الجمهـــوريـــة الجزائـــريـــة الديمقـــراطيـــة الشـعبيـــة
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التـــعلـــيـــم العـــالـــي والبـــحـــث العـلـمـــي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أ حمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel
Spécialité : Maintenance de l'Automatisme et de l'instrumentation industrielle

Thème

Automatisation et supervision d'un four et sécheur au niveau du secteur dépoussiérage complexe Minier DJEBEL –ONK

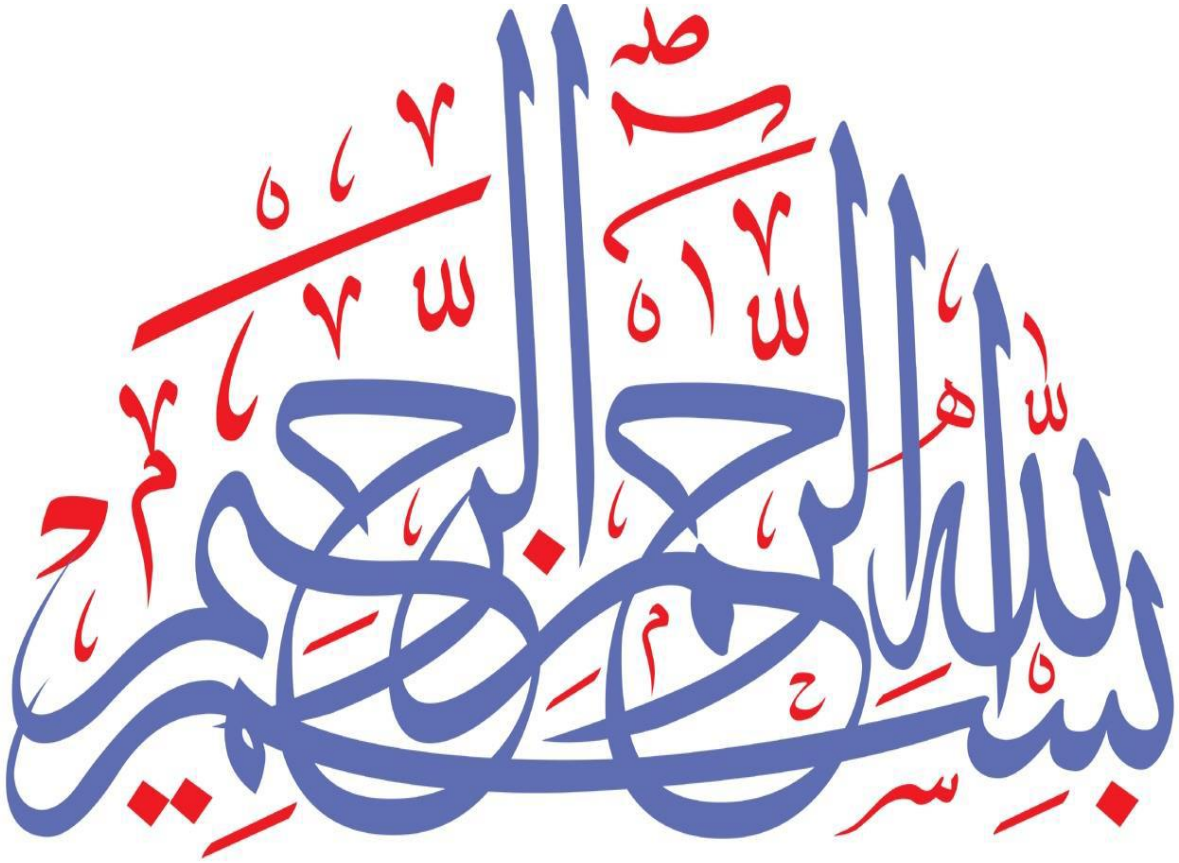
Présenté et soutenu publiquement par :

Rahma Nourhane & Cherif Manal

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr. A. Belabbes	MCB	Univ. Oran-2, IMSI	**Président**
Mr. A. BENFEKIR	MCB	Univ. Oran-2, IMSI	**Encadreur**
Mr. N. Herarsi	MCB	Univ. Oran-2, IMSI	**Examinatrice**

Juin 2025


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Nos gracieux remerciement s'adressent à ***Dieu*** *notre créateur tout puissant qui m'a donné la volonté, la patience et fourni l'énergie et la force pour achever ce travail et de venir au bout de cette formation.*

J'exprime un remerciement à mon encadreur Monsieur Abderrahim BENFEKIR et Monsieur ***Soufi Adel*** *pour avoir dirigé mon travail durant l'élaboration de cette mémoire.*

Je tiens à remercier :

Monsieur…, de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de mon mémoire.

Madame…, d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce modeste travail.

L'ensemble des enseignants du l'Instruit de Maintenance et de Sécurité industrielle l'université d'Oran 2 et qui ont contribué à ma formation durant les 5 années particulièrement ceux de l'option biologie chacun son nom.

Toute personne qui m'a aidé de loin ou de prés afin de réaliser ce travail. »

Enfin, je ne saurais oublier de remercie ***mes parents*** *pour leur soutien constant.*

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mon père, a ma chère mère, qui m'a toujours encouragé.

A mes chères sœurs et mon petit frère.

A Mon amie précieuse, ma confidente et mon soutien inestimable « Rahifa », A mon âme de cœur « Abd rahmane »

Toutes personnes qui m'ont aidé pour faire ce modeste travail.

Rahma.N

Dédicace

Je dédie ce travail :

A ma grande mère, toi qui as quitté ce monde, mais tu vis dans mon cœur et ma mémoire. Je dédie ce travail à ton âme pure. Que Dieu ait pitié de toi.

A ma chère mère, et mon père qui m'a toujours encouragé.

A mes chers frères et ma sœur « Aya ».

A toutes personnes qui m'ont aidé pour faire ce modeste travail.

Cherif.M

Résumé

Ce mémoire traite de l'automatisation et de la supervision d'un four sécheur utilisé dans le secteur de dépoussiérage du complexe minier de Djebel Onk. L'objectif principal est d'optimiser le processus de séchage du phosphate en mettant en œuvre un système de contrôle basé sur un API (automate programmable industriel) et une interface HMI.

Ce système permet un fonctionnement automatique, une surveillance en temps réel et une meilleure gestion des alarmes, contribuant à améliorer la productivité, la sécurité et l'efficacité énergétique de l'installation.

***Mots clé** : Automatisation, Les systèmes Four, supervision, contrôle, efficacité, fiabilité, sécurité, environnement.*

---oOOOo---

الملخص

يتناول هذا البحث موضوع أتمتة ومراقبة فرن تجفيف يُستخدم في وحدة إزالة الغبار بالمركب المنجمي جبل عنق.

الهدف الرئيسي هو تحسين عملية تجفيف الفوسفات من خلال تنفيذ نظام تحكم يعتمد على جهاز منطقي قابل للبرمجة (PLC) وواجهة تحكم .HMI يسمح هذا النظام بالتشغيل التلقائي، والمراقبة اللحظية، وإدارة فعالة للإنذارات، مما يساهم في رفع الإنتاجية وتحسين السلامة وكفاءة الطاقة في المنشأة.

الكلمات المفتاحية

الأتمتة، أنظمة الأفران، الإشراف، التحكم، الكفاءة، الموثوقية، السلامة، البيئة

---oOOOo---

Summary

This Thesis focuses on the automation and supervision of a drying furnace used in the dust removal section of the Djebel Onk mining complex. The main objective is to optimize the phosphate drying process by implementing a control system based on a Programmable Logic Controller (PLC) and a Human-Machine Interface (HMI). This system enables automatic operation, real-time monitoring, and efficient alarm management, which enhances productivity, safety, and energy efficiency of the facility.

Key Word : Automation, Furnace systems, Supervision, Control, Efficiency, Reliability, Safety, Environment

Sommaire

Remerciement.....**Error! Bookmark not defined.**i
Dédicace .....**Error! Bookmark not defined.**ii
Résumé..... v
Liste des tableaux iix
Listes des figure x
Introduction Générale 1
Chapitre : présentation du complexe minier DJEBEL-ONK.....3
I.1. Introduction : 3
I.2. Généralité 3
I.2.1 Présentation de l'entreprise 3
I.2.2 Historique 4
I.2.3 Générale de la mine 4
I.2.4 Situation géographe du complexe 5
I.3 Les sites du Phosphate du Djebel Onk 5
I.4 La chaine de traitement 7
I.4.1 Préparation mécanique 7
I.4.4 Modification du chaine de traitement 11
I.6 Organigrame du Complexe 12
I.7 Poste 90kv/5.5 KV 12
I.7.1 Description de poste 12
I.7.2 Constitution du poste 12
I.8 conclusion 13
Chapitre: Analyse fonctionnelle du four sécheur DK2.....15
I.1 .Introduction 15
II.2 Généralités concernant la ligne DK2 15
II.3. Principe de fonctionnement du lit fluidisé 17
II.3.1 Description simplifiée 17
II.4 Bruleur 18
II.4.1 Caractéristiques des circuits de l'installation 19
II.4.2 Caractéristiques de la chambre de combustion 22
II.5 Analyse fonctionnelle du Brûleur 22
II.5.1 Situation du système 23

II.6 Liste des actionneurs 26
II.7 Liste des capteurs 28
II.7.1 Capteur de pression différentielle de débit 28
II.7.2 Le contrôleur de flamme 29
II.7.3 Pressostats gaz 29
II.7.4 Soupape 30
II.8 Fonction instrumentation 30
II.9 Implantation des régulations sur le four 33
II.9.1Charge Brûleur 34
II .9.2 Delta P Brûleur 36
II.9.3 Dépression du toit 37
II.9.4 Hauteur du lit 38
II.9.5 Température du lit 39
II.10 Descriptif de fonctionnement et asservissements actionneurs 40
II.11 Fonctionnement du Bruleur 42
II.12 Conclusion 43
Chapitre : automatisation et supervision d'un four sécher 45
II.1 Introduction 45
III.2 Les Automates Programmables Industriels (API) 45
III.2.1 Composition interne d'un API.....45
III.2.2 Langages de programmation des API 46
III.3 Unity Pro 47
III.3.1 Création d'un projet 47
III.3.2 Déclaration des variables 48
III.4 Programme d'automatisation de l'installation du four sécheur 49
III.4.1 Configuration matérielle 49
III.4.1.1 Châssis ou rack (TSX RKY) 50
III.4.1.2 Module d'alimentation 50
III.4.2 Fonction « Param_Com_BMS » 54
III.4.3 Fonction « Gestion_defauts » 55
III.4.4 Fonction « Defauts_installation » 56
III.4.5 Fonction « Alarmes Installation » 61
III.4.6 Fonction « Grafcet Combustion » 63
III.4.7 Fonction « Grafcet Dilution » 63
III.4.8 Fonction «Ventilateur» 64

III.4.9 Gestion commande des moteurs et des sorties 66
III.5 Supervision du four sécheur DK2 67
III.5.1 Supervision 67
III.5.2 Les alarmes de l'installation 76
III.6 Solustion du Supervision 78
III. 6.1. Supervision intelligente des alarmes.....78
III.6.2Contrôle dynamique de la température du lit 79
III.6.3Optimisation de la pression différentielle du brûleur 79
III.6.4 Gestion de la dépression au niveau du toit 79
III.6.5 Réduction de la consommation énergétique 79
III.6.6Maintenance prédictive intégrée dans la supervision 80
III.7.Conclustion 80
Conclusion Générale 82
Bibliographique 92

Liste des tableaux

Tableau II.1: Bruleur SAACKE……19

Tableau II.2 : Ventilateur air Dilution……..19

Tableau II.2 : Ventilateur air comprimé……19

Tableau II.4 : Gaz Naturel……20

Tableau II.5 : Générateur du Gaz chaud ……..21

Tableau II.6 : Gaine vers multicyclone ……21

Tableau II.7 : Ventilateur de l'air combustion existant ……21

Tableau II.8 : Conduit de liaison ……21

Tableau II.9 : Introduction du phosphate humide……22

Tableau II.10 : Les actionneurs……27

Tableau II.11 : Les vanne et volets ……28

Tableau II.12 : Les Electrovannes ……28

Tableau II.13 : Opération Gaz naturel……34

Tableau II.14 : Réglage théorique de puissance jusqu'à 22,4 MW……35

Tableau II.15 : Relevé des paramètres en fonctionnement ……36

Tableau II.10 : Relevé de mesure four a lit fluidisé ……40

Tableau III.1 : Modules d'entrées / sorties……...51

Listes des figures

Figure I.1 : Organisation de Somiphos …….3

Figure I.2 : Carte de situation géographique de Djebel ONK …….5

Figure I.3 : Les gisements du Complexe Djebel ONK…….7

Figure I.4 : Zone primaire KEF ESNNOUN ……7

Figure I.5 : Concasseur …….8

Figure I.6 : Broyeur …….. 8

Figure I.3 : Criblage…….. 9

Figure I.3 : Schéma présente les deux secteurs Lavage et séchage……...10

Figure I.5 : Dépoussiérage ……11

Figure I.5 : Organigramme du traitement …….11

Figure I.5 : Organigramme du Complexe ……..12

Figure II.1 : Principe de séchage de la ligne DK2……16

Figure II.2 : Bilan du lit fluidisé …….18

Figure II.3 : Bruleur……18

Figure II.4 : Rampe robinetterie a gaz……20

Figure II.5 : Chambre Combustion……22

Figure II.6 : Fonction de traitée le four……23

Figure II.7 : Structure réseau …….23

Figure II.8 : Armoire des variateurs…….24

Figure II.9 : Configuration PLC…….25

Figure II.10 : BMS se@vice compact……25

Figure II.11 : Commentateurs Marche/Arrêt……26

Figure II.12 : Moteur air combustion…….26

Figure II.13 : Capteur DPT……29

Figure II.14 : Contrôleur de flamme……29

Figure II.15 : Pressostats Gaz…….29

Figure II.16 : Soupape……30

Figure II.17 : Schéma PID…….33

Figure II.18 : Implantation des régulations sur four sécheur……34
Figure II.19 : IMG_20141204_201405 ……35
Figure II.20 : Différence couleurs entre phosphate et fines……37
Figure II.21 : IMG_20141204_191954 ……39
Figure III.1 : Création d'un projet dans Unity pro……47
Figure III.2 : Interface utilisateurs……48
Figure III.3 : Interface pour saisir les variables (Data Editor)……49
Figure III.4 : Les différentes sections du programme……49
FigureIII.5 : Schéma de configuration de four sécheur principale sur Unity Pro. ……50
Figure III.6 : PSY 2600 M……50
Figure III.7 : Module d'entrée de la carte processeur CPU……51
Figure III.8 : Module d'entrée Ethernet TCP/IP……51
Figure III.9 : Les modules d'E/S utilisée……52
Figure III.10 : Programme des entrées TOR……52
Figure III.11 : Programme des sorties TOR……53
Figure III.12 : Programme des entrées analogiques……53
Figure III.13 : Programme des sorties analogiques……54
Figure III.14 : Programme de procédure de lecture se@vice Compact……54
Figure III.15 : Réarmement de défaut de communication……54
FigureIII.16 : Programme Reste du Memo_dcy dur défaut……55
FigureIII.17 : Programme Reste des mots de défauts……55
FigureIII.18 : Programme synthèse défauts……56
FigureIII.19 : Programme défauts Tension 24VCC/400VAC ……57
FigureIII.20 : Programme défauts chaine de garde……57
FigureIII.21 : Programme Défaut Se@vis ECO BMS General Fault……58
FigureIII.22 : Programme sécurité DPT Bruleur……58
FigureIII.23 : Programme défauts Arrêt d'urgence……59
FigureIII.24 : Programme défauts discordance à la fermeture du clapet cheminée……59
FigureIII.25 : Programme Synthèse des défauts Exhaure……60
FigureIII.26 : Programme Synthèse des défauts combustion ……60

FigureIII.27 : Programme Moteur ventilateur d'air combustion……61
FigureIII.28 : Programme Moteur ventilateur d'air Dilution ……61
FigureIII.29 : Programme Moteur ventilateur d'air Exhaure……61
FigureIII.30 : Programme alarme delta P Max Exhaure……62
FigureIII.31 : Programme alarme delta P Max Voute……62
FigureIII.32 : Programme alarme Température Max de lit……62
FigureIII.33 : Grafcet ventilateur combustion……63
FigureIII.34 : Grafcet ventilateur Dilution……63
FigureIII.35 : Programme demande de marche……64
FigureIII.36 : Programme D'arrêt de marche……65
FigureIII.37 : Programme gestion commande du moteur air dilution……65
FigureIII.38 : Programme gestion commande du moteur Exhaure……66
FigureIII.39 : Programme gestion commande du moteur combustion……66
FigureIII.40 : Navigateur de projet……67
FigureIII.41 : Page d'accueil du Magelis……67
FigureIII.42 : Page du mot de passe du Magelis……68
FigureIII.43 : Les mesures sur Magelis……69
FigureIII.44 : Synoptique générale sur le Magelis……69
FigureIII.45 : Procédure du Marche……70
FigureIII.46 : Procédure D'arrêt……70
FigureIII.47 : Page exploitation sur Magelis……71
FigureIII.48 : Vue synoptique du bruleur sur Magelis……72
FigureIII.49 : Vue régulation (Charge bruleur/Var combustion)……72
FigureIII.50 : Vue régulation (Var Exhaure/Guillotine)……...73
FigureIII.51 : Grafcet installation sur Magelis……73
FigureIII.52 : Vue Historique sur Magelis……74
FigureIII.53 : Vue Technicien sur Magelis……75
FigureIII.54 : Alarme de température de lit sur Vijeo disigner……76
FigureIII.55 : Alarme du DPT sue Vijeo disigner……77
FigureIII.56 : Alarme de dépression du toit sur Vijeo disigner……78

Introduction Générale

Dans un contexte industriel en constante évolution, l'automatisation et la supervision des procédés jouent un rôle crucial pour optimiser la productivité et la réduction les couts l'amélioration de sécurité des opérations et respect exigences environnementales. L'industrie minière se base sur l'extraction et le traitement des différents minéraux tout en respectant le cadre environnementale. En Algérie, l'activité minière se divertir un rôle très importants dans le développement économique et complexe minier acteur majeur de l'exploitation du phosphate.

Parmi ces procédés , le séchage de phosphate occupe une place central réaliser à l'aide d'un four sécheur au niveau secteur de dépoussiérage pour diminuer l'humidité du minerai a fin répondre aux norme qualité .

Ce projet de fin d'étude vise à concevoir et à mettre en œuvre un système d'automatisation et de supervision pour le four sécheur et le secteur de dépoussiérage du complexe minier de Djebel Onk.

L'objectif de ce travail est d'amélioration l'efficacité du four sécheur, améliorer la gestion du dépoussiérage et développer un système de supervision centralisé.

Ce travail autour de trois chapitres principaux :

Le premier chapitre représente le complexe minier, son organisation et ses principales activités.

Le deuxième chapitre constitue l'analyse fonctionnelle du four sécheur Dk2.

Le troisième chapitre contient la mise en œuvre du programme d'automatisation et de supervision.

Et finalement une conclusion générale de ce travail.

Chapitre 01

Présentation du complexe minier DJEBEL-ONK

Chapitre I : présentation du complexe minier DJEBEL-ONK

I.1. Introduction :

Le complexe minier SOMIPHOS (Société des Mines de Phosphates) constitue l'une des principales unités industrielles d'extraction et de transformation du phosphate en Algérie .Situé dans la région de Djebel Onk, dans la willaya de Tébessa, se site joue un rôle crucial dans l'économie nationale en assurant l'approvisionnement matière première pour l'industrie des engrais et d'autre secteurs.

Ce chapitre est consacré la présentation générale de l'endroit de stage, en mettant en lumière l'historique, la localisation géographique etc.

Cette étude permettra de mieux comprendre le fonctionnement du complexe minier, son organisation et ses différentes activités.

I.2. Généralité :

I.2.1 Présentation de l'entreprise :

L'entreprise nationale du fer et du phosphate (Ferphos). Est l'une des plus importantes entreprises minières en Algérie. Dans ses activités d'exploitation des mines de phosphate, de fer et de pouzzolane, FERPHOS utilise les technologies et procédés les plus récents, recherche l'excellence, emploie les hommes qualifiés, intègres et motivés.

Société des Mines de Phosphates (Somiphos) Filiale de Ferphos group.

Créée en janvier 2005, suite à la réorganisation de FERPHOS spa, Somiphos est une société par action à capital public, détenu à 100% par Ferphos group.

Elle a pour objet la recherche, l'exploitation, le traitement, l'enrichissement, la transformation le transport et la commercialisation des phosphates et produits connexes ou analogues. [1]

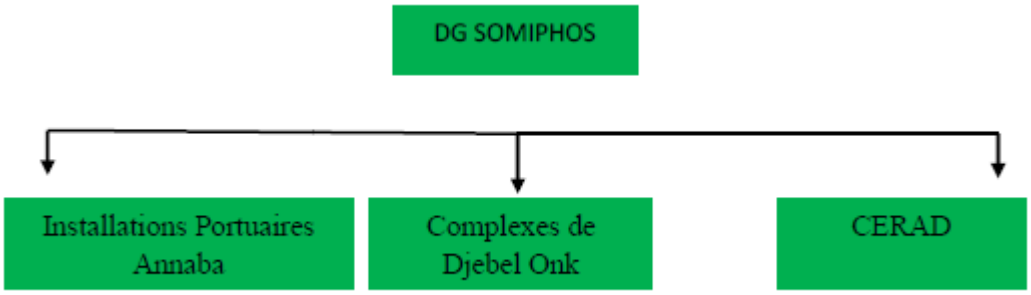


Figure I.1 : Organisation de Somiphos [1]

CERAD : Centre d'études et des recherches appliquées au développement

Somiphos, extrait le phosphate brut du sol à partir des carrières à ciel ouvert dans le bassin phosphaté de Djebel Onk. Le minerai est par la suite criblé, lavé et séché. Le minerai traité, est alors expédié aux Installations Portuaires de Annaba, soit par voie ferrée ou par transport routier. La totalité de la production est exportée, comme matière première, à destination de plusieurs pays à travers le monde.

Le complexe du Djebel-Onk est le principal stratégique business Unité de Ferphos pour la production de phosphates. [1]

I.2.2 Historique :

- 1894 : Exploitation du gisement du Kouif situé au Nord de la Wilaya de Tébessa par la compagnie de phosphate de Constantine, CPC (Alors principal producteur de phosphate en Algérie).
- 1930 Amodiation du gisement du Djebel-Onk à la CPC.
- 1930 Création de la Société du Djebel-Onk.
- 1936 Découverte de phosphate aux affleurements de Djebel Onk dans la région de Bir El-Ater, Tébessa.
- 1955 Début de la réalisation du raccordement de chemin de fer de Tébessa –Djebel-Onk.
- 1961 Installation de la Société du Djebel-Onk
- 1965 Mise en activité de la carrière de phosphate de Djemi Djema.
- 1973 Absorption de la Société du Djebel-Onk par la SONAREM.
- 1983 Restructuration de la SONAREM et transfert de l'ensemble de ses activités de fer et de phosphate à FERPHOS.
- 2003 Ouverture d'une nouvelle mine (Kef Essenoun). [1]

I.2.3 Générale de la mine :

L'EN FERPHOS à caractère économique est chargée du développement de la production nationale et internationale du phosphate par l'intermédiaire de SOMIPHOS DJEBEL EL ONK.

I.2.3.1 Structure de mine :

FERPHOS (issue de la restructuration de la SONAREM) a été filialisée en plusieurs filiales
-SOMIPHOS (société des mines de phosphate)
- SOMIFER (société des mines de fer)

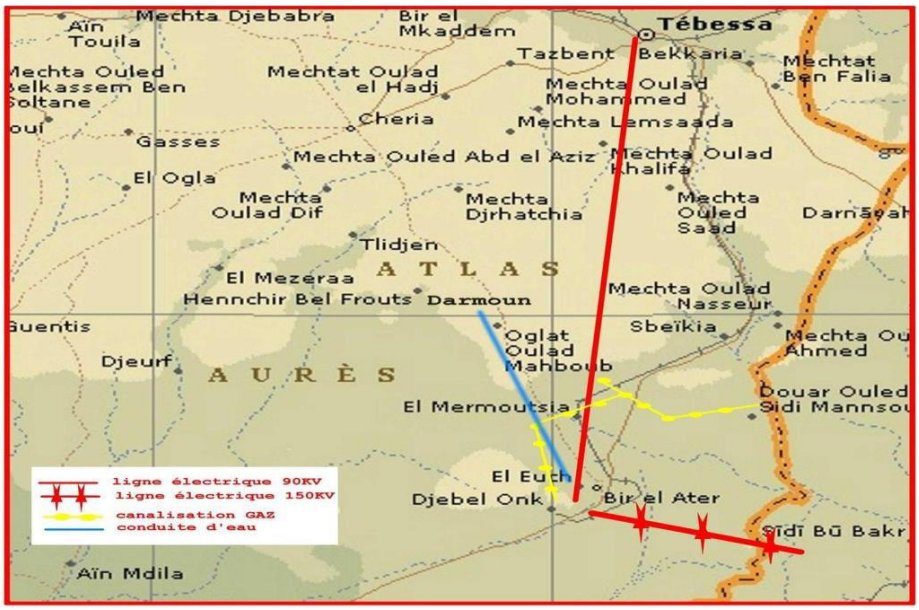
-SFO (société fonderie Ouenza)
-SOTRAMINE (société de transport minier)
-FARBAT (ferphos batigec)
-SPMC (société pouzzolane et matériaux de construction)

I.2.4 Situation géographe du complexe :

La région du Djebel Onk est située en Nord-Ouest du Sahara Algérien. Précisément, à l'est de monts de Nemamcha appartenant à l'Atlas saharien, à une vingtaine de kilomètres de la frontière Algérienne- Tunisienne.

La région appartient à la wilaya de Tébessa. Dont elle est éloigné d'environ 100 km, la Localité la plus importante est la ville de Bir El Ater.Djebel Onk est un massif montagneux calcaire qui culmine à 1338 m et dont le flanc Nord descend en pente douce tandis que le flanc Sud plonge rapidement sous les dépôts dumiocène et du quartenaire.

Cette région constitue la limite géographique naturelle entre les Hauts plateaux Constantinois et le domaine saharien.[2]



CARTE DE LA SITUATION DE LA WILAYA DE TEBESSA

Figure I.2 : Carte de situation géographique de Djebel Onk [2]

I.3 Les sites du Phosphate du Djebel Onk :

a. Gisement du Djemi-Djema :

Situes aux deux extrémités du brachyanticlinal, ou la couche de phosphate s'enfonce progressivement vers le nord-est et le sud-ouest. 1 épaisseur moyenne de la couche de phosphate est respectivement de 28m à 30m. Cet enfoncement s'accompagne d'une augmentation du recouvrement stérile, en particulier de la couverture sableuse du Miocène.

Dans la partie orientale du gisement de djemi-djema est, la surface dérision ante-mioceneprovoque l'érosion progressive d'Ouest en est et la disparition complète du faisceau phosphate et des calcaires yprésiens sus-jacents. [2]

b.Gisement du Kef Essenoun :

Est situé sur le flanc méridional de l'anticlinal crétacé de Djebel Onk. Il Constitue en quelque sorte la retombée synforme de la méga structure antiforme. Au Nord, on aperçoit les dressants de Kef-Es Sennoun qui correspondent à la zone de la flexure faille du flanc Nord de la structure synforme.

Le flanc Sud est constitué par « la table de Kef-Es Sennoun», qui plonge monoclinale ment vers le sud-ouest, sous un angle de 10 - 15°.

Au plan structural, le gisement peut être assimilé au plongement Sud-ouest synclinal de Bled Djemi Djema.

Lithologique ment le gisement de Kef-Es Sennoun est identique à celui de Djemi Djema, il se distingue de ce dernier par l'importance de la puissance de la couche phosphatée (couche productive) qui peut atteindre jusqu'à 'à 43 m(S7), et par des teneurs moyennes en P205 (25,05 à 27,94 %) de la couche productive, plus riches comparativement à celles de Djemi Djema. .[2]

c. Gisement de Djebel El Onk Nord :

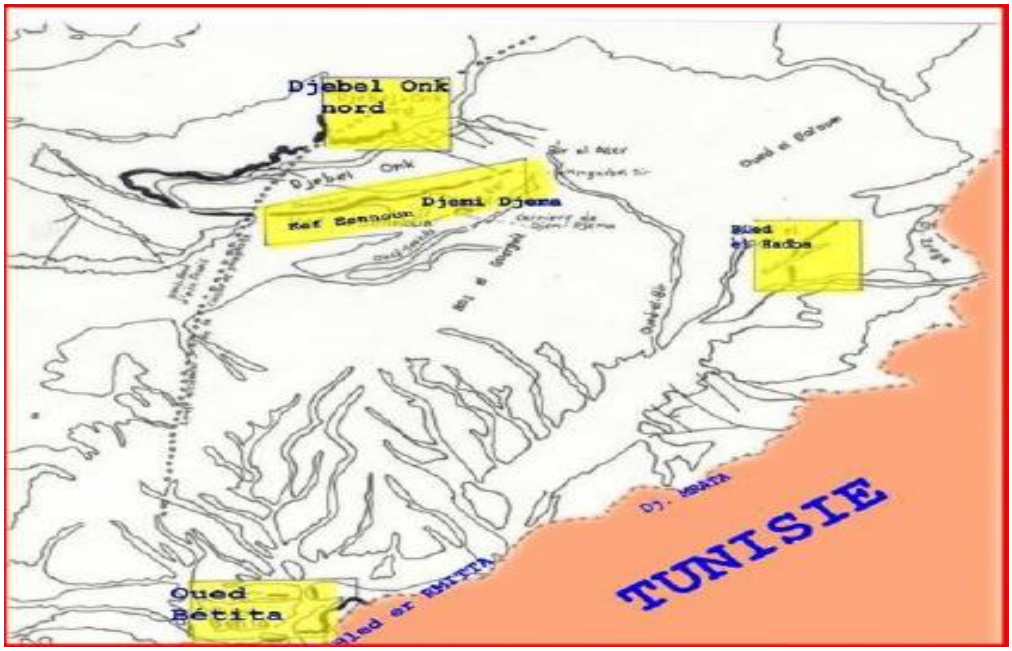
Situé à 6km au nord du centre minier de Djemi Djema. Il appartient au flan septentrional de 1 anticlinale de djebel ONG, a faible pendage vers le nord cette zone se caractérise par une réduction progressive de l'épaisseur de la couche de phosphate, en allons ver l'Ouest et vers le Nord, jusqu' a sa disparition complète, sur les flancs du hout -fond d'Ain- fouris. De la couche de phospharenites est de 14 a l8m.l'réduction d'épaisseur s'accompagne en autre d'une sédimentation phosphatée plus hétérogène, avec apports de quartz détritiques lies a la zone de hout fond vers l'Est .la couche de phosphate est complètement érode par la surface d'érosion ante -miocène (post- lutétienne), qui tronque progressivement la série de Ouest vers l'Est. .[2]

d. Gisement d'Oued Bétita :

Est le plus éloigne de tous les gisements il est située a 45km au Sud/Est du centre minier du Djemi Djema. Et n'est distant que de 2 a 4km du gisement de Mides et tunise. La série de phosphate d'une épaisseur enverons35a45m. .[2]

e. Gisement du Bled El Hadba. :

Situé a 14km au Sud-est de Djebel ONK et a6km de la frontière Algero-Tunisienne. Marqué par la réapparition de la couche phosphate a l'affleurement sur le flanc Sud de la mégastructure synclinal, séparent les anticlinaux des djeb Onk et du djebel Zrega. La couche de phosphate est épaisse que sur le flanc Sud du djebel Onk .mais la sédimentation phosphatée est plus hétérogène avec diminution de la fréquence des grains. .[2]



FigureI.3: Les Djebel Onk gisements du Complexe [2]

I.4 La chaine de traitement :

Pour obtenir le produit marchant la mine de DJEBEL ONK opère par deux procédés de traitement : le traitement par voie humide et le traitement par voie sèche.

Chaine commune : Préparation Mécanique

- VOIE HUMIDE : Débourbage, Calcination, Lavage, Séchage
- VOIE SECHE

-Dépoussiérage

I.4.1 Préparation mécanique :

I.4.1.1 Installation Kef Essnoune

Pour ce qui tout venant de Kef Essnoune ; l'équipement de concassage utilisé est un broyeur (HAZEMAG) mu uni d'un système de scalpage d'un taux de ré éduction allant jusqu'à 60%.

Le produit concassé de Kef Essnoune alimentée deux cribles inclinés (HAZEMAG). .[1]

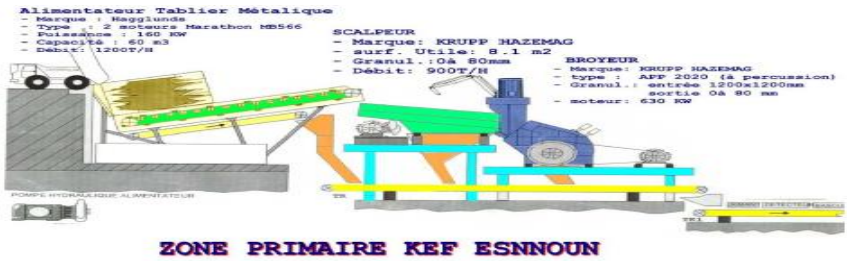


Figure I.4: Zone primaire KEF ESNNOUN [1]

a. Concassage :

Cette opération consiste à réduire des blocs de (1m) venant de la carrière à une granulométrie inférieure à un diamètre 200mm, au moyen d'un concasseur giratoire de capacité 1000à 1200T/H.

Figure I.5 : Concasseur[1]

b. Broyage :

Cette opération à pour but, la réduction des blocs de minerai venant du concasseur à une granulométrie inférieur à 20mm cette opération se fait au moyen de 03 broyeurs à marteaux de capacité 250T/H chacun.

Les trois broyeurs situés sur les trois lignes sont alimentés par répartiteur

FigureI.6 : Broyeur

c. Criblage :

Cette opération est utilisée pour opérer une sélection inférieure à 15 mm et sera expédié vers les deux chaînes de traitement débourbage – lavage et dépoussiérage (DK2, DK3)

Le refus crible de dimensions supérieures à 15mm et qui contient près de 20 °/° P2 O5, est expédie par convoyeur à bandes vers une trémie pour être reprit par camions et évacué vers les stériles l'atelier criblage est constitué de 03 cribles

WEDAG de 250 T/h chacun

Criblage

Nombre:03

Marque :WEDAG

Type : A RAISONNACE

Débit moyen : 300 T/H/CRIBLE

Granulométrie à l'entrée : 0 – 20 mm

Granulométrie à la sortie : 0 –15 mm

FigureI.7 : Criblage

I.4.2 Le traitement par vois humide:

Le traitement d'enrichissement permet d'obtenir un produit marchand titrant de (66°/° à 68°/°) TPL

Le traitement comporte trois opérations :

a. Débourbage :

But : Le but de cette opération consiste à éliminer tout ce qui est argile, la tranche granulométrique intéressant est comprise entre 0.08mm et 1.25mm.

Principe :

Le passent crible de dimensions inférieure à 15mm est mise pulpe avec de l'eau dans un rapport solide/liquide égale à 2/3(t/m2), alimente les cribles humides puis vers des hydro cyclones pour séparer les fines (argile) du produit et en fin le produit passe à travers des filtres à bande pour une séparation liquide solide le produit sortant à une humidité inférieur à 15°/°. Les principales composantes de l'atelier débourbage sont les pompes (K6, DORC, MIR) les hydro cyclones et deux filtres à bande.[3]

b. Calcination :

Le rôle de la calcination est la décomposition des carbonates et l'élimination de la matière organique et les matières volatiles se trouvant dans le phosphate débourbé par le procédé thermo-chimique dans 03 fours à lit fluidisé de marque DORR-OLIVER.

La teneur de CO2 à l'entrée est de 7 à 8 %

La teneur de CO2 à la sortie est de 2 à 4 %

D'une manière générale le P2O5 à la sortie de la calcination varie de 32 à 33,5 %

A la calcination on trouve les suppresseurs les ventilateurs PRAT les exhausteurs et les compresseurs ainsi que les brûleurs. .[3]

c. Lavage :

A fait objet de modification pour le traitement du produit Transfert produit du Débourbage vers lavage :

1-Débourbage
2-lavage
3-séchage
4-Embarquement

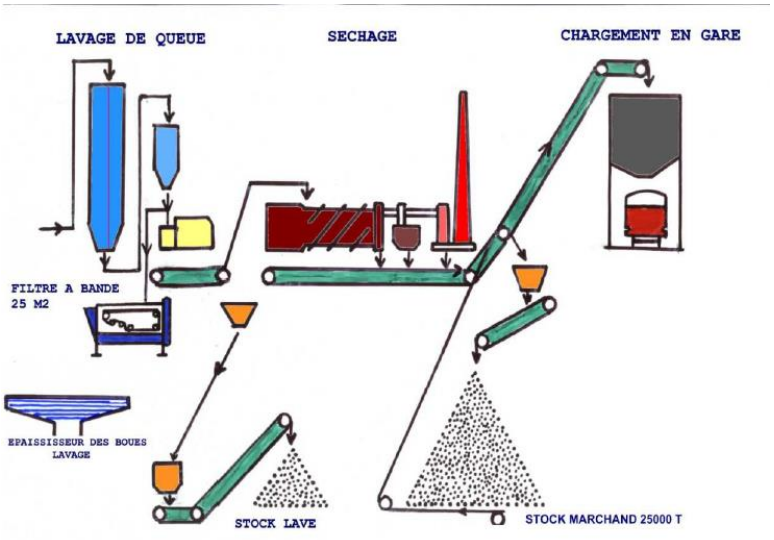
Le produit venant des cribles, après mise en pulpe et avant les filtres à bandes est acheminé vers le lavage sous forme de pulpe par une pompe.

Le produit subit des coupures par hydro cyclones et ensuite essoré par des filtres à bande avant d'être séché.

L'atelier lavage est similaire a l'atelier débourbage en matière d'équipements. .[3]

d.Séchage :

Cette opération consiste à réduire la teneur en eau dans le produit lavé (humidité de 13%).jusqu'à 1%, au moyen de 2 fours sécheur rotatif réglé à la température de vaporisation d'eau(105°C+5°C),un cyclone est placé juste à la sortie du four sécheur qui récupère les fines pour être dégagé avec la vapeur, et la gamme noble rejoint le reste du produit séché titrant de 33.4 à 35.24% ; P2O5 et qui sera transféré vers les silos de stockage du produit marchand pour expédition . .[3]



FigureI.8 : Schéma présenté les deux secteurs lavage et séchage [1]

I.4.3 Le traitement par vois sèche :

Dépoussiérage (DK2, DK3)

But :

Ce traitement d'enrichissement à pour but : d'obtenir une coupure de dimensions entre 0,08mm et 0,8mm : et un produit titrant de (63°/° à 65°/°) et (66°/° à 68°/°) TPL.

Déroulement de l'opération :

Le produit brut broyé tamisé à 15mm est achemine vers une trémie de stockage primaire (400T).

Qui alimente une goulotte par l'intermédiaire d'un dosomètre qui mesure et totalisé le débit de phosphate humide entrant au sécheur et régule l'alimentation de ce dernier. .[3]

Figure I.9: Dépoussiérage[1]

I.4.4 Modification du chaine de traitement:

▪ Transfert produit du débourbage vers lavage :
1-Débourbage
2-lavage
3-séchage
4-Embarquement
▪ L'autre chaine de traitement :
1-Débourbage
2-calcination (four sécheur)
3-Embarquement
▪les fours calciné sont modifiée pour les utilisés comme fours sécheurs. .[3]

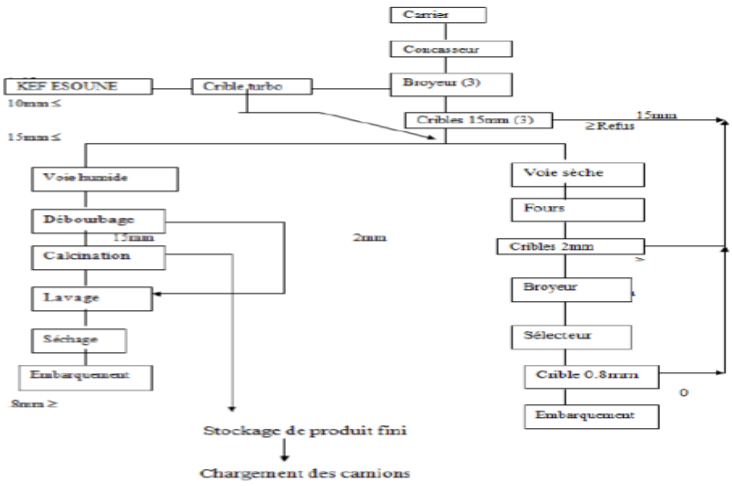


Figure I.10: Organigramme de traitement

I.5 Transport du phosphate:

L'expédition du phosphate marchand est réalisée par chemin de fer dans des wagons du type auto videur très étanche et par rame composé de 34 wagons environ et par camions de SOTRAMINE capacité 40T chaque camion. .[3]

I.6 Organigramme du complexe :

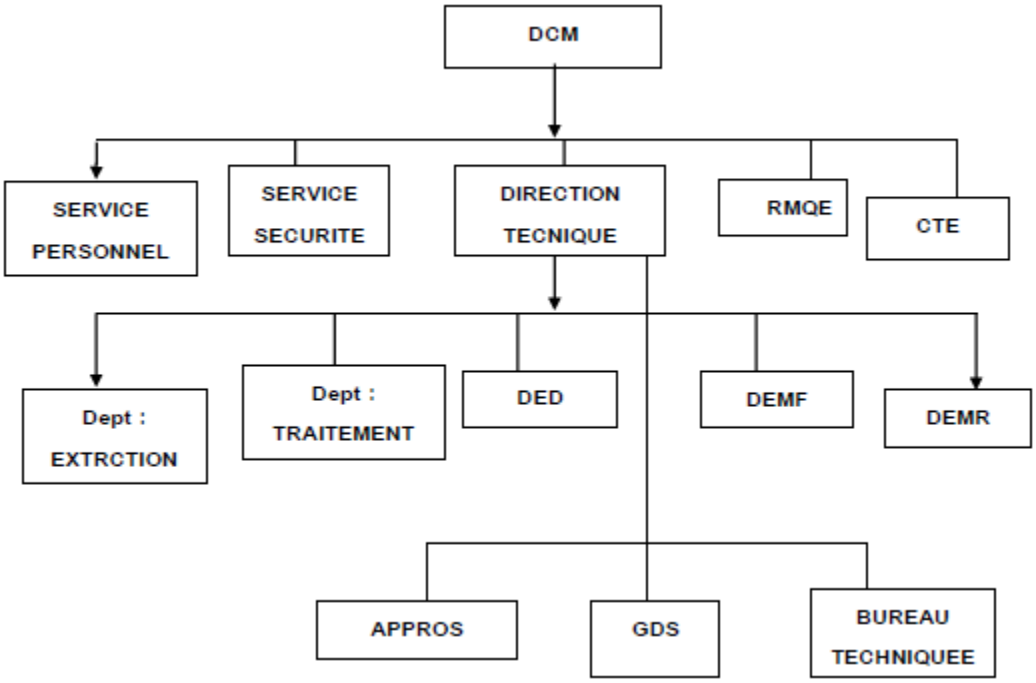


Figure I.11: Organigramme du complexe.[3]

I.7 Poste 90kv/5.5 KV :

I.7.1 Description de poste :

Le poste 90/5.5KV joue le rôle important pour les régies de distribution d'électricité.
Le poste 90/5.5 kV est un poste de distribution d'énergie électrique situé a le
Complexe minier djebel Onk.
Il est constitué de trois 02 étages :
• Etage HT 90KV comporte
02 transformateurs 90/5.5KV, marque savoisienne puissance nominale de 15 MVA et 20 MVA.
✓ Etage MT 5.5KV comporte
08 cellules de départs (concassage calcination dépoussiérage,.)
02 cellules arrivées Transformateurs I et II.[3]

I.7.2 Constitution du poste :

Les principaux composants électriques :
- sectionneur tête de ligne

- disjoncteur 90kv
- deux Sectionneurs d'aiguillage
- les transformateurs de mesure (TP et TC)
- deux Transformateur de puissance (15 MVA, 20IvfVA)
- Parafoudre
- Tableaux 5.5KV
- Système de protection
- Les services auxiliaires (alternatif, continu)
- Comptage de l'énergie électrique. .[3]

I.8 conclusion :

Le complexe minier de Djebel Onk constitue un pilier stratégique de l'industrie minière en Algérie, en assurant l'extraction et le traitement du phosphate brut destiné à l'exportation ou à la transformation locale. Grâce à ses infrastructures modernes et à sa position géographique avantageuse, ce site joue un rôle essentiel dans la valorisation des ressources naturelles et le développement économique régional.

Chapitre02 :

Analyse fonctionnelle du four sécheur DK2

Chapitre02 : Analyse fonctionnelle du four sécheur DK2

I.1 .Introduction:

Le four sécheur est un élément clé dans le processus de séchage du phosphate. Ce chapitre se concentre sur l'analyse fonctionnelle du four sécheur, en détaillant ses composants principaux et son fonctionnement.

II.2 Généralités concernant la ligne DK2 :

La ligne DK2 (Figure 1 – Principe de séchage de la ligne DK2) est un four à lit fluidisé qui permet de sécher du phosphate contenant un taux d'humidité situé entre 6 et 8% en entrée pour ressortir avec un taux d'humidité inférieur à 1%.

L'installation est composée de différents organes qui ont chacun une fonction bien particulière :

- Un exhausteur qui permet d'extraire les produits de combustion (fumées) de l'installation. Celui-ci assure entre autre le maintien du four en dépression.
- Deux multi-cyclones qui permettent de séparer les particules solides contenues dans les fumées afin de pouvoir les recycler et ainsi éviter les rejets vers l'atmosphère.
- Le four qui permet de contenir le phosphate à sécher, c'est l'endroit ou se produit la réaction de fluidisation.
- La voûte qui contient les buses de fluidisation qui seront traversées par les gaz chauds.
- La boite à vent située sous la voûte et qui contient la réserve (volume) de gaz chauds nécessaire à la fluidisation du produit.
- Le système d'amenée du phosphate humide à destination du four.
- Le système d'extraction du phosphate séché en provenance du four.
- Un générateur d'air chauds qui produits les gaz chauds en direction de la boite à vent.
- Un brûleur qui assure la combustion nécessaire à la production des gaz chauds. [3]

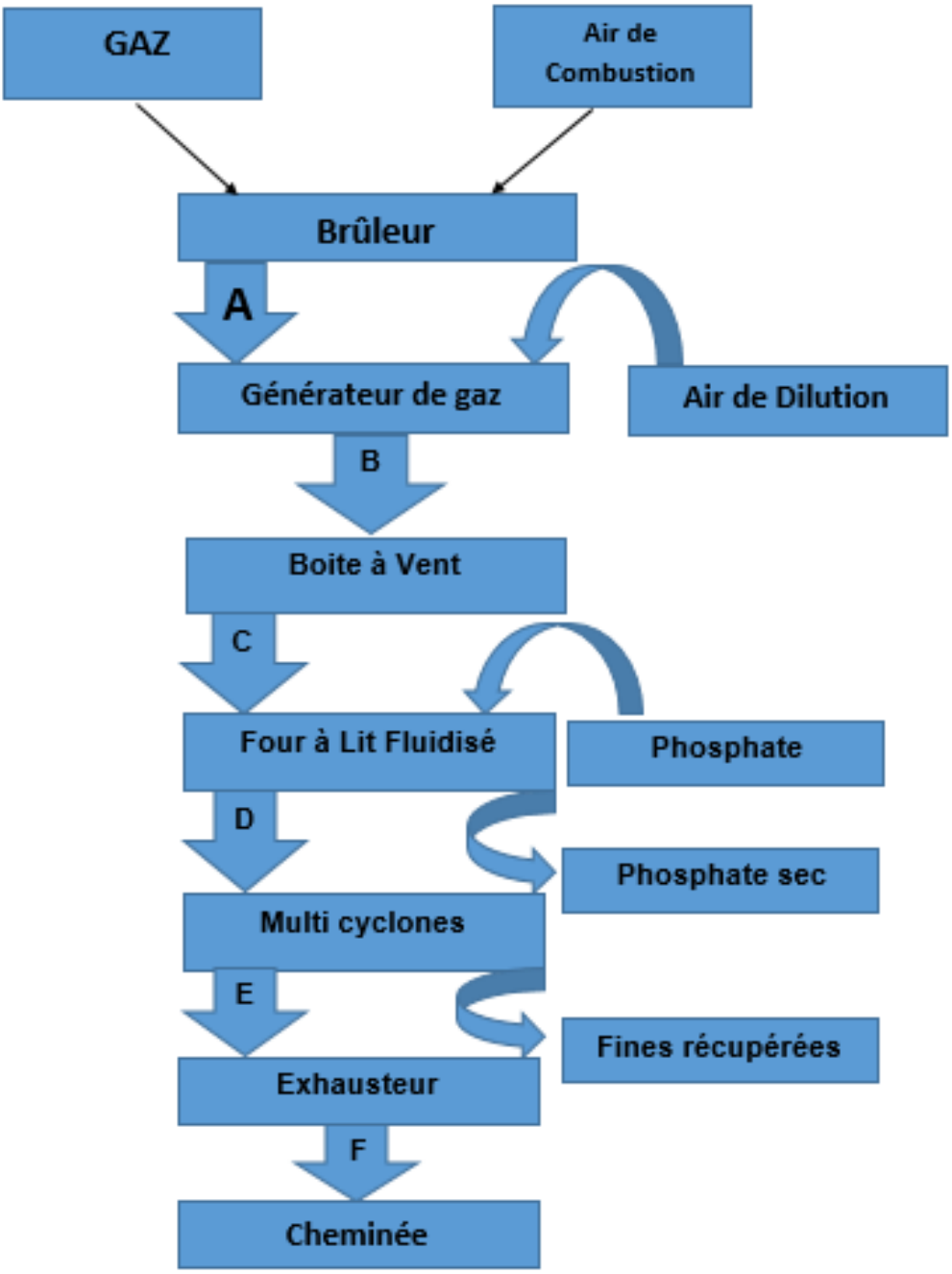


Figure II.1: Principe de séchage de la ligne DK2

Légende :
- A : Produits de combustion air/gaz (comburant/carburant).
- B : Gaz chauds produits de la combustion et dilués.
- C : Gaz chauds stockés dans la boite à vent.
- D : Mélange de gaz chauds refroidis et de particule en suspension en sortie de four.
- E : Gaz épurés en sortie des cyclones (séparation des particules et des fumées).
- F : Gaz refroidis (fumées) rejetés à l'atmosphère.

L'ensemble du bon fonctionnement de l'installation est assuré par le contrôle/commande qui assure la combustion.

La conduite du four est assurée par des régulations qui gèrent de façon automatique l'amenée et l'extraction du phosphate à l'intérieur du four. Le travail des opérateurs se limite à conduire l'installation lors des phases de démarrage et d'arrêt ainsi qu'à surveiller les éventuelles dérives du procédé (manque de produit, mise en défaut d'un tapis, …).[3]

II.3. Principe de fonctionnement du lit fluidisé :

II.3.1 Description simplifiée :

Lorsque le lit fluidisé est formé, i.e. après démarrage et stabilisation de l'installation, un bain bouillonnant se forme naturellement et les particules de phosphate se séparent en fonction de leur granulométrie et de leur température.

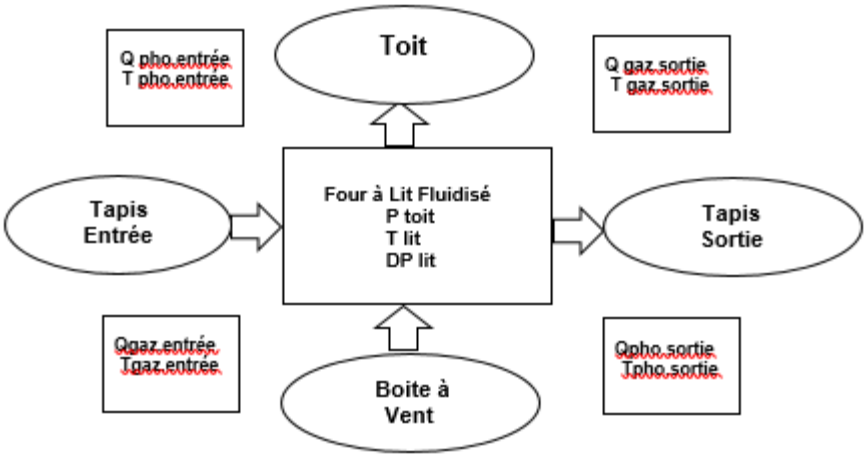
Les particules de phosphate entrantes se retrouvent sur la voûte, puis sous l'effet du courant d'air chaud ascendant qui traverse les buses de fluidisation, un geyser se forme tel un volcan à l'intérieur du four. Les particules les plus chaudes montent alors au centre du four avant d'être projetées en direction de la paroi du four en refroidissant avant de retombées sur la voûte.

Les particules les plus lourdes retombent en premier tandis que les plus légères sont projetées plus haut, jusqu'à pour certaines, voire la possibilité d'atteindre la sortie du four en direction des cyclones (fines).

Aussi, un mouvement circulaire de particules se forme autour de la paroi du four avant de rejoindre la sortie.

Globalement, deux échanges thermiques sont réalisés à l'intérieur du four pour réaliser l'évaporation de l'eau contenue dans le phosphate :

- Le premier est un échange convectif qui est réalisé entre les gaz chauds et la paroi des particules de phosphate froides.
- Le deuxième est un échange par rayonnement qui est réalisé entre les particules chaudes résiduelles, les parois du four et les nouvelles particules froides entrantes. [3]



FigureII.2 : Bilan du lit fluidisé [3]

II.4 Bruleur :

Le brûleur à registre de gaz SAACKE avec caisson d'air central est un brûleur avec une construction à bloc double.

Ce brûleur est utilisé pour la combustion du gaz de ville, du gaz à grande distance et du gaz liquéfié.

Un contrôle du type de construction selon DIN EN 676 et 298 est réalisé.

Le brûleur fonctionne selon le procédé du mélange à la sortie, le gaz combustible étant mélangé à l'air de combustion dans un débit croisé.

Les appareils pour :

- le refoulement de l'air de combustion.
- le dosage du débit volumétrique du gaz combustible et le réglage des clapets de réglage dans le dispositif d'air central.
- Autorisation et arrêt du débit volumétrique du gaz de combustion
- l'allumage
- la commande et la surveillance

Ne font pas partie du brûleur et doivent être choisis selon les exigences de l'installation de chauffe. Une description séparée est prévue pour chaque appareil. Les descriptions suivantes doivent être accompagnées des schémas des produits correspondants. [3]

Figure II.3 : Bruleur [3]

II.4.1 Caractéristiques des circuits de l'installation :

Ce tableau II.1 représente les caractéristiques du Bruleur de notre installation du four sécheur

Tableau II.3: Bruleur SAACKE

Bruleur SAACKE
Type : Duo block SG250 LKZ20
Combustible : Gaz naturel
Puissance max : 28000 KW
Puissance min : 3500 KW
Excès d'air = 1.7
Perte de charge bruleur coté air = 40 mbar
Perte de charge bruleur coté gaz = 230 mbar

Le tableau II.2 montre les caractéristiques du ventilateur air dilution comme suit :

Tableau II. 4 : Ventilateur air Dilution

Ventilateur Air Dilution
Température = Ambiante
Pression totale (20°C) = 115 mbar
Débit design = 25000 Nm3 /h
Vitesse roue = 2490 tr/ min
Niveau sonore = 92 dB(A) à 1m
Orientation = RD0
Marque Moteur = VGE
Puissance installée = 160 KW
Puissance absorbée (à 20°C) = 127 KW

Tableau II.3 représente des caractéristiques du air comprimé

Tableau II. 5 : Ventilateur air comprimé

AIR COMPRIME
Température min = 0°C
Température max = +30°C
Pression max = 7 bar
Pression min = 5 bar

Le tableau II.4 montre les caractéristiques du gaz naturel qui alimente l'installation du four sécheur

Tableau II. 6: Gaz Naturel

Gaz Naturel
Température mini =0°C
Température max = +30°C
PCI=38.3 MJ/Nm 3 =10.64 KWh /m 3
Pression avant détente = 3 bar
Pression après détente = 400 mbar
Débit max = 2631 Nm3/h
Débit min = 329 Nm3/h
Teneur max H2S = 0.75 mg/Nm3

Rampe de robinetterie à gaz pour gaz naturel V : 2162 Nm^3/h
Montage de la rampe sur clapet à tiges séparé
Clapet d'arrêt
Compteur volumétrique
Manomètre 0-4 bar avec soupape
Régulateur de pression de gaz avec soupape d'arrêt de sécurité
Contrôleur de pression testable 100÷500 mbar
Soupape d'ouverture de sécurité
Dispositif à fermeture
Contrôleur de tension test min DG 500 UG-4
Clapet de réglage du gaz DN 125
Valve électromagnétique dotée d'une combinaison de relais
Valve électromagnétique, soupape de décompression de gaz principale.

FigureII.4 : Rampe de robinetterie à gaz[3]

Utilité :

- Air comprimé : pression de 5 à 7 bars
- Energie électrique : 5,5 KV 50 Hz à neutre isolé IP 54

Conditions climatiques :

Atmosphère : ni agressif ni corrosif
Altitude : 800m
Installation à l'air libre
Température ambiante min -10°C (en hiver) et max +50°C (en été)
Poussière : Atmosphère industriel

Le tableau II.5 montre les caractéristiques du générateur Gaz chaud suivante :

Tableau II 7: Générateur du Gaz chaud

Générateur du Gaz chaud
Diamètre foyer = 2600 mm
Longueur foyer = 5400 mm

Le tableau II.6 donne la température du gaine vers Multi cyclones

Tableau II. 8 : Gaine vers multicyclones

Gaine vers Multicyclones
Température = + 130°C

Ce tableau II.7 représente les caractéristiques du ventilateur air combustion

Tableau II 9: Ventilateur de l'air combustion existant

Ventilateur air de combustion existant
Température = Ambiante
Pression mesuré (25°C) = 150 mbar
Débit max = 14 ,93 Nm3/s
Orientation = LG90
Marque moteur = POLLRICH
Puissance installée = 250 KW
Puissance absorbée (à 15°C) = 231 KW
Vitesse moteur = 3000 tr/min
Tension alimentation = 400/690V
Fréquence = 50 Hz
Indice de protection = IP 55
Isolation moteur = Classe F
Forme moteur = B3

Le tableau II.8 représente les caractéristiques du conduit de liaison comme suit :

Tableau II. 10: Conduit de liaison

Conduit de Liaison
Température = + 1000°C
Diamètre foyer = 1824 mm
Débit air = 66084 Nm3/h

Le phosphate brut entre avec une humidité de 6 à 8 % leur production doit donner un phosphate de l'humidité de 1% ce tableau représente ca :

Tableau II. 11: Introduction du phosphate Humide

Introduction du phosphate Humide
Humidité : 6 à 8 %
Granulométrie : 0 – 15 mm
Production = 230 T/h
Humidité phosphate = 1%

II.4.2 Caractéristiques de la chambre de combustion :

C'est un générateur de gaz chaud ayant une forme cylindrique briquetée de l'intérieur avec une double enveloppe brassée par l'air de dilution du ventilateur (rép.525) pour son refroidissement extérieur et par l'air de combustion du ventilateur (rép524) pour l'avancement du gaz chaud vers la boite à vent, elle comporte un brûleur sur la façade et au centre :

- Implantation: altitude 800 m, disposé horizontalement
- Puissance calorifique : 23,4 MW max, rapporté à 0°C
- Température de sortie : 1000°C environ
- Flux de gaz chaud : 59 000 Nm^3/ h environ

Figure II.5: Chambre combustion[3]

II.5 Analyse fonctionnelle du Brûleur :

Cette analyse fonctionnelle détaillée décrit les conditions d'asservissement des actionneurs utilisés pour l'automatisation de l'équipement de chauffe fourni et installé par SAACKE sur la ligne DK2 sur le site FERPHOS / SOMIPHOS.

Le brûleur fonctionne :

- au gaz naturel.

L'installation fournie par SAACKE se compose de :

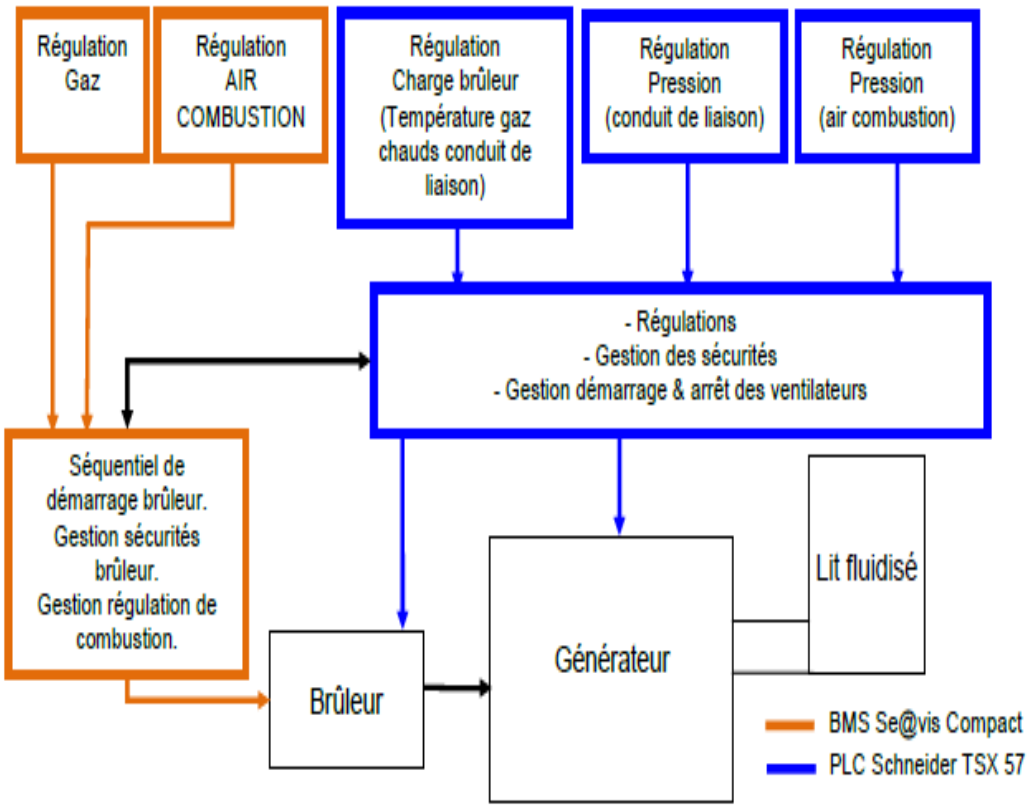
- Un brûleur type SG 250 LKZ20 et son instrumentation
- Un générateur de gaz chauds et son instrumentation

- Un ensemble moto-ventilateur air de dilution
- Un moteur pour le ventilateur d'exhaure
- Une armoire de commande PLC + BMS Se@vis Compact
- Une armoire de puissance (démarreur air de dilution)
- Une armoire « variateur » ventilateur air de combustion
- Une armoire « variateur » ventilateur exhaure

Le système électrique et automatique avec écran tactile assure le traitement des informations logiques et analogiques relatives au brûleur. Il remplit le contrôle commande des fonctions qui lui sont assignées, y compris les fonctions de régulation. [5]

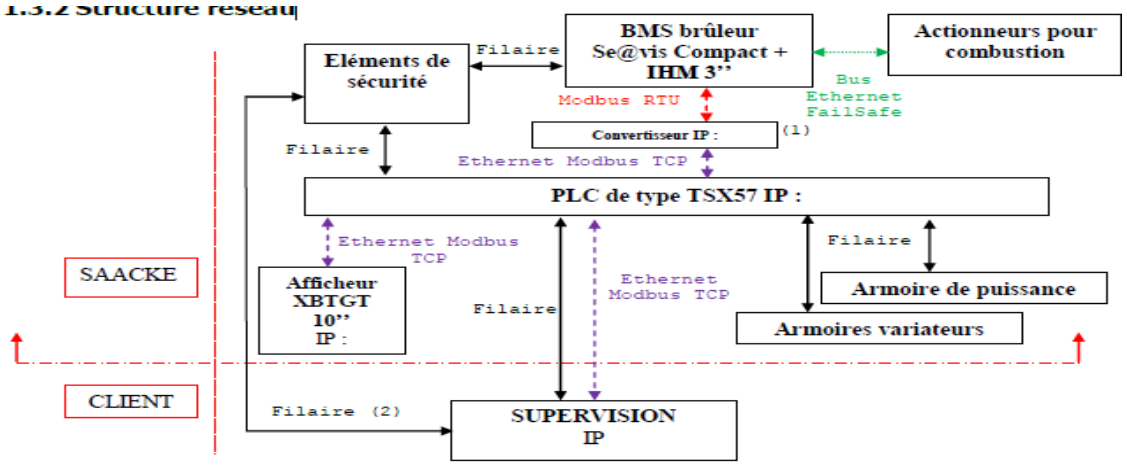
II.5.1 Situation du système :

a. Fonctions traitées :



FigureII.6 : Fonction traitées du Four sécheur [5]

b. Structure réseau :



FigureI.7 : Structure de Réseau [5]

(1) : Le convertisseur assure l'isolation galvanique entre les deux automates.

(2) : Un contact d'arrêt d'urgence (inclus dans la chaine d'AU armoire SAACKE) et un défaut synthèse client (inclus dans la chaine sécurité câblée brûleur, BMS Se@vis Compact).

II.5.1.3 Architecture électrique :

A .Armoire de puissance :

Un démarreur air de dilution (160 kW),
Un bouton poussoir réarmement démarreur
Un bouton poussoir réarmement variateur
Un voyant présence tension blanc « 400 VAC »,
Un voyant présence tension blanc « 230 VAC »
1 Armoire variateur air de combustion (250 KW)
1 Armoire variateur exhaure (250 KW)

Figure II.8 : Armoire des variateurs [5]

1 Armoire de commande PLC :

Une configuration PLC (TSX 57 + BMS Se@vis Compact)

Figure II.9 : Configuration PLC [5]

Figure II.10: BMS Se@vis Compact[5]

Une interface homme machine « générateur » Magelis XBTGT 10'',
Une interface homme machine « brûleur » Se@vis HMI 3,5'',
Un voyant vert « marche installation »,
Un voyant rouge « défaut installation »,
Un voyant présence tension blanc « 230 VAC »,
Un voyant présence tension blanc « 24 VCC »,
Un bouton poussoir « coup de poing » d'arrêt
Un bouton poussoir noir « arrêt sirène
Un bouton poussoir bleu « réarmement »,
Un commutateur deux positions « Marche/Arrêt brûleur »,
Un commutateur deux positions « Local/Distance »,
Une sirène
1 Coffret local situé à proximité du brûleur :
Un commutateur deux positions « Marche/Arrêt brûleur »,
Un voyant vert « marche installation »,
Un voyant rouge « défaut installation »,
Un bouton poussoir « coup de poing » d'arrêt d'urgence

Figure II.11: Commutateurs Marche / Arrêt[5]

Tension dans les armoires :

Il existe trois types de tension dans l'armoire de puissance :
- 400 VAC (fourni par le client)
- 230 VAC (généré dans notre armoire depuis le 400 VAC)

Il existe deux types de tension dans l'armoire de commande :
- 230 VAC (généré dans notre armoire depuis le 400 VAC)
- 24 VDC (généré dans notre armoire)

Il existe un type de tension dans le coffret local :
- 24 VDC (généré dans notre armoire)

II.6 Liste des actionneurs :

Un actionneur est l'organe de la partie opérative qui, recevant un ordre de la partie commande via un éventuel pré-actionneur, convertit l'énergie qui lui est apportée en un travail utile à l'exécution des tâches. Dans l'installation four sécheur, nous avons comme actionneurs : les moteurs, les ventilateurs.

II.6.1 Les moteurs :

Les moteurs sont des dispositifs électromécaniques qui convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique. Ils sont utilisés dans diverses parties du l'installation du four sécheur.

a. Moteur air combustion :

Le système de combustion dans un four sécheur implique généralement un bruleur qui pulvérise le fuel avec l'aie comprimé pour amélioré la combustion.

L'air primaire est injecter pour fournir l'oxygène nécessaire, tandis que l'air secondaire est utilisé pour l'augmentation du débit des gaz chauds. [5]

Figure II.12: Moteur air combustion[5]

b. **Moteur air dilution** :

Le moteur d'air de dilution est conçu pour introduire une quantité contrôlée d'air frais dans le flux d'air chaud circulant à l'intérieur du four sécheur .Cette dilution permet de maintenir une température uniforme et appropriée pour le séchage efficace des matériaux, tout en évitant les surchauffes qui pourraient endommager le produit ou l'équipement. [5]

Tableau II.10 : Les actionneurs

REPERE	DESCRIPTION	Mode AUTO	MODE MANU	DE	DV
M 109	**Moteur d'air de combustion (250 kW)**	**X**		**X**	
VSD 109	**Variateur d'air de combustion (250 kW)**	**X**			**X**
M 209	**Moteur d'air de dilution (160 kW)**	**X**		**X**	
M 801	**Moteur d'exhaure (250 kW)**	**X**		**X**	
VSD 801	**Variateur d'exhaure (250kW)**	**X**			**X**

DE = Défaut Electrique,
DV = Défaut Variateur,
Les défauts engendrés par les moteurs entraînent l'arrêt du brûleur en sécurité.

II.6.2 Les Volet de régulation :

Les systèmes de contrôle thermique ou énergétique opèrent à l'aide de lamelles mobiles dont l'orientation peut être modifiée pour réguler la contribution solaire ou thermique. Ces dispositifs permettent de maximiser l'isolation ou la ventilation d'un espace, en ajustant leur orientation selon les conditions extérieures. De ce fait, ils aident à optimiser l'efficacité énergétique des édifices en minimisant les déperditions thermiques en période hivernale et en freinant l'échauffement estival.

II.6.3 Les Vannes :

Une vanne est un dispositif conçu pour **contrôler, interrompre ou ajuster** le débit d'un fluide dans un système de canalisation. Structuralement, elle combine deux composants essentiels :

1. **L'actionneur** : génère la force nécessaire au mouvement (hydraulique, pneumatique, électrique ou manuelle).
2. **Le sélecteur** : élément mobile qui module ou bloque l'écoulement du fluide.

Deux catégories principales existent :

- **Vannes TOR** (Tout Ouvert/Tout Fermé) : assurent une **fermeture ou ouverture complète** du passage, sans régulation intermédiaire.

- **Vannes de régulation** : **ajustent précisément le débit** en modifiant la position du sélecteur via l'actionneur, pour maintenir une variable de processus (pression, température, etc.) alignée sur une consigne prédéfinie.[5]

Ce mécanisme s'intègre dans une **boucle de contrôle** où capteurs, systèmes de pilotage et actionneurs interagissent pour corriger dynamiquement les écarts par rapport à la valeur .

TableauII.11 :Les Vannes et Volet

REPERE	DISCRIPTION	UNITE	TECHNOLOGIE
FCV 117 & M 117	Volet air combustion	Brûleur	Se@vis FSM
FCV 119 & M 119	Volet air primaire	Brûleur	Se@vis FSM
FCV 333 & M 333	Vanne gaz	Brûleur	Se@vis FSM
FCV 213 & M 213	Volet air dilution	Gaine dilution	4-20 mA

II.6.3 Electrovanne :

Ce tableau représente les électrovannes du four sécheur

Tableau 12: Electrovanne

REPERE	DESCRIPTION	UNITE
XSV 327	Electrovanne de sécurité (NC)	Rampe gaz principale
XSV 331	Electrovanne de sécurité (NC)	Rampe gaz principale
XSV 329	Electrovanne d'évent (NO)	Rampe gaz principale
XSV 357	Electrovanne d'allumage (NC)	Panoplie d'allumage gaz
XSV 359	Electrovanne d'allumage (NC)	Panoplie d'allumage gaz
XSV 501	Electrovanne cheminée by-pass	Cheminée by-pass
XSV 115	Electrovanne 3 voies test retombée	Gaine air de combustion

II.7 Liste des capteurs :

II.7.1 Capteur de pression différentielle de débit :

Le capteur de pression différentielle, transmetteur électronique de la série FCX–AII est un appareil qui mesure avec précision une pression différentielle et la convertit en un signal de sortie 4-20mA.

le cœur de l'élément de mesure est constitué par un capteur micro-capacitif au silicium, déporté dans le col de la cellule. [6]

Figure II.13 : Capteur DPT [5]

II.7.2 Le contrôleur de flamme :

Le contrôleur de flamme compact convertit les paramètres de rayonnement (impulsions) de la flamme du brûleur en un signal électrique. Les signaux d'image ainsi recueillis sont transmis à un relais de commande électronique, qui transmet le signal alternativement aux entrées des deux voies de traitement séparées. Les voies de traitement du signal se chargent de numéri-ser les signaux et convertissent le paramètre signal d'origine en vue de leur évaluation selon le critère « durée d'impulsion (vecteur d'information : fréquence du rayonnement de la flam-me). [6]

Figure II.14: Contrôleur de flamme

II.7.3 Pressostats gaz :

Le pressostat gaz DG contrôle les différences de pression les plus petites et une fois que le point de consigne réglé est atteint, déclenche des opérations de mise en marche, d'arrêtou de commutation. Le point de consigne réglable par molette.

Il contrôle les surpressions et les dépressions de gaz dans l'industrie sur des équipements consommant du gaz ou de l'air : contrôle de ventilateurs sur les chaudières, de la pression différentielle dans les installations de chauffage, d'aération et de climatisation.

Le pressostat testé TÜV de type particulier au sens de la fiche technique VdTÜV « Druck 100/1 » (Pression 100/1) convient pour une utilisation dans des installations de chauffage de générateurs de vapeur et d'eau chaude selon TRD 604, paragraphe 3.6.4, et le règlement de classe « S » pour DG..B, DG..U et DG..I selon EN 1854. [6]

Figure II.15: Pressostats gaz

II.7.4 Soupape :

Soupape d'échappement pour neutraliser les à-coups de pression momentanés sur les lignes de régulation afin d'empêcher le déclenchement inopiné du clapet de sécurité JSAV. Une montée de la pression trop élevée lors des fuites de gaz causées par des régulateurs de pression gaz qui ne ferment pas hermétiquement est relâchée
la VSVB.
Prescrite pour toutes les installations de régulation de la pression gaz en association avec un clapet de sécurité JSAV selon EN 746-2.

Figure II.16: Soupape

II.8 Fonction instrumentation :

Gaz naturel :

FE 307 : Mesure du débit gaz. Elle permet de connaître le débit instantané du gaz.
PSH 313 : Pressostat pour le contrôle d'une pression maximum. Sur pression haute on arrête le brûleur en sécurité. Information traitée dans la **chaîne de sécurité « gaz ».**
PSL 326 : Pressostat pour le contrôle d'une pression minimum et le contrôle d'étanchéité. Sur pression basse ou sur défaut étanchéité, on arrête le brûleur en sécurité.

Air combustion brûleur :

ZT 109 : Recopie de vitesse du variateur ventilateur air de combustion.
PTC 109 : Mesure de température enroulement (PTC raccordement directe sur le variateur). Elle permet de contrôler la température instantanée de l'enroulement du moteur air de combustion et de réaliser la sécurité (pas de visualisation possible).
FE 103 : Mesure du débit air de combustion. Elle permet de connaître le débit instantané del'air de combustion.
TE 107 : Mesure de température air de combustion. Elle permet de connaître la température instantanée de l'air de combustion et de réaliser la correction en température du débit d'air.
ZSL 109 : Fin de course ICV position ouverte. Utilisé pour gérer une alarme

Pressostat air de combustion PSL 115 :

Pressostat d'air de combustion. Le brûleur ne peut s'allumer tant que la consigne de réglage de celui-ci n'a pas été atteinte. S'il tombe à zéro en fonctionnement, le brûleur s'arrête sur sécurité air de combustion. De même à l'allumage du brûleur on contrôle au démarrage l'état 0 de ce pressostat, avant de démarrer le ventilateur d'air de combustion.
DPT 401 : Mesure de la pression différentielle air de combustion. Elle permet de connaître la pression différentielle instantanée de l'air de combustion, de réaliser la régulation de delta-P et de réaliser les sécurités haute et basse.
DPSL 401 **:** Seuil automate pour le contrôle d'une dépression minimum. Sur dépression basse on arrête le brûleur en sécurité.

DPSH 401 : Seuil automate pour le contrôle d'une dépression maximum. Sur dépression haute on arrête le brûleur en sécurité.

Brûleur :

BSL 003 : C'est l'information qui indique la présence flamme au brûleur. Elle est autocontrôlée, et doit être à 1 dès que les électrovannes principales sont ouvertes lors de la séquence d'allumage et lorsque le brûleur est en fonctionnement.

Air dilution :

FE 203 : Mesure du débit air de dilution. Elle permet de connaître le débit instantané de l'air de dilution.

PTC 209 : Mesure de température enroulement (PTC raccordement directe sur le démarreur). Elle permet de contrôler la température instantanée de l'enroulement du moteur air de dilution et de réaliser la sécurité (pas de visualisation possible).

TE 209a : Mesure de température palier n°1. Elle permet de contrôler la température instantanée du palier du moteur air de dilution et de réaliser la sécurité.

TSH 209a : Seuil « électronique » (via un relais à seuil) de température n°1 pour le contrôle d'une température palier maximum. Sur température haute on arrête le brûleur en sécurité (80°C).

TE 209b : Mesure de température palier n°2. Elle permet de contrôler la température instantanée du palier du moteur air de dilution et de réaliser la sécurité.

TSH 209b **:** Seuil « électronique » (via un relais à seuil) de température n°2 pour le contrôle d'une température palier maximum. Sur température haute on arrête le brûleur en sécurité (80°C).

ZSL 209 : Fin de course ICV moteur en position ouverte. Utilisé pour gérer une alarme

TE 207 : Mesure de température air de dilution. Elle permet de connaître la température instantanée de l'air de dilution et de réaliser la correction en température du débit d'air.

ZT 213 : Recopie volet air de dilution.

ZSL 213 : Fin de course volet air de dilution en position fermée.

PSL 215 : Pressostat pour le contrôle d'une pression minimum. Sur pression basse on arrête le brûleur en sécurité. Information traitée dans la chaîne de sécurité process.

Air comprimé :

PSL 605 : Pressostat pour le contrôle d'une pression minimum. Sur pression basse on arrête le brûleur en sécurité. Information traitée dans la chaîne de sécurité process**.**

Gaz chauds générateur (foyer) :

TE 403 : Mesure de température gaz chauds générateur. Elle permet de connaître la température instantanée des gaz chauds dans le générateur et est utilisée pour la sécurité température maxi.

TSH 403 : Seuil « électronique » (via un relais à seuil) de température pour le contrôle d'une température maximum. Sur température haute on arrête le brûleur en sécurité. Information traitée dans la chaîne de sécurité process (1100°C).

Gaz chaud conduit de liaison :

TE 409 : Mesure de la température gaz chauds. Elle permet de connaître la température instantanée des gaz chauds en sortie du générateur et est utilisée pour la sécurité température maxi..

TSH 409 : Seuil « électronique » (via un relais à seuil) de température pour le contrôle d'une température maximum. Sur température haute on arrête le brûleur en sécurité. Information traitée dans la chaîne de sécurité process (1150°C).
TE 411 : Mesure de la température gaz chauds. Elle permet de connaître la température instantanée des gaz chauds en sortie du générateur et de réaliser la régulation de charge brûleur.

Gaz chauds boîte à vent / Lit fluidisé :

TE 505 (sonde existante) : Mesure de la température gaz chauds boîte à vent. Elle permet de connaître la température instantanée des gaz chauds dans la boîte à vent.
TE 507 (sonde existante) : Mesure de la température gaz chauds sortie lit fluidisé. Elle permet de connaître la température instantanée des gaz chauds en sortie du lit fluidisé.
TE 521 : Mesure de la température gaz chauds. Elle permet de connaître la température instantanée des gaz chauds dans le lit fluidisé et est utilisée pour la sécurité température maxi.
TSH 521 : Seuil « électronique » (via un relais à seuil) de température pour le contrôle d'une température maximum. Sur température haute on arrête le brûleur en sécurité. Information traitée dans la chaîne de sécurité process.
DPT 521 : Mesure de la pression différentielle gaz chauds entre la boîte à vent et le lit fluidisé. Elle permet de connaître la pression différentielle instantanée des gaz chauds et de réaliser la sécurité mini.
DPSL 521 : Seuil « électronique » (via un relais à seuil) pour le contrôle d'une dépression minimum. Sur dépression basse on arrête le brûleur en sécurité. Information traitée dans la chaîne de sécurité process.

Exhaure :

DPT 413 : Mesure de la pression différentielle gaz chauds dans le conduit de liason. Elle permet de connaître la pression différentielle instantanée des gaz chauds et de réaliser la sécurité mini.
DPSL 413 : Seuil « électronique » (via un relais à seuil) pour le contrôle d'une dépression minimum. Sur dépression basse on arrête le brûleur en sécurité. Information traitée dans la chaîne de sécurité process.
PTC 801 : Mesure de température enroulement (PTC raccordement directe sur le variateur). Elle permet de contrôler la température instantanée de l'enroulement du moteur d'exhaure et de réaliser la sécurité (pas de visualisation possible).
PTC 801 : Mesure de température enroulement (PTC raccordement directe sur le variateur). Elle permet de contrôler la température instantanée de l'enroulement du moteur d'exhaure et de réaliser la sécurité (pas de visualisation possible).
ZSL 801 : Fin de course ICV position ouverte. Utilisé pour gérer une alarme.
ZT 801 : Recopie de vitesse du variateur ventilateur exhaure.

Cheminée de By-pass :

ZSL 501 : Fin de course clapet cheminée de by-pass en position fermé. Utilisé pour géré une discordance à la fermeture. Sur discordance on arrête le brûleur en sécurité.
ZSH 501 : Fin de course clapet cheminée de by-pass en position ouverte. Utilisé pour géré une discordance à l'ouverture. Sur discordance on affiche une alarme.

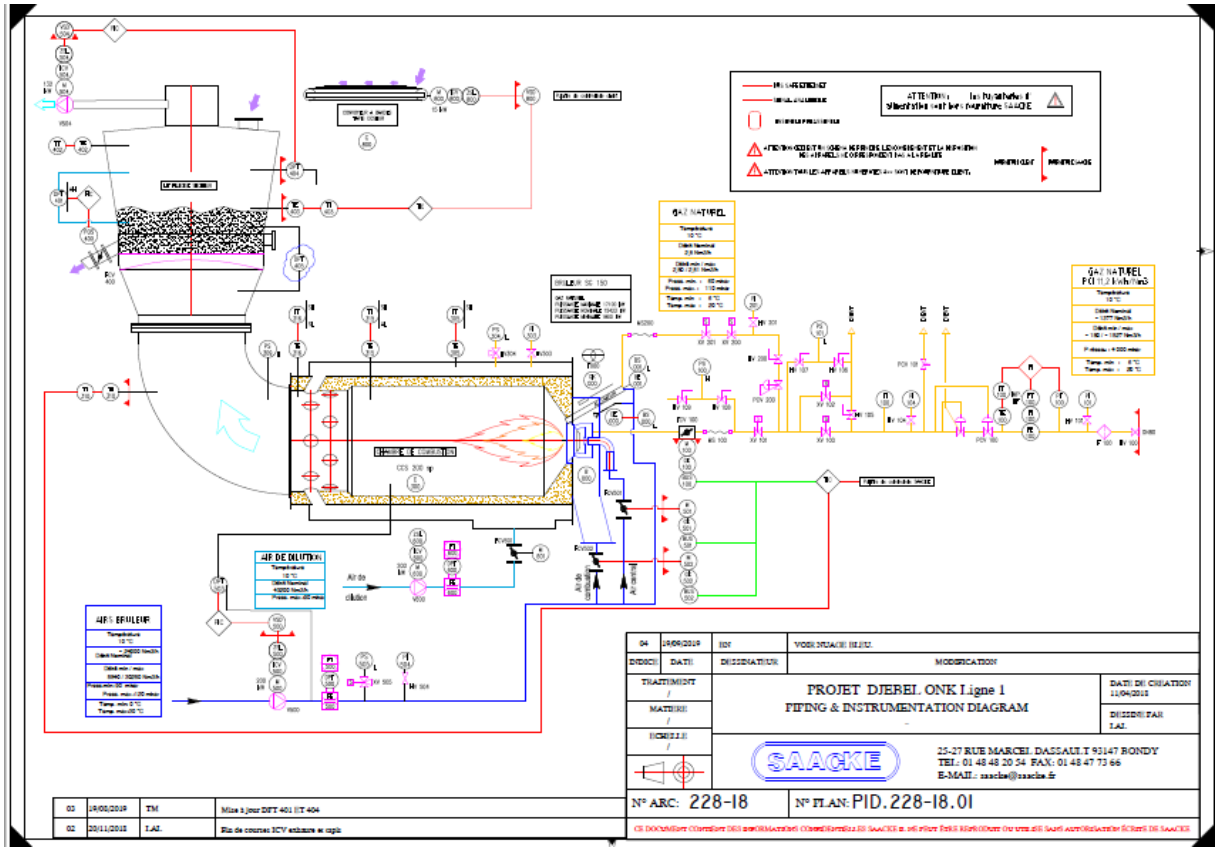


Figure II.17: Schéma PID du four sécheur

II.9 Implantation des régulations sur le four :

La figure II.17 montres l'implantation des différentes boucles de régulations sur le four qui permettent le maintien en production du lit fluidisé de façon stable, les couleurs sont en fonction des boucles de régulation :

- La régulation (DPIC) de l'exhausteur à vitesse variable (VSD1) qui permet de maintenir une différence de pression constante (DPT2) entre le toit du four et la pression atmosphérique.
- La régulation (TIC3) du convoyeur à vitesse variable du tapis d'entrée du phosphate humide (VSD) qui permet de maintenir la température du lit (TT4).
- La régulation (DPIC) du Clapet Guillotine à ouverture variable (SP5) qui permet de maintenir la différence de pression entre le bas du lit et le haut (hauteur du lit).
- La régulation (TIC) du brûleur à charge variable (puissance variable) qui permet de maintenir la température dans la boite à vent constante.
- La régulation (DPIC) du variateur du ventilateur de combustion (VSD) qui permet de maintenir la différence de pression située en amont et en aval de la chambre de combustion.

Remarque : *cette dernière régulation n'a pas d'impact direct sur la stabilité du lit fluidisé mais elle a un impact direct sur la stabilité de la flamme du brûleur qui est bien sur le garant de la production (ainsi que sur la stabilité de pression qui règne dans la boite à vent).* [4]

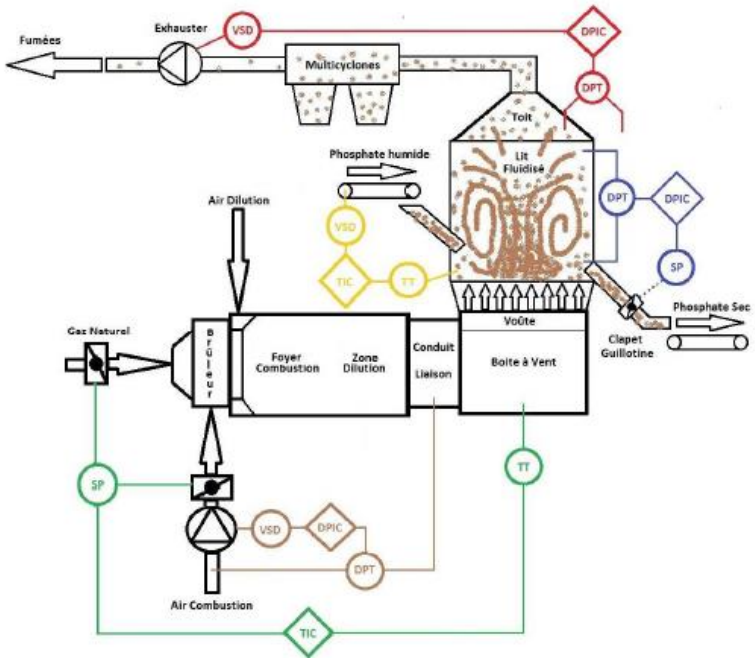


Figure II.18: Implantation des régulation sur le four sécheur[4]

Le tableau II.13 donne la répartition théorique de puissance du brûleur jusqu'à 28 MW (puissance maximale). On peut noter la différence qui existe entre la puissance réelle d'utilisation du brûleur, de 15 à 100% de charge (débit de gaz) et la charge Seavis, de 0 à 100% qui est l'échelle de charge du Seavis (0% correspondant à un fonctionnement du brûleur au minimum technique).

Tableau 13 : Opération Gaz naturel

Opération Gaz Naturel SSB250

Données Théoriques (28 MW)

PUISSANCE BRULEUR	MW	4,2	8,4	11,2	14,0	16,8	19,6	22,4	25,2	28,0
Point Charge Seavis	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Position Charge Seavis	digit	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Charge brûleur	%	15	30	40	50	60	70	80	90	100
Charge Seavis		0	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100
Débit Gas Normal	Nm3/h	406	812	1082	1353	1623	1894	2164	2435	2705
Débit Gaz à 4 bars	m^3/h	88	176	235	293	352	411	469	528	587

La puissance maximale réglée du brûleur est de 22,4 MW (voir chapitre « Charge du brûleur ») car la tenue en température de la boite à vent ne permettait pas d'atteindre la pleine puissance.

II.9.1Charge Brûleur :

La régulation de charge du brûleur gère la production de gaz chaud de fluidisation ainsi que la cadence de production de phosphate séché : l'augmentation de la charge du brûleur augmente la température dans la boite à vent, la température du lit augmente alors à son tour et le régulateur accélère la vitesse du tapis d'entrée pour augmenter la cadence de production.

La gestion de la charge du brûleur s'effectue dans un premier temps en mode manuel pour stabiliser la température de la boite à vent à une valeur fixée par l'opérateur.

Le régulateur est sélectionné en mode automatique lorsque tous les autres paramètres de régulation sont stabilisés et fonctionnent en mode automatique.

Le régulateur de charge assure, en mode automatique, la variation de puissance nécessaire au séchage en cas de variation du taux d'humidité contenu dans le phosphate en entrée.
Remarque : les températures foyer et conduit de liaison de la ligne DK2 ont des valeurs de l'ordre de 350 à 500°C pour de valeurs de température de boite à vent de 750 à 850°C. Cette différence tient du fait que la dilution est située directement à l'entrée de la chambre de combustion et que la paroi du générateur d'air chaud est bien diluée.
L'augmentation de puissance et les réglages du brûleur a été réalisée jusqu'à80% (22,4 MW) de sa puissance maximale théorique (28 MW). A cette puissance, la température à l'intérieur de la boite à vent est d'environ 930°C et on peut constater une surchauffe anormale du regard de flamme. La photo ci-dessus est une photo 1 (IMG_20141204_201405) prise la nuit où l'on voit le rougissement anormal du regard de flamme. [4]

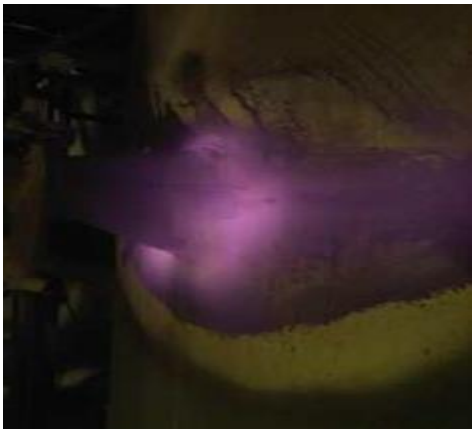


Figure II.19: IMG_20141204_201405.

Une mesure de température de 530°C réalisée en périphérie du regard de flamme montre que les 3 couches de briques réfractaires telles que montées à l'intérieur de la boite à vent ne suffisent pas à garantir une isolation suffisante vis-à-vis de l'extérieur. Aussi et à titre informatif, une couche de matière isolante devrait être installée dans la boite à vent, ce qui permettrait de régler le brûleur à des charges plus importantes et donc d'obtenir une cadence de production aussi plus importante.
Remarque : à l'origine, une couche de matière amiantée était intercalée entre chaque couche de briques réfractaires, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui, mais des solutions existent ...
Pour des raisons de sécurité, la charge du brûleur a été bridée à 82% (19,6 MW) à l'intérieur du Seavis alors que les réglages de puissance ont été réalisés jusqu'à 22,4 MW. Cela signifie que l'opérateur ne pourra pas entrer une consigne supérieure au maximum autorisé à ce jour

Tableau II.14 : Réglage théorique de puissance jusqu'à 22,4 MW

Données Théoriques (22,4 MW)								
PUISSANCE BRULEUR	MW	4,2	8,4	11,2	14,0	16,8	19,6	22,4
Point Charge Seavis	-	1	2	3	4	5	6	7
Position Charge Seavis	digit	500	600	800	1000	1200	1400	1600
Charge réelle brûleur	%	15	37,5	50	62,5	75	87,5	100
Charge Seavis	%	0	9	27	45	64	82	100
Débit Gas Normal	Nm3/h	406	812	1082	1353	1623	1894	2164
Débit Gas à 4 bars	m^3/h	88	176	235	293	352	411	469

Tableau II. 12 : Relevé des paramètres en fonctionnement

Relevés de mesure GAZ								
Débit	m^3/h			230	290	350	396	
Pression au compteur	b			4,2	4,15	4,2	4,2	
Température Gaz	°C			14	14	14	14	
Pression après détendeur	mb			385	385	375	370	
Pression avant brûleur	mb			98	122	140	174	
Ouverture vanne Gaz	%			20	24	28	32	
Débit gaz normal	Nm3/h			1126	1406	1713	1938	
Puissance réelle	MW			11,7	14,6	17,7	20	
Relevés de mesure AIR Combustion								
Débit	m3/h			12300	23500	27500	33260	
Pression Caisson	mb			88	98	113	135	
Température	°C			32,28	30,7	32,1	28,3	
Ouverture Volet Air	%			13	22	25	32	
Consigne Delta P Brûleur	mb			30,00	32	30	30	
Mesure Delta P Brûleur	mb			30,00	32	29	22,67	
Sortie Régulateur (Variateur Combustion)	%			90	95,5	99	100	
Relevés de mesure Chambre de Combustion								
Température Foyer	°C			345	281	404	539	
Température Conduit 1	°C			366	307	442	558	
Température Conduit 2	°C			380	320	484	588	
Débit air dilution	m3/h			32222	32435	32549	32680	

Lors du démarrage à froid du four, celui-ci doit être conditionné (chauffé) par l'opérateur avant d'injecter le phosphate jusqu'à ce que la température à l'intérieur de la boite à vent soit suffisante (environ 280°C/300°C).

Remarque : l'opérateur doit conditionner la boite à vent du four à 280/300°C avant d'injecter le phosphate sinon le phosphate ne sèchera pas ou difficilement car les calories apportées par la combustion seront aussi utilisées pour chauffer le réfractaire jusqu'à ce que celui-ci rayonne… C'est comme dans un four à pizza, il ne faut pas mettre la pizza dans le four si celui-ci n'est pas suffisamment chaud …[4]

II .9.2 Delta P Brûleur :

Le maintien de la différence de pression située entre le refoulement du ventilateur de combustion et la chambre de combustion permet de stabiliser la flamme du brûleur (éviter les pertes de flamme pendant le fonctionnement) mais il permet aussi de maintenir une pression constante à l'intérieur de la boite à vent.

Remarque : *La pression à l'intérieur de la boite à vent influe sur la qualité de fluidisation du phosphate à travers les buses. Si on mesure la pression au niveau du toit et que l'on ajoute la différence de pression du lit (hauteur du lit) avec la perte de charge de la voûte (différence de pression entre la boite à vent et la partie basse du lit/entre l'entrée et la sortie de la voûte), on obtient la valeur de la pression résiduelle dans la boite à vent…*

La mesure de pression différentielle de la chambre de combustion est assurée par un transmetteur numérique et un variateur de fréquence régule la vitesse du ventilateur de combustion pour maintenir la pression différentielle constante.

Réglage des paramètres du régulateur :

- Consigne de pression différentielle de la chambre de combustion : 30 mb ;
- Consigne de sécurité de pression différentielle basse : 20 mb ;
- Consigne de sécurité de pression différentielle haute : 90 mb.

Remarque *: La sécurité de pression différentielle basse indique généralement un défaut d'encrassement de la mesure haute pression par des poussières provenant du ventilateur de combustion (l'air absorbé par le ventilateur ne devrait pas être pollué des particules en suspension).*

Relevé des paramètres en fonctionnement :

Les paramètres de fonctionnement sont donnés dans le tableau ci-dessus (« Relevés de mesure air combustion »). [4]

II.9.3 Dépression du toit :

La régulation de la dépression au niveau du toit est très importante, non seulement pour des raisons de stabilité du lit fluidisé mais aussi pour des raisons de sécurité :

- Elle garantit l'extraction des gaz refroidis lors des échanges thermiques qui ont eu lieu dans le four ;
- Elle garantit la dépression à l'intérieur du four pour des raisons de sécurité évidente (éviter toute surpression dans le four …) ;
- Elle contribue au maintien constant des particules de phosphates en suspension dans le four (niveau du lit constant).

***Remarque** : un mauvais réglage du point de consigne de cette régulation peut engendrer un grave problème de surchauffe de la bande transporteuse du tapis doseur d'entrée. En effet, si la pression devient positive à la sortie de la goulotte d'entrée du produit (à l'intérieur du four) alors les gaz chauds remontent dans la goulotte jusqu'à brûler la bande (risque d'incendie). Une attention particulière doit être apportée à ce sujet car ce problème est déjà apparu par le passé (information provenant des opérateurs). Une sécurité de température pourrait être implantée au niveau de la sortie de la goulotte d'entrée afin de protéger le tapis d'entrée et ainsi éviter tout incident.*

Cette régulation fonctionne avec des valeurs de consigne situées entre -1 et -2 mb, dépendantes de la cadence de production (charge brûleur) et réglable par l'opérateur.

***Remarque :** Un critère visuel du bon réglage de la consigne est à respecter. Si la dépression n'est pas suffisante, on retrouve des fines particules qui ne sont pas du phosphate sur le tapis de sortie (et le risque énoncé ci-dessus), sinon, si le réglage de la consigne de dépression est trop élevé, les fines se retrouvent en quantité trop importante dans les fumées. La partie excédante des fines qui n'a pas pu être séparée des fumées dans les cyclones peut être visualisée en sortie de cheminée.*

La photo 1 montre la nuance de couleur qui existe entre les particules de phosphate de couleur sombre et les particules fines autres que du phosphate de couleur claire. Cette nuance m'a été expliquée par des spécialistes du traitement de ce produit.

Figure II.20: Différence de couleur entre Phosphate et fines

La régulation est assurée par un nouveau moteur asynchrone de 250 kW qui a été monté sur le ventilateur d'exhaure existant. Celui-ci est équipé d'un variateur de fréquence. Dans l'ancien système, le ventilateur était équipé d'un moteur de 5 500 kW avec des vantelles sur sa gaine d'aspiration. Ce système était régulé par l'intermédiaire d'un régulateur pneumatique ancienne génération) qui ne permet pas d'ajuster parfaitement les paramètres de régulation comme on peut le faire avec un régulateur numérique (nouvelle génération) équipé des fonctions Proportionnelle, Intégrale et Dérivée. Cette situation engendrait en conséquence les points suivants :

- une grande partie de fines étaient contenues en sortie de cheminée ;
- la stabilité du lit fluidisé n'était pas optimisée due aux fortes variations des vantelles à l'ouverture et à la fermeture ;
- l'utilisation d'un moteur de 5 500 kW n'est pas ce qu'il y a de mieux pour faire des économies d'énergie.

La régulation de la dépression du toit fonctionne toujours en mode automatique pour des raisons de sécurité et les erreurs de saisie de la consigne (consigne positive) ne sont pas possible.

Réglage des paramètres du régulateur :

- Consigne de pression différentielle : entre -1 et -2 mb ;
- Consigne d'alarme de pression différentielle : -0,5 mb ;
- Consigne de sécurité de pression différentielle : 0 mb ;

Remarque : les paramètres de configuration du régulateur sont donnés en annexe 1 (« configuration des paramètres PID »). [4]

II.9.4 Hauteur du lit :

La hauteur du lit est représentée par la pression différentielle qui existe entre la pression située en bas du lit (au-dessus de la voûte) et la pression située dans le toit (à l'aspiration de l'exhausteur). Une augmentation de la hauteur du lit est le résultat d'une augmentation de la quantité de produit dans le four. Si la hauteur du lit augmente alors le régulateur ouvre la guillotine d'extraction du produit pour décharger le four jusqu'à obtenir la valeur de consigne de la pression différentielle. Sinon, si la pression différentielle diminue, le régulateur referme la guillotine pour maintenir le produit plus longtemps dans le four et le sécher d'avantage.

Remarque : dans le chapitre 2 (« Principe de fonctionnement du lit fluidisé »), on explique que les particules de phosphate les plus fines et les plus sèches se situent en périphérie du four et c'est naturellement que celles-ci sortent en premier à travers la guillotine de sortie, après avoir passé un certain temps (temps de séjour) dans le four.

Aussi, on peut noter que la qualité du séchage du phosphate dépend de son temps de séjour à l'intérieur du four donc, plus la consigne de pression différentielle (hauteur du lit) est importante et plus le produit séjourne dans le temps en améliorant la qualité du séchage. Bien sûr, cela dépend aussi de la quantité instantanée de produit qui transite dans le four (cadence de production, voir chapitre « Charge du brûleur »).

On peut noter aussi qu'après avoir ajusté les paramètres du régulateur, l'ouverture de la guillotine reste quasiment constante, ce qui a pour effet d'obtenir une distribution constante de la quantité de phosphate sur le tapis de sortie (voir Photo x - IMG_20141204_191954).

FigureII.21 IMG_20141204_191954.

Lors de l'augmentation de la cadence de production, on peut constater visuellement que la hauteur de phosphate séché augmente sur le tapis de sortie.
La régulation de la hauteur du lit est assuré par un nouveau transmetteur numérique qui a été installé pour garantir la qualité de la mesure et par une nouvelle guillotine commandée par un signal électrique de type 4/20 mA. La puissance d'ouverture et de fermeture de l'actionneur de la guillotine est assurée par de l'air comprimé.
Remarque : *L'ancien régulateur pneumatique commandait la guillotine de façon irrégulière et la répartition de phosphate séché sur le tapis n'était pas bonne (apparition et disparition de tas de phosphate sur le tapis, comme sur la ligne DK3 existante).*
Réglage des paramètres du régulateur :
- Consigne de la hauteur du lit : entre 40 et 60 mb ;
- Consigne d'alarme de la hauteur du lit : 70 mb ;
- Consigne de sécurité de la hauteur du lit : 80 mb ;

Remarque : les paramètres de configuration du régulateur sont donnés en annexe 1 (« configuration des paramètres PID »).
Relevé des paramètres en fonctionnement :
Les paramètres de fonctionnement sont donnés dans le tableau ci-dessus (« Relevés de mesure four à lit fluidisé »). [4]

II.9.5 Température du lit :

Le maintien en température du lit de phosphate, en partie basse du four au-dessus de la voûte, est assuré par l'introduction de phosphate humide dans le four. Si la température du lit augmente parce que le phosphate sèche ou que la quantité de phosphate à l'intérieur du four a été réduite par l'ouverture de la guillotine, le régulateur accélère la vitesse du tapis doseur afin d'introduire plus de produit humide à sécher et ainsi réduire la température du lit.
Sinon, le régulateur réduit la vitesse du tapis doseur afin de maintenir l'équilibre de la quantité Instantanée de phosphate à l'intérieur du four.
Remarque *: si la température de la boite à vent augmente (augmentation de la charge du brûleur) alors la température du lit augmente à son tour et la régulation accélère la vitesse du tapis d'entrée automatiquement pour refroidir la température du lit (augmentation de la production, voir l'augmentation de la fréquence du variateur du tapis doseur d'entrée « Relevés de mesure four à lit fluidisé »).*

On peut noter qu'après avoir ajusté les paramètres du régulateur, la température reste constante et que la vitesse du tapis doseur reste fixe, la stabilité du lit fluidisé étant bien entendu complètement dépendante de ce paramètre d'entrée. Aussi, la valeur de la consigne de température influe sur la qualité du séchage, ce paramètre doit aussi être considéré tout comme le paramètre utilisé pour ajuster le temps de séjour (hauteur du lit).

Réglage des paramètres du régulateur :

- Consigne de température du lit : entre 110 et 140 °C) ;
- Consigne d'alarme de température haute du lit : 300 °C ;
- Consigne de sécurité de température très haute du lit : 320 °C.

Remarque : *lors de la mise en service de la ligne DK2, cette sécurité était généralement déclenchée suite à une augmentation de température par manque de produit en entrée (tapis doseur entrée vide/silo vide/bouché ou pas alimenté …).*

Relevé des paramètres en fonctionnement :

Les paramètres de fonctionnement sont donnés dans le tableau ci-dessus (« Relevés de mesure four à lit fluidisé »). [4]

Tableau II.16 : Relevé de mesure four a lit fluidisé

Relevés de mesure Four à Lit Fluidisé								
Température Boite à Vent	°C			782	788	851	933	
Température Lit	°C			140	129	146	149	
Température Toit	°C			100	102	102	102	
Pression Boite à Vent	mb			95	118	130	140	
Delta P Voûte	mb			40	55	60	65	
Delta P Lit	mb			43	55	58	55	
Consigne Delta P Toit	mb			-1,2	-1,4	-1,6	-1,8	
Mesure Delta P Toit	mb			-1,2	-1,4	-1,6	-1,6	
Sortie Régulateur (Variateur Exhaure)	%			79	96,8	94	100	
Consigne Température Lit	°C			130	140	135	140	
Mesure Température Lit (SOMIPHOS)	°C			130	140	136	140	
Sortie Régulateur (Variateur tapis doseur)	Hz			17	21	28	33	
Mesure Température Lit (SAACKE)	°C			140	150	145	151	
Consigne Delta P Lit	mb			45	55	60	65	
Mesure Delta P Lit	mb			42	55	61	62	
Sortie Régulateur (Ouverture Guillotine)	%			21	19	20	23	
Type de produit	-			Kef Essenoun	Kef Essenoun	Kef Essenoun	Kef Essenoun	
Débit massique Phosphate en sortie	t/h			?	?	?	?	
Taux humidité Phosphate Entrée	%			6,88	6,49	7,09	6,92	
Taux humidité Phosphate Sortie	%			0,91	1,05	1,04	0,97	

II.10 Descriptif de fonctionnement et asservissements actionneurs :

Brûleur : Le brûleur procure l'énergie nécessaire au maintien de la température des gaz chauds en sortie générateur. Pour cela le brûleur fonctionne au gaz naturel seul.

Moteur ventilateur air de combustion : Le ventilateur d'air de combustion (V 109) permet d'assurer le débit d'air au brûleur pour la combustion.

C'est la séquence automatique de démarrage/arrêt brûleur assuré par le PLC TSX57 qui démarre et arrête celui-ci.

La gestion de la puissance et de la commande sont réalisées par SAACKE.

Moteur ventilateur air de dilution :

Le ventilateur d'air de dilution (V 209) permet d'assurer le débit d'air de dilution dans le foyer pour obtenir la quantité de gaz chauds nécessaire en sortie générateur pour le bon fonctionnement du lit fluidisé.

En mode automatique, pour sécuriser le brûleur, l'arrêt du ventilateur de combustion doit s'effectuer lorsque la température du foyer est inférieure à 250°C.

La gestion de la puissance et de la commande sont réalisées par SAACKE.

Moteur ventilateur exhaure : Le ventilateur d'exhaure (V 801) permet d'assurer l'extraction des gaz chauds à travers le lit fluidisé.

C'est la séquence automatique de démarrage/arrêt brûleur assuré par le PLC TSX57 qui démarre et arrête celui-ci.

La gestion de la puissance et de la commande sont réalisées par SAACKE.

Variateur air combustion (régulation □P) :

Le variateur air combustion géré par SAACKE, permet d'avoir une pression constante en sortie ventilateur air combustion.

La régulation est effectuée via une boucle de régulation dans le PLC TSX57 basée sur le capteur DPT 401.

Variateur exhaure (régulation □P) :

Le variateur exhaure géré par SAACKE, permet d'avoir une pression constante dans le conduit de liaison entre le générateur et la boîte à vent.

La régulation est effectuée via une boucle de régulation dans le PLC TSX57 basée sur le capteur DPT 413.

Electrovannes allumage :

Ces électrovannes XSV 357 et XSV 359 sont commandées et contrôlées par le BMS Se@vis Compact lors de la séquence d'allumage.

(Cf : annexe documentation platine Se@vis Compact conformément à l'EN298.)

Electrovannes principales gaz :

Les électrovannes principales gaz XSV 327 et XSV 331 sont commandées simultanément et contrôlées par le BMS Se@vis Compact, lors de la séquence d'allumage et lorsque le brûleur est démarré. Elles sont maintenues ouvertes tant que la demande de marche au gaz est vraie et que les chaînes de sécurité gaz et process sont fermées. Elles se ferment instantanément lors d'un arrêt normal, ou dans le cas d'un défaut.

Electrovanne du clapet cheminée By-Pass :

Cette électrovanne XSV 501 est commandée et contrôlée par le PLC TSX57. Lorsque le brûleur démarre et brûleur en marche, elle est pilotée à la fermeture. En cas de défaut brûleur ou brûleur à l'arrêt, elle est pilotée à l'ouverture.

Contrôle étanchéité panoplie combustible :

Conformément à la norme EN 746-2, les débits calorifiques de l'installation étant supérieurs à 1200 kW, il est nécessaire de mettre en place un dispositif de contrôle d'étanchéité au niveau des « robinets automatique de sectionnement » (ou électrovannes principales).

La panoplie gaz naturel sera donc équipée d'un tel dispositif qui sera géré dans le Se@vis compact, lequel assurera également le séquentiel de démarrage brûleur conforme à la EN 298 ainsi que la régulation de combustion.

Nota : ce test ne s'applique pas pour les électrovannes d'allumage.

Principe du test :

Suite à un ordre de marche sur le brûleur :

1ere phase du test :

- on ouvre l'électrovanne d'évent pour purger l'espace présent entre les deux électrovannes principales (temps ouverture = 2 sec)
- on la referme
- on vérifie la non présence de gaz entre les deux électrovannes principales grâce au pressostat d'étanchéité dont l'état demeure à « 0 » (test de la première électrovanne principale). En effet si la pression augmente cela indique que la première électrovanne principale est fuyarde.

2eme phase du test :

- on ouvre la première électrovanne principale gaz pour remplir de gaz l'espace présent entre les deux électrovannes principales (temps ouverture = 2 sec)
- on la referme
- on vérifie la présence de gaz entre les deux électrovannes principales grâce au pressostat d'étanchéité dont l'état passe de « 0 » à « 1 »(test de la seconde électrovanne principale) En effet si la pression diminue cela indique que la seconde électrovanne principale est fuyarde.

Nota : ce test est réalisé avant chaque démarrage du brûleur. Si ce dernier ne s'est pas déroulé correctement, un nouveau test sera nécessaire pour pouvoir démarrer le brûleur. Il n'est pas possible de démarrer si ce dernier n'est pas valide.

Volet air de dilution :

Le volet d'air de dilution géré par SAACKE, permet d'ajuster le débit d'air de dilution entrant dans le générateur.

Le positionnement de ce dernier n'est pas asservi. Une simple consigne d'ouverture fixée depuis l'IHM SAACKE lui est transmise.

II.11 Fonctionnement du Bruleur :

Le mode de marche est choisi grâce au commutateur deux positions Local/Distance sur l'armoire de commande

a. Conditions permanentes :

Présence 380Vac, 220Vac, et 24Vdc

Pas d'Arrêt d'Urgence local ou en salle de commande

Chaîne de sécurité brûleurs OK

Aucun organe du lot SAACKE en défaut

Pas de défaut chien de garde automate

b . Conditions permanentes prises en compte avec décalage (après démarrage) :

Pression mini air de combustion

Pas de défaut flamme principale

Retour de marche ventilateur de combustion

c. Modes de marche / arrêt :

Conditions initiales :

Pas de pression air de combustion

Pas de présence flamme intempestive

Brûleur et allumeur arrêtés : Electrovannes gaz fermées

Pas de défaut synthèse client

d. Mode Local :

Le brûleur démarre par action sur le commutateur deux positions « marche/arrêt brûleur » (commutateur sur position « marche ») présent sur le coffret local. Le commutateur deux positions « local/distance » présent sur l'armoire de commande PLC, doit être au préalable positionné dans la position « local ».

L'arrêt du brûleur est demandé par action sur le commutateur « marche/arrêt brûleur» (commutateur sur position « arrêt ») présent sur le coffret local.

Les sécurités brûleur sont au demeurant toujours actives.

Le brûleur fonctionne selon une charge fixée par le régulateur de charge géré dans le PLC TSX57 et dont le paramétrage est possible depuis l'IHM tactile présent en façade de l'armoire de commande.

e. Mode Distance :

Le brûleur démarre par action sur le commutateur deux positions « marche/arrêt brûleur » présent sur l'armoire de commande PLC (commutateur sur position « marche »). Le commutateur deux positions « local/distance » également présent sur l'armoire de commande PLC, doit être au préalable positionné dans la position « distance ».

L'arrêt du brûleur est demandé par action sur le commutateur « marche/arrêt brûleur» présent sur l'armoire de commande PLC (commutateur sur position « arrêt »).

Les sécurités brûleur sont au demeurant toujours actives.

Le brûleur fonctionne selon une charge fixée par le régulateur de charge géré dans le PLC TSX57 et dont le paramétrage est possible depuis l'IHM tactile présent en façade de l'armoire de commande.

Rmq : le passage du mode Local à Distance via le commutateur deux positions situé en façade de l'armoire n'engendre pas l'arrêt du générateur, sauf si lors du basculement d'un mode à l'autre, l'ordre de marche générateur (distant ou local) n'est pas présent.

f. Arrêt normal :

La charge brûleur est réduite au minimum et le brûleur est arrêté.

g. Arrêt sur défaut :

Lorsque l'installation s'arrête sur un défaut, il faut réarmer en façade d'armoire les chaînes de sécurité du brûleur, avant de pouvoir redémarrer. Vérifier tous les organes susceptibles d'être à l'origine du défaut (rampe gaz, ventilateur, générateur…).
Le réarmement se fait depuis le BP de réarmement placé en façade de l'armoire de commande PLC et depuis le BMS Se@vis Compact.
Le message de défaut apparait sur l'ensemble des pages de l'écran IHM Se@vis Compact (défaut entrant dans les chaines de sécurité brûleur) ou Proface (défaut « communs » n'entrant pas dans les chaines de sécurité brûleur) installés sur l'armoire de commande PLC. Ce message est transmis en supervision. Une page spécifique permet de visualiser l'historique de tous les défauts apparus.

h. Arrêt d'urgence général :

Les arrêts d'urgence sont aux nombres de 2 sur l'ensemble de l'installation fournie par SAACKE. Ils sont disposés ainsi :
- Zone salle de commande (situé sur l'armoire de commande PLC)
- Zone brûleur (situé sur le coffret local)

Après un arrêt d'urgence tous les actionneurs et le brûleur sont arrêtés instantanément. Seuls les éléments de contrôles (écran, automate…) sont alimentés. Pour autoriser un nouveau démarrage, il faut déverrouiller le ou les arrêts d'urgence enclenchés, et appuyer sur le bouton « mise sous tension », situé sur la porte de l'armoire de commande PLC pour réarmer le relais ATU, puis appuyer sur le bouton « réarmement défaut » situé sur l'armoire de commande PLC pour acquitter le défaut.

i. Arrêt d'urgence général :

Les trois moteurs (combustion, dilution et exhaure) seront équipés en local d'interrupteur à coupure visible équipés de fin de course détectant la position ouverte pour la gestion d'une alarme.

II.12 Conclusion :

L'analyse fonctionnelle du four sécheur DK2 permet de comprendre en détail le rôle et l'interaction de chaque sous-système dans le processus global de séchage du phosphate. Elle met en évidence l'importance de la coordination entre les fonctions de transport, de chauffage, de régulation et de sécurité pour assurer un fonctionnement efficace et continu de l'installation. Cette démarche constitue une base essentielle pour l'automatisation, la maintenance et l'optimisation du procédé.

Chapitre 03 :

Automatisation et supervision d’un four sécher

CHAPITRE 03 : automatisation et supervision d'un four sécher

II.1 Introduction :

L'automatisation et la supervision jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement optimal et sécurisé du four sécheur à lit fluidisé. Grâce à un ensemble de capteurs, d'actionneurs, de régulateurs et de systèmes de contrôle centralisés, il est possible d'assurer une régulation précise des paramètres critiques tels que la température, la pression et le débit. Ce chapitre présente les principaux dispositifs de régulation mis en place, leur rôle dans le maintien de la stabilité du procédé, ainsi que les outils de supervision permettant un suivi en temps réel des performances du four.

III.2 Les Automates Programmables Industriels (API) :

Aussi appelés PLC (Programmable Logic Controller), sont des dispositifs électroniques conçus pour fonctionner dans des environnements industriels. Ils pilotent automatiquement les systèmes de commande des installations électriques en traitant les données reçues des capteurs et en envoyant des ordres aux actionneurs, selon un programme informatique.[6]

III.2.1 Composition interne d'un API

Un API est constituée des éléments suivants :

- **Module d'alimentation** : fournit l'énergie nécessaire aux différents modules de l'automate.
- **Processeur ou unité centrale de traitement (CPU)** : intègre un microprocesseur qui analyse les signaux d'entrée, exécute le programme stocké en mémoire et commande les sorties en fonction des décisions prises.
- **Mémoire** : stocke le programme ainsi que les données issues des entrées pour traitement, ou destinées aux sorties pour exécution.
- **Périphérique de programmation** : permet de développer le programme et de le transférer dans la mémoire de l'API.
- **Interface d'entrée/sortie** :
    - L'interface d'entrée reçoit les informations des capteurs et du pupitre opérateur via des adresses d'entrée.
    - L'interface de sortie transmet les commandes aux pré-actionneurs (relais, électrovannes) et aux dispositifs de signalisation (voyants) du pupitre via des adresses de sortie.

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**. Dans le type compact, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/sorties sont intégrés dans un seul boîtier.

En revanche, dans le type modulaire, ces composants sont séparés en modules distincts montés sur un ou plusieurs racks.

III.2.2 Langages de programmation des API :

Chaque automate possède son propre langage de programmation, mais la norme industrielle CEI 61131-3 définit des langages universels, divisés en deux catégories :

III.2.2.1 Langages graphiques :

- **LD (Ladder Diagram)** : langage à contacts inspiré des schémas électriques.
- **FBD (Function Block Diagram)** : langage graphique permettant de construire des équations complexes sous forme de blocs fonctionnels interconnectés.
- **SFC (Sequential Function Charts)** : langage basé sur le GRAFCET, utilisé pour représenter des séquences fonctionnelles.
-

III.2.2.2 Langages textuels :

- **IL (Instruction List)** : langage proche de l'assembleur informatique.
- **ST (Structured Text)** : langage textuel de haut niveau, similaire au langage C, utilisé pour décrire des procédures complexes.[6]

III.2.3 Choix de l'automate à utiliser :

Le choix de l'API est une des étapes les plus importantes dans la réalisation d'un projet. Plus les tâches à accomplir sont sensibles, plus ce choix devient critique. La sélection se fait selon différents critères tels que le coût, le temps de cycle, la disponibilité en termes de composants de rechange et les interfaces de communication disponibles sur l'API, ainsi que le cahier des charges et des spécificités techniques du projet à réaliser.

Dans le cadre de ce projet, nous avons étudié et analysé les fonctionnalités que devait offrir notre installation du four sécheur, et compte tenu de la sensibilité du processus et des contraintes de compatibilité, l'automate TSXP57 de la marque Schneider Electric. Ce projet est programmé avec le logiciel Unity Pro.

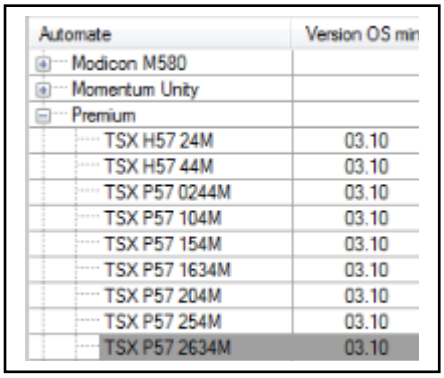
III.2.3.1 TSX Premium 57 :

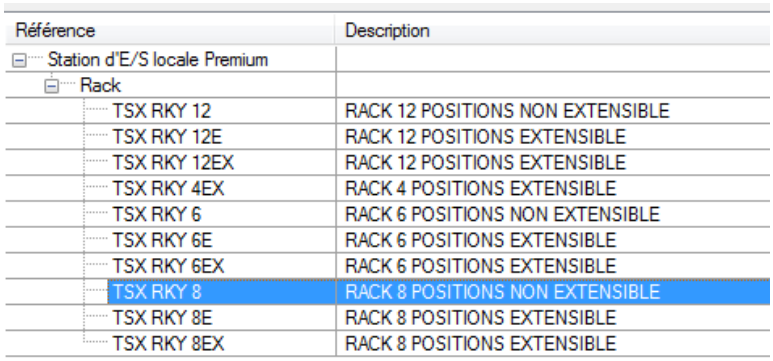
L'automate **TSX Premium 57** est une gamme d'automates programmables industriels (API) développée par **Schneider Electric**. Conçue pour des applications d'automatisation complexes, cette série offre une modularité et une flexibilité adaptées aux environnements industriels exigeants.

III.3 Unity Pro : Désormais connu sous le nom **EcoStruxure Control Expert**, est un logiciel de programmation d'automates industriels (PLC) développé par **Schneider Electric**. Il sert à programmer les automates **Modicon** (M340, M580, Premium, Quantum, etc.) dans des environnements industriels tels que l'automatisation de procès, la supervision ou le contrôle de machines.[

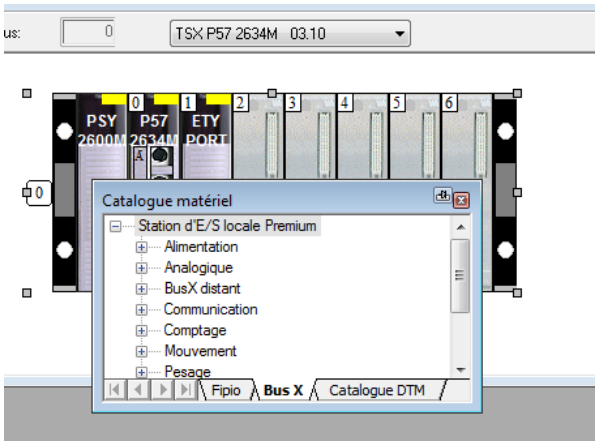
III.3.1 Création d'un projet :

Après avoir ouvert le logiciel, on doit cliquer sur le bouton « New » afin de choisir l'API principal. Pour créer un nouveau projet, nous appuyons sur « EIO BUS », ensuite nous choisissons le rack, les modules d'entrée/sortie (d'E/S) et d'alimentation appropriés pour le projet à réaliser en appuyant deux fois sur ses emplacements. La Figure III. 1 montre les étapes mentionnées.[7]





A. Choix du l'API ***B. Choix du Rack***



C. Choix du module d'entrée / sortie

Figure III.1 : Création d'un projet dans Unity pro

A fin de la création, une interface d'utilisateur s'affiche-t-elle compose :

1 : Barre menus**, 2 :** Barre d'outil**, 3 :** Navigateur du projet**, 4 :** Fenêtre de l'éditeur,

5 : onglets d'accès direct aux fenêtres de l'éditeur**, 6 :** Fenêtre d'information**, 7 :** Ligne d'état.

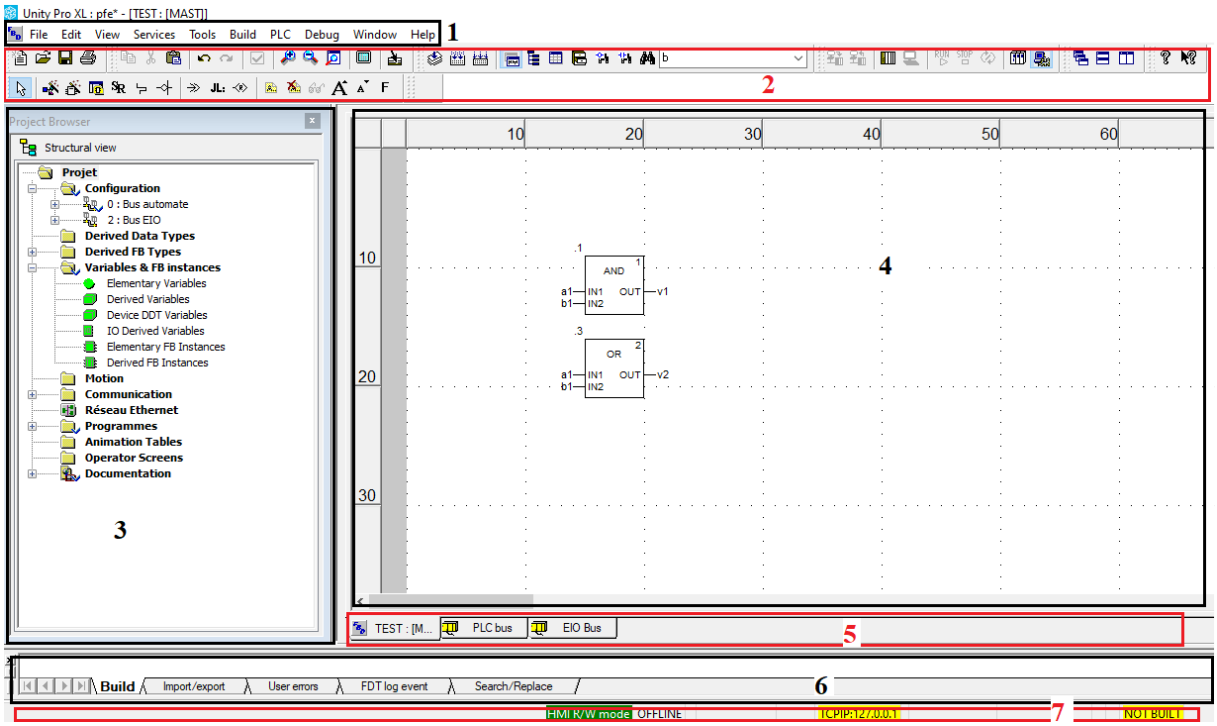


Figure III.2: Interface utilisateur

III.3.2 Déclaration des variables :

Une variable est une entité mémoire, dont le contenu peut être modifié par le programme au cours de l'exécution. Il existe différents types de variables :

- Une variable affectée à un module d'E/S, qui est donc associée à une référence mémoire ;
- Une variable non affectée, dont la position en mémoire est impossible à déterminer ;
- Une variable publique ou privée uniques au FBD, où la variable publique peut être utilisée dans SCADA. .[7]

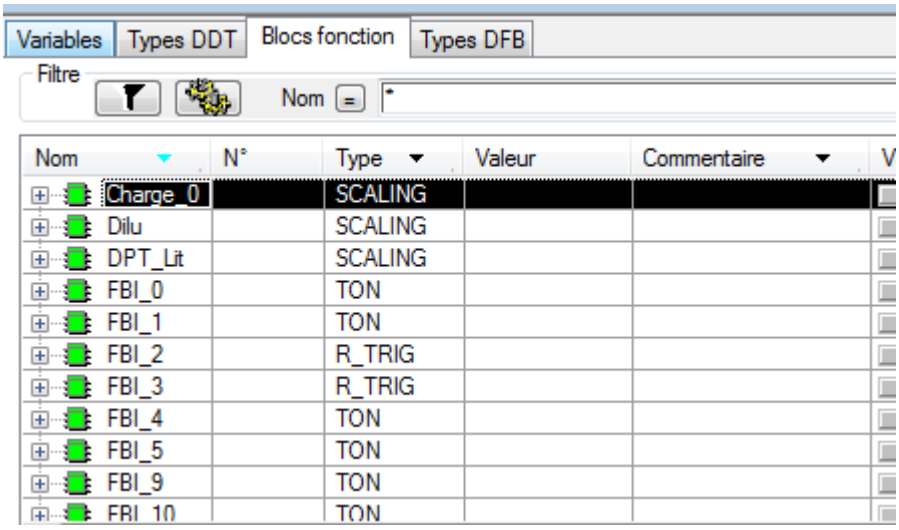
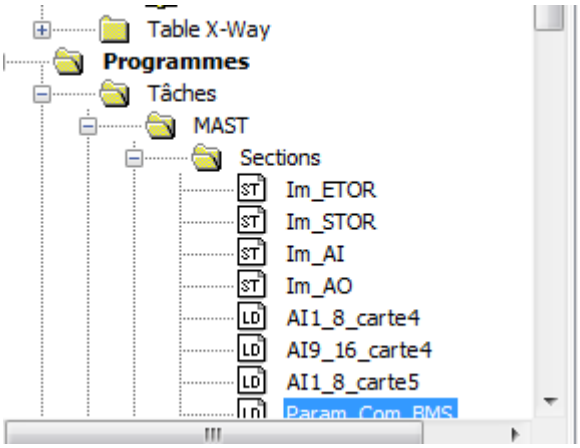


Figure III.3: Interface pour saisir les variables (Data Editor)

III.3.3 Elaboration du programme :

Le programme à exécuter dans la sous-section « Mast » de la section « Programme » dans la vue structurelle du navigateur de projet.



FigureIII.4: Les déférentes sections du programme

III.4 Programme d'automatisation de l'installation du four sécheur :

III.4.1 Configuration matérielle :

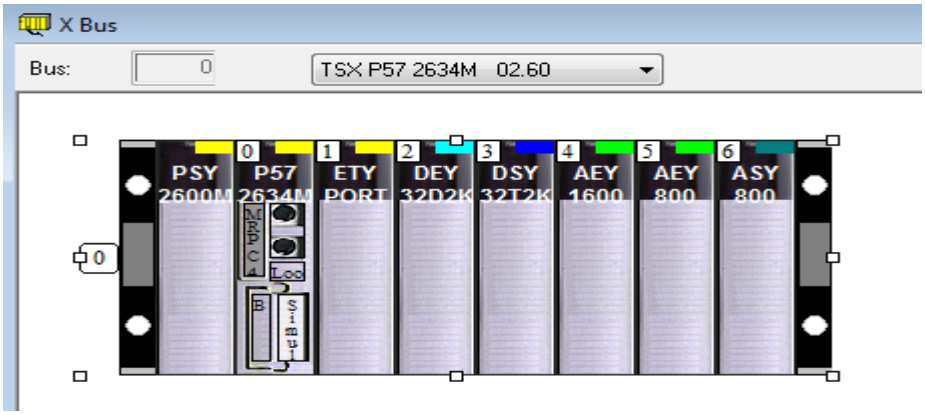
Compte tenu de la complexité du processus de la station et des exigences détaillées dans le cahier des charges, une architecture centralisée s'est révélée insuffisante. Ainsi, l'automate TSX Premium TSXP57 sera configuré avec une station principale (station maître), complétée par six stations déportées d'entrées/sorties (stations RIO – Remote I/O) afin d'assurer une couverture fonctionnelle optimale.

Pour cela, une extension de rack sera mise en place afin d'intégrer l'ensemble des modules d'entrées/sorties numériques et analogiques, garantissant ainsi la modularité et la flexibilité nécessaires au pilotage du procédé.

Cette station de commande est constituée d'un seul Rack ayant une alimentation, une CPU et des modules d'E/S.[7]

III.4.1.1 Châssis ou rack (TSX RKY) :

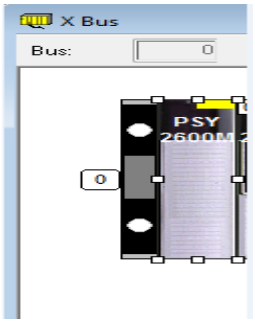
- Support physique dans lequel on insère les modules.
- Existe en différentes tailles : **TSX RKY 4**, **8**, **12**, selon le nombre de modules nécessaires.
- Raccordé à une alimentation électrique spécifique.



FigureIII.5 : Schéma de configuration de four sécheur principale sur Unity Pro.

III.4.1.2 Module d'alimentation :

Le module d'alimentation (ex. : TSX PSY2600) joue un rôle essentiel dans le fonctionnement de l'automate TSX Premium. Il assure l'alimentation électrique de l'ensemble des modules installés sur le rack (processeur, E/S, communication, etc.).Ce module est disponible avec plusieurs tensions d'entrée : soit en courant continu 24 VDC, soit en courant alternatif 100 à 240 VAC, permettant ainsi une adaptabilité aux différentes installations industrielles. En plus de fournir l'énergie nécessaire, il garantit la stabilité et la sécurité de l'alimentation, protégeant le système contre les surtensions, les chutes de tension ou les perturbations électriques. [8]



FigureIII.6 : PSY 2600M

III.4.1.3 La CPU : a carte processeur est le composant principal de la station de commande. Elle est chargée de l'exécution du programme stocké en mémoire et de l'interprétation des signaux d'E/S. Dans une station de commande modulaire, une carte processeur spécifique est nécessaire afin de pouvoir configurer les extensions avec un bus Ethernet. A cet effet, la CPU qui sera utilisée pour notre cas est du modèle TSX P57 2634M. Spécification de notre CPU sont :

- Discrète I/O : 1024
- Analogique : 80
- Network connecteurs : 2

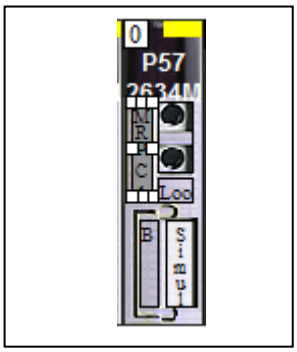
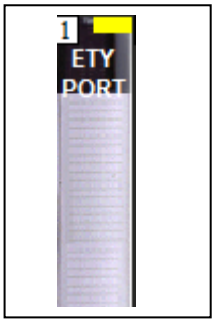


Figure III.7 : Module d'entrée la carte processeur CPU

III.4.1.4 Le protocole de communication Ethernet TCP/IP :

Ethernet désigne un protocole de réseau local (LAN). Celui-ci se base sur des commutations de paquets et sur des câbles en paires torsadées pour permettre de relier plusieurs machines entre elles. TCP fournit un flux d'octets fiable assurant l'arrivée des données sans altération et dans l'ordre, avec retransmission en cas de perte, et élimination des données. IP assure l'acheminement des paquets, depuis une source vers une destination quel que soit sa localisation dans le monde. [6]



FigureIII.8 : Module d'entrée Ethernet TCP/IP

III.4.1.5 Les modules d'E/S :

En se basant sur le bilan des E/S, nous avons établi la liste des modules du rack de la station principale représenté dans le tableau ci-dessous.

TableauIII.1 : Les modules d'entrée / sorties

Module	Nombre	Caractéristiques signal
TSX DEY 32D 2K (32 entrées numérique)	**1**	**24 VDC**
TSX DSY 32T 2K (32 sorties numérique)	**1**	**24 VDC / 0.1 A**
TSX AEY 1600 (16 entrées analogique)	**1**	**4….20 MA**

TSX AEY 800 (8 entrées analogique)	**1**	**4….20 MA**
TSX ASY 800 (8 sorties analogique)	**1**	**4….20 MA**

Figure III.9 : Les modules d'E/S utilisé.

a. Fonction « Im_ETOR » :

Cette fonction contient image d'entrées TOR :

```
(* IMAGE ENTREE TOR CARTE 2*)

Im Presence tension:= Presence tension;
Im Marche bruleur:= Marche_bruleur;
Im Loc dist:=Loc_dist;
Im Rearm:=Rearm;
Im Arret urgence:=Arret urgence;
Im_Presence_400_VAC:= Presence_400_VAC;
Im Def gen seavis COMPACT:=Def gen seavis_COMPACT;
Im Presence 24 VCC:= Presence 24 VCC;
Im FDC mini clapet cheminee:=FDC mini clapet cheminee;
Im FDC maxi clapet cheminee:=FDC maxi_clapet_cheminee;
Im FDC ICV exhaure:=FDC ICV exhaure;
Im FDC ICV combustion:=FDC ICV combustion;
Im FDC ICV dilution:=FDC ICV diluton;
Im retour def dil:=retour def dil;
Im retour ma dil:=retour ma dil;
Im Marche coffret bruleur:= Marche coffret bruleur;
Im TSH1 palier mot dilu:=TSH1 palier mot dilu;
Im TSH2 palier mot dilu:=TSH2 palier mot_dilu;
Im DPT Exhaure Max := DPT Exhaure Max ;
Im DPT Voute Max := DPT Voute Max ;
Im FDC mini volet dilution := FDC mini volet_dilution;
Im FDC mini guillotine:=FDC mini guillotine;
Im FDC maxi guillotine:=FDC_maxi_guillotine;
Im TSH Lit := TSH Lit ;
Im TSH Boite a Vent := TSH Boite a Vent ;
Im retour ma exhaure:=retour ma exhaure;
Im retour def exhaure:=retour def_exhaure;
Im TSH Conduit := TSH Conduit ;
Im TSH Palier Dilution 1 := TSH Palier Dilution 1 ;
Im TSH Palier Dilution 2 := TSH_Palier_Dilution_2 ;
Im TSH Foyer := TSH Foyer;
Im_Arret_sirene:=Arret_sirene;
```

FigureIII.10: Programme des entrées TOR

b. Fonction « Im_STOR » :

Cette fonction contient image des sorties TOR :

```
(* IMAGE SORTIE TOR CARTE 3*)

Marche Seavis COMPACT:=Km Cde seavis_compact;
Blocage def bruleur:=Km Blocage;
(*libre Q0 3 2:=Km libre_Q0_3_2;*)
Voy def:=Km Voy def;
Voy ma:=Km Voy ma;
Sirene:=Km_Sirene;
(*libre Q0 3 6:=Km libre Q0 3 6;*)
(*libre Q0 3 7:=Km libre Q0 3 7;*)
marche exhaure:=Km marche exhaure;
marche comb:=Km marche comb;
marche dilu:=Km marche dilu;
clapet cheminee:=Km clapet cheminee;
(*libre Q0 3 12:=Km libre Q0 3 12;*)
(*libre Q0 3 13:=Km libre Q0 3 13;*)
(*libre Q0 3 14:=Km libre Q0 3 14;*)
(*libre_Q0_3_15:=Km_libre_Q0_3_15;*)
```

Figure III.11: Programme des sorties TOR

c. Fonction « Im_AI » :

Cette fonction contient image d'entrées analogique :

```
(*****************************************************************
(****              recopie des valeurs analogiques
(*****************************************************************

(*carte 4*)
Iw 0 entree:=AI DPT exhaure;
(*Iw 1 entree:=AI libre Iw 1;*)
Iw_2_entree:=AI_DPT_chambre;
Iw 3 entree:=AI Temp air comb;
Iw 4 entree:=AI Zt var_air_comb;
Iw 5 entree:=AI Q gaz;
Iw 6 entree:=AI Temp conduit;
Iw 7 entree:=AI Temp foyer;
Iw 8 entree:=AI Q air comb;
Iw 9 entree:=AI Q air dilu;
Iw 10 entree:=AI Temp1 palier dilu;
Iw 11 entree:=AI Temp2 palier dilu;
(*Iw 12 entree:=AI libre Iw 12;*)
Iw 13 entree:=AI Zt var air exhaure;
Iw 14 entree:=AI Temp conduit regul;
Iw_15_entree:=AI_Temp_air_dilu;

(*carte 5*)
Iw 0a entree:=AI DPT lit boite_vent;
Iw 1a entree:=AI Temp lit;
Iw 2a entree:=AI Temp boite_vent;
Iw 3a entree:=AI Temp toit;
Iw 4a entree:=AI Zt volet air dilu;
Iw 5a entree:=AI DPT guillotine;
(*Iw 6a entree:=AI Zt guillotine;*)
(*Iw_7a_entree:=AI_libre_Iw_7a;*)
```

FigureIII.12: Programme des entrées analogique

d . Fonction « Im_AO » :

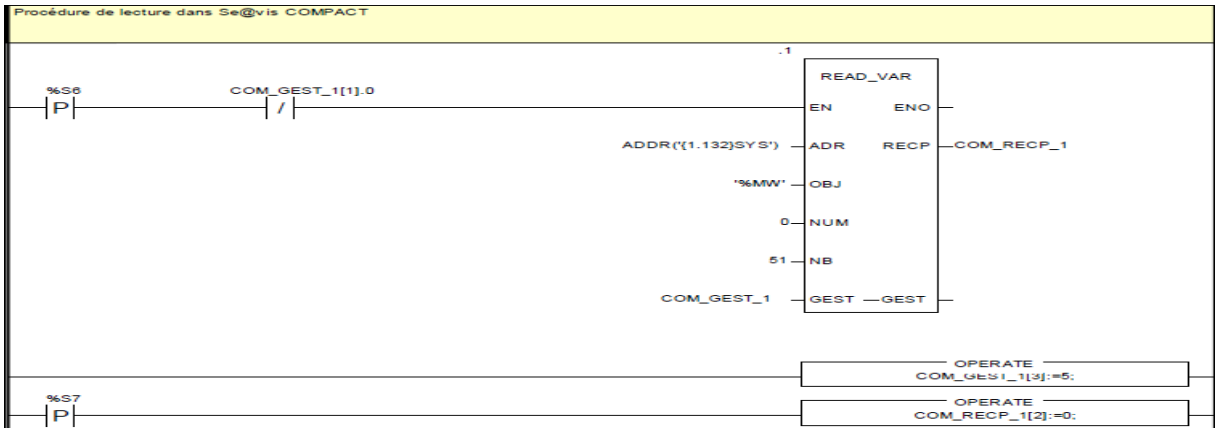
Cette fonction contient l'image des sortis analogique :

```
(*************************************************************)
(****              recopie des valeurs analogiques        ****)
(*************************************************************)

(*carte 6*)

AO_Cmd_var_air_comb:=Qw_0_sortie;
AO_Cmd_var_exhaure:=Qw_1_sortie;
AO_Cmd_charge_seavis_compact:=Qw_2_sortie;
AO_Cmd_volet_dilution:=Qw_3_sortie;
AO_Report_Q_air_comb:=Qw_4_sortie;
AO_Report_Q_air_dilu:=Qw_5_sortie;
AO_Report_temp_conduit_regul:=Qw_6_sortie;
AO_Cmd_guillotine:=Qw_7_sortie;
```

FigureIII.13: Programme des sorties analogique

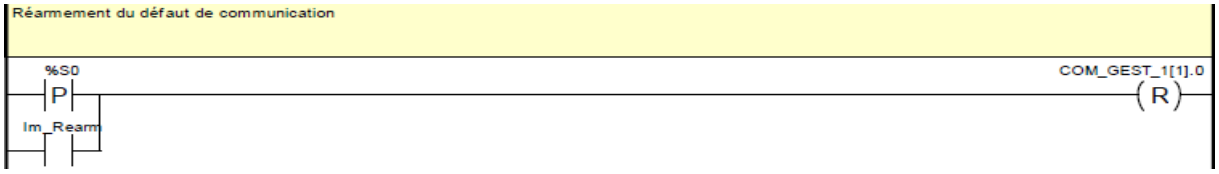
III.4.2 Fonction « Param_Com_BMS » :

Ce programme utilise le bloc READ_VAR pour lire des données depuis un équipement distant via une communication série. Il 'agit ici la procédure de lecture du **Se@vis COMPACT**.



FigureIII.14 : Programme de procédure de lecture du Se@vice COMPACT

Ce réseau permet à un opérateur de réarmer un défaut de communication manuellement, en appuyant sur un bouton ou une commande (`Im_Rearm`), à tout moment où le système est actif (`%S0`).



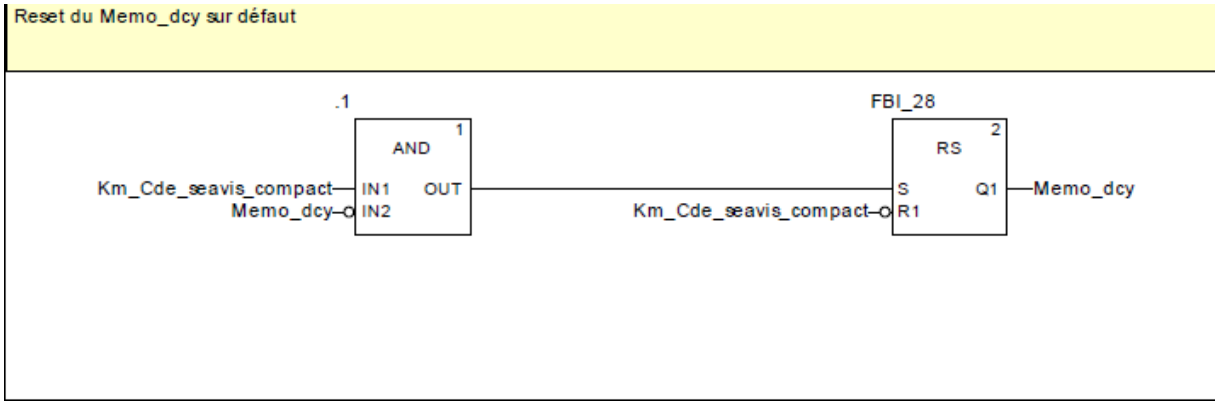
FigureIII.15 : Réarmement du défaut de communication

III.4.3 Fonction « Gestion_defauts » :

- ✓ **Reste du Memo_dcy sur défaut :**

Cette image représente un **réseau en langage FBD (Function Block Diagram)** d'un automate programmable (API/PLC). Le but de ce réseau est de **réinitialiser le bit** Memo_dcy **lorsqu'un défaut est détecté.**

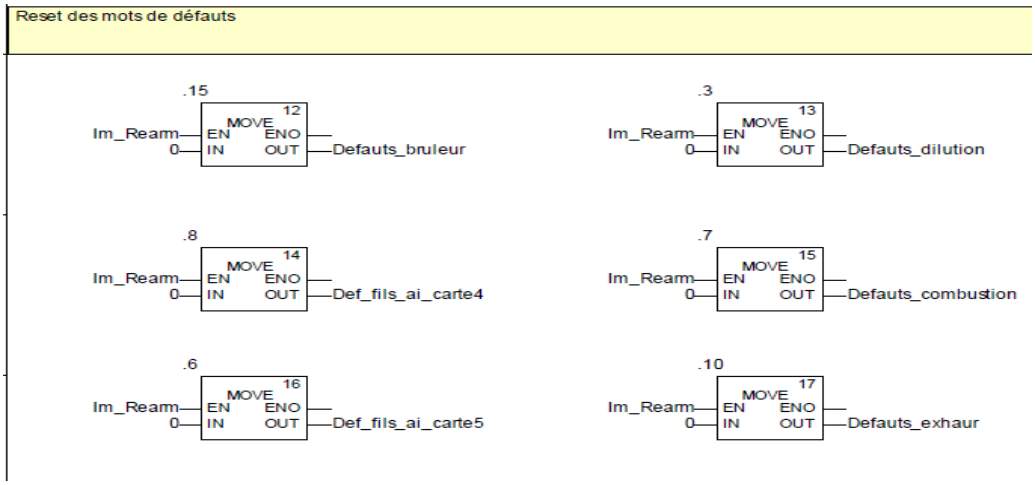
Si **Km_Cde_seavis_compact** est active (présence du commende de Se@vice compact) et Memo_dcy est a 1 indique que il y a un défaut dans le mémoire alors la porte logique envoi un 1 .ce 1 est envoyer à l'entrée reste du bascule ce qui réinitialisé Memo_dcy.



FigureIII.16 : Programme Reste du Memo_dcy dur défaut

- ✓ **Reste des mots de défauts :**

Lorsque Im_Rearm` = 1 tous les « mot de défaut » sont remise a 0 et puis réinitialisé le défaut mémorisé dans ce variable.



FigureIII.17: Programme Reste des mots de défauts

- ✓ **Synthèse défaut :**

Chaque bloc NE « Not Equl » il compare une variable de défaut a 0 pour détecter s'il y a un défaut active. Chaque ces bloc retourne a 1 s'il y a un défaut active. Tous les sorties sont

regroupement avec un bloc 'OR' qui donne une résultat Im_Def_gen_seavis_COMPACT=1 s'il y a au moins un défaut active

Si défaut présent et pas encore réarmé `a_Default_general` passe à 1 et `Im_Rearm` et activé le a_Default_general` est remise à zéro.

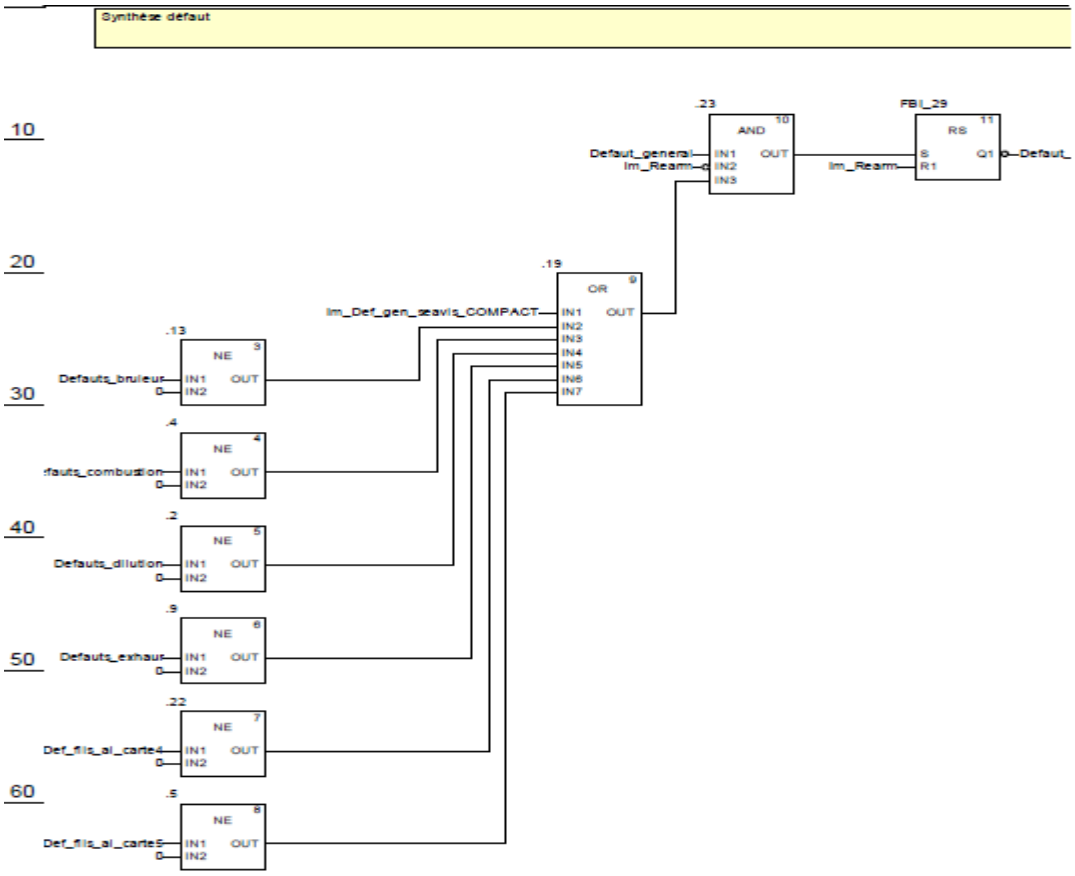


Figure III.18 : Programme Synthèse défaut

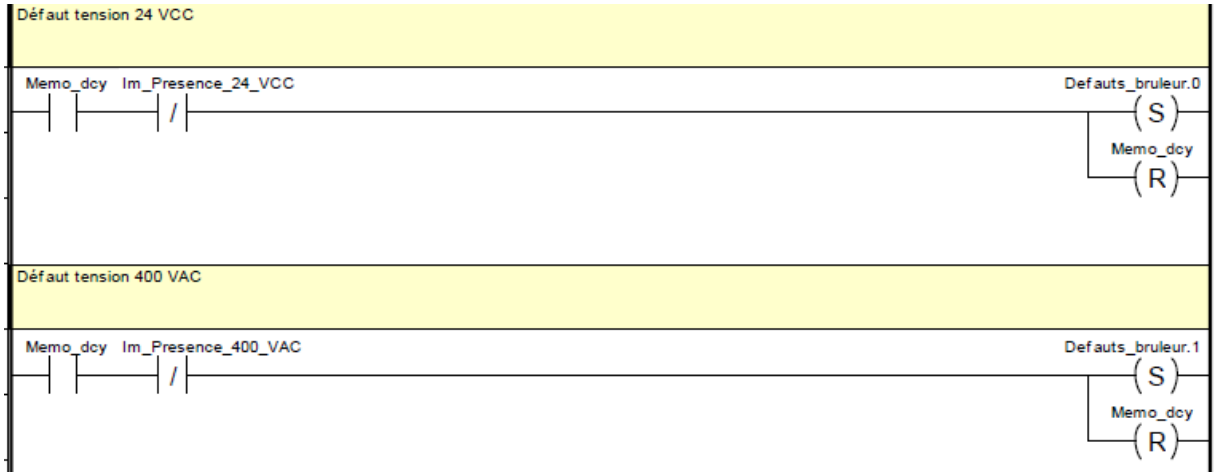
III.4.4 Fonction « Defauts_installation » :

- ✓ **Défaut Tension 24VCC/400VAC :**

Les deux schémas représentent la détection et la mémorisation d'un défaut d'alimentation pour une tension 24VCC et 400VAC.

Si **Memo_dcy** est activé et que **Im_Presence_24_VCC, Im_Presence_400_VAC** est fermé donc l'absence de la tension.

La bobine (Set) du **Defaults_bruleur.0, Defaults_bruleur.1** est active et mémorise le défaut.



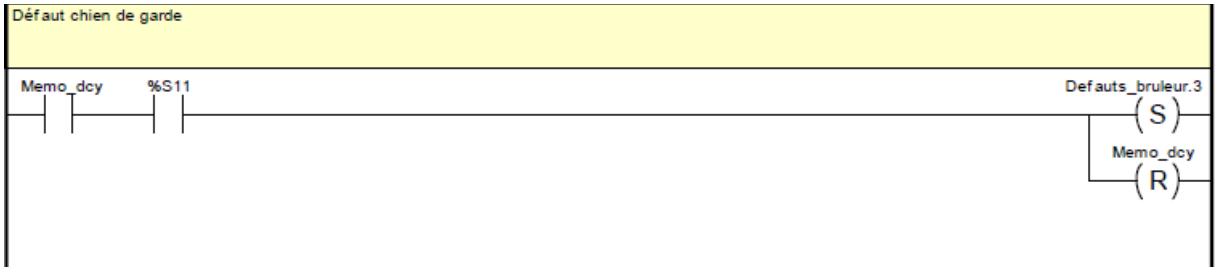
FigureIII.19: Programme défaut tension 24VCC/400VAC

- ✓ **Défaut chien de garde :**

Ce schéma permet de détecté et mémorisé un défaut du chien de garde dans un automate programmable.

Memo_dcy c'est un contact de mémorisation, quant il est fermé et le bit système **%S11** passe a 1 la bobine « Set » du relais bistable **Defaults_bruleur.3** est activé.

Le relais reste activé jusqu'à la réinitialisation sur **Memo_dcy.**

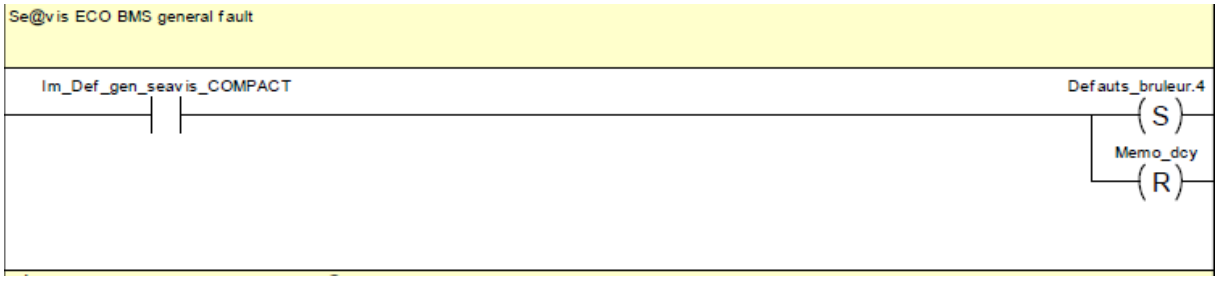


FigureIII.20: Programme défaut chien de garde

- ✓ **Défaut Se@vis ECO BMS General Fault :**

Quand la détection du défaut le contact Im_Def_gen_seavis_COMPACT se ferme,la bobine est activé .la mémorisation du défaut reste gardé sur le relais bistable jusqu'à la réinitialisation .

Lorsque Memo_dcy se ferme la bobine Reset doivent active, cela effacé la mémoire du défaut et remet le système a l'état normal.



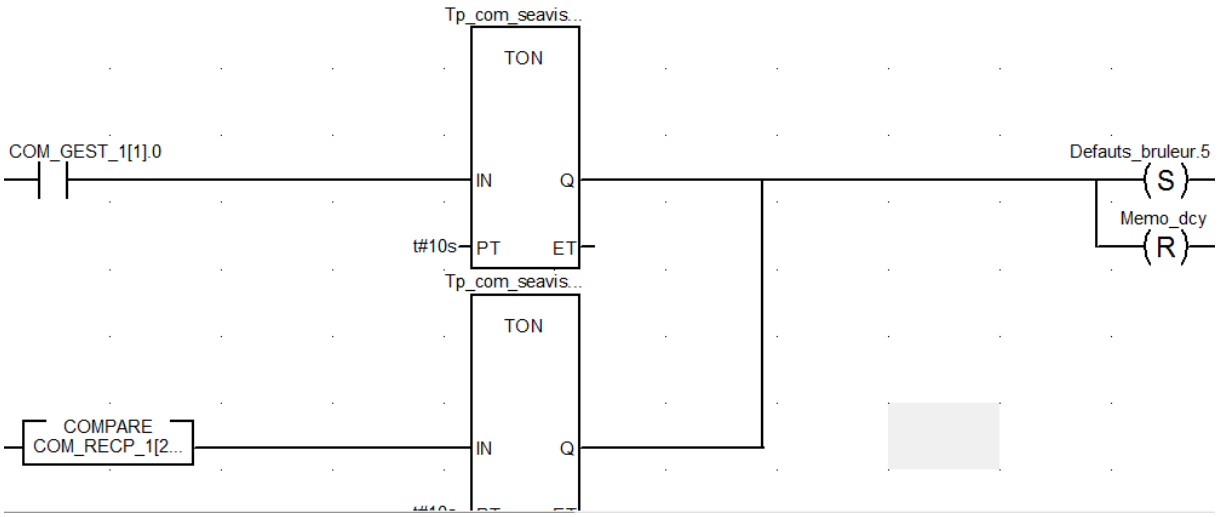
FigureIII.21: Programme Défaut Se@vis ECO BMS General Fault

✓ **Défaut de communication entre TSX57 et Se@vice Compact :**

Si le bit COM_GEST_T11.0 passe a 0 cela une perte de communication entre TSX57 et Se@vice Compact pendant du 10 second donc la sortie Q du temporisation passe à 1.

La mémorisation du défaut Defaults_bruleur.5 reste mémorisé jusqu'à ce que l'opérateur appuis sur bouton de réarmement Memo_dcy.

Le deuxième bloc permet de comparé la valeur d'une variable de communication à zéro, c'est elle 0 signifier qu'il y a une perte de communication.



FigureIII.22 : Défaut de communication entre TSX57 et Se@vice Compact

✓ **Sécurité DPT brûleur :**

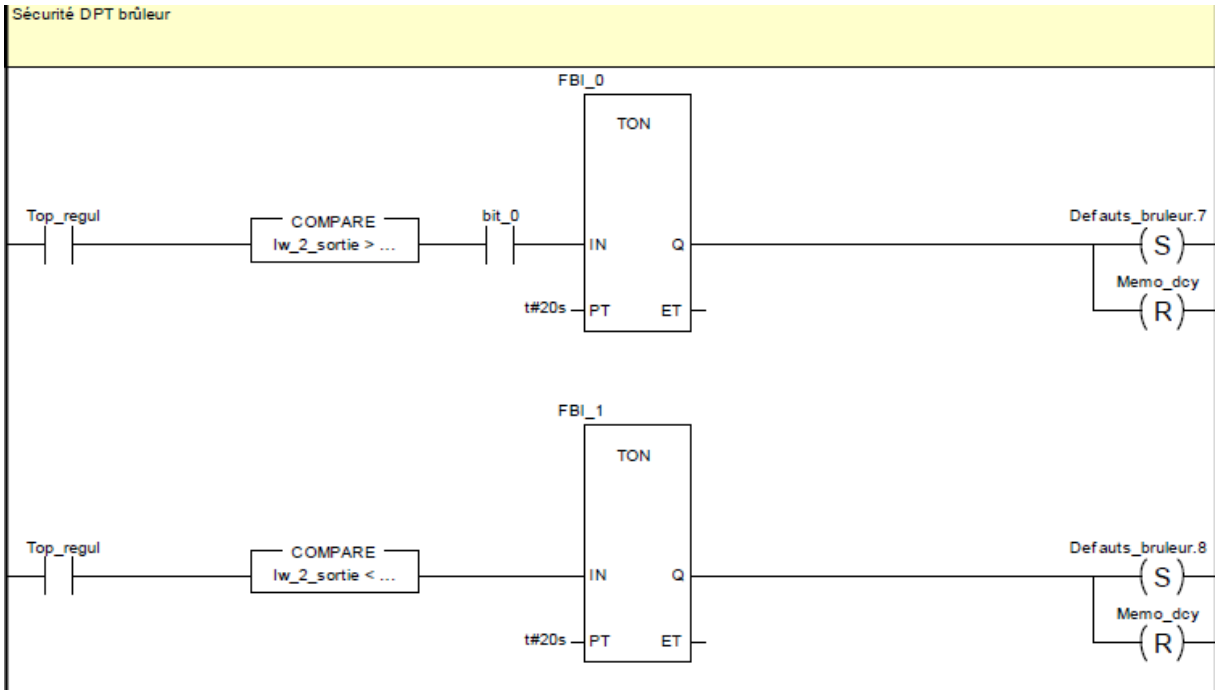
Ce schéma assure la surveillance d la pression différentielle du bruleur.

Top_regul est actif (le système est en régulation).

COMPARE (Iw_z_sortie > ...) il compare la valeur d'entré à un seuil, si la pression différentielle mesuré est hors plage donc le, **bit_0** passe à 1.

Si le défaut dur plus de 20 secondes, la sortie Q du temporisateur passe à 1.

Defaults_bruleur.7 / Defaults_bruleur.8 un relais qui active la mémoire de défaut par S(Set) et réinitialisé via **Memo_dcy**.



FigureIII.23: Programme Sécurité DPT brûleur

- ✓ **Défaut arrêt d'urgence :**

A l'état normal le circuit d'arrêt d'urgence est fermé (le contact **Im_Arret_urgence** est fermé) en cas de détection d'un défaut le contact automatiquement ouvert qui cela active l'entrée S(Set) du relais **Defaults_bruleur.9**.

Ce relais mémorise le défaut et gardé en mémoire jusqu'à l'opérateur doit appuyer sur le bouton de réarmement **Memo_dcy** qui active l'entrée R(Reset) et effacé le défaut.

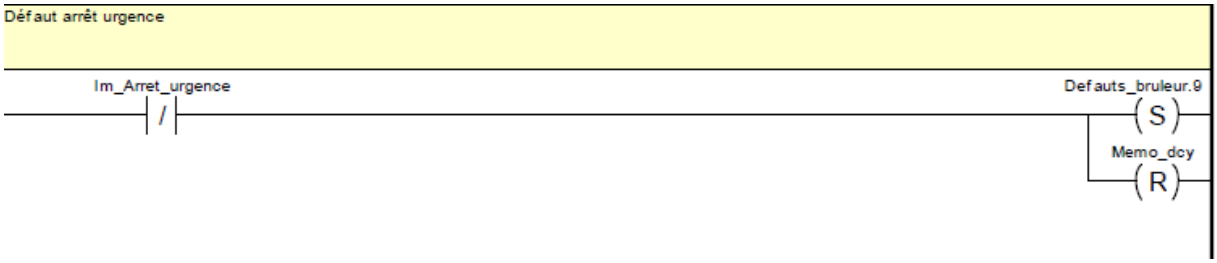


Figure 24 : Programme Défaut arrêt d'urgence

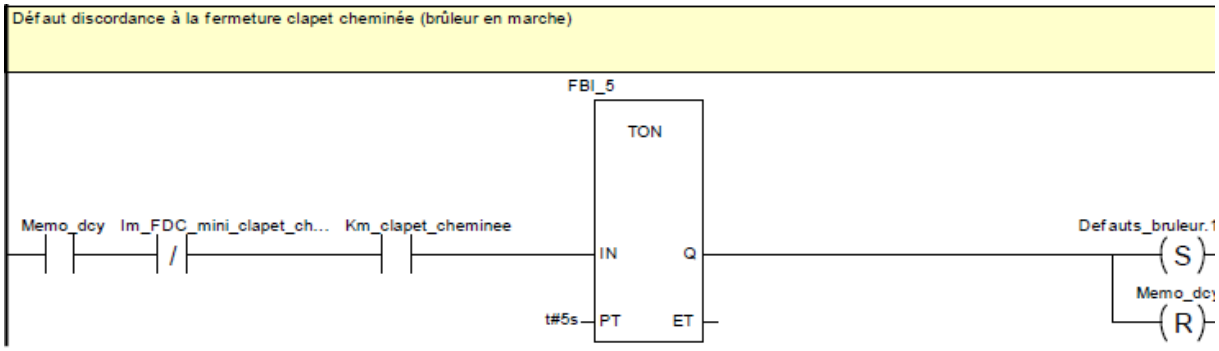
- ✓ **Défaut discordance à la fermeture clapet cheminée (brûleur en marche) :**

Ce schéma sert de détecté et mémorisé un défaut de fermeture de clapet chemine en fonctionnement du bruleur.

Lorsque Memo_dcy est fermé et le contact du fin de course Im_FDC_mini_clapet_ch est ouvert et le relais de commande est activé alors l'entrée IN de la temporisation TON devient vrais.

Si cette discordance passe une durée plus de 5s la sortie Q passe a1.

Cette sortie active le relais Defaults_bruleur.10 en mode Set et mémorisé le défaut qui reste jusqu'à la réinitialisation via Memo_dcy sur l'entrée Reset.



FigureIII.25 : Programme Défaut discordance à la fermeture clapet cheminée (brûleur en marche)

- ✓ **Synthèse des défauts exhaure :**

a.Défaut RM moteur exhaure (Defaults_exhaur.0) :

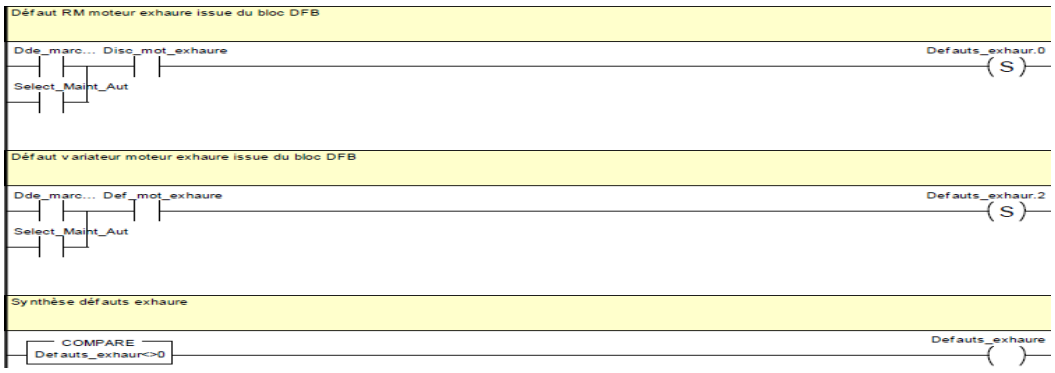
Si une demande de marche le contact **Dde_marc** fermé , et que le système détecte une discordance **(Disc_mot_exhaure)** avec le sélecteur en mode automatique alors le relais**Defaults_exhaur.0** mémorise un défaut.

b.Défaut variateur moteur exhaure (Defaults_exhaur.2) :

Ce programme présent cas de défaut au niveau du variateur de vitesse.

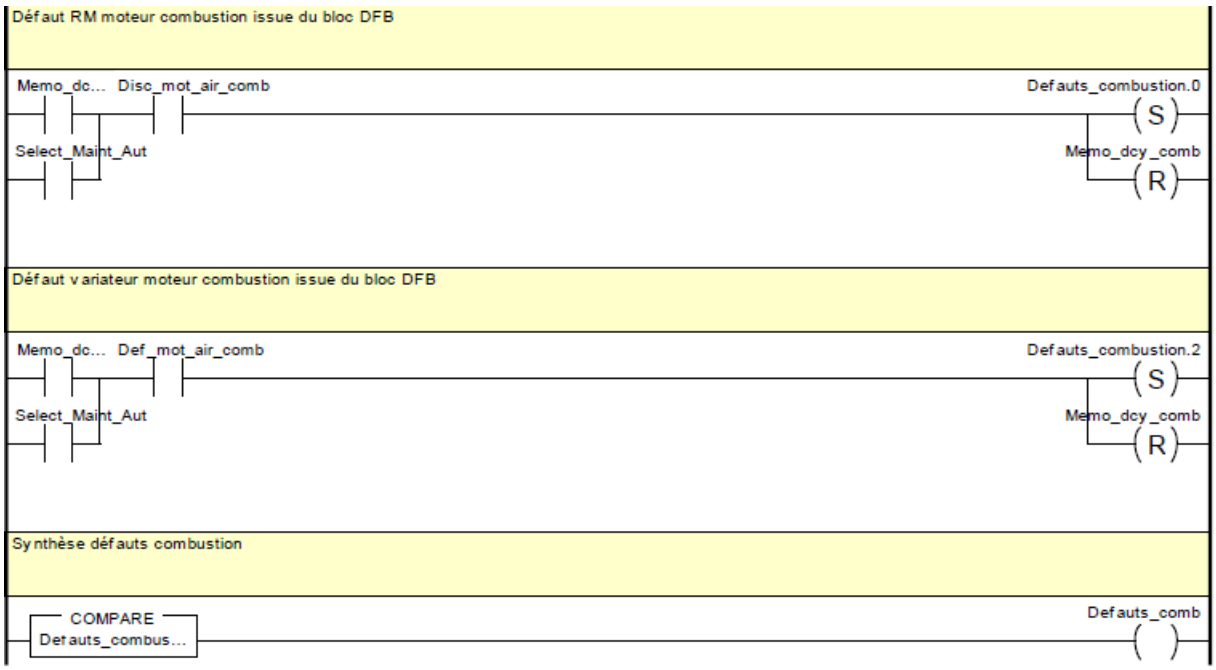
c.Synthèse des défauts exhaure :

Si un ou plusieurs défauts exhaure sont détecté alors **Defaults_exhaure** actif et indiquant que il y a un défaut général exhaure.



FigureIII.26 : Programme Synthèse des défauts exhaure

- **Le moteur d'air combustion a le même principe de la gestion défauts**



FigureIII.27: Programme Synthèse des défauts combustion

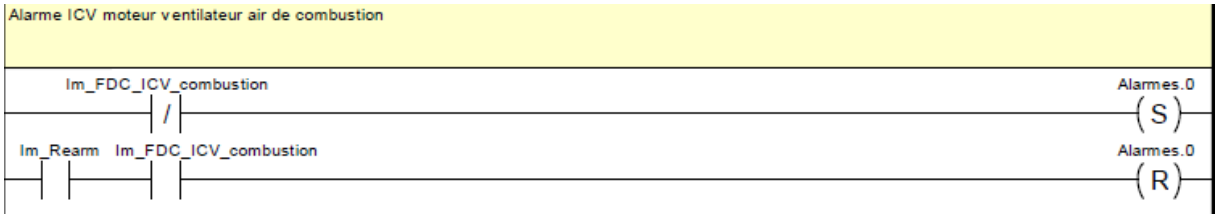
III.4.5 Fonction « Alarmes Installation » :

III.4.5.1 Alarme ICV moteur :

Indique qu'il s'agit un problème au niveau du moteur du ventilateur.

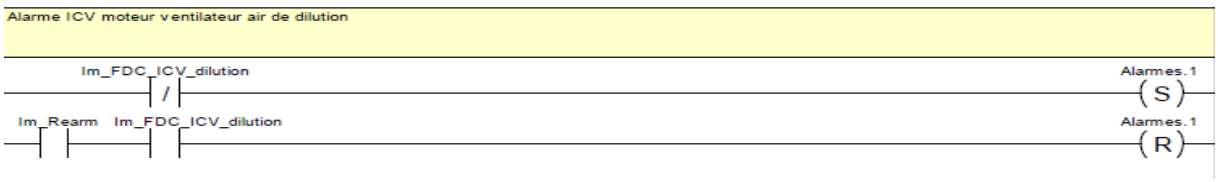
Si le contact du fin de course est non détecté donc le moteur en défaut ; réinitialisé l'alarme il faut que la commande de réarmement doit être actif et le contact du FDC est détecté donc le moteur fonctionne.

- ✓ **Moteur ventilateur d'air combustion :**



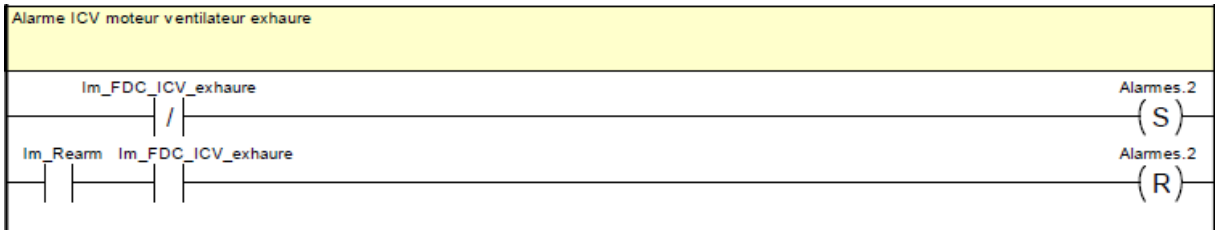
FigureIII.28 : Programme Moteur ventilateur d'air combustion

- ✓ **Moteur ventilateur d'air dilution :**



FigureIII.29 : Moteur ventilateur d'air dilution

✓ **Moteur ventilateur d'air exhaure :**



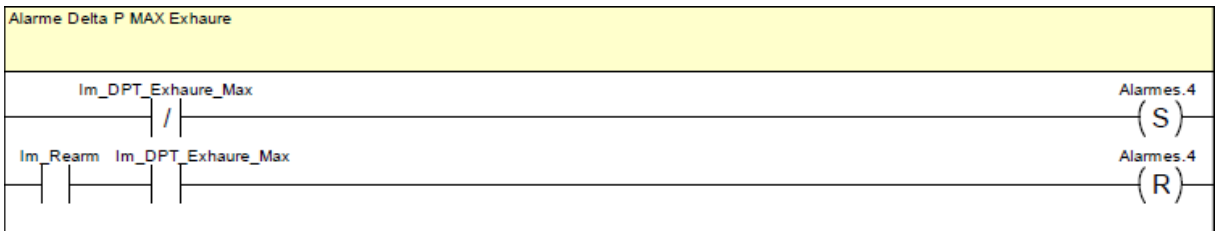
FigureIII.30 : Moteur ventilateur d'air exhaure

III.4.5.2 Alarme Delta P MAX :

Cela concerne une alerte lorsque la différence de pression (ΔP) dans le circuit d'extraction dépasse un seuil maximal.

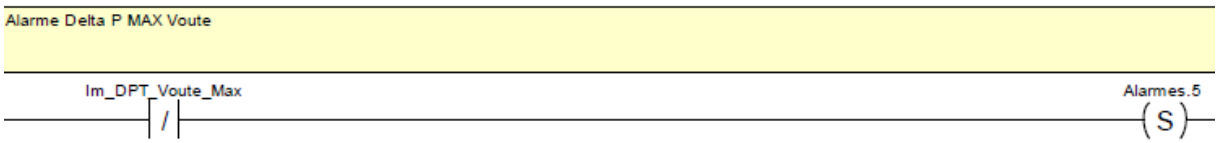
Lorsque ΔP trop élevée Alarmes.4 déclenchée, L'alarme peut être réinitialisée si l'opérateur ou l'automate active **Im_Rearm** et que la pression est inférieure au seuil.

✓ **Alarme Delta P MAX Exhaure :**



FigureIII.31 : Programme Alarme Delta P MAX Exhaure

✓ **Alarme Delta P MAX voute :**

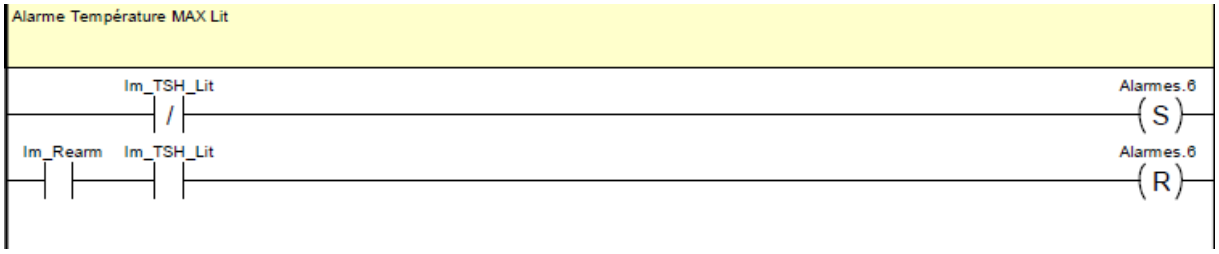


FigureIII.32 :Programme Alarme Delta P MAX voute

III.4.5.3 Alarme Température Max :

L'alarme s'active dès que la température dépasse le seuil critique est reste active même si la température redescend, jusqu'à ce qu'un opérateur effectue un réarmement (Im_Rearm fermé) et que la température soit revenue à la normale.

Ce système évite un réarmement automatique et assure qu'un opérateur ait bien pris connaissance de l'alarme avant de la réinitialiser. [6]

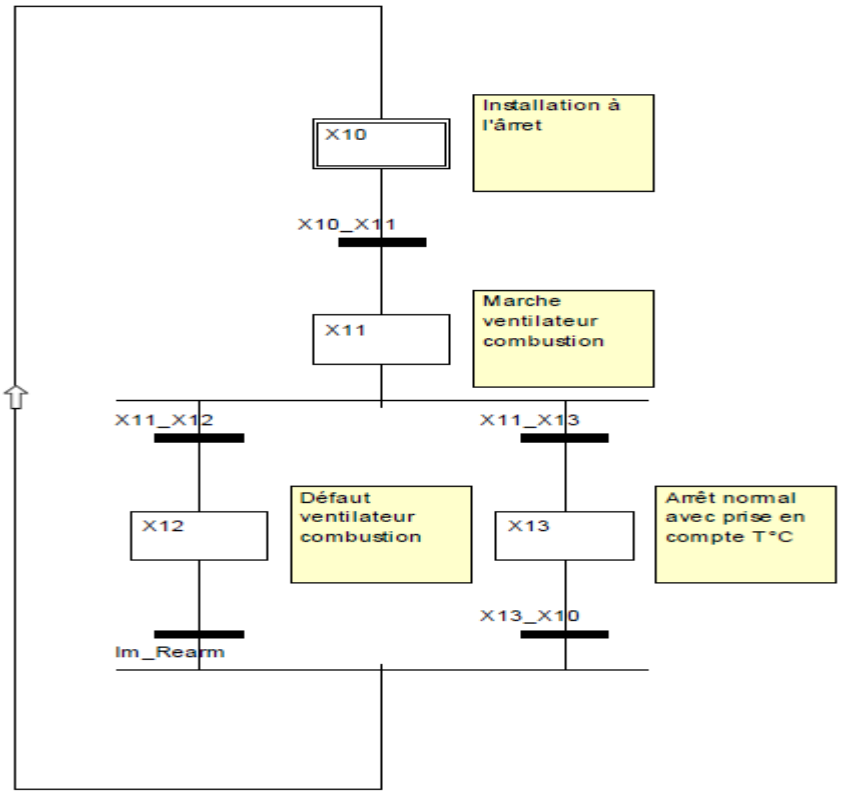


FigureIII.33 : Programme Alarme température Max lit

III.4.6 Fonction « Grafcet Combustion » :

Ce GRAFCET décrit le fonctionnement d'un système de contrôle pour un ventilateur de combustion. Il démarre à l'arrêt (X10). Sur un ordre de démarrage (X10_X11), le ventilateur se met en marche (X11). De là, deux scénarios sont possibles :

- Soit un défaut survient (X11_X12), menant à l'état de défaut (X12) et nécessitant un réarmement (Im_Rearm) pour revenir à l'arrêt.
- Soit un arrêt normal est demandé (X11_X13), menant à un processus d'arrêt normal (X13) qui peut inclure la considération de la température, avant de revenir à l'état d'arrêt complet (X10) une fois l'arrêt terminé (X13_X10).



FigureIII.34 : Grafcet ventilateur combustion

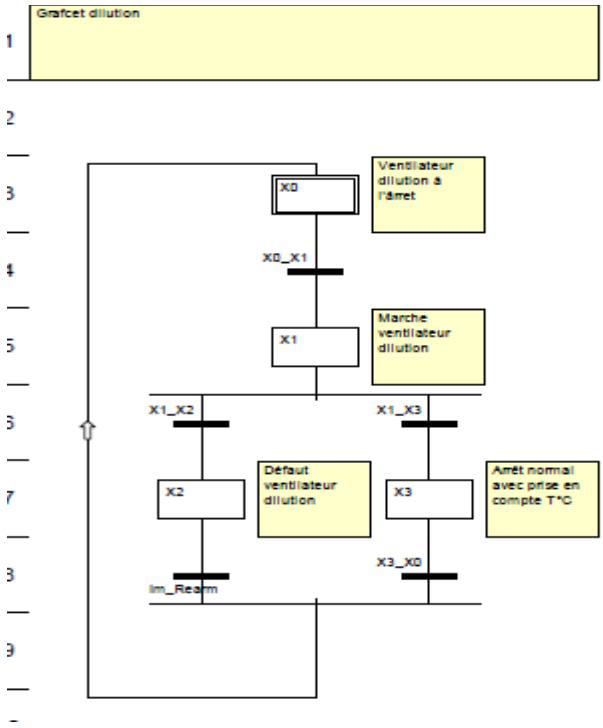
III.4.7 Fonction « Grafcet Dilution » :

Ce GRAFCET décrit une séquence de commande pour un ventilateur de dilution :

- Le ventilateur démarre à partir d'un état arrêté (X0) lorsqu'une commande de démarrage est donnée (X0_X1).
- Une fois en marche (X1), il peut soit :

Passer en état de défaut (X2) si un problème survient (X1_X2), nécessitant un réarmement manuel ou automatique (Im_Rearm) pour revenir à l'état arrêté.

Effectuer un arrêt normal (X3) si une commande d'arrêt est donnée (X1_X3), en tenant éventuellement compte des conditions de température, puis revenir à l'état arrêté (X0) après la fin de la séquence d'arrêt (X3_X0). [6]



FigureIII.35 : Grafcet Dilution

III.4.8 Fonction «Ventilateur» :

a. Demande de marche :

Ce Ladder qui intitulé « Demande de marche » il contient trois ligne qui permettent de demander la mise en marche des trois ventilateurs déférentes (air combustion, air dilution, air exhaure)

- ✓ **Air combustion** :

BP_marche_comb : bouton poussoir pour demander la marche de la combinaison.

On a deux condition logique demande que le retour de marche de l'exhaure (**Im_retour_ma_exhaure**) soit actif (donc que l'exhaure soit prête).

Qu'il n'y ait pas de défaut (**Défauts_comb**).

Donc la sortie sera active (s=Set) qui déclenche **Dde_marche_comb**.

- ✓ **Air dilution :**

BP_marche_dil : bouton poussoir pour demander la marche de la dilution.

Retour de marche de l'exhaure doit être présent (**Im_retour_ma_exhaure**).

Pas de défaut de la dilution (**Défauts_dil**).

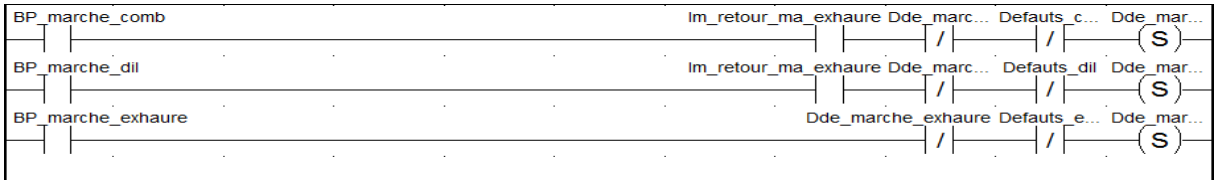
Active **Dde_marche_dil** (Demande de marche dilution).

- ✓ **Air exhaure :**

BP_marche_exhaure : bouton poussoir pour demander la marche de l'exhaure.

Pas de défaut sur l'exhaure **(Défauts_exhaure**).

Cela active **Dde_marche_exhaure.**



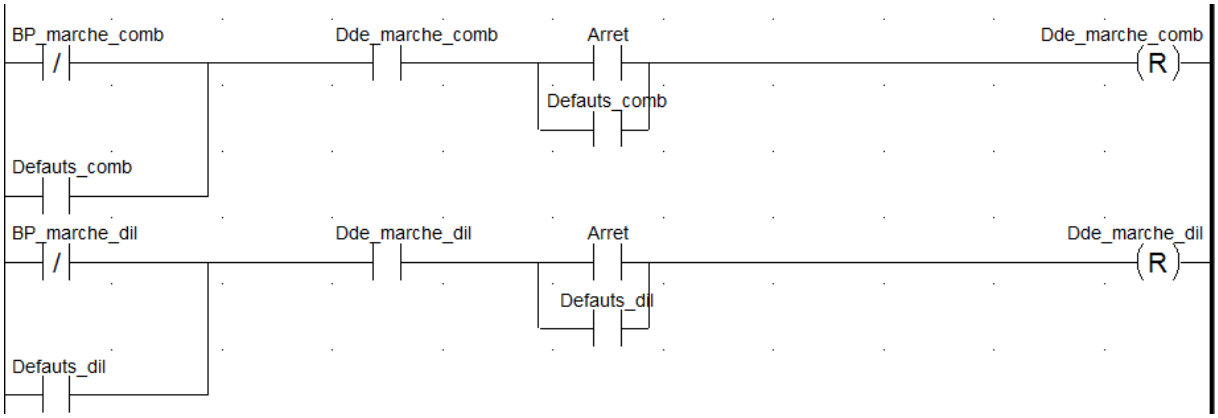
FigureIII.36 : Programme demande de marche

b. Demande d'Arrêt :

Une demande de marche sera annulé (remise à zéro) si **:**

- Tu appuies sur arrêt,
- Tu as un défaut,
- Ou une anomalie avec le bouton poussoir.

Si le bouton n'est pas appuie (**BP_marche_comb, BP_marche_dil**) le contact est fermé, ou s'il y a un ordre général d'arrêt (arrêt est activer) et détecté un défaut de combinaison (**Défauts_comb, Défauts_comb**), alors (**Dde_marche_comb, Dde_marche_dil**) sont réinitialisé, et l'équipement s'arrête. [6]



FigureIII.37 : Programme d'arrêt de marche

III.4.9 Gestion commande des moteurs et des sorties :

A .Moteur air dilution :

Ce schéma représente un programme en langage à contacts (ladder) .Il s'agit ici de la gestion de la commande d'un moteur de dilution et des sorties associées du DFB vers le MCC.

- ✓ **Mémoire de Marche /Arrêt :**
  Les contacts (X1.x, X0.x, X2.x) permettent de mémoriser un ordre de marche (**Memo_marche_dil**) ou d'arrêt (**Memo_arret_di**l) du moteur de dilution.

- ✓ **Pilotage du moteur :**

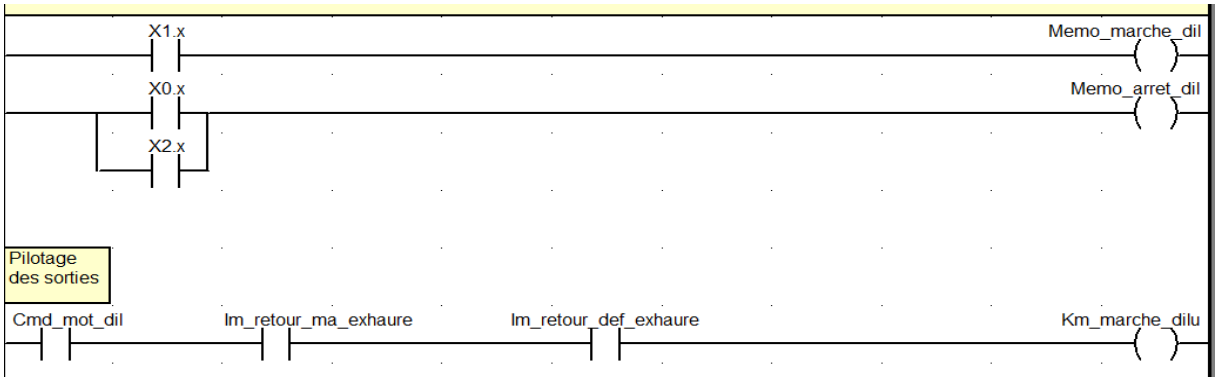
La sortie du contacteur de marche du moteur de dilution (**Km_marche_dilu**) doivent active si :

Cmd_mot_dil : Commande de marche moteur dilution.

Im_retour_ma_exhaure : Retour de marche d'une exhaure (pompe).

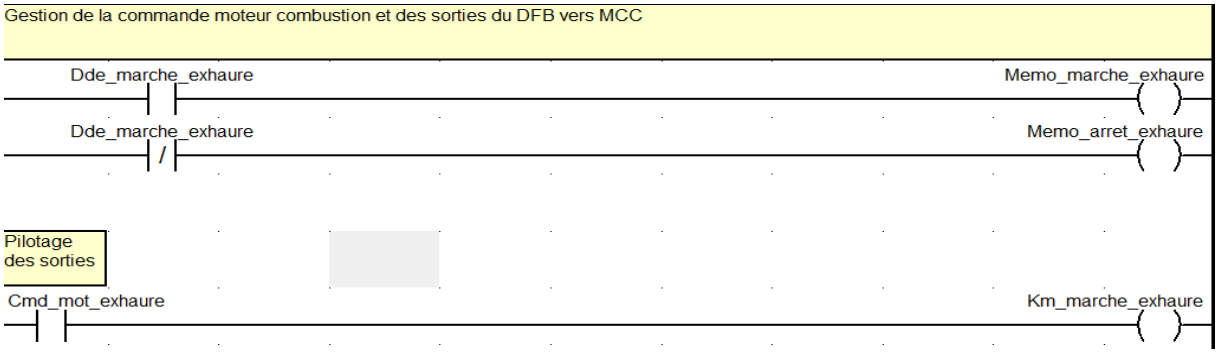
Im_retour_def_exhaure : Retour de défaut d'exhaure

Ce schéma ladder permette de gérer la marche /arrêt du moteur dilution via des mémoires.

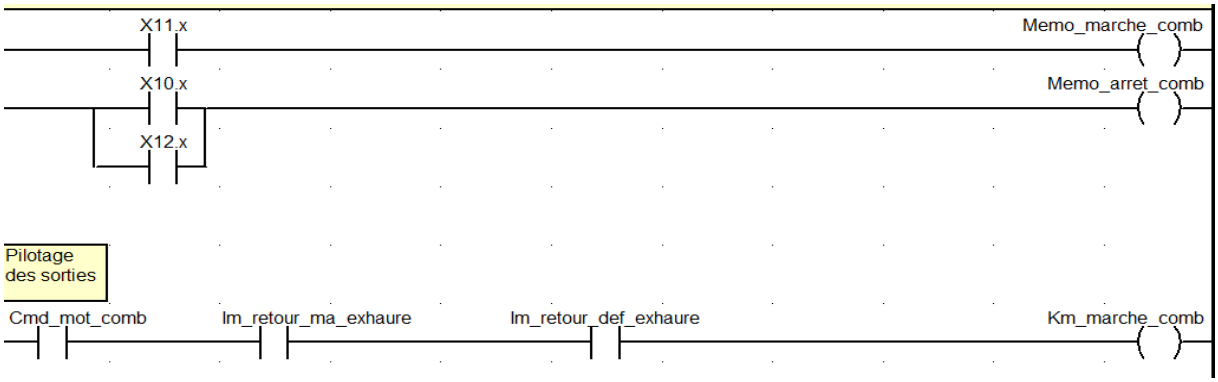


FigureIII.38 : Programme gestion du moteur air dilution

- ✓ **Les deux autre moteurs ont le même principe de la gestion de commande et sorties (moteur air combustion, moteur air exhaure)**



FigureIII.39 : programme de gestion commande moteur air exhaure



FigureIII.40 : programme de gestion commande moteur air combustion

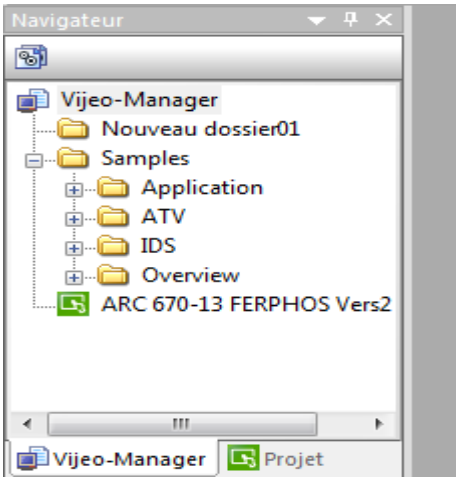
III.5 Supervision du four sécheur DK2 :

III.5.1 Supervision :

La supervision du four sécheur est assurée à l'aide du logiciel **Vijeo Designer** installé sur un terminal **HMI Magelis**. Elle permet de visualiser en temps réel l'état de fonctionnement du four, comme les températures, les moteurs, les ventilateurs, et le niveau d'humidité du phosphate. L'interface graphique offre aux opérateurs une vue globale du processus, avec des pages dédiées à la commande, au suivi des paramètres, et à la gestion des alarmes. Cela garantit un contrôle efficace, une intervention rapide en cas d'anomalie, et une amélioration de la sécurité et de la performance du système. [8]

III.5.1.1 Vijeo Designer :

Vijeo Designer est un logiciel de programmation et de configuration des interfaces **HMI (Magelis)** développé par **Schneider Electric.** Il permet de créer des interfaces graphiques pour superviser, contrôler et surveiller des installations industrielles comme le four sécheur. Grâce à Vijeo Designer, on peut concevoir des synoptiques clairs, définir les variables de communication avec l'automate, configurer les alarmes, et personnaliser l'affichage selon les besoins des opérateurs. Il joue un rôle essentiel dans la supervision locale du processus.



FigureIII.41 : Navigateur du projet

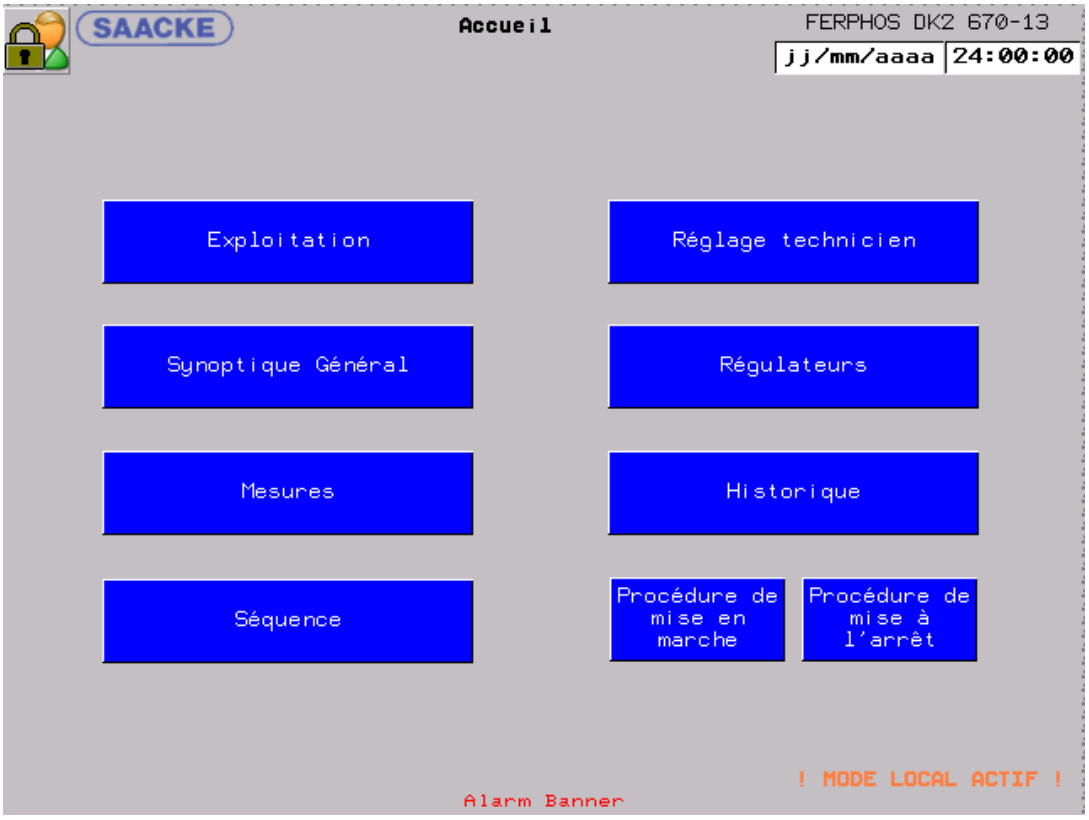
III.5.1.2 HMI (Magelis) :

L'**HMI (Human-Machine Interface)** de type **Magelis** est un écran tactile qui permet aux opérateurs d'interagir directement avec le système automatisé du four sécheur. Il affiche en temps réel les informations essentielles comme les températures, les états des moteurs et les alarmes. Grâce à cette interface, l'opérateur peut surveiller le processus, modifier certains paramètres, et réagir rapidement en cas d'anomalie. L'HMI est donc un outil clé pour assurer une supervision efficace et sécurisée sur le terrain.

III.5.1.2.1 Les vue de l'écran tactile Magelis :

- ✓ **Accueil :**

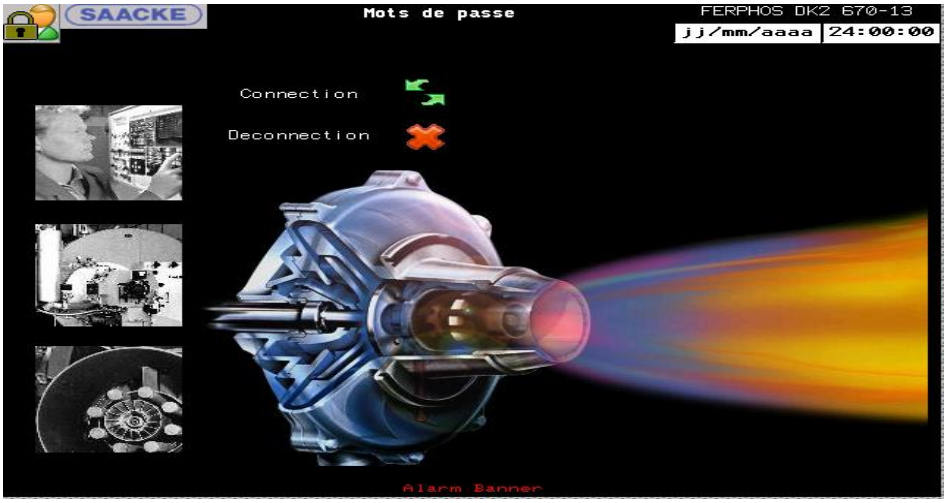
Cette interface HMI, conçue avec **Vijeo Designer**, représente l'écran d'accueil du système de supervision du four sécheur. Elle permet un accès direct aux pages d'exploitation, mesures, réglages, alarmes et procédures. L'opérateur peut ainsi surveiller et contrôler le processus de manière simple et efficace.



FigureIII.42 : Page d'accueil du Magelis

✓ **Mot de passe :**

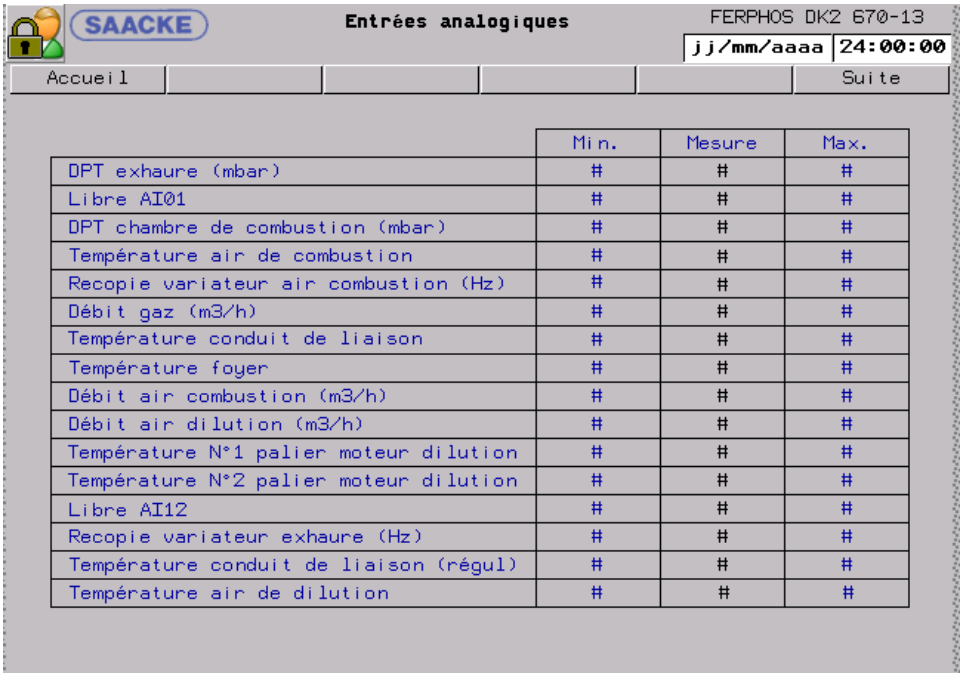
Cette page HMI permet la **connexion et déconnexion des utilisateurs** via un système de mots de passe, garantissant un accès sécurisé aux fonctions de supervision du four.



FigureIII.43 : Page du Mot de passe du Magelis

✓ **Les Mesures :**

Cette interface affiche les **valeurs analogiques** du four sécheur, comme les pressions, températures, débits et vitesses, avec les limites minimales et maximales pour chaque mesure.



	Min.	Mesure	Max.
DPT exhaure (mbar)	#	#	#
Libre AI01	#	#	#
DPT chambre de combustion (mbar)	#	#	#
Température air de combustion	#	#	#
Recopie variateur air combustion (Hz)	#	#	#
Débit gaz (m3/h)	#	#	#
Température conduit de liaison	#	#	#
Température foyer	#	#	#
Débit air combustion (m3/h)	#	#	#
Débit air dilution (m3/h)	#	#	#
Température N°1 palier moteur dilution	#	#	#
Température N°2 palier moteur dilution	#	#	#
Libre AI12	#	#	#
Recopie variateur exhaure (Hz)	#	#	#
Température conduit de liaison (régul)	#	#	#
Température air de dilution	#	#	#

FigureIII.44 : Les mesures sur Magelis

✓ **Synoptique général :**

Ce synoptique représente le schéma de contrôle d'une installation industrielle de combustion, typiquement une chaudière à lit fluidisé. Il montre les différents capteurs (débit, température, pression), les actionneurs (vannes, ventilateurs), et les principales étapes du processus : alimentation en air et combustible, chambre de combustion, lit fluidisé, boîte à vent, et traitement des fumées par multicyclones. Les valeurs affichées permettent de surveiller et de piloter en temps réel le fonctionnement de l'installation pour garantir sécurité et efficacité1. [7]

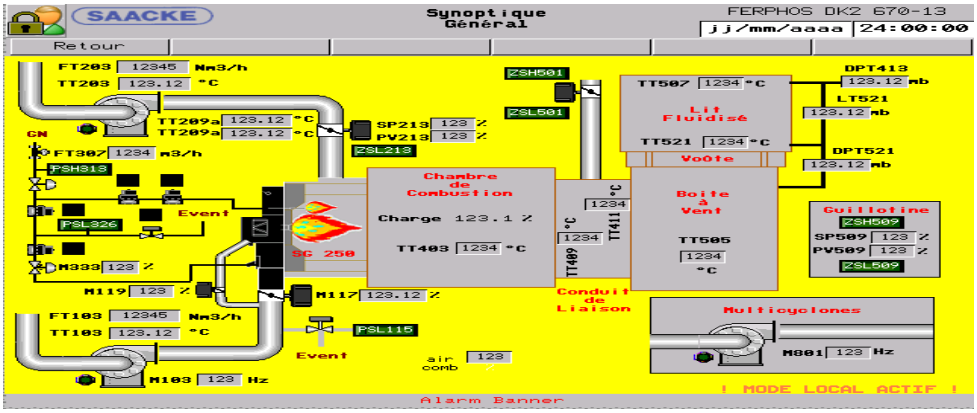
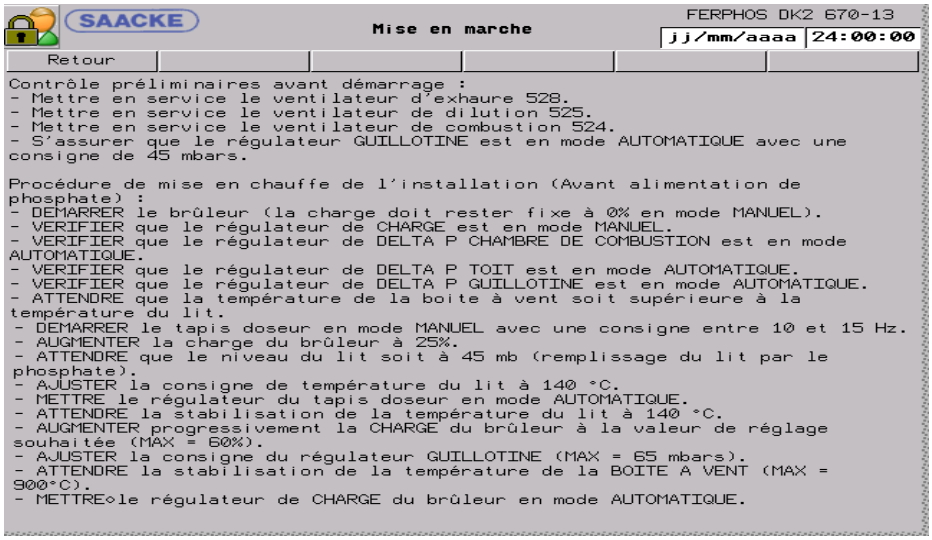


Figure III.45 : Synoptique général sur le Magelis

✓ **Procédure de Marche :**

Cette image décrit la procédure de mise en marche d'une installation industrielle de combustion. Il détaille les étapes préliminaires (mise en service des ventilateurs, vérification des régulateurs)

puis la séquence de démarrage : allumage du brûleur, contrôle des régulations en mode manuel ou automatique, montée progressive en température, et ajustement des paramètres pour garantir la sécurité et le bon fonctionnement du système.



FigureIII.46 : Procédure du Marche

- ✓ **Procédure d'arret :**

Cette procédure explique comment arrêter une installation de combustion en toute sécurité. Il faut d'abord passer le régulateur GUILLOTINE en mode manuel, régler sa sortie à 25 %, puis observer le niveau du lit jusqu'à ce qu'il descende sous 3 mbar. Ensuite, on remet le régulateur en mode automatique. Si l'arrêt doit durer longtemps (boîte à vent sous 200°C), il faut aussi arrêter les trois ventilateurs1. [7]

FigureIII.47 :Procédure d'arrêt

- ✓ **Exploitation :**

Cette image est une interface de supervision industrielle, probablement pour un système de combustion ou un four. Elle présente plusieurs informations et commandes essentielles :

Ventilateurs (Ventilateur combustion, Ventilateur dilution, Ventilateur exhaure) :

On peut voir leur état (Marche/Arrêt) via des indicateurs lumineux verts et rouges, et potentiellement les contrôler. Des numéros (524, 525, 528) sont associés à chaque ventilateur.

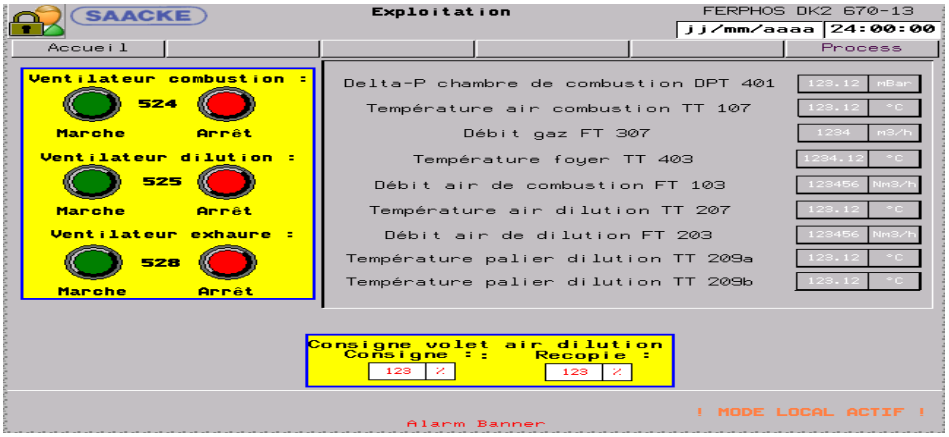
Mesures de Processus : Une série de capteurs mesurent des paramètres importants :

- Pression différentielle de la chambre de combustion (Delta-P)
- Température de l'air de combustion
- Débit de gaz
- Température du foyer
- Débit d'air de combustion
- Température de l'air de dilution
- Débit d'air de dilution
- Températures des paliers de dilution (TT 209a, TT 209b) Chaque mesure est affichée avec sa valeur numérique et son unité (mBar, °C, m³/h, Nm³/h).

Consigne volet air dilution : Il y a une section pour régler une consigne pour le volet d'air de dilution, avec une valeur de consigne et une valeur de recopie, toutes deux exprimées en pourcentage.

Informations Générales : En haut, on trouve le nom de l'entreprise (SAACKE), le titre de l'écran (Exploitation), l'identifiant du système (FERPHOS DK2 670-13), la date et l'heure actuelles.

Bannières d'état : En bas, il y a des bannières pour les alarmes ("Alarm Banner") et le mode de fonctionnement ("! MODE LOCAL ACTIF !"), indiquant si le système est sous contrôle local ou à distance. [8]



FigureIII.48 :Page exploitation su Magelis

✓ **Vue synoptique du bruleur :**

Cette image présente l'interface de contrôle d'un brûleur industriel, clairement identifiée par "SAACKE" et "Vue brûleur". Elle offre un aperçu complet de l'état du système, incluant les statuts du brûleur ("ARRET BRULEUR", "BRULEUR EN REGULATION", "DEFAUT BRULEUR"), ainsi que des mesures en temps réel pour le débit de gaz (ex: "1234 m3/h"), les débits d'air de combustion et primaire, les températures (ex: "1234 °C"), les pressions

(ex: "123.12 mb") et la charge du brûleur ("Charge 123.1 %"). L'interface visualise également le parcours des fluides et des fumées, avec des composants comme les "Multicyclones", et affiche la date, l'heure et diverses fréquences. Une "Alarm Banner" est présente pour les messages d'erreur, et une alerte cruciale "MODE LOCAL ACTIF !" signale que le contrôle se fait directement sur l'équipement, ce qui est essentiel pour la sécurité opérationnelle. [7]

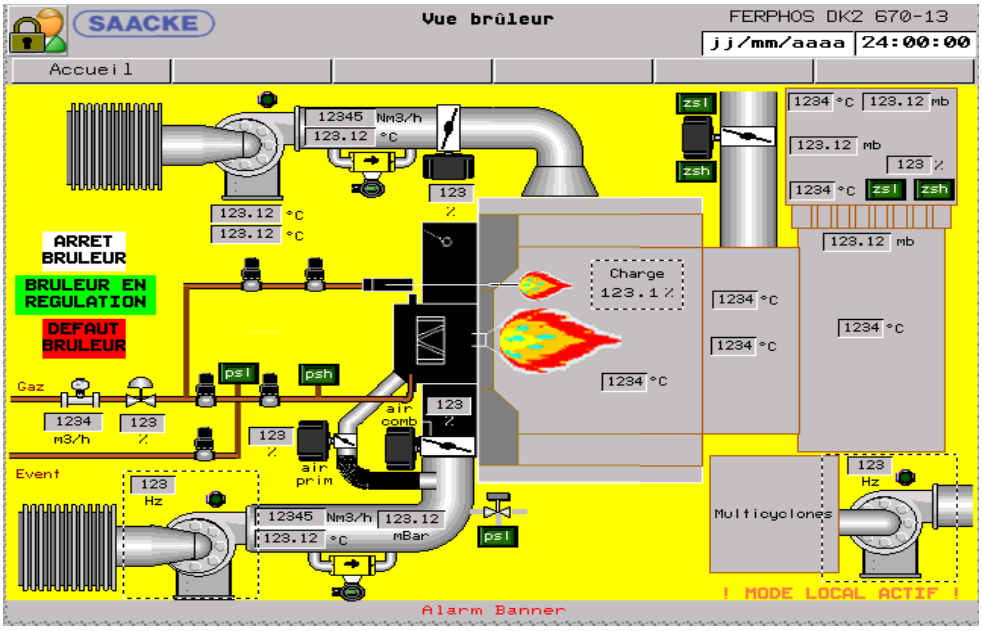
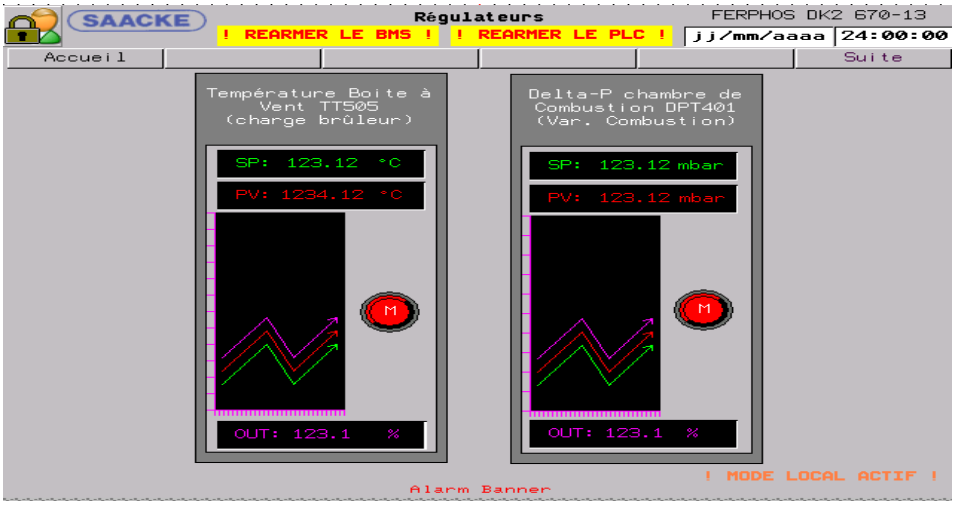


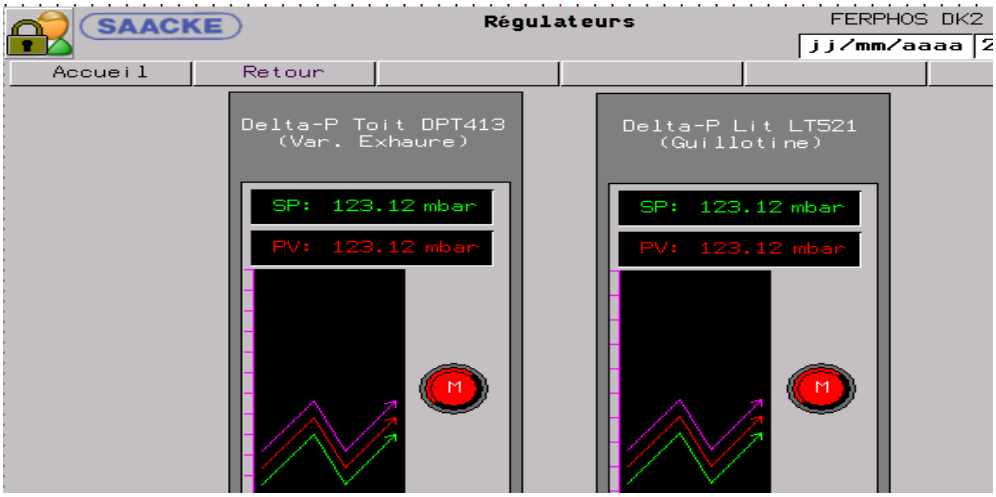
Figure III.49:Vue synoptique de bruleur sur Magelis

✓ **Régulation :**

Ces deux écrans sont des panneaux de régulation issus d'un système de contrôle de brûleur SAACKE. Ils affichent chacun deux boucles de régulation clés, permettant de surveiller et d'ajuster des paramètres cruciaux pour le fonctionnement du brûleur. Le premier écran se concentre sur le contrôle de la pression différentielle (Delta-P) du toit et du lit, tandis que le second gère la température de la boîte à vent et la pression différentielle de la chambre de combustion. Pour chaque régulateur, l'opérateur voit la consigne (SP), la valeur réelle (PV), la sortie de la commande (OUT en %) et une représentation graphique de l'évolution. Les deux écrans incluent des zones d'alarme et l'indicateur "MODE LOCAL ACTIF !", signalant un contrôle direct sur l'équipement. L'un des écrans présente en plus des messages d'avertissement critiques, comme "REARMER LE BMS" et "REARMER LE PLC", indiquant des actions de réinitialisation nécessaires. [7]



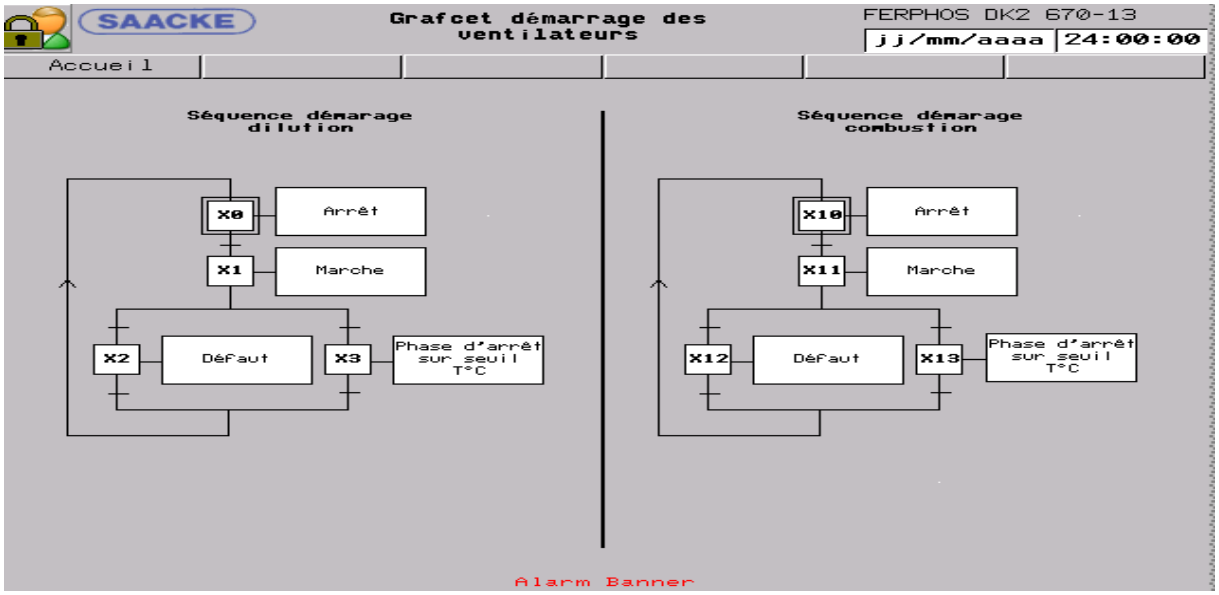
FigureIII.50 :Vue régulation (charge bruleur,Var.combustion)



FigureIII.51 :Vue régulation (Var.exhaure,Guillotine)

- ✓ **Grafcet installation :**

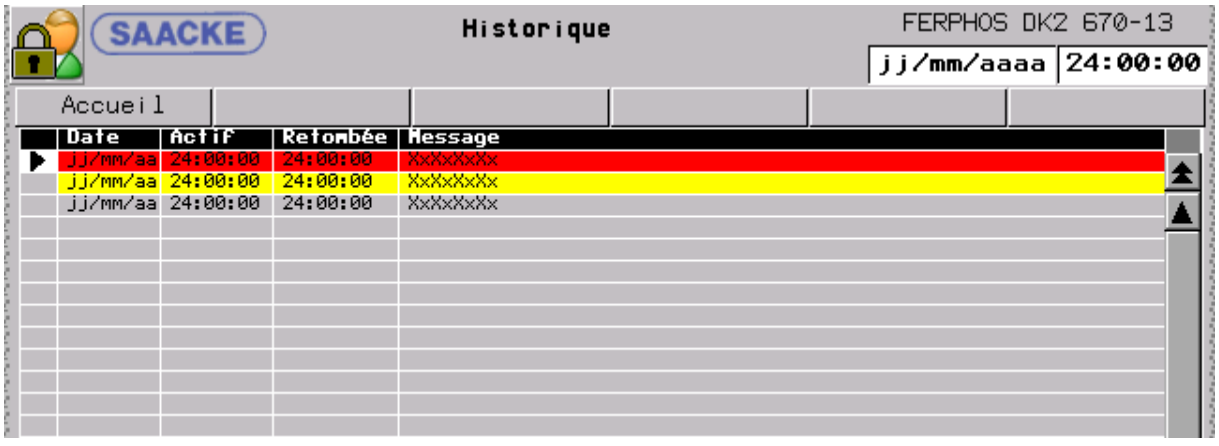
Cette image présente deux GRAFCET, des diagrammes fonctionnels de commande par étapes et transitions, pour le démarrage des ventilateurs d'un système de brûleur SAACKE. Le panneau est intitulé "Grafcet démarrage des ventilateurs", indiquant son rôle de visualisation des séquences de démarrage des ventilateurs. La partie gauche illustre la "Séquence démarrage dilution", avec des étapes comme "Arrêt" (X0), "Marche" (X1), "Défaut" (X2) et "Phase d'arrêt sur seuil T°C" (X3), reliées par des transitions logiques. Simultanément, la partie droite détaille la "Séquence démarrage combustion", présentant une structure similaire avec "Arrêt" (X10), "Marche" (X11), "Défaut" (X12) et "Phase d'arrêt sur seuil T°C" (X13). Ces GRAFCET permettent de visualiser la logique séquentielle des opérations des ventilateurs, incluant les conditions de marche normale, de détection de défaut et d'arrêt sécurisé basé sur la température, essentielles pour le bon fonctionnement et la sécurité du processus de combustion et de dilution. [7]



FigureIII.52 :Grafcet installation sur Magelis

✓ **Historique :**

Cette image présente l'écran **Historique** de l'interface de contrôle SAACKE, servant de journal des événements et des alarmes pour un brûleur industriel. La table est structurée en colonnes pour la "Date", l'heure "Actif" (quand l'événement est survenu), l'heure de "Retombée" (quand il a été résolu ou acquitté), et le "Message" décrivant l'incident. Les couleurs des lignes, comme le rouge pour les alarmes critiques et le jaune pour les avertissements, indiquent la gravité de l'événement. Cet écran est crucial pour le diagnostic, permettant aux opérateurs de revoir la chronologie des incidents passés et d'analyser les causes profondes des problèmes, facilitant ainsi la maintenance et l'optimisation du système. [7]

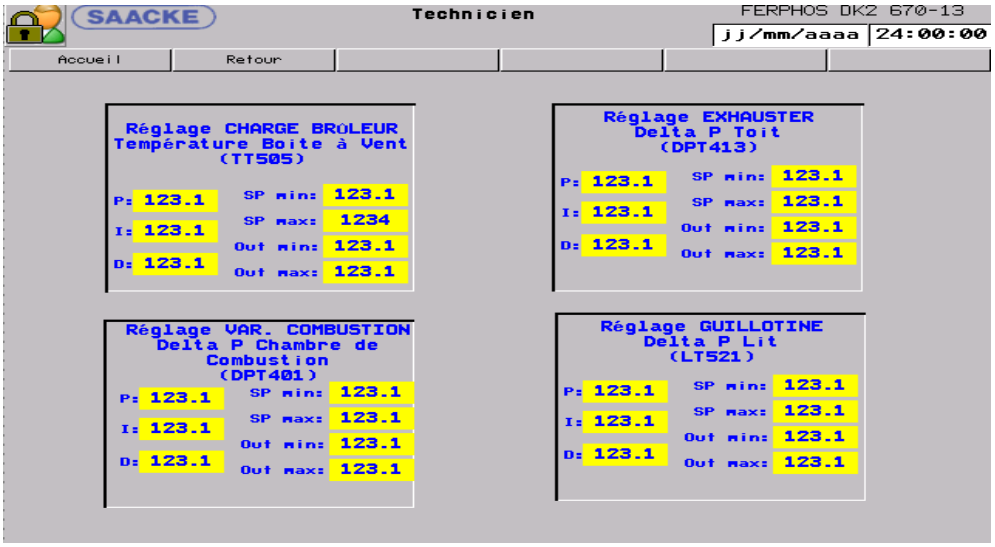


FigureIII.53 :Vue Historique sur Magelis

✓ **Vue Technicien :**

Cet écran permet aux techniciens de visualiser et de modifier les paramètres de réglage fondamentaux des régulateurs PID qui gèrent des aspects critiques du fonctionnement du

brûleur, tels que la charge, l'échappement, l'air de combustion et la pression du lit, garantissant ainsi des performances et une stabilité optimales du système. Les valeurs génériques (par exemple, 123.1) seraient des valeurs numériques réelles et ajustables dans un système en fonctionnement. [7]



FigureIII.54 :Vue Technicien sur Magelis

III.5.2 Les alarmes de l'installation :

III.5.2.1Alarme du Température de lit :

Le lit fluidisé est une zone critique du four où le phosphate humide est introduit pour être séché. Ce lit doit être maintenu à une **température contrôlée (110–140 °C)** pour assurer un séchage optimal sans détériorer le produit ni endommager l'installation.

Lorsque la **température dépasse certains seuils critiques**, des alarmes sont déclenchées pour alerter l'opérateur et éventuellement arrêter le processus afin d'éviter un incident.

- ✓ **Types d'alarmes de température dans le lit fluidisé :**

A .Alarme de température haute (300 °C) :

Déclenchée lorsque la température du lit dépasse ce seuil.

Signal d'alerte pour l'opérateur que le lit devient trop chaud.

Le régulateur tente généralement de corriger en accélérant le tapis doseur pour introduire plus de phosphate humide, qui agit comme un "refroidisseur naturel".

b. Sécurité de température très haute (320 °C) :

Seuil critique. Cette alarme entraîne l'arrêt d'urgence du processus.

Objectif : éviter des dégradations sérieuses (fusion du phosphate, endommagement de la voûte ou du four).

C'est une sécurité matérielle, souvent associée à un verrouillage de l'alimentation

Lors de la **mise en service** de la ligne DK2, on a observé que cette sécurité s'enclenchait souvent à cause de :

- **Manque de produit en entrée**, dû à :
  - Tapis doseur vide
  - Silo vide ou bouché
  - Défaut d'alimentation du phosphate humide

Dans ce cas, **moins de produit humide** entre dans le four, donc **moins de matière pour absorber la chaleur** → la température du lit augmente rapidement → la régulation n'a pas le temps de corriger → alarme.

FigureIII.55 :Alarme du Température de lit sur Vijeo disigner

✓ **L'alarme de pression différentielle du brûleur :**

Dans un four à lit fluidisé, la pression différentielle (ΔP) entre le refoulement du ventilateur de combustion et la chambre de combustion est un paramètre clé pour le bon fonctionnement de la flamme du brûleur ainsi que pour la stabilité de la pression dans la boîte à vent, qui elle-même influence directement la fluidisation du phosphate.

Alarmes liées à la pression différentielle (ΔP) :

Le système est équipé de seuils de sécurité pour alerter l'opérateur en cas de valeurs anormales, signalant un dysfonctionnement potentiel :

Alarme de pression différentielle basse (ΔP < 20 mb) :

Cause possible :

Encrassement du capteur de pression côté haute pression, souvent par des poussières aspirées depuis l'air ambiant ou mal filtré.

Fuite d'air ou problème de fonctionnement du ventilateur de combustion (débit insuffisant).

Obstruction dans la ligne de mesure :

- **Conséquences :**
  - Instabilité ou extinction de la flamme.
  - Risque de mauvaise combustion ou d'arrêt du brûleur.
  - Mauvaise fluidisation si la pression dans la boîte à vent devient instable.

- **Action du système :**
  - Déclenchement d'une alarme visuelle/sonore.
  - En cas de dépassement prolongé ou critique, **mise en sécurité du brûleur** automatique.

Alarme de pression différentielle haute (ΔP > 90 mb) :

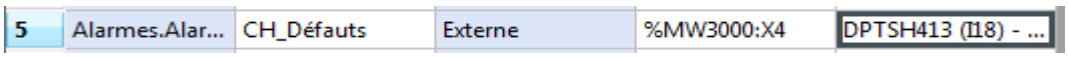
- **Cause possible :**
  - Blocage ou surchauffe du ventilateur de combustion (débit trop élevé).
  - Obstruction partielle dans la chambre de combustion ou dans la ligne d'air.
  - Fuite dans les circuits basse pression, causant un déséquilibre.
- **Conséquences :**
  - Surcharge du brûleur.
  - Risque de surpression dans la boîte à vent, pouvant perturber la fluidisation ou endommager le matériel.
  - Risque de flamme instable ou dangereuse.
- **Action du système :**
  - Alarme automatique.
  - Ralentissement du ventilateur via le variateur de fréquence.
  - En cas de non-rétablissement, arrêt de sécurité.

FigureIII.56 :L'alarme de pression différentielle du brûleur sur vijeo designer

Alarme de dépression du toit :

L'alarme se déclenche lorsque la pression au niveau du toit du four sort de la plage de consigne normale (entre -1 et -2 mbar). Deux cas :

- **Alarme de dépression insuffisante (pression trop faible ou positive) :**
  Risque de retour de gaz chauds dans la goulotte d'entrée → incendie possible de la bande du tapis doseur.
- **Alarme de dépression excessive (pression trop négative) :**
  Entraînement excessif des fines dans les fumées → perte de produit et pollution.



FigureIII.57 :La l'alarme de dépression du toit

III.6 Solustion du Supervision :

Ce projet de fin d'étude vise à concevoir et à mettre en œuvre un système d'automatisation et de supervision pour le four sécheur, améliorer l'efficacité du four sécheur et optimiser la consommation d'énergie, faciliter la prise de décision et la gestion des alarmes.

III. 6.1. Supervision intelligente des alarmes

- ✓ Éviter les déclenchements intempestifs, garantir une réaction rapide et ciblée.
- ✓ Regroupement des alarmes par zones (lit, brûleur, toiture) avec codage couleur pour hiérarchiser la criticité.
- ✓ Historique et tendance des alarmes : Analyse sur HMI pour anticiper les dérives répétitives.
- ✓ Algorithmes prédictifs (IA simple ou logique floue) pour anticiper les surchauffes ou baisses de pression avant dépassement de seuil.

III.6.2Contrôle dynamique de la température du lit :

- ✓ Maintenir le lit dans la plage optimale 110–140 °C, éviter les arrêts d'urgence et surconsommation énergétique.
- ✓ Régulation PID auto-adaptative du tapis doseur selon la température du lit (plus efficace que PID fixe).
- ✓ Recirculation automatique des gaz chauds si température trop basse, pour éviter consommation supplémentaire de combustible.
- ✓ Capteurs redondants de température pour éviter les fausses lectures ou erreurs critiques.

III.6.3Optimisation de la pression différentielle du brûleur

- ✓ Assurer une flamme stable et une bonne fluidisation sans gaspillage d'énergie.
- ✓ Supervision temps réel du ΔP avec action automatique sur le variateur de fréquence du ventilateur.
- ✓ Système de nettoyage automatique ou alarme dédiée pour encrassement des capteurs de ΔP.
- ✓ Refroidissement contrôlé du ventilateur pour éviter les surchauffes.

III.6.4 Gestion de la dépression au niveau du toit :

- ✓ Préserver la sécurité (éviter incendie) et limiter les pertes de fines.
- ✓ Contrôle par inverseur de fréquence du ventilateur d'extraction pour ajuster finement la dépression.
- ✓ Monitoring HMI du différentiel de pression toiture en courbe temps réel avec alarme visuelle sonore.
- ✓ Diagnostic automatique identifier si problème vient d'une fuite, surcharge ou perte de tension dans les circuits.

III.6.5 Réduction de la consommation énergétique :

- ✓ Économie de combustible et optimisation du rendement global.
- ✓ Mode veille automatique du four lors des coupures prolongées de produit (pas de surchauffe à vide).
- ✓ Optimisation du cycle de séchage selon humidité réelle mesurée (capteurs d'humidité en ligne).
- ✓ Récupération de chaleur des fumées pour préchauffer le phosphate humide entrant.
- ✓ Indicateur énergétique sur l'HMI (kWh/tonne de phosphate sec produit) pour piloter l'efficacité énergétique en temps réel.

III.6.6Maintenance prédictive intégrée dans la supervision :

- ✓ Anticiper les pannes, éviter les arrêts brutaux coûteux.
- ✓ Supervision du nombre d'heures de fonctionnement des moteurs et capteurs avec notifications de maintenance.
- ✓ Détection automatique d'anomalies sur les instruments via des dérives lentes (pression, température, consommation…).
- ✓ Base de données de pannes/solutions intégrée à l'IHM pour l'opérateur.[6]

III.7.Conclustion :

L'automatisation du four sécheur garantit un fonctionnement fiable, sécurisé et performant, en réduisant les interventions manuelles et en assurant une réponse rapide aux variations du procédé. La supervision, quant à elle, offre une visibilité continue sur l'état de l'installation, facilitant les diagnostics, la maintenance préventive et l'optimisation de la production. L'ensemble de ces systèmes constitue un pilier fondamental pour la maîtrise du séchage du phosphate dans des conditions industrielles exigeantes.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'étude a consisté en l'analyse, la conception et l'optimisation du système d'automatisation et de supervision du four sécheur du secteur de dépoussiérage du complexe minier de Djebel Onk. Adoptant une démarche structurée et rigoureuse, nous avons débuté par une étude approfondie du fonctionnement du four, identifiant des facteurs clés comme la température, la dépression et le débit d'air, dont dépendent directement les performances du séchage du phosphate.

L'implémentation d'un automate programmable industriel (API) couplé à une interface homme-machine (HMI développée sous Vijeo Designer) a facilité un suivi précis des opérations en temps réel, un contrôle renforcé du procédé et un diagnostic accéléré des dysfonctionnements. Cette modernisation a engendré des gains majeurs : stabilisation de l'installation, sécurisation des opérateurs, augmentation de la qualité du phosphate traité et optimisation de la consommation énergétique.

Cette initiative démontre l'impact stratégique de l'automatisation dans les industries extractives, où productivité, sécurité et fiabilité sont primordiales. Pour aller plus loin, des pistes comme l'ajout de capteurs IoT, l'analyse prédictive des données ou la duplication du système sur d'autres unités industrielles pourraient renforcer l'efficacité globale du site.

Bibliographie

[1] Rapport de stage, DMEF service électrique ,SOMIPHOS complexe minier djebel Onk.

[2] AOUIS DADDA, « calcul choix l'équipement d'un schéma de traitement d'une production annuelle de 6 million de tonnes de phosphate de Djebel-Onk », Mémoire de Master Génie minier, Institut des mines, Université Larbi Tebessi – Tébessa, juin 2021.

[3] Rapport de mise en service ligne DK2, Société SOMIPHOS, Saacke France ,février 2015.

[4] PID=Piping and instrumentation diagram , Saacke, Ferphos/Somiphos ,Octobre2013.

[5] Analyse fonctionnelle ARC670_13ind0.doc, Jean_Marc Mouniau , Ferphos /Somiphos DK2,Novembre 2013 .

[6] Fella MADJI, Ihcene BENAICHA, « Automatisation et supervision d'une station de dessalement », Mémoire d'ingénieur d'état en automatique, Ecole Nationale Polytechnique, Algérie, Juin 2022.

[7] Ferroudj Tahar, L.P SOMMELLER, Programmer sous Unity Pro.

[8] Unity Pro overview , Schneider software , Schneider Electric.