

Mémoire de stage fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme :

INGENIEUR D'ETAT

Spécialité :

*Ingénierie des Systèmes Electroniques Embarqués et Commande
Numérique*

Sous le thème :

**Rénovation du système contrôle/commande des
annexes de la Turbosoufflante**

Réalisée par :

- NASSABI KANZA

Encadré par :

- M. Ismail LAGRAT
- M. Lahssen AITSI
- M.Yassine TARBOUCHI

Réalisé au sein de :

JORF LASFAR, IMACID, EL JADIDA

ملخص

عمل التطور التكنولوجي منذ سنوات على تسهيل تكاليف الحياة خاصة في مجال التواصل.. فالتطور الرقمي الحاصل في مجالات المراقبة والتحكم مع كل تعقيداته وذكائه قد قلص من التكاليف. ولان الانظمة القديمة ليست فعالة كما نأمل، فقد كان الهدف من هذا العمل(البحث) تطوير نظام مراقبة الاجهزة في ورشة الكبريتيك IMACID.

ان التطور الجديد للاجهزة الاطوماتيكية التي تعمل بمعالجات ذات جوده عالية وقدرات كبيره على التخزين والمعالجة وأجهزة متطورة للتواصل الرقمي ..

في هذا لاطار يندرج عملنا الذي شمل دراسة وصفية ونقدية للنظام الذي انجزناه. وقد اجزنا دراسة تقنية/تجارية من اجل الوقوف على مردودية مشروعنا

RESUME

Depuis quelques années, les progrès technologiques sans cesse croissants des actionneurs/capteurs intelligents et des communications numériques ont facilité le développement, dans certains domaines, des systèmes de contrôle-commande de plus en plus complexes et intelligents.

Mais l'ancienneté de certains systèmes peut les ne rendre pas assez fiable et rentable. C'était le cas du notre système contrôle commande qui assure la lubrification de l'équipement le plus critique dans l'atelier sulfurique au sein d'IMACID.

La dernière génération des automates comportant des microprocesseurs plus performants, des capacités importantes de stockage et de traitement, et des dispositifs évolués de communications numériques.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent travail où une étude descriptive et après critique de notre système est effectué.

Une étude technico-commerciale a été également effectuée pour estimer la rentabilité économique de ce projet.

ABSTRACT

The last few years, the technological progress has never been increasing as much as it ever-been, digital communications have been developed to facilitate and ease the development itself, in some areas, the control-command systems have gotten more and more complex and intelligent.

However, this evolution and growth of technology is making us always look for what is new in the market, what is more effective. Some systems now can be considered as non-reliable according to the expansion and progress of the new systems.

That was the case of our control command system which is responsible for the lubrication of the most critical equipment in the sulfuric workshop in IMACID.

The latest generation of PLCs containing more efficient microprocessors, an important capability of storage and data treatment has made us go to renovate our system by replacing the old one with a brand new reliable one.

It is in this context that the followed work has been performed where we started by a descriptive study that came before a critical study as well.

A technical-economic study was conducted to focus on the economic aspect and study the profitability of the project.

DEDICACES

*C'est avec mes sincères gratitude et reconnaissance, que je dédie ce
modeste travail,*

*À mes parents, les personnes qui me sont les plus chers, je ne saurais
vous remercier assez pour tous vos sacrifices et votre amour
exceptionnel,*

*À Mes très chers frères, Hamza, Ayoub, Youssef, Jihad, je ne peux pas
exprimer à travers ces lignes tous mes sentiments d'amour et de
tendresse envers vous, merci pour votre soutien inconditionnel et d'avoir
toujours été là pour moi*

*À tous les membres de ma grande famille, qui m'ont toujours
encouragée.*

*À mes chers amis Yousra, Madiha, Mehdi, pour la joie qu'elles mettent
dans ma vie*

*À mes collègues avec lesquels j'ai passé les cinq ans de l'ENSA. Au
corps professoral de l'ENSA de Khouribga, Merci pour le grand effort
que vous avez fait. Et enfin,*

À tout être qui m'a aidé à devenir la personne que je suis aujourd'hui.

NASSABI Kanza

REMERCIEMENTS

Je souhaite faire part de ma reconnaissance à mon encadrant de stage à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Khouribga, Monsieur Ismail LAGRAT, pour son aide, ses conseils précieux et éclairés ainsi que pour sa disponibilité. Nous remercions vivement M. Salah TOUIL pour son aide précieuse, sa patience et sa contribution à l'élaboration de ce travail.

Je remercie également mes tuteurs de stage, M. AITSI Lahssen et M. TARBOUCHI Yacine, de m'avoir accueillie et accompagnée durant ce stage, et aussi d'avoir veillé à ce que ce travail soit accompli de la meilleure manière possible. Je remercie vivement tous les chefs des unités de production et tout le personnel d'IMACID.

J'adresse mes profondes gratitude au corps professoral de l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Khouribga en général et celui du département du génie électrique, l'ingénierie des systèmes embarqués et commandes numériques en particulier, pour les efforts fournis durant toutes ces années de notre formation.

Je remercie les membres du jury d'avoir accepté d'examiner ce travail et tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Finalement, J'exprime ma reconnaissance et mes remerciements à ma famille, pour leur patience, soutien et encouragements tout au long de mon cours d'études.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre 1:.....	3
Présentation générale	3
1.1. Présentation générale du groupe OCP SA	3
1.1.1. Présentation du groupe OCP SA.....	3
1.1.2. OCP Jorf Lasfar :	8
1.1.3. Présentation de IMACID	9
1.1.4. Présentation d’atelier sulfurique :	11
1.2. Présentation du projet	18
1.2.1. Problématique	18
1.2.2. Démarche du projet.....	19
1.2.3. Planification du projet.....	19
1.3. Etude descriptive détaillé du groupe Turbosoufflante et ses annexes	23
1.3.1. Le groupe Turbosoufflante	23
1.3.2. Le fonctionnement de la Turbosoufflante :.....	32
Chapitre 2:.....	41
Analyse du programme LADDER	41
Introduction.....	42
2.1. Système de contrôle commande :	42
2.2. Langage de programmation :	42
2.2.1. Nature des langages de programmation :	42
2.2.2. Le choix de langage	43
2.3. Le système de lubrification :	43
2.3.1. Le GRAFCET :	45
Conclusion	48
Chapitre 3:.....	44
Etude critique du système contrôle commande existant	44
Introduction.....	44

3.1. Etude AMDEC.....	44
3.1.1. Définition.....	44
3.1.2. Démarche pratique de l'AMDEC machine :.....	44
3.2. Application sur l'armoire de Contrôle Commande :	49
3.3. Analyse fonctionnelle :	49
3.4. Décomposition fonctionnelle :.....	52
3.1. Identification des fonctions :.....	52
3.1. Analyse AMDEC :	52
3.2. Etat actuel de l'installation du système contrôle-commande :	55
3.2.1. Aperçu de l'armoire de commande.....	55
3.2.2. Diagnostic du système actuel.....	57
3.3. Synthèse	57
Conclusion	58
Chapitre 4:.....	69
Elaboration d'un plan de maintenance préventive.....	69
Introduction.....	69
4.1. Généralité sur la maintenance préventive	69
4.1.1. Généralité sur la maintenance.....	69
4.1.2. La maintenance préventive	70
Conclusion	73
Chapitre 5:.....	77
Etude des solutions – Etude technico-commerciale	77
Introduction.....	77
5.1. Proposition et choix des solutions	77
5.1.1. Les solutions proposées	77
5.1.2. Benchmarking des Solutions	77
5.2. Choix des composants d'automatisme.....	78
5.2.1. Choix de l'unité de traitement	78
5.3. Etude technico-commerciale de la solution obtenue	83
5.3.1. Estimation du coût de réalisation.....	83
5.3.2. Rentabilité économique du projet.....	83
5.3.3. La perte de gain.....	84

5.3.4. Le plan d'action :	84
Conclusion	85
CONCLUSION GENERALE	86
BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE	87
Annexes	88
Annexe 1	89
Annexe 2	93
Annexe 3	109
Annexe 4	112
Annexe 5	120
Annexe 7	123
Annexe 8	125
Annexe 9	132

Liste des tableaux

Table 1 - Historique d'OCP.....	5
Table 2 - les normes de températures	132
Table 3 - Les normes de pressions.....	133
Table 4 - Les normes de vibrations.....	134
Table 5 - Niveaux de criticité et leurs définitions.....	47
Table 6 - Niveaux de gravité et leurs définitions.....	48
Table 7 - Niveaux de fréquence et leurs définitions	48
Table 8 - Niveaux de probabilité de non détection et leurs définitions	48
Table 9 - Tableau explicatif des interactions entre les milieux extérieurs du système.....	51
Table 10 - Fonctions des éléments constituant l'armoire d'automatisation	53
Table 11 - Tableau de maintenance systématique à remplir.....	71
Table 12 - Tableau de maintenance conditionnelle à remplir.....	72
Table 13 - Comparaison des solutions	77
Table 14 - Fiche technique d'automate CPU 417-4.....	89
Table 15 - Grille d'AMDEC	93
Table 16- Tableau de la maintenance systématique	109
Table 17 - Tableau de la maintenance conditionnelle	111
Table 18 - Tableau de surveillances et messages d'erreurs.....	123
Table 19 - Liste des adresses	125

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme d'OCP	3
Figure 2 : Schéma de procédé.....	11
Figure 3 : Bac de soufre	12
Figure 4 : Unité de production U101	13
Figure 5 : Fosse et Four	14
Figure 6 : Un Brûleur.....	14
Figure 7 : Bacs de stockage d'acide sulfurique	15
Figure 8 -Circuit GAZ	17
Figure 9 - Circuit d'acide	18
Figure 11 - Planning du projet avec MS-Projec	22
Figure 12 : Schéma bloc des composants de l'armoire envisagée	34
Figure 13 : Woodward 505	35
Figure 14 : Rack Bently Nevada 3300.....	36
Figure 15 - Automate Siemens	36
Figure 16 : Structure d'un API.....	42
Figure 17 : Le groupe Turbosoufflante.....	44
Figure 18 : Les système de lubrification.....	44
Figure 19 : Démarche de décomposition d'une machine	46
Figure 20 : Bête à cornes du système	50
Figure 21 : Diagramme des interactions	51
Figure 22 - Décomposition fonctionnelle de groupe Turbosoufflante	53
Figure 23 : Image de la partie commande d'automate Woodward	55
Figure 24 : Image de l'armoire actuelle d'automate Woodward	56
Figure 25 : Image actuelle d'automate Siemens s7 216.....	56
Figure 26 : Diagramme de l'état actuel du système contrôle commande.....	57
Figure 27 : Composantes principales de l'API.....	80
Figure 28 : Automate Siemens S7 417-4.....	81
Figure 29 : Positionnement des organes de commande et de signalisation de la CPU.....	82
Figure 30 : DEL existants dans les CPU 41*.....	83

INTRODUCTION GENERALE

Le groupe Turbosoufflante s'inscrit dans le cadre du programme d'urgence d'IMACID. Il s'agit d'un groupe d'équipements qui assure la première étape pour la production d'acide sulfurique, ce qui exige la disponibilité de chaque équipement pour subvenir aux besoins du client.

Dans cette perspective, s'inscrit le présent travail. Les responsables d'exploitation, ont décidé de se pencher sur le problème de la disponibilité du groupe Turbosoufflante suite aux nombreuses pannes contrôle commande qui se produisent au sein de l'atelier sulfurique d'IMACID, engendrant l'indisponibilité de cet équipement qui se considère l'élément le plus critique d'atelier sulfurique.

Le travail en tant que projet de fin d'études, concerne l'étude et la rénovation du système de contrôle commande des annexes de la Turbosoufflante. Il s'agit de concevoir un nouvel automate pour remplacer ce qui existe actuellement.

Les automates programmables, à l'origine réservés à des applications exigeantes de volumes de traitements importants, sont maintenant opérationnels pour les automatismes plus petits.

C'est dans l'optique de moderniser l'automatisme de la Turbosoufflante, augmenter sa disponibilité sa fiabilité, sécuriser l'opérateur et l'équipement que se dressent les vecteurs de choix des solutions technologiques de cette étude.

Ce présent travail sera présenté comme suit :

- Le premier chapitre sera consacré à la présentation de la société d'accueil, les équipements du groupe Turbosoufflante, et le contexte général du sujet qui comprend une présentation du problématique et la planification du projet.
- Le deuxième chapitre sera consacré à l'analyse du programme, ce dernier qui assure le système de lubrification de notre groupe Turbosoufflante. Ce qui va nous permet de comprendre le fonctionnement de notre système contrôle commande.

- Le troisième chapitre comportera d'une part une étude critique par analyse de la défaillance d'armoire d'automatisation de la turbosoufflante à travers deux études AMDEC et Pareto, d'autre part il présentera l'état actuel du système contrôle commande, enfin on va élaborer un plan de maintenance préventive.

- Le quatrième chapitre sera consacré à l'étude des solutions proposées pour assurer une amélioration de notre système contrôle commande.

- Dans le dernier chapitre, nous présenterons l'étude technico-commerciale de la solution envisagée, une étude de rentabilité de ce projet, mettant en lumière son apport sur le plan économique.

Enfin, nous terminons par une conclusion générale qui synthétise les importants résultats de ce travail.

Chapitre 1:

Présentation générale

.....

PRESENTATION GENERALE

1.1. Présentation générale du groupe OCP SA

1.1.1. Présentation du groupe OCP SA

1.1.1.1. Mission

La mission du Groupe OCP est d'assurer dans le temps la meilleure valorisation des ressources en phosphates du Royaume du Maroc, dans le respect de ses responsabilités majeures sur les plans sociétal et environnemental. L'OCP est créé en 1920. Il est le leader mondial du phosphate et ses dérivés (acide et engrais). Il a plus de 90 ans d'expérience et dispose de réserves de phosphate parmi les plus importantes au monde. OCP poursuit un double objectif de valorisation et d'engagement sociétal fort : performances nancières et commerciales d'une part et soutien à l'économie marocaine et sécurité alimentaire mondiale dont il est un acteur majeur d'autre part. Le sous-sol marocain renferme les trois quarts des ressources mondiales de phosphate. Ces ressources évaluées à 85 milliards de m³ sont localisées dans 4 bassins, dont :

- Trois se situent dans le centre du pays, l'un à côté de la ville de Khouribga (Oued Abdoun de 37,35 milliards),
- Les deux autres sur le site de Gantour (Benguerir de 31.09 milliards et Meskala de 15.95 milliards),
- Le quatrième se situe au sud du pays, à Boucraa (Oued Eddahab de 1.11 milliards).

1.1.1.2. Organigramme



Figure 1 : Organigramme d'OCP

PRESENTATION GENERALE

1.1.1.3. **OCP en chiffre**

- Chiffre d'affaire : 60 Milliards de Dirhams
- Effectif : 23 000 collaborateurs
- Filiales et JV : 15
- Exportateur mondial par : 33% sous toutes formes (vers les 05 continents)
- Production : 28,1 millions de tonnes du phosphate brut, 1,8 MT d'acide phosphorique, 4.6 MT d'engrais
- Volume des investissements : 50 Milliards de Dirhams
- Part du marché marocain : 25% dans les exportations marocaines de marchandises

1.1.1.4. **Historique**

Les premières traces du phosphate ont été découvertes en 1912, dans la région de OULAD ABDOUNE, zone de Khouribga, huit ans après, l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) fut créé le 7 Août 1920 par DAHIR.

PRESENTATION GENERALE

Table 1 - Historique d'OCP

1920	Création de l'Office Chérifien des phosphates (OCP).
1921	Début d'exploitation du 1er site d'extraction à Khouribga.
1931	Début d'exploitation du gisement des Gantour à Youssoufia.
1965	Démarrage de la valorisation des phosphates à Safi par la mise en service de Maroc-Chimie.
1975	Prise en charge des exploitations des phosphates à Boucraâ.
1976	Augmentation des capacités de valorisation à Safi par la mise en service de Maroc-Phosphore I.
1979	Début d'exploitation de la zone minière de Benguérir.
1981	Démarrage à Safi des installations de Maroc-Phosphore II.
1986	Démarrage à Jorf Lasfar des installations de Maroc-Phosphore III – IV.
1997	Démarrage d' EMAPHOS (Euro-Maroc Phosphore).
1999	Démarrage d' IMACID (Indo Maroc Phosphore).
2007	Démarrage de PAKPHOS (Pakistan Maroc Phosphore).

1.1.1.5. Filiales du Groupe OCP

1.1.1.5.1. Les principales filiales

PHOSBOUCRAA

- Secteur d'activité : extraction et traitement de phosphate brut
- Capital : 100 000 000 MAD
- Siège : Casablanca

SOCIETE DE TRANSPORTS REGIONAUX (SOTREG)

PRESENTATION GENERALE

- Secteur d'activité : transport du personnel
- Capital : 56 000 000 MAD
- Siège : Khouribga

LEJONC ET CIE

- Secteur d'activité : immobilier
- Capital : 2 713 280 EUROS
- Siège : Paris

OCP INNOVATION FUND FOR ARCHITECTURE

- Secteur d'activité : fonds d'investissement
- Capital : 50 000 000 MAD
- Siège : Casablanca

SOCIETE D'AAMENAGEMENT ET DE DEVELOPPEMENT VERT (SADV)

- Secteur d'activité : aménagement et développement de projets urbains écologiques
- Capital : 165 000 000 MAD
- Siège : Casablanca

OCP SERVICES

- Secteur d'activité : management, business et socioculturel
- Capital : 2 000 000 MAD
- Siège : Casablanca

OCP INTERNATIONAL

- Secteur d'activité : gestion des participations du Groupe OCP à l'international
- Capital : 2 000 000 MAD
- Siège : Amsterdam (Pays-Bas)

1.1.1.5.2. Joint-ventures au Maroc

JACOBS ENGINEERING S.A (JESA)

PRESENTATION GENERALE

- Actionnaires: OCP (50%) – Jacobs Engineering
- Capital: 45 000 000 MAD
- Siège: Casablanca
- Activité : ingénierie et gestion de projets industriels d'envergure

BUNGE MAROC PHOSPHORE (BMP)

- Actionnaires: OCP (50%) – BungeBrasil
- Capital: 900 000 000 MAD
- Siège: Casablanca
- Activité : production et commercialisation d'acide phosphorique, d'engrais phosphatés et azotés et d'autres produits dérivés

EURO MAROC PHOSPHORE S.A (Emaphos)

- Actionnaires : OCP (33,3%) – Prayon – Chemische Fabrik Budenheim
- Capital: 180 000 000 MAD
- Siège : Casablanca
- Activité : production et commercialisation d'acide phosphorique purifié

INDO MAROC PHOSPHORE S.A (IMACID)

- Actionnaires : OCP (33,3%) – Chambal Fertilizers and chemicals – Tata Chemicals
- Capital : 619 998 000 MAD
- Siège : Casablanca
- Activité : production et commercialisation d'acide phosphorique marchand

1.1.1.5.3. Joint-ventures à l'international

BLACK SEA FERTILIZER TRADING COMPANY (BSFT)

- Actionnaires : OCP (70%) – Toros (leader des engrais phosphatés en turquie)
- Capital: 2 100 000 liras turques
- Siège: Istanbul
- Activité : négoce d'engrais dans la région de la Mer Noire, des Balkans et de l'Asie centrale

PRESENTATION GENERALE

PRAYON

- Actionnaires : OCP (50%) – Société Régionale d'Investissement de Wallonie (SRIW)
- Capital: 43 000 000 EUROS
- Siège: Engis (Wallonie - Belgique)
- Activité : production et commercialisation d'acides phosphoriques purifiés, de sels de phosphate et de produits fluorés

ZAMP (ZUARI MAROC PHOSPHORE)

- Actionnaires : OCP (50%) – Zuari Industries Limites (filiale du groupe Birla)
- Capital: 3 596 325 560 roupies indiennes
- Siège : Etat de GOA (Inde)
- Activité : société d'investissement, créée pour la prise de participation dans le capital de la société indienne

PARADEEP PHOSPHATES LIMITED

- Actionnaires : ZMPL (80.45%) – Gouvernement indien
- Capital : 5 755 000 roupies indiennes
- Siège : Etat de GOA (Inde)
- Activité : spécialisée dans la production et la commercialisation des engrais phosphatés pour le marché indien

1.1.2. OCP Jorf Lasfar :

Dans le cadre du développement continu en matière de valorisation des phosphates, le groupe OCP a bâti en 1986 sur le site de Jorf Lasfar à El Jadida le complexe industriel Maroc-Phosphore III-IV pour la production des acides phosphorique et sulfurique et des engrais, et par la suite le groupe a fondé d'autres unités de production en partenariat avec des groupes industriels internationaux. EMAPHOS : Euro Maroc Phosphore (33,33% OCP, 33,33% Prayon, 33,33% CFB Allemagne) qui a démarré en 1998 pour la production d'acide phosphorique purifiée. IMACID : (33% OCP, 33% Chambal Fertiliser-Inde et 33% data Chemicals Limited) qui a démarré en 1999. PAKPHOS : en partenariat avec le groupe

PRESENTATION GENERALE

pakistanaï FAUJI qui a démarré en 2007. BUNGE : en partenariat avec le groupe brésilien Bunge FERTELIZANTES qui a démarré en 2009.

Le site Jorf Lasfar s'étend sur une superficie d'environ 1700 ha, à 20 km d'EL Jadida. Le choix de cet emplacement a pris en considération la position stratégique de la région :

- Proximité des zones minières permettant son alimentation en phosphate Khouribga.
- Existence d'un port à tirant d'eau important.
- Disponibilité de l'eau de mer et d'eau douce.

1.1.3. Présentation de IMACID

IMACID est un complexe industriel moderne à proximité de Maroc Phosphore à Jorf Lasfar. C'est une société maroco-indienne (1/3 pour le Groupe OCP, 1/3 pour le Groupe BIRLA et le derniers 1/3 pour le nouveau associé le groupe TATA Chemical) constituée en 1997. Son capital est de 620 millions de dirhams.

Ce complexe industriel a démarré en octobre 1999 à proximité du complexe Maroc Phosphore III et IV à Jorf Lasfar, dont la construction du projet a augmenté la capacité de la production d'acide phosphorique à la plate forme de Jorf Lasfar de 25%.

Le coût du projet est de 2 milliards de DH. La surface occupée par l'ensemble des ateliers est de 112.500 m². La commercialisation du produit est répartie comme suit :

- ✓ 2/3 pour les partenaires
- ✓ 1/3 pour les autres marchés

IMACID bénéficie les avantages du site de Jorf Lasfer :

- ✓ La proximité du gisement minier de Khouribga.
- ✓ La proximité du port avec un grand tirant d'eau.
- ✓ L'alimentation en eau de mer et eau douce sur de faibles distances.
- ✓ La dotation du site de grandes facilités industrielles.
- ✓ La possibilité d'utilisation de l'infrastructure de MAROC PHOSPHORE.

Ce complexe a permis de produire annuellement 430 000 tonnes P₂O₅, et 1.300.000 tonnes d'H₂SO₄

L'énergie électrique nécessaire est fournie par un groupe turboalternateur de 27 MW fonctionnant au moyen de la vapeur haute pression produite par la chaleur dégagée par la combustion du soufre.

IMACID a été conçu en adoptant les procédés et les technologies les plus innovants en matière d'environnement et d'information :

- Procédé d'acide sulfurique MONSANTO à double absorption.

PRESENTATION GENERALE

- Procédé d'acide phosphorique PRAYON MARK IV avec unité de lavage des gaz.
- Unités conduites par un système numérique de contrôle commande (SNCC).

Pour assurer sa production annuelle d'environ 480 000 tonnes de P_2O_5 (qui nécessite 372 000 tonnes de soufre, 3 millions m^3 d'eau de procédé, 120 millions m^3 d'eau de mer, 1.37 Million de tonnes des phosphates de Khouribga, et 1.12 Million de tonnes d'acide sulfurique). IMACID dispose d'un ensemble d'ateliers qui rassemblent leurs biens et services produits.

1.1.3.1. Atelier sulfurique :

Le procédé de fabrication d'acide phosphorique par voie humide consiste à attaquer la pulpe de phosphate par un acide fort. L'acide d'attaque utilisé à IMACID est l'acide sulfurique, qu'on produit dans l'atelier sulfurique dont les caractéristiques sont :

- ✓ Capacité : 3800 tonnes monohydrate par jour ;
- ✓ Procédé : MONSANTO à double absorption.

1.1.3.2. Atelier phosphorique :

L'atelier phosphorique d'IMACID a pour activité de produire l'acide phosphorique 29 % et 54 % de P_2O_5 par voie humide. Ce procédé de fabrication se révèle être relativement simple, en mettant en Jeu la réaction du phosphate broyé avec l'acide sulfurique concentré, pour donner une suspension d'acide phosphorique (29% P_2O_5) et de sulfate de calcium ; l'opération est suivie d'une filtration puis d'une concentration et enfin d'une clarification de l'acide phosphorique ».

1.1.3.3. Atelier Utilités :

Centrale thermoélectrique CTE avec :

- ✓ Un groupe turbo alternateur de 27 MW ;
- ✓ Une liaison avec le réseau vapeur HP de Maroc Phosphore III-IV afin de fournir la vapeur pour les démarrages et augmenter la flexibilité de marché de l'ensemble du complexe Jorf Lasfar.

Station de traitement des eaux TED composé de :

- ✓ Chaînes de traitement des eaux douces ;
- ✓ Une station de compression d'air.

PRESENTATION GENERALE

1.1.3.4. Atelier Maintenance :

IMACID dispose de ses propres ateliers de maintenance avec un personnel hautement qualifié et compétent spécialisés en : mécanique, électrique, régulation et génie civil.

1.1.4. Présentation d'atelier sulfurique :

L'atelier sulfurique a pour but la production de l'acide sulfurique et la vapeur HP et MP. Le procédé par contact est basé sur trois étapes principales pour la transformation du soufre en acide sulfurique. Le schéma suivant résume tout le procédé (**Error! Reference source not found.**) :

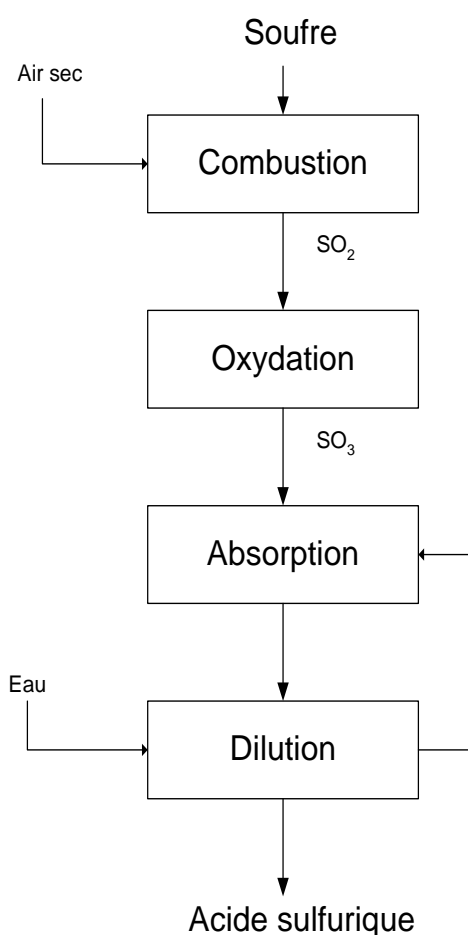


Figure 2 : Schéma de procédé

1.1.4.1. Les unités d'atelier sulfurique :

Cet atelier se compose de trois unités de production :

- Unité principale : U101.

PRESENTATION GENERALE

- Unité de stockage de soufre : U111.
- Unité de stockage de H₂SO₄ : U112.

1.1.4.1.1. Unité de stockage de soufre :

Le soufre nécessaire à la production de l'acide sulfurique est importé des pays étrangers (généralement la Pologne, l'Arabie Saoudite ...). Il se retrouve au port où on va le fusionner, le filtrer puis le stocker dans IJ (Infrastructure Jorf où l'on stocke plusieurs composants : soufre, ammoniac, ... avant de les distribuer aux entreprises industrielles.) IMACID, quant à elle, dispose d'une importation de soufre une à deux fois par semaine.



Figure 3 : Bac de soufre

L'unité de production U111 se compose d'un bac **Error! Reference source not found.** et d'une fosse.

Le soufre est liquide à une température de 119 degrés Celsius. Pour le garder dans cet état, le bac comporte 12 serpentins où est injectée de la vapeur BP (Basse pression, avec une température de 150 degrés et une pression de 4 bars).

Les pompes qui se trouvent au niveau de la fosse refoulent le soufre vers un four.

PRESENTATION GENERALE

PRESENTATION GENERALE

1.1.4.1.2. Unité de production U101 :



Figure 4 : Unité de production U101

Afin que la première réaction se produise, nous devons disposer dans le four du dioxyde d'oxygène et du soufre.

L'air ambiant va être filtré pour enlever les impuretés puis va passer par une tour où il va être séché avec de l'acide sulfurique afin de réduire son humidité dans le but d'éviter la corrosion des machines et des éléments. Il sera comprimé ; sa température augmentera. La turbosoufflante aspire l'air avant de le refouler dans le four à 120 degrés Celsius.

Le soufre, auparavant dans la fosse puis refoulé par les pompes vers le four (Figure 5), arrive dans des brûleurs (Figure 6). Au nombre de six, ce sont des cylindres composés de vannes qui pulvérisent le soufre liquide dans le four. Lorsque les six brûleurs sont utilisés, le débit est de 29 m³/heure.

PRESENTATION GENERALE

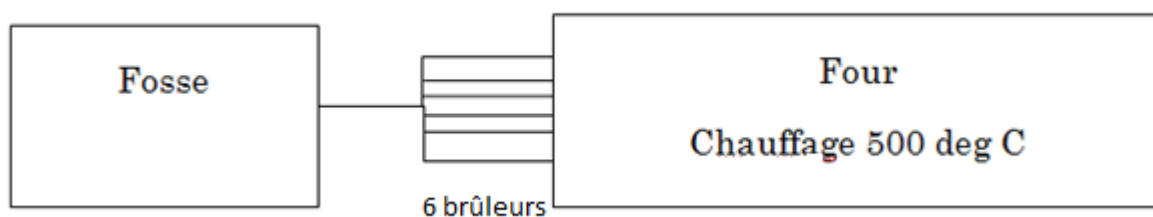


Figure 5 : Fosse et Four

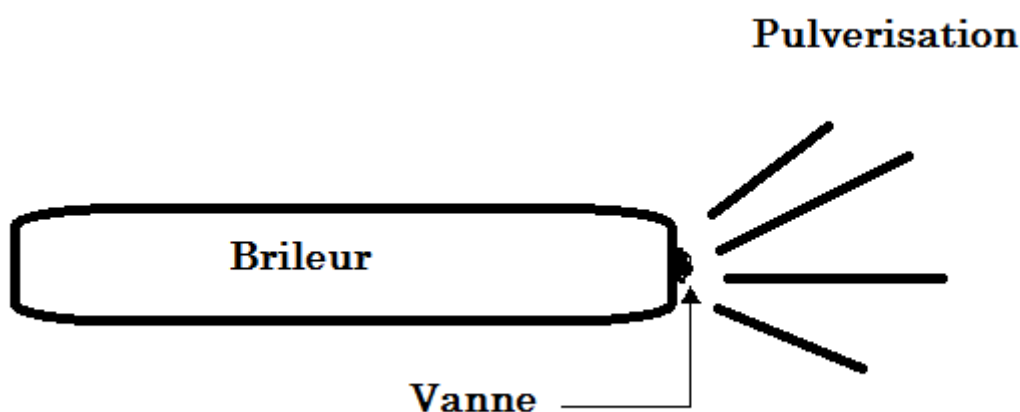


Figure 6 : Un Brûleur

Pour que la réaction ait lieu, le four doit être préchauffé à 500 degrés Celsius. Il s'agit d'une température proche du point d'inflammation du soufre.

A la fin de la réaction, nous obtenons du SO_2 à 447 degrés Celsius. Il est à noter que le SO_2 ne représente que 12% du mélange de gaz produits. Il s'agit d'un gaz très toxique, il est obligatoire de respecter les mesures de sécurité.

La deuxième réaction s'effectue dans le convertisseur en quatre lignes ou étapes puisque la réaction est incomplète et très lente. La réaction est accélérée grâce à un catalyseur : l'oxyde de vanadium (V_2O_5) car elle est lente dans la nature. A la première étape, seul 60% du SO_2 est converti, à la seconde, 26, à la troisième 11% et à la dernière un petit pourcentage. Ce qui reste des gaz et du SO_2 est dégagé à l'extérieur à travers les cheminées.

Le SO_3 obtenu est envoyé dans la tour d'absorption où se déroule la troisième partie de la réaction. Il s'agit d'une réaction complète. On obtient à la fin de l'acide sulfurique. Pour le ramener à une concentration de 98,65%, on lui injecte de l'eau et on utilise des refroidisseurs pour l'avoir à la température désirée.

1.1.5. Unité de stockage de H_2SO_4 :

PRESENTATION GENERALE

L'unité de stockage se compose d'un bac principal (Figure 7) qui peut stocker jusqu'à 13500 tonnes monohydrate d'acide phosphorique. Le bac principal est relié à deux bacs de reprises.



Figure 7 : Bacs de stockage d'acide sulfurique

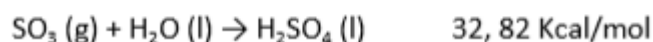
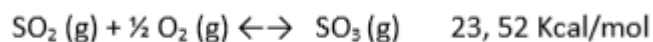
L'unité de stockage se compose d'un bac principal qui peut stocker jusqu'à 13500 tonnes monohydrate d'acide phosphorique. Le bac principal est relié à deux bacs de reprises.

1.1.5.1. Les différentes étapes de la production d'acide sulfurique :

Les principales étapes du procédé consistent à brûler du soufre (S) avec de l'air afin de former du dioxyde de soufre (SO_2), à combiner le dioxyde de soufre avec de l'oxygène (O_2) pour former du trioxyde de soufre (SO_3), et à combiner ce trioxyde de soufre avec de l'eau (H_2O) pour obtenir une solution d'acide sulfurique (H_2SO_4).

Les équations qui caractérisent cette production sont les suivantes :

PRESENTATION GENERALE



1.1.5.1.1. La combustion :

La première équation est complète et exothermique. C'est la phase de combustion comme elle est encadrée en noir dans la Figure 8.

L'air atmosphérique est aspiré par le compresseur principal à travers un filtre à air et une tour de séchage dans laquelle circule une solution d'acide sulfurique à 98.5%.

L'air nécessaire pour la combustion du soufre liquide dans le four est assuré par le groupe Turbosoufflante.

La température du gaz à la sortie du four à soufre est supérieure à celle requise à l'entrée du système de conversion. C'est pour cela le gaz est refroidi dans la chaudière de récupération de la chaleur perdue. Cette chaudière récupère le surplus de chaleur en la transformant sous forme de vapeur saturée à haute pression.

1.1.5.1.2. La conversion :

La seconde équation est réversible donc non complète, la température et la pression jouent fortement un rôle critique. Cette réaction on l'appelle la partie de conversion (La partie en rouge dans la Figure 8).

De la chaudière, le gaz passe à travers le filtre à gaz chaud est dirigé vers la première passe du convertisseur catalytique où le SO_2 est partiellement converti en SO_3 en présence du catalyseur de vanadium. La réaction de conversion est exothermique. Les SO_2 gaz doivent être refroidis pour améliorer le rendement de l'oxydation du SO_2 dans la prochaine masse du convertisseur. Les gaz quittant la première masse, et circulent vers le surchauffeur 1B où ils sont refroidis en chauffant la vapeur haute pression (HP). Ils circulent ensuite vers la seconde masse du convertisseur dans laquelle une autre conversion du SO_2 en SO_3 a lieu et qui s'accompagne d'une nouvelle génération de chaleur. Les gaz circulent dans un échangeur chaud E02 et sont dirigés vers la troisième masse du convertisseur. Ils sont ensuite refroidis dans la calandre d'un échangeur de chaleur E04 et dans l'économiseur 3B.

PRESENTATION GENERALE

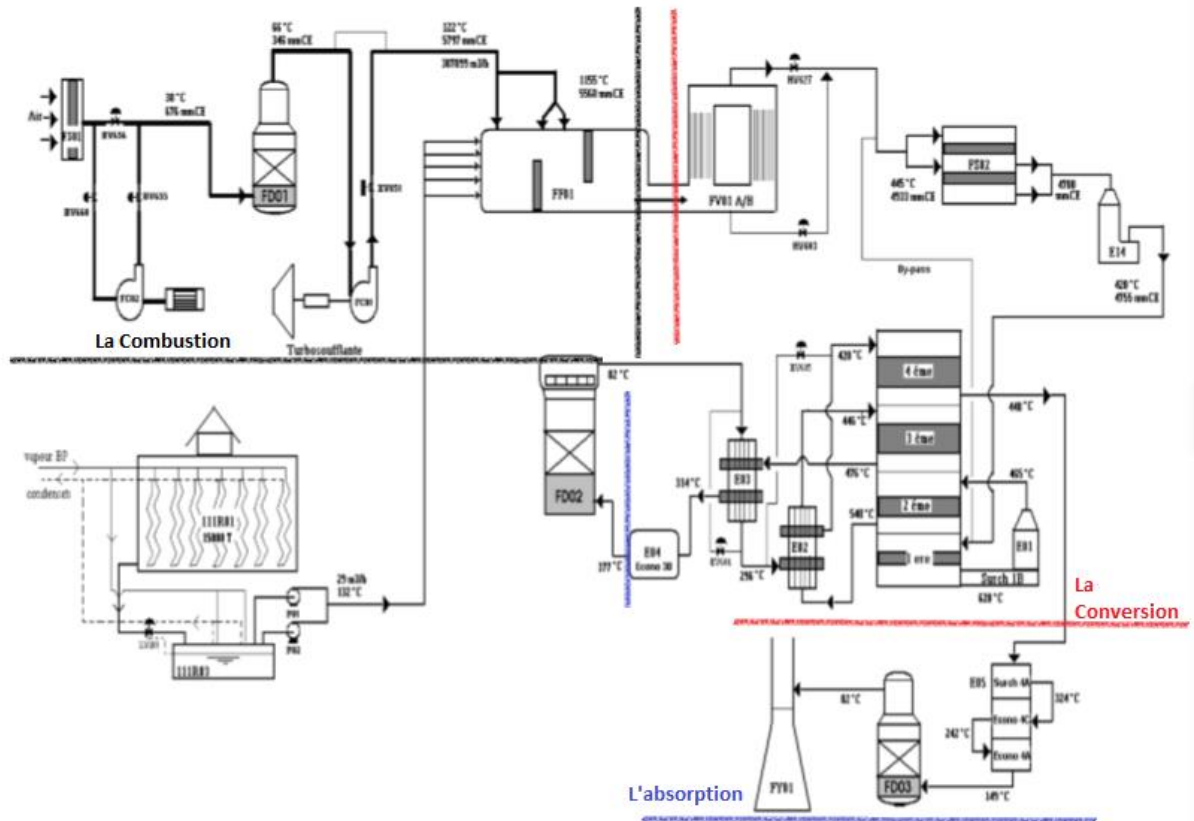


Figure 8 -Circuit GAZ

1.1.5.1.3. L'absorption :

La dernière se fait en présence de H_2SO_4 c'est la partie d'absorption (elle est encadrée en bleu dans la Figure 8).

Les gaz refroidis quittant l'économiseur 3B sont admis dans la tour d'absorption intermédiaire FD02. Les gaz sortant de cette dernière et qui contiennent encore du SO_2 non converti passent dans les tubes de l'échangeur de chaleur E03 où ils sont réchauffés par les gaz quittant la troisième masse du convertisseur. Ensuite, les gaz passent dans la calandre de l'échangeur chaud E02 puis au travers la quatrième masse du convertisseur où la conversion finale du SO_2 en SO_3 a lieu. Ils quittent la quatrième masse du convertisseur et pénètrent dans le surchauffeur 4A et les économiseurs 4C et 4A où ils sont refroidis respectivement par la vapeur haute pression et par l'eau d'alimentation de la chaudière. Les gaz quittant le surchauffeur 4A et les économiseurs 4C et 4A entrent dans la tour d'absorption finale FD03 avant d'être relâchés à l'atmosphère utilisant la cheminée FY01.

Dans les tours d'absorption intermédiaire et finale, le SO_3 présent dans le gaz réagit avec l'eau de la solution d'acide de circulation. La solution d'acide sulfurique quittant la tour d'absorption finale (acide de retour) est envoyée dans un des deux compartiments du réservoir de pompage commun FR 01 où elle se mélange avec une partie du retour d'acide de la tour de

PRESENTATION GENERALE

séchage FD01 comme il est montré dans la Figure 9. L'autre partie du retour d'acide de la tour de séchage et l'acide de retour des tours d'absorption se mélangent dans l'autre compartiment du réservoir de pompage commun où de l'eau de dilution est ajoutée pour maintenir le titre d'acide.

La solution d'acide sulfurique à 98,5% produite est extraite du refoulement de la pompe de circulation de la tour finale vers le refroidisseur d'acide de production puis vers les réservoirs de stockage.

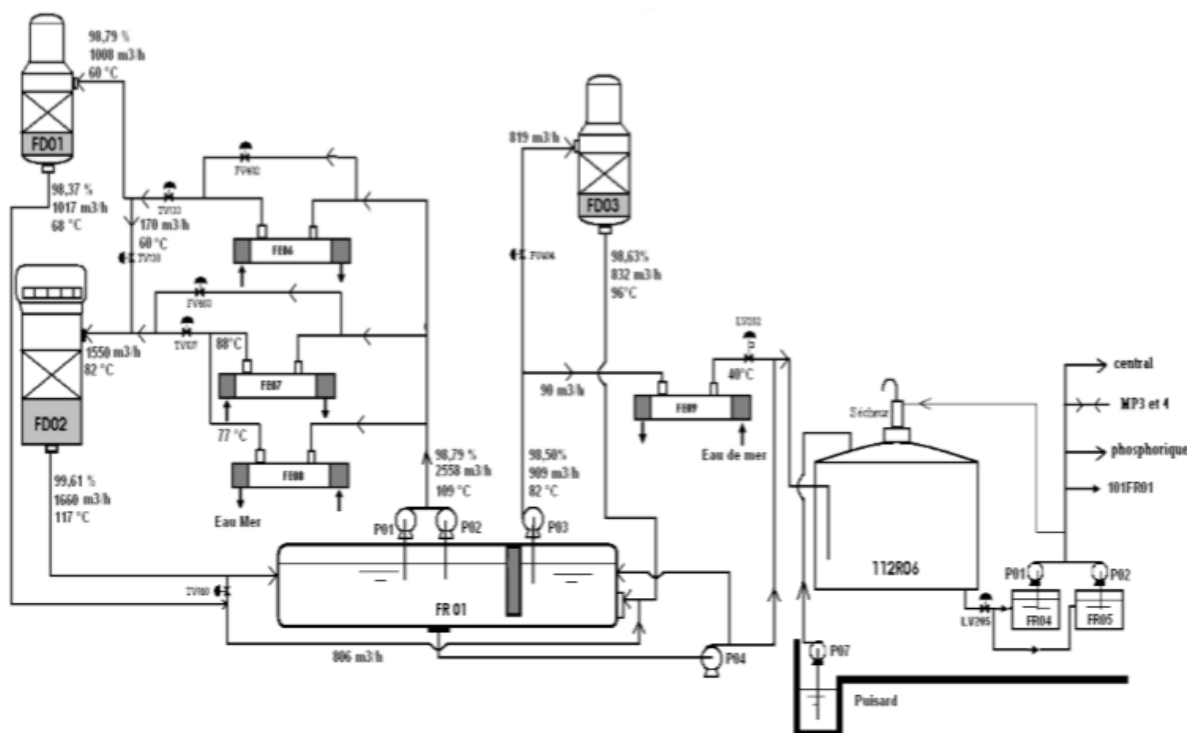


Figure 9 - Circuit d'acide

1.2. Présentation du projet

1.2.1. Problématique

Mon projet de fin d'études a été réalisé au sein d'atelier sulfurique d'IMACID. Ce dernier dispose de plusieurs équipements qui contribuent de façon complémentaire à la production d'acide sulfurique. Le groupe Turbosoufflante est installé et mise en exploitation depuis 1993/94, certes, Il est considéré comme un élément critique dans l'installation d'atelier sulfurique, son système contrôle commande manque de fiabilité puisque c'est un système obsolète et ne peuvent pas dans son état actuel répondre aux exigences de l'atelier sulfurique suite à plusieurs considérations dont on peut citer :

- Les pannes au niveau d'automate.
- La mise hors service de la Turbosoufflante.

PRESENTATION GENERALE

La défaillance de l'équipement le plus critique <Turbosoufflante> obstrue la mise en service de la conversion du soufre dans le four, et pour répondre à ces défis, notre mission se porte sur « La rénovation du système contrôle commande des annexes de la turbosoufflante ». L'objectif principal de cette rénovation touche d'une manière directe les axes suivants :

- Eradiquer des pannes.
- Améliorer le système de contrôle commande de la turbosoufflante.
- Eliminer l'ensemble des dysfonctionnements de la turbosoufflante.
- Fiabiliser la sécurité des équipements de la turbosoufflante.
- Rendre la turbosoufflante disponible à 100%

1.2.2. Démarche du projet

Dans le but de résoudre la problématique, et hausser la performance de groupe Turbosoufflante en termes de rendement, service et disponibilité, aussi palier aux problèmes des pannes contrôle-commande, les objectifs de notre projet sont :

- **Analyse du programme implémenté dans l'automate**
- **Elaboration d'une étude AMDEC, afin de savoir l'élément le plus critique de système contrôle commande.**
- **Proposition des solutions pour la problématique.**
- **Etude de la solution retenue.**
- **Elaboration d'un plan de maintenance préventif.**
- **Une étude technico-commerciale de la solution retenue.**

1.2.3. Planification du projet

La planification d'un projet est nécessaire en tant qu'élément d'organisation et d'orientation, elle consiste à prévoir l'ordonnancement des opérations sur le plan des délais et sur le plan de l'utilisation des ressources. Il convient dans un premier temps de mesurer le "poids" d'un projet en termes de charges et donc de durée ; dans un second temps, il s'agit d'optimiser la succession des tâches et aboutir ainsi à un calendrier des opérations.

La planification aide à faire de bonne prise de décision lors du développement d'un projet en améliorant la productivité grâce à une meilleure maîtrise de la qualité. Pour mener au terme les différentes tâches qui nous ont été confiées, le projet a été découpé de la façon suivante :

PRESENTATION GENERALE

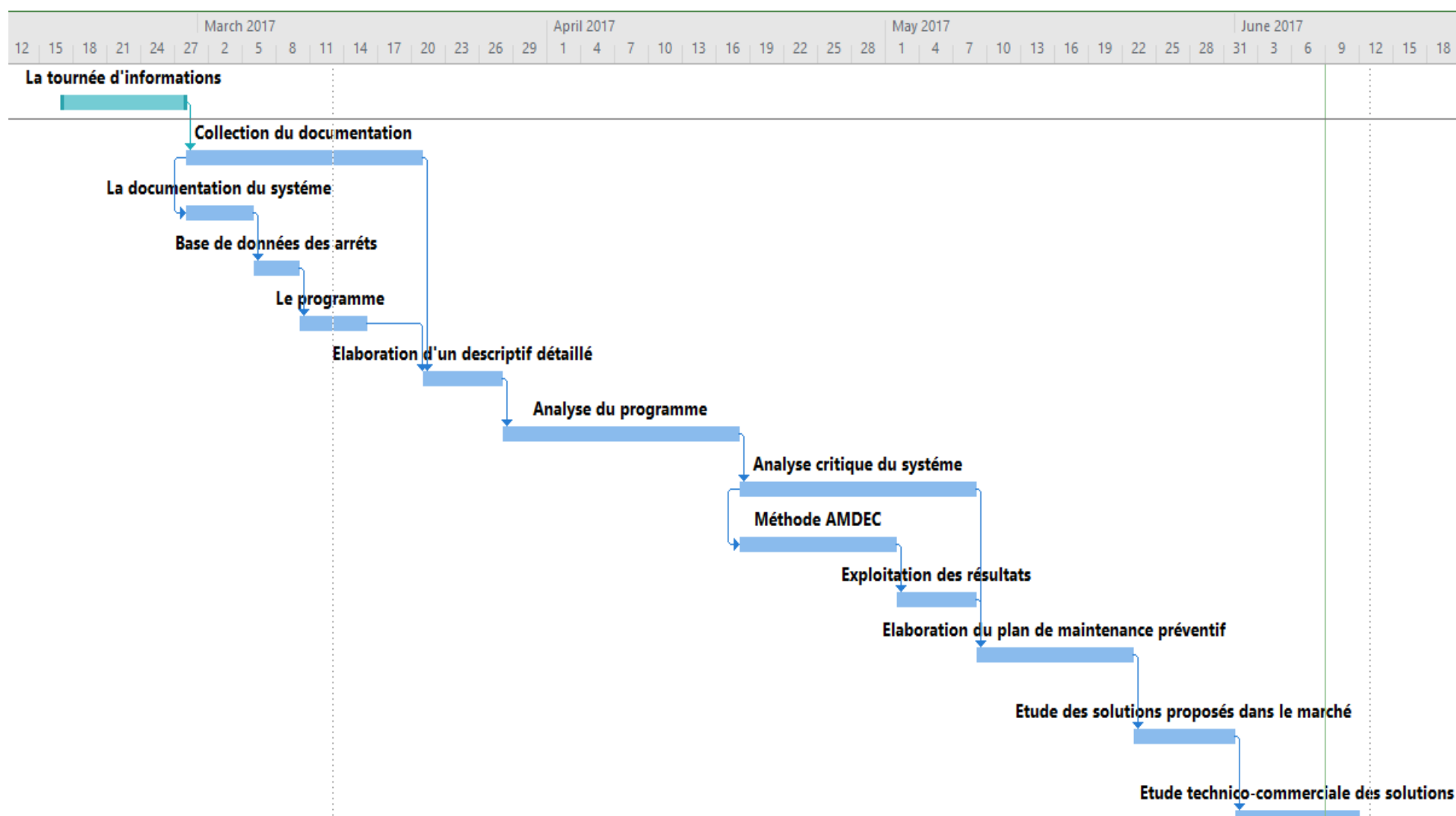


Figure 10 - Planning du projet avec MS-Projec

PRESENTATION GENERALE

1.3. Etude descriptive détaillé du groupe Turbosoufflante et ses annexes

1.3.1. Le groupe Turbosoufflante

1.3.1.1. Le système de refroidissement d'huile

L'objectif principal de ce système est le refroidissement de l'huile de lubrification. Cette dernière a pour but de lubrifier les paliers du groupe Turbosoufflante.

Le système vise à maintenir une température constante de 42°C, Il est constitué d'un réservoir d'huile avec deux échangeurs dont lesquels circule l'eau de Noria dans la partie calandre et l'huile à refroidir dans côté tube. Pour ce qui suit, on essayera de détailler les composantes de l'installation et expliquer leurs rôles.

➤ Echangeur de chaleur :

Il existe deux échangeurs, mais seulement un fonctionne, et l'autre reste secours en cas de panne. C'est les échangeurs qui refroidissent l'huile à l'aide de l'eau de NORIA grâce à l'échange de chaleur qui se fait entre les deux à l'intérieur de l'échangeur mis en marche. Il faut noter que la permutation des deux échangeurs se fait en chaque arrêt pour assurer le fonctionnement de l'échangeur arrêté en cas de panne.



➤ Thermocouple d'huile :

C'est un instrument de surveillance qui permet de visualiser la température d'huile entrante dans l'échangeur. Et donc le contrôle de débit d'eau de NORIA utilisée dans le refroidissement.

PRESENTATION GENERALE

➤ Réservoir d'huile :

Il est utilisé pour la conservation de l'huile, il contient des agitateurs pour agiter l'huile pour avoir une température homogène.

➤ Vanne de l'eau de NORIA :

Il existe deux vannes, une pour l'entrée et l'autre pour la sortie de l'eau, son rôle est le contrôle de débit d'eau entrant ou sortant à ou de l'échangeur pour refroidir l'huile, et donc permet d'augmenter le débit d'eau si l'huile est très chaude, et le diminué dans le cas contraire.

➤ Vanne automatique d'huile :

Comme son nom l'indique c'est une vanne qui s'ouvre et se ferme automatiquement selon la température de l'huile. Parfois il arrive que la température de l'huile soit très basse même s'on n'utilise pas les échangeurs, et donc il faut lui ajouter de l'huile chaude pour augmenter sa température, et donc cette vanne s'ouvre et se ferme selon le besoin, donc elle joue le rôle d'un régulateur de température d'huile.



➤ By-pass :

C'est une vanne à commande manuelle, elle a le même rôle que la vanne automatique, elle est utilisée lorsque la vanne automatique n'est pas suffisante pour maintenir la température d'huile au degré voulu, ou pour la chauffer rapidement.

➤ Conduite d'huile :

Elle est utilisée pour le transport d'huile, elle est en acier et n'est pas calorifugée, puisque sa longueur n'est pas très grande et donc on n'a pas des grandes pertes.

➤ Vanne à double sens :

PRESENTATION GENERALE

Il existe deux vannes de ce type, une à l'entrée et une à la sortie des échangeurs. C'est une vanne qui permet de contrôler le sens d'écoulement de l'huile selon l'échangeur mis en marche. Il existe aussi deux autres vannes de même type pour l'eau de NORIA.



➤ Manomètre d'huile :

C'est un instrument de surveillance, pour contrôler la pression d'huile entrante dans l'échangeur. Cette pression doit être plus grande que la pression de l'eau de NORIA pour éviter le passage de l'eau vers l'huile en cas de fuite.

➤ Manomètre d'eau :

C'est un instrument de surveillance, pour contrôler la pression d'eau de NORIA entrante dans l'échangeur. et donc permet de contrôler la quantité d'eau entrante dans l'échangeur.

➤ Détecteur de pression :

C'est un instrument de surveillance, pour contrôler la pression d'huile entrante dans l'échangeur, et l'envoyer à la salle de contrôle.

PRESENTATION GENERALE



1.3.1.2. Le système d'huile :

➤ Pompes d'huile :

Elles sont utilisées pour pomper l'huile de réservoir pour l'utilisée dans la lubrification et le refroidissement. Il existe deux pompes (6 et 7), une mise en marche et l'autre utilisée en cas de panne.il faut signaler qu'on permute les deux pompes après une certaine période de fonctionnement pour assurer un fonctionnement long des pompes et aussi le fonctionnement de la pompe de secours en cas de panne.

➤ Pompes à courant continu (8) :

Elle est utilisée comme pompe de dépannage lorsque le système de pompage tombe en panne ou dans le cas de problème dans l'installation électrique, mais elle est utilisée seulement pour l'huile de refroidissement et pas pour l'huile de commande car son refoulement est insuffisant pour la commande. Il faut noter que la pompe est mise en marche chaque semaine, pour une petite période, pour assurer son fonctionnement en cas de panne.

➤ Les Filtres :

On les utilise pour filtrer l'huile avant de l'envoyer pour la lubrification et le refroidissement, parce que le fonctionnement fiable des paliers n'est assuré que si l'huile de lubrification est pure. Ces filtres se composent généralement de toile de tamisage dont la largeur de maille est de 25 μ m. Il existe deux filtres, on utilise un en service et l'autre en suspension. L'utilisation d'un filtre ou l'autre est assurée par un bras d'orientation, et il faut noter aussi qu'il y a un indicateur de filtre qui indique l'état de filtre : Lorsqu'il est en bleu, le filtre fonctionne correctement, et lorsqu'il est en rouge on comprend que le filtre en service est saturé et on doit le permuter avec celui en suspension, après on procède au lavage du premier et ainsi de suite.

PRESENTATION GENERALE

Il y a aussi un filtre pour la pompe à courant continu fonctionne comme les filtres des autres de pompes.



➤ Thermocouple :

C'est un instrument de surveillance qui permet de mesurer la température d'huile à la sortie de l'échangeur, pour assurer le refroidissement des paliers.

➤ Détendeur :

L'huile est divisée en huile de commande et huile de lubrification, l'huile de commande doit avoir une grande pression, alors que l'huile de lubrification a une pression faible par rapport à l'huile de commande et pour cela on utilise le détendeur pour diminuer la pression d'huile utilisée dans la lubrification.

➤ Manomètre d'huile de lubrification :

C'est un instrument de surveillance qui permet de contrôler la pression d'huile après son passage dans le détendeur, et donc assurer le fonctionnement de détendeur.

➤ Les détecteurs de pression (PSL 023, 022,020 ; PDSH 024,082) :

Ils sont utilisés pour mesurer la pression et l'envoyer à la salle de contrôle :

PSL 023 : la pression d'huile sortante de l'échangeur.

PSL 022 et 020 : la pression d'huile de lubrification.

PDSH 024 : la dépression entre l'entrée et la sortie de filtre.

PRESENTATION GENERALE

PDSH 082 : la dépression entre l'entrée et la sortie de filtre.

➤ Réchauffeur :

Il existe deux réchauffeurs permettent de chauffer l'huile lorsque sa température est très basse, ils fonctionnent automatiquement lorsque la température de l'huile est de 36°C.

➤ Thermocouple de réservoir :

C'est un instrument de surveillance qui permet de contrôler la température d'huile dans le réservoir, et donc contrôler le fonctionnement des réchauffeurs.

➤ Accumulateur :

C'est un outil de contrôle, remplit en azote, il permet de stationner la pression d'huile de commande lorsqu'il y a une permutation des pompes ou un changement de pression d'huile dans un faible laps de temps, sa vanne doit être ouverte pour qu'il soit en marche. et donc il assurer le bon fonctionnement de commande.

➤ Manomètre d'accumulateur :

Un instrument de mesure permet de visualiser la pression dans l'accumulateur.

➤ Vanne d'huile de commande :

Permet de contrôler le passage d'huile de commande.

➤ Conduite de retour d'huile :

C'est la sortie d'huile utilisée dans la lubrification.

➤ Thermocouple d'huile de retour :

Un instrument de contrôle permet de visualiser la température d'huile après son utilisation dans la lubrification. Et donc avoir une idée sur la lubrification et le fonctionnement des machines, car si la température d'huile n'est pas changée après lubrification, on peut conclure que la lubrification ne se fait pas, ou s'elle sort avec une grande température, qu'il y a un problème au niveau des paliers par exemple.

➤ Extracteur de CO2 :

Il permet d'échapper le CO2 qui se trouve dans le réservoir d'huile, et donc éviter les corrosions des matériaux des machines.

➤ Soupapes de sécurité :

Permet d'éviter le passage d'huile à grande pression aux équipements ce que peut entrainer des pannes.

➤ Vannes d'huile :

Permet de contrôler le passage d'huile aux pompes.

➤ Détendeur :

Permet de stabiliser la pression d'huile refoulée par les pompes, et éviter les perturbations du système de refroidissement.

PRESENTATION GENERALE

➤ Conduite de retour d'huile :

Le retour d'huile utilisée dans lubrification et refroidissement.

➤ Centrifugeuse :

Lorsque l'huile est utilisée dans le refroidissement et lubrification retourne au réservoir d'huile, il se peut qu'elle soit mélangée avec des gouttes de vapeur condensée ou des impuretés. Une partie des impuretés peut être éliminées par les filtres mais reste toujours une partie dans le réservoir d'huile, ces impuretés seront accumulées dans le réservoir et donc il faut faire un lavage d'huile de temps en temps, et pour cela on utilise la centrifuge qui élimine l'eau et les impuretés qui se trouvent dans l'huile.

1.3.1.3. Les équipements principaux du groupe Turbosoufflante

1.3.1.3.1. La turbine :

La turbine utilisée est une turbine à réaction, fournie par la société SIEMENS, permet de transformer l'énergie hydraulique fournie par la vapeur à haute pression ($P=60.3\text{bar}$ (dimensionnement) et $P_{\text{max}}=61.5\text{bar}$) en énergie mécanique assuré par la rotation de l'arbre, et aussi soutiré la vapeur HP en vapeur MP ($P=10.1\text{bar}$ (dimensionnement), $P_{\text{max}}=10.8\text{bar}$ et $P_{\text{min}}=9.5\text{bar}$). La turbine à une vitesse (dimensionnement) de 8746tr/min, et une puissance nominale de 5756 kW et une puissance maximale de 7191 kW. On va essayer de détailler les différents éléments de la turbine.

➤ Conduite de la vapeur HP :

C'est l'entrée de la vapeur à Haute pression dans la turbine, et donc l'origine de l'énergie hydraulique.

➤ Conduite de la vapeur MP :

C'est la sortie de la vapeur à moyenne pression de la turbine.

➤ Soupapes de réglage :

Elles contrôlent la quantité (débit) de vapeur entrante à la turbine, en fonction de la puissance demandée.

➤ Thermocouple :

Appareil de mesure, pour calculer la température de vapeur dans le corps de la turbine, pour assurer le bon fonctionnement de la turbine.

➤ Gouverneur :

C'est lui qui contrôle l'ouverture et la fermeture de la vanne toute ou rien et donc l'entrée de la vapeur à la turbine. Il permet aussi de transformer le signal de sortie de régulateur de vitesse en une pression d'huile secondaire, et il est alimenté hydrauliquement par de l'huile de sécurité. Il permet en cas de déclenchement de la turbine la fermeture des soupapes de réglage et de fermeture rapide.

➤ Palier avant :

PRESENTATION GENERALE

Il est constitué de la chaise-palier, de la couronne de butée avec la butée, du palier porteur et de la bague d'étanchéité. Sa forme garantit une bonne stabilité de marche de la turbine.

➤ Vannes de commande :

Elles sont utilisées pendant le démarrage et l'arrêt de la turbine, pour ouvrir ou fermer la vanne toute ou rien, et donc le passage de la vapeur HP au corps de la turbine, mais seulement jusqu'à la limite des soupapes de réglage. Il faut noter que pendant le démarrage, il faut ouvrir la vanne d'alimentation en premier temps et après la vanne de retour, pour éviter le passage d'air à la turbine.

➤ Vanne de fermeture rapide :

C'est la vanne qui contrôle le passage de vapeur HP à la turbine, elle doit être ouverte pour la mise en marche de la turbine, elle est commandée par les vannes de commande d'huile secondaire.

➤ Vireur manuel :

Lorsque la turbine est mise à l'arrêt et le rotor chaud s'est immobilisé, celui-ci, en refroidissant, subit après un certain temps des déformations, pour éviter cela, on aura recours à un vireur manuel permettant de maintenir la rotation, ce qui assurera un refroidissement homogène du rotor et empêchera les déformations cela à l'aide d'un manche.

➤ Vanne de l'échappement :

C'est la vanne utilisée pour échapper la vapeur MP vers l'atmosphère, elle doit être ouverte en cas d'arrêt et fermée en cas de marche de la turbine.

➤ Vanne de condensation :

C'est la vanne utilisée pour envoyer la vapeur MP vers le condenseur, elle doit être fermée en cas d'arrêt et ouverte en cas de marche de la turbine.

➤ Conduite d'échappement :

Conduite utilisée pour échapper la vapeur MP vers l'atmosphère en cas d'arrêt de la turbine, pour éviter le retour de cette vapeur à la turbine.

➤ Drains de vanne à fermeture rapide :

Ce sont deux vannes en série, la première s'ouvre et se ferme à 100%, et l'autre est une vanne de réglage, s'ouvre partiellement. Elles sont fermées au démarrage et on les ouvre pendant l'arrêt.

➤ Drain du corps de turbine :

Vanne pour contrôler le passage des condensats du corps de la turbine, elle doit être fermée lorsque la turbine est mise en marche et ouverte en cas d'arrêt.

➤ Vannes des manomètres :

Il faut qu'elles soient ouvertes pour que les manomètres fonctionnent.

PRESENTATION GENERALE

1.3.1.3.2. Le réducteur :

Le réducteur est un élément qui permet une liaison entre la turbine et la soufflante, il permet de réduire la vitesse de la turbine à une vitesse compatible avec la soufflante. Il a un rapport de réduction de 3.1212. Il faut noter que le réducteur permet d'avoir trois gammes de vitesse (4226>1354,8924->2859 et 9370->3002 tr/min) et donc trois débits de vapeur selon la cadence. Le réducteur utilisé a une puissance de 8100kW.

- L'alimentation en huile de lubrification :

L'entrée d'huile de lubrification de réducteur et de palier arrière de la turbine. □ Retour d'huile de lubrification ; Sortie d'huile de lubrification.

- Thermocouple d'huile de retour de turbine :

C'est un instrument de mesure permet de visualiser la température d'huile après son utilisation dans la lubrification de la turbine.

- Thermocouple d'huile de retour du réducteur :

C'est un instrument de mesure permet de visualiser la température d'huile après son utilisation dans la lubrification du réducteur. Cette température va nous informer sur la lubrification se des paliers de réducteur et aussi en cas où cette température est très haute va nous permettre de visualiser l'échauffement anormal des paliers.

1.3.1.3.3. La soufflante :

La soufflante est utilisée pour l'aspiration de l'air atmosphérique après son passage dans un filtre pour le nettoyer de la poussière et séché par l'acide sulfurique, pour l'utiliser dans la combustion et dans l'opération de conversion. La soufflante utilisée a un débit nominal de 301481m³/h et un débit maximal de 350000m³/h, et elle tourne à une vitesse entre 1354 et 2859 tr/min. Elle a une puissance de 6537kW.

- Manomètre de palier arrière :

Instrument de mesure utilisé pour visualiser la pression de l'entrée d'huile de lubrification au palier arrière de la soufflante.

- Compenseur :

Comme son nom l'indique c'est une pièce ajoutée à la soufflante pour compenser toute vibration ou dilatation due au fonctionnement de la soufflante ou à la haute température.

- Manomètre de palier avant :

Instrument de mesure utilisé pour visualiser la pression de l'entrée d'huile de lubrification au palier avant de la soufflante.

- L'entrée d'huile de lubrification :

L'entrée d'huile pour la lubrification des paliers de la soufflante.

- Sortie d'huile de lubrification :

PRESENTATION GENERALE

La sortie d'huile utilisée dans la lubrification des paliers de la soufflante.

1.3.2. Le fonctionnement de la Turbosoufflante :

1.3.2.1. Les étapes de fonctionnement :

On peut citer trois blocs qui assure la marche de notre turbine ;

- Le régulateur de vitesse WOODWARD.
- L'automate SIEMENS pour la centrale de lubrification
- Rack BENTLY NEVADA pour les vibrations et les températures.

Tout d'abord on va décrire la première étape pour assurer le fonctionnement de notre système. L'huile sortante du réservoir passe par l'échangeur, qu'il la refroidisse jusqu'à une température entre 40 et 45°C. Après le refroidissement, l'huile est filtrée et puis divisée en deux parties, une partie sera détendue d'une pression entre 6 à 9bars à une pression entre 0.8 et 1.7bars qui va être utilisée pour la lubrification de l'arbre et les paliers des différentes composantes du système. L'autre partie qui a une pression toujours entre 6 et 9 bars est utilisée pour les différentes commandes du système. Suivant les commandes contrôlées par l'huile, on la divise en : huile de démarrage, huile secondaire, huile de commande et huile de sécurité. L'huile de démarrage et l'huile secondaire sont utilisées pendant le démarrage.

En premier temps, il faut ouvrir la vanne d'huile de commande d'alimentation et après la vanne de commande de retour.

Lorsque l'utilisateur envoie un ordre pour le démarrage de la turbine, le convertisseur I/P converti le signal électrique en pression d'huile, qui s'écoule vers la vanne à fermeture rapide.

La vanne de fermeture rapide s'ouvre, la pression d'huile de démarrage augmente et comprime le piston de la vanne à fermeture rapide contre son plateau de façon étanche. La pression d'huile secondaire s'établit, et les soupapes de réglage commencent à s'ouvrir. S'il n'existe pas de vireur, il faut élever légèrement la pression d'huile secondaire pour pouvoir dépasser le point de découlement dans les paliers. la pression d'huile de démarrage augmente après l'ouverture totale, Lorsque le rotor de la turbine tourne, la pression d'huile secondaire commence à diminuer, Lorsque la vitesse de turbine s'accroît et l'expansion de la vapeur dans les aubages suffit pour faire tourner le rotor, l'amenée d'huile vers le vireur hydraulique est fermée.

Lorsque la pression d'huile diminue jusqu'à la valeur égale à 0. On clique sur RUN pour ouvrir les soupapes de la turbine, puis sur SPEED pour visualiser la vitesse de la turbine.

En deuxième temps, la vapeur HP passe par la vanne à fermeture rapide et va ensuite vers la soupape de réglage. Cette vapeur va faire tourner la turbine qui va entraîner la soufflante via un réducteur. Au début le manomètre de la vapeur MP est en 0, après la pression augmente, et lorsqu'elle arrive à une valeur de 5 bars, il faut ouvrir la vanne MP.

Ensuite on ferme les deux vannes (drains) en série du corps de la turbine, et la vanne de corps de turbine. Lorsque la température de MP arrive à 200°C, on ouvre la vanne de

PRESENTATION GENERALE

condenseur et fermer celle de l'échappement vers l'atmosphère. On Ferme les drains de fermeture rapide, et on règle l'éjecteur sur position 3. Lorsque la température de MP est de 220°C, on ferme ses drains.

Lorsque la valeur de la vitesse est de l'ordre de 4226 tr/min, on met le système en mode distance en utilisant le bouton LOCAL/DISTANCE.

Après l'opérateur de salle de contrôle peut augmenter la vitesse de la turbine à distance. La vitesse de rotation mesurée au niveau de la turbine est envoyée vers le régulateur de vitesse. Elle est comparée à la consigne, après le WOODWARD agit sur la soupape de réglage de façon à ramener la vitesse à la valeur de la consigne suivant la température du four et la quantité de vapeur demandée par la centrale et la quantité de souffre à traiter, tous cela en respectant les seuils des vibrations, les températures des paliers et les différentes pressions.

1.3.2.2. Les automates existants

L'armoire de commande de la Turbosoufflante récupère les informations en provenance des capteurs et des boutons poussoirs et envoie les ordres de commande aux prés actionneurs. L'armoire de commande peut se modéliser comme il est indiqué en contour rouge dans la Figure 11.

PRESENTATION GENERALE

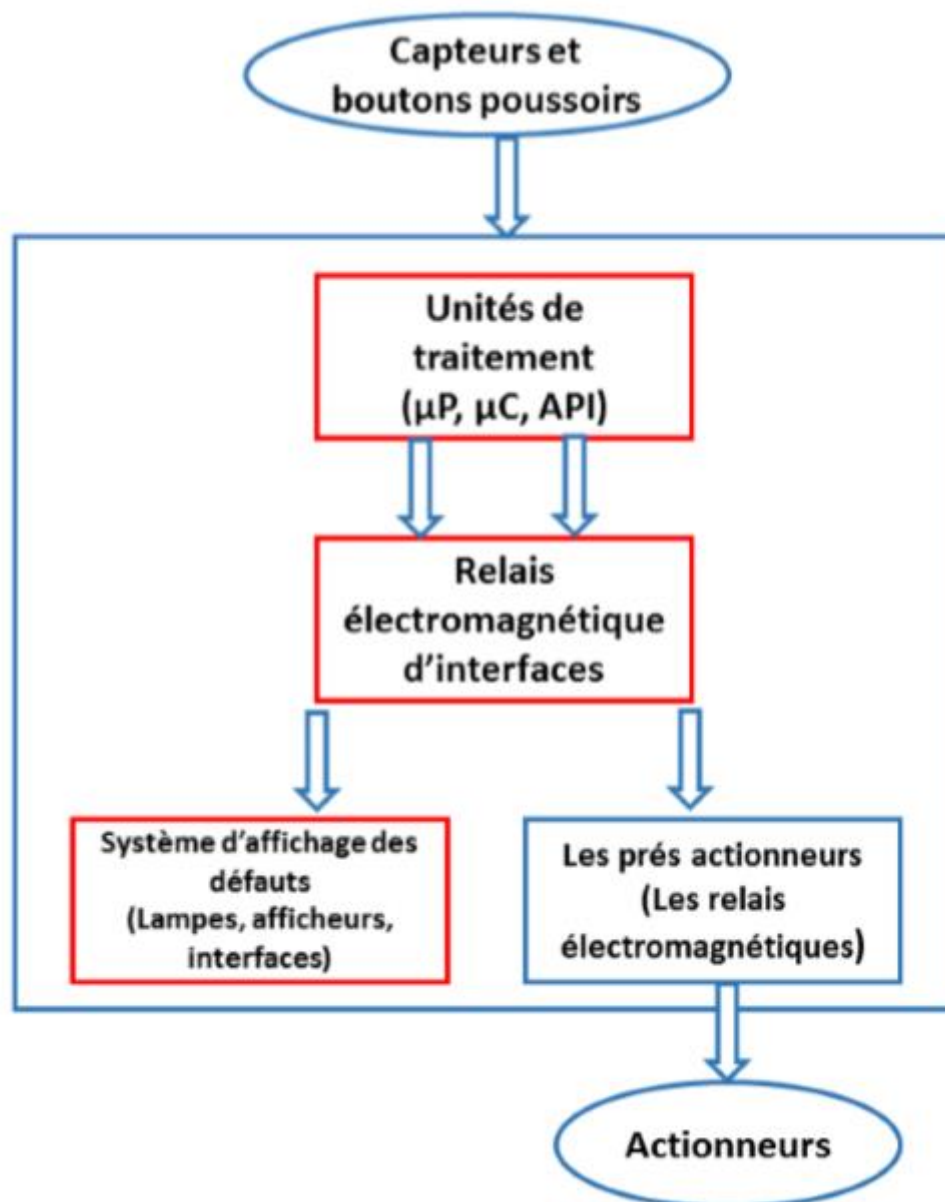


Figure 11 : Schéma bloc des composants de l'armoire envisagée

1.3.2.2.1. Woodward

Le Woodward modèle 505 (Figure 12) est l'automate utilisée pour la régulation de vitesse de notre turbine.

Les modèle 505 est de commandes à microprocesseur, conçue pour régler le fonctionnement de turbines à vapeur de tous formats. Il permet de régler le fonctionnement de turbines à vapeur dotées d'un ou deux actuators (à deux étages) commandant les soupapes d'admission de vapeur. Ces commandes numériques peuvent être programmées par l'utilisateur. Elles sont munies d'un logiciel piloté par menu apprenant aux mécaniciens de programmer la commande sur site en fonction d'un générateur ou d'une application de commande mécanique spécifique.

PRESENTATION GENERALE

Le modèle 505 comporte un tableau complet de commande de l'opérateur, doté d'un visuel à deux lignes (chacune à 24 caractères) et d'un bloc de 30 touches. Ce tableau de commande de l'opérateur permet de configurer le 505, de modifier le programme en direct et de faire fonctionner la turbine/le système.



Figure 12 : Woodward 505

1.3.2.2.2. Rack Bently Nevada

Rack Bently Nevada 3300 (Figure 13) est un système qui assure la surveillance de la température et la vibration des paliers de notre Turbosoufflante et la protection de la machine. Il présente des afficheurs dédiés incorporés et prend en charge une large gamme de types de mesures. Tandis que ce système monté dans un rack est installé chez un grand nombre d'utilisateurs, il est actuellement surpassé en popularité par le 3500.

PRESENTATION GENERALE



Figure 13 : Rack Bently Nevada 3300

Le 3500 est à présent recommandé pour la plupart des nouvelles applications comme le système de protection des machines le plus efficace.

1.3.2.2.3. Siemens

L'automate Siemens est l'un qui assure la lubrification de notre turbosoufflante, c'est lui qui contient notre programme contrôle commande.

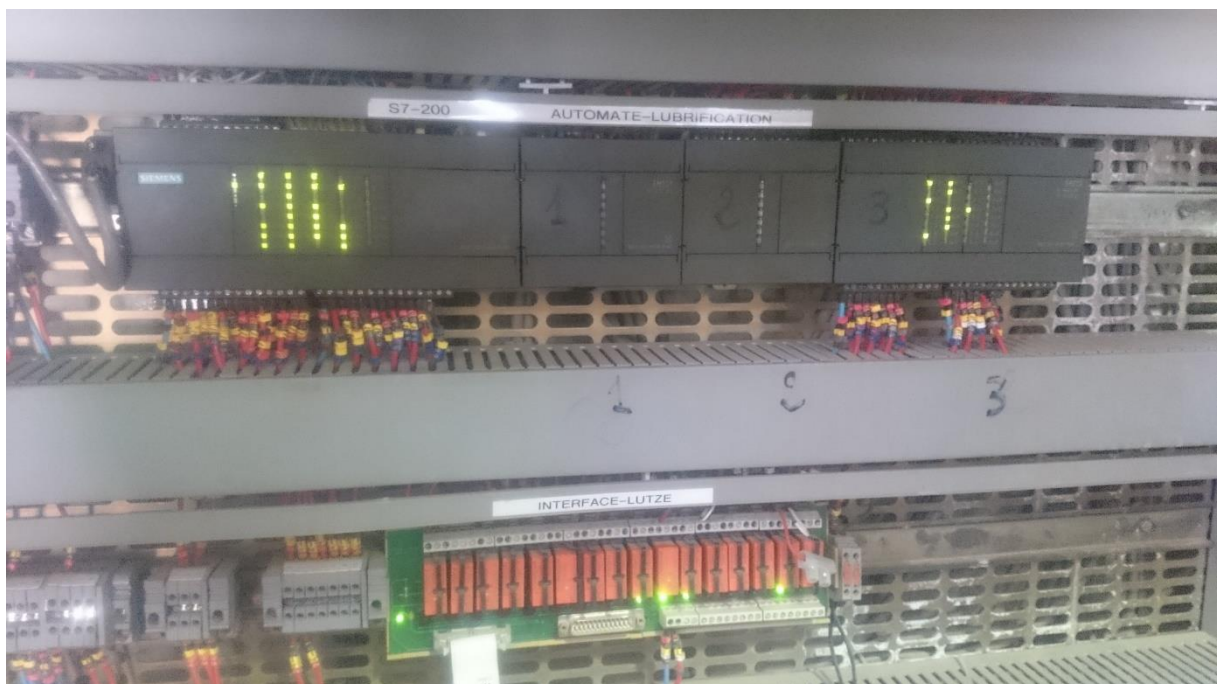


Figure 14 - Automate Siemens

PRESENTATION GENERALE

Siemens 6ES7216-2AD00-0XB0 (Figure 14) est le module existant au sein d'atelier sulfurique, il est de la gamme SIMATIC S7-200. C'est le plus petit contrôleur de la famille SIMATIC S7. La conception de cette série signifie qu'il peut être utilisé de façon autonome ou en conjonction avec d'autres automates comme le CPU peut être étendu avec une vaste gamme de modules individuels.

Chacune des CPU peut être programmée avec le logiciel STEP 7 faite par Siemens qui est assez simple, en particulier pour les utilisateurs des logiciels SIMATIC du STEP 5. Siemens a fabriqué son premier produit sur le nom SIMATIC en 1958 et ils ont fait leur première presse S7 en 1995.

Les configurations du SIMATIC S7-200 sont de faible encombrement et modulaires avec 5 Unités Centrales et différents modules d'extension. Des extensions spécifiques permettent la mise en réseau sur PROFIBUS, AS-i, Ethernet/Internet, modem et la commande de positionnement des moteurs. Les ports de communication assurant la mise en service en réseau d'éléments extérieurs pour la conduite et la supervision. L'automate dispose de cartouches de sauvegarde pour une grande capacité mémoire. Le logiciel sous Windows dispose d'assistants à paramétrer.

Chapitre 2:

Analyse du programme LADDER

.....

ANALYSE DU PROGRAMME LADDER

Introduction

Ce chapitre est consacré pour analyser le programme implémenté dans l'automate qui assure la lubrification de la turbosoufflante, afin de mieux comprendre le fonctionnement de notre système et le simplifier on va le traduire en langage Grafcet.

2.1. Système de contrôle commande :

Un automate programmable industriel, ou API, est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré-actionneurs (partie opérative ou PO côté actionneur) à partir de données d'entrées (capteurs) (partie commande ou PC côté capteur), de consignes et d'un programme informatique.

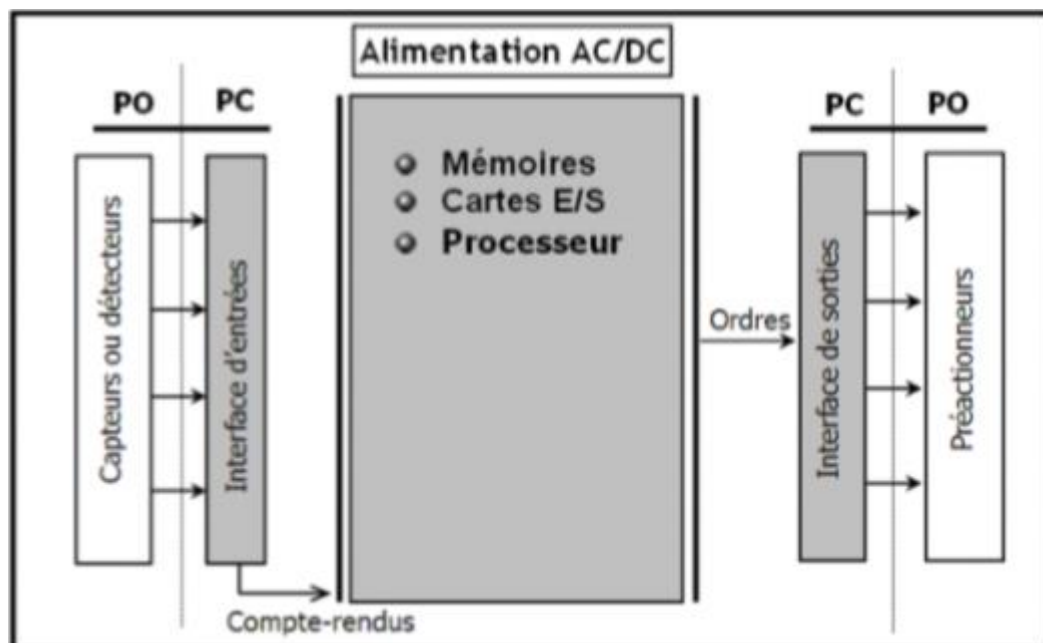


Figure 15 : Structure d'un API

2.2. Langage de programmation :

2.2.1. Nature des langages de programmation :

La norme CEI 61131-3 spécifie la syntaxe et la sémantique d'une série unifiée de langages pour automates programmable. Elle se compose de cinq langages :

- Langages LITTEAUX
 - Langage IL : liste d'instructions
 - Langage ST (Structured Text) : littéral structuré

ANALYSE DU PROGRAMME LADDER

- Langages GRAPHIQUES
 - Langage LD : langage à contacts (Ladder)
 - Langage FBD : diagramme fonctionnel
- Langage SFC : diagramme fonctionnel en séquence –GRAFCET

2.2.2. Le choix de langage

Après avoir imaginé la forme approximative du système et décidé quant aux emplacements des capteurs/actionneurs, il faut écrire une suite d'instructions qui déterminent la/les fonction(s) que le système doit effectuer. L'écriture des programmes peut se faire par le biais de plusieurs langages de programmation de nature différente.

Dans la pratique, nous trouvons des langages Littéraux comme le langage en Liste d'Instructions (Langage IL) ou le langage Littéral structuré (Langage ST), ou encore des langages Graphiques tels que le langage à Contacts (Langage Ladder) et le langage diagramme fonctionnel (langage FBD) mais aussi en diagramme Fonctionnel en Séquence mieux connu sous le nom du GRAFCET (langage SFC).

Généralement, aucun de ces langages ne se démarque par rapport aux autres ; chacun d'eux offre ses propres outils de travail et on obtient sensiblement les mêmes résultats une fois que le programme est compilé. Il faut donc songer à choisir le langage de programmation qui s'adapte le plus à notre projet.

Le système est déjà programmé en langage LADDER et puisque nous avons étudié le GRAFCET durant notre formation, notre choix s'est logiquement porté sur lui comme un outil de traduction du programme. C'est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposable en étapes.

2.3. Le système de lubrification :

ANALYSE DU PROGRAMME LADDER

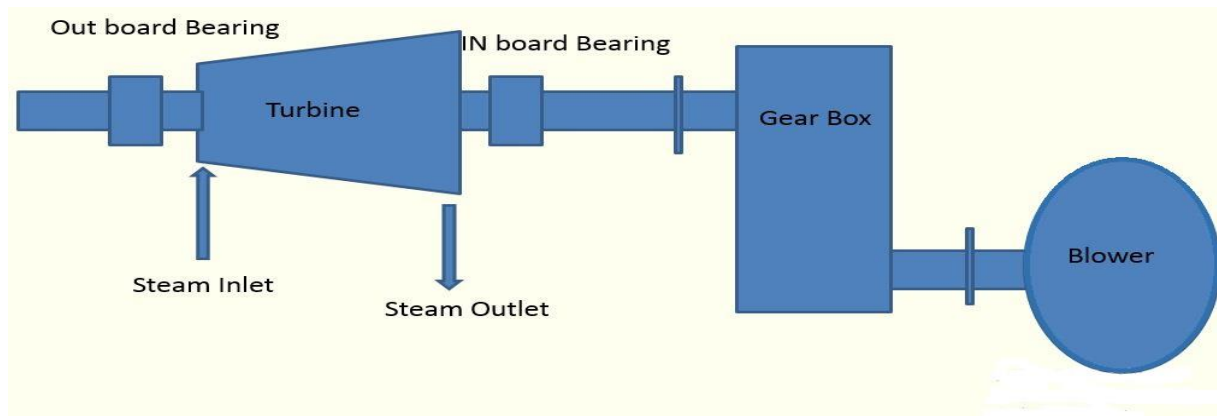


Figure 16 : Le groupe Turbosoufflante

La turbosoufflante se considère l'équipement le plus critique dans IMACID, son arrêt est équivalent d'arrêt de production. Elle occupe 24% du temps total des pannes.

Le groupe est un équipement actionné par la vapeur haute pression. Depuis 2011, après le changement du rotor de la turbine, des vibrations sont observées systématiquement, après trois ou quatre mois de mise en service. Un phénomène de carbonisation de l'huile au niveau des paliers a été constaté.

Pour assurer le bon fonctionnement du groupe Turbosoufflante on a implémenter un programme de lubrification qui consiste à éviter encrassement des paliers de la turbosoufflante.

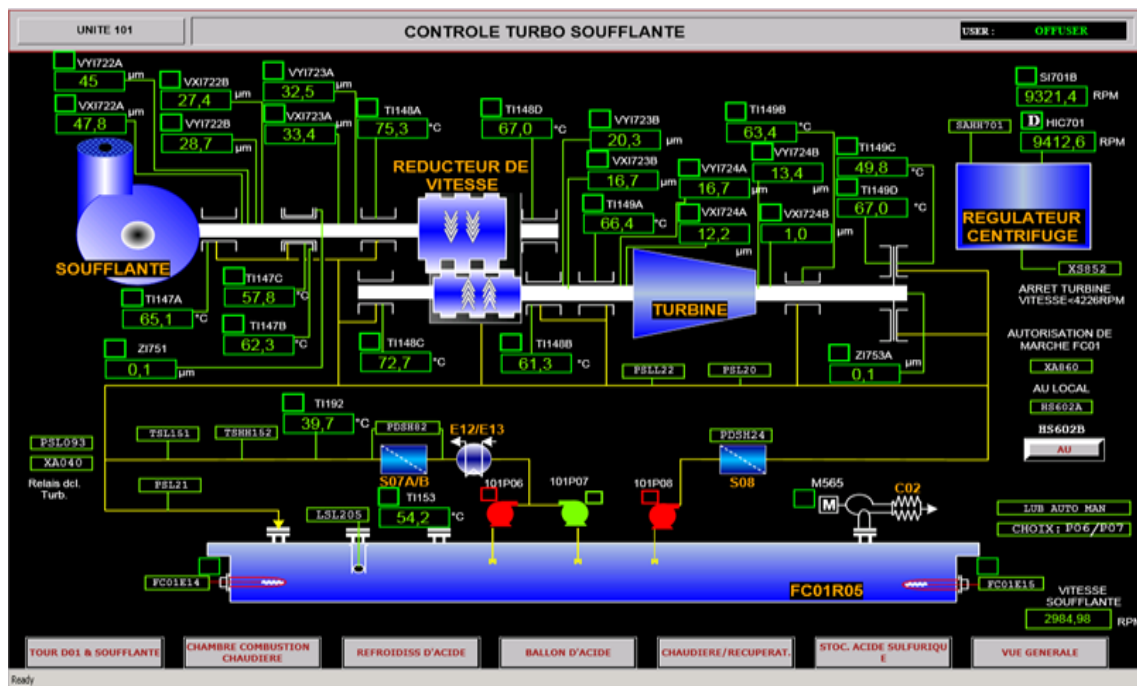


Figure 17 : Les système de lubrification

Le compresseur d'air principal est de type centrifuge actionné par turbine. Il est conçu pour comprimer 301500 Nm³/h (base sèche) d'air à 66°C, entre la pression d'aspiration de -480 mmCE à 760 mm Hg Abs et la pression de refoulement de 5080 mmCE. Le compresseur est

ANALYSE DU PROGRAMME LADDER

livré entièrement équipé avec enveloppe en fonte, roue ouverte, jauges et thermomètres, connexions d'aspiration et de refoulement à brides, réservoir d'huile avec double filtre (de capacité 5600 litres), chauffe-huile électrique à immersion, refroidisseur d'huile double, tuyauteries de liaison, 2 pompes d'huile principale et une réserve actionnées par moteur électrique, asservissements d'arrêt en cas de basse pression d'huile. La vapeur alimente la turbine d'entraînement à 59.3 bars eff. Et 500°C, et en échappe à 9.01 bars eff.

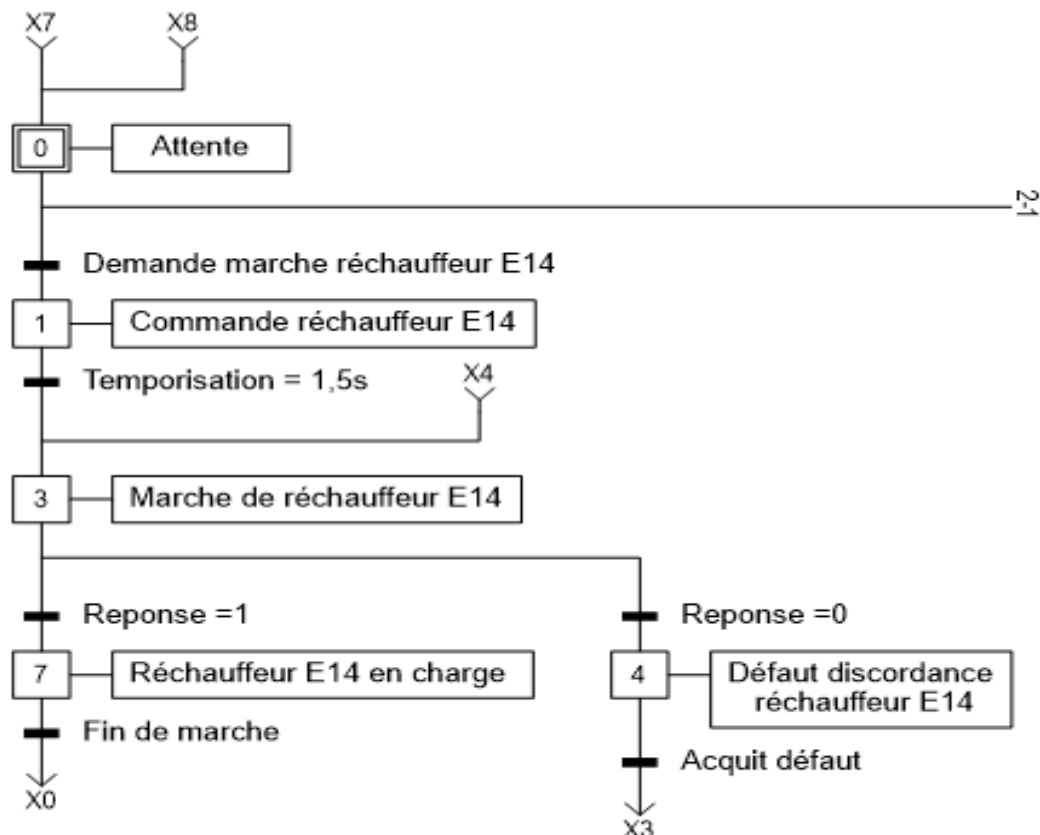
2.3.1. Le GRAFCET :

On va représenter notre programme sous forme de grafcet pour lui donner une forme plus claire et explicative.

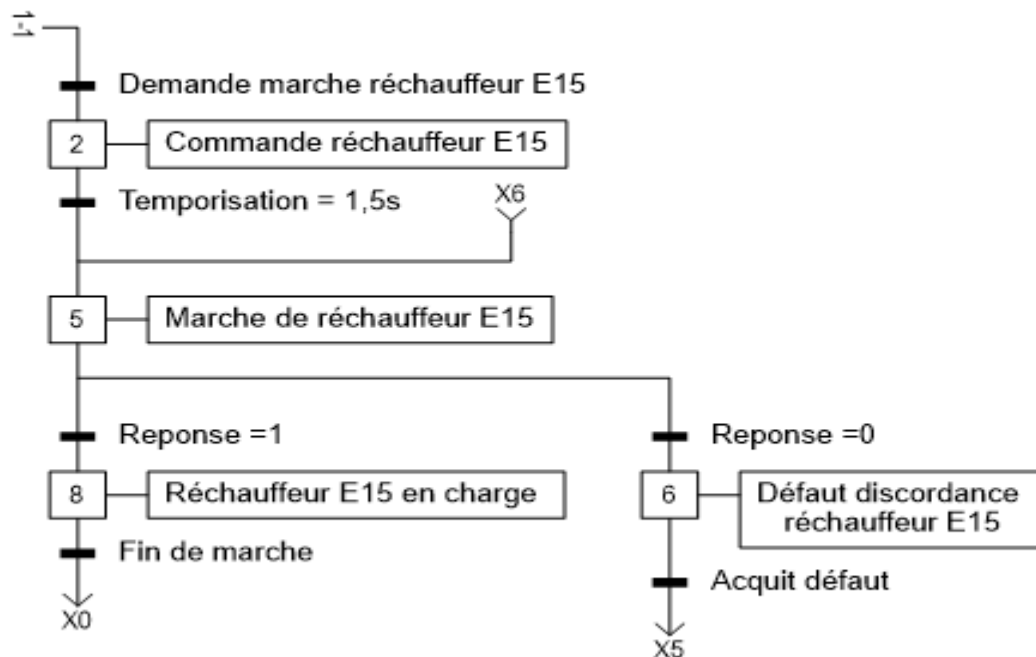
2.3.1.1. En point de vue « fonctionnelle »

La description du fonctionnement d'un système par un Grafcet peut prendre plusieurs formes suivant le point de vue, c'est-à-dire suivant la partie que l'on regarde. On va utiliser le point de fonctionnelle et de commande.

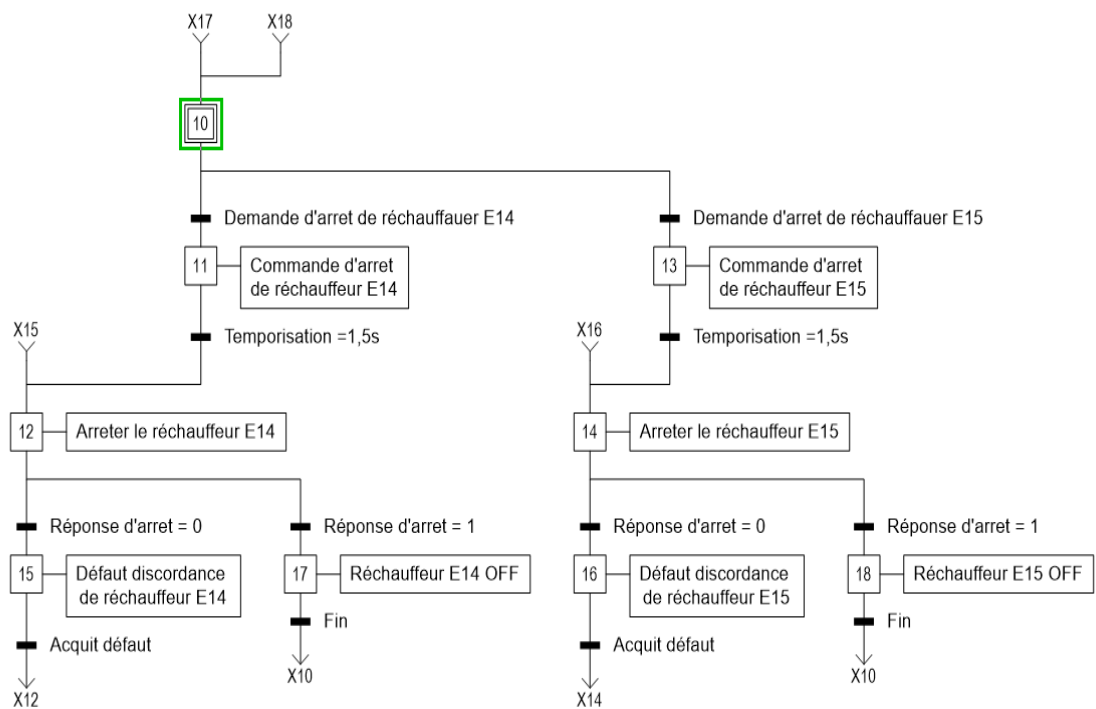
Programme « Marche Réchauffeurs E14-E15 » :



ANALYSE DU PROGRAMME LADDER



Programme « arrêt Réchauffeurs E14-E15 » :



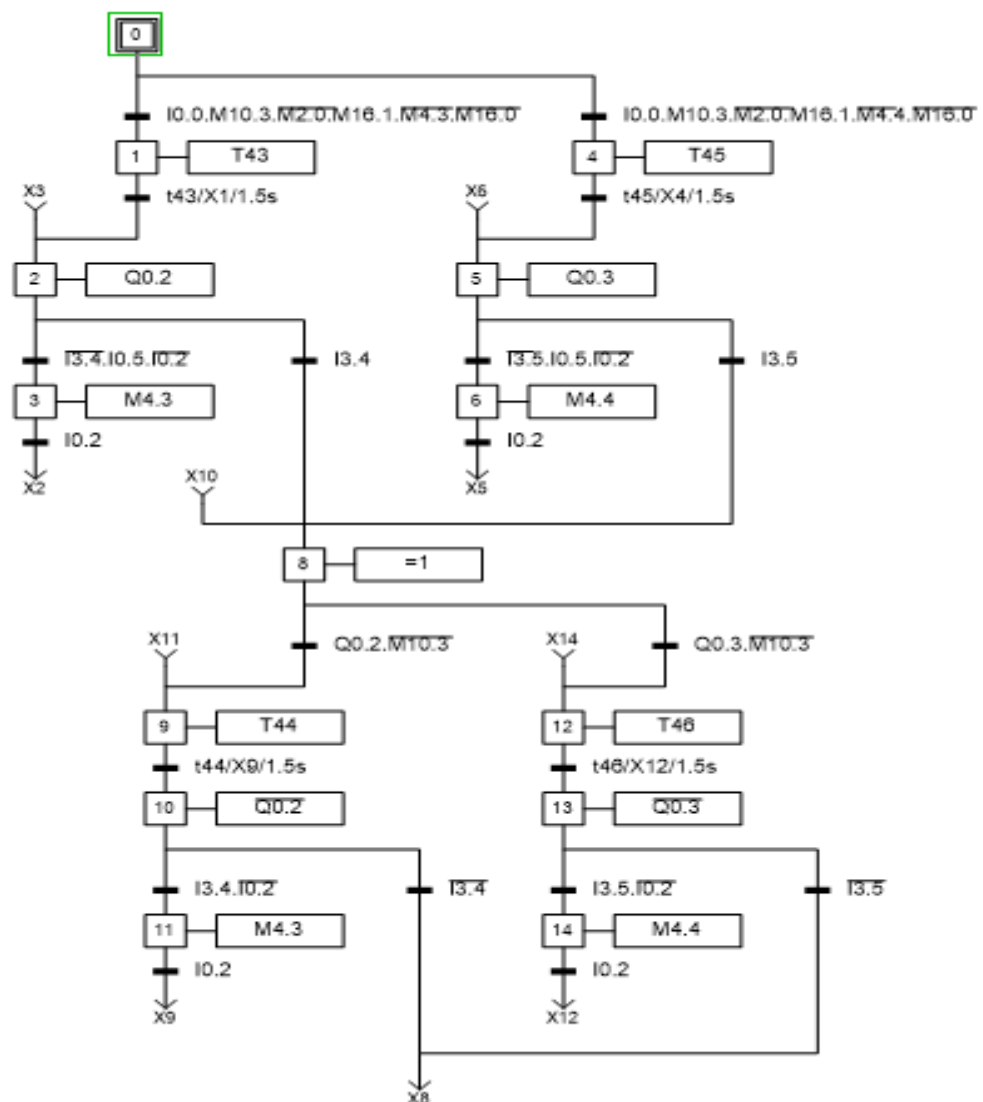
ANALYSE DU PROGRAMME LADDER

Le reste du programme Grafset est fournie dans l'Annexe 4.

2.3.1.2. En point de vue « commande » :

On regarde les pré-actionneurs : distributeurs, contacteurs... et les capteurs qui réalisent les réceptivités.

Programme « Réchauffeurs E14 – E15 » :



ANALYSE DU PROGRAMME LADDER

Le reste de programme Grafcet est présenté dans L'Annexe 5.

Conclusion

Alors pour bien comprendre comment le programme marche, on a basé sur le programme en langage LADDER, qui nous a permis d'élaborer les GRAFCETS de fonctionnement qui va aider toute personne n'ayant pas un bagage d'automaticien.

Chapitre 3:

**Etude critique du système contrôle
commande existant**

.....

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME

CONTROLE COMMANDE

Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude des défaillances de notre système « Système d'automatisation » afin de déterminer l'élément le plus critique. Pour cela, nous allons nous servir en premier lieu d'une analyse fonctionnelle, en deuxième lieu nous allons utiliser l'outil AMDEC afin de classer les modes de défaillances selon leur criticité, par la suite on présentera de manière générale l'état actuel du système contrôle-commande de la turbosoufflante. Et en fin en faisant un diagnostic illustrant ses différentes limites et contraintes.

3.1. Etude AMDEC

3.1.1. Définition

L'étude AMDEC est une technique spécifique de la sûreté de fonctionnement, l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) est avant tout une méthode d'analyse de systèmes (systèmes au sens large composé d'éléments fonctionnels ou physiques, matériels, logiciels, humains ...), statique, s'appuyant sur un raisonnement inductif (causes - conséquences), pour l'étude organisée des causes, des effets des défaillances et de leur criticité

- **But de l'étude AMDEC :**

- ✓ Réduire le nombre des défaillances ;
- ✓ Réduire les temps d'indisponibilité ;
- ✓ Prise en compte de la maintenabilité dès la conception ;
- ✓ Améliorer la sécurité.

- **Explicitation de la méthode :**

- ✓ Fiabilité (Reliability) : « Aptitude à ne pas présenter de défaillance pendant une durée déterminée dans des conditions données »
- ✓ Disponibilité (Availability) : « Aptitude à assurer une fonction donnée dans des conditions données à un instant donné »
- ✓ Maintenabilité (Maintainability) : « Aptitude à être remis en service dans une durée donnée dans des conditions données »
- ✓ Sécurité (Safety) : « Aptitude à ne présenter aucun danger pour les personnes, les biens et l'environnement »

3.1.2. Démarche pratique de l'AMDEC machine :

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

La puissance d'une étude AMDEC réside autant dans son contenu que dans son exploitation. Une étude AMDEC reste sans valeur si elle n'était pas suivie par la mise en place effective des actions correctives préconisées par le groupe, accompagnées d'un contrôle système.

▪ **L'initialisation :**

L'initialisation de l'AMDEC machine est une étape préliminaire à ne pas négliger. Elle est menée par le responsable de l'étude avec l'aide de l'animateur, puis précisée avec le groupe de travail.

Elle consiste à poser clairement le problème, définir le contenu et les limites de l'étude à mener et à réunir tous les documents et informations nécessaires à son bon déroulement.

En suivant la méthode suivante :

- 1- Définition du système à étudier.
- 2- Définition de la phase de fonctionnement.
- 3- Définition des objectifs à atteindre.
- 4- Constitution du groupe de travail.
- 5- Etablissement du planning.
- 6- Mise au point des supports de l'étude.

▪ **Décomposition fonctionnelle :**

Il ne s'agit pas dans cette étape de faire l'analyse critique de l'adéquation des fonctions de la machine au besoin, mais seulement d'identifier clairement les éléments à étudier et les fonctions à assurer.

C'est une étape indispensable car il est nécessaire de bien connaître les fonctions de la machine pour en analyser ensuite les risques de dysfonctionnement. Elle facilite l'étape ultérieure d'analyse des défaillances. Elle permet également au groupe de travail d'utiliser un vocabulaire commun. Elle peut être menée de manière plus ou moins détaillée selon les besoins.

Pour réaliser cette tâche, il faut suivre les étapes suivantes :

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

- Décomposer le système.

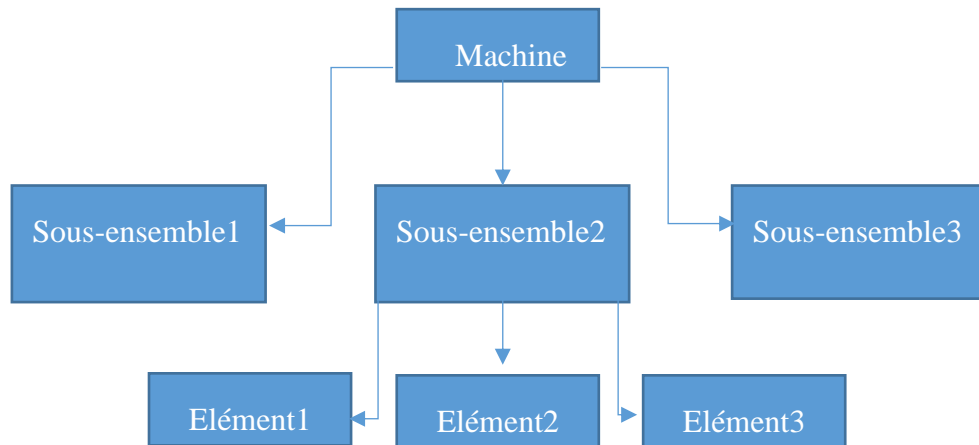
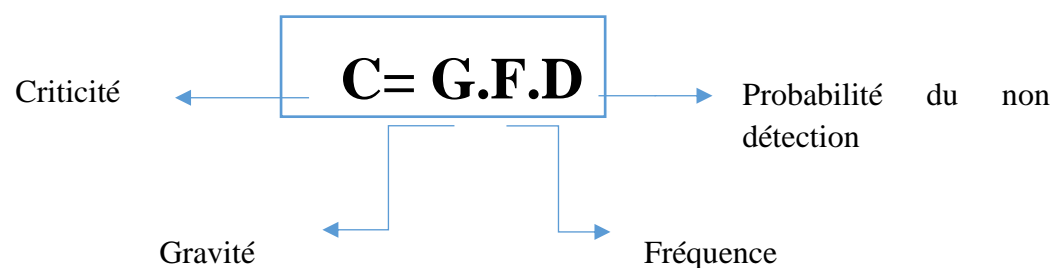


Figure 18 : Démarche de décomposition d'une machine

- Identifier les fonctions des sous-ensembles.
- Identifier les fonctions des éléments.

▪ Analyse AMDEC :

L'analyse AMDEC proprement dite consiste à identifier les dysfonctionnements potentiels ou déjà constatés d'une machine, à mettre en évidence les points critiques et à proposer des actions correctives pour y remédier. En pratique, on procède souvent à une estimation approximative qui se traduit par une note attribuée pour le groupe AMDEC, il s'agit donc d'une échelle de notation. De ce fait le produit multiplication utilise pour le calcul de la criticité n'a pas le sens mathématique propre de terme.



Phase d'analyse des mécanismes de défaillance :

- Identification des modes de défaillance ;
- Recherche des causes ;

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

- Recherche des effets ;
- Recensement des détections.

Phase d'évaluation de criticité :

- Estimation du temps d'intervention ;
- Évaluation des critères de cotation ;
- Calcul de criticité.

Criticité :

Elle permet de discriminer les actions à entreprendre et de les calculer à partir de la gravité, la fréquence et la défaillance de non détection.

Table 2 - Niveaux de criticité et leurs définitions

Niveau de Probabilité de non détection	Valeur	Définition
Criticité négligeable	$1 \leq C < 10$	Aucune modification. Maintenance corrective.
Criticité moyenne	$10 \leq C < 18$	Amélioration. Maintenance préventive systématique.
Criticité élevée	$18 \leq C < 27$	Surveillance particulière. Maintenance préventive conditionnelle.
Criticité interdite	$27 \leq C < 64$	Remise en cause complète de l'équipement.

Gravité G :

C'est la gravité des effets de la défaillance :

- Pertes de productivité (arrêt de production, défaut de qualité).
- Coût de la maintenance.
- Sécurité, environnement.

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME

CONTROLE COMMANDE

Table 3 - Niveaux de gravité et leurs définitions

Niveau de gravité	Indice	Définition
Gravité très faible	1	Temps d'arrêt inférieure à 4 heures.
Gravité faible	2	Temps d'arrêt inférieure à 24 heures.
Gravité moyenne	3	Temps d'arrêt inférieure à 1 semaine.
Gravité catastrophique	4	Temps d'arrêt supérieure à 1 semaine.

Fréquence d'apparition F :

C'est la fréquence d'apparition d'une défaillance due à une cause particulière.

Table 4 - Niveaux de fréquence et leurs définitions

Niveau de fréquence	Indice	Définition
Fréquence très faible	1	Défaillance rare : Moins d'une défaillance par an
Fréquence faible	2	Défaillance possible : Une défaillance par mois
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente : Une défaillance par semaine
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente : Plusieurs défaillances par semaine

Non détection D :

C'est la probabilité de non détection d'une défaillance avant qu'il n'atteigne l'utilisateur.

Table 5 - Niveaux de probabilité de non détection et leurs définitions

Niveau de Probabilité de non détection	Indice	Définition

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME

CONTROLE COMMANDE

Détection évidente	1	Détection efficace permettant une action préventive
Détection possible	2	Système présentant des risques de non-détection dans certains cas.
Détection improbable	3	Système de détection peu fiable.
Détection impossible	4	Non détection.

▪ Synthèse :

Cette étape consiste à effectuer un bilan de l'étude et à fournir les éléments permettant de définir et lancer, en toute connaissance de la cause, les actions à effectuer. Ce bilan est essentiel pour tirer vraiment parti de l'analyse en suivant la méthode suivante :

- Hiérarchisation des défaillances.
- Liste des points critiques.
- Liste des recommandations.

3.2. Application sur l'armoire de Contrôle Commande :

- Définition du système à étudier : L'armoire de commande.
 - La phase de fonctionnement : Fonctionnement normal.
 - Définition des objectifs à atteindre :
- ✓ Disponibilité : Réduire l'indisponibilité liée aux automates ;
 - ✓ Consommation de ressources : Réduire la consommation d'huile et de l'eau de Noria et de refroidissement ;
 - ✓ Coût : Réduire le coût de maintenance des pompes alimentaires en s'orientant vers le préventif ;
 - ✓ Sécurité : Maintenir le zéro accident.

3.3. Analyse fonctionnelle :

L'analyse fonctionnelle est une méthode dont l'objet est de contribuer à générer les fonctions de service et techniques relatives à un produit industriel. La méthode peut être séquencée en trois étapes :

1. **Identifier** les fonctions : cette étape consiste à imaginer les fonctions potentielles ou réalisées ;

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

2. **Exprimer** les fonctions : cette étape consiste à qualifier les fonctions à l'aide d'un verbe d'action et d'un complément ;

3. **Caractériser** les fonctions : cette étape consiste à quantifier les fonctions à l'aide de critères et de valeurs.

➤ **Bête à cornes :**

La bête à cornes est un outil de représentation de ces questions fondamentales. C'est un des éléments de la méthode APTE :

- ✓ Dans quel but ? (Pour quoi faire ?)
- ✓ Pour quoi ce but ?
- ✓ Pour quoi ? Besoin.
- ✓ Pourquoi ? Cause (validation du besoin).

Il est présenté comme la Figure 19 l'illustre :

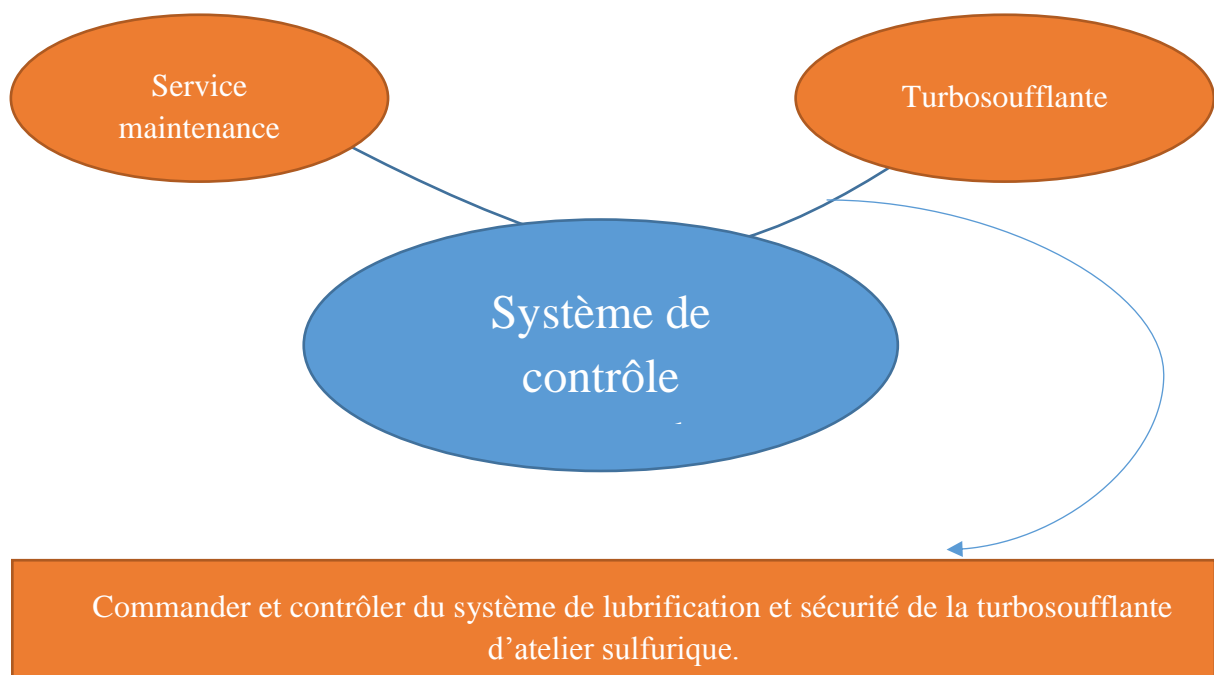


Figure 19 : Bête à cornes du système

➤ **Diagramme pieuvre :**

L'outil "diagramme pieuvre" est utilisé pour analyser les besoins et identifier les fonctions de service de produit. En analysant le produit, on peut en déduire le

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME

CONTROLE COMMANDE

diagramme "pieuvre", graphique circulaire qui met en évidence les relations entre les différents éléments de l'environnement du produit. Ces différentes relations sont appelées les fonctions de services qui conduisent à la satisfaction du besoin. Il est illustré comme le montre la Figure 20.

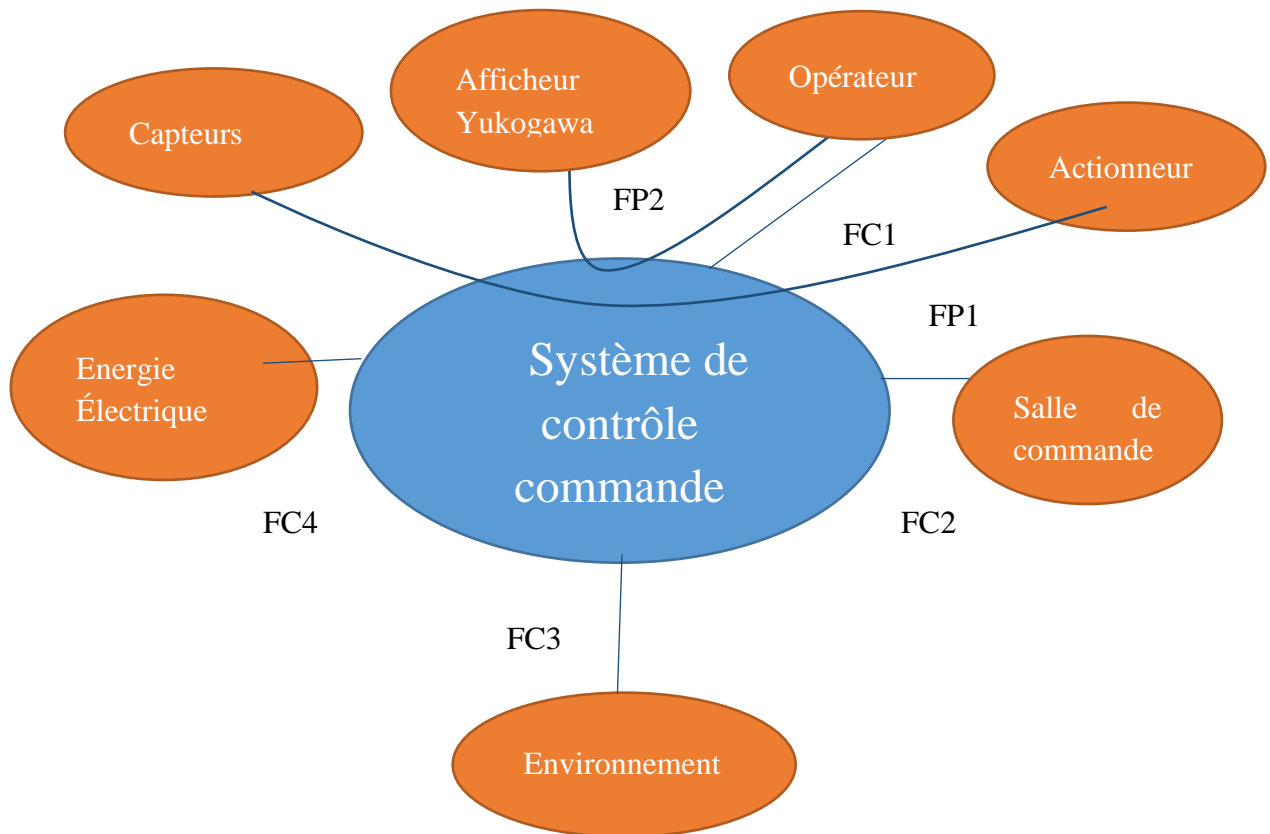


Figure 20 : Diagramme des interactions

Table 6 - Tableau explicatif des interactions entre les milieux extérieurs du système

Fonction de service	Description
FP 1	Permettre de commander et de contrôler les actionneurs à partir des informations issues des capteurs.
FP 2	Contrôler et superviser à distance l'installation des chaudières.
FC 1	Interagir avec l'opérateur.

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

FC 2 **Superviser l'état des stations dans la salle de commande.**

FC 3 **Résister à l'environnement extérieur.**

FC 4 **Fonctionner avec de l'énergie électrique disponible.**

3.4. Décomposition fonctionnelle :

Le groupe Turbosoufflante est constitué d'un ensemble de composants, ils sont illustrés dans la Figure 21.

3.1. Identification des fonctions :

Après avoir procédé à la décomposition fonctionnelle, nous avons identifié la fonction de chaque composant. Le tableau ci-après rassemble les fonctions que nous avons identifiées (Table 7);

3.1. Analyse AMDEC :

La grille d'AMDEC est fournie en Annexe 2.

On a trouvé que le CPU d'automate siemens présente la plus grande criticité, ceci est dû au réchauffement de microprocesseur à cause de faible taille de mémoire, ce qui justifie l'intérêt de rechanger le type d'API.

Groupe
Turbosoufflante

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

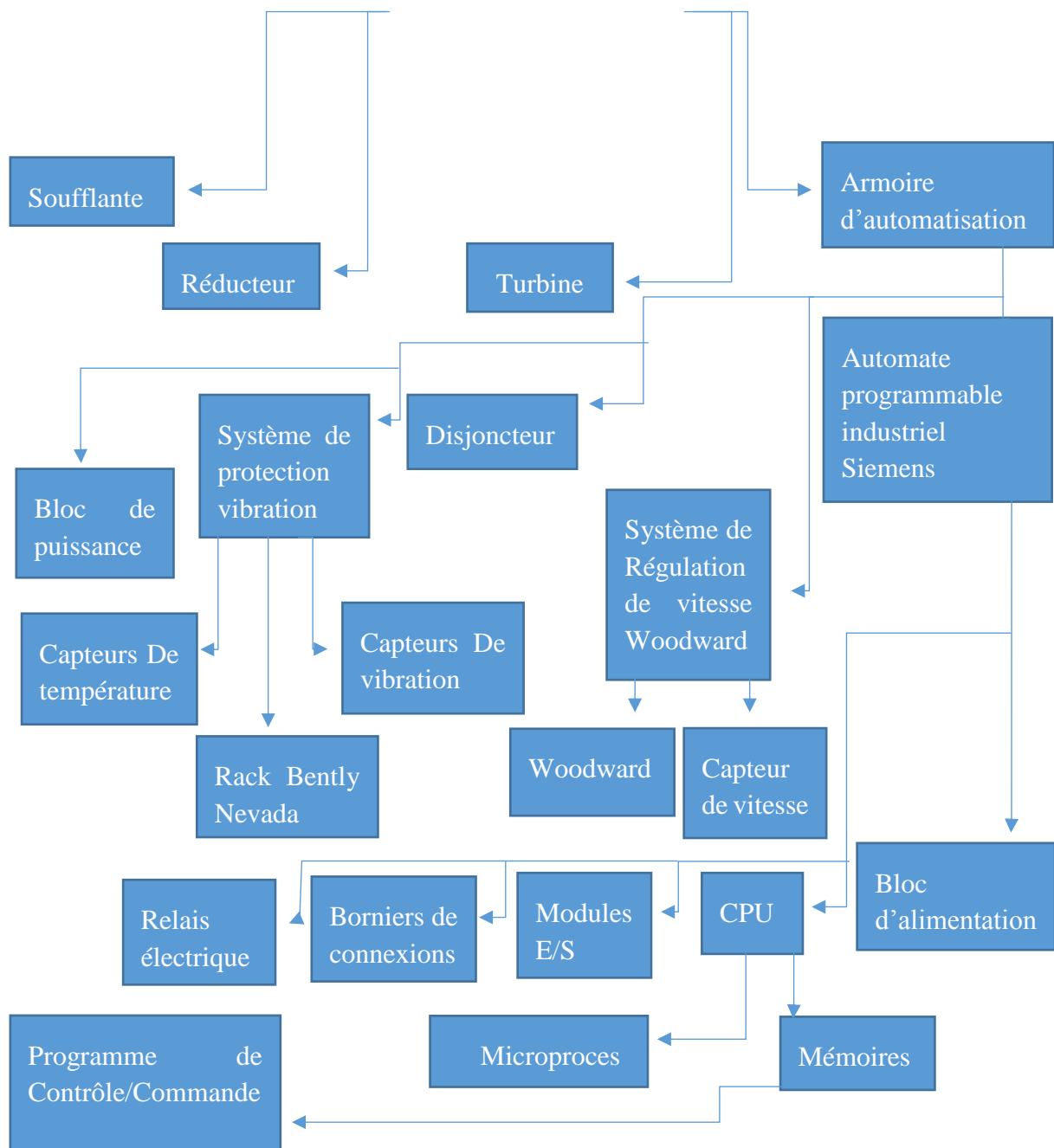


Figure 21 - Décomposition fonctionnelle de groupe Turbosoufflante

Table 7 - Fonctions des éléments constituant l'armoire d'automatisation

Désignation	Rôle
-------------	------

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME

CONTROLE COMMANDE

Armoire d'automatisation	Porter la partie commande du système d'automatisation.
API Siemens	Contrôler et commander le système de lubrification.
Régulateur de vitesse WOODWARD	Contrôler la vitesse de la turbine.
Rack Bently Nevada	Surveiller les Vibrations et les températures des paliers de la turbosoufflante.
Capteur de vitesse	Mesurer la vitesse de la turbine.
Capteur de vibration	Mesurer les vibrations des paliers de la turbosoufflante.
Capteur de température	Mesurer les températures d'huile circulant dans les paliers de la turbosoufflante.
Bloc d'alimentation	Assurer l'alimentation des composants de l'API et les relais.
CPU	Exécuter le programme entré dans l'automate de la première à la dernière instruction et en boucle.
Mémoires	Stockage du programme dans l'automate.
Microprocesseur	Traiter les données du programme de système de lubrification de la turbosoufflante.
Modules entrées/sorties	Des cartes permettant à la CPU de communiquer avec l'extérieur, ils sont chargés d'adapter les signaux entre la CPU et les prés actionneurs
Borniers de connexion	Raccordement entre les entrées/sorties.
Relais électrique	Assurer la protection et contrôler les séquences de démarrage, le verrouillage automatique des équipements et la commande du signal au disjoncteur.

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

Programme système lubrification	de de	Assurer le bon fonctionnement du système de lubrification de la turbosoufflante.
Disjoncteur		Passage du courant et protection contre court-circuit.
Câbles		Conduire le courant électrique aux différents équipements.

3.2. Etat actuel de l'installation du système contrôle-commande :

3.2.1. Aperçu de l'armoire de commande



Figure 22 : Image de la partie commande d'automate Woodward

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE



Figure 23 : Image de l'armoire actuelle d'automate Woodward

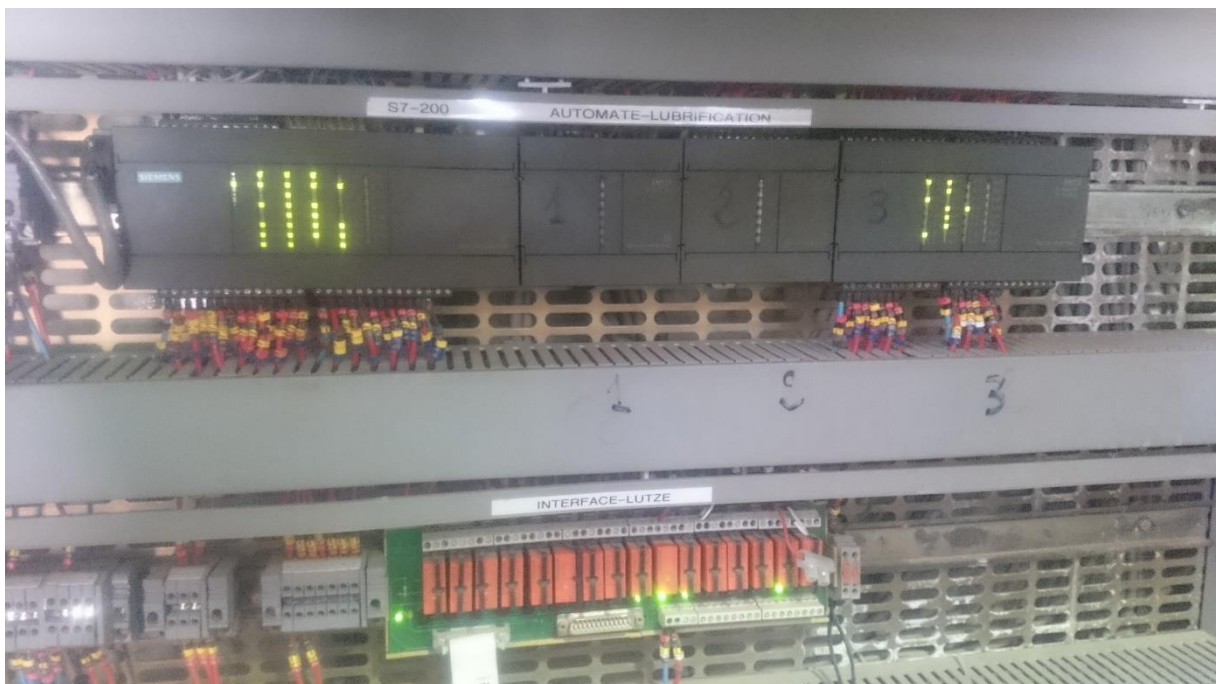


Figure 24 : Image actuelle d'automate Siemens s7 216

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

3.2.2. Diagnostique du système actuel

Vu son ancienneté, le système de contrôle commande actuel repose sur la logique programmée dont les inconvénients sont :

- . Petite taille de la mémoire.
- . Blocage du programme à cause de la saturation du mémoire.
- . L'absence d'historisation et de journalisation des défauts.
- . Le déclenchement de la turbosoufflante.

Le diagramme ci-dessous récapitule les points négatifs et les handicaps soulevés sur l'installation actuelle d'automate.

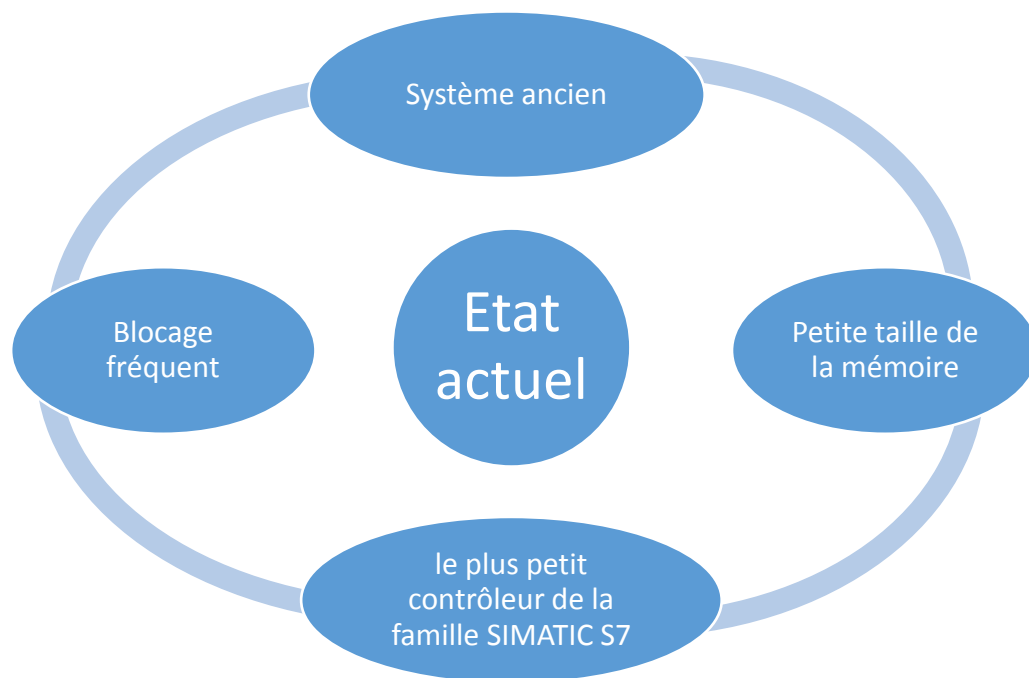


Figure 25 : Diagramme de l'état actuel du système contrôle commande

3.3. Synthèse

Suite aux résultats de la méthode AMDEC et l'aperçu sur l'état actuel du système contrôle commande, Nous avons conclu que le système contrôle commande qui assure la lubrification de notre équipement est le responsable de l'indisponibilité de la turbosoufflante qui est l'équipement indisponible de la mise en service. Pour ce faire, Il s'agit de concevoir un nouveau système pour remplacer le système qui existe actuellement et qui est fondé sur une technologie programmée aussi mais plus performant.

ETUDE CRITIQUE DU SYSTEME CONTROLE COMMANDE

Conclusion

Ce chapitre présente l'analyse des modes de défaillance de notre armoire d'automatisation, on a commencé par une analyse fonctionnelle, après la décomposition fonctionnelle du système a été établi afin de bien définir les composants existant et leur fonctionnement qui nous a facilité appliqué la méthode AMDEC. En se basant sur le résultat obtenu de l'étude et Après la description de l'état actuel du système contrôle commande, nous procédons à une rénovation de ce dernier en proposant deux solutions, et c'est l'objet du chapitre 5.

Chapitre 4:

Elaboration d'un plan de maintenance préventive

.....

ELABORATION D'UN PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF

Introduction

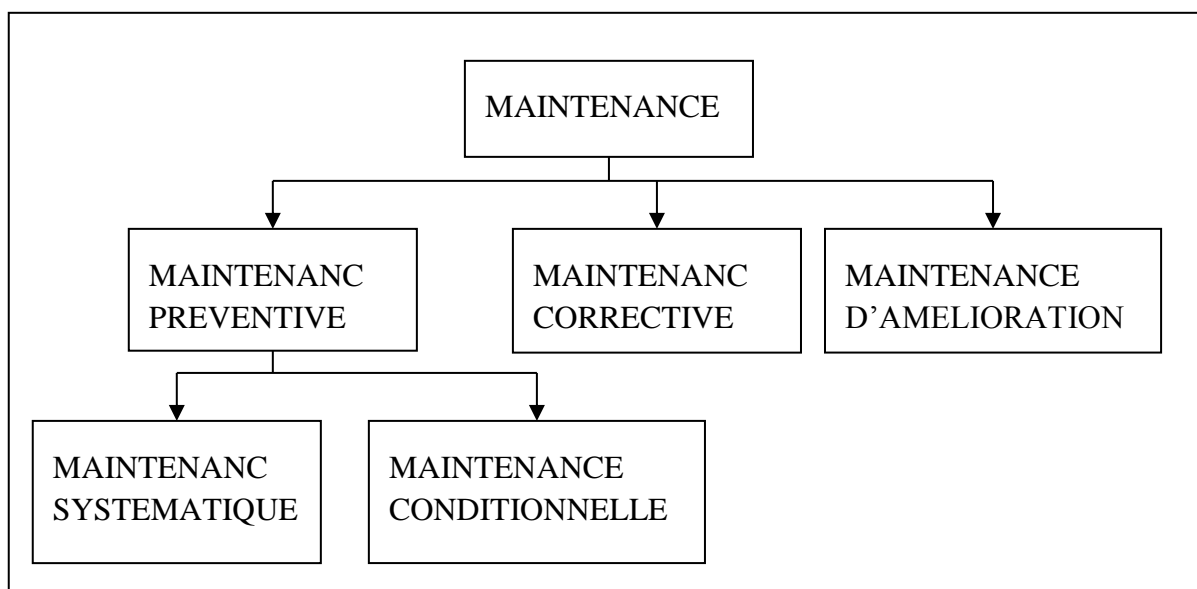
Afin de bien mener notre plan de maintenance préventive, c'est indispensable de définir dans cette partie les différentes perspectives de la maintenance en général et de la maintenance préventive en particulier, bien que la démarche et les outils qu'on va utiliser afin de réussir notre étude.

4.1. Généralité sur la maintenance préventive

4.1.1. Généralité sur la maintenance

4.1.1.1. Définition

C'est l'ensemble de toute les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise » (extrait de la norme européenne NF EN 13306 X 60-319 de juin 2001).



4.1.1.2. Les objectifs de la maintenance

Le rôle de la maintenance est d'assurer à l'outil de production le fonctionnement le plus fiable possible, dans les plages de disponibilité désirée par la production. Cet état de bon fonctionnement permet au moyen de processus opérationnel adéquat d'obtenir la qualité produite requise, de garantir la sécurité et de respecter l'environnement.

La maintenance se donne comme objectifs prioritaires de réduire les temps d'arrêt et d'augmenter le temps de bon fonctionnement.

ELABORATION D'UN PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF

4.1.2. La maintenance préventive

4.1.2.1. Définition

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien.

4.1.2.2. Les avantages de la maintenance préventive

La mise en place d'une pratique de maintenance préventive présente un certain nombre d'avantages :

- Une amélioration de la productivité de l'entreprise ;
- Un coût de réparation moins élevé ;
- La diminution des stocks de production ;
- La limitation des pièces de rechange ;
- Une meilleure crédibilité du service maintenance ;
- Une plus grande motivation du personnel de maintenance.

La maintenance préventive : une amélioration de la sécurité

La première personne à subir les conséquences d'un bris ou d'une panne inopinée est le travailleur qui utilise l'équipement ou opère sur la machine. L'opérateur compense souvent pour les irrégularités de fonctionnement de la machine et il diminue ainsi de grands risques.

4.1.2.3. La maintenance systématique

C'est une maintenance préventive qui est effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage. Les principales opérations de maintenance systématique sont :

- Les remplacements ;
- Le graissage et la lubrification ;
- Les nettoyages ;
- La protection des surfaces ;
- Les réglages.

4.1.2.4. La maintenance conditionnelle

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé révélateur de l'état de dégradation d'un bien. Le critère de déclenchement des opérations de

ELABORATION D'UN PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF

maintenance (remplacement, réglage, rechargement, ...) est le dépassement d'un certain seuil par un indicateur approprié d'apparition de défaillance.

4.1.2.5. Le plan de maintenance préventive

C'est un document sur lequel on trouve la liste des opérations de maintenance préventive ainsi que les informations nécessaires à leur exécution en termes de :

- Petit entretien ;
- Inspection ;
- Contrôle ;
- Test, essai, épreuve ;
- Nettoyage technique ;
- Remplacement systématique ;
- Contrôle périodique réglementaire pour maintenir la machine ou l'installation dans son état de bon fonctionnement.

Tout d'abord, il faut rappeler que, contrairement aux équipements mécaniques, les problèmes que peuvent rencontrer les automates ne sont pas visibles à l'œil nu car ils sont liés à une usure prématurée de composants chimiques. Ainsi, les industriels qui ont en général le réflexe de la maintenance préventive sur des équipements mécaniques, n'y pensent pas toujours sur les équipements électroniques. Il faut donc sensibiliser les industriels sur l'importance de la mise en œuvre d'une maintenance préventive adaptée sur ces automates et qui peut permettre d'éviter certains arrêts de production.

On a listé dans l'Annexe 3 Les principales opérations qu'on peut établir.

Table 8 - Tableau de maintenance systématique à remplir

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVENTIF	N° matériel :
Etabli le : 21/05/17 par : NASSABI Kanza version : 0	Modifié le : par : version :
Désignation du matériel : Armoire d'automatisation du groupe Turbosoufflante	Responsable réalisation : MAINTENANCE
	Temps annuel exécution :
	Coût annuel main d'œuvre :
	Coût pièces :

ELABORATION D'UN PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF

			Coût total :		
N° Phase	Désignation opération	Fréquence	Temps Exécution (h)	Temps Arrêt (h)	Observations

D'autre part, l'automate doit évoluer dans un environnement sain, c'est-à-dire qu'il doit être protégé contre tous types de risques déterminés en fonction du Process. L'industriel doit protéger son équipement afin d'éviter sa corrosion ou son non-fonctionnement. Alors il faut respecter un plan d'inspection qui est basé sur une surveillance de fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de fonctionnement des équipements.

Pour cela on a établi un plan d'inspection afin d'assurer le suivi continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a une évidence expérimentale de défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé.

Table 9 - Tableau de maintenance conditionnelle à remplir

RESULTATS DE VISITE PREVENTIVE				
MATERIEL -----	MARQUE ----- -	TYPE ----- -	PARC ----- -	N° ----- -
Date	Début : ----h---- Fin : ----h----			BT n° : ----- ---
Visiteurs : ----- -				
N°	Etat d'équipement	Bon	Mauvais	Observations

ELABORATION D'UN PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF

Conclusion

Ce chapitre été consacré pour élaborer un plan de maintenance préventif afin de consister à suivre l'évolution de l'état de notre système. On a appliqué les deux types de la maintenance préventive qui sont la maintenance systématique et la maintenance conditionnelle.

Chapitre 5:

**Etude des solutions – Etude technico-
commerciale**

.....

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

Introduction

Après avoir faite un étude critique de notre système contrôle commande. Nous allons commencer en premier lieu par la proposition des solutions, par la suite on va choisir la meilleure à réaliser. A la fin de ce chapitre t monter un aperçu général de la solution retenue Au cours de ce chapitre. A la fin de ce chapitre, nous allons monter un aperçu général de la solution.

5.1. Proposition et choix des solutions

5.1.1. Les solutions proposées

Suite à l'étude critique fondée sur le besoin « Rénovation du système contrôle commande des annexes de la turbosoufflante », et qui avait comme objectif la détermination des solutions techniques capables de satisfaire ce besoin, on a pu aboutir aux solutions suivantes :

1) Solution 1 :

le rechange de l'équipement défectueux dans l'automate, qui est l'unité de traitement.

2) Solution2 :

le remplacement d'automate Siemens s7-200 par un autre plus performant et fiable.

5.1.2. Benchmarking des Solutions

Nous avons étudié les deux solutions envisageables pour cette automatisation à savoir : opter pour la redondance des armoires ou non ? Pour répondre à cette question nous avons effectué une comparaison des avantages et des inconvénients de chaque solution. Le Tableau suivant présente les résultats obtenus :

Table 10 - Comparaison des solutions

Solutions	Avantages	Inconvénients
Solution 1	Faible coût.	Un système obsolète.
Solution 2	Augmenter la capacité totale ou les performances du système de lubrification. Réduire le risque des pannes.	Coût élevé.

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

	Assurer la continuité de services de l'installation à 100%. La disponibilité.	
--	--	--

Après la comparaison des avantages et des inconvénients de ces deux solutions, nous avons conclu que la première solution est à éviter, puisqu'il présente l'inconvénient qui influencent la continuité de service de la turbosoufflante en cas des problèmes armoire. La solution qui est valable c'est la deuxième solution, elle présente le seul inconvénient de coût qu'on peut le dépasser en ayant un budget suffisant.

5.2. Choix des composants d'automatisme

5.2.1. Choix de l'unité de traitement

5.2.1.1. Définition des entrées et des sorties

Afin d'assurer la sécurité des organes de la turbosoufflante un ensemble de capteurs est mis en disposition de l'armoire de commande. Pour un choix judicieux de l'unité de traitement et de commande, il paraît logique de déterminer la nature et le nombre des capteurs et des actionneurs.

5.2.1.1.1. Les capteurs

Le tableau ci-dessus représente les différents capteurs installés autour de la turbosoufflante.

Capteurs	Quantité
Sonde de température	11
Pressostat	5
Capteur de niveau	1
Capteur de vibration	14

5.2.1.1.2. Les actionneurs

Le tableau ci-dessus représente les différents actionneurs de la turbosoufflante :

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

Actionneurs	Quantité
Pompes centrifuges	2
Pompe à courant continu	1
Réchauffeurs	2
Extracteur CO2	1

5.2.1.2. Les critères de choix

Le choix de l'unité de traitement et de commande dépend d'un grand nombre de critères. Dans notre cas, le choix sera basé sur les critères suivants.

- Le coût.
- La disponibilité.
- La résistance à l'environnement (corrosion, poussière, vibration, humidité).
- L'adaptation au milieu industriel.
- L'extensibilité.
- La facilité de la mise en œuvre et à la maintenance.

5.2.1.3. Choix de la marque d'automate

5.2.1.3.1. Généralité sur les automates programmables industriels

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

- Logique séquentielle et combinatoire.
- Temporisation, comptage, décomptage, comparaison.
- Calcul arithmétique.

Réglage, asservissement, régulation, etc., pour commander, mesurer et contrôler au moyen d'entrées et de sorties (logique, numériques ou analogiques) différentes sortes de machines ou de processus, en environnement industriel.

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

5.2.1.3.2. Les composants

L'automate programmable industriel est constitué d'un ensemble de composants, ils sont illustrés dans la Figure 26:

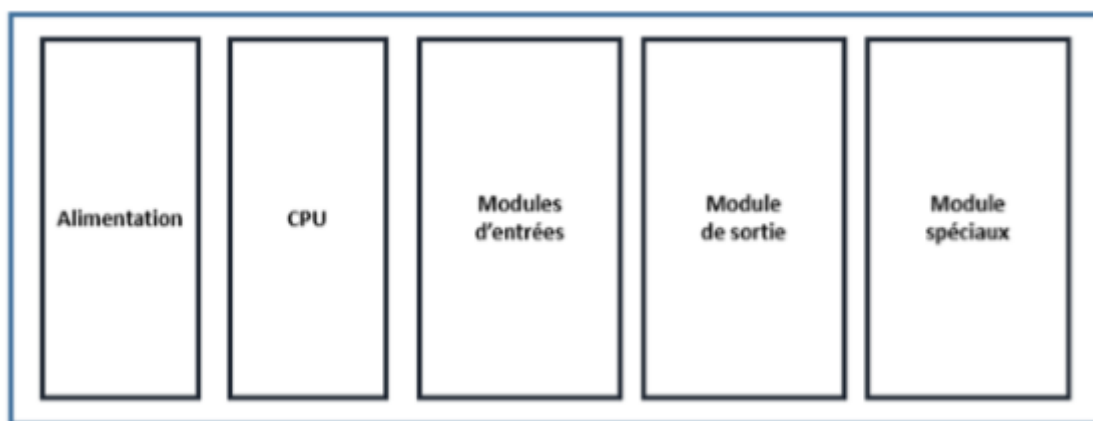


Figure 26 : Composantes principales de l'API

L'alimentation : elle assure l'alimentation des composants de l'API, son choix est basé sur la consommation totale des composants.

CPU (central processing unit) : c'est la partie de traitement des données, elle est composée d'un microprocesseur pour le traitement des données, et des mémoires pour le stockage du programme, le choix de ce composant dépend de la nature de l'application industrielle.

Modules d'entrée/sorties : ce sont des cartes permettant à la CPU de communiquer avec l'extérieur, ils sont chargés d'adapter les signaux entre la CPU et les prés actionneurs (parfois des actionneurs).

Les modules spéciaux : ce sont des cartes électroniques ouvrent à l'automate des nouvelles fonctionnalités par exemple : Des modules de communication : pour mettre les automates en réseau.

5.2.1.3.3. Choix de la marque de l'automate

Après avoir déterminé le remplacement d'API comme unité de traitement, nous devant faire le choix entre plusieurs constructeurs leader dans le domaine d'automatisme. Le marché de l'automatisation offre actuellement plusieurs solutions compétitives grâce à de grandes références dans ce domaine. Ainsi, pour faire notre choix, une étude économique associée à une étude du degré de satisfaction des agents de maintenance de chaque automate pour pouvoir prendre une décision optimale.

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

Puisque les agents étaient familiarisés avec la marque Siemens, ils ont apprécié Siemens et le trouvent assez flexible et facile au niveau de maintenance,

5.2.1.4. Choix des composants de l'API Siemens

5.2.1.4.1. Choix type d'automate Siemens

Notre choix est un automate Siemens de la gamme 400 (Figure 27), de référence : CPU 417-4 (6ES7417-4XT05-0AB0) .

C'est l'automate recommandé par le service maintenance.



Figure 27 : Automate Siemens S7 417-4

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

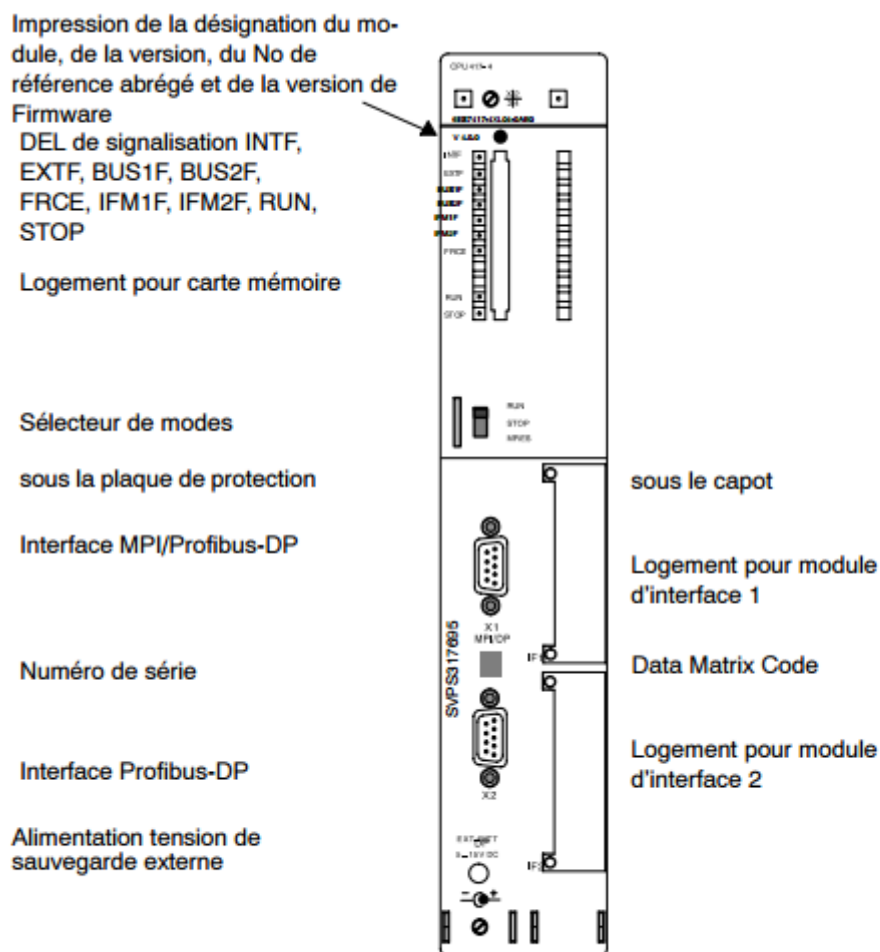


Figure 28 : Positionnement des organes de commande et de signalisation de la CPU 417-4

5.2.1.4.2. Fiche technique d'automate choisi

Notre choix était basé sur plusieurs critères comme la taille d'automate, le nombre des entrées sorties et le plus important le bloc d'alimentation. Pour plus de détails voir Annexe 1.

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

DEL	couleur	Signification	Présente sur CPU			
			412-1	412-2 414-2 416-2	414-3 416-3	417-4
INTF	rouge	Erreur interne	x	x	x	x
EXTF	rouge	Erreur externe	x	x	x	x
FRCE	jaune	Ordre de forçage actif	x	x	x	x
RUN	vert	Etat RUN	x	x	x	x
STOP	jaune	Etat STOP	x	x	x	x
BUS1F	rouge	Erreur bus sur interface MPI/Profibus-DP 1	x	x	x	x
BUS2F	rouge	Erreur bus sur interface MPI/Profibus-DP 2	-	x	x	x
IFM1F	rouge	Erreur sur module d'interface 1	-	-	x	x
IFM2F	rouge	Erreur sur module d'interface 2	-	-	-	x

Figure 29 : DEL existants dans les CPU 41*

5.3. Etude technico-commerciale de la solution obtenue

Après avoir choisi la solution adéquate ainsi la marque et le module d'automate programmable industriel comme un outil d'automatisation plus performant.

Nous allons maintenant élaborer une étude technico-commerciale du projet. Ceci dit, nous détaillerons les coûts de réalisation des différents modules du système afin d'obtenir le coût de réalisation global, la rentabilité et le retour sur investissement.

5.3.1. Estimation du coût de réalisation

Le prix d'automate proposé est : 150 916.08 MAD

5.3.2. Rentabilité économique du projet

La société IMACID propose le remplacement d'automate avec un prix T.T.C de 200.000,00 MAD. D'autre part, le coût de revient approximatif de ce projet est estimé à 150 916.08 MAD ce qui laisserait une marge de bénéfice de 49083,92 MAD ; c'est le gain chiffrable.

Par ailleurs, la réalisation de projets pareils constituera une base solide pour le personnel pour des projets à venir. L'expérience acquise ne peut que développer le savoir-faire et les habilités du staff d'IMACID. C'est le gain non-chiffrable.

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

5.3.3. La perte de gain

Si on a jamais vécu un arrêt à cause de l'automate, les conséquences seront très mauvais, car le résultat va prendre un impact sur la production d'acide sulfurique, l'énergie produite dans la centrale et l'acide phosphorique concentré aussi.

Supposons on a arrêté pendant 8 heures à cause d'une défaillance de notre automate actuel, on va perdre 1266,66 tonnes monohydrates d'acide sulfurique et 200 MW d'énergie et 500 tonnes P₂O₅ d'acide phosphorique 54%. Ce qui peut considérer une perte énorme.

Le produit	La production pendant une journée
L'acide sulfurique	3800 tonnes mh/Jour
L'acide phosphorique 54%	1500 tonnes P ₂ O ₅ /Jour
L'acide phosphorique 29%	1400 tonnes P ₂ O ₅ /Jour
Produit énergétique	600 MW en plein cadence/ Jour

Pour convertir cette perte en terme financier, on va mentionner dans le tableau ci- après LE prix des produits qu'on va perdre :

Le produit	Le prix
Énergie	700 DH/MW
L'acide phosphorique 54%	6000 DH/Tonne

Ce qui nous donne une perte de 3.2 Millions de dirhams.

5.3.4. Le plan d'action :

Solution à court terme	Solution à long terme
Essai de programmer le CPU de rechange	Rénovation du système contrôle commande.
Essai de télécharger le programme	Préparer un CPU de rechange programmé.

ETUDE DES SOLUTIONS – ETUDE TECHNICO-COMMERCIALE

Respecter le plan de maintenance établi	Former les agents à propos la maintenance et le fonctionnement d'automate SIEMENS
--	---

Conclusion

Dans ce chapitre, on a commencé par une étude des solutions proposées. Après avoir choisi une nous avons esquissé une étude économique globale pour évaluer la rentabilité des investissements à engager dans la solution proposée. Nous avons détaillé notre étude économique globale en avançant les capitaux à engager dans le projet. Ainsi nous avons pu montrer la rentabilité de notre projet par le calcul de la perte de gain.

CONCLUSION GENERALE

Notre objectif de cette étude est d'étudier et de reconcevoir la partie contrôle commande des annexes du groupe Turbosoufflante d'IMACID, en remplaçant son système actuellement utilisé, par un système automatisé plus fiable et plus performant. Durant ce travail, nous avons procédé à une conception fondée sur une démarche globale et progressive prenant en compte le système lui-même et son environnement physique et humain.

Cette démarche débute par une analyse descriptive du système pour bien comprendre le fonctionnement du système utilisé.

Après, nous avons commencé la traduction du programme en utilisant le langage de programmation Grafcet afin de décrire le fonctionnement attendu de l'automatisme.

Ensuite une étude critique a été effectuée afin d'effectuer une étude de défaillance de système contrôle commande qui va nous permettre d'identifier les éléments à rénover et justifier le choix d'un nouveau API comme axe d'amélioration. Ainsi un plan de maintenance préventif a été élaboré afin de lister toutes les actions techniques pour rétablir et maintenir l'état actuel de notre système et prolonger son cycle de vie.

Ensuite et après, on fait une étude de retour sur investissement, basée sur une étude économique qui va montrer la rentabilité du projet.

En guise de perspectives, nous proposons d'aborder les problèmes suivants dans le cadre d'une amélioration de la durabilité du projet et de la disponibilité du groupe Turbosoufflante et ses annexes :

- Faire une étude de sûreté de fonctionnement, afin de maintenir les performances de l'automatisme.
- Rénovation d'armoires d'automatisation.
- Intégration d'un sous-programme concernant la régulation de la vitesse de la turbine en cas d'une panne du Woodward et un autre pour la surveillance de la température et la vibration .

Finalement, ce stage nous a permis une réelle immersion dans le monde de travail. Nous avons mis à l'épreuve nos connaissances acquises à l'ENSAK et notre méthodologie dans la résolution des problèmes. Cette expérience nous a permis, d'une part d'avoir des contacts très enrichissants avec les personnes travaillantes, qui malgré les exigences de leur métier, étaient prêts, avec beaucoup d'enthousiasme, à la réussite de notre projet de n d'études et mis à l'épreuve notre maturité personnelle pour endosser la responsabilité d'un poste d'ingénieur. Nous avons réalisé que nous sommes bien préparées pour le futur.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

- [1] ALAIN R., 1999, Analyse et maintenance des automatismes industriels, Ellipses
- [2] JONES C.T., 2006, STEP 7 IN 7 Steps, First Edition, United States
- [3] BELMAJDOUB F., 2014, Cours d'automatisme, FES, Faculté des Sciences et Techniques.
- [4] <http://environnement-industrie.com>
- [5] <http://gestiondeprojet.pm/analyse-fonctionnelle>
- [6] <https://mall.industry.siemens.com>
- [7] <http://pamelard.electro.pagesperso-orange.fr>
- [8] <http://cрта.fr/wp-content/uploads/2013/10/04-M%C3%A9thode-AMDEC.pdf>
- [9] <http://www.woodward.com/IndustrialTurbineSteam505.aspx>
- [10] <https://www.gemeasurement.com/sensors-probes-transducers/proximity-probes/bently-nevada-3300-proximity-sensor-system>
- [11] http://www.ac-grenoble.fr/lycee/oiselet/bts/outils_de_maintenance/preventif.pdf

Annexes

Annexe 1

La fiche technique d'automate CPU 417-4 (6ES7417-4XT05-0AB0) :

Table 11 - Fiche technique d'automate CPU 417-4

Caractéristiques techniques	
CPU et version du firmware	
Numéro de référence	6ES7417-4XT05-0AB0
• Version du firmware	V 5.3
Logiciel de programmation correspondant	à partir de STEP 7 V 5.3 SP2 + mise à jour matérielle voir aussi Avant-propos (Page 11)
Mémoire	
Mémoire de travail	
• intégrée	15 Mo pour le code 15 Mo pour les données
Mémoire de chargement	
• intégrée	1,0 Mo de RAM
• FEPRM extensible	avec carte mémoire (FLASH) jusqu'à 64 Mo
• RAM extensible	avec carte mémoire (RAM) jusqu'à 64 Mo
Alimentation de sauvegarde avec pile	oui, toutes les données
Temps d'exécution typiques	
Temps d'exécution pour	
• Opérations sur bits	18 ns
• Opérations sur mots	18 ns
• Opérations arithmétiques sur nombres entiers	18 ns
• Opérations arithmétiques sur nombres à virgule flottante	54 ns
Temporisations/compteurs et leur rémanence	
Compteurs S7	2048
• Rémanence réglable	de Z 0 à Z 2047
• Par défaut	de Z 0 à Z 7
• Plage de comptage	0 à 999
Compteurs CEI	oui
• Type	SFB
Temporisations S7	2048
• Rémanence réglable	de T 0 à T 2047
• Par défaut	Aucune temporisation rémanente
• Plage de temps	de 10 ms à 9990 s

Caractéristiques techniques	
Temporisation CEI	oui
• Type	SFB
Plages de données et leur rémanence	
Plage rémanente totale de données (y compris mémentos, temporisations, compteurs)	Mémoire de travail et de chargement totale (avec pile de sauvegarde)
Mémento	16 Ko
• Rémanence réglable	de MB 0 à MB 16383
• Rémanence pré-réglée	de MB 0 à MB 15
Mémentos de cadence	8 (1 octet de memento)
Blocs de données	max. 16000 (DB 0 réservé) Plage de numéros 1 16000
• Taille	max. 64 Ko
Données locales (réglables)	max. 64 Ko
• Par défaut	32 Ko
Blocs	
OB	voir <i>liste des opérations</i>
• Taille	max. 64 Ko
Nombre d'OB de cycle libre	OB 1
Nombre d'OB d'alarme horaire	OB 10,11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
Nombre d'OB d'alarme temporisée	OB 20, 21, 22, 23
Nombre d'alarmes cycliques	OB 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
Nombre d'OB d'alarme de process	OB 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47
Nombre d'OB d'alarme DPV1	OB 55, 56, 57
Nombre d'OB multiprocesseur	OB 60
Nombre d'OB d'isochronisme	OB 61, 62, 63, 64
Nombre d'OB d'erreur asynchrone	OB 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88
Nombre d'OB d'arrière-plan	OB 90
Nombre d'OB de mise en route	OB 100,101,102
Nombre d'OB d'erreur synchrone	OB 121, 122
Profondeur d'imbrication	
• selon classe de priorité	24
• supplémentaire au sein d'un OB d'erreur	2
FB	maximum 8000, plage de numéros 0 - 7999
• Taille	max. 64 Ko
FC	maximum 8000, plage de numéros 0 - 7999
• Taille	max. 64 Ko
SDB	2048 maxi
Plages d'adresses (entrées/sorties)	
Plage totale d'adresses de périphérie	16 Ko/16 Ko y compris adresses de diagnostic, adresses pour coupleurs de périphérie, etc.

Caractéristiques techniques	
dont décentralisée	
• Interface MPI/DP	2 Ko/2 Ko
• Interface DP	8 Ko/8 Ko
Mémoire image du processus	16 ko/16 ko (réglable)
• Par défaut	1024 octets/1024 octets
• Nombre de mémoires image partielles	maximum 15
Données cohérentes	max. 244 octets
Voies TOR	131072 maximum/131072 maximum
• dont centrales	131072 maximum/131072 maximum
Voies analogiques	8192 maximum/8192 maximum
• dont centrales	8192 maximum/8192 maximum
Fonctions de signalisation S7	
Nombre de stations déclarables pour des fonctions de signalisation (par exemple WIN CC ou SIMATIC OP)	16 maxi avec ALARM_8 ou ALARM_P (WinCC), maxi 63 avec ALARM_S ou ALARM_D (OP)
Messages sur mnémonique	oui
• Nombre de messages total grille de 100 ms grille de 500 ms grille de 1000 ms	1024 maxi 128 maxi 512 maxi 1024 maxi
• Nombre de valeurs additionnelles par message pour grille de 100 ms pour grille de 500, 1000 ms	1 maxi 10 maxi
Messages sur bloc	oui
• Blocs Alarm_S/SQ ou blocs Alarm_D/DQ actifs simultanément	maximum 1000
Blocs Alarm_8	oui
• Nombre de tâches de communication pour blocs Alarm_8 et blocs pour communication S7 (réglable)	maximum 10000
• Par défaut	1200
Messages de contrôle-commande	oui
Nombre d'archives pouvant être déclarées simultanément (SFB 37 AR_SEND)	64

Synchronisme d'horloge	
Nombre de segments isochrones	max. 4, OB 61... OB 64
Données utiles par esclave synchrone	max. 244 octets
Nombre maximum d'octets et d'esclaves dans une mémoire image partielle	Règle à appliquer : nombre d'octets / 100 + nombre d'esclaves < 44
Equidistance	oui
Cycle d'horloge le plus petit	1 ms, 0,5 ms sans utilisation des SFC 126, 127
Cycle d'horloge le plus grand	32 ms
voir le manuel <i>Isochrone Mode</i> (Synchronisme d'horloge)	
Cotes	
Cote de montage LxHxP (mm)	50x290x219
Emplacements nécessaires	2
Poids	environ 0,92 kg
Tensions, courants	
Consommation en courant à partir du bus S7-400 (5 V CC)	typiquement 1,5 A maximum 1,8 A
Consommation en courant à partir du bus S7-400 (24 V CC) La CPU ne consomme pas de courant à 24 V, elle met uniquement cette tension à la disposition de l'interface MPI/DP.	Total des consommations en courant des composants raccordés aux interfaces MPI/DP, mais 150 mA maxi par interface
Courant de sauvegarde	Normalement 225 µA (jusqu'à 40° C) maximum 750 µA
Durée de sauvegarde maximale	Cf. manuel de référence <i>Caractéristiques des modules</i> , chapitre 3.3
Alimentation de la tension de sauvegarde externe sur la CPU	de 5 à 15 V CC
Puissance dissipée	7,5 W hab.

Annexe 2

Table 12 - Grille d'AMDEC

			Fiche AMDEC							
Equipement : Armoire d’automatisation de la TURBOSOUFFLANTE.			Réalisé par : NASSABI Kanza				Criticité		Actions correctives	
			Service :				Indices nominaux			
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effets	Détection	F	G	D	C	Actions
Programme (Automate de lubrification)	Assurer le fonctionnement du système de lubrification	Blocage du programme	Existence d’erreurs dans le programme. Mal implémentation du programme	Mal fonctionnement du système de graissage.	Visuel (Led d’entrées-sorties)	4	1	2	8	Contrôle par automate.

Mémoires	Stocker le programme	Saturation	Mémoire ne supporte pas la taille du programme.	Blocage d'automate. Réchauffement du Microprocesseur.		2	2	2	8	Redémarrage d'automate pendant l'arrêt.
Microprocesseur	Traiter les données	Blocage d'automate.	Mémoire saturée de la mémoire.	Réchauffement. Blocage d'automate. Temps d'exécution très lent.		2	2	2	8	Redémarrage d'automate pendant.
			Mal placement du microprocesseur.	Automate déconnectée.		1	2	2	4	

CPU « Central Processing Unit »	Exécuter le programme entré dans l'automate.	Réchauffement	Saturation du mémoire	Blocage d'automate. Arrêt d'automate. Déclenchement de la turbine.	Visuel. Automatique.	2	4	2	16	Redémarrage d'automate pendant l'arrêt.
		Hors service	Microprocesseur HS. Carte d'alimentation HS.	Arrêt d'automate.	Automatique. Visuel.	2	4	2	16	Rechange du CPU.
Modules Entrées/Sorties	Permettre à la CPU de communiquer avec l'extérieur.	Mal fonctionnement d'un des borniers.	Fausse adresse dans le programme.	Mal fonctionnement du programme.	Automatique.	1	2	2	4	Correction du programme.
			Cable détaché.		Visuel	1	2	2	4	

		Mal fonctionnement d'un module.	Module HS.	Arrêt d'automate.	Automatique. Visuel	1	2	2	4	Rechange de Module.
Borniers de connexion	Raccordement entre les entrées/sorties.	Mauvaise connexion	Coupure dans câble entre armoire et machine. Mauvaise connexion entre les entrées et sorties.	Mauvaise transmission des données. Risque d'incendie. Arrêt d'automate.	Visuel. Automatique.	4	2	1	8	Contrôle périodique.
Câbles	Conduire le courant électrique	Brûlure	Surintensité. Surcharge.	Mal fonctionnement d'automate. Informations incomplètes.	Visuel.	1	1	1	1	Remplacement de câble.

		Détachement	Vibration. Mauvais serrage.	Mal fonctionnement d'automate. Informations incomplètes.	Visuel.	1	1	1	1	Contrôle périodique.
Relais électriques	Assurer la protection et contrôler les séquences de démarrage, le verrouillage automatique des équipements et la commande.	Relais non activé	Relais défectueux. Relais saturé.	Non protection des équipements. Mal fonctionnement du système.	Visuel. Automatique.	1	1	1	1	Remplacement du relais défectueux.
Bloc d'alimentation	Assurer l'alimentation des composants de l'API et les relais.	Absence d'alimentation	Sur tension. Absence de tension. Cable débranché. Transformateurs HS.	Déclenchement de la turbine.	Automatique.	1	2	2	4	

API Siemens	Contrôler et le commander système de lubrification.	Absence de tension	Fils coupés	Le non fonctionnement d'automate.	Automatique	1	2	2	4	
		Mauvaise connexion	Coupure dans câble entre armoire et machine.	Mauvaise transmission des données. Déclenchement de la turbosoufflante.	Visuel. Automatique	1	2	2	4	
		Un des composants est HS.	CPU HS. Module entrées/sorties HS. Bloc d'alimentation HS Existence d'erreurs dans le programme.	Arrêt d'automate. Arrêt de production.		1	4	3	12	Rechange de composant.

		Blocage du programme.	Mal implémentation du programme.	Mal fonctionnement du système de graissage.		4	1	2	8	Correction des erreurs dans le programme.
		Voyant SF (erreur système) allumé à la mise sous tension du S7-200 (rouge)	Erreur de programmation utilisateur. Bruit électrique. Composant endommagé	Mal fonctionnement du système de graissage.	Visuel.	4	1	2	8	Correction du programme. Vérification du câblage.

		Aucun des voyants lumineux ne s'allume.	Fusible fondu. Câbles d'alimentation 24 V inversés. Tension incorrecte	Mal fonctionnement du système de graissage.	Visuel.	4	1	2	8	Utiliser un analyseur de ligne au système. Vérification du câblage.
		Fonctionnement intermittent associé à des unités à haute énergie.	Mise à la terre incorrecte. Acheminement du câblage à l'intérieur de l'armoire de commande. Temps de retard trop court pour les filtres d'entrées.	Arrêt du système		4	1	2	8	Vérification du Câblage. Augmentation du retard de filtre d'entrée dans le Bloc données système.

		Le réseau de communication est endommagé lors de la connexion à une unité externe. L'interface sur l'ordinateur, l'interface sur le S7--200 ou le câble PC/PPI est endommagé.	Non partage du même potentiel de référence. Erreurs de communications.	Mal fonctionnement du système de graissage.		4	1	2	8	Vérification du câblage
Régulateur de vitesse WOODWARD	Contrôler la vitesse de la turbine.	Absence de tension	Fils coupés	Le non fonctionnement d'automates.	Automatique.	1	2	2	4	

		Mauvaise connexion	Coupure dans câble entre armoire et machine. Mauvaise connexion entre les entrées et sorties.	Risque d'incendie.	Visuel	1	2	2	4	
		Problème de capteur vitesse.	de de Capteur déréglé. Capteur HS.	Mal régulation de la vitesse.	Automatique. Visuel.	1	2	2	4	Etalonnage du capteur. Rechange du capteur.
		Woodward HS.	Carte mère HS. Touches non fonctionnelles.	Blocage du programme.	Automatique. Visuel.	1	2	2	4	Rechange de CPU.

Capteur de vitesse	Mesurer la vitesse de la turbine.	Encrassements du capteur.	Oublis de branchement, shunts.	Shunts. Endommagement.	Visuel.	1	2	2	4	Rechange du capteur.
		Non détection de la mesure de vitesse.	Oublis de branchement. Dysfonctionnement du capteur.	Pas de mesure de variation de vitesse. Non démarrage machine.	Automatique.	1	2	2	4	Etalonnage du capteur.
		Capteur HS.	Capteur en court-circuit.	Arrêt de la machine.	Automatique.	1	2	2	4	

Rack bently Nevada	Surveiller les Vibrations et les températures des paliers de la turbosoufflante.	Absence de tension.	Fils coupés.	Le non fonctionnement d'automates.	Automatique.	1	2	2	4	
		Mauvaise connexion.	Coupure dans câble entre armoire et machine. Mauvaise connexion entre les entrées et sorties.	Mauvaise transmission des données. Déclenchement de la machine.	Visuel. Automatique.	1	2	2	4	

			Problème de capteur.	Capteur déréglé.	Déclenchement de la machine. Non régulation de la vitesse.	Automatique. Visuel.		2	2	4	Contrôle par automate.
			Rack HS.	Bloc CPU HS.	Déclenchement de la machine.	Automatique.	1	2	2	4	Rechange de CPU.
Capteurs de vibration	Mesurer vibrations des paliers.		Capteur HS.	Endommagement.	Déclenchement de la turbosoufflante.	Visuel. Automatique.	1	2	2	4	Contrôle par automate.
			Capteur déréglé.	Mal positionnement du capteur. Capteur non branché.	Pas de mesure de variation de vibration.	Automatique.	1	2	2	4	Etalonnage du capteur.

Capteurs de température	Mesurer les températures d'huile circulant dans les paliers.	Capteur HS.	Endommagement.	Grippage. Colmatage.	Visuel.	1	2	2	4	Rechange du capteur.
		Non obtention de la mesure.	Mal branché.	Pas de mesure de température.	Automatique.	1	2	2	4	Etalonnage du capteur.
Disjoncteur	Passage du courant et protection contre court-circuit.	Refus d'ouverture	Collage	Non protection	Visuel. Automatique.	1	2	2	4	

		Ouverture intempestive	Mauvais réglage	Coupure d'alimentation.	Visuel. Automatique.	1	2	2	4	
		Echauffement	Contact défectueux Mal serrage des borniers.	Détérioration électrique.	Visuel. Automatique.	1	2	2	4	
Armoire d'automatisation	Porter la partie du système d'automatisation.	Coincement de la porte	Corrosion	Accessibilité délicate	Visuel.	1	2	2	4	Traitement de surface de l'armoire

		Dégradation	Corrosion	Elément à l'intérieur devient non protégé	Visuel. Automatique.	1	2	2	4	
--	--	-------------	-----------	---	----------------------	---	---	---	---	--

Annexe 3

Table 13- Tableau de la maintenance systématique

CONSIGNES PERMANENTES DE PREVENTIF			N° matériel :		
Etabli le : 21/05/17 par : NASSABI Kanza version : 0			Modifié le : par : version :		
Désignation du matériel : Armoire d'automatisation du groupe Turbosoufflante			Responsable réalisation : MAINTENANCE		
			Temps annuel exécution :		
			Coût annuel main d'œuvre :		
			Coût pièces :		
			Coût total :		
N° Phase	Désignation opération	Fréquence	Temps Exécution (h)	Temps Arrêt (h)	Observations
10	Inspection générale	M		0,5	
20	Contrôle et serrage des connexions	A		0,5	
30	Contrôle de l'état des relais	A		0,5	
40	Contrôle des réglages	A		0,5	
50	Essais des relais de protection	A		0,5	
60	Contrôle du circuit commande locale et distance	A		0,5	
70	Réaménagement des câbles électriques	A		0,25	
80	Essais de déclenchement et de retombée	A		0,25	
90	Test du temps de fonctionnement	A		0,25	
100	Vérification de la sélectivité et la continuité de la chaîne de déclenchement	A		0,25	
110	Vérification de la présence des étiquettes de repérage.	M		0	

120	Vérification du bon report des signalisations	A		0	
130	Test et essai des sondes de températures	A		0	
140	Vérification du réglage des thermostats et de la chaîne de démarrage de la réfrigération	A		0	
150	Test et essai du bon report des différentes alarmes et signalisations	A		0	
160	Contrôle visuel du circuit d'huile	M		0	
170	Contrôle des niveaux d'huile et fuites éventuelles	M		0	
180	Contrôle visuel de la température d'huile	M		0	
190	Contrôle visuel de la vitesse de la turbine	M		0	
200	Nettoyage de l'armoire d'automatisation	A		1	
210	Vérification du fonctionnement du relayage	A		0,5	
220	Contrôle du fonctionnement des vérificateurs d'absence de tension	A		0.5	
Date et visa Technicien Méthodes :		Date et visa intervention Maintenance :		Date et visa Production :	

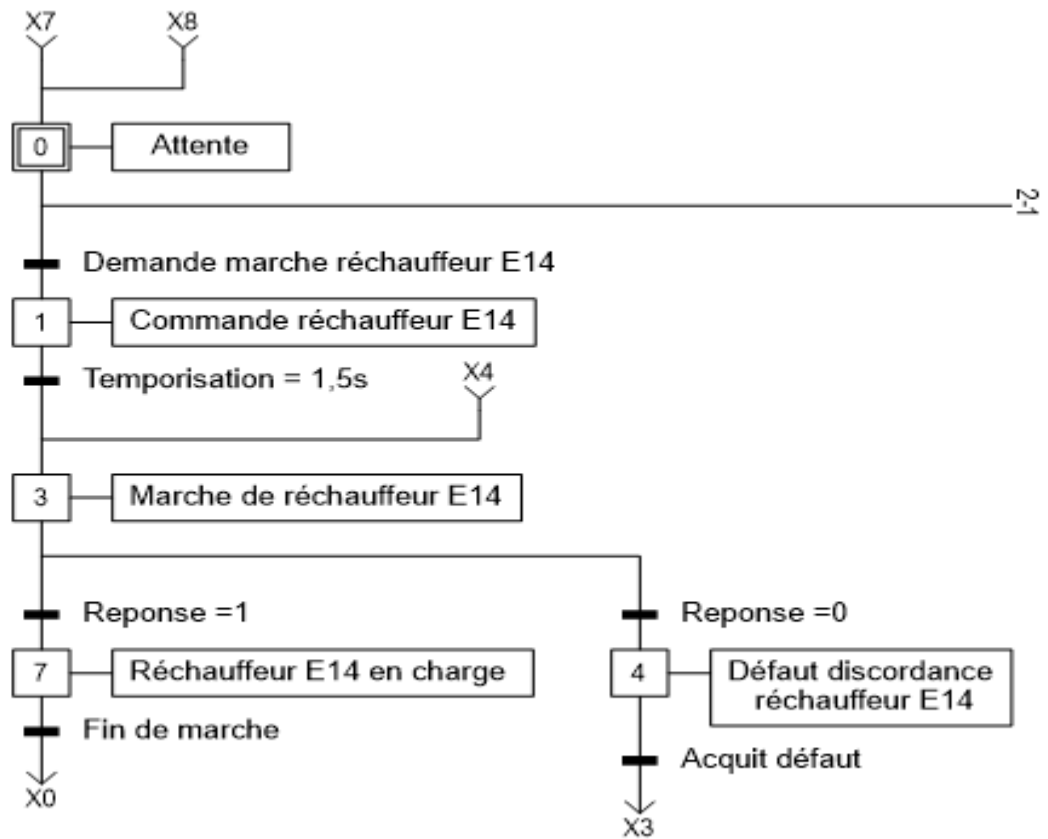
Table 14 - Tableau de la maintenance conditionnelle

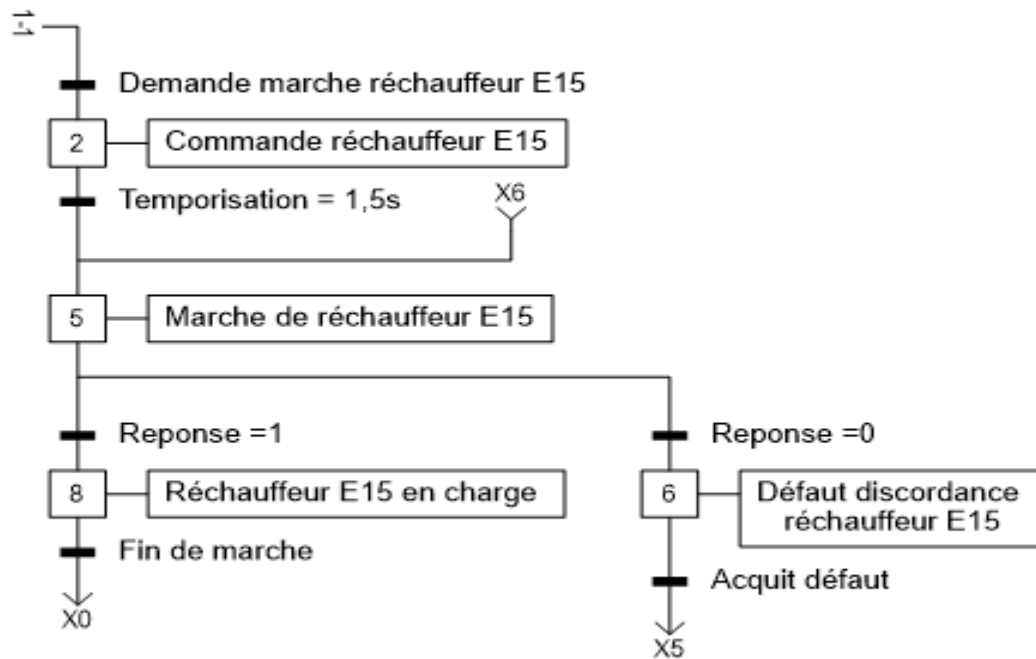
RESULTATS DE VISITE PREVENTIVE				
MATERIEL -----	MARQUE ----- -	TYPE -----	PARC ----- -	N° -----
Date	Début : ----h----- Fin : ----h-----			BT n° : -----
Visiteurs : -----				
N°	Etat d'équipement	Bon	Mauvais	Observations
	Placement des numéros de Module			
	Inspection de l'alimentation			
	Vérifier le câblage			
	Connexions desserrées			
	Led d'alimentation			
	Led RUN			
	Led ERR/ALR			
	Environnement d'exploitation est normale			
	Le programme ne peut pas être écrite			
	L'état des capteurs			

Annexe 4

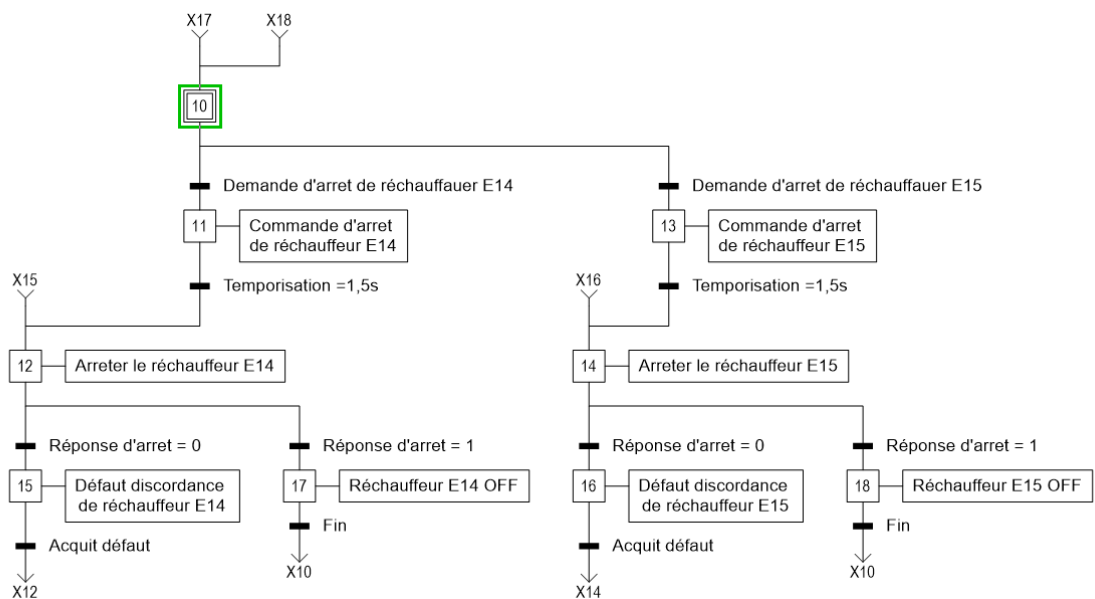
Le programme en point de vue fonctionnelle

Programme « Marche Réchauffeurs E14-E15 » :



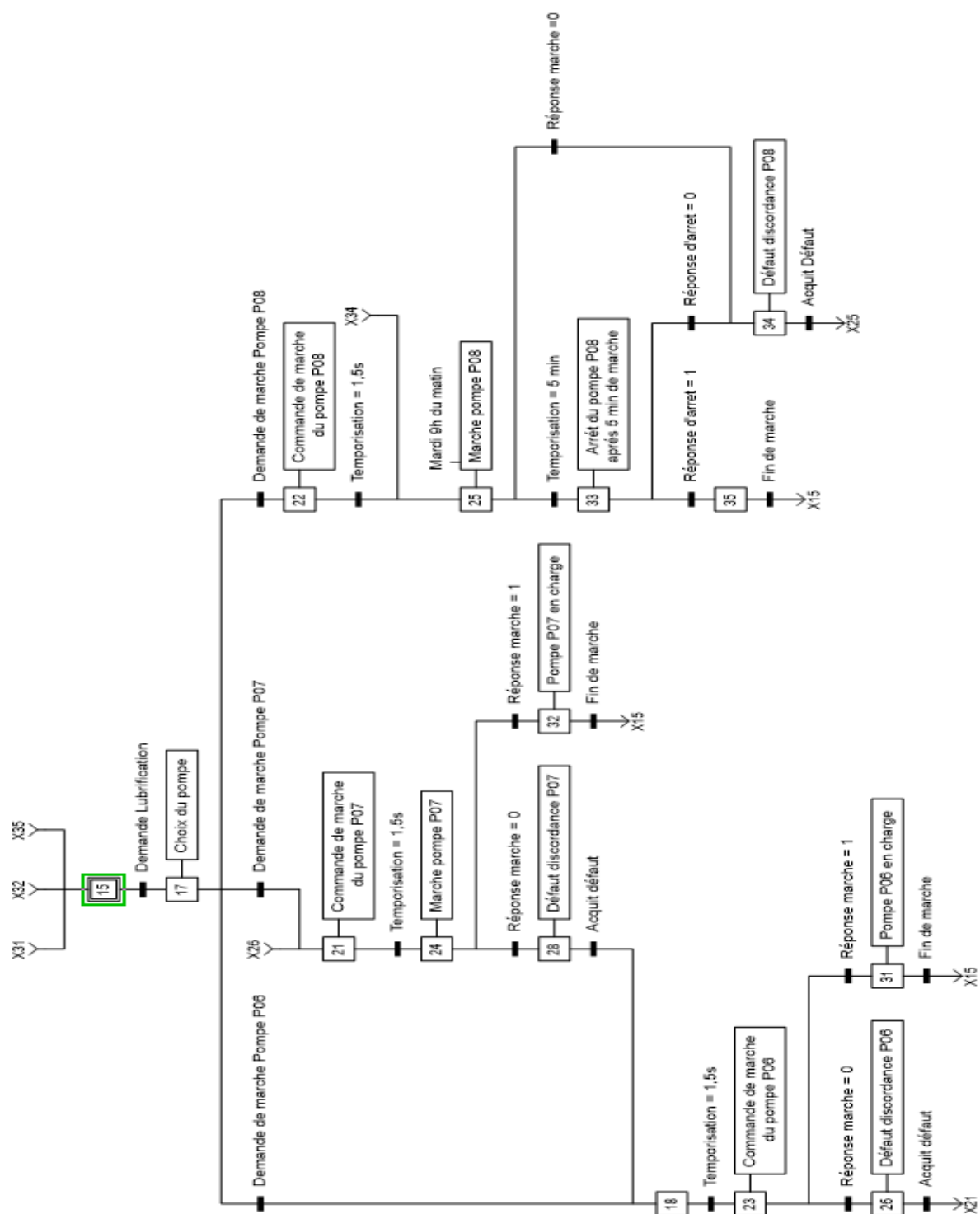


Programme « arrêt Réchauffeurs E14-E15 » :

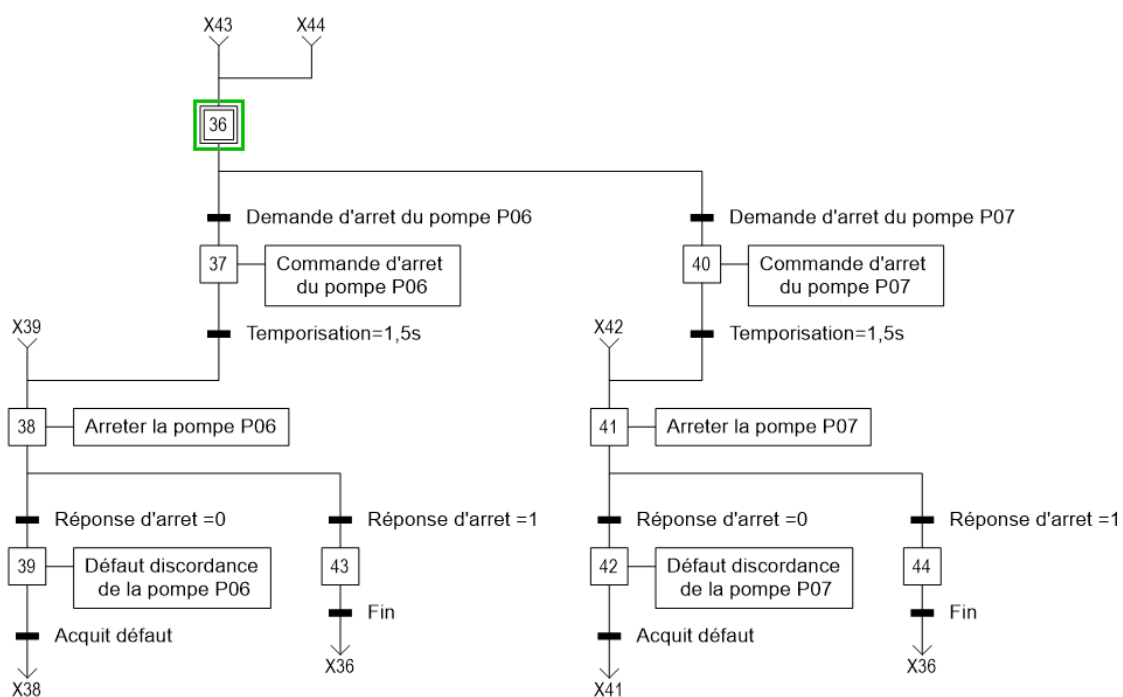


Programme « Marche Extracteur CO2 » :

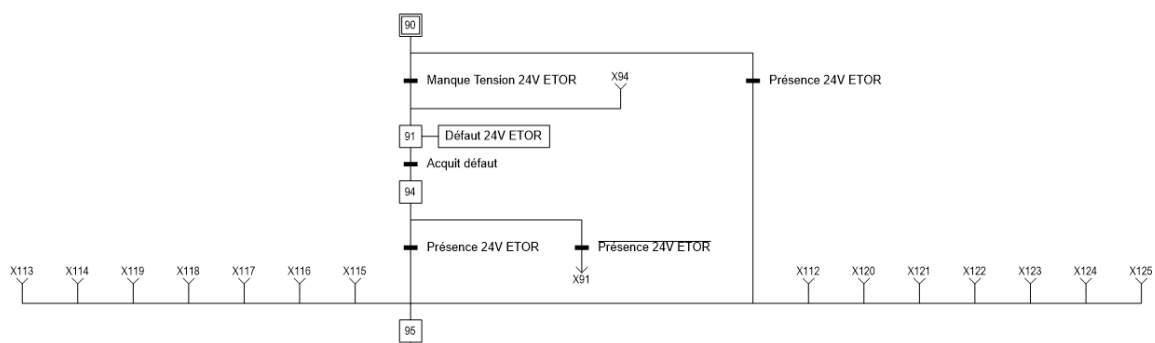


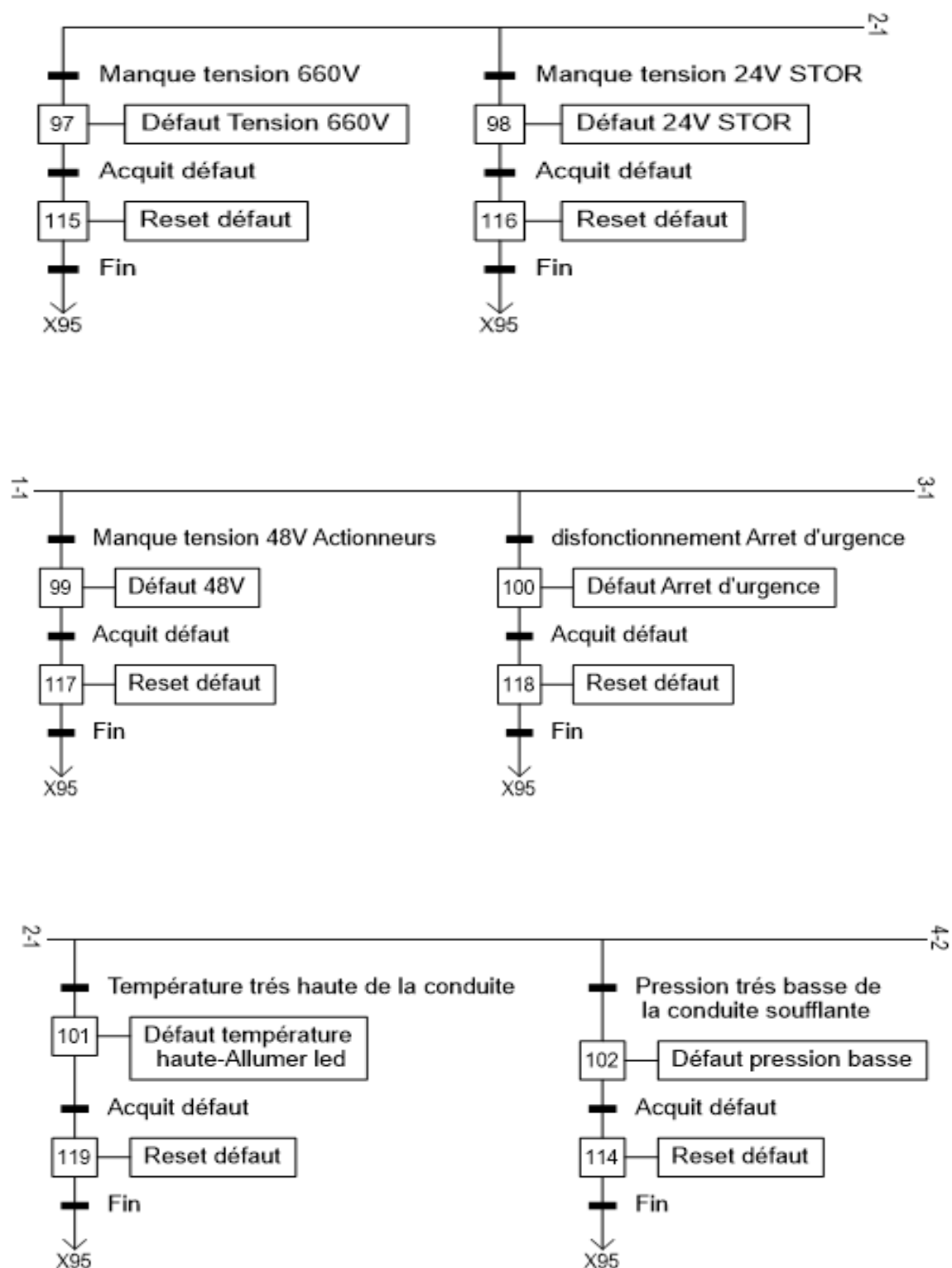


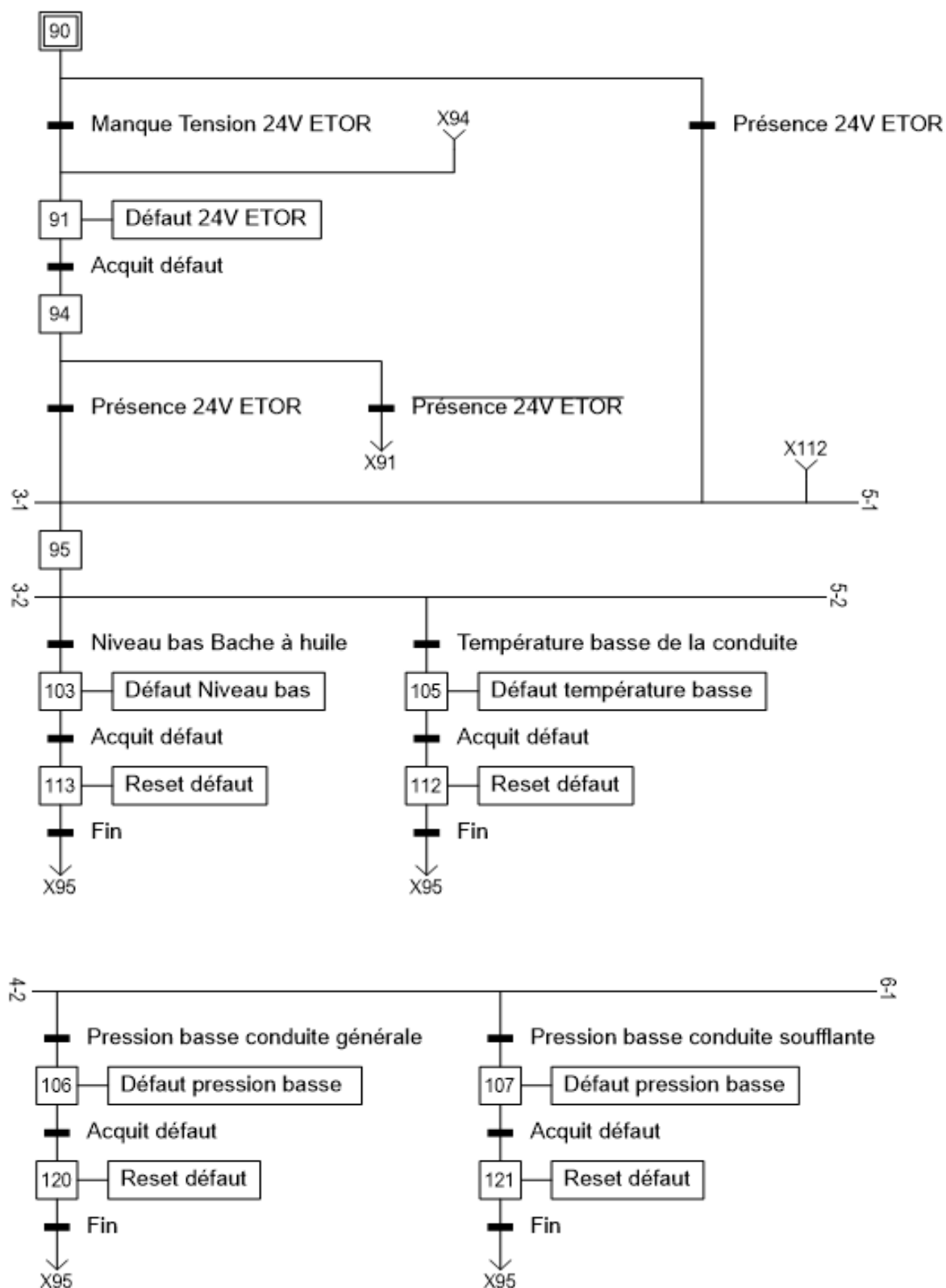
Programme « arrêt Pompes » :

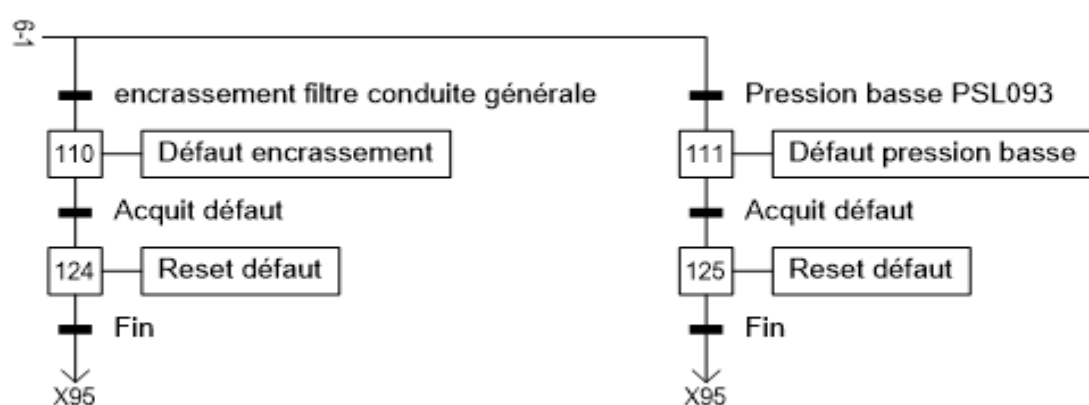
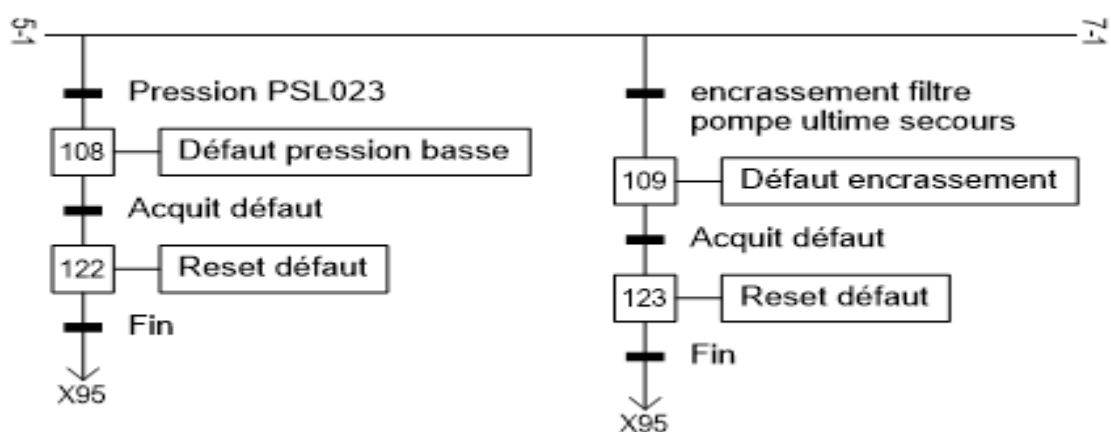


Programme « Les Défauts » :





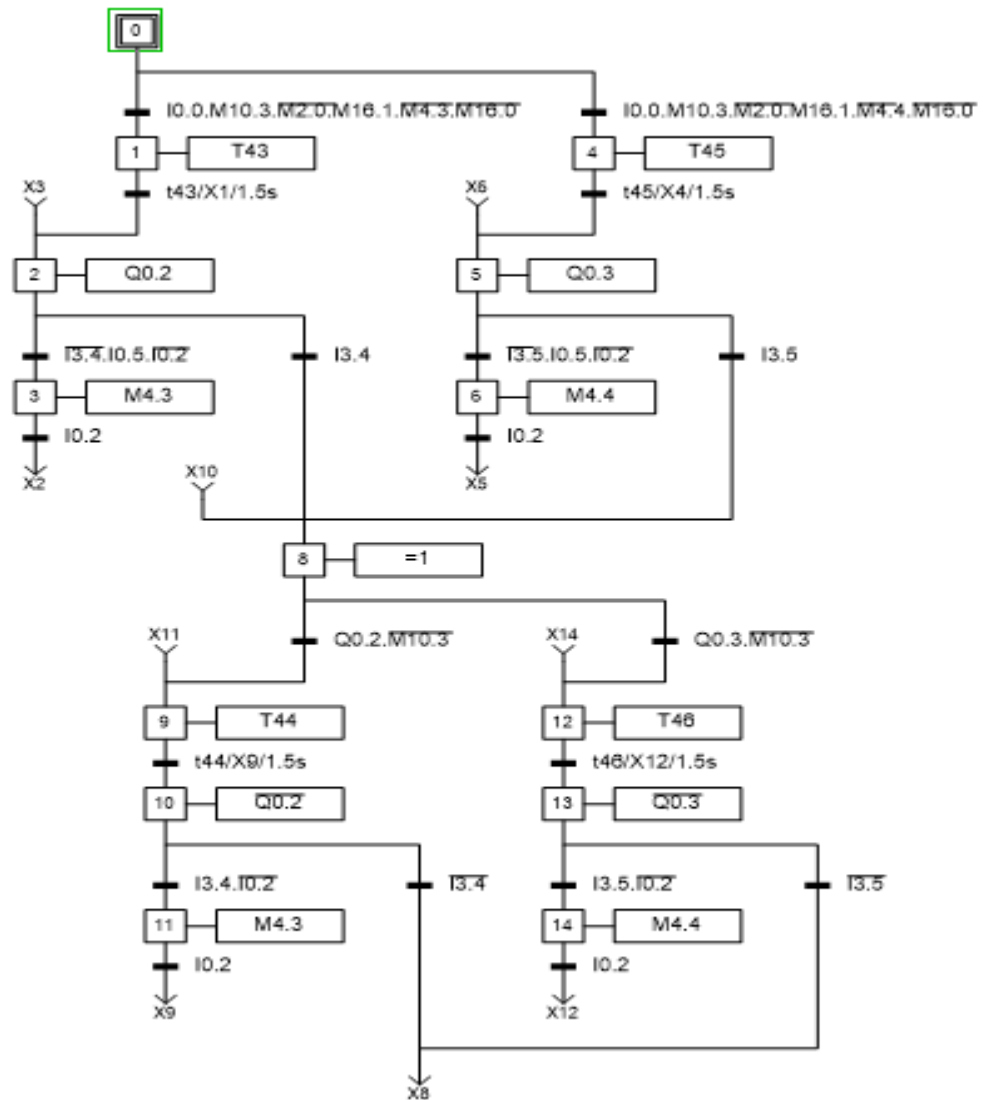




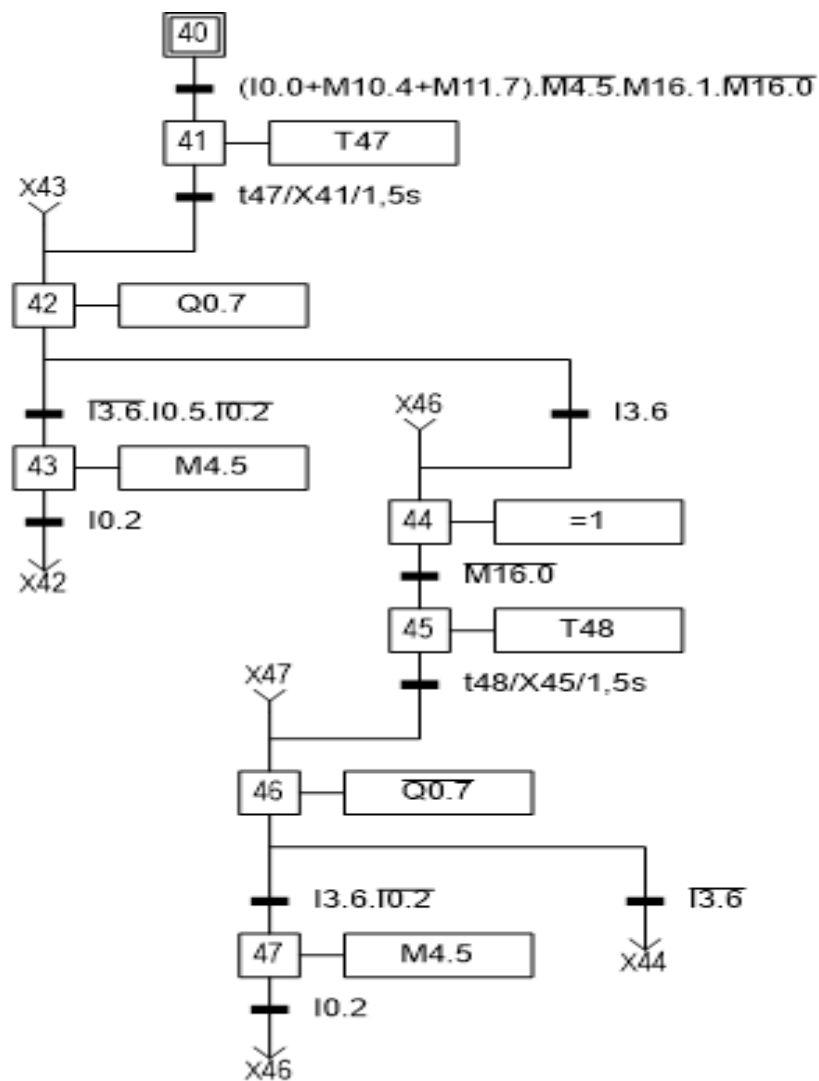
Annexe 5

Le programme en point de vue commande

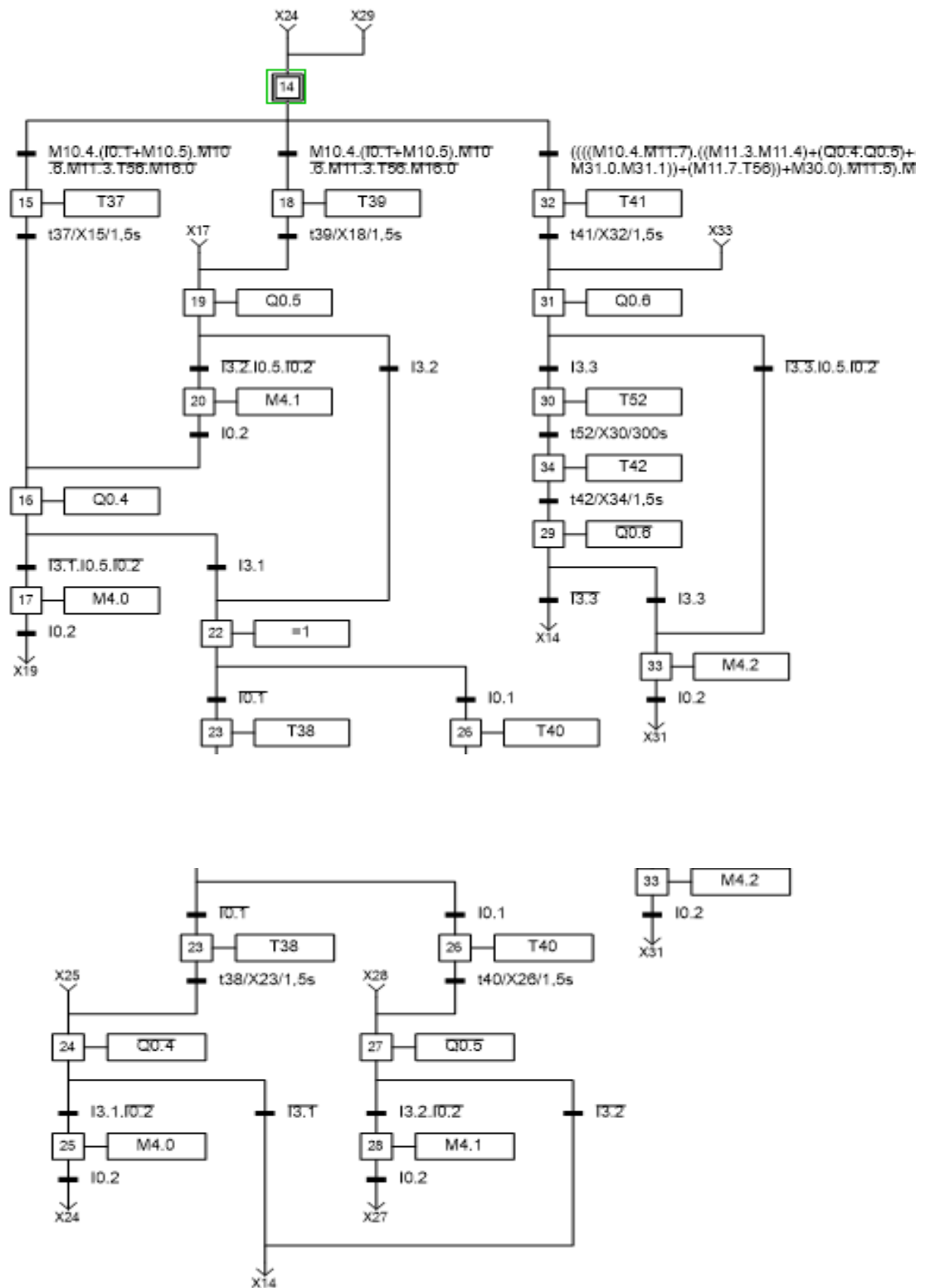
Programme « Réchauffeurs E14 – E15 » :



Extracteur CO2 :



Pompes P06 -P07 -P08 :



Annexe 7

Surveillances et messages d'erreur :

Le matériel de la CPU et le système d'exploitation contiennent des fonctions de surveillance qui assurent un travail correct et un comportement défini en cas d'erreur. Pour une série d'erreurs, une réaction du programme utilisateur est possible. En cas d'erreurs, se produisant dans le sens entrant et dans le sens sortant, la diode d'erreur s'éteint de nouveau lors d'erreurs se produisant dans le sens entrant. Le tableau suivant contient les erreurs possibles, leurs causes et les réactions de la CPU.

Table 15 - Tableau de surveillances et messages d'erreurs

Type d'erreur	Cause d'erreur	Réaction du système d'exploitation	DEL d'erreur
Erreur d'accès (sans entrant)	Défaillance d'un module (SM, FM, CP) Erreur d'accès à la périphérie en lecture Erreur d'accès à la périphérie en écriture	La DEL "EXTF" s'allume tant que l'erreur n'est pas acquittée. En cas de SM : <ul style="list-style-type: none"> • Appel de OB 122 • Inscription dans le tampon de diagnostic • Avec des modules d'entrée : inscription de "zéro" comme date dans l'accumulateur ou la mémoire image Avec d'autres modules : <ul style="list-style-type: none"> • Appel de OB 122 	EXTF
Erreur de temps (sens entrant)	<ul style="list-style-type: none"> • Le temps de fonctionnement du programme utilisateur (OB1 et toutes les alarmes et OB d'erreur) dépasse le temps de cycle maximal prescrit. • Erreur de demande d'OB • Trop-plein du tampon d'information de démarrage • Alarme d'erreur d'horloge • Passage en RUN après CiR 	La DEL "INTF" s'allume tant que l'erreur n'est pas acquittée. Appel de OB 80 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU passe sur Stop.	INTF
Défauts du ou des modules d'alimentation (sauf panne de secteur)	Dans l'unité centrale ou d'extension <ul style="list-style-type: none"> • au moins une pile de sauvegarde du module d'alimentation est vide • la tension de sauvegarde est absente • l'alimentation 24V du module d'alimentation est en panne 	Appel de OB 81 Si OB non chargé : la CPU continue à fonctionner :	EXTF
Alarme de diagnostic (sauf panne de secteur)	Un module périphérique compatible signale une alarme de diagnostic	Appel de OB 82 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU passe sur Stop.	EXTF
Alarme débrogage/ embrogage (sauf panne de secteur)	Débrogage ou embrogage d'un SM et enfichage d'un type de module erroné. Si l'unique SM enfiché est débrogé lorsque la CPU est sur Stop, la DEL EXTF ne s'allume pas, dans le cas du paramétrage par défaut. Elle s'allume brièvement lorsque le SM est réenfiché.	Appel de OB 83 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU passe sur Stop.	EXTF
Défaut de matériel CPU (sens entrant)	<ul style="list-style-type: none"> • Une erreur de mémoire a été détectée et éliminée 	Appel de OB 84 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU reste en mode RUN.	INTF

Type d'erreur	Cause d'erreur	Réaction du système d'exploitation	DEL d'erreur
Erreur de classe de priorité (selon le mode de l'OB 85, seulement dans le sens entrant ou dans le sens entrant et sortant)	<ul style="list-style-type: none"> La classe de priorité est appelée, mais l'OB correspondant n'est pas présent. Lors de l'appel du SFB : le DB d'instance est absent ou déficient Erreur dans l'actualisation de la mémoire image 	Appel de OB 85 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU passe sur Stop.	INTF
			EXTF
Défaillance d'une unité ou d'une station (sens entrant et sortant)	<ul style="list-style-type: none"> Panne de tension dans une station d'extension Défaillance d'une ligne DP Défaillance d'une ligne de couplage :IM absent ou défectueux, câble interrompu) 	Appel de OB 86 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU passe sur Stop.	EXTF
Erreur de communication (sens entrant)	<ul style="list-style-type: none"> Information d'état non transposable dans le DB Code de télégramme erroné Erreur de longueur de télégramme Erreur de structure du télégramme de données globales Erreur dans accès à DB 	Appel de OB 87	INTF
Interruption du traitement (sens entrant)	<ul style="list-style-type: none"> Profondeur d'imbrication trop grande pour les erreurs synchrones Profondeur d'imbrication trop grande pour les appels de blocs (pile B) Erreur d'allocation de données locales 	Appel de l'OB 88 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU passe sur Stop.	INTF
Erreur de programmation (sens entrant)	Erreur dans le code machine ou dans le programme utilisateur <ul style="list-style-type: none"> Erreur de conversion BCD Erreur de longueur de gamme Erreur de gamme Erreur d'alignement Erreur d'écriture Erreur de numéro de timer Erreur de numéro de compteur Erreur de numéro de bloc Bloc non chargé 	Appel de OB 121 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU passe sur Stop.	INTF
Erreur de code MC7 (sens entrant)	Erreur dans le programme utilisateur traduit, par exemple code OP non autorisé ou saut par dessus la fin du bloc	La CPU passe à l'état STOP. Démarrage ou effacement général nécessaires.	INTF
Perte de cycle (sens entrant)	En cas d'utilisation de la synchronisation d'horloge : des impulsions ont été perdues, soit parce qu'un OB 61...64 n'a pas pu être démarré à cause de priorités supérieures, soit parce que des charges asynchrones supplémentaires sur le bus ont inhibé la cadence du bus.	Appel de OB 80 Si l'OB n'est pas chargé : la CPU passe sur Stop. Appel des OB 61..64 dans le cycle suivant.	INTF

Annexe 8

Table 16 - Liste des adresses

Adresse	Commentaire
I0.0	ARRET / AUTO LUBRIFICATION
I0.1	CHOIX POMPE P06 / P07
I0.2	ACQUIT DEFAULT
I0.3	ARRET D'URGENCE-ARMOIRE
I0.4	ARRET KLAXON
I0.5	PRESENCE 24V ETOR
I0.6	PRESENCE 24V STOR
I0.7	PRESENCE 48V ACTIONNEURS
I1.0	PRESENCE 660V
I1.1	Pression basse conduit soufflante
I1.2	Pression basse conduit général
I1.3	Pression très basse conduit soufflante
I1.4	Défaut pression
I1.5	Niveau bas bache à huile
I1.6	Température basse conduit
I1.7	Température très haute conduit
I2.0	Filtre encrasse pompe ultime secours
I2.1	Filtre encrasse conduite général
I2.2	Vanne anti pompage ouverte
I2.3	Vibration très hautes paliers
I2.4	Température très haute paliers
I2.5	Vibration hautes paliers

I2.6	Température hautes paliers
I2.7	Marche climatisation armoire 101 CDP 01
I3.0	Réponse marche turbine
I3.1	Réponse marche pompe P06
I3.2	Réponse marche pompe P07
I3.3	Réponse marche pompe P08
I3.4	Réponse marche réchauffeur E14
I3.5	Réponse marche réchauffeur E15
I3.6	Réponse marche extracteur C02
I4.0	Disjoncteur enclenche pompe P06
I4.1	Disjoncteur enclenche pompe P07
I4.2	Défaut pompe P08
I4.3	Déclenchement
I4.4	Pressostat pression basse huile
I4.5	Autorisation démarrage par PROCESS
Q0.0	Autorisation marche soufflante
Q0.1	Déclenchement soufflante
Q0.2	Cde réchauffeur E14
Q0.3	Cde réchauffeur E15
Q0.4	Cde pompe P06
Q0.5	Cde pompe P07
Q0.6	Cde pompe P08
Q0.7	Cde extracteur C02
Q1.0	Fermeture vanne anti pompage
Q1.2	Commande klaxon

Q1.3	Commande feu à éclat
Q1.4	Led arrêt d'urgence local
Q1.5	Vanne anti pompage ouverte
Q1.6	Défaut mesure 4-20Ma
Q1.7	Led défaut pression basse huile
Q2.0	Voyant défaut pompe P06
Q2.1	Voyant défaut pompe P07
Q2.3	Voyant défaut pompe P08
Q2.4	Voyant autorisation/marche soufflante
Q2.5	Led déclenchement
Q2.6	Led température très haute conduite
Q2.7	Led pression très basse conduite
Q3.0	Les pompage soufflante
Q3.1	Led niveau bas bache à huile
Q3.2	Led température très basse bache à huile
Q3.3	Led température basse conduite
Q3.4	Led pression basse conduite général
Q3.5	Led pression basse conduite soufflante
Q3.6	Led filtre pompe ultime secours encrassé
Q3.7	Led vanne de décharge ouverte
M0.0	Def. 660V
M0.1	Def. 24V ETOR
M0.2	Def. 24V STOR
M0.3	Def. 48V Actionneurs
M0.4	Def. Arrêt urgence

M0.5	Df. Arrêt urgence
M0.6	Def. Pompage
M0.7	Def. T° très haute conduite
M2.0	Def. Pression très basse conduite
M2.1	Def.niveau bas bache a huile
M2.2	Def. T Bache à huile très basse
M2.3	Def. T° basse conduite
M2.4	Def. Pression basse conduite général
M2.5	Def. Pression basse conduite soufflante
M2.6	Défaut pression
M2.7	Def. Filtre encrasse pompe ultime secours
M3.0	Def. Filtre conduite général encrasse
M3.1	Def. Disjoncteur P06 ouvert
M3.2	Def. Disjoncteur P06 ouvert
M4.0	Def. Disjoncteur P07 ouvert
M4.1	Def. Disjoncteur P08 ouvert
M4.2	Def. Discordance pompe P06
M4.3	Def. Discordance pompe P07
M4.4	Def. Discordance pompe P08
M4.5	Def. Discordance rechauffeur E4
M6.0	Def. Discordance rechauffeur E15
M6.1	Def. Discordance extracteur C02
M6.2	Réponse marche pompe P06 pour supervision
M6.3	Réponse marche pompe P07 pour supervision

M6.4	Réponse marche pompe P08 pour supervision
M6.5	Réponse marche réchauffeur E14 pour supervision
M6.6	Réponse marche réchauffeur E15 pour supervision
M6.7	Réponse marche extracteur C02 pour supervision
M7.0	Def. Mesure T° bache a huile
M8.0	Def. Mesure T° huile en conduite
M8.1	Def. Mesure T° huile en conduite
M8.2	Def. Mesure delta P aspiration
M8.3	Def. Mesure élévation de pression
M8.4	Défaut climatiseur
M10.	Seuil haut T° Bache <46°C (1 si T <46°C)
M10.1	Seuil bas T° Bache >44°C (1 si T >44°C)
M10.2	Seuil très bas T° Bache >30°C (1 si T >30°C)
M10.3	Ordre de marche réchauffeur E1 et E15
M10.4	Demande lubrification
M10.5	Pompe P06 en secours de P07
M10.6	Pompe P07 en secours de P06
M10.7	Sélection pompe P06
M11.0	Sélection pompe P07
M11.1	Def. Pression P06
M11.2	Def. Pression P07
M11.3	Def. Regroupe P06

M11.4	Def. Regroupe P07
M11.5	Def. Regroupe P08
M11.6	Fin tempo 5H
M11.7	Demande lubrification après arrêt turbine
M13.0	Bit travail ??
M13.1	Bit travail /
M16.0	Défaut regroupe pompe P06
M16.1	Défaut regroupe pompe P07
M20.0	Détection front
M20.1	Détection front
M20.2	Détection front
M30.0	Marche hebdomadaire P8 pendant 5 minutes
M31.0	Défaut pression P06 et passage P07
M31.1	Défaut pression P07 et passage P06
MW0	
MW2	
MW4	
MW6	
MW8	
T37	TEMPO MARCHE POMPE P06
T38	TEMPO ARRET POMPE P06
T39	TEMPO MARCHE POMPE P07
T40	TEMPO ARRET POMPE P07
T41	TEMPO MARCHE POMPE P08
T42	TEMPO ARRET POMPE P08

T43	TEMP MARCHE RECHAUFFEUR E14
T44	TEMP ARRET RECHAUFFEUR E14
T45	TEMP MARCHE RECHAUFFEUR E15
T46	TEMP ARRET RECHAUFFEUR E15
T47	TEMP MARCHE RECHAUFFEUR C02
T48	TEMP ARRET RECHAUFFEUR C02
T49	TEMP DEFAULT PRESSION P06
T50	TEMP DEFAULT PRESSION P07
T51	TEMP DEFAULT PRESSION
T52	TEMP MARCHE HEBDOMAIRE P08
T53	Tempo masquant la perte d'info PSL023
T4	TEMPO RETOMBEE INFO E1.4 POUR P07
T55	TEMPO RETOMBEE INFO E1.4 POUR P06
T56	Tempo micro coupure 660V pdt 1s
SM0.0	Bit toujours à 1
SM0.1	Bit à 1 au premier tour de cycle
SM0.4	Bit clignotant 1 minute
SM0.5	Bit clignotant 1 seconde
SM0.7	Commutateur sur RUN
SM3.0	

Annexe 9

Les normes à respecter :

Températures :

Table 17 - les normes de températures

Composant	Le degré de la température
L'huile entrante à l'échangeur	Ils sont utilisés que si la température d'huile dépasse 52°C
L'huile sortante de l'échangeur	Après le refroidissement, la température est de l'ordre de 40 à 43°C, s'elle dépasse 62°C ça va causer le déclenchement de la turbine.
L'huile de commande	La température recommandée est entre 48 et 48°C.
L'huile dans le réservoir	La température est d'ordre de 50°C, s'elle est moins de 36 °C les réchauffeurs sont mises en marche automatiquement.
L'huile de retour de turbine	On doit travailler avec une température entre 50 et 65°C, en cas général on trouve des valeurs entre 49 et 52°C.
L'huile de retour de réducteur	La température est d'ordre de 55°C.
La haute pression 'HP'	La température recommandée est 500°C.
La moyenne pression 'MP'	On travaille généralement à une température entre 280 et 290°C.
L'eau à l'entrée du condenseur 'L'eau de Noria'	La température est de 22°C.
L'eau à la sortie du condenseur 'L'eau de Noria'	La température est de 27°C.
Les paliers lorsque la turbine est en marche	Les températures sont entre 55 et 65°C, si on a vécu une valeur très grande ça va causer le déclenchement de la turbine.

Pressions :

Table 18 - Les normes de pressions

Composante	Le degré de la température
L'huile entrante aux échangeurs	Elle a une pression de 8.8Bars. Il faut qu'elle soit plus grande que celle d'eau do Noria.
L'eau do Noria entrante aux échangeurs	Il a une pression de 3.8Bars. Il doit être toujours inférieure à la pression d'huile, pour éviter le passage d'eau à l'huile.
L'huile de commande	La norme est entre 6 et 9Bars. Dans le cas de fonctionnement d'IMACID on travaille à une pression de 7.4 à 7.8Bars
L'huile de sécurité	Il est conseillé de travailler avec 7.5Bars. IMACID utilise une pression entre 7.4 et 7.8 Bars ce qui est dans les normes.
L'huile de lubrification	On doit travailler avec une pression entre 0.8 et 1.7Bars, et c'est le cas pour notre installation.
La turbine et le condenseur	La pression entre la turbine et le condenseur est de 0Bar, puisqu'il y a un vide entre eux.
La haute pression 'HP'	Il est conseillé de travailler à une pression de 60.3Bars, effectivement on travaille à une pression entre 57.3 et 61Bars. On aura un déclenchement pour une pression qui dépasse 63.5Bars et pour une pression inférieure à 40Bars. Il faut noter qu'on peut travailler à une pression entre 61.5 et 73.8Bars sans aucun problème mais juste pour une durée de temps qui ne dépasse pas 12h/an.
La moyenne pression 'MP'	La pression recommandée est entre la plage de 10.8 et 9.5Bars. On travaille à IMACID par des valeurs entre 9.2 et 9.8Bars sans aucun problème.
L'accumulateur	La pression recommandée est de 5.5Bars, et dans l'accumulateur utilisé elle est d'ordre 5.1Bars

Vibrations :

Table 19 - Les normes de vibrations

Composante			Le degré de la température
Vibration axiale de l'arbre de la turbine			ZI753 : Elle est d'ordre 0.1 à 0.2 μm dans le cas normal
Les paliers de la turbine	Palier avant	Suivant l'axe horizontal	VYI724B : Elle est d'ordre 7 à 8.5 μm dans le cas normal.
		Suivant l'axe vertical	VXI724B : Elle est d'ordre 1 μm .
	Palier arrière	Suivant l'axe horizontal	VYI724A : Elle est d'ordre 10 μm .
		Suivant l'axe vertical	VXI724A : Elle est d'ordre 8.5 à 10 μm .
Les paliers du réducteur	Palier avant	Suivant l'axe horizontal	VYI723B : Elle est d'ordre 13 à 14 μm dans le cas normal.
		Suivant l'axe vertical	VXI724B : Elle est d'ordre 10 μm .
	Palier arrière	Suivant l'axe horizontal	VYI723A : Elle est d'ordre 30.5 et 32.5 μm .
		Suivant l'axe vertical	VXI723A : Elle est d'ordre 30.5 et 32.5 μm .
Les paliers de la soufflante	Palier avant	Suivant l'axe horizontal	VYI723A : Elle est d'ordre 31 et 34 μm .

		Suivant l'axe vertical	VXI722B : Elle est d'ordre 38 et 57 μm .
	Palier arrière	Suivant l'axe horizontal	VYI723A : Elle est d'ordre 26.5 et 42 μm .
		Suivant l'axe vertical	VXI723A : Elle est d'ordre 38 et 57 μm .
Vibration axiale de l'arbre de la soufflante			ZI751 : Elle est d'ordre de 0.1 à 0.2 μm dans le cas normal.