

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique**

**Université Abderrahmane Mira Faculté de Technologie**

**Faculté de Technologie**



**Département d'Automatique, Télécommunication et d'Electronique**

## **Projet de Fin d'études**

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : AUTOMATIQUE

Spécialité : Automatique et système

### **Thème**

**Contrôle et identification  
D'un filtre à manches d'une cimenterie**

**Préparé par :**

**ZAZI DHIAEDDINE**

**BERRANI AHCENE**

**Dirigé par :**

**Mme. MEZZAH SAMIA**

**Mr. BENSMAIL ABDERZZAK**

**Examiné par :**

**Mr. MENDIL BOUBEKEUR**

**Mr. LEHOUCHE HOCINE**

**Année universitaire : 2021/2022.**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## *Remerciements*

Tout d'abord nous remercions le BON DIEU de nous avoir aidé à accomplir ce  
modeste travail

Nous ne saurions réellement, trouver les expressions éloquentes que mérite  
notre encadrante « Mme : MEZZAH » et « Mr : BENSMAIL », afin de la remercier  
pour sa sympathie, ses encouragements, ses aides, ses dévouements et pour  
son travail et sa présence totale.

Nous tenons à remercier vivement « Mr : MENDIL » et « Mr : LEHOUCHE » de  
l'université de Bejaia d'avoir l'intérêt d'examiner notre travail et l'enrichir par  
leurs propositions.

Nous pourrions passer outre notre reconnaissance envers nos parents, nos  
sœurs et nos frères, leur présence, leur écoute, leur confiance en nous et leur  
soutien, grâce à eux nous avons pu surmonter et surpasser tous les obstacles.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont  
participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin  
durant mon cursus universitaire,

A mes parents,

**Mon père**, En signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les Sacrifices dont  
il a fait preuve à mon égard.

**Ma mère**, Ma raison d'être, ma raison de vivre, la lanterne qui éclaire mon chemin et m'illumine de  
douceur et d'amour grâce à vous je suis toujours plus fort.

. **A mes Sœurs**, Qui m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

**A mes Cousins, Zaid et Mohamed** que dieu vous protège

**A ma grand-mère Fatima, et a tous ma famille** Qui ont toujours été là pour moi votre soutien il m'aide à  
avancer de plus en plus.

**A mon binôme Ahcen**, Pour son aide et support durant les moments difficiles.

A mes amis(es) **Raouf, Ayoub, Riad, Iheb, Fares, Djahid, Oussama, Akrem, Anis,  
Abdeslam, Ismail, Yanis, Lounis, Koukou, Chawki, Youcef, Dhiaeddine .....**

Je tiens à remercier le staff technique de la cimenterie de Ain El Kebira : **Hanouz Riad, Latrache Karim,  
Haddar Abderezak, Benatia Abdenacer, Safidine Said, Faycel Touil, Kouchit Hassen**

Aux étudiants, et les profs du département ATE et toute la promotion 2022.

Je vous aime

**Dhiaeddine.**

## *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin  
durant mon cursus universitaire,

A mes parents,

**Mon père**, En signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les Sacrifices dont  
il a fait preuve à mon égard.

**Ma mère**, Ma raison d'être, ma raison de vivre, la lanterne qui éclaire mon chemin et m'illumine de  
douceur et d'amour grâce à vous je suis toujours plus fort.

. A mes **Soeurs**, et **frère** Qui m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours

A mon **binôme dhia** , Pour son aide et support durant les moments difficiles.

Aux étudiants, et les profs du département **ATE**

Je tiens à remercier le staff technique de la cimenterie de Ain El Kebira

ahcene

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>PREAMBULE PRESENTATION DE LA CIMENTERIE D'AIN EL KEBIRA</b> .....	<b>1</b>
1. Introduction .....	2
2. Présentation générale de la société .....	2
3. Organisation de la société.....	2
4. Produits.....	3
4. Les étapes de la fabrication du ciment.....	3
4.1 <i>Préparation des matières premières (Zone d'Extraction)</i> .....	3
4.2 <i>Dosage et broyage cru (Zone Cru)</i> .....	3
4.3 <i>Production du Clinker (Zone Cuisson)</i> .....	4
4.4 <i>Production de ciment (Zone Ciment)</i> .....	5
5. Contrôle de qualité produit et environnement .....	6
<b>Chapitre I Chapitre description du système de filtrage et analyse fonctionnelle</b> .....	<b>7</b>
I.1 Introduction .....	7
I.2 Classification des systèmes de filtration .....	7
I.2.1 <i>Séparateurs à effet mécanique (Cyclone, multi-cyclone)</i> .....	7
I.2.2 <i>Séparateurs à effet électrique (Électro filtre)</i> .....	7
I.2.3 <i>Séparateurs à média filtrant</i> .....	8
I.3 Utilisation des filtres à manches dans les cimenteries .....	8
I.4 Processus de filtrage.....	8
I.5 Processus de nettoyage (impulsions de ringardage).....	10
I.6 Filtre final de la SCAEK .....	11
I.6.1 <i>Caractéristiques techniques</i> .....	11
I.7 Equipements du filtre .....	12
Parties constitutive le filtre .....	12
I.8 Commande du filtre final .....	15
I.9 Conclusion.....	16
<b>Chapitre II Identification du filtre final avec System Identification Toolbox</b> .....	<b>18</b>
II.1 Introduction.....	18

II.2 Principe de l'identification basée sur l'erreur de sortie .....	18
II.2.1 Estimation des paramètres.....	19
II.2.2 Validation du modèle .....	20
II.3 Présentation du System Identification Toolbox .....	20
II.4 Réalisation des expériences .....	21
II.4.1 Elaboration des séquences d'identification .....	21
II.4.2 Description de l'expérience .....	21
II.5 Visualisation des données collectées .....	22
II.6 Estimation d'un modèle linéaire espace – état du système.....	24
II.6.1 Equations générale du modèle espace-état.....	24
II.6.2 Utilisation des fonctions Matlab d'estimation.....	24
II.6.3 Résultats.....	26
II.7 Conclusion .....	30
<b>Chapitre III REALISATION DU PROGRAMME POUR LE CONTROLE ET LA</b>	
<b>SUPERVISION.....</b>	<b>32</b>
III.1 Introduction .....	32
III.2 LES AUTOMATES PROGRAMMABLE INDUSTRIEL .....	32
III.2.1 Type d'automates.....	32
III.2.2 Structure interne des API .....	34
III.2.3 Critère de choix d'un automate .....	34
III.3 Automates Siemens .....	34
III.3.1 Automate S7-400.....	34
III.3.2 Architecture de l'automate S7-400.....	35
III.4 DESCRIPTION DE PCS7 ET LE LOGICIEL WIN CC.....	35
III.4.1 Présentation de SIMATIC PCS7 (procès control system).....	35
III.4.2 Applications de PCS7.....	35
III.5 WINCC : (Windows Control Center) .....	39
III.5.1 L'éditeur Graphiques designer.....	39
III.5.2 LOGICIEL RUNTIME.....	40
III.5.3 Normes de communication .....	40
III.6 Création du projet .....	41
III.6.1 SIMATIC Manager .....	41
III.6.2 Création pas à pas d'un multiprojet : .....	42

<i>III.6.3 Affichage des vues</i> .....	44
<i>III.6.4 Configuration matérielle</i> .....	45
III.7 Création du programme .....	49
<i>III.7.1 Table des mnémoniques</i> .....	50
<i>III.7.2 Les Blocs fonctionnels</i> .....	51
III.8 Simulation du programme .....	58
<i>III.8.1 Simulation de la séquence N100_07 (VENTILATEURE DE TIRAE) sans défaut</i> : .	58
<i>III.8.2 Supervision par WINCC (sans défaut)</i> .....	59
III.9 Conclusion.....	61
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>62</b>



## Liste des tableaux

Tableau I-1 Comparatif des systèmes de filtration .....	8
Tableau I-2Caractéristiques techniques du filtre final .....	11
Tableau I-3 les partie de filtre.....	12
Tableau I-4 les capture et actionneurs .....	15
Tableau II-1: Détails des valeurs d'entrées .....	22
Tableau II-2les resultats d'estimation.....	26
Table II-3 performances du modèle avec les données d'estimation.....	26
Tableau III-1 Les principales entrées de C_ DAMPER ,C _DRIVER ,C _VALVE .....	55
Tableau III-2 Les principales sorties de C_ DAMPER ,C _DRIVER ,C _VALVE .....	55

# Liste des figures

Figure I-1: Deux filtres à manches finaux de la SCAEK .....	8
Figure I-2: Schéma simplifié de colmatage et décolmatge.....	9
Figure I-3: Les poussières collectées sur les manches forment un "gateau " .....	10
Figure I-4 Phase filtration et phase nettoyage manche.....	11
Figure I-5: boucle de regulation .....	16
Figure II-1 : Les SPBA des 3 expériences.....	22
Figure II-2: Données d'entrées/sorties mesurées de l'expérience 1° .....	23
Figure II-3 : Données d'entrées/sorties mesurées de l'expérience 2° .....	23
Figure II-4 Données d'entrées/sorties mesurées de l'expérience 3°.....	24
Figure II-5: FPE en fonction de l'ordre du modèle .....	25
Figure II-6 : Prédiction du modèle identifié pour Expérience 1°/ étape1.....	27
Figure II-7 : Prédiction du modèle identifié pour Expérience 1°/ étape 2.....	28
Figure II-8: Prédiction du modèle identifié pour Expérience 3°/ étape 1.....	28
Figure II-9 : Prédiction du modèle identifié pour Expérience 3°/ étape 1.....	29
Figure II-10 : Prédiction du modèle identifié pour les données de validation (Expérience 2°/ étape 1) .....	29
Figure II-11 : Prédiction du modèle identifié pour les données de validation (Expérience 2°/ étape 2) .....	30
Figure III-1 : Automate programmable industriel .....	32
Figure III-2 Automate compact (MITSUBISCHI).....	33
Figure III-3 Automate modulaire (MODICON).....	33
Figure III-4Architecture de l'automate S7-400.....	35
Figure III-5 Le diagramme CFC dans l'éditeur des diagrammes .....	37
Figure III-6 Interface de S7-PLCSIM .....	38

Figure III-7 Fenêtre de Graphiques designer.....	39
Figure III-8 Organisation de création du projet.....	41
Figure III-9 Fenêtre Pour créer un multiprojet .....	42
Figure III-10 Fenêtre pour Créé STAENG .....	43
Figure III-11 Fenêtre pour Créé LIBRPROJAAF .....	43
Figure III-12 Fenêtre d’Affichage des vues technologique et vus des composants. ....	44
Figure III-13 Configuration de station SIMATICS7-400.....	46
Figure III-14 Configuration de la station SIMATIC PC .....	47
Figure III-15 Vue des réseaux sous Net Pro.....	48
Figure III-16 Dossier DEPOUSIERAGE .....	49
Figure III-17 Dossier EVACUATION .....	50
Figure III-18 Dossier COMPRESSEUR .....	50
Figure III-19 Table mnémonique .....	51
Figure III-20 C_GROUPE.....	52
Figure III-21 C_DRIVER 1D .....	53
Figure III-22 C_VALVE .....	54
Figure III-23 C_ DAMPER .....	54
Figure III-24 C_ MEASUR .....	56
Figure III-25 LES BIT LGC .....	56
Figure III-26 LES INTERLOCK.....	57
Figure III-27 LES REGULATEURS PID .....	57
Figure III-28 Structure du programme C_GROUP .....	58
Figure III-29 MODE TEST .....	58
Figure III-30 Supervision de dépoussiéreur dans WINCC.....	59
Figure III-31 Interface groupe .....	60
Figure III-32 Vue Diagnostic du niveau analogique .....	61



# **INTRODUCTION GENERALE**

Afin de répondre à la demande croissante de ciment et satisfaire tous les besoins du marché ainsi que la protection de l'environnement, il était nécessaire d'introduire des nouvelles techniques industrielles. La protection environnementale, qui est devenue une priorité majeure, fait appel à l'utilisation de filtres qui sont installés dans les cimenteries pour la filtration et la collecte des poussières.

Parmi les différentes technologies de dépoussiérage, le système de filtre à manches appartient à la série des dépoussiéreurs à média filtrant. Les filtres à manches sont souvent utilisés dans l'industrie de traitement des gaz de combustion en raison de leur grande efficacité de collecte des particules sur une large gamme de tailles de particules.

Notre projet de fin d'étude porte sur l'étude du filtre à manches final de la cimenterie d'Ain El Kebira de Sétif. Le filtre final de cette cimenterie est une installation qui permet le filtrage des gaz issu du four rotatif. Le constructeur du filtre a prévu deux boucles de régulation PID indépendantes pour contrôler deux variables du filtre qui sont : la température à l'entrée du filtre et la dépression des gaz. Néanmoins, la pratique de l'utilisation du système montre un certain degré de couplage entre les 2 variables car l'action du régulateur de l'une d'elles perturbe l'autre, ce qui laisse la commande globale du filtre instable et provoque l'usure sur les organes d'exécution. Actuellement la boucle de dépression est commandée en manuel.

Notre travail consiste à préparer la recherche d'une nouvelle stratégie de commande pour remédier aux problèmes sus-énoncés. Pour ce faire, notre premier objectif est d'étudier le système afin d'établir un modèle par identification en utilisant les données d'entrées/sorties expérimentales du système. Le deuxième objectif consiste à la programmation et la simulation de la commande existante actuellement par STEP7 et WINCC.

Ce mémoire est organisé principalement en trois chapitres qui se concluent par une conclusion générale. Après un préambule consacré la présentation de la société des Ciments d'Ain EL Kebira, nous consacrons le premier chapitre à la description structurelle et fonctionnelle du filtre à manches final de la cimenterie. Le deuxième chapitre présente l'approche d'identification adoptée basée sur l'utilisation du Toolbox dédié de Matlab. Dans le troisième chapitre nous décrivons les étapes de programmation de la commande et l'interface de supervision réalisée.

PREAMBULE

PRESENTATION DE LA CIMENTERIE D'AIN EL

KEBIRA

## 1. Introduction

Dans le cadre de la politique de développement économique et sociale, lancée pour répondre aux exigences de l'heure, décidée par le gouvernement, la société nationale des matériaux de construction (SNMC) engagea au début des années 70 un vaste programme d'investissements pour la rénovation des cimenteries héritées du groupe Français Lafarge et la réalisation de plusieurs nouvelles lignes de production de ciment dont celle d'Ain El Kebira.

## 2. Présentation générale de la société

La Société des Ciments d'Ain El Kebira (SCA EK) qui appartient au groupe GICA, s'étend sur une superficie de 50 hectares et se situe à 20 km au nord-est de la capitale provinciale de Sétif et à 7 km au sud de la daïra d'Ain El Kebira. La SCAEK est situé à proximité d'une carrière dont les réserves lui permettent de répondre à des besoins d'exploitation à long terme, dont la durée de vie utile peut dépasser 100 ans selon les dernières estimations [1].

## 3. Organisation de la société

La figure 1 donne l'organisation de la société et montre implicitement les différentes zones de fabrication du ciment.

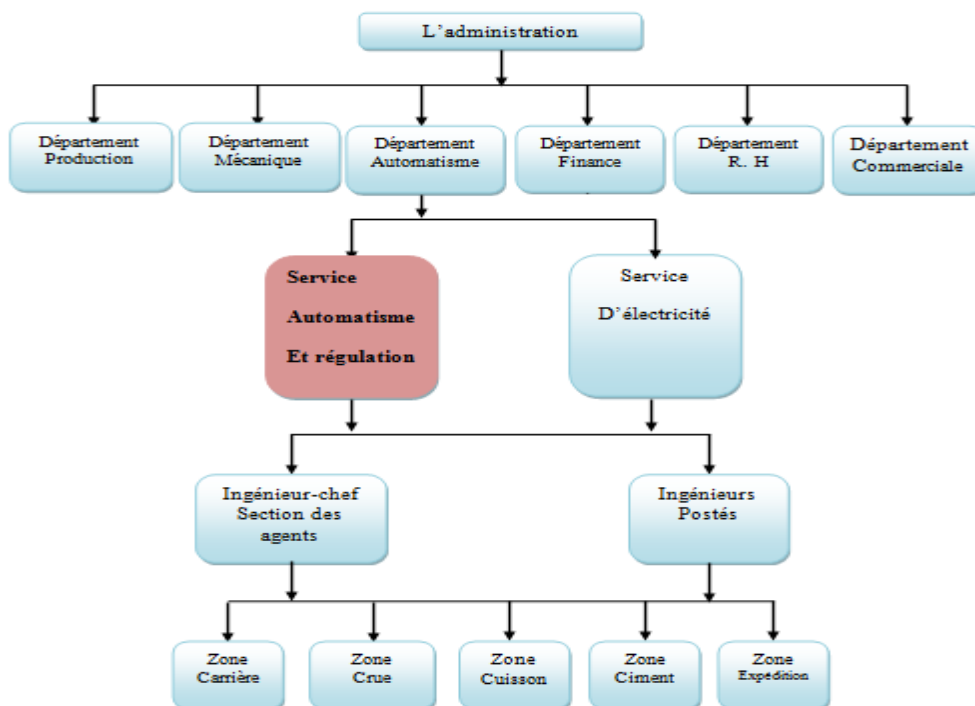


Figure I : Organisation de la société [1]



## 4. Produits

Le ciment est un produit industriel fabriqué par broyage d'un composé de clinker et d'ajouts d'autres produits (gypse ou autres) (figure II). Le clinker, qui est le principal constituant des ciments, est un produit semi-fini obtenu par la cuisson d'un mélange de matières premières (généralement du calcaire et de l'argile) à haute température (1450 °C). Ce mélange des matières premières est broyé finement avant la cuisson pour obtenir une "farine crue" qui doit contenir des éléments chimiques dans des proportions bien définies [3]. La société fabrique actuellement [1] à ajouter aux références] (figure III):

- Le ciment Portland aux ajouts (CPJ-CEM II/A 42.5) pour fondations et ouvrages en béton armé.
- Le ciment résistant sulfate (CPA-CEM I-42,5) adaptés aux travaux hydrauliques souterrains, fondations et travaux en milieu agressif.

Elle peut également fabriquer le CPA 52.5 (bétons de hautes performances), le CPJ 32.5 (usage pour travaux courants) et le ciment pétrolier classe G type HSR lorsque les conditions du marché le permettent.

## 5. Les étapes de la fabrication du ciment

### 5.1 Préparation des matières premières (Zone d'Extraction)

Le calcaire et la marne sont extraits par traitement mécanique et mouvement dans deux carrières après le dynamitage de la roche (figure IV. a). Le minerai brut transporté est concassé de 0 à 25 mm dans l'atelier de concassage. Ces matières sont transportées à l'usine où elles sont stockées et homogénéisées [2].

### 5.2 Dosage et broyage cru (Zone Cru)

A ce stade un mélange de calcaire et de la marne plus 2 à 5% de minerai de fer est broyé et séché dans un broyeur horizontal à boulets ou vertical à galets (figure IV.c). Le séchage de la matière crue à l'intérieur du broyeur est assuré par les gaz chauds du four. Ces gaz sont ensuite dépoussiérés dans un filtre à manches puis évacués dans l'atmosphère. A la sortie du broyeur, le mélange des matières, appelé farine crue, est stocké dans un ou plusieurs silos de stockage [3].



Figure II : Cycle de fabrication de ciment [4].



Figure III : Les produits de la SCAEK [1].

### 5.3 Production du Clinker (Zone Cuisson)

Dans le silo d'homogénéisation (figure IV.b), la chambre de mélange homogénéise la farine crue qui est envoyée directement dans la tour de préchauffage à travers un élévateur. La tour de préchauffage est équipée de cinq étages de cyclones qui permettent de préchauffer la matière à environ 800°C. Cette matière se transforme en un produit brut qui s'appelle le clinker après une deuxième phase de cuisson à une température de 1450 °C. A la sortie du four, le clinker est introduit dans un refroidisseur où il est refroidi jusqu'à une température de 120 °C afin de garantir la température du clinker et avoir une structure minéralogique et des dimensions de cristaux favorables. Une fois refroidit, le clinker est alors stocké dans des silos [3].

#### 5.4 Production de ciment (Zone Ciment)

Le clinker additionné d'une faible quantité de Gypse (3 à 5 %), pour réguler la prise du ciment et le mélange, est broyé très finement pour obtenir un « ciment pur ». Lors de cette phase de production, différentes matières minérales, appelées « ajouts cimentaires », peuvent être incorporées en plus du gypse. Utilisés dans des proportions variables (de 0 à 25), ces ajouts, d'origine naturelle ou industrielle, confèrent au ciment des propriétés particulières telles que : une perméabilité réduite, une meilleure résistance aux sulfates et aux milieux naturels agressifs, une excellente ouvrabilité, une qualité de finition supérieure. Enfin, les ciments stockés dans des silos sont expédiés en vrac ou en sacs vers les lieux de consommation (figure IV.d) [3].

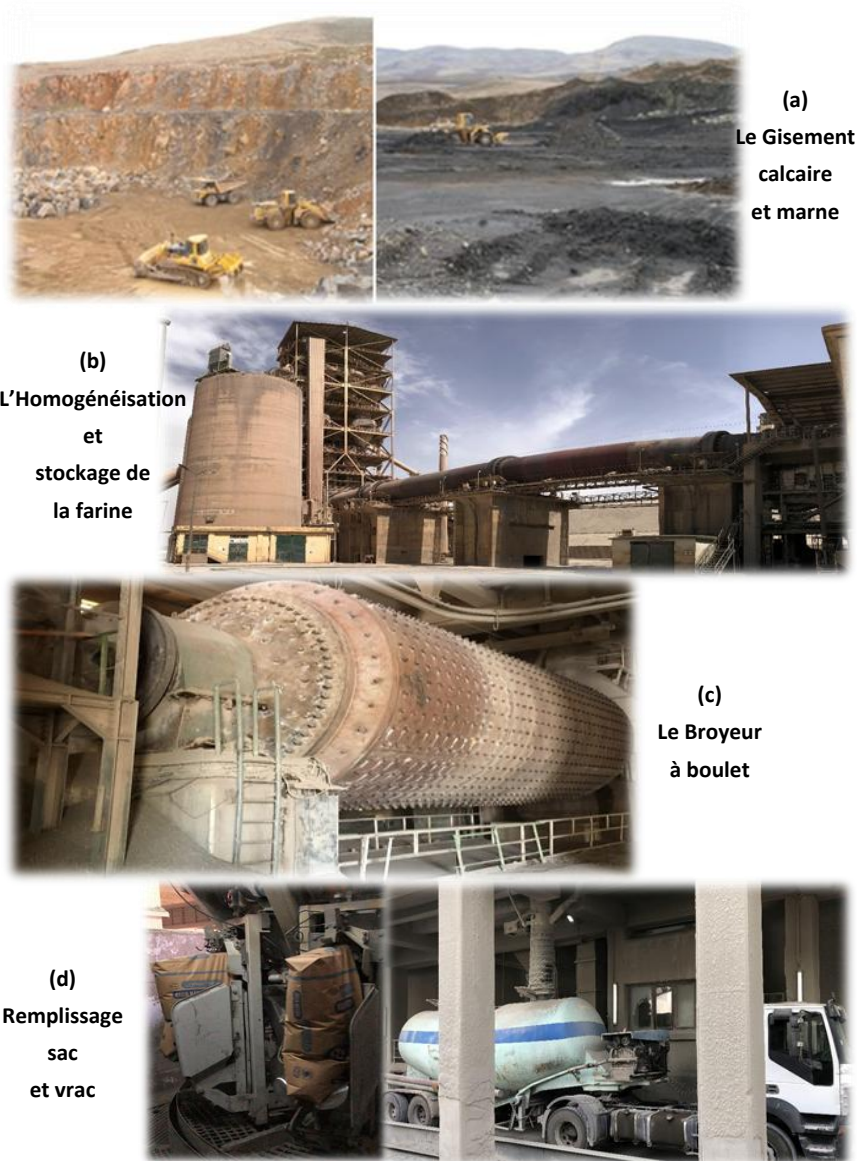


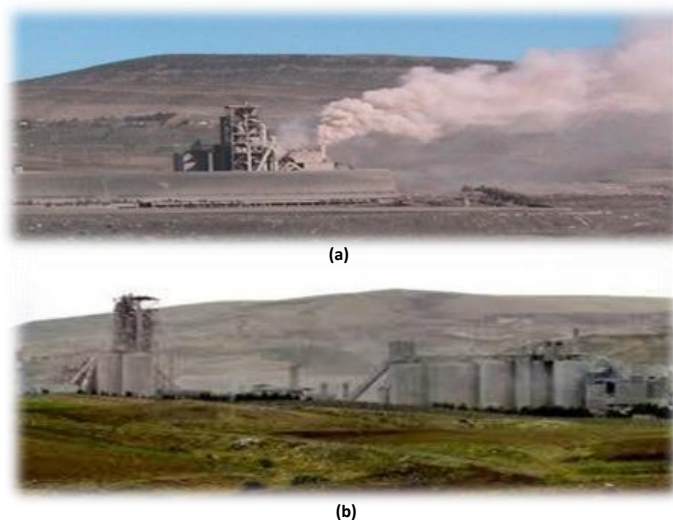
Figure IV: Quelques sites de fabrication du ciment

## 5. Contrôle de qualité produit et environnement

Les ciments produits par SCAEK sont soumis à un contrôle de qualité strict et continu, le laboratoire effectue un contrôle qualité continu des produits et des tests de conformité aux normes en vigueur. Le contrôle qualité a lieu à toutes les étapes de la production, de l'extraction des matières premières à la livraison [2].

La poussière est la forme de pollution la plus importante dans la cimenterie. Les poussières fines restent en suspension dans l'atmosphère, tandis que les poussières plus grosses tombent sur le sol à des distances variables de la source. Ceci engendre une pollution visuelle et physique très importante [8]. En plus des impacts néfastes sur la végétation voisine, les effets des poussières sur la santé, à court et à long terme, sont considérables spécialement lorsque le niveau de concentration et la durée d'exposition augmentent. A court terme, les particules fines affectent l'ensemble du système respiratoire, atteignent les alvéoles et peuvent pénétrer dans le sang. Elles peuvent transporter d'autres polluants et causent des décès pour causes respiratoires et cardio-vasculaires. A long terme, ces polluants peuvent provoquer des maladies respiratoires telles que l'asthme, les bronchites et même le cancer de poumons. [8]

Pour remédier à ce problème de pollution, une première installation de dépoussiérage par la technologie des filtres à manche a été réalisée en 2006. En récompense aux efforts déployés pour la réduction de la pollution et la préservation de l'environnement (figure V), la société a obtenu, en 2008, le deuxième prix national pour l'environnement décerné par le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.



**Figure V** : La cimenterie (a) avant et (b) après le placement du filtre à manches

# CHAPITRE I

## DESCRIPTION DU SYSTEME DE FILTRAGE ET ANALYSE FONCTIONNELLE

# Chapitre I Chapitre description du système de filtrage et analyse fonctionnelle

## I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons une description structurelle et fonctionnelle du filtre final utilisé à la SCAEK. La description structurelle couvre les équipements et la description fonctionnelle rappelle les mécanismes de filtrage et commande.

## I.2 Classification des systèmes de filtration

En général, la filtration est une technique qui retient les particules contenues dans un matériau particulier. En milieu industriel, Cela peut être mis en œuvre pour récupérer un matériau déjà traité ou à des fins purement environnementales pour réduire les émissions nocives [6]. Les systèmes de dépoussiérages sont essentiellement divisés en 3 catégories qui sont : les séparateurs à effet mécanique, à effet électrique et à média filtrant. Une comparaison entre ces trois techniques en termes de coût et de performances est donnée par (le tableau I.1.)

### I.2.1 Séparateurs à effet mécanique (Cyclone, multi-cyclone)

Un cyclone est une enceinte de forme conique que les gaz chargés traversent. Le cyclone contient trois ouvertures, la première par le coté utilisée comme entrée des gaz chargés et la deuxième en haut au milieu exposée au ventilateur de tirage comme sortie des filtrés et la troisième en bas pour la récupération des poussières par gravitation et cyclonage. Les cyclones et multi-cyclones ont des rendements généralement, faibles à moyen et sont employés comme pré-filtrage.

### I.2.2 Séparateurs à effet électrique (Électro filtre)

Dans ces systèmes les gaz chargés de particules passent à travers un champ électrique généré par des anodes et cathodes mises à un potentiel électrique élevé. Les particules se chargent électriquement et se déposent sur l'un des pôles et un système mécanique à cames secoue se pole ce qui provoque la chute par gravité de la couche de poussière constitué sur le pôle.

### I.2.3 Séparateurs à média filtrant

Les dépoussiéreurs à média filtrant est l'équipement le plus adapté aux poussières fines. C'est pourquoi ils constituent le mode de traitement de l'air le plus courant pour le dépoussiérage industriel, notamment dans l'industrie cimentière [7].

Systèmes	Coût	Performance de séparation	Encombrement	Coût de maintenance
<b>Cyclone</b>	Très faible	Mauvaises	Important	Négligeable
<b>Multi-cyclone</b>	Faible	Médiocre	Réduit	Faible
<b>Electrofiltre</b>	important	Moyenne	Très important	Moyen
<b>Filtre à manches</b>	Elevé	Elevé	Important	Important

Tableau I-1 Comparatif des systèmes de filtration [8]

### I.3 Utilisation des filtres à manches dans les cimenteries

Le four d'une cimenterie nécessite l'emploi de deux filtres. Un en avale l'autre en amont. Le four est soumis donc à deux tirages opposés pour créer un point neutre au capot de chauffe à proximité de la sortie clinker. Le filtre en amont, appelé aussi filtre de processus ou filtre final (figure I.1), filtre les gaz chargés principalement de matière crue et semi-crue, tandis que celui en avale (refroidisseur) filtre les gaz chargés de particules de produit fini. Le filtre final reçoit des gaz à des températures élevées tandis que les températures seront moins élevées pour le filtre refroidisseur. Dans ce travail nous nous intéressons au filtre final.

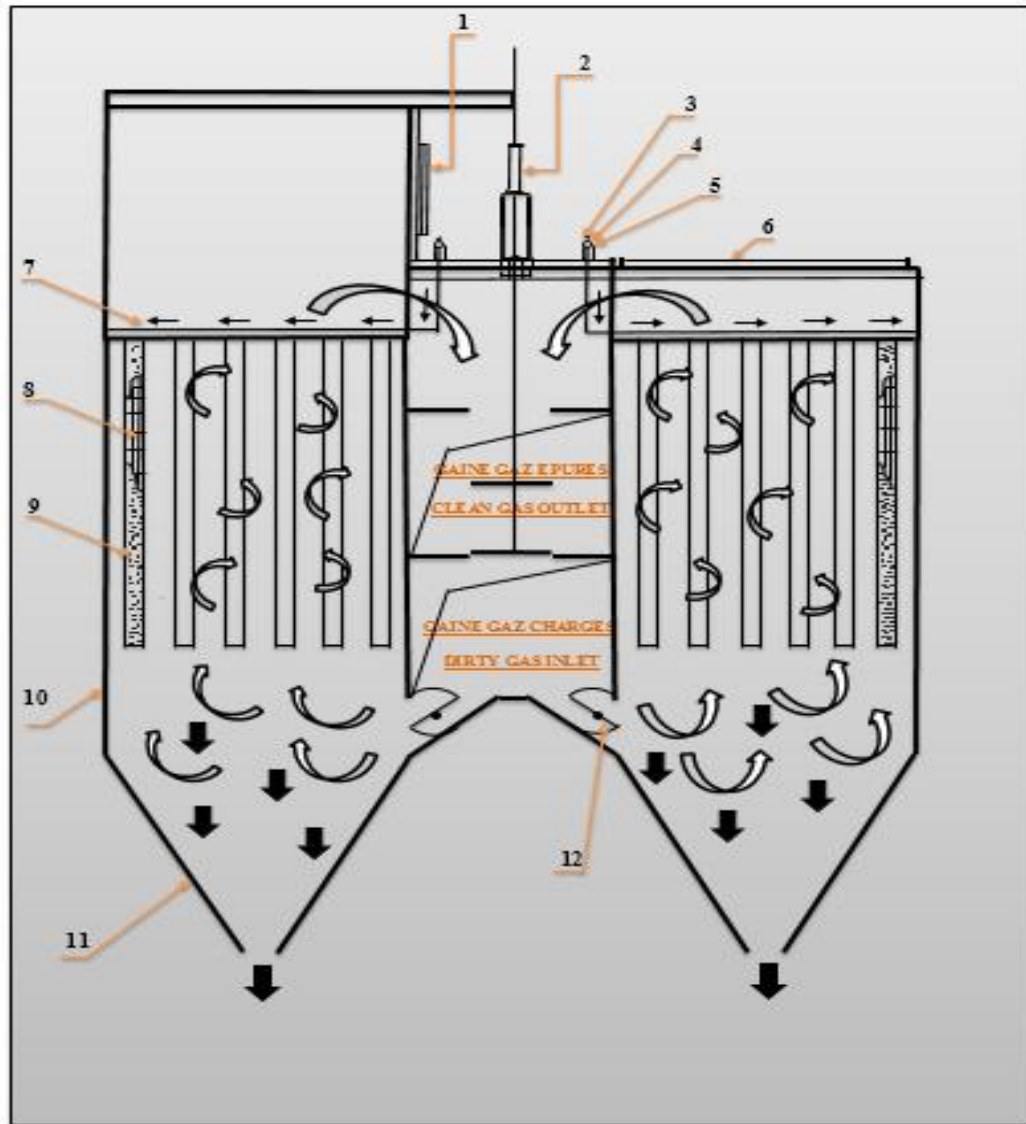


Figure I-1: Deux filtres à manches finaux de la SCAEK

### I.4 Processus de filtrage

Le filtre à manches est composé essentiellement de deux chambres, l'une, côté processus, est soumise à une pression inférieure à la deuxième et traversé par les gaz viciés qui provient en grande partie directement du processus. L'autre chambre du côté tirage est soumise à une

pression supérieure et contient les gaz propres. Un jeu de manches en textile spécifique sépare les deux enceintes de sortie et d'entrée (figure I.2). Tout le soin et la recherche de nos jours et consacré à la technologie de ce média constituant la manche [9].



- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1 : Porte d'accès                            | 7: Rampe d'injection   |
| 2 : Registre d'isolement en position ouverte | 8 : Cage de maintien   |
| 3 : Vanne a membranes                        | 9 : Manche filtrante   |
| 4 : Boîtes à pilotes                         | 10 : Caisson           |
| 5 : Collecteur d'air comprimé                | 11 : Trémie            |
| 6 : Couvercle amovible / Roof panel          | 12 : Registre d'entrée |

Figure I-2: Schéma simplifié de colmatage et décolmatge



Le mélange gazeux contenant les poussières est introduit dans le conduit central et distribué dans les différentes cellules des deux caissons filtrants sous le bord inférieur des manches. Le flux de gaz à nettoyer monte du bas (trémies) vers le caisson supérieure (caisson à air propre) et sera filtré lors de son écoulement à travers le feutre sur les manches, séparant la poussière de l'extérieur vers l'intérieur et les poussières se déposent sur la surface externe de manche

Les poussières collectées sur les manches forment des couches consécutives dits "gâteau " (figure I.3). Il est important lors de l'opération de décolmatage (réingardage par impulsion d'air) à ne pas nettoyer carrément la manche mais à laisser une couche de poussière (du gâteau) pour protéger la surface des manches contre les phénomènes d'abrasion. L'épaisseur du gâteau de poussière à la surface du manche augmente au fur et à mesure que le gaz s'écoule, ce qui augmente la perte de charge du filtre.



**Figure I-3: Les poussières collectées sur les manches forment un "gâteau "[10]**

### **I.5 Processus de nettoyage (impulsions de ringardage)**

Le cycle de nettoyage est activé lorsque la chute de pression entre les zones d'air sale et propre dépasse la valeur définie. L'électrovanne pilote de la vanne à membrane pneumatique est alimentée séquentiellement (selon un cycle programmé pour être uniformément réparti sur toutes les cellules), permettant d'injecter une grande quantité d'air comprimé depuis le Venturi le long de l'élément filtrant.

L'énergie dégagée par la détente de l'air comprimé provoque une importante induction d'air secondaire qui permet d'améliorer l'effet d'impact et minimiser la consommation d'air

comprimé. L'onde de pression résultante se déplace rapidement à travers le manche. La déformation progressive du tissu de haut en bas garantit que la poussière est évacuée et détaché à la fois de la surface et de l'épaisseur du manche, et tombe dans la trémie et est ramassée par le convoyeur à chaîne. Le colmatage se poursuit de cellule en cellule jusqu'à ce que la perte de charge soit supérieure à la valeur de consigne (Figure I-4).

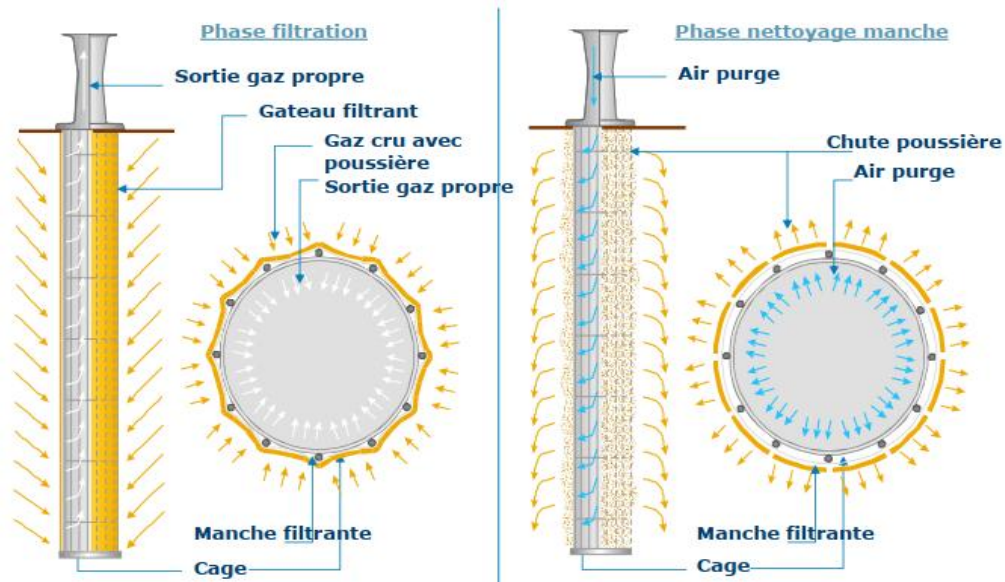


Figure I-4 Phase filtration et phase nettoyage manche [10]

## I.6 Filtre final de la SCAEK

### I.6.1 Caractéristiques techniques

Type	filtre à manches
Designation	12 x 16-360 C
Number de cellules	12
Nombre de manches par cellule	360 (20 rangées de 18 manches)
Diamètre des cages	127 mm
Diamètre des trous de fixation	130 mm
Longueur des manches	5 m
Surface filtrante d'une manche	2 m <sup>2</sup>
Nombre total de manches par filtre	4320
Surface filtrante par filtre	8640 m <sup>2</sup>

Tableau I-2Caractéristiques techniques du filtre final [5]

## I.7 Equipements du filtre

<b>Parties constitutive le filtre</b>	<b>fonctions</b>
La charpente	supporte le dépoussiéreur et ses accessoires
Les trémies	Qui collectent les poussières
Le caisson	Dans lequel sont logées les manches filtrantes
La gain	Centrale qui assure la répartition des gaz
La tête	Qui referme les plaques supports des manches et les rampes d'injection d'air comprimé

**Tableau I-3 les partie de filtre**

<b>les Actionneur et les capture</b>	<b>Description</b>
Ventilateur final (de tirage)	<p>Assure l'évacuation des gaz épurés vers l'extérieur, placé à la fin juste avant le cheminé. Il assure aussi l'acheminement des gaz chargés de poussières de la sortie du ventilateur exhausteur de la tour vers le dépoussiéreur.</p> <p>Le ventilateur final est commandé en vitesse pour assurer une faible dépression dans le conduit après le ventilateur exhausteur qui est nécessaire au fonctionnement correct du système.</p>
L'exhausteur	C'est Un ventilateur appartenant à la tour échangeur assurant le transport des gaz poussiéreux de l'intérieur de la tour échangeur vers le filtre
Transporteur à chaine	Il est constitué d'une gaine métallique dans laquelle une chaîne rotative assure la manutention des produits. La chaîne est entraînée par une roue dentée sur l'arbre rotatif. L'arbre tournant est fixe sue un moteur électrique triphasé, tournant à une vitesse de 0.1m/s et une puissance de 11kw [5].
Sas à double Clapet	Sa fonction dans ce système est d'éviter l'alimentation en frasque des chaines trainantes de la farine collectée dans le dépoussiéreur. Par l'ouverture alternée des deux clapets, il permet

	<p>le passage de la farine collectée en assurant l'étanchéité de l'enceinte du filtre en pression. Son alimentation doit être régulière. Une came montée sur l'arbre du moteur (13tr/nm et de 0.75kw), commande l'ouverture et la fermeture alternative des deux clapets par le biais de galets et de bras.</p> <p>La fonction de ce système est d'éviter que la chaîne trainante ne s'enfonce dans la farine recueillie dans le dépoussiéreur. En ouvrant alternativement les deux clapets, il laisse passer la farine collectée et assure l'étanchéité du corps de filtre sous pression. Son alimentation doit être régulière. Des cames (13 tr/min et 0,75 kW) montées sur l'arbre moteur commandent l'alternance d'ouverture et de fermeture des deux clapets par galet set bras [5].</p>
Clapets	Les by-pass, registre de sécurité et registre de dilution sont des organes qui assurent une tâche totalement autonome des opérations de filtration et sont construits en évitant l'exposition à des températures élevées pouvant détruire le manchon filtrant [5]
Électrovannes	C'est un organe de commande qui est commandée électriquement et assure le pilotage de la vanne qui permet le passage quantitatif ou tout ou partie du fluide (ici du gaz) dans un canal.
Pompe Peters	Son rôle est le transport de la poussière récupérée du dépoussiéreur. Son mécanisme utilise la rotation d'une vis entraînée par un moteur, et d'un volume d'air produit par un supprimeur pour le déplacement du poussier collectes [5].
Deniblisateur	C'est une pompe qui a pour fonction d'aspirer les bulles d'huile générées lors du fonctionnement du supprimeur [5].
Compresseur d'air	un organe mécanique destiné à augmenter la pression d'un gaz, et donc son énergie.il permet aussi la production de l'air comprime nécessaire au fonctionnement du dépoussiéreur [5].
Sécheur d'air	En série avec le compresseur d'air, il élimine toutes les particules polluées (brouillard d'eau, brouillard d'huile, particules fines...) du réseau d'air comprimé
Transformateurs électriques	Les transformateurs utilisés dans ce système sont un transformateur abaisseur. Selon leur fonction, un transformateur

	<p>abaisseur est un convertisseur d'énergie électrique qui permet de modifier la valeur de la tension et l'intensité du courant fourni par le réseau électrique alternatif en tension et courant de valeur inférieure, mais de même fréquence. Les équipements alimentés sont Les équipements des ateliers (5500v/400v) et Les ventilateurs de tirage (5500v/720v*2).</p>
Variateurs de vitesse	<p>Ces variateurs, également appelés variateur de fréquence, sont des dispositifs permettant d'alimenter et de contrôler des moteurs de 1200kw. Le signal électrique est redressé à travers un pont redresseur à base de diodes, puis généralement filtré à travers un système de condensateurs, et enfin le signal électrique redressé et filtré est réinjecté à travers un réseau d'onduleurs à base de transistors ou de thyristors. Cette ondulation, qui complète le fonctionnement du variateur, permet de varier la valeur efficace du signal électrique et la fréquence du signal électrique.</p>
Thermocouple	<p>Il se compose de deux conducteurs de matériaux différents, dont une extrémité est soudée. Lorsqu'il est exposé à un gradient de température, des contraintes sont générées sur les bords, en fonction de la température et du choix des deux matériaux qui le composent.</p>
Sonde PT100	<p>Le PT100 est un capteur de thermique à résistance variable. En d'autres termes, la valeur de résistance de la sonde change en fonction de la température. C'est ce changement de résistance qui est reçu par l'émetteur et converti en un signal électrique. Utilisé pour la mesure de la température à la température du four (1450 ° C).</p>
Capteur de pression (Pressostat)	<p>détecter le dépassement d'une valeur de pression spécifiée pour un fluide</p>
Capteurs de niveau	<p>mesure la hauteur du matériau, dans un réservoir ou un autre récipient.</p>
Capteur de position	<p>Un capteur de position est un dispositif qui collecte des informations sur la position d'un objet dans l'espace de référence. Ces informations peuvent être obtenues par contact direct avec</p>

	l'objet, grâce à un contacteur composé de divers éléments, tels que : Galet, tige souple, bille, roue codeuse.
Opacimétrie SPX2000	Dispositif de détection et de mesure du niveau de particules de poussière rejetées dans l'atmosphère
Pressostat différentiel	Un dispositif électronique pour mesurer la différence de pression entre le gaz poussiéreux entrant et sortant de filtre

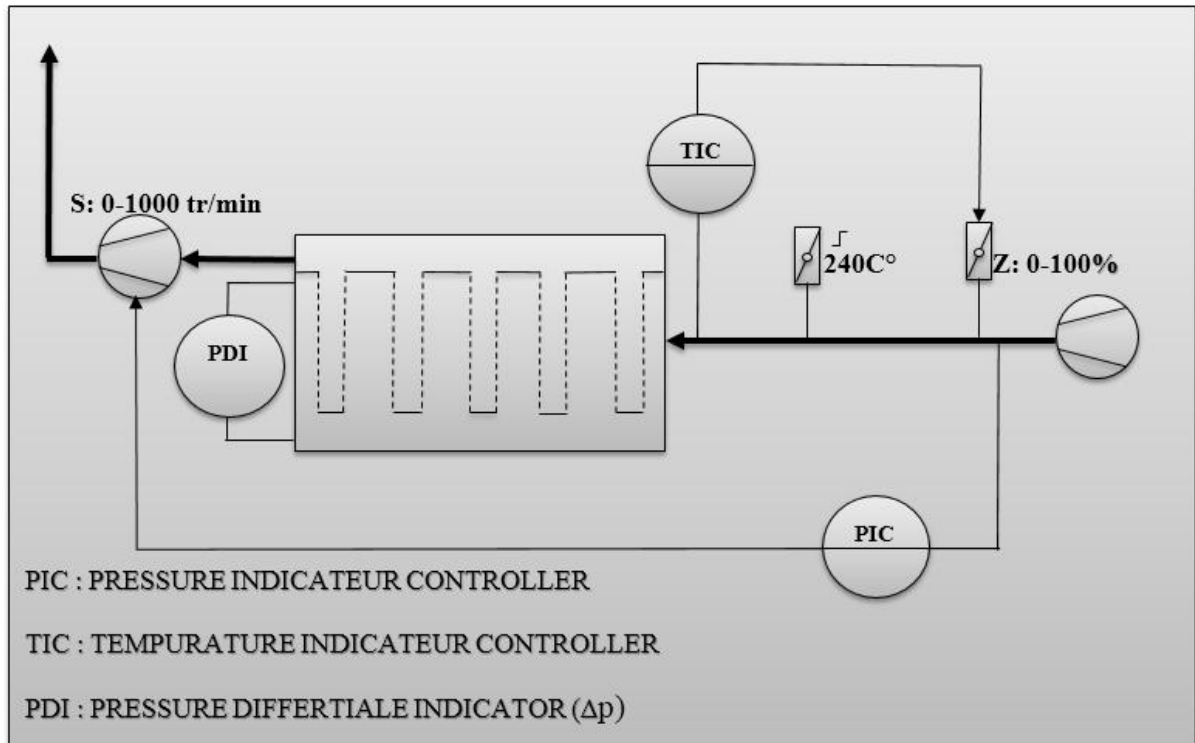
**Tableau I-4 les capture et actionneurs**

## I.8 Commande du filtre final

Comme la température des gaz de sortie du processus sont élevés (de l'ordre de 320C° à 350C°) avec des pics qui peuvent atteindre 400C°, un système de dilution des gaz s'avère nécessaire pour diminuer leur température à un ordre supporté par le média des manches filtrantes. Le média utilisé à la SCAEK supporte 240C° avec des pics de faible durée de 244C°.

La dilution des gaz est assurée par l'addition de l'air ambiant dont la température dépend de la saison et selon qu'il fait nuit ou jour (généralement inférieure à 40C°). Un registre commandable est dédié à ce propos dont l'ouverture est de 0 à 100%. L'ouverture de ce registre est Commandée par TIC (Température Indicator Controller) qui est un régulateur Proportionnel Intégral (PI) dont la consigne est la température à l'entrée de la première chambre du filtre. Le système prévoit deux autres mécanismes de dilution de sécurité afin d'assurer la protection des manches filtrantes contre toute élévation anormale de la température. Le premier niveau de dilution de sécurité (également à air ambiant et totalement autonome) est installé directement à l'entrée des filtres. Le second mécanisme de sécurité consiste à by-passer (isoler) tous les manches en cas de dépassement persistante de 240C°.

Pour assurer un bon flux de circulation des gaz sans dépôt de matière dans les conduits entre ventilateur de tirage exhausteur de la tour échangeur du process et l'entrée du filtre (longueur 25m et diamètre 3.2m), Une deuxième boucle de régulation de pression (PIC) dans ce conduit assure ce but via un autre régulateur type PI (Figure I.5)



**Figure I-5: la boucle de régulation**

Le filtre de SCAEK travail en continu, une seul ligne d'anche est en phase de décolmatage, le reste sont tous en colmatage. En plus l'opération de début de décolmatage ou ringardage par impulsion d'air sous pression (4.5 bars) n'est démarré qu'après le dépassement du seuil supérieur de la perte de charge ( $\Delta p$ ) qui de 110mmCE (CE : Colonne d'eau) et s'arrête une fois celle-ci atteint le seuil inferieur de 90 mmCE.

## I.9 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons analysé le fonctionnement du système de filtrage et ces équipements. Et d'avoir une compréhension et une connaissance de base sur le fonctionnement des dépoussiéreurs à filtre à manche

## CHAPITRE II

# IDENTIFICATION DU FILTRE FINAL AVEC SYSTEM IDENTIFICATION TOOLBOX



# Chapitre II Identification du filtre final avec System Identification Toolbox

## II.1 Introduction

Pour appliquer les techniques d'analyse et synthèse des lois de commande d'automatique, il est préférable de disposer de modèles mathématiques avec un nombre limité des paramètres. Généralement, on choisit des modèles linéaires adaptés à des points de fonctionnements, Pour obtenir ce modèle linéaire à partir d'un modèle physique, trois approches sont possibles : la transformation, la linéarisation et l'identification. Dans ce chapitre nous décrivons notre méthodologie pour l'identification du modèle MIMO du filtre final en utilisant System Identification Toolbox de Matlab.

## II.2 Principe de l'identification basée sur l'erreur de sortie

L'identification d'un système ou processus est la détermination de son modèle mathématique basé sur des observations expérimentales d'entrées  $u_i$  et de sorties  $y_i$  [12] [13]. Le modèle résultant est appelé modèle comportemental ou modèle représentationnel fournissant des sorties estimés  $\hat{y}_i$  en réponses au entrées  $u_i$ . L'erreur  $\varepsilon$  entre la réponse réelle du système  $y$  et la réponse estimée  $\hat{y}$  du modèle est utilisée pour ajuster les paramètres du modèle pendant le processus d'identification qui comprend les quatre étapes suivantes :

1. Acquisition des entrées/sorties du système dans le domaine temporel ou fréquentiel sous un protocole d'expérimentation,
2. Choix ou estimation d'une structure (complexité) du modèle,
3. Application d'une méthode d'estimation pour estimer les valeurs des paramètres ajustables dans la structure du modèle choisis.
4. Evaluation du modèle estimé (Validation) en vérifiant l'adaptation de la structure et des valeurs de paramètres aux besoins de l'application.

Ainsi, le processus d'identification d'un système fait intervenir les 5 éléments suivants :

1. Les Données mesurées des E/S du système réel.
2. Une structure (type) de modèle et des perturbations.
3. Une fonction de coût qui permet de mesurer la fidélité du modèle estimé
4. Un algorithme d'optimisation pour minimiser la fonction de coût

5. Une ou plusieurs métriques d'évaluation des performances du modèle estimé.

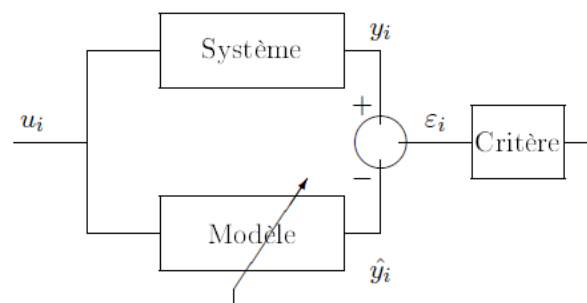
### II.2.1 Estimation des paramètres [11]

Un modèle est une relation mathématique entre les variables d'entrée et de sortie du système. Les modèles de systèmes dynamiques sont généralement décrits par des équations différentielles, des fonctions de transfert ou des équations d'espace-état. Pour choisir la structure du modèle, il est possible d'utiliser l'une des approches suivantes:

- Modélisation Black Box : dans cette approche, différentes structures mathématiques sont vérifiées et comparées (trial-and-error process) afin de choisir un modèle capable de reproduire les données mesurées et aussi simple que possible. En règle générale, on teste des structures de modèles linéaires simples avant de considérer des structures plus complexes.
- Modélisation Grey Box : selon cette approche, une structure spécifique est connue, mais les valeurs numériques de ses paramètres sont inconnues. La détermination de ces paramètres constitue l'objectif de l'identification.

La recherche des paramètres optimaux  $\hat{\theta}_i$  se fait par programmation non linéaire. Il s'agit d'utiliser un algorithme qui à partir de paramètres non optimaux  $\theta_i$  et un critère  $J$  (fonction de coût) donne les paramètres  $\hat{\theta}_i$ . Ces algorithmes sont nombreux

Le principe de la méthodologie d'identification est illustré en (figure II.1.) Le modèle est une fonction de  $n$  paramètres  $\theta_i$ ,  $i$  variant de 1 à  $n$ . Il s'agit alors de déterminer les paramètres  $\theta_i$  tels que le critère soit minimum. Le critère est en général choisi de la forme  $J = f(\varepsilon_i^2)$ . L'identification consiste alors à déterminer les valeurs des paramètres du modèle en fonction des observations d'entrées/sorties afin que la sortie du modèle soit la plus proche du système réel selon fonction de coût spécifiée.



**Figure II-1 : Principe d'identification fondé sur l'erreur de sortie**

### II.2.2 Validation du modèle

Après l'estimation du modèle, il faut évaluer sa capacité à reproduire le comportement du système dans des limites acceptables. Le Toolbox utilisé fournit les métriques usuelles utilisées dans l'évaluation et la comparaison des performances de modèles à savoir :

- 1- Fitpercent ou NRMSE: l'Erreur quadratique moyenne normalisée (Normalized Root Mean Squared Error) mesure l'adéquation de la réponse du modèle aux données d'estimation, exprimée en pourcentage.

$$NRMSE = 1 - \frac{\|y_i - \hat{y}_i\|^2}{\|y_i - \bar{y}_i\|^2}$$

où,  $\| \cdot \|$  indique la norme 2 d'un vecteur, et  $\bar{y}_i$  la moyenne de  $y_i$ .  $NRMSE$  est un vecteur de longueur  $N$  et  $i = 1, \dots, N$ , où  $N$  est le nombre de sorties du système.

- 2- MSE : (Mean Squared Error) l'erreur quadratique moyenne définie par :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Où,  $n$  est le nombre d'échantillons, MSE est une valeur scalaire.

- 3- FPE : (Akaike's Final Prediction Error) l'erreur de prédiction finale donnée par l'expression suivante :

$$FPE = \det\left(\frac{1}{n}(y_i - \hat{y}_i)'(y_i - \hat{y}_i)\right) \begin{pmatrix} 1 + \frac{n_p}{n} \\ 1 - \frac{n_p}{n} \end{pmatrix}$$

Où,  $n$  est le nombre d'échantillons et  $n_p$  est le nombre des paramètres du modèle.

### II.3 Présentation du System Identification Toolbox

System Identification Toolbox propose des fonctions MATLAB, des blocs Simulink et une application destinée au développement de modèles mathématiques de systèmes dynamiques à partir de données d'entrée-sortie mesurées. Les données d'entrée-sortie d'identification peuvent être du domaine temporel et fréquentiel afin d'identifier des fonctions de transfert à temps continu et discret, des modèles de processus et des modèles de représentations d'état. La Toolbox propose aussi des algorithmes pour réaliser des estimations de paramètres en ligne.

## II.4 Réalisation des expériences

Le filtre à manche est un système MIMO à 2 entrées et 2 sorties. La vitesse du ventilateur de tirage variant de 0 à 1000tr/min commande la dépression à l'entrée du filtre (de -5 à 0 mbar), tandis que l'ouverture du registre de dilution (0 - 100%) commande la température à son entrée (200 à 220C°).

### II.4.1 Elaboration des séquences d'identification

L'un des moyens de réaliser un signal "aléatoire" pour l'identification des systèmes est la mise en œuvre de Séquences Binaires Pseudo Aléatoires (SBPA). Une SPBA est un signal formé d'impulsions rectangulaires modulées aléatoirement en largeur, qui approxime un bruit blanc, donc riche en fréquence. Une SBPA basé sur N bits a une longueur de  $2^{N-1} = L$  dont  $2^{N-1}$  bit à « 1 » et  $2^{N-1} - 1$  à « 0 ». Pour bien identifier la dynamique du procédé, il faut que la durée d'au moins une des impulsions (par exemple l'impulsion de durée maximale) soit supérieure au temps de montée du procédé. D'autre part, pour balayer tout le spectre de fréquences, il faut que la durée de l'expérience soit au moins égale à la longueur de la séquence.

Dans les expériences réalisées, nous avons pris une SBPA à 4 bits ce qui permet de générer une séquence de 15bits. La SPBA utilisé est de la forme 111100010011010 avec 1bit par minute et une fréquence d'échantillonnage de 1Hz. La durée de 1bit est choisie de sorte à permettre l'établissement d'un régime permanent à la fin de la plus large excitation constituée de 4 bits successive à 1 qui est au début de la séquence. La SPBA est généré manuellement, de ce fait, nous aurons des légères altérations (quelques secondes) des durées des impulsions de chaque séquence.

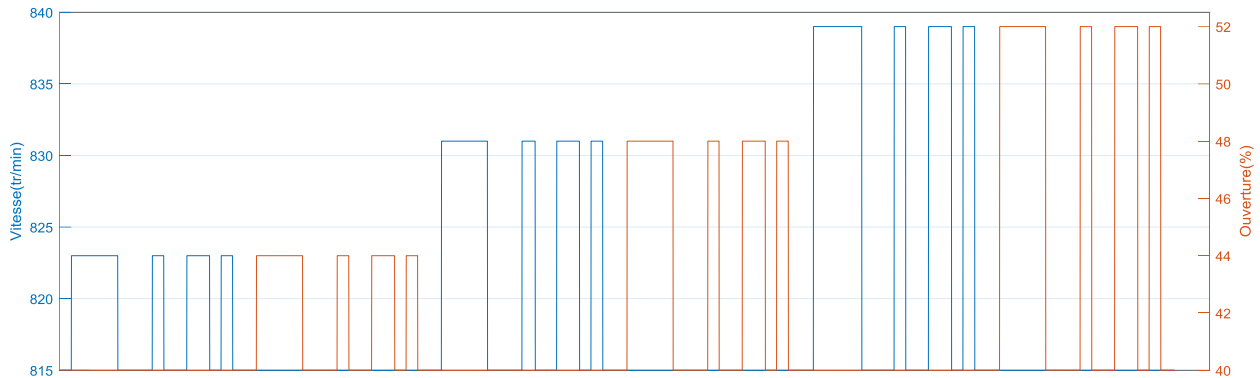
### II.4.2 Description de l'expérience

Les expériences ont été réalisées sur deux étapes (la durée de chaque étape et de 15 minutes):

- Première Etape : consiste à varier l'entrée vitesse de ventilateur de tirage par la SPBA et garder la deuxième entrée (ouverture du registre) fixe telle qu'était au régime stationnaire avant de lancement de l'expérience,
- Deuxième étape : commence après la stabilisation du processus. Dans cette étape, on fait varier l'ouverture du registre de dilution par la dite SPBA et on garde la vitesse du ventilateur fixe

Nous avons réalisés trois expériences dont l'amplitude du signal d'excitation de la vitesse est de +1%,+2% et +3% et de l'ordre de +10%, +20% et +30% pour l'ouverture du registre par

rapport aux valeurs de référence 815tr/min et 40% , comme présenté par (la figure II.2) et décrit par le tableau II.1. Notons que nous utiliserons les données des expériences 1° et 3° pour l'estimation du modèle et les données de l'expérience 2° pour la validation.



**Figure II-2 : Les SPBA des 3 expériences**

**Tableau II-1: Détails des valeurs d'entrées**

N° Experience	Etape 1		Etape 2	
	Vitesse (Tr/min)	Ouverture (%)	Vitesse (Tr/min)	Ouverture (%)
1°	815 & 823	40	815	40 & 44
2°	815 & 831	40	815	40 & 48
3°	815 & 839	40	815	40 & 52

Nous précisons également que les excitations effectuées sur le filtre par la SPBA étaient à une température ambiante de 22 C° et une vitesse du ventilateur amont (exhausteur de la tour de préchauffage) à 866 tr/min, ces deux paramètres sont considéré comme fixes durant les expériences mais leurs variations sont des perturbations du processus car la température ambiante affecte la température à l'entrée du filtre tandis que la vitesse du ventilateur amont agit sur la dépression dans le conduit de l'entrée du filtre et affecte même la quantité de chaleur transmise au filtre. Les effets de ces perturbations ne sont pas étudiés dans notre cas.

## II.5 Visualisation des données collectées

Les figures (II.3, II.4 et II.5) présentent les données d'entrées / sorties pour les expériences 1°, 2° et 3° respectivement. L'analyse graphique de ces données révèle bien l'existence d'un couplage entre l'entrée « Vitesse » et la sortie « Température » et entre l'entrée « Ouverture registre » et la sortie « Dépression ».

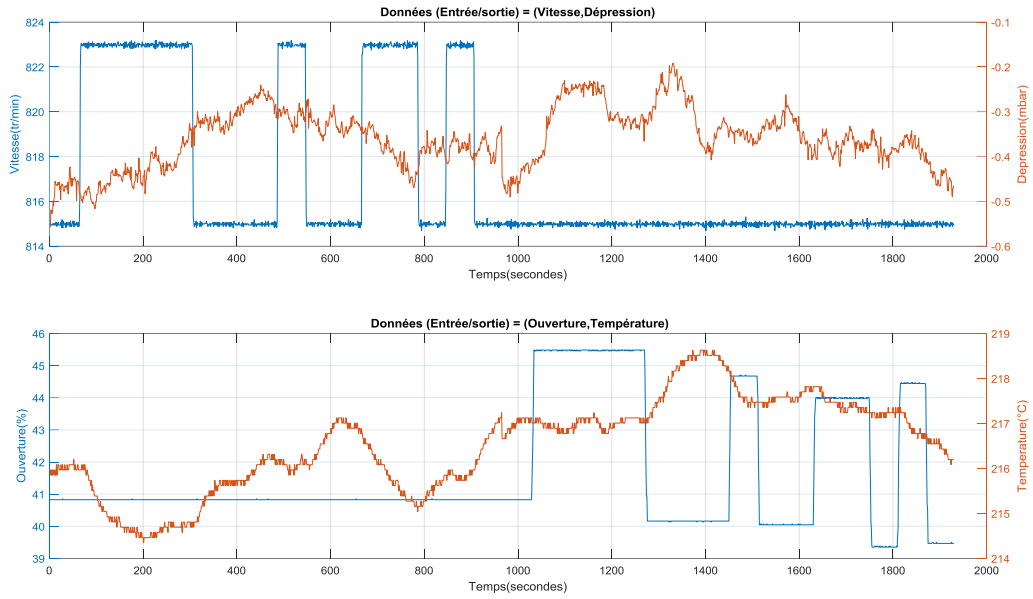


Figure II-3: Données d'entrées/sorties mesurées de l'expérience 1°

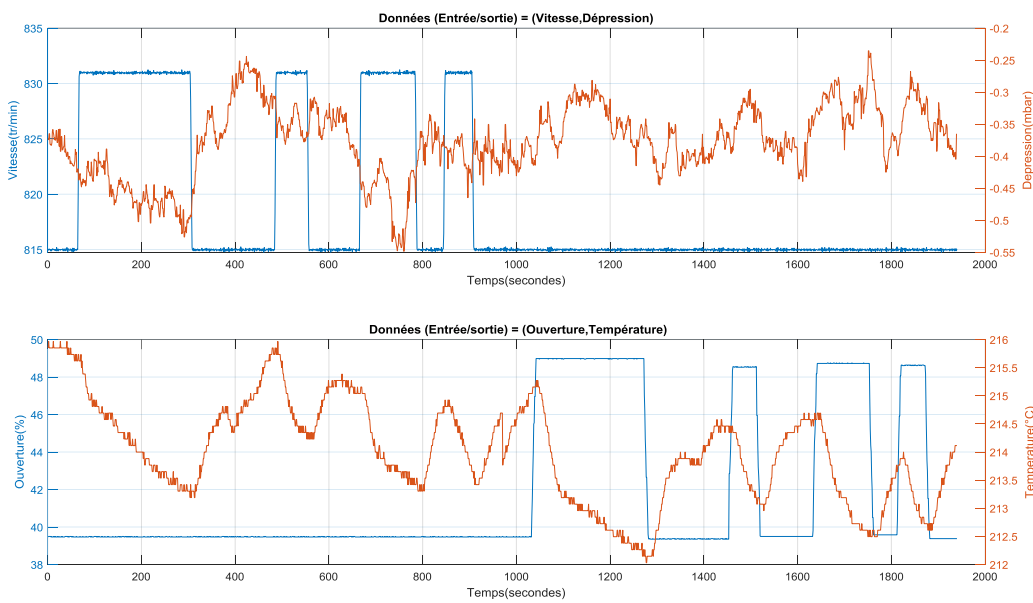


Figure II-4 : Données d'entrées/sorties mesurées de l'expérience 2°

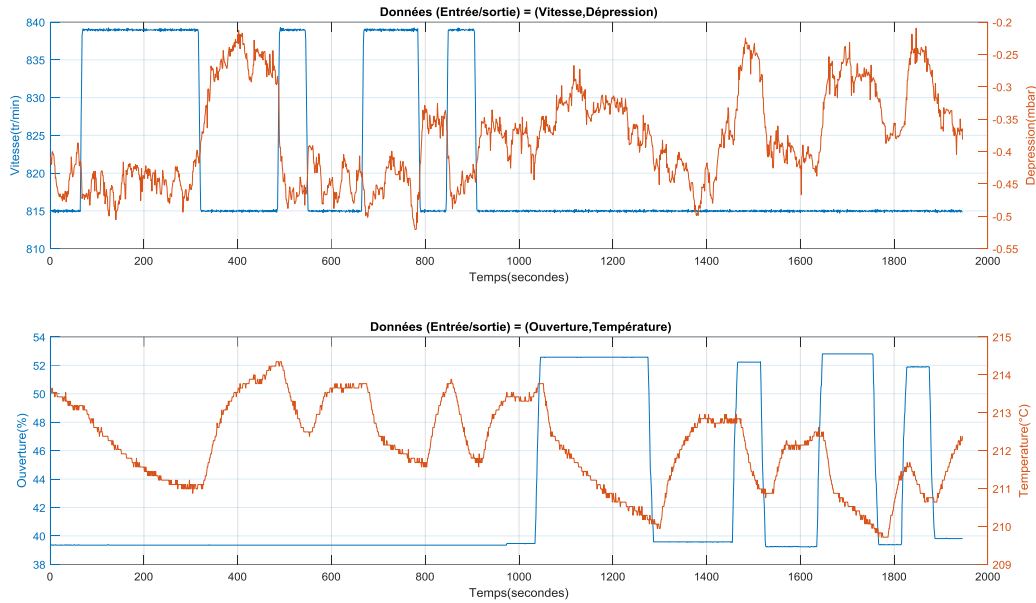


Figure II-5 Données d'entrées/sorties mesurées de l'expérience 3°

## II.6 Estimation d'un modèle linéaire espace – état du système

### II.6.1 Equations générale du modèle espace-état

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

$x(t) \in R^n$  : Vecteur d'état

$y(t) \in R$  : Vecteur de sortie (vecteur de mesure)

$u(t) \in R$  : Vecteur d'entrée (vecteur de commande)

$A \in R^{n \times n}$  : Matrice d'évolution ou dynamique

$B \in R^{n \times 1}$  : Vecteur de commande (vecteur d'entrée)

$C \in R^{1 \times n}$  Vecteur d'observation (vecteur de sortie)

$D \in R$  : Constante de transmission directe (souvent nulle).

### II.6.2 Utilisation des fonctions Matlab d'estimation

En général, l'estimation de modèles avec System Identification Toolbox, consiste à exécuter la fonction d'estimation du modèle choisi en spécifiant comme arguments les données mesurées, ainsi que d'autres paramètres nécessaires pour définir la structure du modèle. Pour estimer un modèle d'espace-état, on utilise `sstest` ou `n4sid` en spécifiant les paires non-valeurs

pour diverses configurations, telles que la suppression de la composante de bruit (en fixant K à zéro avec ('DisturbanceModel', 'none')) .

Pour illustrer, l'exemple suivant utilise la commande d'estimation d'un modèle espace-état, ssest et n4sid: Le premier d'argument spécifie la matrice de données d'entrée-sortie mesurées. Le deuxième argument spécifie l'ordre du modèle.

- `sys = ssest(data, 4);` Estimate state-space model with an iterative algorithm
- `sys = n4sid(data, 4);` Estimate state-space model using subspace algorithm

Pour choisir l'ordre du modèle (nombre d'états), nous avons exploré les performances des modèles d'ordre allant de 1 à 40. (La figure III.6) présente les performances de prédiction de chaque modèle à travers FPE Selon ces résultats le modèle offrant un PFE minimal est d'ordre 11. Néanmoins, cette erreur descend à une valeur proche à partir de l'ordre 3. Cet ordre de 3 est confirmé aussi par le paramétrage automatique que le Toolbox propose basé sur le minimum de la somme de  $\varepsilon_i^2$ . Pour le reste des paramètres de modélisation, nous adoptons le paramétrage automatique des caractéristiques du modèles telle que l'estimation des états initiaux, et les valeurs par défaut pour les hyper paramètres du processus d'identification tel que taille maximales des subspaces.

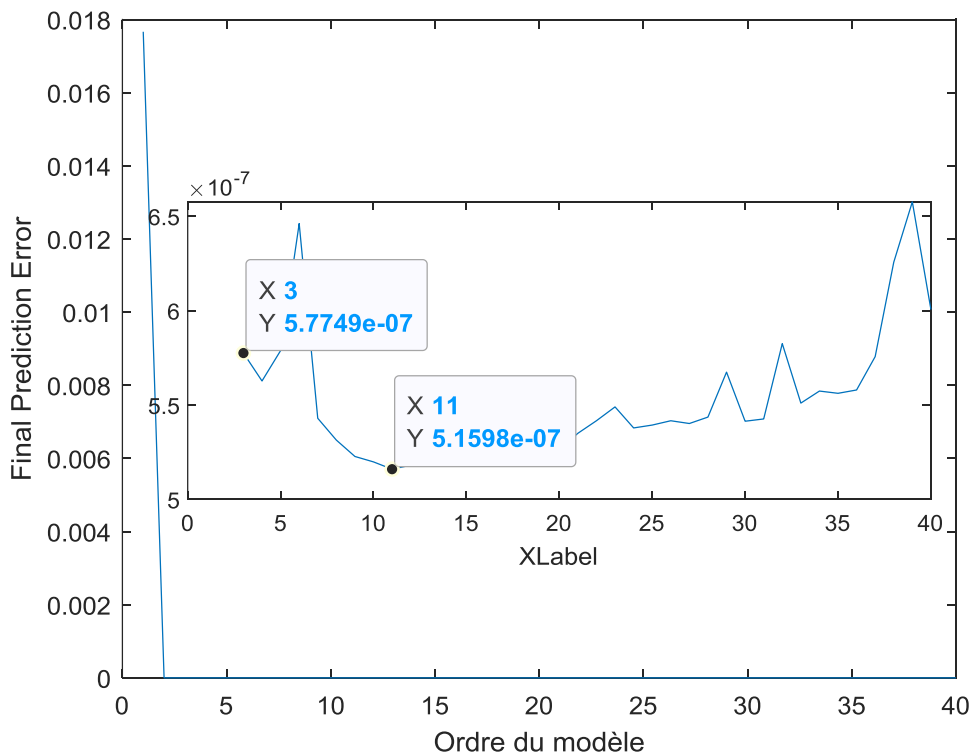


Figure II-6: FPE en fonction de l'ordre du modèle



### II.6.3 Résultats

L'estimation du modèle par l'approche expliquée, nous a permis d'obtenir les résultats donnés par (le tableau II.2.)

**Tableau II-2 les résultats d'estimation**

State Space Model = Discrete-time identified state-space model: $x(t + Ts) = A x(t) + B u(t) + K e(t)$ $y(t) = C x(t) + D u(t) + e(t)$				
A		x1	x2	x3
	x1	1.001	-0.001288	0.005244
	x2	0.001224	0.9881	-0.0009833
	x3	-0.003721	-0.004773	0.9864
B		Vitesse	Ouverture	
	x1	5.743e-06	5.49e-06	
	x2	-9.574e-06	4.023e-05	
	x3	-2.329e-05	3.115e-05	
C		x1	x2	x3
	Depression	-1.523	3.24	0.09661
	Temperature	-216.7	-0.6121	-0.6412
D		Vitesse	Ouverture	
	Depression	0	0	
	Temperature	0	0	
		Depression	Temperature	
x1	6.433e-06	-0.001869		
x2	0.1874	0.0006768		
x3	0.05637	-0.03744		

Les figures (d'II.7 à II.10) présentent la réponse du modèle comparée à la réponse du système réel pour toutes les données des expériences réservées à l'estimation.

Les valeurs de fit percent, MSE et FPE du modèle obtenu sont données par (le tableau II.3.) Ces premiers résultats sont satisfaisants et affichent un bon modèle initiale à améliorer.

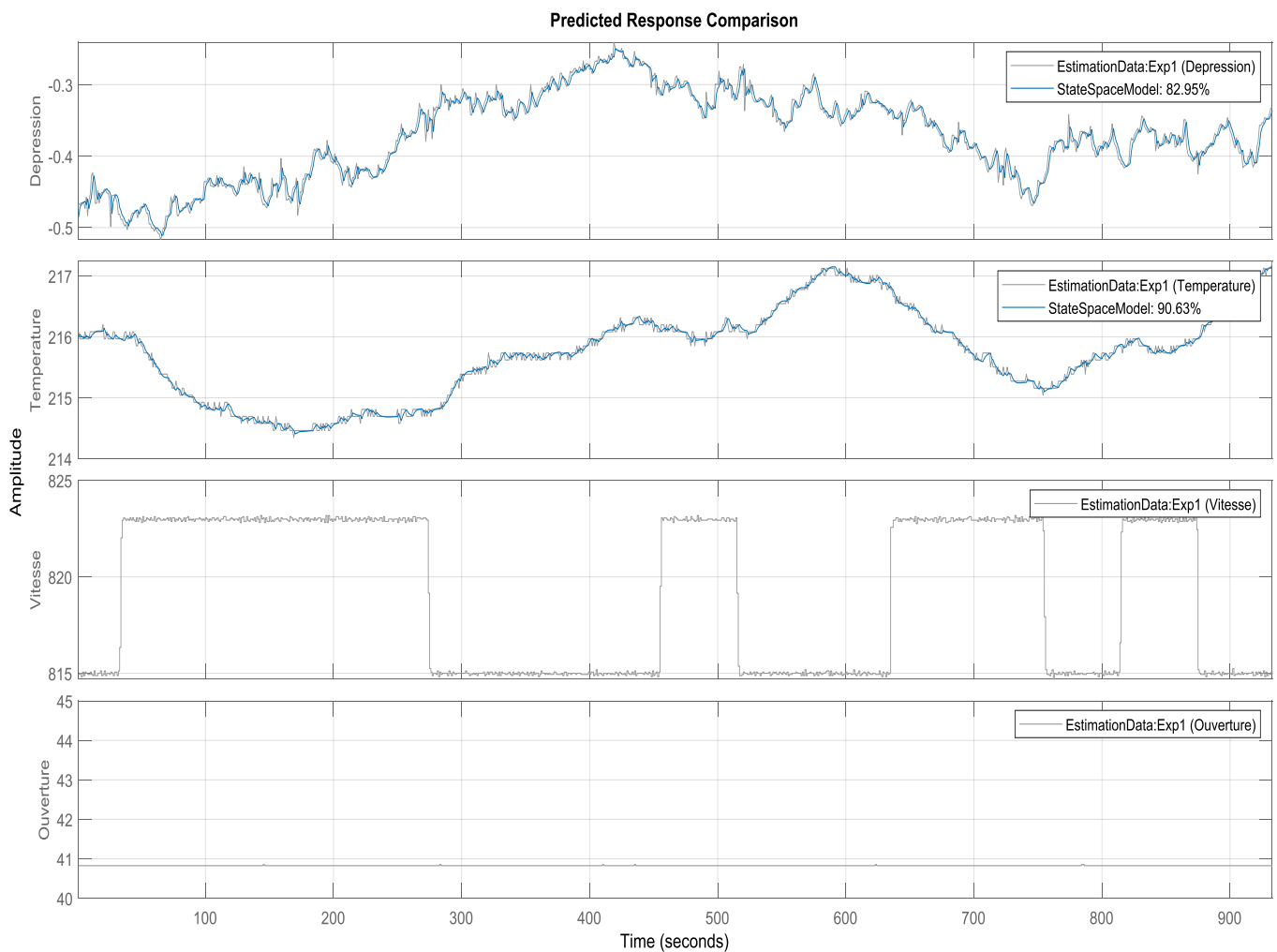
**Tableau II-3 performances du modèle avec les données d'estimation**

Fit percent		Expérience1		Expérience3	
		Etape1	étape2	Etape1	étape2
	Depression [	82.99	83.14	84.35	81.17;
	Température	90.63	88.34	92.48	92.22]
MSE		[0.004634	0.00404	0.005059	0.006081]
FPE		5.902e-07			

Enfin, les figures (II.11 et II.12) présentent les performances du modèle avec les données de validation. Ces résultats confirment bien les résultats d'estimation présentés.

A partir de ces résultats il est clair qu'il faut mener une étude approfondie pour sélectionner la bonne méthode et les bons paramètres qui permettront de bien modéliser le système étudié. Les résultats obtenus ne sont satisfaisants, il faut améliorer le modèle avant de passer à l'analyse pour déterminer le degré d'e couplage entre la position et la dépression et entre la vitesse et la température ;

Ce modèle peut être amélioré de manière itérative en essayant des structures de modèle différente, en modifiant les paramètres de l'algorithmme d'estimation ou en effectuant un prétraitement de données.



**Figure II-7 : Prédiction du modèle identifié pour Expérience 1°/ étape1**

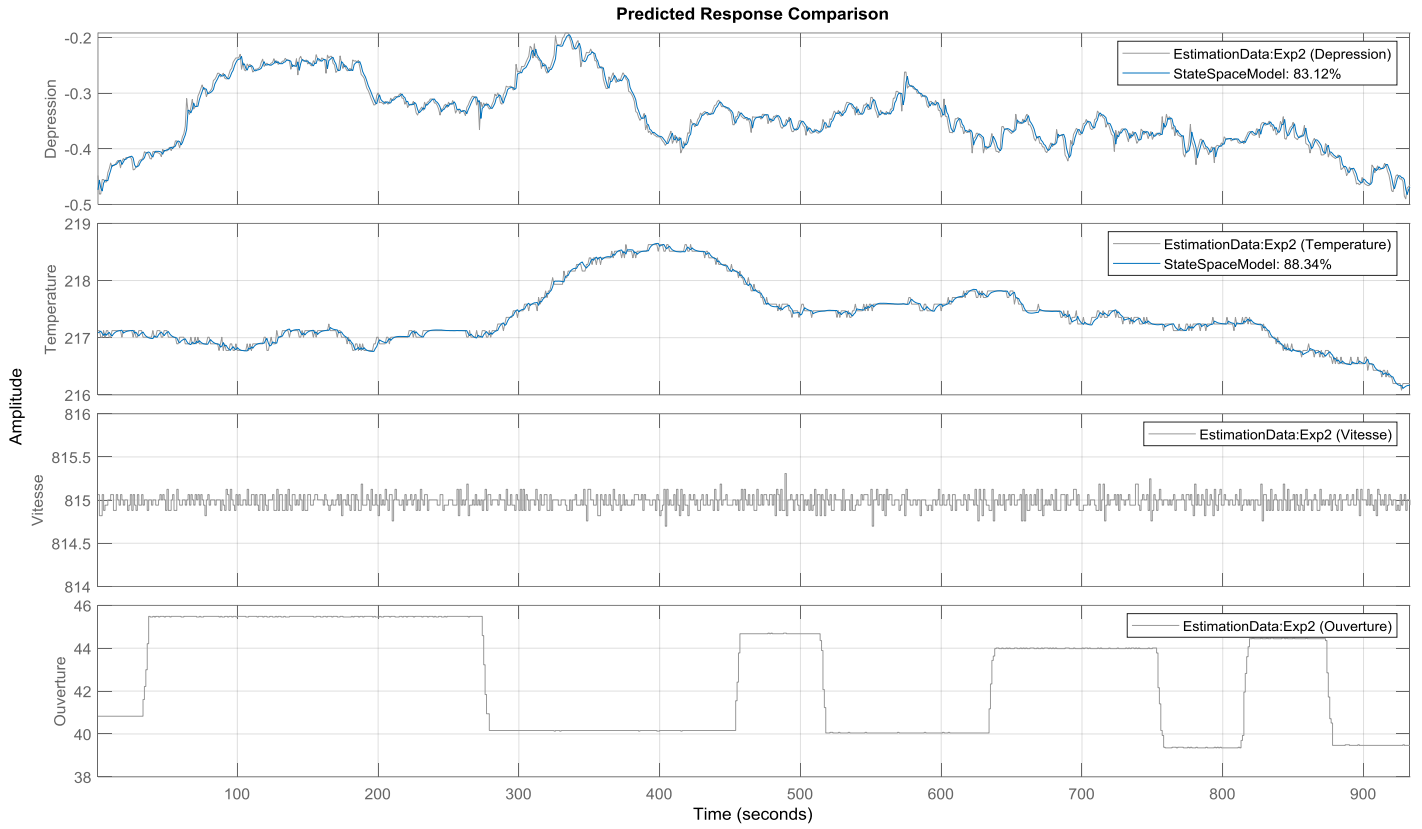


Figure II-8 : Prédiction du modèle identifié pour Expérience 1°/ étape 2

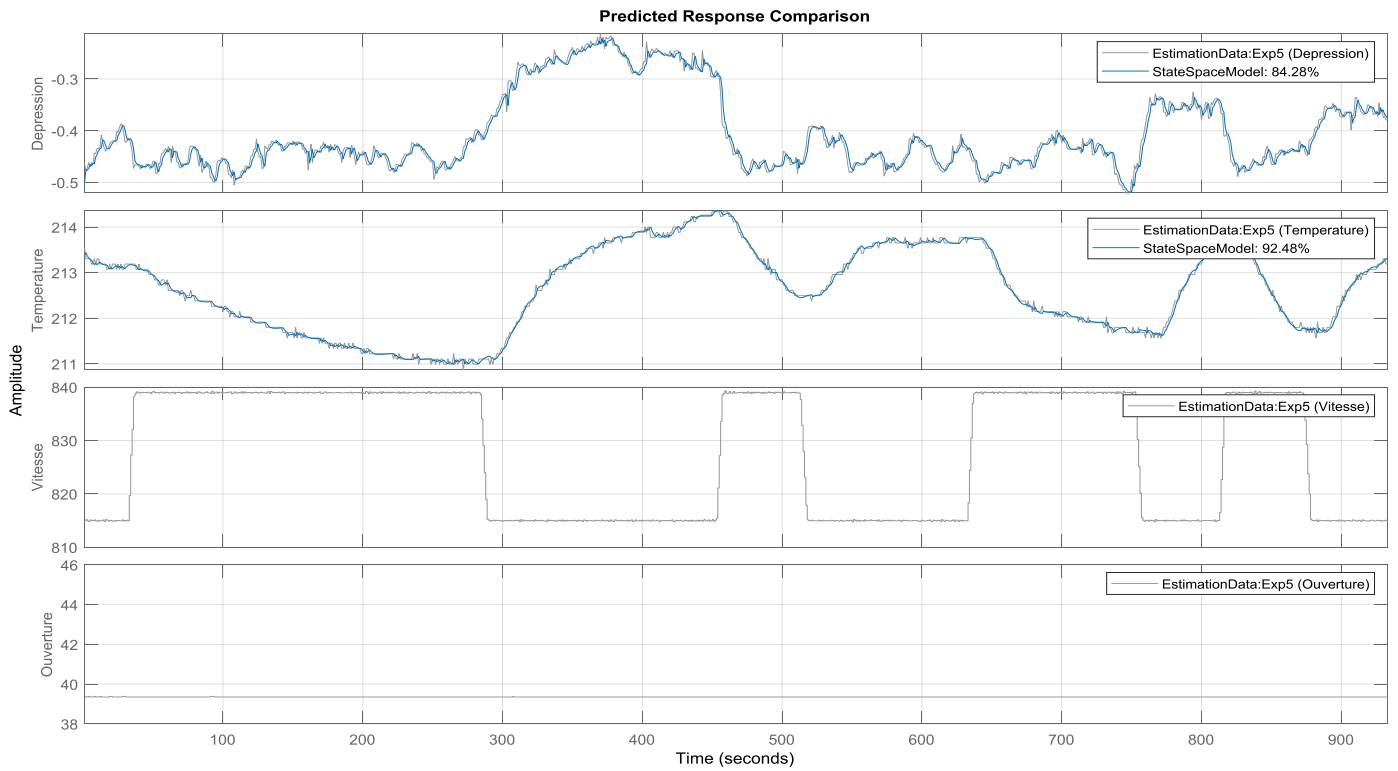


Figure II-9: Prédiction du modèle identifié pour Expérience 3°/ étape 1

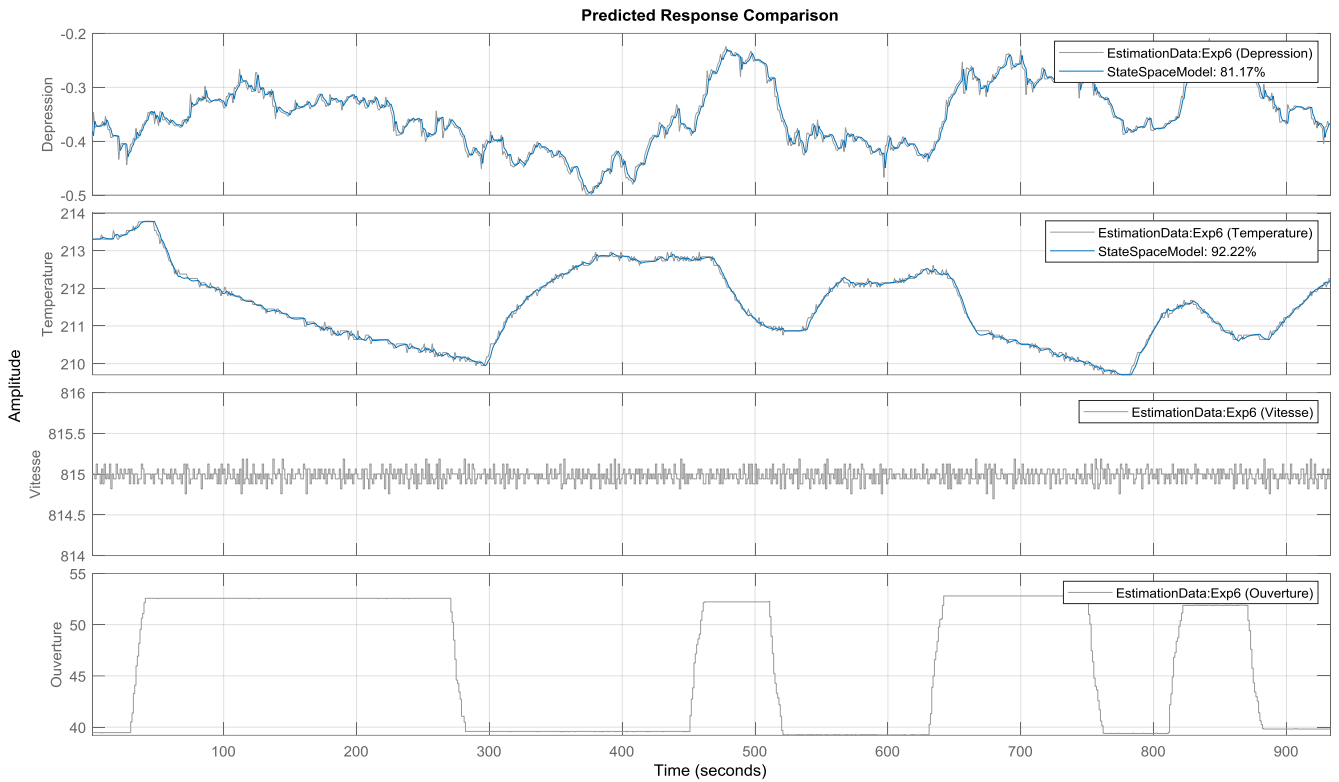


Figure II-10 : Prédiction du modèle identifié pour Expérience 3<sup>o</sup>/ étape 1

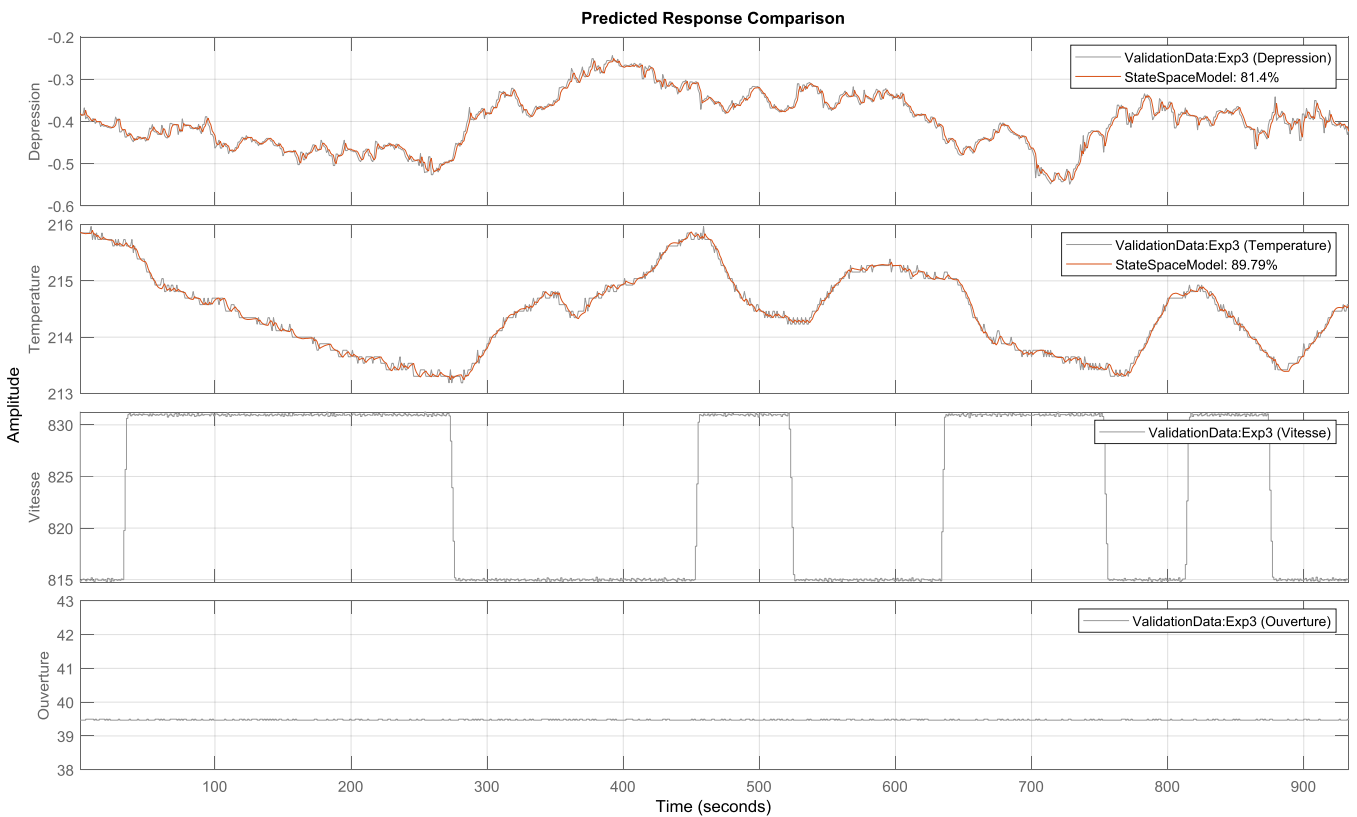
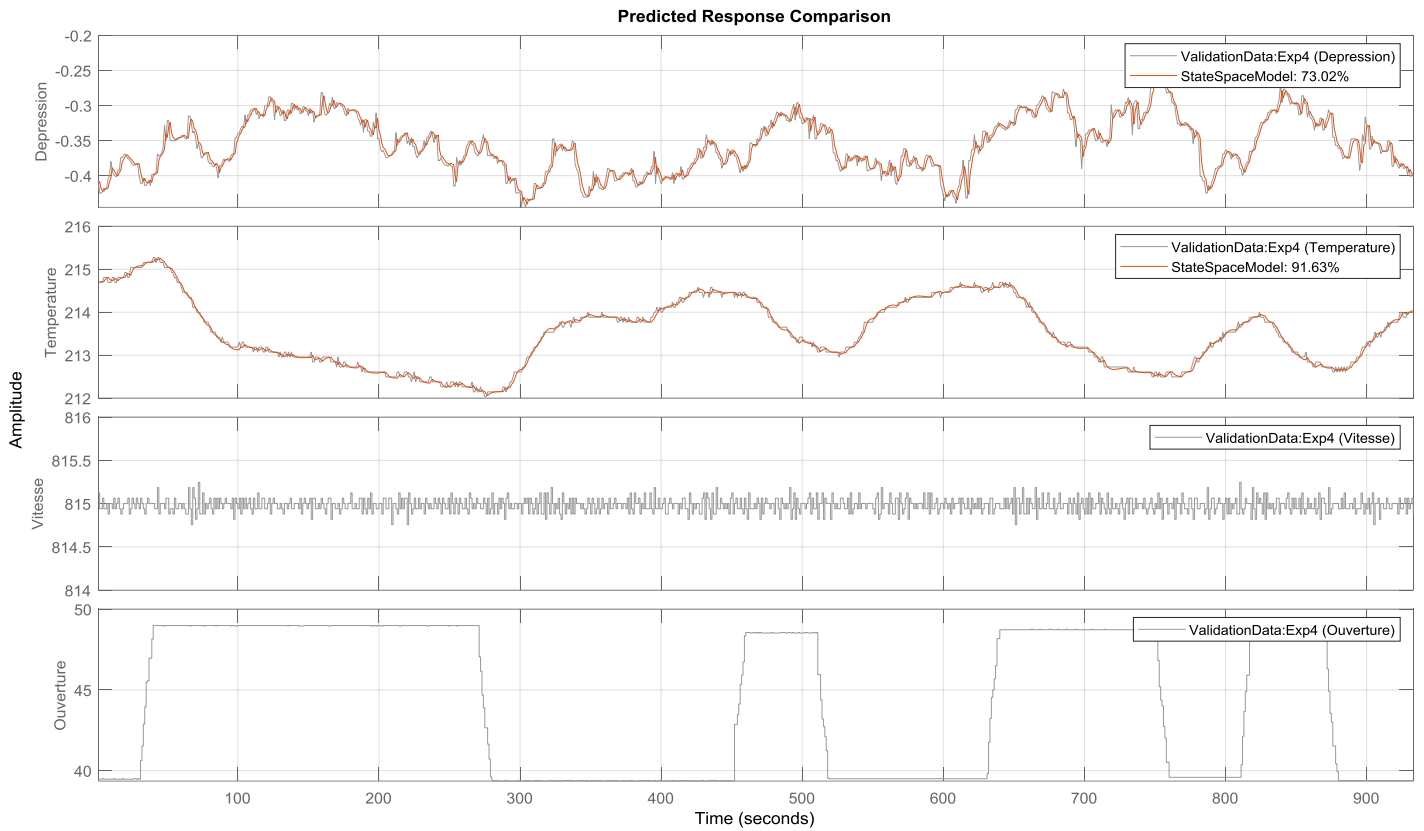


Figure II-11 : Prédiction du modèle identifié pour les données de validation (Expérience 2<sup>o</sup>/ étape 1)



**Figure II-12 : Prédiction du modèle identifié pour les données de validation (Expérience 2°/ étape 2)**

## II.7 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons proposé une nouvelle méthode de régulation et commande, on a effectué l'identification du système à l'aide du toolbox Matlab d'identification et avoir un modèle de connaissance, plus proche dans notre système

## CHAPITRE III

### *REALISATION DU PROGRAMME POUR LE CONTROLE ET LA SUPERVISION*

## Chapitre III REALISATION DU PROGRAMME POUR LE CONTROLE ET LA SUPERVISION

### III.1 Introduction

Dans ce chapitre, on a décrit les généralités sur les automates programmables industrielle et l'explication de logicielle de programmation PCS7 et la supervision par wincc aussi les normes de communication enfin on termine notre chapitre par la programmation et la supervision de notre système.

### III.2 LES AUTOMATES PROGRAMMABLE INDUSTRIEL

Un automate programmable industriel API (en anglais Programmable Logic Controller, PLC) Une forme spéciale de contrôleur à microprocesseur qui utilise une mémoire programmable pour stocker des instructions et mettre en œuvre diverses fonctions, qu'il s'agisse de logique, de séquençement, de comptage ou de synchronisation arithmétique, pour contrôler les machines et les processus (Figure III-1). [15]

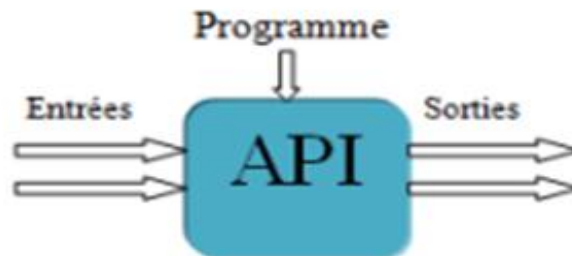


Figure III-1 : Automate programmable industriel

#### III.2.1 Type d'automates

Les automates se présentent sous deux formes principales : les versions à boîtier unique (compact) et les versions modulaires/en rack. [16]

##### a- Automate en boîtier unique (compact)

Le modèle en boîtier unique (Figure III-2) est souvent utilisé des petites automates programmables et correspond à un API compact complet équipé des unités d'alimentation, de processeur, de mémoire et des entrées-sorties, il pourra réaliser certaines fonctions

supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.16]



Figure III-2 Automate compact (MITSUBISCHI)

### b- Automate modulaire

Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires (Figure III-3). [16]

L'automate modulaire se distingue par les caractéristiques suivantes :

- Vitesse élevée
- Multiples possibilités de mise en réseau
- Mémoire importante
- Plus souple pour les chaînes industriels.

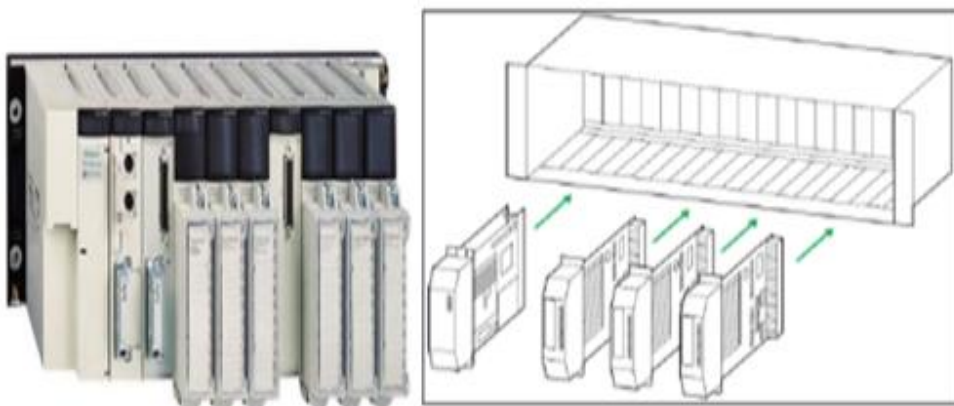


Figure III-3 Automate modulaire (MODICON)



### III.2.2 Structure interne des API

Les API comportent quatre parties principales) :

- Une mémoire
- Un processeur
- Des interfaces d'Entrées/Sorties
- Une alimentation.

Ces quatre parties sont reliées entre elles par des bus (ensemble câble autorisant le passage de l'information entre ces 4 secteurs de l'API). [17]

### III.2.3 Critère de choix d'un automate

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe.

Il faut ensuite quantifier les besoins :

- **Nombre E/S:** le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre E/S nécessaires devient élève.
- **Type de processeur :** la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très entendue.
- **Fonctions ou modules spéciaux :** certaines cartes permettront de soulager le processeur et devront offrir les caractéristiques soustraites (résolution.....).
- **Fonctions de communication:** l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision) et offrir des possibilités avec des standards normalisés (PROFIBUS).

## III.3 Automates Siemens

### III.3.1 Automate S7-400

Le S7-400 est une plate-forme d'automatisation conçue pour la fabrication et l'ingénierie des processus. Il se distingue par ses hautes performances, ses capacités de communication et sa grande capacité mémoire, qui s'adaptent à toutes les applications spécifiques telles que la haute disponibilité et la sécurité. [18]

### III.3.2 Architecture de l'automate S7-400

Le S7-400 est composé d'un châssis équipé d'un module d'alimentation, une CPU, des modules d'entrées/sortie tous sont connectés entre eux avec des modules de (Figure III-4) présente les différents composants de S7-400.

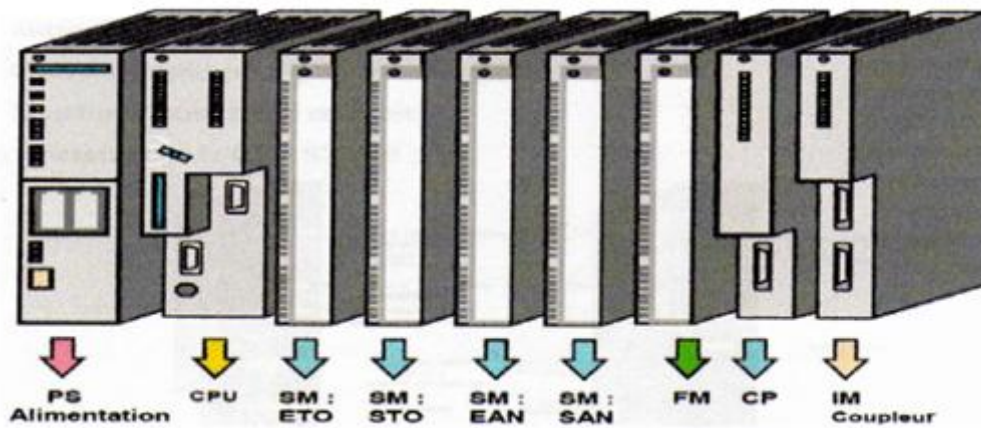


Figure III-4 Architecture de l'automate S7-400

### III.4 Description de pcs7 et le progiciel wincc

#### III.4.1 Présentation de SIMATIC PCS7 (procès control system)

Le système de contrôle de processus SIMATIC PCS 7 propose une base ouverte pour des solutions modernes, économiquement rationnelles et orientées vers l'avenir dans l'industrie de processus. Sa conception et son architecture modernes permettent de réaliser aux meilleurs coûts et d'exploiter de manière économiquement rationnelle une unité de production sur la totalité de son cycle de vie : planification, conception, mise en œuvre, formation, mais aussi fonctionnement maintenance et extensions futures [19].

Le système de conduite des processus SIMATIC PCS 7 offre une large gamme de systèmes d'automatisation dont les prestations sont caractérisées par leur polyvalence et leur haut niveau de compatibilité. Ce qui implique une adaptabilité précise des performances d'automatisation dans toutes les plages de puissance. Différents critères permettent de différencier les systèmes d'automatisation proposés. Selon leur forme, ils sont catalogués de deux façons [19]

- Système d'automatisation Micro box avec contrôleur logicielle.
- Système d'automatisation modulable de la série S7- 400 avec contrôleur matériel.

#### III.4.2 Applications de PCS7

Un projet PCS 7 met à disposition les applications de basse suivantes :

### **A- Gestionnaire de projet SIMATIC Manager**

Gestionnaire de projet SIMATIC Manager gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation, il démarre automatiquement les applications requises pour le traitement de données sélectionnées. [19]

### **B- Configuration du matériel HW Config**

Un environnement PCS 7 comprend une station d'automatisation AS, d'une station d'ingénierie ES ou de contrôle-commande OS et une bibliothèque.

Sur une station AS la configuration correspond à la structure matérielle de l'automate et aux extensions << Châssis, alimentation, CPU etc. >>

Sur un PC utilisé comme AS et/ou OS, une structure virtuelle est générée à l'aide des outils SIMATIC de configuration du poste de travail << outil pour paramétré la station PC >>.

### **C- Editeur de mnémonique**

Il permet la gestion de toutes les variables globales. En effet, il définit des désignations symbolique et des commentaires pour les signaux du processus (Entrées /Sorties), les mémentos, les blocs de données, les temporisations et les compteurs.

La table de mnémonique qui en résulte est mise à disposition de toutes les applicatoins.la modification de l'un des paramètres d'un mnémonique est de ce fait reconnue automatiquement par toutes les applications.

### **D- Editeur de programme**

#### **1- Diagramme CFC : (CONTINUOUS FUNCTION CHART)**

Un CFC est un éditeur graphique basé sur le logiciel PCS 7. Il permet de créer une architecture logicielle globale pour une CPU à partir de blocs prédéfinis. Pour ce faire, les blocs sont insérés dans des diagrammes fonctionnels, paramétrés et interconnectés. Pour créer des diagrammes CFC, nous insérons des blocs se trouvant dans la bibliothèque "PCS 7 Library V6.1" dans ces diagrammes. Il s'agit de blocs individuels, comme par exemple: des blocs de régulation d'un processus ou des blocs de surveillance de valeurs de mesure. Les entrées et sorties de ces blocs sont alors directement connectées et paramétrées dans l'éditeur CFC. L'interface utilisateur graphique de l'éditeur CFC nous permet de réaliser ceci très facilement.

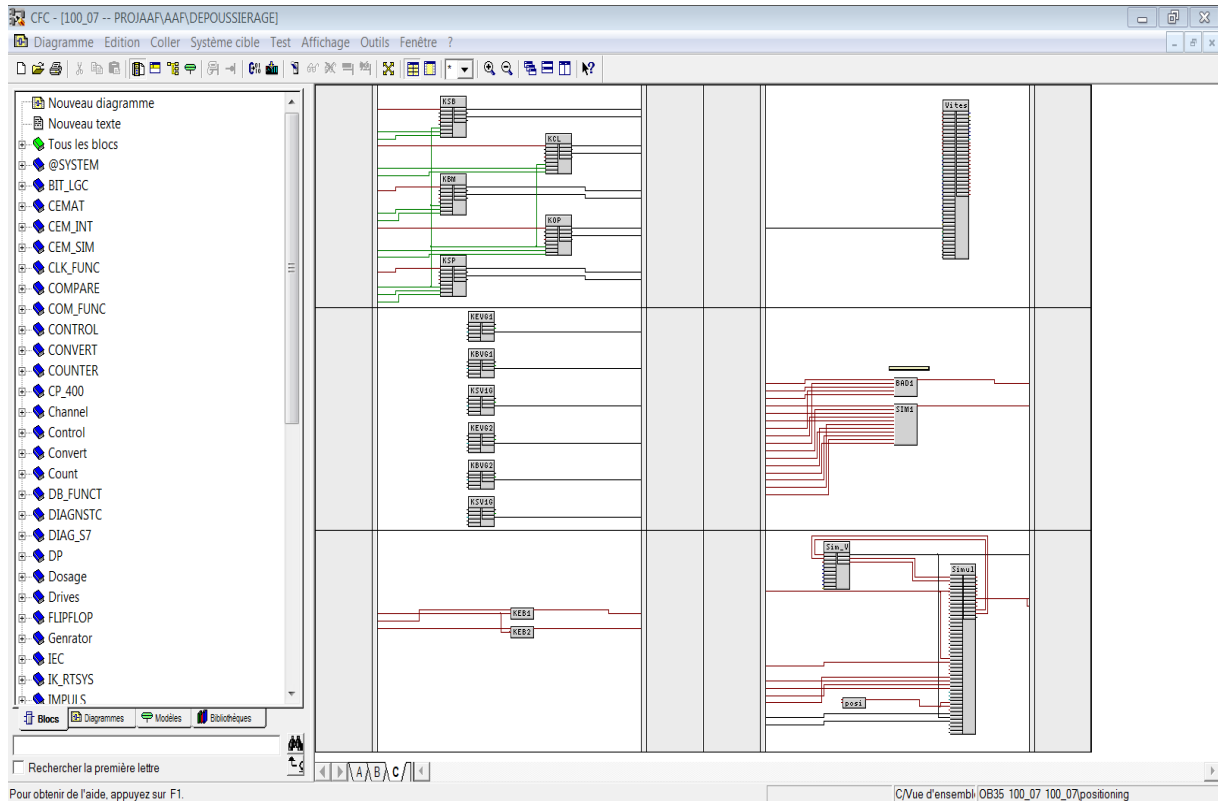
#### **2- L'éditeur CFC :**

Par défaut, l'éditeur CFC présente la structure suivante (Figure III-5) :

- La partie gauche de l'éditeur affiche le diagramme. Si nous avons ouvert un diagramme CFC vide, nous voyons ici une surface vide. C'est ici que nous insérons les blocs dont nous avons besoin pour décrire des Processus continus. Ensuite, nous paramétrons et connectez les blocs.

- La partie droite de l'éditeur contient le catalogue avec les blocs, les bibliothèques et les diagrammes.

Toutes les tâches qu'ils sont réalisées dans l'éditeur CFC sont automatiquement enregistrées par PCS 7.



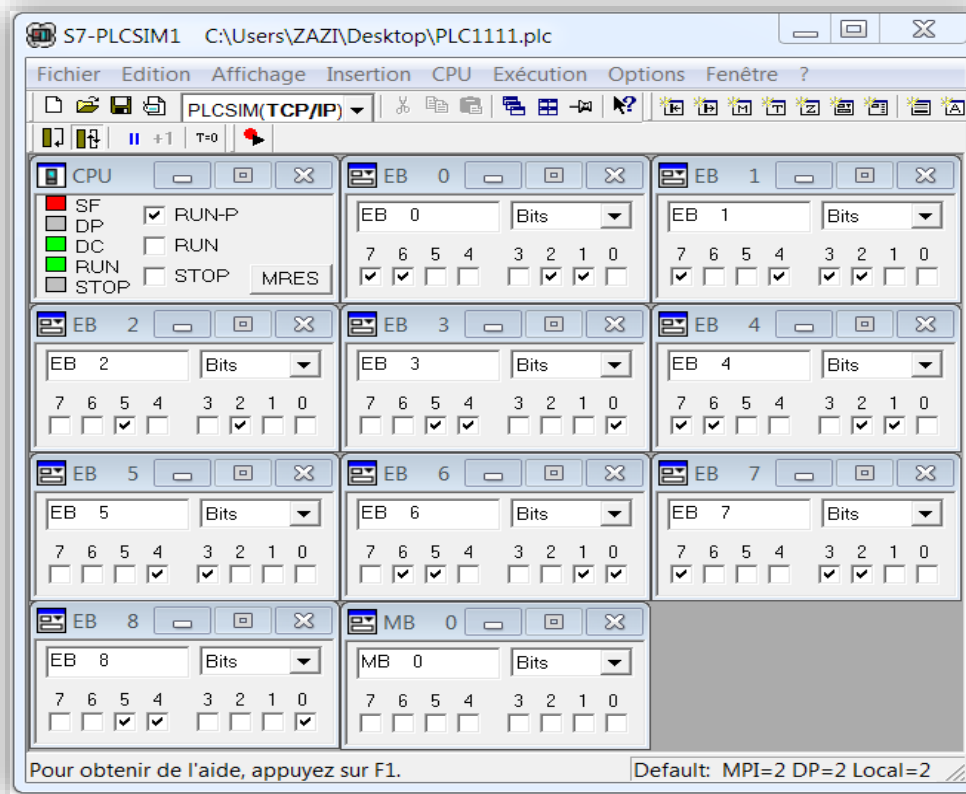
**Figure III-5 Le diagramme CFC dans l'éditeur des diagrammes**

### 3-Diagramme SFC: (SEQUENTIAL FUNCTION CHART)

SFC est une commande séquentielle dont l'exécution doit être échantillonné d'un état à un autre sous certaines conditions. Des commandes séquentielles sont utilisées pour contrôler les fonctions telles que les diagrammes CFC, modifier et changez d'état et gérez-les individuellement. [19]

### E- La configuration de simulation S7-PLCSIM

L'application de simulation de module S7-PLCSIM nous permet d'exécuter et de tester un programme dans un contrôleur logique programmable (PLC) que nous simulons dans un ordinateur ou dans notre console de programmation. La simulation se déroule entièrement dans le logiciel PCS7 sans matériel (CPU ou module de signalisation). S7-PLCSIM possède une interface simple qui nous permet de visualiser et de Forcer les différents paramètres utilisés par le programme (ex : activation ou désactiver l'entrée). [19]



**Figure III-6 Interface de S7-PLCSIM**

• **Indicateurs de la CPU :**

La fenêtre CPU dispose d'une série d'indicateurs qui correspondent aux voyants de signalisation sur une CPU réelle :

- **SF** (erreur système) vous avertit que la CPU a détecté une erreur système, entraînant un changement d'état de fonctionnement.
- **DP** (périphérie décentralisée ou E/S éloignées) Indique l'état de la communication avec les entrées/sorties décentralisées (éloignées).
- **DC** (alimentation) indique si la CPU se trouve sous ou hors tension.
- **RUN** indique que la CPU se trouve à l'état de marche.
- **STOP** indique que la CPU se trouve à l'état d'arrêt.

**F- La configuration de la communication NET PRO**

La configuration et le paramétrage de réseaux se font à l'aide de l'application Net Pro Elle permet de :

- Créer une vue graphique de réseaux en question ainsi que les sous-réseaux qui le constituent.
- Déterminer les propriétés et les paramètres de chaque sous-réseau

## III.5 WINCC : (Windows Control Center)

WINCC Est un progiciel partagé dans l'environnement PCS7, et propose pour la configuration de divers pupitres operateurs, une famille de systèmes d'ingénierie évolutifs adaptés aux tâches de configuration. Créer l'interface graphique et les variables, c'est pouvoir lire les valeurs du processus via l'automate, les afficher pour que l'opérateur puisse les interpréter, et ajuster, éventuellement le processus, toujours via l'automate. L'Explorateur WinCC permet de visualiser l'ensemble des vues existant dans le projet.

### III.5.1 L'éditeur Graphiques designer

C'est un éditeur de création et de dynamisation de vues de processus. Le démarrage du Graphics Designer n'est possible que pour le projet actuellement ouvert dans l'Explorateur WinCC. Qu'il permet de visualiser l'ensemble des vues existant dans le projet, il est disposé d'une zone de travail, d'une barre d'outils, d'une barre de menus, d'une barre d'état et de différentes palettes. Lorsque vous ouvrez l'application l'écran s'affiche avec les paramètres par défaut.

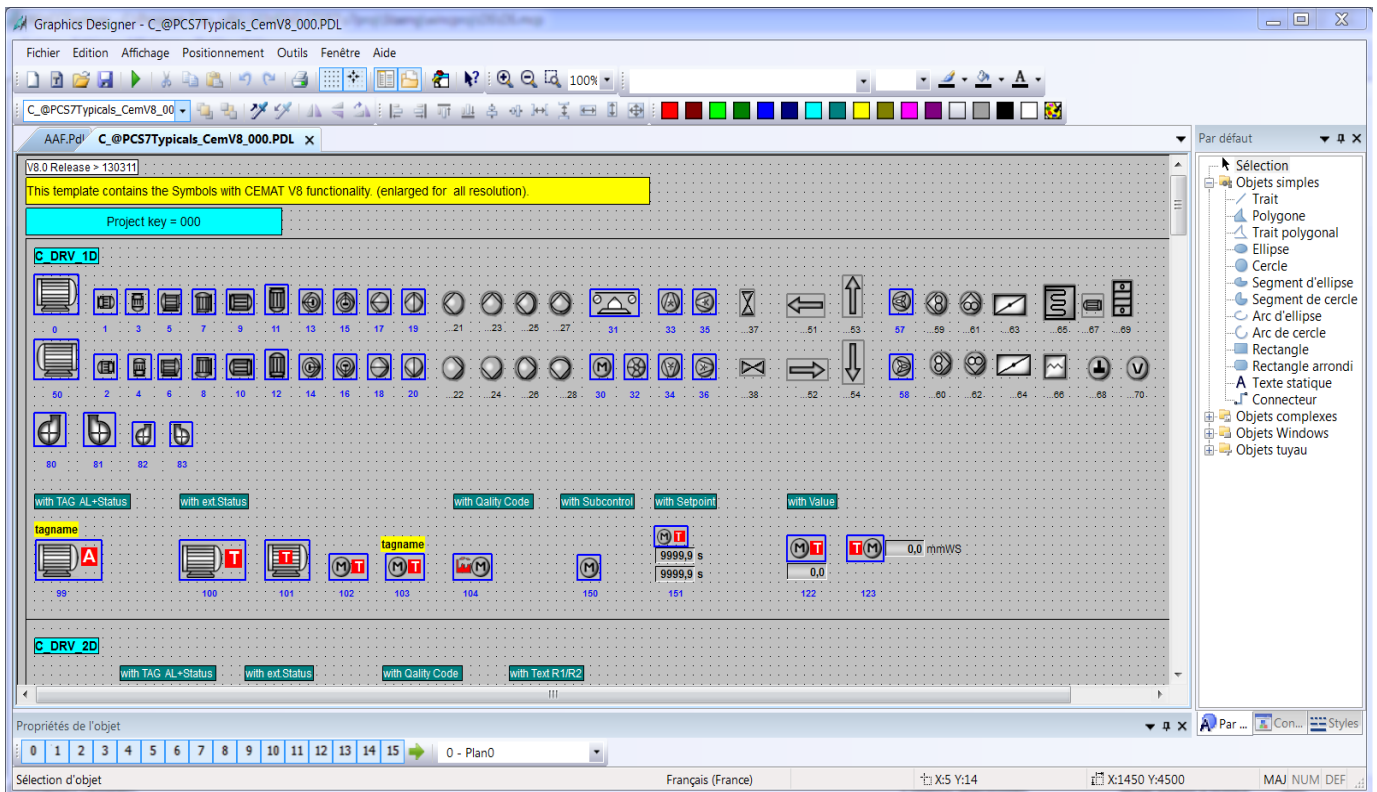


Figure III-7 Fenêtre de Graphiques designer

### **III.5.2 LOGICIEL RUNTIME**

Le logiciel runtime permet à l'opérateur d'assurer la conduite du processus. Les tâches incombant au logiciel runtime sont les suivantes :

- Lecture des données enregistrées dans la base de données CS.
- Affichage des vues à l'écran.
- Communication avec les automates programmables.
- Archivage des données actuelles de runtime, par exemple des valeurs de processus et événements de signalisation.
- Conduite du processus, par exemple spécification de consignes, mise en marche/arrêt.

### **III.5.3 Normes de communication**

#### **III.5.3.a MPI (multi point interface)**

Le réseau MPI est utilisé pour les interconnexions de faible étendue aux niveaux terrain et cellule. Il ne peut cependant être utilisé qu'avec les automates SIMATIC S7. L'interface MPI du module unité centrale de l'automate est utilisée pour la communication. Celle-ci a été conçue comme interface de programmation, elle atteint rapidement ses limites lorsque les exigences de

La communication est sévère. Un ordinateur doté de sa propre carte MPI peut accéder à un réseau MPI. Tous les processeurs de communication permettent d'accéder à un PROFIBUS peuvent également être utilisés. [19]

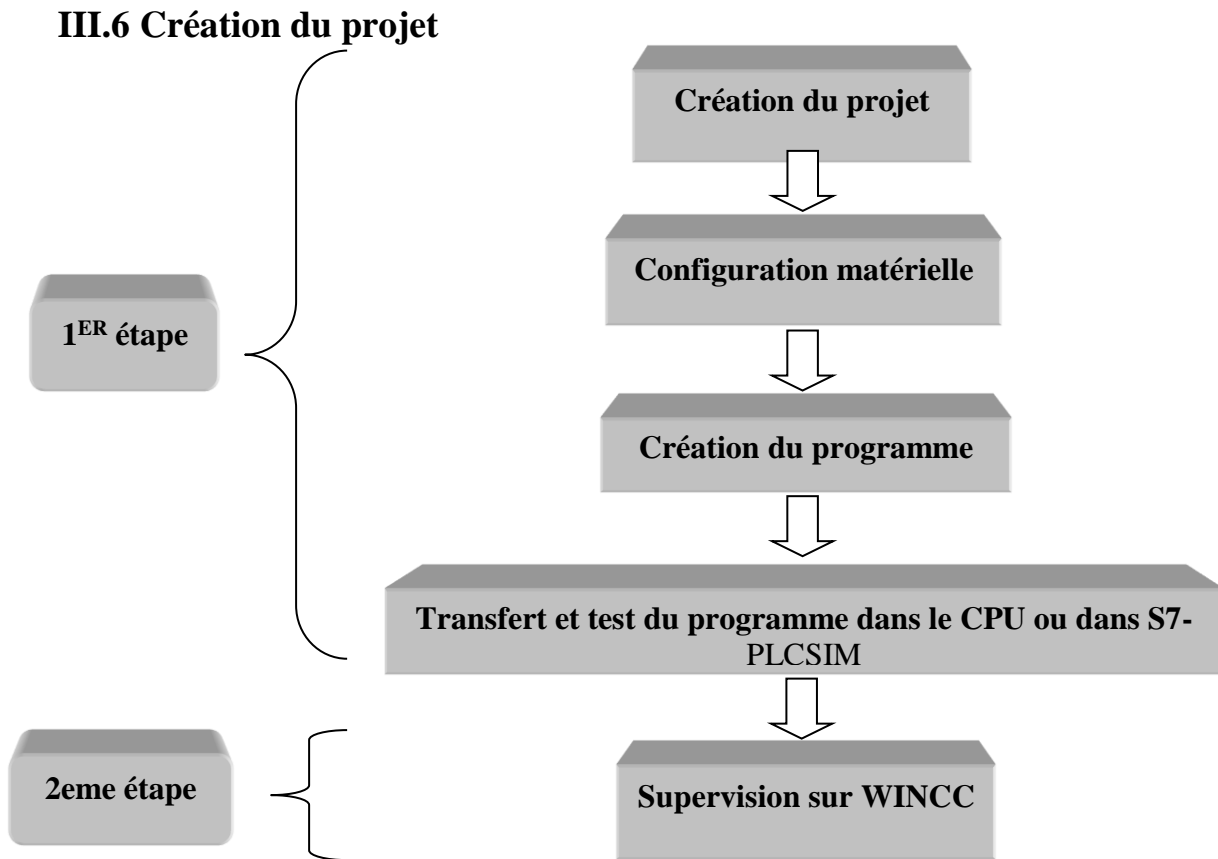
#### **III.5.3.b Profibus (Process Field bus)**

Le réseau Profibus est un système de communication ouvert (non propriétaire) il est utilisé pour transmettre des volumes de données petits et moyens entre un nombre restreint de correspondants.

Utilisé en liaison avec le protocole DP (Decentrale Périphérie), Profibus assure la communication avec des composants de terrain. Intelligents. Ce type de communication est caractérisé par un échange des données cycliques rapides. [19]

#### **III.5.3.c Industriel Ethernet :**

Industriel Ethernet est un réseau pour les niveaux cellule et supervision. Il permet l'échange de grandes quantités de données sur de longues distances un grand nombre de stations. Il est le réseau le plus puissant des réseaux disponibles pour la communication industrielle. Il nécessite peu de manipulations de configuration et aisément extensible. [19]



**Figure III-8 Organisation de création du projet**

### III.6.1 SIMATIC Manager

SIMATIC Manager constitue l'application centrale, à partir de là, on peut créer des nouveaux projets au multiprojet.

#### A- Multiprojet

Utilisez toujours un multiprojet pour la configuration à l'aide de SIMATIC PCS 7. || permet d'intégrer dans un même ensemble différent projets utilisateur et bibliothèques. [19]

Un multiprojet PCS 7 comprend au minimum un projet utilisateur et une bibliothèque (de la bibliothèque principale), mais il peut contenir plus d'un projet ou plus d'une bibliothèque. SIMATIC Manager affiche tous les éléments d'un multiprojet dans une structure arborescente. [19]

#### B- Bibliothèque principale

Définissez une bibliothèque comme bibliothèque principale dans un multiprojet PCS 7.



Si vous avez utilisé l'assistant PCS 7 « Nouveau projet » pour créer un multiprojet, la bibliothèque principale a été automatiquement créée. [19]

La bibliothèque principale contient les standards spécifiques applicables au multiprojet et permet une mise à jour centrale des informations suivantes pour le multiprojet :

- Types de blocs
- Types SFC
- Déclarations globales

### III.6.2 Création pas à pas d'un multiprojet :

Bien que la création d'un multiprojet à l'aide de l'assistant représente la méthode recommandée et la plus efficace, vous devez être en mesure de créer individuellement des parties d'un tel multiprojet dans SIMATIC Manager pour pouvoir par ex. ajouter des projets partiels ou des stations dans un multiprojet existant. [19]

Pour créer un multiprojet vide, utilisez la boîte de dialogue « Nouveau projet » (Figure III-9) :

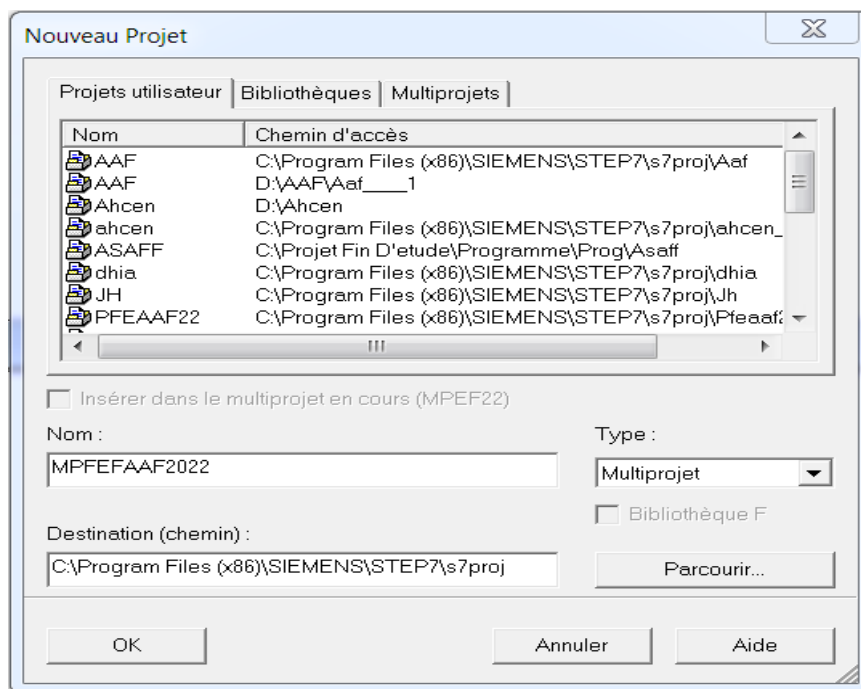


Figure III-9 Fenêtre Pour créer un multiprojet

1. Pour créer un nouveau projet utilisateur, une bibliothèque ou un multiprojet, ouvrez l'onglet correspondant.

2. Une fois l'onglet «< Projet utilisateur >>, «< Bibliothèque >> ou «<< Multiprojet >> choisi, le type d'objet correspondant est présélectionné. Vous pouvez toutefois modifier ce type d'objet

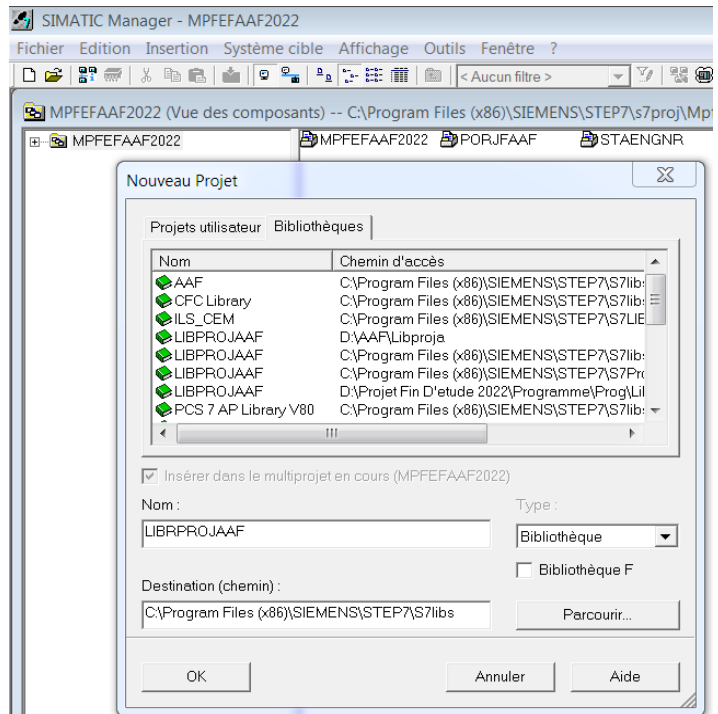
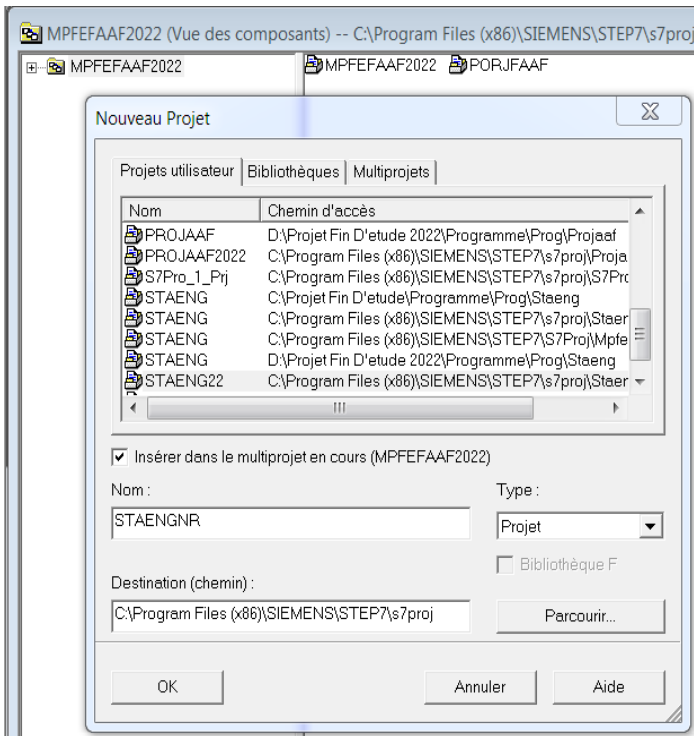
à l'aide de la zone de liste déroulante. Le nouvel objet est alors ajouté dans l'onglet correspondant.

3. Entrez ici le nom du nouveau projet utilisateur, de la bibliothèque ou du multi projet. N'utilisez pas de nom trop long. Vous pouvez également choisir et adapter un nom déjà existant dans la liste située au-dessus.

4. Le lieu de stockage du nouveau projet, de la bibliothèque ou du multi projet s'affiche ici.

Insérer un projet utilisateur vide :

Vous pouvez créer un nouveau projet utilisateur vide dans le multi projet en sélectionnant le multi projet actuel dans SIMATIC Manager et en choisissant la commande de menu :



**Figure III-10**Fenêtre pour Crée STAENG **Figure III-11**Fenêtre pour Crée LIBRPROJAAF

La boîte de dialogue « Nouveau projet » s'affiche à nouveau, mais sans l'onglet « Multi projet ». Un projet utilisateur vide est créé dans le multi projet auquel vous pourrez ajouter des stations à une étape ultérieure.

### III.6.3 Affichage des vues

SIMATIC Manager se présente sous forme de fenêtre divisée en deux parties similaires à l’explorateur Windows quel que soit le nombre de vues affichées.

La partie gauche de la fenêtre contient une structure arborescente, qui affiche des contenus différents selon la vue sélectionnée.

La partie droite de la fenêtre affiche des détails sur l’objet sélectionnée dans la structure arborescente.

SIMATIC Manager contient trois vues différentes : vue composant, vue technologique et vue de processus.

(Figure III-12) montre deux vue différentes ou la vue sélectionnée au-dessus est celle du composant qui nous permet de configurer l’API et la station ENG.

D’un autre coté la vue technologique au-dessus, permet de créer des dossiers hiérarchiques, des sous dossiers, des diagrammes CFC, des diagrammes SFC et des vues de Processus.

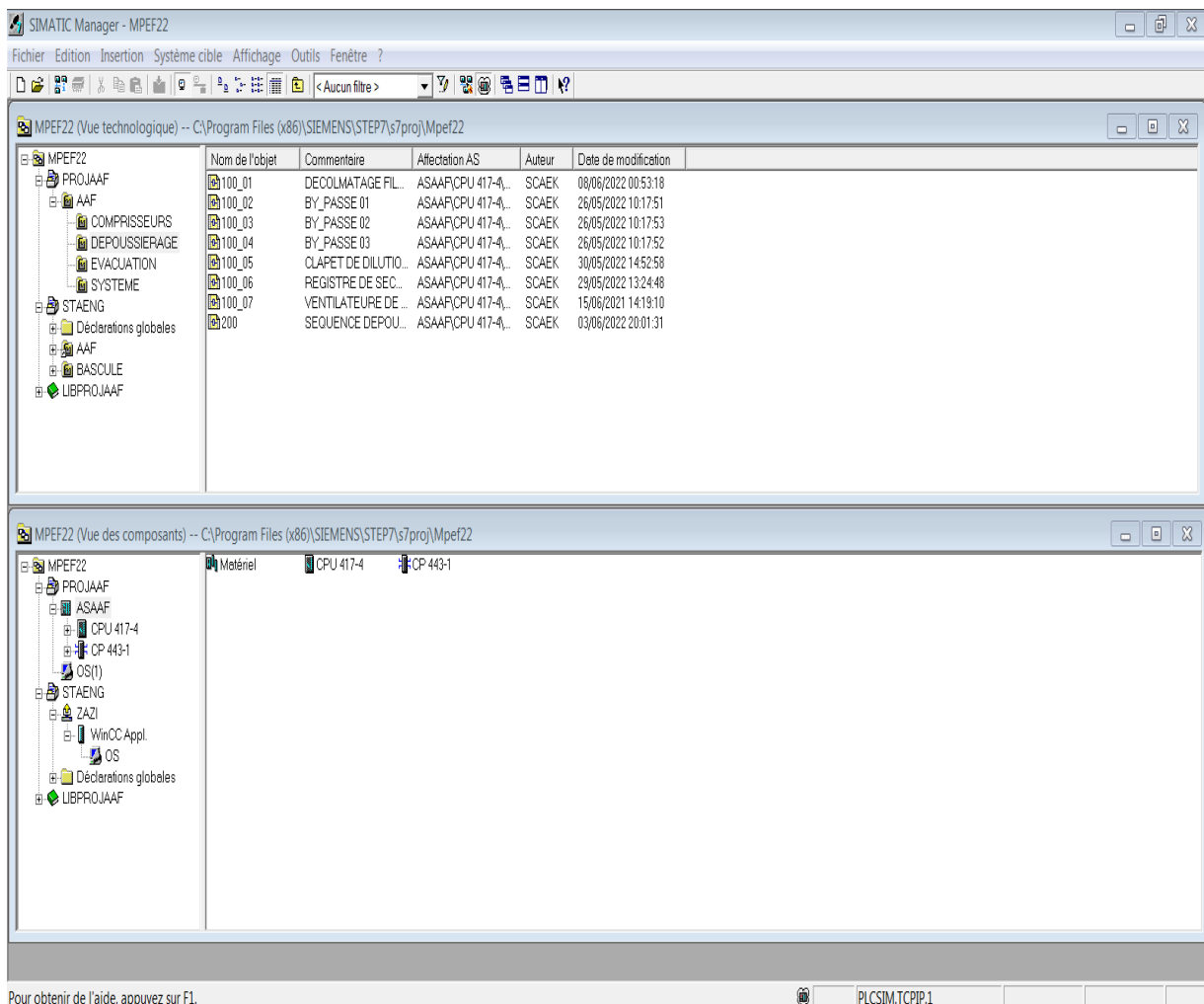


Figure III-12 Fenêtre d’Affichage des vues technologique et vus des composants.

### III.6.4 Configuration matérielle

Nous devons configurer les différents constituants du système de conduite des procédés que l'assistant PCS7 "Assistant 'Nouveau projet'" a déjà inséré automatiquement. Il s'agit de L'AS, l'OS et les liaisons correspondantes. Pour ce faire, nous devons effectuer les opérations suivantes :

#### A- Station SIMATIC 400 "Configuration (API)"

Elle contient l'ensemble des équipements constitutifs de l'automate.

La configuration se fait comme suite :

- Dans le multi-projet, renommé le projet en PROJAAF
- Effectuer un clic gauche sur le projet, puis pointer << insérer un nouvel objet >>
- Et cliquer sur SIMATIC 400. Ainsi le type d'automate fut choisi.
- Effectuer un double clic sur SIMATIC 400 puis un autre double clic sur << Matériel >>, cela entraîne l'ouverture de l'outil de configuration << HW config >>.

La suite de la configuration consiste cependant aux choix des différents matériels nécessaires tels que :

- En 1er lieu le Rack-400 (ici UR2 à 09 emplacement)
- Puis le PS (ici PS 407-10A)
- Le CPU-400 (ici CPU 417-4)
- Vient le CP (ici CP 443-1)
- Le ET200M (ici IM 553-1)
- Et en fin vient les modules d'entrées et sorties correspondant au IM

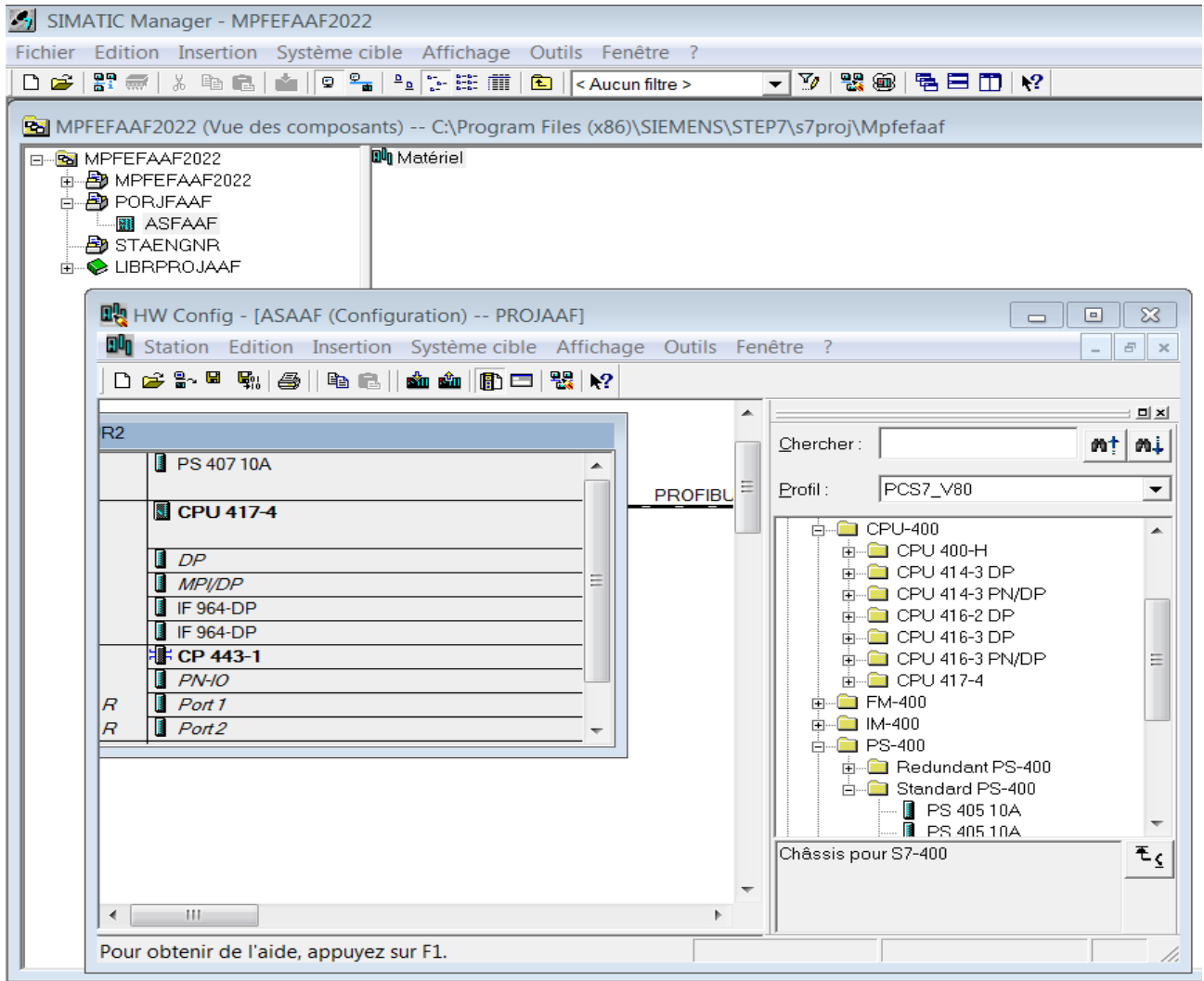


Figure III-13 Configuration de station SIMATICS7-400

### B- Station SIMATIC PC (OS\_ENG)"Configuration (IHM)"

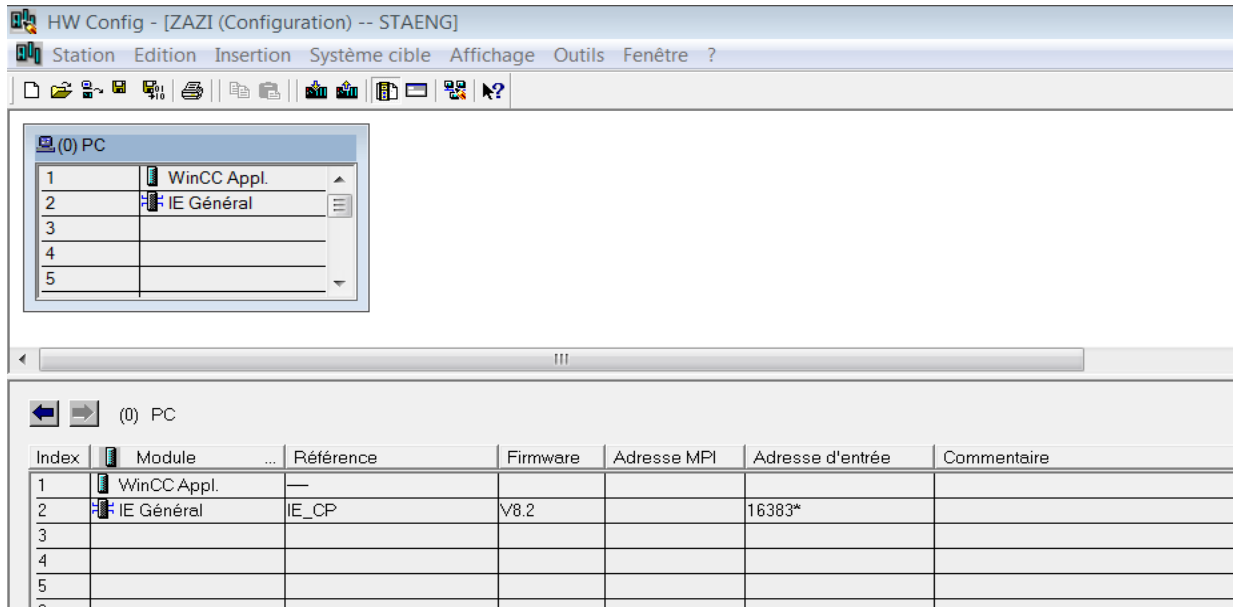
Avec la particularité de PCS7, nous pouvons configurer notre ordinateur portable comme station PC local ce qui nous permet en plus d'effectuer les configurations du système, la programmation et la simulation, nous pouvons aussi effectuer la supervision et le contrôle de ce système sur le même ordinateur. Notre système est configuré en système monoposte ce qui permet de regrouper dans une même station PC local le ENG et le OS.

La configuration se fait comme suite:

- Créer un nouveau projet dans le multi-projet (ici nomme STAENG).
- Insérer un nouvel objet (ici station SIMATIC PC) dans le projet créé
- Renommer cette station au nom identique de votre ordinateur (ZAZI)
- Cliquer sur la station et double cliquer sur « Configuration », cela entraine l'ouverture de l'outil configuration HW config.

La suite de la configuration consiste au choix de :

- WIN CC Appl
- IE Général référence IE\_CP pour la communication Ethernet.



**Figure III-14 Configuration de la station SIMATIC PC**

### C- Paramétrer les liaisons dans Net Pro

Configuration des réseaux de communication :

Pour assurer l'échange de données entre la station SIMATIC S7-400 et la station SIMATIC PC, l'établissement de liaison de communication s'impose.

Net pro de la configuration réseau permet de voir les deux stations avec leur état de communication via le réseau Ethernet ou MPI et de voir également l'état de communication entre l'appareil de base et les appareils d'extensions via le réseau PROFILBUS DP.

La configuration des différents réseaux ce fait comme suite :

- Lors du choix du CPU, une fenêtre de configuration apparait;
- Cliquez sur << Nouveau >> puis sur OK pour ajouter un réseau ProfilBus1
- Choisissez votre CP, dans la fenêtre de configuration cliquez sur << Nouveau >> et Ok pour ajouter un réseau Ethernet1
- Enregistrez et compilez

- Lors du choix IE Général, dans la fenêtre de configuration cliquez sur Nouveau et OK pour ajouter un réseau Ethernet et en fin enregistrez et compilez

L'ouverture de Net Pro, nous donne une vue sur les différents réseaux créés.

Pour lier les différents réseaux Ethernet et Profibus créés pour une communication des différentes stations et des appareils d'extension avec l'appareil de base, il faut :

- Effectuer un clic droit sur le Multi-projet, cliquez sur « Multi-projet » dans le menu déroulant apparu puis sur « synchroniser les projets ».
- Choisissez Ethernet, puis « exécuter » et cliquez sur les différents réseaux Ethernet et enfin cliquez sur « Appliquer » et OK

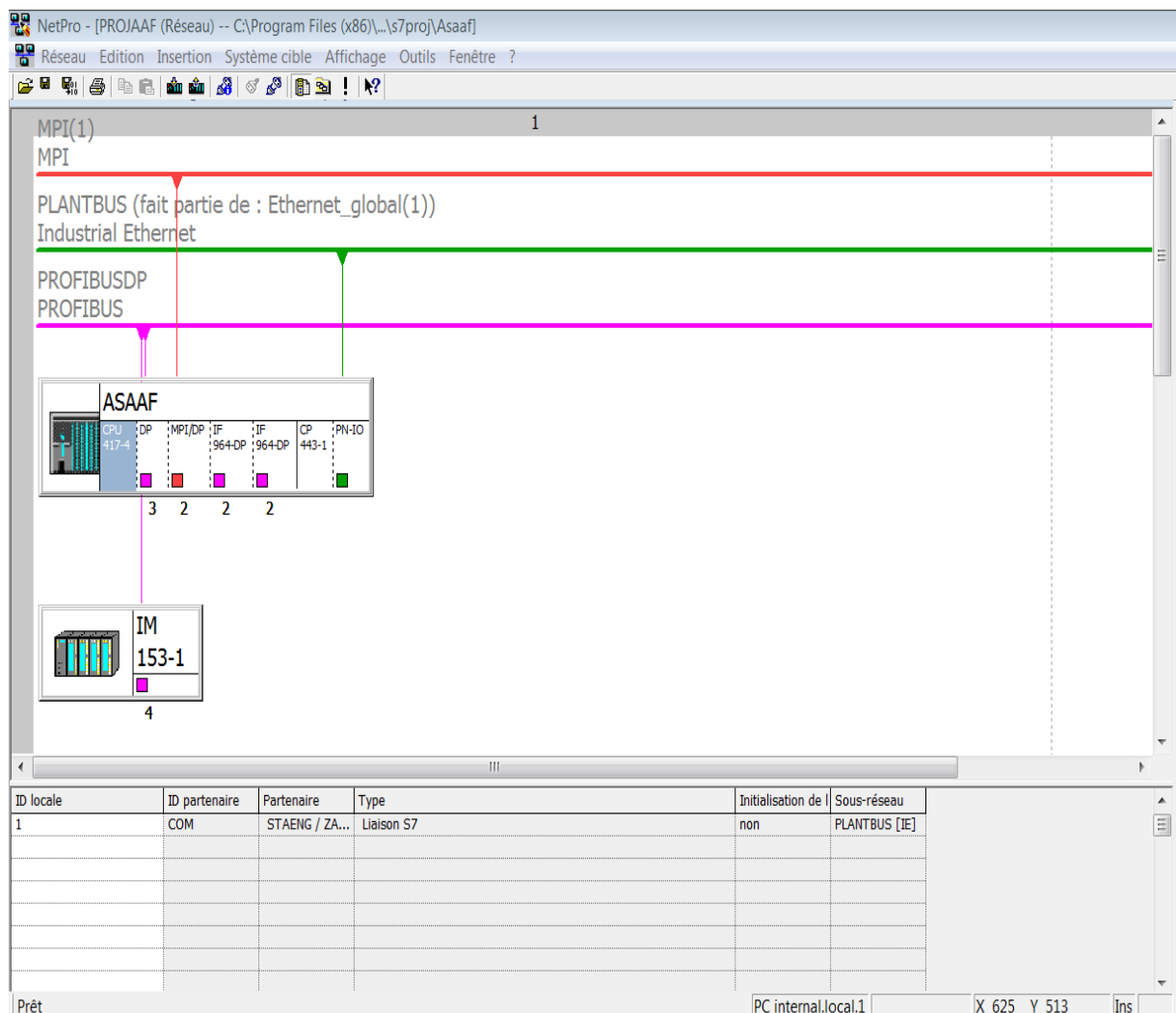


Figure III-15 Vue des réseaux sous Net Pro

## D- Charger la configuration matérielle

Après avoir effectué toutes les configurations et paramétrages nécessaires au projet, il vient la phase de les charger dans la CPU de l'automate et de les enregistrer.

Le procédé à suivre est :

- Dans la vue de composant de SIMATIC, effectuer un clic gauche sur le projet << STAENG >>
- Cliquer sur « Système ciblé », puis sur << Compiler et charger les objets >>
- Dans la fenêtre apparue cliquer sur << Sélectionner tout >>, puis sur << Démarrer >> enfin attendre la fin du processus et fermer la fenêtre.

## III.7 Création du programme

Notre programme utilise des diagrammes CFC. La création de ces CFC se fait dans la vue Technologie et cela dans la station SIMATIC S7-400 « AS ».

Notre programme contient six (06) dossiers hiérarchiques qui correspondent aux Groupes donc aux différents niveaux du système du dépoussiéreur et un dossier hiérarchique « système » génère automatiquement (classé par ordre alphabétique):

- **Dossier DEPOUSIERAGE:** Il gère le Groupe de dépoussiérage et est constitué de quatre (04) CFC (Figure III-16):

Nom de l'objet	Commentaire	Affectation AS	Auteur	Date de modification
100_01	DECOLMATAGE FIL...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	30/05/2022 15:38:46
100_02	BY_PASSE 01	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:51
100_03	BY_PASSE 02	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:53
100_04	BY_PASSE 03	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:52
100_05	CLAPET DE DILUTIO...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	30/05/2022 14:52:58
100_06	REGISTRE DE SEC...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	29/05/2022 13:24:48
100_07	VENTILATEUR DE ...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	03/06/2022 20:05:46
200	SEQUENCE DEPOU...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	03/06/2022 20:01:31

Figure III-16 Dossier DEPOUSIERAGE



- **Dossier EVACUATION:** Il gère le Groupe d'évacuation et est constitué de quatre 08 CFC (Figure III-17):

Nom de l'objet	Commentaire	Affectation AS	Auteur	Date de modification
200_01	TRANSPORTEUR 01	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:23
200_02	TRANSPORTEUR 02	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:23
200_03	TRANSPORTEUR 03	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:18
200_04	SURPRESSEUR PO...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:19
200_05	POMPE PITERSE	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:20
200_06	SAS A DOUBLE CLA...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:21
200_07	SAS A DOUBLE CLA...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:22
300	SEQUENCE EVACU...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	26/05/2022 10:17:33

Figure III-17 Dossier EVACUATION

- **Dossier COMPRESSEUR:** Il gère le Groupe Compresseur et est constitué de quatre 03CFC (Figure III-18):

Nom de l'objet	Commentaire	Affectation AS	Auteur	Date de modification
300_1	COMPRESSEUR 1	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	27/05/2022 23:49:25
300_2	COMPRESSEUR 2	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	27/05/2022 19:18:13
400	SEQUENCE DEMAR...	ASAAF\CPU 417-4\...	SCAEK	27/05/2022 20:01:15

Figure III-18 Dossier COMPRESSEUR

### III.7.1 Table des mnémoniques

Il s'agit d'une table qui permet d'affecter des mnémoniques, c'est-à-dire des noms défini par l'utilisateur et obéissant à certaines règles de syntaxe. Une fois défini, ce nom peut remplacer par exemple une variable, un type de données, un repère de saut, ou un bloc dans la programmation ainsi que dans le contrôle commande, comme il est indiqué dans la figure (Figure III-2).

	Etat	Mnémonique /	Opérande	Type de d	Commentaire
1		00PLC_PLC_ENG	DB 700	DB 700	Cemat System CONFIG PLC-PLC Communication
2		100_01	E 0.1	BOOL	AVAILABLE
3		100_01/EBM	E 0.2	BOOL	OVERLOAD
4		100_01/ERM	E 0.0	BOOL	FEEDBACK ON
5		100_01/ESP	E 0.3	BOOL	LOC_STOP
6		100_01/ESR	E 0.4	BOOL	LOC_START
7		100_02/VCL	E 2.0	BOOL	LOC_START1
8		100_02/VOP	E 2.1	BOOL	LOC_START2
9		100_02/VSB	E 1.7	BOOL	AVAILABLE
10		100_03/VCL	E 2.3	BOOL	LOC_START1
11		100_03/VOP	E 2.4	BOOL	LOC_START2
12		100_03/VSB	E 2.2	BOOL	AVAILABLE
13		100_04/VCL	E 2.6	BOOL	LOC_START1
14		100_04/VOP	E 2.7	BOOL	LOC_START2
15		100_04/VSB	E 2.5	BOOL	AVAILABLE
16		100_05/KBM	E 1.3	BOOL	OVERLOAD
17		100_05/KCL	E 1.5	BOOL	local start direction 1
18		100_05/KOP	E 1.6	BOOL	local start direction 2
19		100_05/KSB	E 1.2	BOOL	AVAILABLE
20		100_05/KSP	E 1.4	BOOL	LOC_STOP
21		100_06/VCL	E 3.1	BOOL	LOC_START1
22		100_06/VOP	E 3.2	BOOL	LOC_START2
23		100_06/VSB	E 3.0	BOOL	AVAILABLE
24		100_07/EBM	E 0.7	BOOL	OVERLOAD
25		100_07/ERM	E 0.5	BOOL	Input value
26		100_07/ESB	E 0.6	BOOL	AVAILABLE
27		100_07/ESP	E 1.0	BOOL	LOC_STOP

Pour obtenir de l'aide, appuyez sur F1. MAJ

Figure III-19 Table mnémonique

### III.7.2 Les Blocs fonctionnels

Les blocs sont représentés dans le diagramme CFC avec le nombre de connecteurs (entrées et sorties) défini par le type de bloc. Chaque bloc est visualisé sous forme de tableau.

Dans la boîte de dialogue des propriétés. Pour les y trouver facilement, il nous suffit de cliquer Sur l'entête de la colonne du tableau et la trier dans l'ordre croissant ou décroissant.

#### a- Bloc C\_GROUP (Groupe des Séquence)

Ce bloc est utilisé pour le démarrage et l'arrêt d'une partie d'usine. Il assure le fonctionnement, la surveillance d'un ensemble d'équipement à partir de la station opérateur (OS) ou via le programme et diagnostic de défaut détaillé. Pour ceci, on doit assigner à un groupe(C\_GROUP) les commandes, les annonces et les valeurs mesurées qui font partie de cette section d'usine.

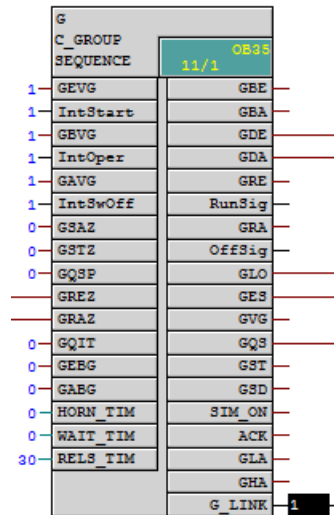


Figure III-20 C\_GROUPE

Le groupe peut être démarré ou arrêté par l'intermédiaire de l'OS, ou par l'intermédiaire du programme.

Les connecteurs utilisés dans notre programme sont cités comme suit :

**Les principales entrées utilisées :**

- **GEVG** (start interlock): Verrouillage de démarrage. S'il y a un signal 0 à l'interface GEVG, le fonctionnement du groupe est empêché.
- **GBVG** (operating interlock): Verrouillage de l'exploitation. A 0, tout début de démarrage du groupe est empêché.
- **GAVG** (switch-off interlock): Verrouillage de l'extinction. A 0, toute tentative d'éteindre le groupe est impossible.
- **GREZ** (feedback ON): Rétroaction ON. A 1, cette interface indique que tous les équipements du groupe sont cours d'exécution.
- **GRAZ** (feedback OFF): Rétroaction OFF. A 1, cette interface indique que tous les équipements du groupe sont à l'arrêt.

**Les principales sorties utilisées :**

- **GDE** (Continuous command ON): commande de la continuité ON. Il commande la mise en marche des différents équipements du même groupe.

- **GDA** (Continuous commande OFF): commande de continuité OFF. Il commande la mise en arrêt des différents équipements de même groupe
- **GLO** (Local mode): Mode local. Il permet le démarrage des équipements sans condition d'asservissement.
- **GES** (Signal start mode): Mode individuel. Il permet le démarrage des équipements en suivant l'asservissement qui les lie.
- **G-LINK**: il doit être connecté à l'ensemble des Blocs fonction opérationnel du même groupe.

### B- C\_DRIVER 1D

Ce bloc peut être utilisé pour les types d'appareils dont le corps mobile a un déplacement unidirectionnel comme le moteur a un sens de rotation.

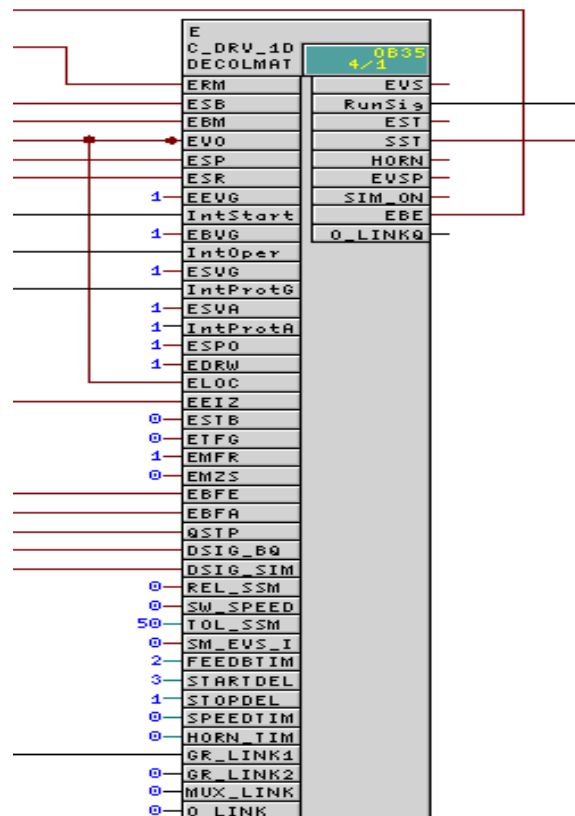


Figure III-21 C\_DRIVER 1D

### C- C\_VALVE

Il est utilisé pour la commande d'appareil d'ouverture ou de fermeture tout ou rien comme les électrovannes.

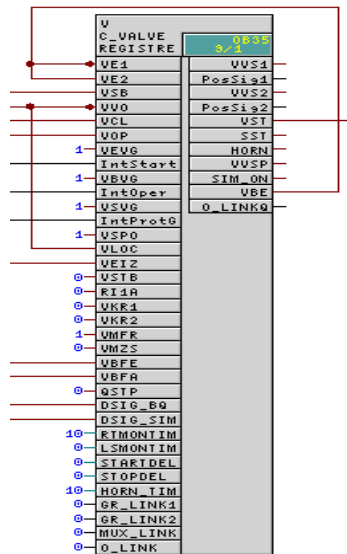


Figure III-22 C\_VALVE

### D- C\_DAMPER

Ce bloc peut être utilisé pour les commandes d'appareil d'ouverture et de fermeture proportionnées comme les clapets de dilution.

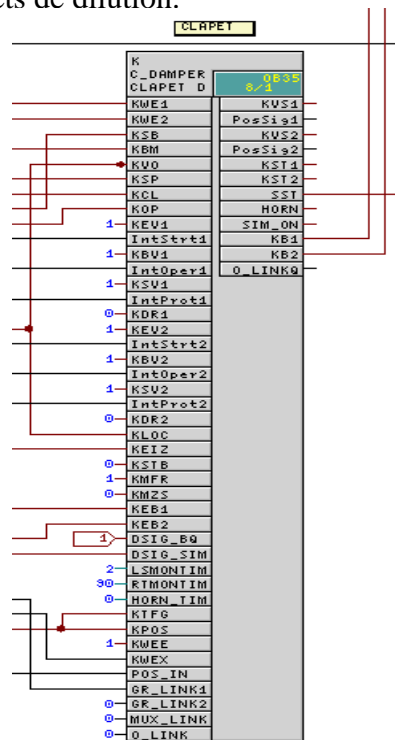


Figure III-23 C\_DAMPER

### E- Les principales entrées

	C _DAMPER	C_ DRIVER	C _VALVE	
1	KWE1	ERM	VE1	Retour de marche sens 1
2	KWE2		VE2	Retour de marche sens 2
3	KSB	ESB	VSB	Disponibilité électrique
4	KBM	EBM		Protection thermique
5	KVO	EVO	VVO	Mode local OFF
6	KSP	ESP		Arrêt local
		ESR		Marche local
7	KCL		VCL	Marche local 1
8	KOP		VOP	Marche local 2
9	KEV1	EEVG	VEVG	Verrouillage de démarrage 1
	KEV2			Verrouillage de démarrage 2
10	KBV1	EBVG	VBVG	Verrouillage d'exploitation 1
	KBV2			Verrouillage d'exploitation 2
11	KSV1	ESVG	VSVG	Verrouillage d'extinction 1
	KSV2			Verrouillage d'extinction 2
12	KLOC	ELOC	VLOC	Mode local ON
13	KEIZ	EEIZ	VEEIZ	Mode individuel
14	KEB1	EBFE	VBEF	Commande ON en mode automatique 1
	KEB2			Commande ON en mode automatique 2
		EBFA	VBFA	Commande OFF en mode automatique
15	DSIG_BQ	DSIG_BQ	DSIG_BQ	Signal en mauvaise qualité
16	DSIG_SIM	DSIG_SIM	DSIG_SIM	Signal en mode simulation
17	GR_LINK1	GR_LINK1	GR_LINK1	Lien d'appartenance a un group

Tableau III-1 Les principales entrées de C\_ DAMPER, C\_ DRIVER, C\_ VALVE

### F- Les principales sorties

	C_ DAMPER	C_ DRIVER	C_ VALVE	
1	PosSig1	RunSig	PosSig1	Signal position 1
2	PosSig2		PosSig2	Signal position 1
3	SST	SST	SST	Défaut
4	KB1	EBE	VBE	Commande acquittée 1
	KB2			Commande acquittée 2

Tableau III-2 Les principales sorties de C\_ DAMPER, C\_ DRIVER, C\_ VALVE

## G - C\_ MEASUR

PressionNegative	
C_MEASUR	0635
Measure d	10/5
1 RA_HH	MV
1 RA_H	QC
1 RA_L	PV_Out
1 RA_LL	PV_Stat
1 RA_LZ	SCB_OUT
0 UGWA	SCE_OUT
0 USCB	SUBS_V_0
1 UGWB	MV_PERC
1 UAMV	HH
1 UMFH	H
0 UMZS	L
0 BVPB_ACT	LL
24 SimRight	ULZ
0.0 VAL_HH	UST
-0.1 VAL_H	UGN
-3.0 VAL_L	UGP
-5.0 VAL_LL	USP
3 LZ_TIM	SHH
3 SPIK_TIM	SH
0.0 HYSTERES	SL
0 SMOO_TIM	SLL
100.0 VAL_SHH	SUBS_ON
100.0 VAL_SH	SIM_ON
0.0 VAL_SL	
0.0 VAL_SLL	
0.0 SUBS_VAL	
0.0 SIM_VAL	
-10.0 SCE	
10.0 SCE	
'mbar'	UNIT
10	TYP
	MV_PHYS
16#FF	QUALITY
0.0	PV
16#0	MV_CARD
0	CARD_SCB
27648	CARD_SCE
0	GR_STP
0	GR_LINK1
0	GR_LINK2
0	MUX_LINK
0	O_LINK

Figure III-24 C\_ MEASUR

## H- LES BIT LGC (bits logique)

Ce sont des portes logique courante (NAND, NOR, OU, AND...etc) utilisées pour des fonctions logiques:

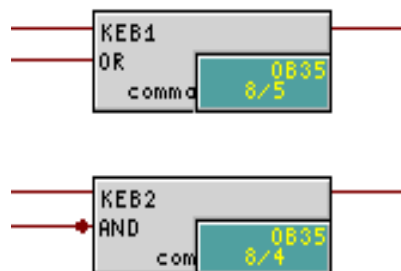


Figure III-25 LES BIT LGC

## I- LES INTERLOCK

Ils agissent comme des portes logique OR ou AND mais ils ont la particularité de signaler dans l'interface du groupe en mode supervision le remplissage ou non de leurs conditions.

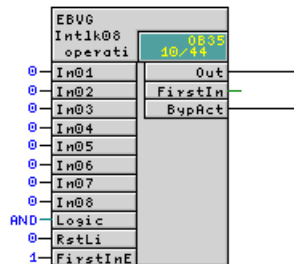


Figure III-26 LES INTERLOCK

## G- LES REGULATEURS PID

Leurs fonctions consistent a effectué des commandes de régulation a basé du régulateur PID.

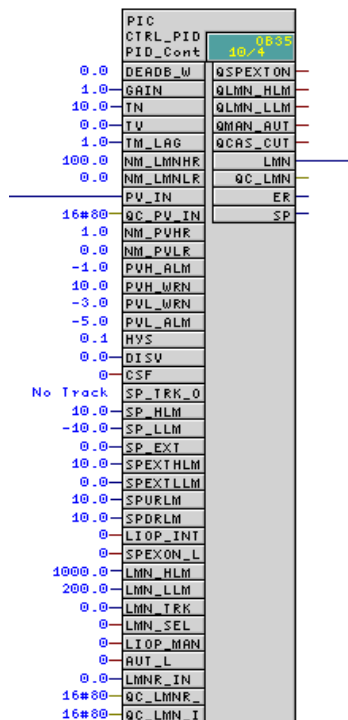


Figure III-27 LES REGULATEURS PID



## H-Structure du programme

Selon un standard de programmation, nous connectons les entrées sorties du bloc C\_GROUP suivant l'organisation montrée par la figure (Figure III-28)

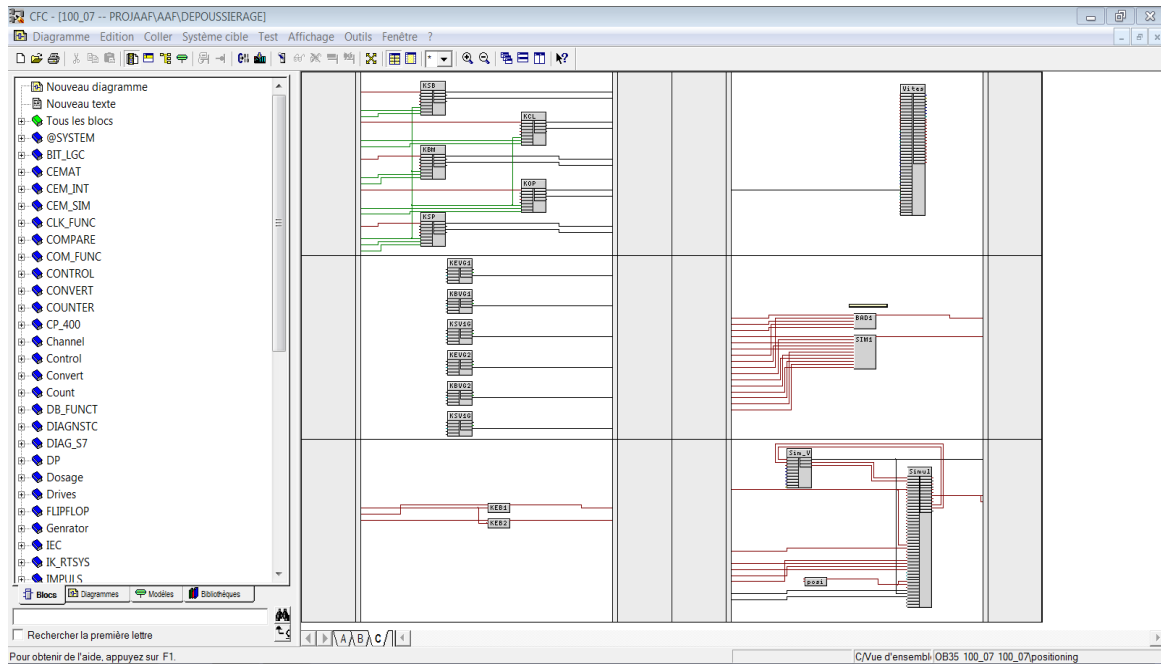


Figure III-28 Structure du programme C\_GROUP

## III.8 Simulation du programme

Après la création de notre programme selon la logique du processus nous devons également le tester, et vérifier après le chargement du programme dans la CPU

### III.8.1 Simulation de la séquence N100\_07 (ventilateur de tirage) sans défaut :

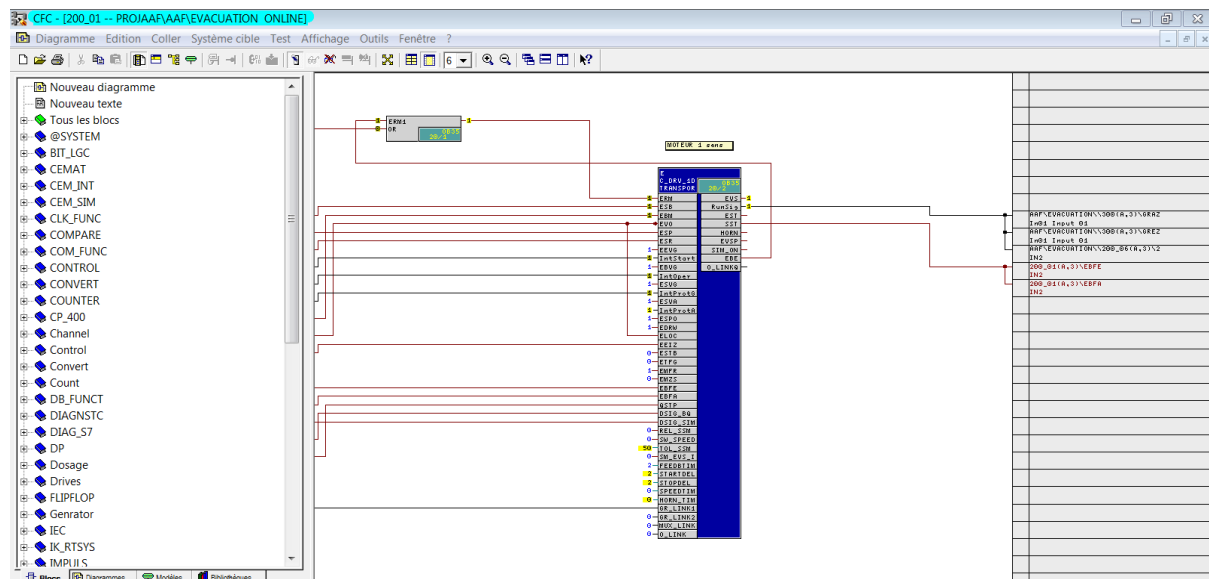


Figure III-29 MODE TEST

### III.8.2 Supervision par WINCC (sans défaut)

L'accès à la supervision se fait à partir de l'explorateur WINCC, qui nous amène à l'application de conduite et la supervision du processus RUN TIME comme indique dans la fig. (Figure III-30)

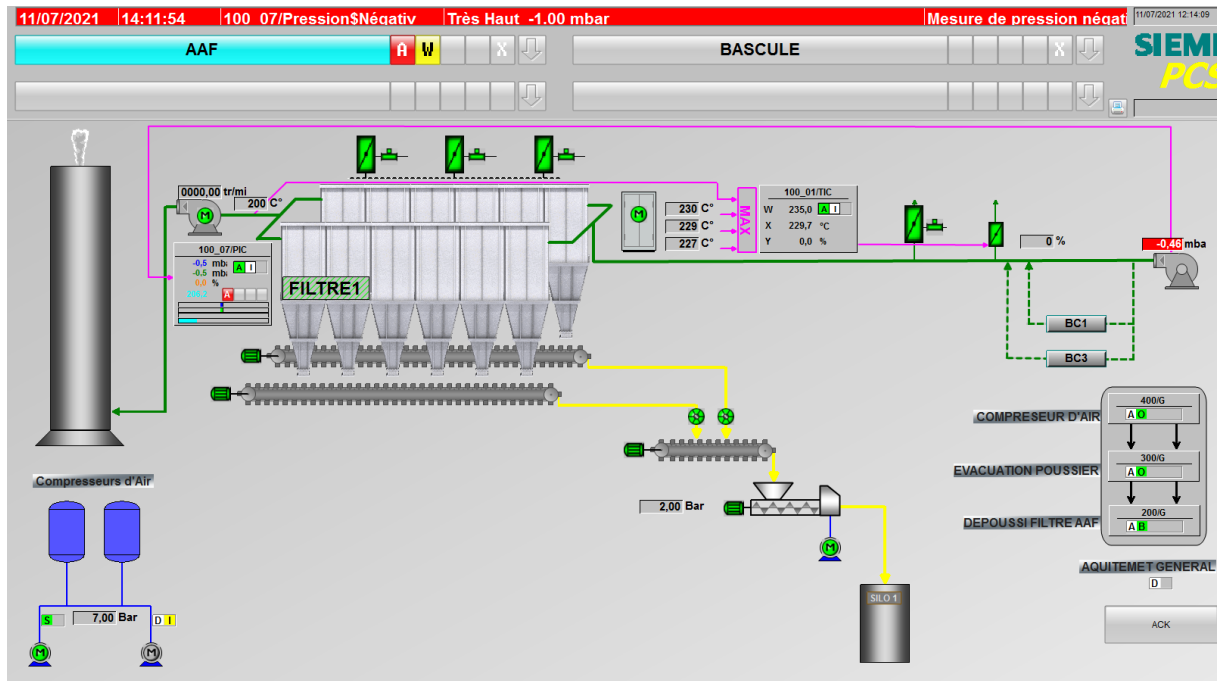


Figure III-30 Supervision de dépoussiéreur dans WINCC

De là on peut démarrer nos séquences, et être renseigné à tout instant sur le prêt à démarrer correspondant, les conditions de démarrage absentes et les pannes existantes sont affichées à l'écran, ce qui nous permet de savoir tout détail sur notre groupe.

#### A- Statut des états du groupe

Le bloc de commande de la séquence permet une gestion cohérente des ordres de disponibilité, de démarrage et d'arrêt d'un groupe d'équipement, en outre, il donne un résumé du statut du groupe (séquence).

La figure (Figure III-31) représente l'interface opérateur de groupe.

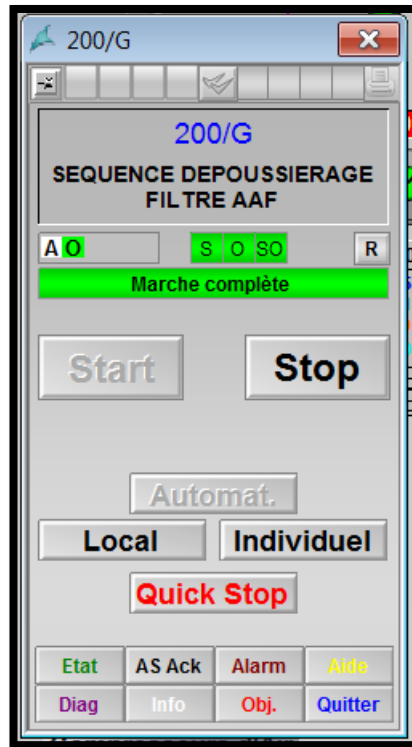
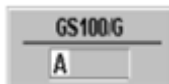


Figure III-31 Interface groupe

### B- Les Modes de marche et les diagnostics des blocs



Séquence a l'arrêt, si aucun défaut n'est détecté.



Séquence en cours de démarrage.



Séquence complètement en marche.



Séquence a l'état de verrouillage.



Cas identique au précédent sauf que le défaut bloquant est apparu pendant le démarrage de la séquence.



Mode individuel



Mode local

### C- Les diagnostics de blocs:

Grace à la touche Diagnostics on peut, en outre, appeler l'état d'un groupe de moteurs à tout moment avant le démarrage, pendant le démarrage ou en cours de la mise à l'arrêt.

Toutes les pannes existantes et les conditions de démarrage manquantes sont répertoriées individuellement de façon détaillée à l'écran lorsque cette fonction de diagnostic est appelée.

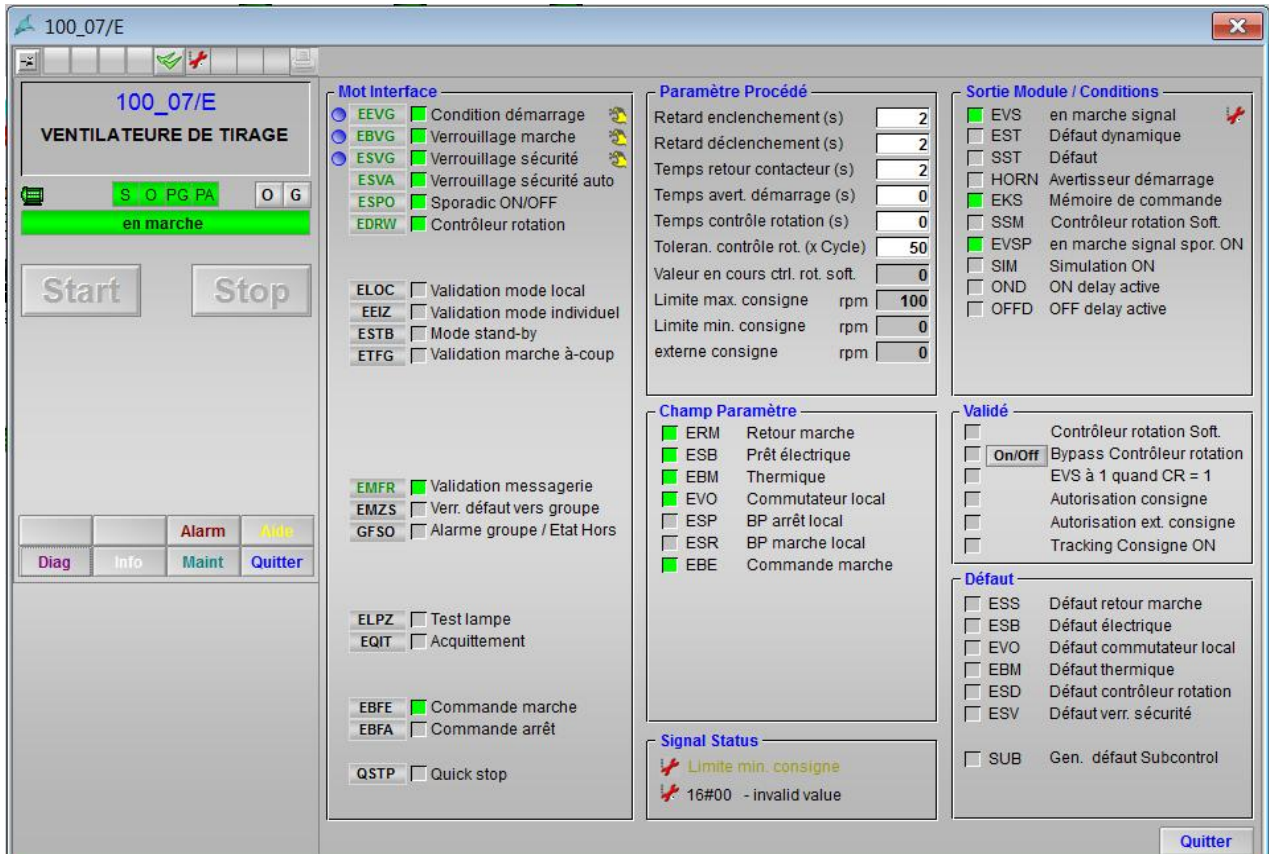


Figure III-32 Vue Diagnostic du niveau analogique

## III.9 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons élaboré le programme, en utilisant le logiciel de programmation pcs7 et wincc pour la supervision.

# CONCLUSION GENERALE

Lors des étapes de production de ciment, de grandes quantités de poussières sont produites ce qui a un impact négatif sur l'environnement et la santé humaine. Ces émissions peuvent cependant être bien contrôlées à l'aide d'un système de la filtration de poussière en suspension dans l'air à travers une manche avant le rejet dans l'atmosphère

Au cours de ce travail, nous avons analysé le fonctionnement du système de filtrage et ces équipements. Cette analyse nous a permis de déceler que notre système est soumis à des perturbations qui diminuent les performances et son rendement. Parmi ces perturbations, on cite l'influence de l'humidité et le problème de couplage entre les variables d'entrée et sortie du contrôleur, ce qui rend la méthode de régulation PID existante inefficace.

Afin de proposer une nouvelle méthode de régulation et commande, on a effectué l'identification du système à l'aide du toolbox Matlab d'identification pour avoir un modèle de connaissance, plus proche dans notre système. Avec l'étude que nous avons faite, nous avons pu élaborer un modèle du système dont le comportement est assez proche du comportement du système réel, cependant, une étude approfondie est nécessaire pour l'améliorer.

Nous avons également élaboré le programme d'automatisation de ce système avec la méthode de régulation existante PID, en utilisant le logiciel de programmation pcs7 et wincc pour la supervision. Nous avons constaté que les systèmes complexes industriels sont faciles à commander par l'automate programmable et la programmation est facile et rapide en utilisant ce logiciel qui est pcs7.



## Références

- [1] <http://www.scaek.dz/>
- [2] RAPORT DE GESTION GICA-SCEAK, 2017
- [3] Documentations de l'usine Biskria cimenterie SPA.
- [4] <https://www.memoireonline.com>
- [5] Notice de fonctionnement et de maintenance Rév. A du 20.02.2006 Page: 9/20  
SCAEK- Usine d'Ain El Kebira - Dépoussiérage du four par filtres à manches AAF
- [6] [Journal of Aerosol Science vol. 130] Influence of air humidity on particle filtration performance of a pulse-jet bag filter (2019).
- [7] thèse de doctorat Xavier Simon. Etude du décolmatage pneumatique des dépoussiéreurs à manches –institut national polytechnique de lorraine 2005
- [8] Mémoire Master -Merzag Abdellatif- Université de Mohamed Khider Biskra « Etude et contrôle d'un système de dépoussiérage par l'automate S7-1200 cas de la cimenterie de CILAS » 2018/2019
- [9] Thèse de doctorat \_ALEXIA GRENIER Ingénieur E.N.S.I.G.C.\_ [METHODES POUR L'IDENTIFICATION ET LA CARACTERISATION DE MECANISME DE COLMATAGE EN FILTRATION FRONTALE] L'UNIVERSITE PAUL SABATIER DE TOULOUSE – TOULOUSE III
- [10] MANUEL - FLSmidth 2013, all rights reserved - Fabric Filters - Maintenance
- [11] Belkacem OULD BOUAMAMA, « identification des systèmes », Laboratoire d'Automatique, Génie Informatique et Signal LAGIS - UMR CNRS 8219 et Directeur de la recherche à École Polytechnique de Lille, page2, 3.
- [12] Hakem Moussa, Chibane Djamel Eddine, « modélisation et identification paramétrique en ligne d'un système dynamique », mémoire de master 2, Département d'Electrotechnique université OEB, 2009.
- [13] Vincent MAHOUT, « introduction à l'identification Présentation rapide et incomplète de la toolbox Ident de Matlab », 2011.
- [14] WILLIAM BOLTON «Les automates programmables industriels », Page (3-9) Edition DUNOD, 2015



[15] <https://www.sciotech.fr/>

[16] Cours 02 \_Architecture des automates programmables Industriels\_ - Enseignant: SMAHI Mokhtar – Module: AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS" API

[17] Ali HASSANI « AUTOMATISATION D’UN ASCENSEUR PAR UN API », UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU 2018 master

[18] <https://www.zoneindustrie.com/>

[19] SIEMENS SIMATIC PCS7 COURS SYSTEME ST-PCS7BASIC 2016

