorçage à chaque demi cycle.



**Figure 18 : Démarrage avec démarreur progressif**

Un gradateur est un appareil de commande et de contrôle de puissance absorbé par un récepteur dans le régime alternatif, il est constitué de deux parties :

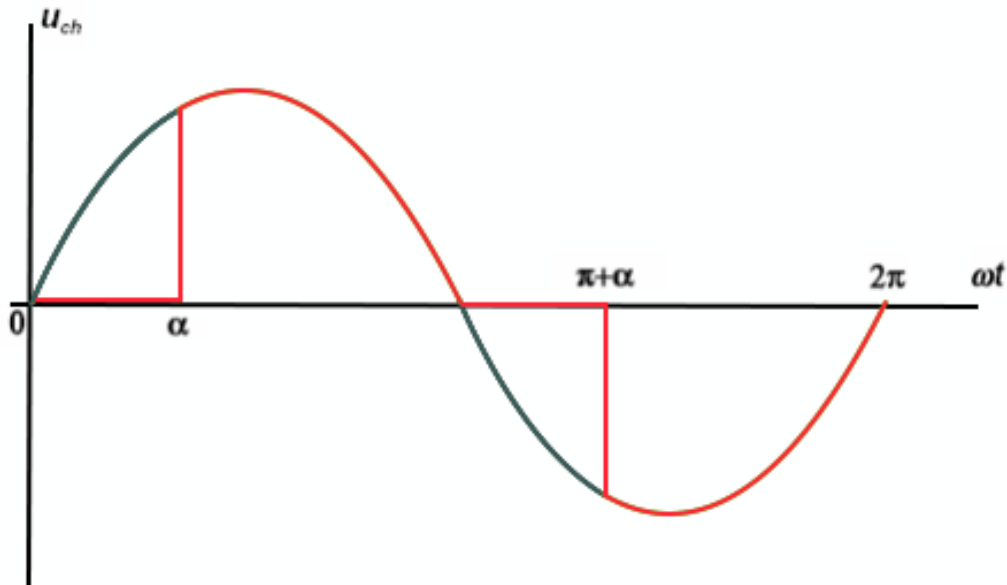
- Partie de puissance qui est composée de deux thyristors montés <tête-bêche> pour les fortes puissances et d'un triac pour les faibles puissances.
- Partie constituée d'un circuit électronique qui permet d'élaborer les signaux de commande aux thyristors.

Grâce au type de commande, on distingue deux types de gradateurs :

##### ➤ **Gradateur à angle de phase**

Dans ce type, le gradateur est alimenté par une tension sinusoïdale de fréquence et valeur efficace constante, on obtient dans la sortie une tension non sinusoïdale de même fréquence que la tension d'entrée et de valeur efficace réglable.

Le signal de commande s'agit d'un signal analogique, alors l'amorçage de premier thyristor commence durant l'alternance positive avec un angle de retard  $\alpha$ , le même cas pour le deuxième thyristor qui s'amorce dans l'alternance négative par le même retard  $\alpha$ , on obtient comme résultat le signal non sinusoïdal.



**Figure 19 : Signal de sortie de gradateur à angle de phase**

La valeur efficace change suivant le temps de retard comme indique les équations 1 et 2.

$$U_{ch} = U_{source} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (1)$$

- Valeur de la tension efficace aux bornes de la charge

Avec  $U_{source}$  est la tension efficace fournie par la source et  $\alpha$  est l'angle d'amorçage.

$$P_{moy} = \frac{U_{ch}^2}{R} = \frac{U_{source}^2}{R} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}\right) \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}} \quad (2)$$

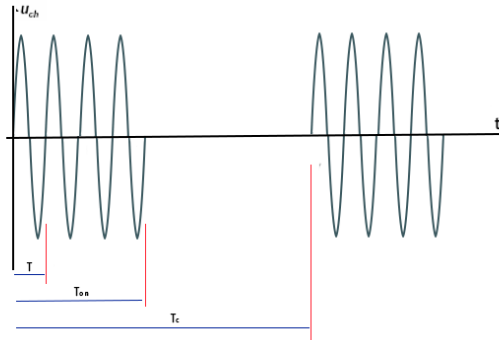
- Puissance moyenne dissipée dans la charge

Avec  $R$  est la résistance de la charge.

Le gradateur à angle de phase présente un inconvénient au niveau de la tension aux bornes du récepteur n'est pas sinusoïdale, donc un courant non sinusoïdal aussi, d'où la présence des fortes harmoniques de courant absorbés.

➤ **Gradateur à train d'ondes :**

Le gradateur est alimenté par une tension sinusoïdale de valeur efficace constante, il fournit à sa sortie un train d'onde, de valeur efficace réglable. Ce type de gradateur amorce les deux thyristors au même temps de manière continue pendant une période de temps  $T$  appelée  $T_{on}$ . Par la suite, ils sont bloqués jusqu'à la fin de période de signal de commande



**Figure 20 : Signal de sortie d'un gradateur à train d'ondes**

$$U_{ch} = U_{source} \sqrt{\beta} \quad (3)$$

- Valeur de la tension efficace aux bornes de la charge :

Avec  $U_{source}$  est la tension efficace fournie par la source et  $\beta$  est le rapport cyclique telle que

$$\beta = \frac{T_{on}}{T_c}$$

$$P_{moy} = \frac{\beta \times U_{source}^2}{R} \quad (4)$$

- Puissance moyenne dissipée dans la charge :

Ce type de gradateur présente les avantages au niveau des courants harmoniques qui seront nuls car le signal est sinusoïdal.

### 2.1.5. Démarrage avec variateur de fréquence

Un variateur de fréquence s'agit d'un dispositif électronique qui sert à modifier la fréquence du réseau qui vaut 50 Hz pour moduler la vitesse d'un moteur d'une manière régulière tout en maintenant un couple constant, il sert également à limiter le courant de démarrage qui peut atteindre plusieurs fois le courant nominale du moteur. Il peut s'appliquer aux moteurs de différentes puissances, il comporte :

**Un redresseur** qui fait la conversion de la tension alternative triphasée en tension continue.

**Un onduleur** pour convertir la tension continue en tension alternative.

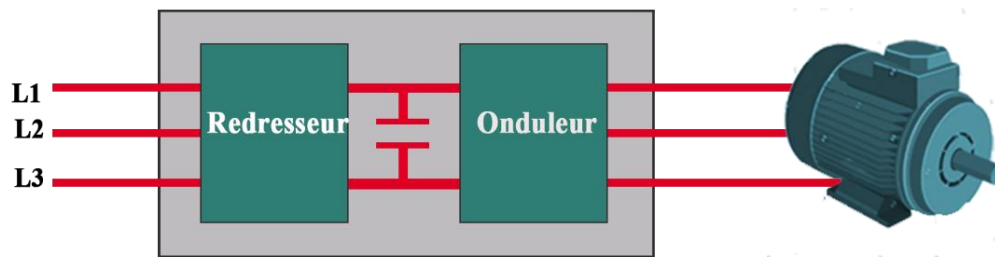


Figure 21 : Schéma simplifié du variateur de fréquence

## 2.2. Améliorations pour le test des moteurs

### 2.2.1. Introduction

Dans le cas d'utilisation d'un démarrage direct, le comportement caractéristique du courant et de couple du moteur triphasé asynchrone peut produire un effet perturbateur sur le réseau, s'il n'est pas bien dimensionné pour résister une absorption du courant fort généré lors du démarrage qui peut généralement atteindre une valeur de 3 à 15 fois supérieure au courant nominal du moteur, cette valeur peut endommager les appareils de protection du moteur à savoir disjoncteur, sectionneur, relai thermique, contacteur, et donc risquer la défaillance du moteur, c'est pour cela que les techniciens utilisaient un démarreur progressif, mais ce dernier a des inconvénients qui se présentent d'une part dans sa puissance limitée [75Kw 250Kw] ; il ne peut pas donc démarrer tous les types des moteurs, d'autre part, le démarrage du démarreur progressif se fait par une rampe, c'est-à-dire la vitesse du moteur passe du zéro à la valeur nominale dans un temps très court, ce qui ne donne pas la possibilité du contrôle de vitesse.

Nous avons pensé alors de trouver une solution améliorante qui évite tous les inconvénients que présente le démarreur progressif en assurant le meilleur fonctionnement de la maquette de test des moteurs. Notre solution consiste à remplacer ce dernier par un variateur de fréquence de la marque ABB et de puissance 75 Kw, vue aux avantages qu'il offre lors de son fonctionnement, ce qui lui donne la possibilité de tester tous les types des moteurs. On va alors établir la communication entre le variateur de fréquence et l'automate programmable industriel en utilisant deux types de communication, la première avec câble Profibus, l'autre en utilisant la liaison filaire.

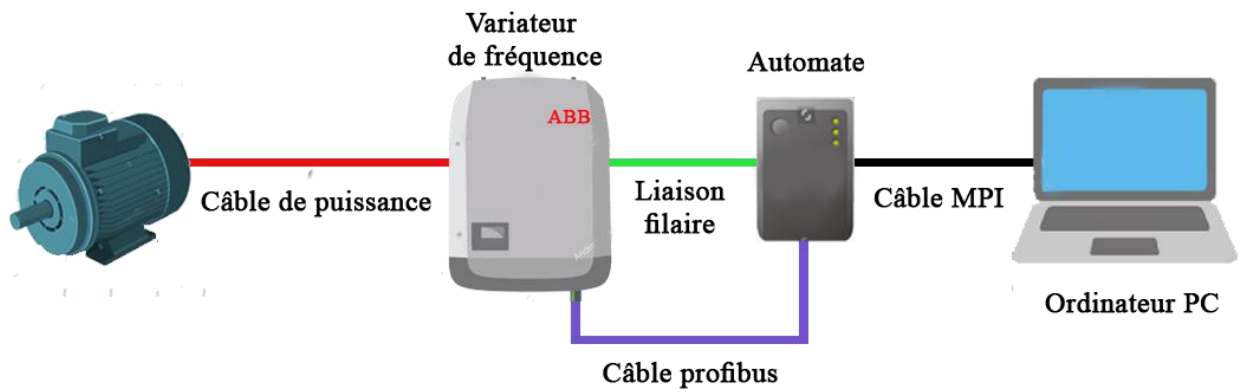


Figure 22 : Schéma d'amélioration de la maquette de test des moteurs

### 2.2.2. Définition du Variateur de fréquence ABB ACS600

L'usine dispose des variateurs de fréquence de la marque ABB, on a utilisé un variateur de fréquence type ACS600 de puissance 75KW figure 26.



Figure 23 : Variateur de fréquence de marque ABB ACS600

Le variateur de fréquence ACS600 peut être contrôlé par plusieurs méthodes :

**Une micro-console intelligente :** Elle simplifie le paramétrage du variateur, elle est alphanumérique et multilingue, elle intègre tous les paramètres nécessaires pour le fonctionnement du variateur qui aident l'utilisateur de modifier les paramètres selon son besoin, elle sert aussi à la consignation des défauts, elle peut démarrer ou arrêter le moteur, définir la vitesse de référence, insérer les valeurs nominales.



**Figure 24 : micro-console intelligente**

**Raccordement filaire traditionnel :** Qui assure la communication câblée avec l'automate programmable.

**Réseau Profibus :** Pour établir la communication Profibus avec l'automate programmable.

### 2.2.3. Mode de fonctionnement

L'ACS600 fonctionne avec deux modes de fonctionnement : DTC et SCALAIRE.

**Le mode DTC :** comme son nom l'indique, control direct de couple, dans ce mode, le variateur cherche à contrôler d'une manière directe le débit du moteur et le couple. Si on choisit ce mode, il faut s'assurer que le courant nominal du moteur à tester est compris entre 1/6 et 2 fois le courant nominal du variateur.

**Le mode scalaire :** le variateur est commandé avec une référence de fréquence, si on désire utiliser ce mode, il faut que le courant nominal de moteur compris entre 0 et 2 fois le courant nominal du variateur.

### 2.2.4. Cartes de communication de variateur ACS600

On peut intégrer dans L'ACS600 plusieurs types de cartes de communications électroniques pour différents fonctionnements, qui utilisent les technologies innovantes à savoir Profibus, Ethernet et la fibre optique ; NPBA, RPBA, ainsi des cartes qui se commandent localement par des simples fils à savoir NIOC, RMIO, RDCU, NAMC. Pour établir la communication maître esclave, on a utilisé les cartes NDCU et NPBA vue qu'elles sont disponibles au magasin.

La carte NDCU se compose de deux modules :

- **Le module NIOC** qui s'agit d'un module d'entrées/sorties, c'est à travers elle qu'on peut réaliser une communication avec l'automate programmable. Elle comporte 6 entrées et 3 sorties logiques, 3 entrées et deux sorties analogiques.

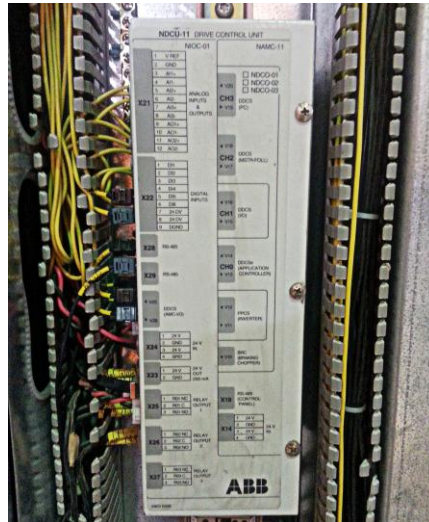


Figure 25 : Carte NDCU

- **Le module NAMC** qui sert à la liaison en fibre optique avec tous les modules optionnels du variateur de fréquence, il est lié à ce dernier grâce à la liaison PPCS qui sert au contrôle de variateur, comme il est lié avec les autres modules grâce à ses différentes chaînes.

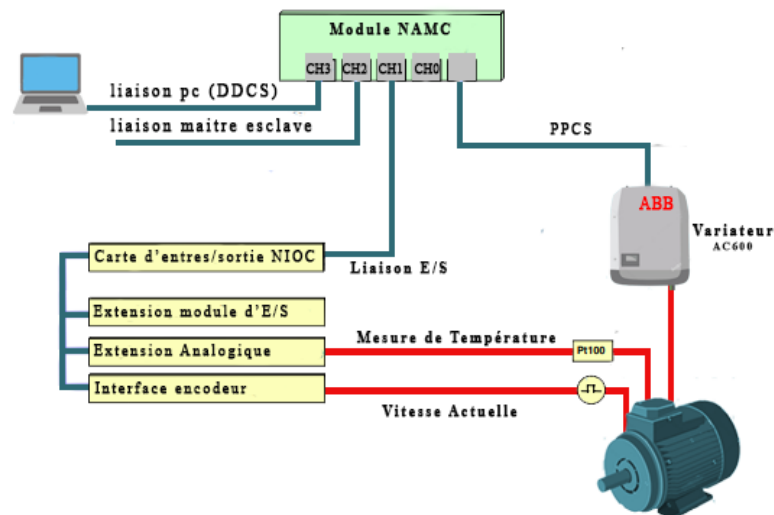


Figure 26 : Module NAMC

**Chaîne 1** : Liaison fibre optique DDCS avec la carte d'entrées sorties NIOC, cette dernière peut être liée à une extension analogique qui permet la mesure de température du moteur grâce à un capteur PT100 par exemple, comme il peut être liée à l'interface encodeur qui permet de lire la vitesse actuelle du moteur.

**Chaîne 2** : Liaison fibre optique avec la carte NPBA qui permet la communication Profibus maître esclave.

**Chaîne 3** : Liaison fibre optique DDCS avec l'ordinateur pc qui permet de changer la configuration de la carte NIOC à l'aide du logiciel DriveWindow.

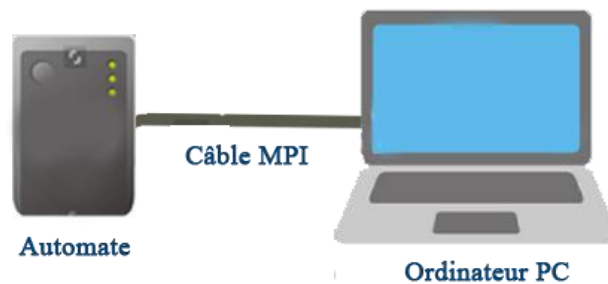
### 2.2.5. Types de communications

Pour établir la communication entre l'ordinateur et un automate programmable, on a utilisé la carte MPI qui sera incluse dans l'unité centrale d'ordinateur, cette dernière est connectée à l'automate programmable à l'aide du câble MPI.



**Figure 27 : Carte MPI**

Notre travail consiste d'automatiser le variateur de fréquence en faisant la communication entre ce dernier et l'automate programmable en utilisant deux types de communication : câblée et Profibus.



**Figure 28 : Communication en MPI**

#### ➤ **Communication câblée :**

On a automatisé le variateur à l'aide de la communication câblée en utilisant la carte de commande des moteurs et d'entrées et sorties.

La carte NIOC comporte six entrées et trois sorties logiques, trois entrées et deux sorties analogiques, mais on va présenter que celles qui vont être utilisés dans la communication.

#### ▪ **Entrées logiques**

**DI1** : démarrer et arrêter le moteur.

**DI2** : changer le sens du moteur.



**DI5 et DI6** : sélectionner trois vitesses différentes.

- **Sorties logiques**

**RO1** : indiquer le prêt

**RO2** : indiquer l'ordre de marche

**RO3** : indiquer le défaut

- **Entrées analogiques**

**AI1** : insérer la vitesse de référence

- **Sorties analogiques**

**AO1** : lire la vitesse du moteur

**AO2** : lire le courant de phase du moteur

- **Communication Profibus :**

Profibus est une norme de communication qui a été créée par German *department of education and research* en 1989, puis utilisé par Siemens dans le monde industriel, cette technologie est publiée dans le cadre de la norme CET 61158.

Aujourd'hui il existe deux fameux Profibus utilisés dans le monde industriel : Profibus DP qui est le plus utilisé et Profibus PA qui est le moins utilisé.



**Figure 29 : Câble Profibus**

### **Types de profibus :**

Profibus se caractérise par deux types de transmission appelés profils de communication :

- **Profibus DP** : utilisé pour animer les actionneurs et les capteurs à travers un équipement de contrôle centralisé, sa vitesse de transmission arrive jusqu'à 12Mb/s.
- **Profibus PA** : utilisé pour surveiller les équipements de mesure à travers un système de contrôle de processus dans des applications d'automatisation de processus, et la vitesse est plus au moins faible par rapport à la technologie Profibus DP, elle est dans les environs de 31,2 kbit/s.

### **Protocole de communication :**

Comme toutes les technologies de communication, le Profibus définit un protocole de communication, modèle OSI qui se divise par plusieurs couches, chacune avec son rôle, il commence par la couche physique qui englobe tous les outils physiques qui permettent de

transférer les données afin de traverser toutes les couches étape par étape jusqu'au dernier, qui se présente par la couche application qui définit toute sorte d'application de traitement des informations au niveau logiciel, pour le Profibus il y a trois types :

**DP-V0** : échange cyclique de données et le diagnostic

**DP-V1** : échange de données acycliques et la gestion des alarmes

**DP-V2** : communication esclave-esclave

7	Application	DPV0	DPV1	DPV2	Management
6	Présentation				
5	Session				
4	Transport				
3	Network				
2	Data link	FDL			
1	Physical	EIA-485	OPTICAL	MBP	

**Tableau 3 : Modèle OSI**

### **Câble de communication :**

On peut distinguer entre les câbles de communication des deux technologies : PA et DP, par la couleur de leur câble ; le PA est caractérisé par son support de couleur bleue, par contre le DP est reconnaissable par sa couleur violette.

### **Connecteur :**

En générale, dans la communication Profibus, les connecteurs utilisés sont de type D-subminiature

ou D-sub qui sont couramment connues par Sub-D, ils sont très répandus pour la connexion de matériel informatique.

Il contient deux à quatre rangées parallèles de broches qui sont entourés par un métal blindé en forme de D pour faciliter l'orientation, il joue aussi le rôle de protection contre les bruits électromagnétiques qui viennent de l'extérieur.



**Figure 30: Connecteur Sub-D**

### **2.2.6. Communication Profibus à l'aide de module adaptateur NPBA**

La carte NPBA est un module électronique optionnelle pour les variateur ABB, il est adapté pour faire une connexion entre le variateur qui est considéré comme un esclave et un automate programmable considéré comme un maitre, à l'aide d'un réseau Profibus DP.

Grâce à NPBA-12 PROFIBUS DP, le module a la possibilité de :

- Donner une commande de contrôle pour variateur (Démarrer, arrêter, prêt ...).
- Définir une valeur de vitesse souhaitée.
- Lire les valeurs actuelles (Vitesse, fréquence, couple, température...)
- Changer les paramètres du variateur
- Reseter les défauts apparus



**Figure 31 : la carte NPBA**

La carte NPBA est reliée avec la carte NDCU à l'aide de la fibre optique qui est reliée à son tour avec la carte mère de variateur IGBT par la fibre optique.

La configuration de l'automate qui est considéré le maître nécessite un type de définition GSD, c'est un fichier qui permet de créer un langage commun maître-esclave pour établir la communication. Son utilisation permet de disposer de toute l'information nécessaire à l'intégration fonctionnelle d'un équipement dans le réseau.

#### **2.2.6.1. Installation électrique et mécanique**

Pour installer électriquement et mécaniquement la carte NPBA, on suit ces étapes :

- Alimenter la carte par une source interne ou externe de 24V.
- Connecter la carte NPBA et la carte NAMC par la fibre optique.
- Mettre la résistance de terminaison dans la position ON pour assurer la terminaison vue qu'il n'y a pas d'autre carte à mettre en série.
- Connecter le câble Profibus

#### **2.2.6.2. Configuration du variateur**

Pour configurer le variateur, il faut poursuivre les étapes suivantes :

- Alimentation du variateur

- Définition de tous les paramètres nécessaires afin de configurer le NPBA.
- La carte NPBA utilise Data-consistent communication, ça veut dire que toutes les informations se transmettent dans un seul cycle programme. Certains APIs utilisent impérativement les fonctions SFC14 et SCF15 pour transmettre le télégramme de data-consistent.

### 2.2.6.3. Configuration de la carte NPBA et le variateur

Ce chapitre présente les informations nécessaires pour configurer le maître et le variateur pour réussir la communication à l'aide de Profibus NPBA-12.

La configuration de maître nécessite un type de définition sous forme d'un fichier GSD. Pour la communication DP, le fichier est valable sur le site internet [www.profibus.com](http://www.profibus.com) ou bien dans le site officiel ABB, le nom de fichier est ABB\_6012.GSD.

Après avoir bien installé mécaniquement et électriquement le module NPBA, il faut définir certains paramètres dans la console du variateur afin d'avoir une bonne communication, il faut noter aussi que les paramètres ne sont pas uniques pour tous les types de variateurs, donc on va définir les paramètres associés au variateur ABB ACS600 dans le tableau 4.

**MODULE TYPE** : représenter le type de module qui est détecté par le variateur, il n'est pas ajustable par l'utilisateur, dans notre cas, c'est NPBA 12.

**NODE ADDRESS** : chaque équipement dans un réseau industriel à savoir Profibus DP a une adresse unique, on peut dire c'est l'identité du variateur dans un réseau.

**BAUD RATE** : indique la vitesse de transmission des données en Mbit/s ou Kbit/s.

**PPO-TYPE** : indique le type de télégramme utilisé, il y a 5 types de PPO-type, il présente la trame qui comporte les informations entre les maîtres et les esclaves.

**DP MODE** : indique le protocole version, il prend DP-V0 ou DP-V1.

**NO.OF DATA SETS** : ce paramètre définit le nombre des données envoyés dans chaque direction dans le télégramme PPO, si par exemple il est en 1 donc les données se transmettent uniquement de maître vers l'esclave par contre s'il est configuré sur la valeur 2 les données se transmettent dans les deux sens.

**CUT-OFF TIMEOUT** : ce paramètre définit le comportement de la carte de communication NPBA dans le cas où elle ne reçoit aucun message à partir du Profibus, s'il vaut 0, la carte NPBA envoie cycliquement l'état valide précédent de control word et les références au variateur jusqu'à ce qu'il reçoive une nouvelle valeur. Par contre s'il est entre 1 et 255 la carte arrête la communication.

**COMM PROFILE** : il contient deux paramètres ABB DRIVES ou bien CSA 2.8/3.0, il dépend du type de software version du variateur.

**CONTROL ZERO MODE** : ce paramètre définit le comportement de la carte NPBA dans le cas où le télégramme contient uniquement des zéros, dans ce cas le variateur change l'état de démarrage vers l'arrêt, il contient deux sous paramètres : STOP qui signifie en générale l'arrêt du variateur ou bien FREEZE qui envoie la dernière valeur de référence de vitesse au variateur.

**CONTROL LOCATION** : le variateur peut recevoir les données par plusieurs sources : les entrées analogiques et numériques ou par un câble Profibus DP, donc ce paramètre détermine la source de chaque type de contrôle d'information, afin de donner au maître la commande totale au variateur.

N° Paramètre	Paramètre	Valeur
51.01	MODULE TYPE	NPBA 12 V1.2
51.04	NODE ADDRESS	42
52.02	BAUDE RATE	9600 Mbits/s
51.03	PPO TYPE	PPO5
51.05	NO.OF DATA SETS	FBA DSET1
51.07	CUT-OFF TIMEOUT	30
51.08	COMM PROFILE	ABB DRIVE
51.09	CONTROL ZERO MODE	STOP
11.02	CONTROL LOCATION	EXT1

**Tableau 4 : Paramètre du variateur ACS600**

#### 2.2.6.4. Communication avec la carte NPBA

La carte NPBA supporte le protocole Profibus-DP sous la norme EN 50170. Profibus-DP est une distribution d'entrées sorties qui permet au maître d'utiliser un large nombre de périphériques modules.

Les données se transmettent de manière cyclique ça veut dire que le maître lit les informations envoyées par un périphérique à savoir un variateur, par la suite envoie une réponse à l'esclave.

Le protocole Profibus DP utilise les PPO dans la communication cyclique avec des différents types de PPO, ce protocole utilise le SAP pour initialiser la communication Profibus.

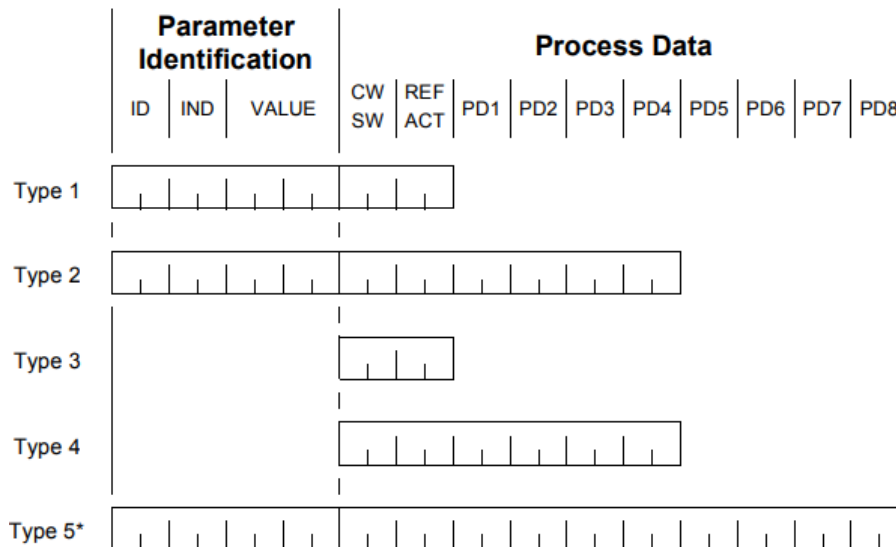


Figure 32 : les types des PPO

Chaque type PPO comporte une trame différente au niveau des paramètres. La trame comporte le paramètre d'identification et les données de processus.

➤ **Paramètres d'identification**

C'est le début de la trame à envoyer, il est caractérisé par :

**Id** : Paramètre d'identification.

**Index** : l'index qui se présente dans un mot, il contient le mot MSB du numéro de paramètre, par exemple si on veut le paramètre de vitesse constante qui a comme paramètre 12.02, on multiplie cette dernière par 100, on obtient alors 1202, qui vaut en hexadécimale 04B2. L'index vaut alors 04.

**Value** : elle contient deux mots, le LSB de numéro de paramètre. Pour l'exemple précédent, la value vaut alors B200.

➤ **Données de processus**

Ce sont les données transmises entre le maître et l'esclave, il est caractérisé par :

**CW et SW** : Contrôler et afficher l'état du variateur, il vaut 047F en hexadécimal si la communication est réussite.

**REF** : Référence de vitesse.

**ACT** : La valeur actuelle de vitesse.

**PD** : c'est là où on écrit le numéro de paramètre qu'on veut lire ou écrire.

L'amélioration réalisée au niveau de la maquette de test des moteurs est présentée dans la figure 36.

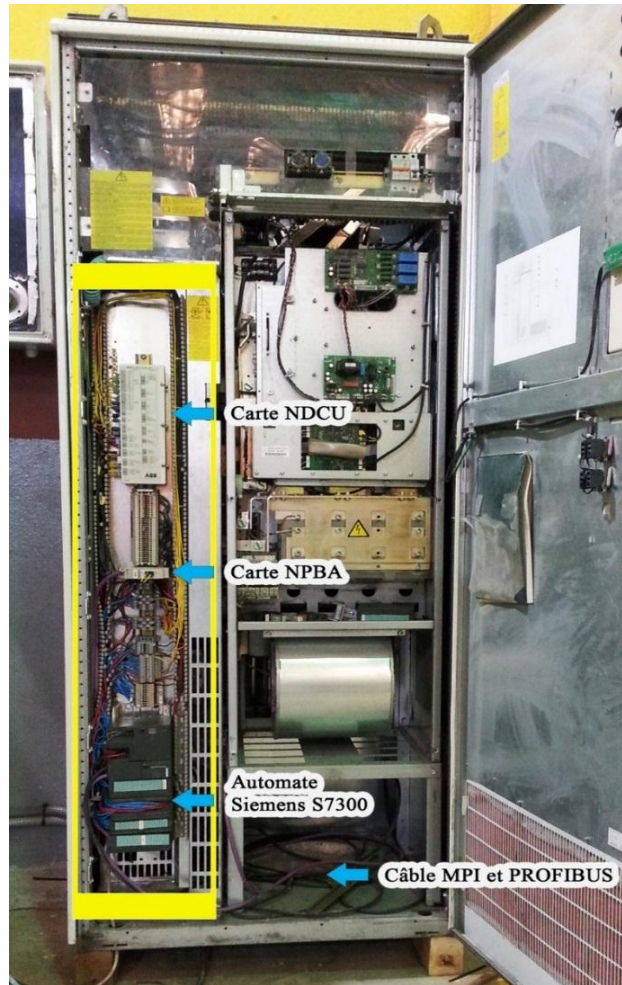


Figure 33 : Améliorations pour la maquette de test des moteurs

### 2.2.7. Amélioration au niveau de sécurité

Le monde industriel présente des vrais risques pour les personnes, une petite faute de leurs part peut les tuer ou détruire leurs vie , c'est pour cette raison que ciment du Maroc exige la priorité de l'aspect de sécurité dans toutes ses activités en offrant d'une part des formations aux opérateurs, techniciens et ingénieurs, et le matériel nécessaire pour tout type de maintenance telle que les tapis d'isolation de terre, le respect des consignes à suivre pour la réparation d'une machine..., d'autre part, elle impose à toute personne qui se trouve à l'intérieur d'usine, de porter ses équipements de protection individuels et d'être conscient de tous les dangers que présente tous les équipements industriels.

Pour garantir la sécurité, l'entreprise a intégré un département de sécurité, qui impose de respecter toutes les normes qu'obligent l'entreprise afin de diminuer les incidents catastrophiques qui peuvent causer des dégâts mortels, comme elle utilise des moyens de sensibilisation des employés à savoir offrir un cadeau chaque année à celui qui respecte le plus tous les normes de sécurité.

Ils existent plusieurs moyens pour assurer la sécurité dans l'usine à savoir l'utilisation des gyrophares. Il s'agit d'un avertisseur lumineux qui permet de clignoter et tourner dans le but d'indiquer un type d'alarme. Les industries exploitent les gyrophares pour garantir la sécurité des personnes, ils l'utilisent dans les véhicules de transmission, à côté des installations... ce dernier est exploitable aussi dans les véhicules de pompiers, gendarmerie, police et sur les ambulances. Pour inclure les normes de sécurité dans mon projet, on a intégré un gyrophare dans l'installation, qui va permettre aux techniciens d'être au courant à chaque fois qu'ils veulent faire un test d'un moteur ou d'un module redresseur. Le gyrophare va clignoter pour indiquer que l'accès à la zone de test nécessite une permission.



**Figure 34: Maquette avec gyrophare**

Finalement, les améliorations finales réalisées pour la maquette d'essais des moteurs se présentent dans la figure 37. D'une part, on a exploité l'armoire d'ACS600 pour positionner tous les équipements, d'une part on a ajouté l'automate programmable qui sera relié aux différentes cartes intégrées du variateurs, on a utilisé des borniers pour organiser le câblage et enfin positionner un gyrophare de couleur rouge en haut d'armoire, pour qu'il soit visible par tout le monde, ce dernier reçoit la commande d'automate qui lui fournit 24V à l'aide d'un relai



de protection. Il fonctionne avec une tension de 220V. Enfin, on a enlevé toutes les armoires qui se trouvaient précédemment pour que l'entreprise l'exploite dans d'autres installations.

### 3. Amélioration de la maquette de test des redresseurs

#### 3.1. Introduction

Pour convertir un signal alternatif en continu, on utilise le redresseur, il est utilisé dans les basses tensions et dans les hautes tensions, cependant, il existe plusieurs marques des modules redresseurs, mais la plupart des redresseurs qui existent dans l'usine sont de la marque ABB.

Cette partie sera consacrée à l'amélioration de la maquette de test des redresseurs, on va commencer par une explication du fonctionnement de redresseur, ensuite spécifier le redresseur de la marque ABB et la carte du test DSSB en expliquant ses blocks et enfin l'amélioration.

#### 3.2. Principe de fonctionnement du redresseur

Le redresseur assure la conversion d'une grandeur alternative en continue, il existe sous forme de plusieurs types :

- **Redresseur non commandé** : Il utilise des diodes.
- **Redresseur commandé** : Il utilise des thyristors.
- **Redresseur mixte** : Il utilise des thyristors et des diodes.

On distingue différents montages pour les redresseurs : Montage parallèle, Montage double parallèle, Montage série.

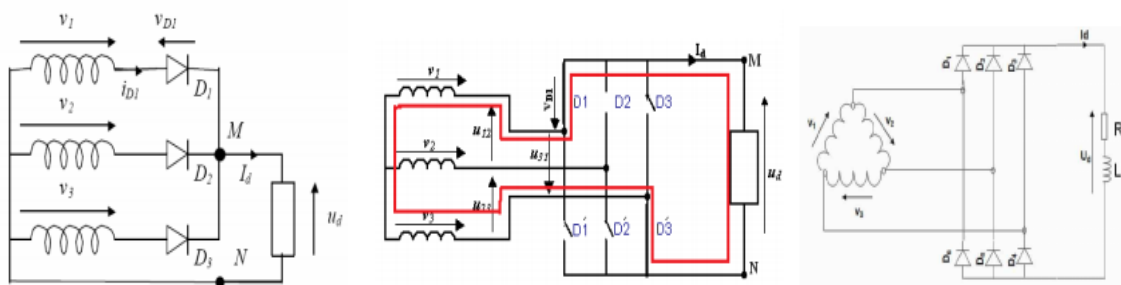


Figure 35: Montages P3, PD3, S3

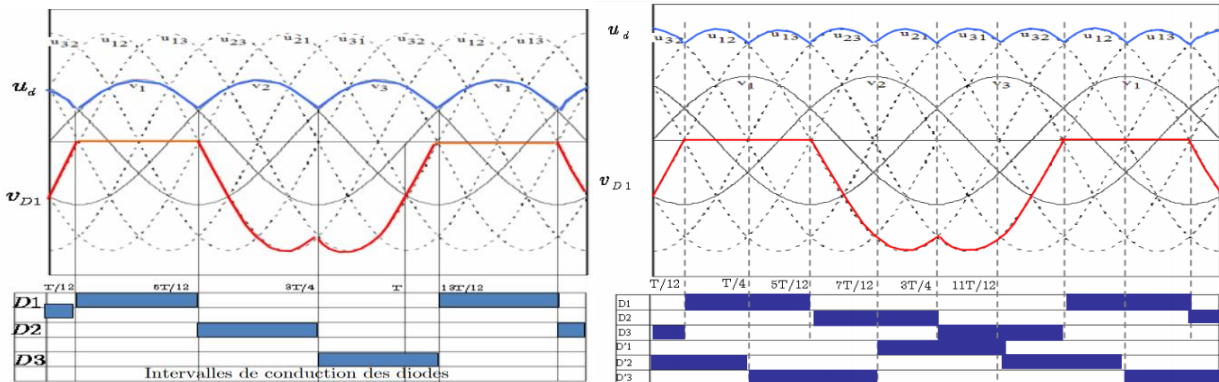
Les trois types de montages assurent le même principe de fonctionnement :

- La diode reliée au potentiel le plus élevé est passante, les autres sont bloquées.
- La tension redressée  $U_d$  est égale à la plus grande différence entre les tensions d'entrée, par exemple, pour le montage PD3, si  $V_1 > V_2 > V_3$ , alors  $D_1$  et  $D_3'$  qui vont être conduites et donc  $U_d = V_1 - V_3$ .

Avec  $V_1 = \sqrt{2} V_{eff} \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$ ,  $V_2 = \sqrt{2} V_{eff} \cos\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{3}\right)$  et  $V_3 = \sqrt{2} V_{eff} \cos\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{4\pi}{3}\right)$

- Chaque instant une diode est passante, le courant qui la traverse vaut  $I_d$ , si elle est bloquée le courant est nul.

Selon le type du montage, on obtient en sortie les courbes présentées dans la figure 39 :



**Figure 36: Tension redressée des montage P3, PD3**

➤ Pour le montage P3, la tension moyenne redressée est de période  $\frac{T}{3}$ , telle que :

$$U_{dm} = \sqrt{2} V_{eff} \frac{\sin \frac{\pi}{3}}{\frac{\pi}{3}} \quad (5)$$

Avec  $V_{eff}$  est la valeur efficace de signal à redresser

➤ Pour le montage PD3, la tension moyenne redressée est de période  $\frac{T}{6}$ , telle que :

$$U_{dm} = U_{max} \frac{\sin \frac{\pi}{6}}{\frac{\pi}{6}} \quad (6)$$

Avec  $U_{max} = \sqrt{2} V_{eff}$

### 3.3. Redresseur ABB

Les redresseurs ABB montrés sur la figure 40 sont les modules les plus utilisés dans l'usine Ait Baha car ils offrent une technologie de haute performance avec un très bon rapport qualité/prix, ces modules sont très faciles au niveau de maintenance car ils viennent comme un module complet indépendant qui peut être mis en série avec un module onduleur d'une façon facile et rapide, c'est pour cette raison que lorsqu'il apparaît une défaillance, il sera facile de faire des interventions d'une manière à réduire le temps de maintenance, par conséquent de diminuer le temps d'arrêt de production, donc il offre la possibilité de travailler sur les variateurs de fréquences en séparant les deux modules redresseurs et onduleurs, et aussi de réduire des espaces occupés et d'utiliser moins de fils.



**Figure 37 : Modules redresseurs ABB**

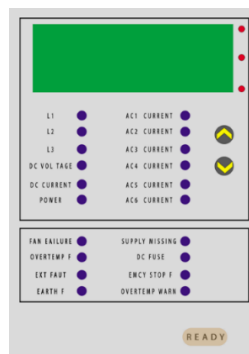
### 3.4. Test du redresseur

Les modules redresseurs sont présents dans toutes les installations électriques qui nécessitent une variation de fréquence des moteurs, mais ces derniers peuvent avoir des défaillances de temps à autre, pour les réparer, il sera nécessaire de commencer par les tester, ce qui va faciliter la maintenance et indiquer le défaut principal, il se fait grâce à la carte DSSB.

Les tests se font d'une manière précise et à chaque fois il se montre que les défauts apparaissent dans les modules internes du redresseur à savoir la carte DSCB ou bien la carte d'alimentation, dans ce cas il suffit de les remplacer ou bien s'adresser aux fournisseurs afin de trouver une solution adéquate.

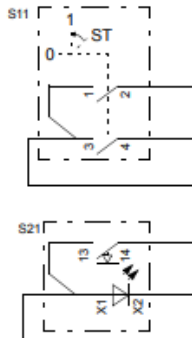
### 3.5. Carte DSSB

La carte DSSB joue un rôle très important pour le test des redresseurs, cette dernière est reliée aux redresseurs par une nappe qui est reliée à son tour à la carte DSCB qui se trouve à l'intérieur du module redresseur.



**Figure 38 : Carte DSSB**

La carte dispose de différents blocks d'entrées sorties numériques qui servent à assurer son fonctionnement de deux manières localement et à distance. Et des relais pour déclenchement des défauts



X10 Local digital inputs		
1	START	0 -> 1: DSU closes main contactors and starts rectifying. <b>Note:</b> Local ON input must be switched on.
2	ON	1: DSU is rectifying. <sup>1)</sup> 0: DSU stops rectifying and opens contactors.
3	+24 V	+24 VDC
4	RESET	0 -> 1: Reset
5	RESET LED	Ground for reset button LED
6	+24 V	+24 VDC
X5 Remote digital inputs <sup>2)</sup>		
1-2	ON	1: DSU is rectifying. <sup>1)</sup> 0: DSU stops rectifying and opens contactors. <b>Note:</b> If start command was given through local START input, DSU stops only after local ON input is switched off.
3-4	START	0 -> 1: DSU closes main contactors and starts rectifying. <b>Note:</b> Local and remote ON inputs must be switched on.
5-6	RESET	0 -> 1: Reset
7-8	EXT.FAULT	1: External fault. DSU trips. 0: No external fault.
X6 Relay outputs <sup>2)</sup>		
1-2	RO1	Off: Fault
3		-
4-5	RO2	On: Running
X7 Relay outputs <sup>2)</sup>		
1-2	RO3	Overtemperature warning
3		-
4-5	RO4	Off: Earth (ground) fault detected
6		-
7-8	RO5	Off: Emergency stop acknowledgement to inverter

Figure 39 : Différents blocks de la carte DSSB

➤ **Entrées numériques en mode local X10**

**START** : Cette entrée numérique, donne l'ordre dans le front montant, aux contacteurs de se fermer afin de commencer le redressement.

**ON** : cette entrée donne l'ordre de démarrage ou arrêt du redressement.

**24V** : Alimentation.

**RESET** : Pour reseter le module en cas d'un problème au fonctionnement, il s'active dans un front montant.

**RESET LED** : elle présente le Ground d'entrée pour la LED de reset.

➤ **Entrées numériques en mode distance X5**

**ON** : Donner l'ordre de démarrage ou arrêt du redressement

**START** : Commencer le redressement, cette dernière nécessite le démarrage local pour qu'elle puisse fonctionner.

**RESET** : Pour reseter le module en cas d'un problème au fonctionnement.

**EXT\_FAULT** : En cas de défaut externe, elle doit être passée à 0.

➤ **Sorties Relais X6 et X7**

**RO1** : Défaut fonctionnement

**RO2** : Running

**RO3** : Avertissement de dépassement de température

**RO4** : Défaut de terre détecté

**RO5** : Arrêt d'urgence

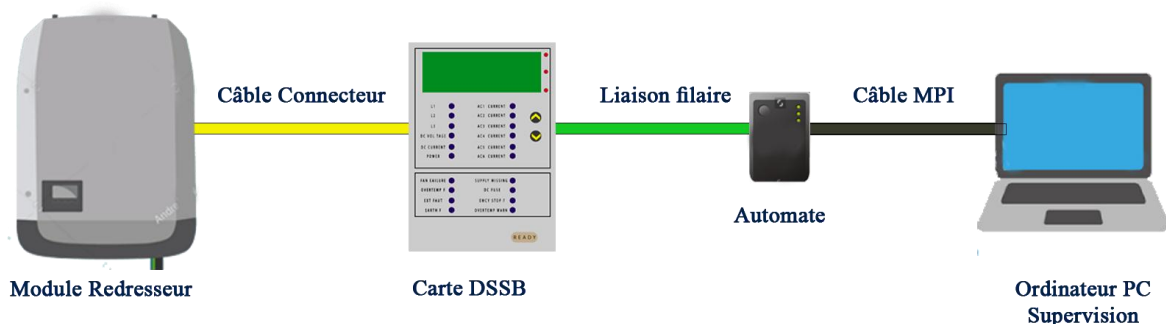
**3.6. Amélioration de maquette de test des modules redresseurs**

Pour réaliser le test des modules redresseurs, les techniciens utilisaient que le block local pour le contrôle de la carte DSSB, ce dernier est commandé par des boutons poussoirs.



**Figure 40 : Fonctionnement local de la carte DSSB**

Mon travail consiste d'une part de faire fonctionner le block à distance afin de se communiquer avec la carte DSSB. Ce block va être programmé pour la première fois à l'usine puisqu'ils travaillent qu'avec le block local. Pour faire fonctionner ce dernier, il faut respecter une condition celle de démarrer le Prêt du block local avant de démarrer le prêt du block à distance. La communication entre la carte DSSB et l'automate programmable est réalisée par la liaison filaire.



**Figure 41 : Schéma d'amélioration de la maquette de test des modules redresseurs**

La figure 45 montre les améliorations réalisées pour la maquette de test des modules redresseurs et le déplacement de la carte DSSB dans l'armoire de variateur ACS600.



**Figure 42 : Amélioration de la maquette de test des modules redresseurs**

# **Chapitre 3**

## Programmation et Supervision

## 1. Introduction

Ce chapitre traite l'automatisation et la supervision de système complet, d'une part la programmation à l'aide du logiciel STEP7 dans nous avons expliqué la configuration matérielle des équipements à savoir les modules d'entrées sorties, l'alimentation, la carte NPBA dans le but de réussir la communication, ainsi la partie programmation dont nous avons détaillé les fonctions utilisés pour les différentes communications afin d'automatiser la maquette d'essais des moteurs, redresseurs et celle de charge des condensateurs des modules onduleurs. D'autre part, la supervision dans laquelle nous avons présentés le logiciel et le matériel utilisés pour superviser les maquettes à partir d'ordinateur et expliquer l'importance de supervision dans les réseaux industriels.

## 2. Programmation Step7

### 2.1. Configuration Matériel

Pour la configuration Hardware, on a utilisé l'automate programmable défini par les caractéristiques présentées dans le tableau 5.

API	Caractéristiques
Marque	Siemens S7300
CPU	315F-2-DP
Référence	6ES7 315-6FF01-0AB0 / V2.6
Mémoire	192 Ko
Port	MPI+PROFIBUS
Vitesse de transmission MPI	187,5 Kbits /s
Vitesse de transmission DP	1500Mb/s

Tableau 5 : Caractéristiques de l'API utilisé

L'automate programmable S7300 est compatible avec l'interface homme machine WINCC Flexible qui sert de faire la supervision, cette dernière est fréquemment utilisée dans le monde industriel car il présente un bon rapport qualité prix.

La figure 51 présente la configuration matérielle réalisée, dont nous expliquerons par la suite chaque module utilisé.

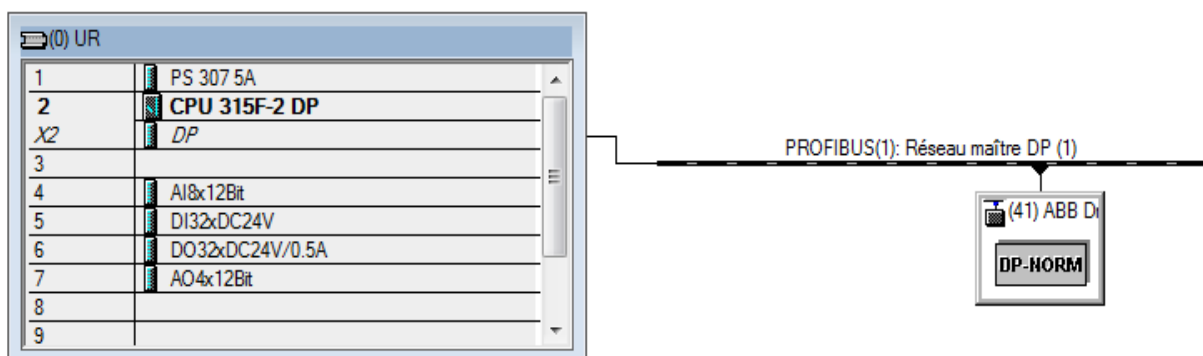


Figure 43 : Configuration Hardware



Cet API peut intégrer plusieurs modules d'entrées sorties analogiques ou numériques avec un nombre qui arrive jusque à 32 modules, il offre aussi un échange des données direct entre le récepteur et l'émetteur, et d'autres avantages.

**L'alimentation :**

L'alimentation de la CPU et les modules numériques et analogiques est 24V. On a utilisé l'alimentation de type PS 307 5A

**Les entrées analogiques :**

L'entrée analogique utilisée est de type AI8x12bits, elle comporte quatre adaptateurs de plage de mesure qui peuvent être enfilés dans les différentes positions : A, B, C ou D.



Figure 44 : Entrée analogique

Le tableau 6 présente les différentes plages de mesures utilisées pour la configuration d'un module analogique.

Position	Type de mesure
A	Thermocouple / Mesure de résistance
B	Tension
C	Courant (transmetteur 4 fils)
D	Courant (transmetteur 2 fils)

Tableau 6 : Position d'adaptateur de la plage de mesure

Pour assurer la transmission des données analogiques nous avons utilisé la position C car nous avons des entrées analogiques de type 0mA ou 4mA jusqu'à 20mA.

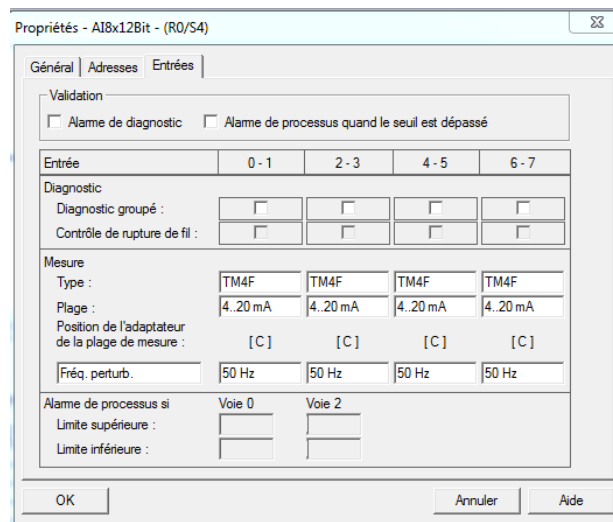


Figure 45 : Configuration d'entrée analogique

**Les sorties analogiques :**

La sortie analogique utilisée est de type AO4x12bits, c'est un module électronique additif à l'automate, il peut donner comme sortie une tension qui varie de -10 V à 10 V ou un courant variant de 0 ou 4mA jusqu'à 20mA.

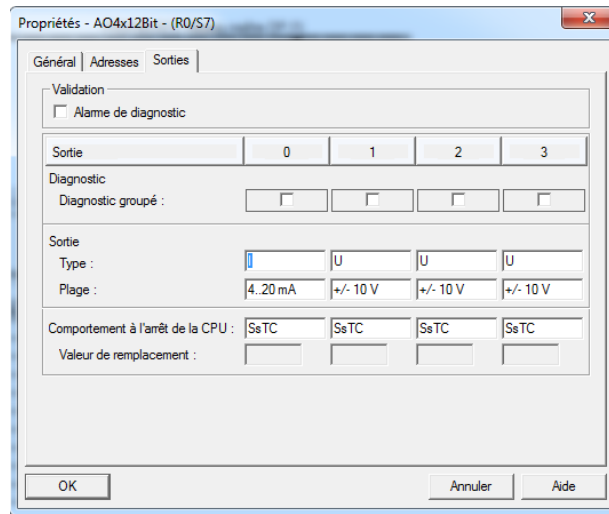


Figure 46 : Configuration de la sortie analogique

**Les entrées numériques :**

On a utilisé l'entrée numérique de type DI32XDC24V, c'est un module électronique aditif à l'automate, , il comporte quatre octets dont l'adressage commence par 4 et se termine par 7.

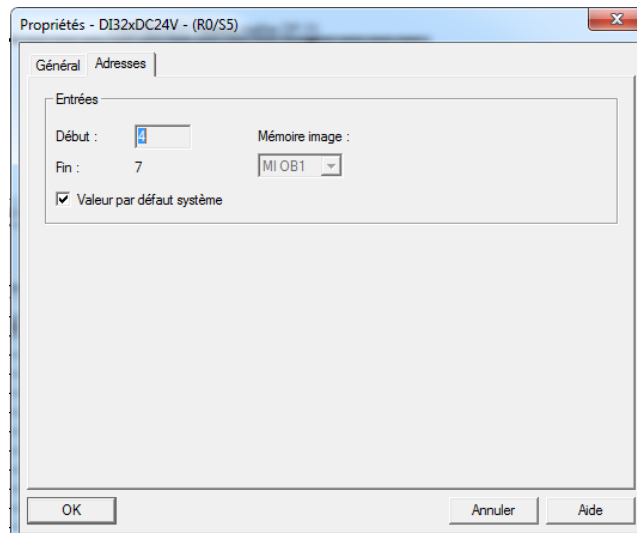


Figure 47 : Configuration d'entrée numérique

**Les sorties numériques :**

On a utilisé la sortie numérique de type DO32XDC24V/0.5A, c' est un module électronique aditif à l'automate, il comporte aussi quatre octets dont l'adressage commence par 8 et se termine par 11.

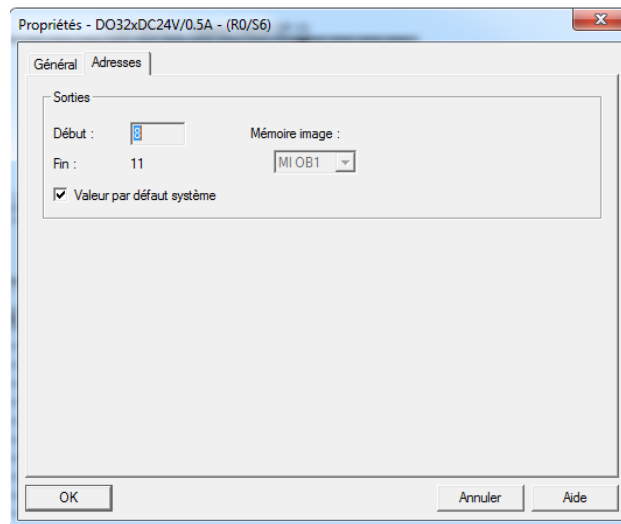


Figure 48 : Configuration de la sortie numérique

➤ **Configuration du réseau**

Pour assurer la communication, il est important de configurer le réseau dans NetPro, dans notre cas, on a utilisé :

La liaison MPI entre l'automate et l'ordinateur.

La liaison Profibus entre l'automate et le variateur à l'aide de la carte électronique NPBA.

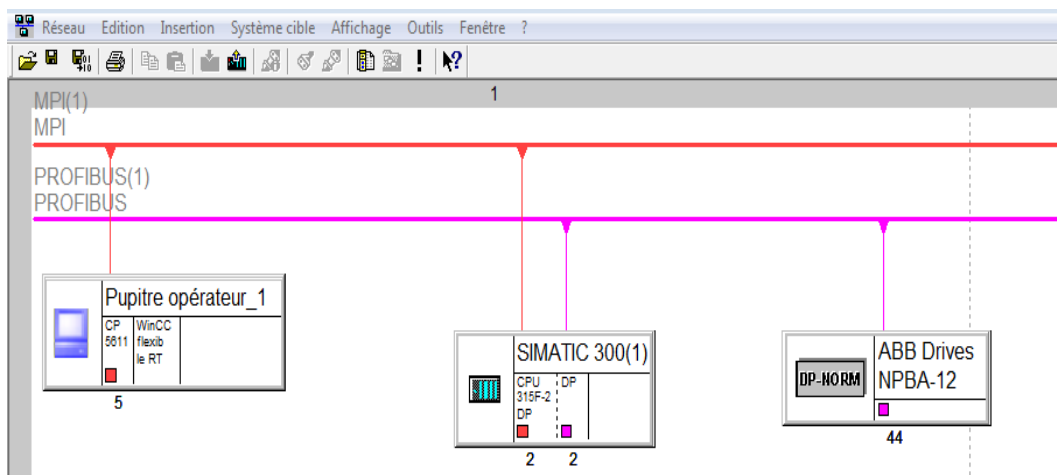


Figure 49 : Configuration du réseau

## 2.2. La programmation

La programmation est réalisée à l'aide de STEP7, il s'agit d'un progiciel de base pour la configuration et la programmation de systèmes d'automatisation SIMATIC, il comporte des blocs qui vont organiser toutes les fonctions utilisées dans le programme.

Le projet se divise en trois axes, on a d'une part le programme de la communication câblée, la programmation Profibus de la maquette de test des moteurs et le programme de la communication câblée de la maquette de test des modules redresseurs.

### 2.2.1. Blocks utilisés dans la programmation

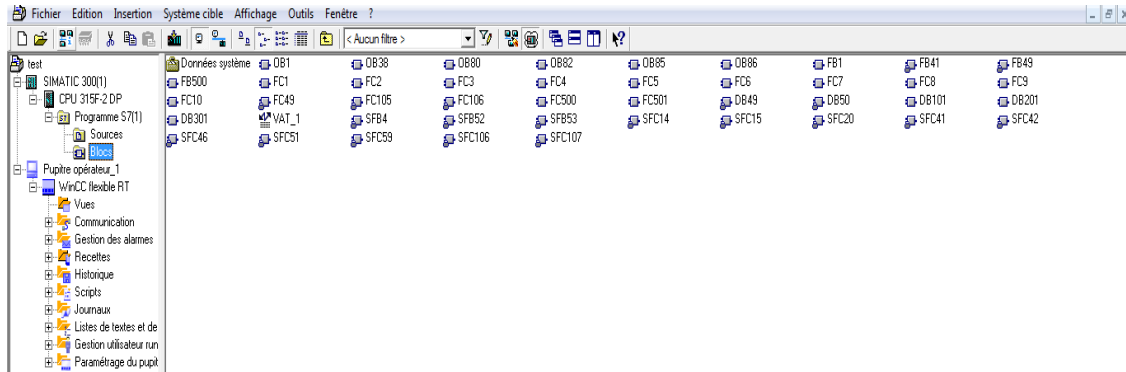


Figure 50 : Blocks utilisés dans la programmation STEP7

#### Block Organisationnel OB

C'est un bloc qui exécute le programme de manière cyclique.

#### Des fonctions FC

Il s'agit d'une fonction qui est caractérisée par ses paramètres d'entrées sorties, elle permet de gérer d'une manière facile les codes compliqués afin de faciliter la programmation. Pour exécuter cette fonction, il faut l'a déclaré dans le bloc organisationnel OB.

#### Les alarmes

OB40 : Appelé à l'apparition d'une alarme process.

OB82 : Appelé à l'apparition d'une alarme de diagnostic pour empêcher l'automate de se mettre en arrêt.

### 2.2.2. Communication câblée avec la carte d'entrées sorties NIOC

Comme c'est expliqué précédemment, pour établir la communication câblée entre l'automate programmable et le variateur de fréquence il faut utiliser la carte d'entrées sorties NIOC présentée dans la figure 59, pour se faire, on a programmé les sorties numériques qui servent au démarrage, arrêt du moteur et changement de son sens, les entrées numériques qui servent d'indiquer l'ordre de marche, prêt et les défauts, les entrées et sorties analogiques afin de lire la valeur de courant et de vitesse, mais ces derniers devront se mettre à l'échelle.

#### Définition de la mise à l'échelle

La mise à l'échelle consiste à convertir une valeur numérique que prend le module analogique à une valeur convenable de la grandeur à mesurer, cette valeur peut être courant, tension, température etc.

Le logiciel Step7 comporte deux fonctions qui servent de réaliser la mise à l'échelle :

Si on veut convertir une valeur que lit l'automate, c'est-à-dire la valeur que prend une entrée analogique, on utilise la fonction FC105.

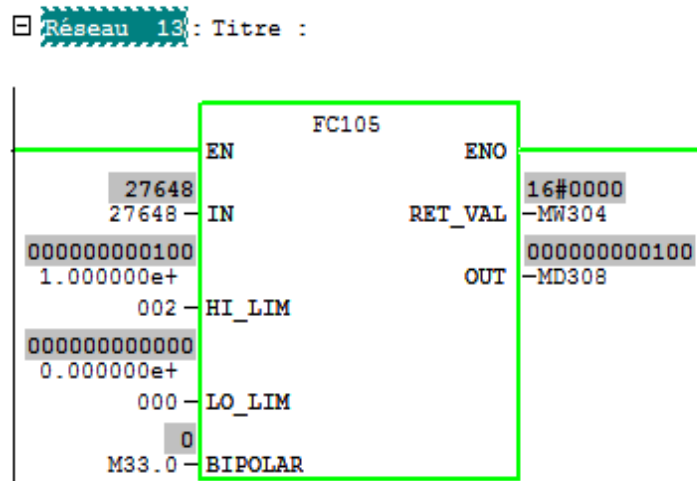
- **La fonction FC105**

Cette fonction est incluse dans la bibliothèque Standard Library, elle prend une valeur entière qui vient de la machine, elle est comprise entre 0 et 27648 ou entre 5530 et 27648. Dans notre programme, c'est la carte d'entrées sorties NIOC qui envoie cette valeur analogique lorsque le moteur est en marche, cette valeur s'agit de vitesse ou du courant mais qui est présentée en entier, c'est-à-dire sous forme d'un mot binaire qui est compris entre une valeur minimale appelée LO\_LIM qui correspond à 0 ou bien 5530 et une valeur maximale appelée HI\_LIM qui correspond à 27648, elle sera convertie à l'aide de la fonction FC105 à une valeur réelle exprimée en unité physique selon l'équation indiquée ci-dessous.

**Equation 7 : valeur de sortie de la fonction FC105**

$$OUT = \left[ \frac{(IN-K1)}{K2-K1} (HI\_LIM-LO\_LIM) \right] + LO\_LIM$$

Les valeurs K1 et K2 sont définies selon la bipolarité de l'entrée, si elles sont unipolaires, elles ont comme valeur 0, sinon 1.



**Figure 51 : Simulation de la fonction FC105**

Si on veut réaliser cette fonction à l'aide des opérations sur bits intégrés en step7, on va appliquer la définition de la mise à l'échelle, pour se faire il faut savoir la marge de mesure : [de 0 jusqu'à 20mA] ou [de 4 jusqu'à 20mA].

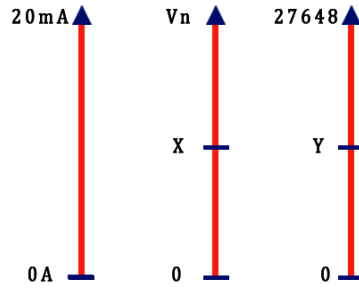


Figure 52 : Explication de la mise à l'échelle

La valeur qui vient de la carte d'entrées sorties NIOC est y, cette valeur est comprise entre 0 et 27648 qui correspond à 0 jusqu'à 20mA, la mise à l'échelle de cette valeur est x, cette dernière vaut :

$$X = \frac{Vn \times Y}{27648} \quad (8)$$

- **La fonction FC106 :**

Cette fonction est incluse aussi dans la bibliothèque Standard, elle fait l'inverse de la fonction FC105, c'est-à-dire elle prend une valeur réelle qui s'agit de la grandeur physique, par exemple si on veut envoyer une vitesse de référence au variateur qui est égale à 50 tr/min, cette dernière va être convertit à une valeur entière c'est-à-dire à un mot binaire afin de l'envoyer à la carte d'entrées sorties NIOC, la conversion se fait à l'aide de la fonction FC105 selon l'équation suivante :

$$OUT = \left[ \frac{In - LO\_LIM}{HI\_LIM - LO\_LIM} (K2 - K1) \right] + K1 \quad (9)$$

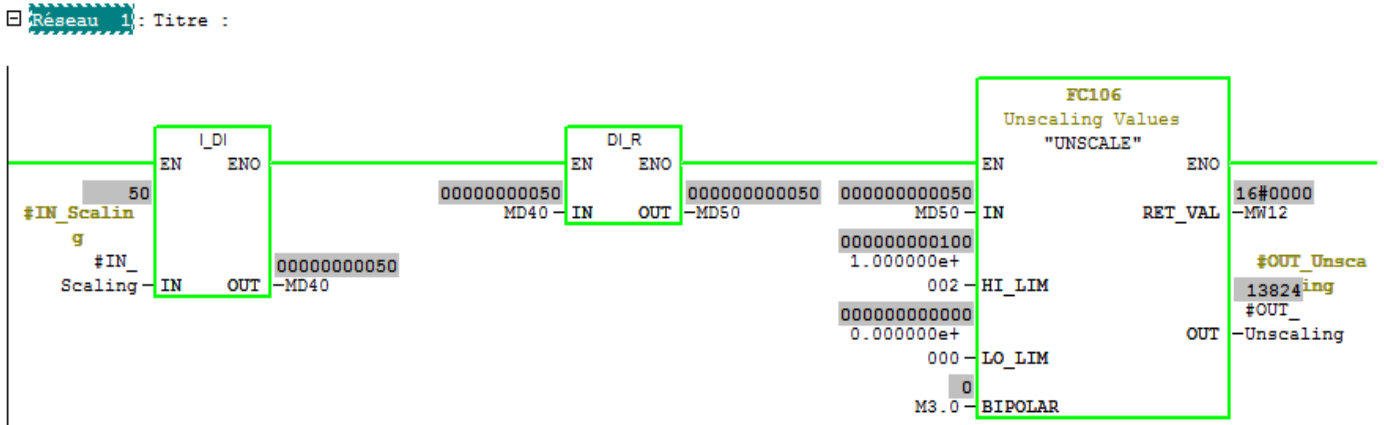


Figure 53 : Simulation de la fonction FC106

- **Table de mnémoniques**

Après avoir identifié les entrées sorties de la carte NIOC chacune par son adresse, le tableau 7 représente les variables utilisées.

Opérande	Entrées/Sorties
A8.0	Démarrage/Arrêt (DI1)
A8.1	Avant/Arrière (DI2)
PEW 284	Vitesse moteur (AO1+)
PEW286	Courant de sortie (AO2+)
PAW304	Vitesse de référence (AI1+)
E4.0	Prêt (RO1)
E4.1	En marche (RO2)
E4.2	Défaut (RO3)

Tableau 7 : Table de mnémoniques pour la carte NIOC

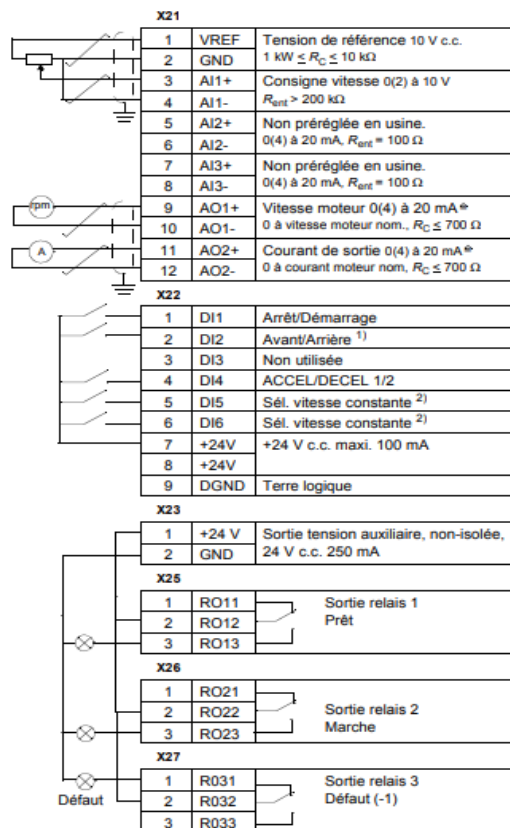


Figure 54 : Carte d'entrées et sorties NIOC

### 2.2.3. Communication Profibus avec la carte NPBA

Pour réaliser la programmation de communication Profibus avec la carte NPBA, on a utilisé des fonctions ABB ; FB500, FC501.

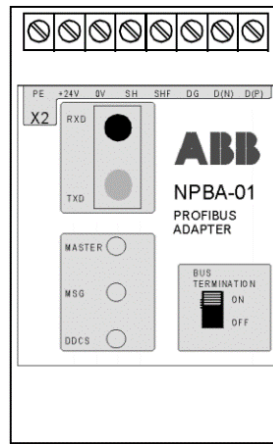


Figure 55 : Carte NPBA

- **La fonction FB500**

C'est un bloc qui est utilisé dans le but de contrôler le variateur à partir de la communication Profibus Démarrage, Arrêt, Arrêt d'urgence, vitesse de référence ..., il comporte plusieurs paramètres pour établir la communication :

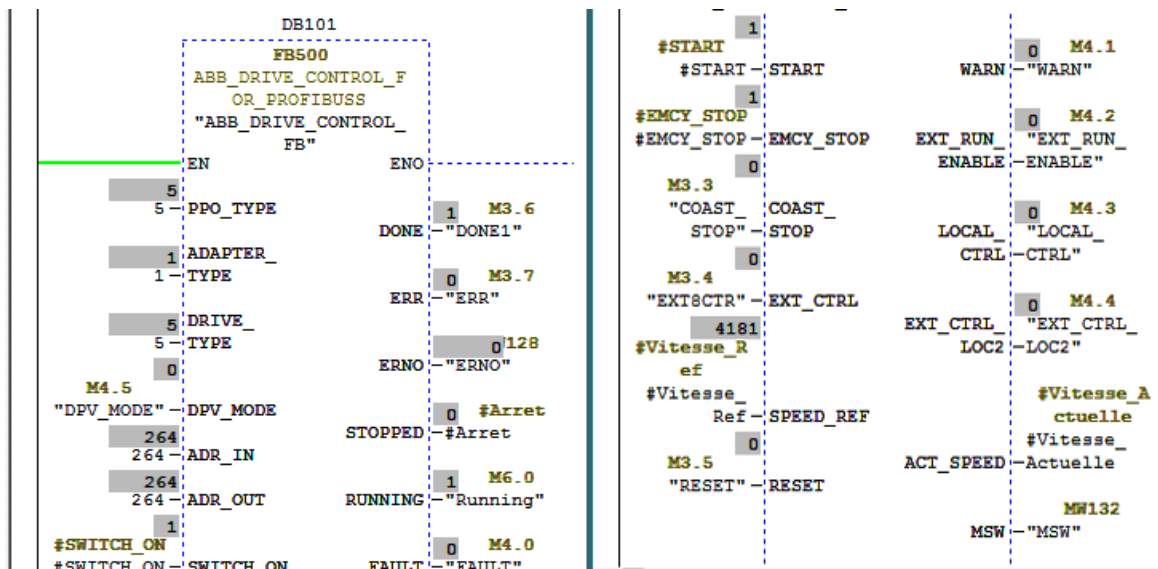


Figure 56 : La fonction FB500

**PPO\_TYPE** : indique le type de télégramme qui sera transmis entre le variateur et l'automate.

On a utilisé le type PPO 5 car il comporte dix doubles mots, chacune de ces derniers prend les informations d'une variable voulue que ça soit courant, vitesse, fréquence ou autre valeur désirée, afin de pouvoir transmettre le maximum possible de ces variables vers l'automate.

**ADAPTER\_TYPE** : il s'agit de type de la carte de communication utilisé pour le variateur pour établir la communication Profibus, pour notre cas on a utilisé la carte NPBA.

**DRIVE\_TYPE** : le type de variateur utilisé mais il est optionnel parce que le télégramme est standardisé pour tous les types des variateurs.

**DPV\_MODE** : DPV0 ou DPV1.



**ADR\_IN** : Adresse de début d'entrée de télégramme, elle est configurée dans la partie matérielle du Step7, dans le fichier GSD.

**ADR\_OUT** : Adresse de début de sortie de télégramme.

**RESET** : c'est un paramètre qui resete le variateur dans le front montant.

Pour réussite le démarrage d'un variateur il faut suivre les étapes suivantes :

➤ **Mettre le variateur dans l'état prêt :**

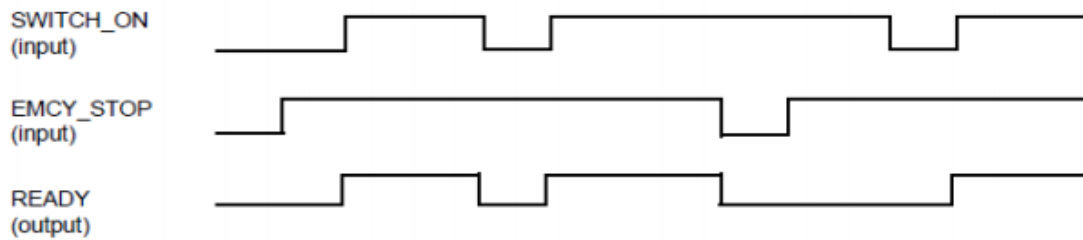


Figure 57 : Condition du Prêt pour le variateur

➤ **Démarrer le variateur :**

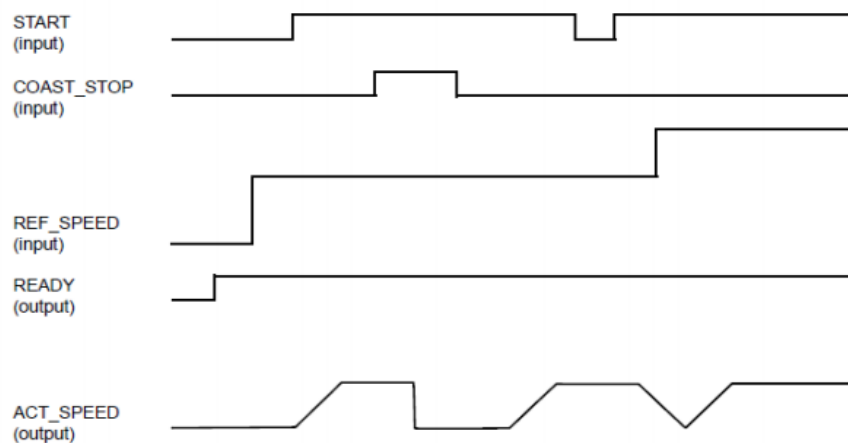


Figure 58 : Condition de démarrage pour le variateur

Les autres paramètres ont le but d'indiquer l'état du variateur si la communication est bien réussie par exemple.

**DONE** : 0 indique que le block FB500 n'est pas bien exécuté ce qui signifie qu'il s'agit d'un problème au niveau du paramétrage du bloc, s'il est en état 1 le block il est bien exécuté.

**ERR** et **ERNO**, **WARN**, **FAULT** : ces variables changent leurs états s'il apparait un défaut ou une alarme au niveau du variateur.

**RUNNING** : il est à l'état 1 si le variateur en marche, sinon il vaut 0.

**STOPPED** : il est à l'état 1 si le variateur est en stop, sinon il vaut 0.

**ACT\_SPEED** : la valeur de vitesse actuelle, ce paramètre prend des valeurs de -20000 à 20000, la valeur négative indique le sens de rotation de moteur, ce nombre à besoin de la mise à l'échelle de telle sorte que le nombre 20000 corresponde à la valeur nominale du moteur.

**LOCAL\_CTRL** : il est à l'état 1 si le variateur est on mode locale, sinon il vaut 0.

**EXT\_CTRL\_LOC2** : le variateur peut être commandé par plusieurs sources extérieurs de commande, par exemple : EXT1 s'agit de la commande à partir du Profibus et EXT2 la commande à partir de la liaison filaire, il est à l'état 1 si la commande vient du Profibus et 0 si la commande vient de la liaison failaire.

**MSW** et **MCW** : c'est les valeurs de statut word et control word du télégramme, chacune comporte double mot, ils donnent une idée générale sur l'état du variateur.

- **La fonction FC501**

La fonction FC501 est utilisée pour envoyer et recevoir les données entre l'automate et le variateur. Selon le type de télégramme PPO, le nombre de data process PD va être changé, alors pour les types PPO1 et PPO2, PPO3 ont 2 PD dans chaque direction de l'information, par contre les types PPO2 et PPO4 ont 4 PD, d'autres part les types PPO5 et PPO6 ont 10 PD dans chaque direction, donc pour maximiser le nombre des données échangés entre l'automate et variateur on a utilisé PPO5.

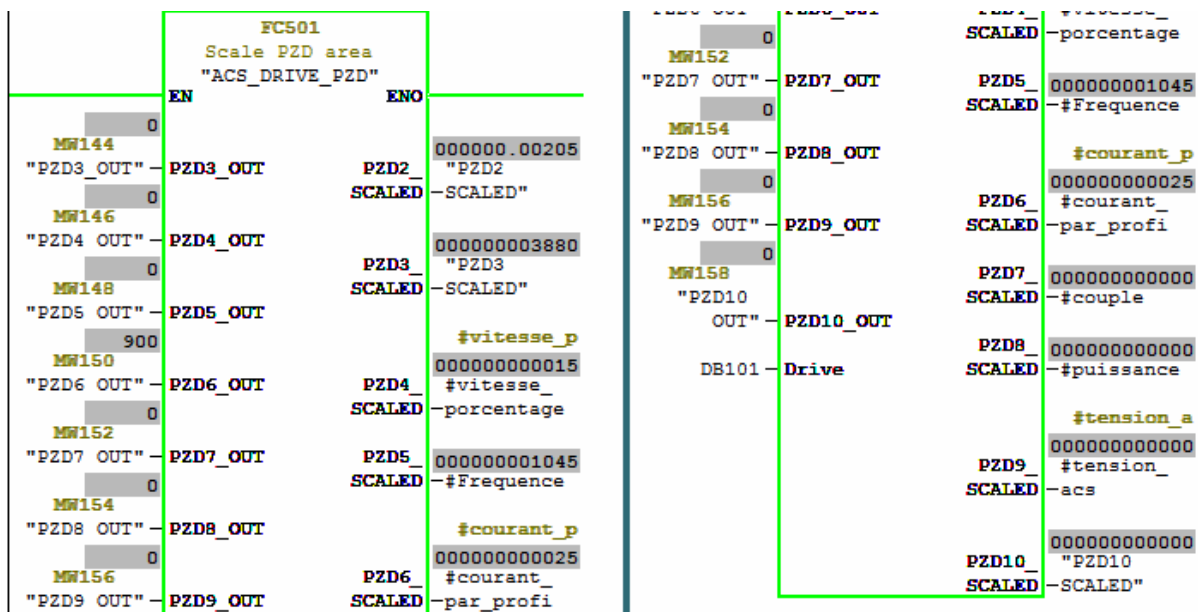


Figure 59 : La fonction FC501

La fonction FC501 contient deux types de paramètres :

**PZDx\_OUT** : sont les variables responsables d'envoi des informations de l'automate vers le variateur. Ils dépendent du paramétrage du variateur par exemple si on veut changer le courant nominal à l'aide de l'automate il faut modifier les paramètres 92, à titre d'exemple, si on veut envoyer la valeur du courant nominale, on utilise PZD4\_OUT par exemple.

**PZDx\_SCALED** : sont des variables qui affichent les valeurs actuelles telle que la vitesse, courant, température..., aussi ils dépendent du paramétrage du variateur.

#### 2.2.4. Communication avec la carte DSSB

Pour la programmation de la maquette du test des modules redresseurs, on a utilisé les deux blocks d'entrée sorties intégrés dans la carte DSSB, qui sont le block local et celui à distance, on va programmer les entrées numériques de l'automate afin de donner l'ordre du prêt, démarrage et du reset au carte DSSB, afin de contrôler le module redresseur, et programmer aussi les relais de sorties qui déclenchent au moment d'apparition des défauts au niveau du redresseur, ils indiquent aussi l'état de marche du module redresseur.

Pour établir la communication entre l'automate programmable et la carte DSSB, nous avons utilisé le block à distance de la carte et le block des sorties relais.

Après avoir identifié les entrées sorties de la carte DSSB chacune par son adresse, Le tableau 68 représente la table des mnémoniques.

Opérande	Entrées/Sorties
A9.0	Prêt
A9.1	Démarrage
A9.2	Reset
A9.3	EXT_FAULT
E5.0	En marche RO1
E5.1	Température élevée RO2
E5.2	Arrêt d'urgence RO3
E5.3	Défaut de terre RO4
E5.4	Défaut RO5

Figure 60 : Table des mnémoniques pour la carte DSSB

#### 2.2.5. Communication avec la maquette de Charge des condensateurs

La programmation de la maquette a pour rôle le contrôle de cinq contacteurs, d'une façon à activer un seul en chaque période afin d'assurer la fermeture d'autres contacteurs et donc d'éviter le court-circuit qui peut endommager le circuit électrique, d'où vient l'utilité de la table de vérité dans le but de faciliter l'équation, on va choisir tout d'abord les variables d'entrées et sorties et ensuite déduire l'équation mathématique à partir de la table de vérité.

E1	E2	E3	E4	E5	C1	C2	C3	C4	C5
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Tableau 8 : Table de vérité

On a 5 entrées qui sont E1, E2, E3, E4 et E5 qui seront représentés par des variables de mémoire qui changent leurs états dans le même ordre représenté dans la table de vérité qui présente le changement d'état des contacteurs et donc de la tension.

Les équations suivantes présentent les sorties en fonction d'entrées :

- $C1 = E1 \overline{E2} \overline{E3} \overline{E4} \overline{E5}$
- $C2 = \overline{E1} E2 \overline{E3} \overline{E4} \overline{E5}$
- $C3 = \overline{E1} \overline{E2} E3 \overline{E4} \overline{E5}$
- $C4 = \overline{E1} \overline{E2} \overline{E3} E4 \overline{E5}$
- $C5 = \overline{E1} \overline{E2} \overline{E3} \overline{E4} E5$

Le code Ladder présenté dans la figure 69 est réalisé en se basant sur les équations C1, C2, C3, C4 et C5, on a créé une fonction dont les entrées sont représentées sous forme de mémoires pour pouvoir les contrôler en intégrant des temporisateurs, les sorties vont exciter les contacteurs.

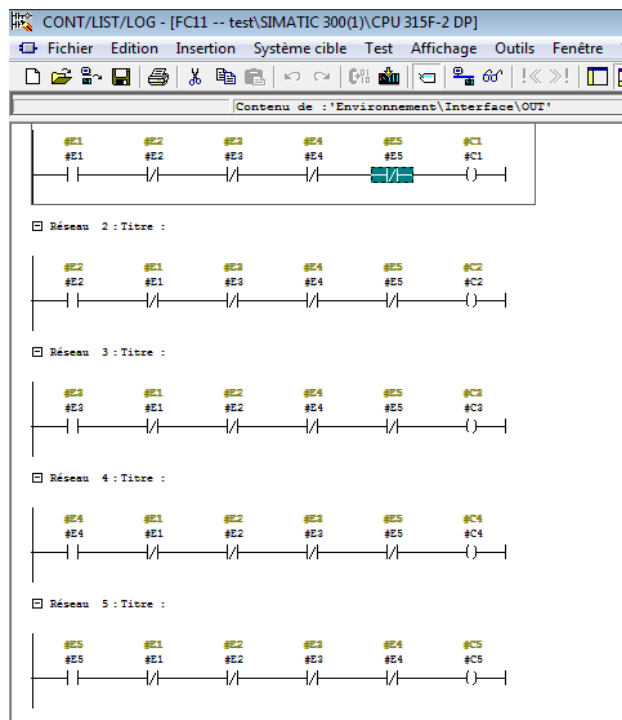


Figure 61 : Code ladder

J'ai représenté ces équations sous forme d'un code Ladder, ensuite on a identifié les entrées et sorties dans la table des mnémoniques qui se présente dans le tableau 9.

Opérande	Entrées/Sorties
A11.0	Contacteur 1
A11.1	Contacteur 2
A11.2	Contacteur 3
A11.3	Contacteur 4

A11.4	Contacteur 5
-------	--------------

Tableau 9 : Table des mnémoniques de la maquette de charge des condensateurs

### 3. Supervision

#### 3.1. Introduction

Les industries qui emploient des systèmes de contrôle de commande, intègrent des équipements et des progiciels qui servent de surveiller, contrôler et suivre le fonctionnement de toutes les installations et les machines industrielles en temps réel, c'est ce qu'on appelle la supervision. Cette dernière a le but d'avoir un affichage du processus avec les différents événements, alarmes et défauts qui surviennent pendant le fonctionnement de la machine.

Un système IHM constitue l'interface entre l'homme et la machine, cette interface constitue d'une part une liaison entre l'opérateur et le programme utilisé pour la supervision, dans cette partie, l'opérateur voit des schémas symboliques des machines industrielles dont il peut par exemple envoyer l'ordre de démarrage ou arrêt d'une machine électrique, définir une valeur de consigne, voir les alarmes etc. d'où il va réagir en indiquant aux techniciens supérieurs si il y'a un défaut ou bien un dysfonctionnement pour qu'ils localisent le problème et donc trouver une solution le plus tôt possible. D'autre part une liaison entre le programme de supervision et celui d'automatisation dont s'est écrit le code par un ingénieur automaticien, ce code peut être changé à chaque fois qu'il y'aura un développement au niveau de fonctionnement de la machine industrielle, par exemple s'il veut ajouter ou changer un capteur.

Pour réaliser la supervision, on a utilisé SIMATIC IHM, ce dernier est intégré dans le logiciel d'automatisation STEP7, il peut manipuler le projet, ce qui m'a permis de faire plusieurs essais avant la phase de réalisation.

Dans cette partie, on va présenter le logiciel utilisé en expliquant les différentes fonctionnalités, ensuite présenter le matériel.

#### 3.2. WinCC Flexible

WinCC flexible est un logiciel de siemens, il a pour le but l'intégration de la partie programmation des automates qui est généralement compliquée, avec les interfaces homme machine IHM afin de faciliter le contrôle de toutes les variables et les fonctions d'une manière indirecte c'est-à-dire de superviser des processus complexe d'une manière facile.



**Figure 62: Simatic HMI**

Le logiciel comporte deux principaux éléments :

### **WinCC flexible Runtime :**

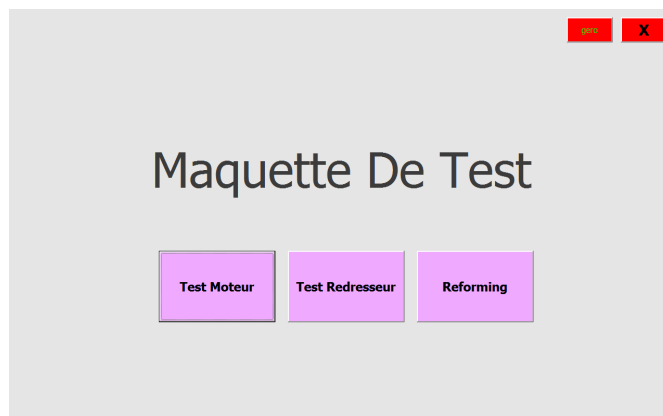
WinCC flexible Runtime est la partie de visualisation de process, dont le projet est exécuté en mode process. Il permet à l'opérateur de réaliser le contrôle-commande du processus. Les tâches suivantes sont alors exécutées comme ceci :

- Communication avec les automates.
- Affichage des vues à l'écran.
- Commande du processus, par exemple contrôler la consigne de vitesse du moteur.
- Archivage des données.
- Affichage des alarmes.

### **Options de WinCC Flexible :**

Les options de WinCC Flexible permettent d'étendre les fonctionnalités de base dont on a indiqué que celle qu'on a exploité pour réaliser l'écran de supervision :

**Navigation des vues :** On peut naviguer entre les vues en utilisant l'interface d'accueil qui comporte trois boutons dont chacun est lié à une vue.



**Figure 63 : Vue d'accueil**

**Les vues :** On a utilisé trois vues, la première sert au test moteur, la deuxième au test des modules redresseurs et enfin la maquette de charge des condensateurs des modules onduleurs. La vue contient des boutons de démarrage et d'arrêt pour les moteurs et redresseurs, une barre réglable pour varier la vitesse, l'affichage d'état du marche ou d'arrêt et les valeurs actuelles à savoir, courant, vitesse, couple, fréquence en traçant leurs courbes.

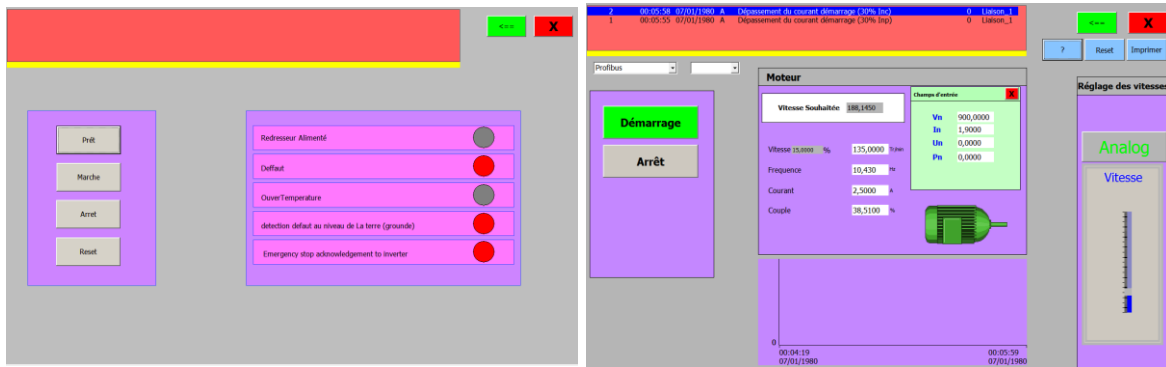


Figure 64: Vues de supervision

**Vue des alarmes :** Lorsque surviennent des états critiques dans le processus, une alarme est immédiatement déclenchée.

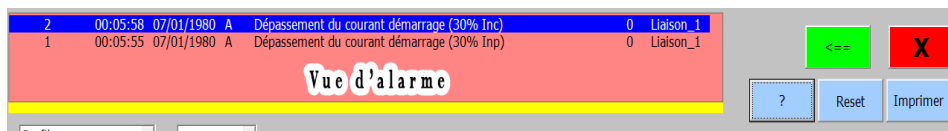


Figure 65 : Vue d'alarme

**Journaux :** Il s'agit d'un document vide dont on peut insérer un rapport, il se compose d'entête, corps et le pied de page, Il est utilisé comme un bilan qui collecte les informations tirées à la fin de test. Il s'affiche en cliquant sur le bouton imprimer.

**Champ d'entrées/sorties :** Il s'agit d'une case dont on peut écrire et lire une variable, on lui a utilisé pour insérer la vitesse de référence et de lire les valeurs actuelles de courant, vitesse, couple et toutes les autres valeurs actuelles du moteur lors de son fonctionnement.

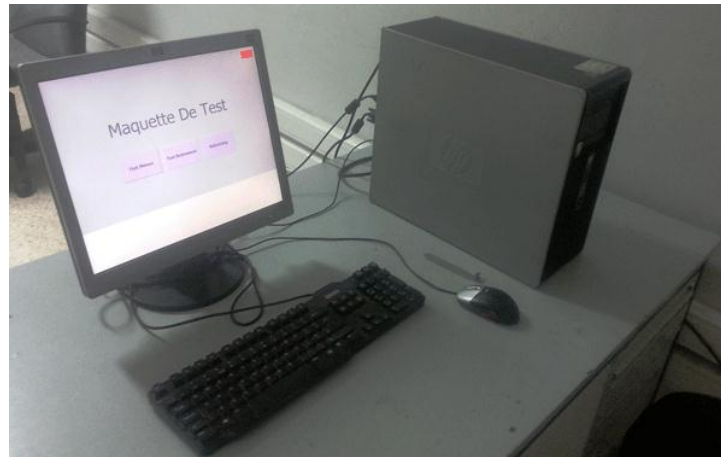
**Champ de texte :** Il s'agit d'une zone dont on écrit un simple texte.

**Boutons :** Il s'agit d'un bouton dont lequel on peut changer son événement selon nos besoins, il sert par exemple de donner l'ordre de démarrage ou arrêt, naviguer entre les vues etc...

### 3.3. Interface Homme Machine

La supervision d'un processus nécessite un matériel bien spécifique, on a choisi d'utiliser un ordinateur poste pc dans lequel on a intégré la carte MPI pour établir la communication entre cette dernière et l'automate S7300, le choix d'ordinateur revient à plusieurs raisons, d'une part, il offre un environnement facile à manipuler et installer pour les techniciens, d'autre part son coût est raisonnable par rapport aux écrans tactiles IHM.

L'ordinateur est installé dans une salle technique, il est lié à l'automate programmable qui est placé à côté des maquettes à l'aide d'un câble Profibus.



**Figure 66 : Ordinateur de supervision**



A large, stylized white letter 'C' is centered within a dark teal square. To the right of this square, the word 'Chapitre 4' is written in a bold, black, sans-serif font.

**Chapitre 4**

Étude économique

### 1. Introduction

L'étude économique est très importante dans la réalisation de chaque projet dans l'entreprise, elle est réalisable grâce à des différents outils à savoir l'analyse de faisabilité. Dans le but de s'éclaircir sur la situation financière d'un tel projet et alors faciliter la prise de décision. Donc il sera nécessaire d'explorer tout l'environnement économique à savoir les concurrents et leurs produits. La société Ait Baha cherche à être connue et développée mais aussi de gagner le plus, pour cela qu'elle insiste dans chaque amélioration continue d'étudier le coût et la qualité du travail, pour se faire chaque nouveau projet qui doit être implémenté il lui faut une mesure d'objectifs à atteindre, évaluation des conditions nécessaire à la réussite du projet à savoir le temps, le matériel, les compétences etc., rédaction d'un rapport dans chaque achat.

Tout projet ne peut commencer que si on étudie sa faisabilité, c'est pour cette raison qu'on a étudié tout d'abord les buts à atteindre, par la suite on a réalisé les améliorations nécessaires pour accomplir cette mission, cette partie du projet sert d'expliquer les valeurs ajoutées de point de vue économique, et enfin déduire le coût total de toutes les réalisations.

### 2. Valeur ajoutée de point de vue économique pour la société

Du point de vue économique, on a utilisé le matériel stocké dans le magasin des déchets, pour l'exploiter et diminuer les charges surtout que le matériel industriel est en générale très cher, qui arrive jusqu'à des centaines de milliers des dirhams, à savoir mon amélioration nécessite un variateur de fréquence de grande puissance qui démarre les moteurs à grande puissance nominale, enfaite les variateur sont très chers, alors j'ai proposé à mon encadrant de ramener un variateur ABB de type AC600 qui a été stocké avec les déchets, ce dernier fonctionnait dans l'ancien usine. On lui a nettoyé, charger les condensateurs de son module onduleur, ensuite faire son premier démarrage qui a été réalisé avec succès. D'où le cout dépend que du transport, ce qui est très négligeable devant le coût d'un nouveau variateur qui arrive jusqu'à 51000Dh.

Comme la partie automatisation et supervision se présente par un ordinateur pc post et un automate programmable avec ses modules d'entrées sorties et leurs accessoires, on a utilisé un ordinateur pentium D avec des performances moyennes dont on a intégré une carte MPI qui va communiquer avec l'automate par un câble Profibus de longueur de 20m. D'une part on a ramené l'ordinateur, les entrées sorties d'API et l'alimentation de CPU du stock des matériels inutilisables. D'autre part, on a ramené les câbles et la carte MPI du magasin. En ce qui concerne l'automate programmable, on a choisi SIEMENS S7300 vue qu'il intègre la technologie Profibus ainsi il est d'un prix raisonnable.

L'usine d'AIT BAHA a ramené tous les matériels de l'ancien usine d'ANZA, ils y'avaient des équipements qui ont été positionnés dans un endroit des déchets électriques, ces derniers sont

restés sans fonctionnement plus que trois ans, parmi ces déchets, on trouve des ordinateurs post, des cartes électroniques, des convoyeurs, des moteurs, des variateurs de vitesse ABB... Grâce aux améliorations qu'on a proposé, on a assuré la réutilisation des matériels au lieu de commander des nouveaux matériels qui devront coûter très cher, surtout que les fournisseurs industriels exploitent l'ignorance des clients en l'obligeant en cas de défaillance d'acheter des nouveaux matériels avec leurs accessoires au lieu de les réparer. Notre amélioration consiste à la fois d'exploiter ces matériels mais aussi de gagner les équipements qu'on a changé à savoir, le démarreur progressif, les contacteurs, les disjoncteur et sectionneur, l'armoire.

### 3. Coût des équipements

le tableau 10 présente le cout de chaque équipement :

Equipements	Coûts (Dh)
Câble Profibus	35×20
Les fils	2×50
L'API	25 000
Carte MPI	3000
Les connecteur Sub D	150×2
Gérophare	1250

Tableau 10: Coûts des équipements

Après une répartition des coûts de tous les équipements, le coût total du projet est : 30350Dh.

### 4. Temps de réduction de travail

L'optimisation des coûts effectuées au niveau de la maquette ne prend pas en considération uniquement le coût des matériels utilisés, mais aussi l'optimisation du temps que perd les techniciens durant les essais dans l'atelier électrique.

Durant les essais de moteurs le temps estimé pour faire un test complet d'un moteur est dans les environs de 30 min, y inclus le temps du câblage de moteur avec le variateur.

Le temps estimé pour tester un module redresseur se présente dans les environs de 15 min.

Le temps perdu pour charger les condensateurs des modules onduleurs est entre 2h et 6h, ce qui nécessite le contrôle d'un technicien dans le but d'avoir un bon chargement, après avoir automatisé la maquette, la charge est devenue d'une manière automatique, telle que la tension s'augmente progressivement afin d'avoir un courant absorbé par le condensateur convenable.

Le temps de charge est défini d'une manière automatique, d'où le temps perdu par un technicien durant la charge se limite uniquement par le temps de câblage de module onduleur avec la maquette, qui peut estimer dans les environs de 15min.

En terme du cout, le salaire d'un technicien en moyenne peut arriver jusqu'à 34 Dh/h, le tableau 11 montre le coût d'une seule utilisation de la maquette.

Temps	Test Moteur	Test Redresseur	Charge de capacité	Coût totale
Avant l'amélioration	60min	15 min	De 120 min à 360min	110,5dh à 246,5dh
Après amélioration	30min	10min	15min	34dh

**Tableau 11 : Le coût d'une seule utilisation de la maquette**

# *Conclusion*

Durant ce projet de fin d'études, on a réalisé des améliorations importantes au niveau de la maquette de test des moteurs, modules redresseurs et la maquette de charge des condensateurs des modules onduleurs, ajouter de nouvelle fonctionnalité et de proposer des améliorations adéquates au niveau des variateurs ABB. On a réalisé l'automatisation de ces maquettes et intégrer le mode à distance qui manquait dans la carte DSSB.

Grâce à ce stage j'ai amélioré mes compétences en automatisme, développer ma créativité et la prise de décisions. J'ai également compris le fonctionnement des cartes électroniques qui s'intègrent dans le variateur ABB à savoir NPBA, RPBA et j'ai pu les automatiser par la suite.

La période de réalisation était une expérience importante car j'ai rencontré plusieurs problèmes qui m'ont poussé de développer mon sens de rigueur, de responsabilité et donc j'ai accompli ma mission comme il faut.

Enfin grâce à ce stage j'ai pu développer mes compétences dans un domaine qui présente une grande importance pour moi, ce qui va m'aider par la suite de choisir ma carrière professionnelle

# *Webographie*

<https://support.industry.siemens.com/cs/start?lc=fr-FR>

<https://new.abb.com/products/64348221/npba-12-npba-12>

<https://www.cimentsdumaroc.com/fr>

<http://www.abb.com/>

<http://www.profibus.com/>

<http://www.siemens.com/>

# *Bibliographie*

Profibus théorie et pratique de la technologie (Manuel profibus)

Démarrateur progressif 3RW44 Manuel de l'appareil 10/2010 (Manuel)

Manuel de l'appareil SIRIUS 3RW44 10-4 GWA 4NEB 535 2195-03 DS 05

Capacitor reforming instruction (Manuel ABB)

Convertisseurs de fréquence ACS/ACC/ACP 601 2,2 à 110 kW (3 à 150 HP) (Manuel d'utilisation)

siemens SIMATIC S7300 SM331; AI8x12 Bite 1ère partie mise en route 4 20 mA (Manuel siemens)

MICROMASTER PROFIBUS Optional Board (User Documentation 6SE6400-5AK00-0BP0)

Installation and Start-up Guide PROFIBUS Adapter Module NPBA-12 (Manuel)

User manual PROFIBUS ADAPTER MODULE RPBA 01 (Manuel)

Programme d'application Système 5.2 pour convertisseurs de fréquence ACS 600 Manuel d'exploitation.