

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البلدية  
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا  
Faculté de Technologie

قسم الآلية و الألكتروتقني  
Département d'Automatique et électrotechnique



## Mémoire de Master

Filière Automatique  
Spécialité Automatique et informatique industrielle

Présenté par

BAOUNI RABAH

&

LASSACI ABDELHAFID

# Automatisation et régulation de la gestion doseurs alimentation four du ciment avec utilisation de la logique floue

Proposé par : Mr GUESSOUM Abderrezak & Mr DJANATI Mohamed lamine

Année Universitaire 2022-2023

# Remerciements

*Notre remerciement s'adresse en premier lieu à ALLAH le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.*

*Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Pr A.Guessoum qui nous a apporté une aide précieuse. Nous lui exprimons notre gratitude pour sa grande disponibilité ainsi que pour sa compréhension et les encouragements qu'il nous a apportés...*

*Nous exprimons aussi notre sincère reconnaissance au personnel de la Cimenterie de MEFTAHA et particulièrement à Mr M.L Djanati, Mr Ch. Abbad et mdm.Lahcine pour leurs aides, leurs disponibilités et leurs orientations tout au long de notre stage.*

*Nos remerciements vont aussi à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et à tous les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.*

*Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis et collègues pour le soutien moral et matériel...*

# DEDICACE

*Je tiens à dédier ce mémoire*

*A ma très chère Mère et à mon cher Père, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite.*

*A mon frère et mes sœurs et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail, ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.*

*A toute ma famille et mes amis.*

*A Mon binôme Abdelhafid, et toute sa famille.*

*A tous mes collègues de la promotion AII et Les bons moments passés ensemble toutes ces années.*

*Je dédie enfin ce travail à toute personne ayant contribué de près ou de loin à sa concrétisation.*

**RABAÏ**

# DEDICACE

*Je dédie ce travail*

*A Mes parents, Mon père, que dieu lui fasse miséricorde ,et à ma mère, que dieu la protège, qui m'ont toujours encouragée et soutenue durant toutes mes années d'études, et pour leur soutien moral et financier .*

*A mes sœurs , qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.*

*Et toute ma famille et à tous ceux que j'aime.*

*Sans oublier mon binôme RABAH pour son aide, sa disponibilité, sa patience durant la durée de notre stage et notre projet de fin d'étude, et toute sa famille.*

*A tous mes collègues de la promotion 2023 et Les bons moments passés ensemble toutes ces années.*

**ABD EL HAFID**

---

## ملخص :

تم القيام بهذا العمل لإعداد مذكرة التخرج لنيل شهادة الماستر في تخصص الأتمتة الصناعية و المعلوماتية , و قمنا بهذا العمل على مستوى مؤسسة متيجة لصناعة الإسمنت.

في البداية تم تقديم المؤسسة بشكل عام و شرح عملية تصنيع الإسمنت ثم نقوم بشرح عمل ورشة تغذية الفرن حيث تعتبر هي المنطقة الأساسية حيث سنقوم بعملنا هذا و ذلك بدراسة نظام عمل هذه الورشة و بعد ذلك نحاول التحكم فيها و تنظيمها. بجهاز تحكم (ب ا د) المتحكم من المنطق الضبابي.

و في الأخير سنشرح مراحل البرمجة و ذلك باستعمال برنامج بي سي اس 7 و فوزي كنترول++ عن طريق لغة سي اف سي و مكتبة سيمات و تسيير الورشة باستعمال برنامج وين سي سي.

---

## Résume :

Ce rapport a été élaboré dans le cadre de la dernière année du Master en Automatique et informatique Industrielle. Ce stage est effectué à la Société de Ciments de la Mitidja (SCMI).

La première partie de ce travail consiste en une introduction aux cimenteries et au processus de fabrication du ciment. Ensuite, nous introduisons l'atelier d'alimentation du four, car notre travail est basé sur cette partie. Nous avons développé un modèle de cette partie, étudié la régulation de cette atelier, et proposé une nouvelle stratégie de contrôle PID basée sur la logique floue.

Enfin on fait toutes les étapes de programmation avec Logiciel PCS7 et Fuzzy Control++ à travers le langage CFC et la bibliothèque CEMAT Suivis d'une supervision en utilisant l'logiciel WINCC.

---

## Abstract:

This report was developed as part of the last year of the Master in Automatics Industrial and IT. This internship is carried out at the Société de Ciments de la Mitidja (SCMI).

The first part of this work consists of an introduction to cement plants and in the cement manufacturing process. Next, we introduce the kiln feed workshop, because our work is based on this part. We have developed a model of this part, studied the regulation of this workshop, and proposed a new control strategy PID based on fuzzy logic.

Finally, we do all the programming steps with PCS7 software and Fuzzy Control++ through the CFC language and the CEMAT library Followed by a supervision using the WINCC software.

# Table des matières

---

---

Table des figures	
Liste des tableaux	
Liste de notations et symboles	
Introduction générale.....	1

## **Chapitre I : Présentation de société et processus de fabrication de ciment**

I.1 Présentation de la société .....	2
I.2 Présentation des ateliers de la cimenterie .....	3
I.3 Les constituants du ciment .....	3
I.4 Processus de fabrication du ciment .....	4
I.4.1 Zone carrière calcaire .....	4
I.4.2 Zone crue.....	5
I.4.3 Zone cuisson (formation de clinker) .....	8
I.4.4 Zone ciment.....	11
I.4.5 Zone expédition.....	11
I.5 Conclusion .....	13

## **Chapitre II : Les différentes instrumentations et actionneur du l'atelier alimentation four**

II.1 Introduction .....	14
II.2 Présentations des différents équipements d'atelier alimentation four .....	14
II.2.1 L'aéroglossière .....	15
II.2.2 La vanne doseuse .....	16
II.3 Les différents actionneurs de l'atelier alimentation four.....	17

II.3.1 Surpresseur .....	17
II.3.2 Pompe type X .....	18
II.3.3 Positionneur électropneumatique .....	19
II.3.4 Puissance pompe.....	20
II.4 Les différents capteurs de l'atelier alimentation four.....	21
II.4.1 fin de course.....	22
II.4.2 Capteur de force piézo-électrique .....	22
II.5 Problématique .....	23
II.6 Conclusion .....	23

### **Chapitre III : Régulation PID et régulation avec logique flou.**

III.1 Introduction .....	24
III.2 Partie théorique .....	24
III.2.1 Généralités .....	24
III.2.2 Régulation .....	28
III.3 Identification et modélisation du procédé de la gestion doseurs d'alimentation four du ciment .....	33
III.3.1 Identification de la vanne doseuse avec positionneur .....	33
III.3.2 Modélisation de l'aérogliissière .....	34
III.3.3 Modélisation de Peson .....	35
III.4 Schéma bloc du et fonction de transfert du système .....	35
III.5 Étude et simulation du système avec régulateur flou (logique floue) .....	36
III.5.1 Configuration de contrôleur flou sous Matlab à l'aide de fuzzy logic toolbox .....	37
III.6 Conclusion .....	40

### **Chapitre IV : Programmation sous PCS7**

IV.1 Introduction .....	41
-------------------------	----

IV.2 Système contrôle/commande de la cimenterie de Meftah .....	41
VI.3 Structure générale d'un système automatisé .....	42
IV.3.1 Automate Programmable Industriel : IV.3.2 Principe et fonctionnement de l'automate programmable .....	43
IV.3.2 Principe et fonctionnement de l'automate programmable .....	43
IV.3.3 Structure générale d'un API .....	43
IV.3.4 Programmation des API .....	45
IV.4 Matériels de l'automatisme utilisé .....	45
- Simatic S7-400 .....	45
- ET200M .....	46
IV.5 Normes de communication .....	47
IV.5.1 MPI (Multipoint Interface) .....	47
IV.5.2 Profibus .....	47
IV.5.3 Industriel Ethernet .....	47
IV.6 Présentation du progiciel SIMATIC PCS7 .....	48
IV.6.1 Introduction au SIMATIC Manager .....	48
IV.6.2 Définition de PCS7 .....	48
IV.6.3 Architecture du système SIMATIC PCS 7.....	48
IV.6.4 Le pack CEMAT.....	49
IV.6.5 SIMATIC Manager .....	49
IV.6.6 Multi projet.....	50
IV.6.7 Définition diagramme CFC.....	50
IV.6.8 Description des blocs utilisés dans le programme .....	51



IV.7 Création projet alimentation four .....	52
IV.7.1 Création d'un Multi projet .....	52
IV.7.2 La configuration dans la station AS .....	55
IV.7.3 La configuration dans la station OS.....	56
IV.7.4 La configuration dans la station ENG.....	57
IV.7.5 Paramétrage de réseau.....	57
IV.7.6 Mise au point de la programmation pour le contrôle et la supervision de l'alimentation de four .....	59
IV.7.7 Contenu des dossiers hiérarchiques CIMENT.....	59
IV.7.8 Editeur de mnémoniques .....	60
IV.8 Programmation en PCS 7 .....	61
IV.8.1 Déclaration de bloc CFC .....	61
IV.8.2 Programmation des blocs CFC .....	63
IV.9 Optimisation d'un régulateur avec PCS 7 PID Tuner .....	65
IV.9.1 Les étapes d'optimisation PID sous PCS7 .....	65
IV.10 Présentation de FUZZY CONTROL++.....	70
IV.10.1 Configuration de Fuzzy control ++ .....	72
IV.11 Conclusion .....	75

## **Chapitre V : Supervision et résultat du simulation**

V.1 Introduction .....	76
V.2 Présentation du logiciel de supervision WinCC .....	76
V.2.1 Description de Win CC.....	76

V.2.2 Présentation de Graphics Designer.....	77
V.2.3 Création de la vue du processus.....	78
V.2.4 Présentation du simulateur « S7 PLCSIM ».....	82
V.2.5 Ecrans et structure de commande.....	82
V.3 Simulation des PID et résultat obtenu .....	84
V.3.1 Etude et simulation du système sans régulateur PID .....	84
V.3.2 Simulation du système avec régulateur PID .....	84
V.3.3 Réguler les paramètres PID sous PCS7 .....	87
V.3.4 Supervision d'atelier alimentation four .....	90
V.4 Conclusion .....	94
Conclusionn générale.....	95
Bibliographie .....	96

# Liste des figures

---

---

**Figure I.1** : Vue générale de l'entreprise.

**Figure I.2** : Schéma du processus de fabrication du ciment.

**Figure I.3** : L'extraction de la matière première.

**Figure I.4** : Concassage et Transport.

**Figure I.5** : Zone crue.

**Figure I.6** : Hall de pré homogénéisation.

**Figure I.7** : broyeur a cru.

**Figure I.8** : Atelier homogénéisation.

**Figure I.9** : Zone Cuisson.

**Figure I.10** : : Tour à cyclone.

**Figure I.11** : Le four rotatif.

**Figure I.12** : Zone expédition.

**Figure I.13** : Expédition en sac.

**Figure I.14** : Expédition en vrac.

**Figure II.1** : Atelier Alimentation four.

**Figure II.2** : L'aérogliissière.

**Figure II.3** : Vanne doseuse.

**Figure II.4** : Surpresseur.

**Figure II.5** : Pompe X.

**Figure II.6** : composants principaux de la pompe X.

**Figure II.7** : : Positionneur SIPARAT du Siemens.

**Figure II.8** : Le convertisseur *SINEAX P530/Q531*.

**Figure II.9** : Unité fin de course.

**Figure II.10** : capteur de pesage.

**Figure III.1** : Schéma fonctionnel.

**Figure III.2**: Structure équivalente d'un système en boucle fermée.

**Figure III.3** : Commande d'un système avec correcteur.

**Figure III.4** : Correcteur PID série.

**Figure III.5** : schéma de structure de l'alimentation four.

**Figure III.6** : le schéma bloc de système.

**Figure III.7** : la structure de régulateur floue.

**Figure III.8** : la fonction d'appartenance de l'entrée erreur.

**Figure III.9** : fonction d'appartenance de ( $K_p$ ).

**Figure III.10** : fonction d'appartenance de ( $T_i$ ).

**Figure III.11** : fonction d'appartenance de ( $T_d$ ).

**Figure III.12** : Les règles d'inférence.

**Figure III.13** : schéma de simulation de fonction de transfert on BF avec régulateur floue.

**Figure IV.1** : l'architecture du réseau de communication DCS.

**Figure IV.2** : Organisation d'un système automatisé.

**Figure IV.3** : Structure d'un API.

**Figure IV.4** : Automate Programmable Industriel (API) S7- 400.

**Figure IV.5** Configuration de la station périphérique décentralisée ET 200M.

**Figure IV.6** : Architecture du SIMATIC PCS7.

**Figure IV.7** : Présentation de SIMATIC Manager.

**Figure IV.8** : Vue d'ensemble d'un diagramme CFC.

**Figure IV.9** : Création d'un Multi projet.

**Figure IV.10** : L'insertion de la station SIMATIC 400 dans le projet AS.

**Figure IV.11** : L'insertion de la station SIMATIC PC dans le projet OS.

**Figure IV.12** Configuration matérielle de la station AS.

**Figure IV.13** : La configuration matérielle de la station OS.

**Figure IV.14** : L'icône de configuration réseau.

**Figure IV.15** : Configuration réseau.

**Figure IV.16** : Synchronisation des projets.

**Figure IV.17** : Création d'un dossier hiérarchique.

**Figure IV.18** : Contenu du dossier hiérarchique.

**Figure IV.19** : Table mnémonique.

**Figure IV.20:** Préparation du régulateur pour l'optimisation.

**Figure IV.21:** Lancement de PCS 7 PID Tuner.

**Figure IV.22:** Paramétrage de l'enregistrement des courbes.

**Figure IV.23:** Lancement de l'optimisation du régulateur.

**Figure IV.24:** Acquisition de la valeur mesurée.

**Figure IV.25:** Comportement du régulateur et résultat.

**Figure IV.26:** Résultat d'optimisation PID.

**Figure IV.27:** Fuzzy control ++.

**Figure IV.28:** fonction d'appartenance de l'entrée erreur.

**Figure IV.29:** fonction d'appartenance de sortie Kp.

**Figure IV.30:** fonction d'appartenance de sortie Ti.

**Figure IV.31:** fonction d'appartenance de sortie Td.

**Figure IV.32:** Table des règles.

**FigureV.1 :** WinCC Explorer

**FigureV.2 :** Graphics Designer

**FigureV.3 :** Configuration de l'ordinateur

**FigureV.4 :** Bibliothèque dynamique

**FigureV.5 :** La vue de processus sous Graphics Designer

**FigureV.6 :** Picture Tree Manager

**FigureV.7 :** L'écran supervision d'atelier Alimentation Four

**Figure V.8 :** Réponse de système sans régulateur

**Figure V.9 :** Réponse de système avec régulateur

**Figure V.10 :** les paramètres PID obtenue par PID tuner

**Figure V.11 :** la réponse indicielle de système avec régulateur flou

**Figure V.12 :** la différence entre la réponse de régulateur floue et PID tuner

**Figure V.13 :** PID avec des paramètres par default

**Figure V.14 :** PID avec 3 paramètres

**Figure V.15 :** Paramètres PID par méthode d'optimisation

**Figure V.16:** Démarrage de groupe Alimentation four

**Figure V.17:** la valeur de consigne et le mode de marche de Vanne

**Figure V.18:** les valeur des paramètres Régulateur PID

**Figure V.19:** La vue finale de supervision ALIM\_FOUR

# Liste des tableaux

---

---

## Chapitre III

**Tableau III.1** : Effets des correcteurs P, I, et D sur la précision, la stabilité et la rapidité du système en boucle fermée

## Chapitre IV

**Tableau IV.1** : les consommateurs de groupe « Alimentation de four »

**Tableau IV.2** : les Capteurs de groupe « Alimentation de four »

**Tableau IV.3** : les Mesures de groupe « Alimentation de four »

**Tableau IV.4** : les Sélections de groupe « Alimentation de four »

## Chapitre V

**Tableau V.1** : comparaison des performances du système.

# Abréviations et symboles

---

---

**TOR** : Tout ou rien

**API** : Automate programmable industriel

**CPU** : Unité centrale de l'automate (Central Processing Unit)

**PCS** : Process control system (système de contrôle de procédés)

**CFC** : Continuous Function Chart

**ENG** : Station ingénieur (engineer station)

**AS** : Station d'automatisation (automation station)

**OS** : Station opérateur (operator station)

**SCMI** : société du ciment de la Mitidja

**PID** : proportionnelle ,integrateur ,dirivatuer

**CTP** : coeffession tempirattive positif

**G** : gain

**K** : gain statique

**T** : constante de temps.

**Qe** : le débit d'entrée.

**Qs** : le débit de la sortie.

**WinCC** : Windows Control Center

**E(s)** : Entré de système

**H(P)** :.Fonction de transfert en boucle ouvert



# Introduction générale

---

---

La Production de ciment est l'une des industries les plus importantes dans notre vie quotidien en raison de la forte demande pour ce matériau, il existe donc une concurrence entre les entreprises afin de fournir un produit de bonne qualité et à bas prix accessible au simple citoyen, de sorte que l'automatisation joue un rôle majeur dans la croissance, le développement et l'augmentation de la production de ces entreprises en fournissant des méthodes intelligentes et avancées qui facilitent et augmentent le pourcentage de production et travaillent à améliorer sa qualité.

A cet effet, l'une des méthodes intelligentes dont l'automatisation contribue au développement de ce domaine industriel il y a la commande adaptative et la régulation PID et il y a aussi la logique floue Ces méthodes ont conduit à un saut qualitatif dans le domaine de l'industrie en général et dans le secteur du ciment en particulier, car elles ont conduit à une meilleure qualité des produits en plus de la sécurité et de la flexibilité des processus, et tout cela est dans l'intérêt des entreprises industrielles en termes de qualité et en termes de profit financier.

Pour cela dans notre travail on utilise la logique floue pour la régulation de débit de vanne proportionnel pour la gestion doseurs alimentation four du ciment, on premier pour la régulation on utilise le simple PID et PID de 3 paramètres et on développe se programme avec PCS7 (Process Control System) après on utilise l'application (FuzzyControl++) pour la régulation par la logique floue et on compare les résultats obtenus et on prend le meilleur résultat. nous avons organisé notre plan de travail en Cinq chapitre qui se résume suit :

- **Chapitre I** : Présentation de la société et processus de fabrication de ciment.
- **Chapitre II** : Les différents instrumentations et actionneurs de l'atelier alimentation de four et problématique.
- **Chapitre III** : Régulation PID et régulation avec logique flou.
- **Chapitre IV** : la programmation par PCS7.
- **Chapitre V** : la supervision par WinCC et résultats obtenus à partir de la simulation

# Chapitre I : Présentation de la société et processus de fabrication de ciment

---

---

## I.1 Présentation de la société :

La Société des Ciments de la Mitidja (SCMI) est une filiale du Groupe Industriel des Ciments de l'Algérie (GICA). Il se compose d'une unité : la cimenterie de Meftah. La S.C.M.I créée dans le cadre du plan quadriennal « 1970-1973 » a été l'une des premières cimenteries installées en Algérie, qui dessert actuellement l'essentiel du marché algérien.

La culture de SCMI est basée sur les valeurs fondamentales de respect, de confiance, de responsabilité et d'autonomie. SCMI a documenté cette approche éthique dans un code de conduite écrit, le SCMI Way, qui inspire l'action de tous les employés à travers le monde. Ce chapitre présente la cimenterie MEFTAH pour avoir un aperçu des différentes étapes de la production de ciment.



**Figure I.1** : Vue générale de l'entreprise

## **I.2 Présentation des ateliers de la cimenterie :**

Le ciment est le matériau de base pour la construction d'ouvrages du bâtiment et du secteur de la construction en général il est donc étroitement tributaire de la conjoncture économique générale.

Il correspond au procédé usuel de fabrication du ciment sec sur une chaîne de production composée de cinq ateliers. L'implantation est en « ligne contenue ».

## **I.3 Les constituants du ciment :**

Pour la fabrication du ciment. La cimenterie utilise quatre matières premières nécessaires :

- Le calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ).
- L'argile ( $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ ).
- Le sable.
- Minerai de fer.

Et on ajoute le gypse et le tuf.

Ces différentes matières (calcaire, argile, sable, fer) sont broyées à l'aide d'un concasseur et sont transportées jusqu'à la cimenterie. Toutes les matières premières sont introduites ensemble dans un broyeur à boulet pour être broyées et séchées.

Le mélange en résultant s'appelle " le cru " et est ensuite envoyé dans un four rotatif où il est chauffé (environ  $1450\text{ }^\circ\text{C}$ ) pour donner le clinker.

Les granulés de clinker sont introduits dans le broyeur à boulet avec des ajouts (gypse, tuf) ou ils sont broyés finement pour donner le produit final qui est le ciment.

## I.4 Processus de fabrication du ciment :

Le processus de fabrication est composée de cinq zone : (Figure 2)

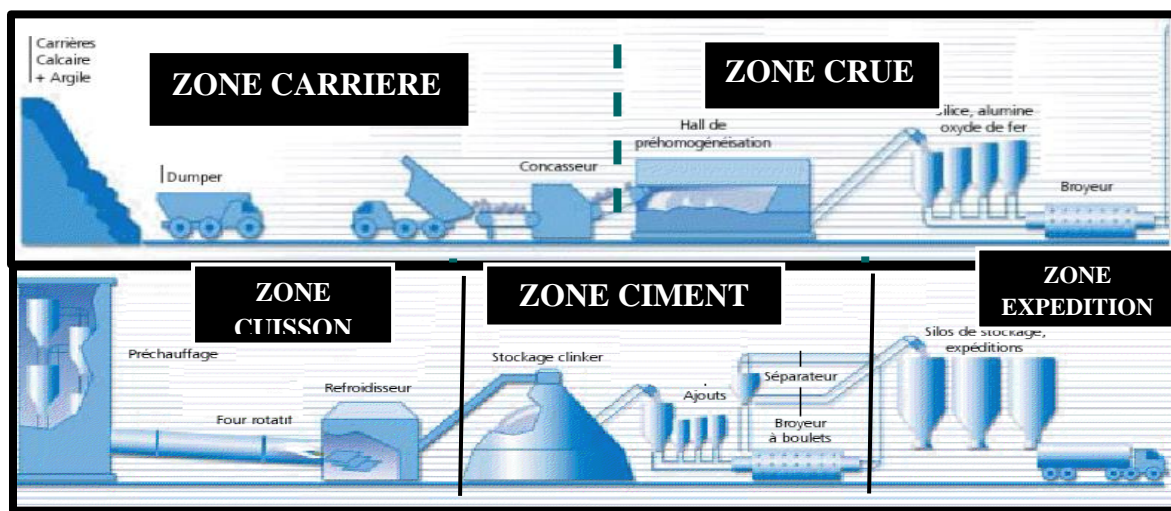


Figure I.2 : Schéma du processus de fabrication du ciment

### I.4.1 Zone carrière calcaire :

Il se compose d'un concasseur et d'un tapis roulant pour transporter le calcaire jusqu'au hall de stockage

#### a) L'extraction des matières premières :

Les matières premières sont extraites de la paroi rocheuse dans des carrières à ciel ouvert par dynamitage ou pelletage mécanique.

#### b) Le chargement :

Est réalisé par des engins. Il existe deux types d'engins :

- **Le transport** : les matières premières sont transférées dans un dumper afin de les transporter vers les concasseurs. Pour les décharger dans la chambre de concassage.
- **Le Concassage** : Le concassage est une opération destinée à la réduction des blocs de calcaires qui sont obtenus pendant l'extraction.

La matière première (calcaire), après concassage, est transportée vers l'usine par des tapis roulants (T0, T1, T2 et T3), où elle est stockée dans le hall de stockage calcaire avec une capacité de 60 000 T.



Figure I.3 : L'extraction de la matière première.

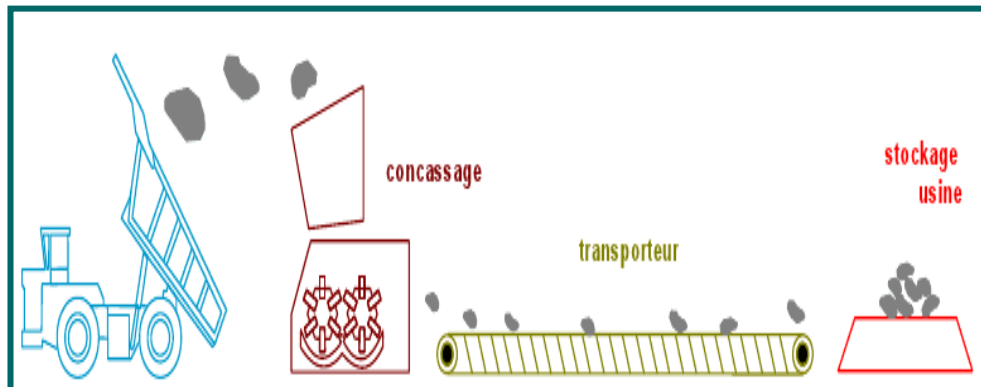


Figure I.4 : Concassage et Transport

#### I.4.2 Zone crue :

La matière premières (80% de calcaire et 20 % d'argile) est ensuite entreposée dans le hall pré homogénéisation, ce mélange est appelé « matière crue ».



**Figure I.5 :** Zone crue

**a) Hall calcaire :**

Le grateur portique (à palette) sert à gratter le calcaire en se déplaçant en translation de tas en tas et jette la matière sur le tapis pour la transporter à la trémie calcaire.

**b) Hall ajouts :**

On a deux grateurs semi portiques (à palette) qui servent à gratter les ajouts (argile, sable, fer), il déverse les produits sur un tapis pour les transporter aux trémies (les tapis T6, T7, T8, T9 et T11).

Il existe 4 trémies (calcaire, fer, argile, sable) (**Figure I.6**). Le dosage de ces différents constituants du ciment est comme suit :

- Calcaire 80%
- Argile 20%
- Sable 2%
- Fer 1%

Le produit sera acheminé par le transporteur (tapis T13) vers le broyeur à marteau qui sert à concasser la matière.



**Figure I.6** : Hall de pré homogénéisation.

- c) **L'aspiration** : L'aspiration de la matière se fait par le ventilateur de tirage d'une puissance de 1200 KW via le séparateur statique.
- d) **Séparateur statique** : le séparateur statique sépare la granulométrie (grosses particules et fines particules)
  - Les grosses particules refus reviennent vers le broyeur à boulets.
  - Les fines particules partent vers le stockage (silos d'homogénéisation).
- e) **Le broyeur à boulets** : Pour favoriser les réactions chimiques ultérieures, les matières premières doivent être séchées et broyées très finement (quelques microns) dans un broyeur à boulets (**Figure I.7**). A la sortie de broyeur, les matières premières sont parfaitement homogénéisées et séchées afin d'obtenir la farine. Celle-ci peut être introduite directement dans le four sous forme pulvérulente.



Figure I.7 : broyeur a cru.

- f) **Élévateur a godets** : L'élévateur à godets transporte le produit vers le séparateur dynamique. Le produit tombe sur un plateau dispersé qui tourne à vitesse continue, les grosses particules tombent sur l'Aérogليس (rejet) et qui vont retourner au broyeur pour être broyé de nouveau, les petites particules vont vers silos de stockage.
- g) **L'homogénéisation** : Le produit sera mélangé dans les silos H1, H2 pour être prêt au stockage. La farine crue expédiée par l'air lift est dégagée dans la boîte de récupération. La capacité de stockage de chaque silo est de 10 000T (**Figure I.8**). Chaque silo est équipé de deux sorties latérales pouvant assurer la totalité du débit farines vers le four.



Figure I.8 : Atelier homogénéisation.

#### I.4.3 Zone cuisson (formation de clinker) :



La ligne de cuisson est constituée (**Figure I.9**) :

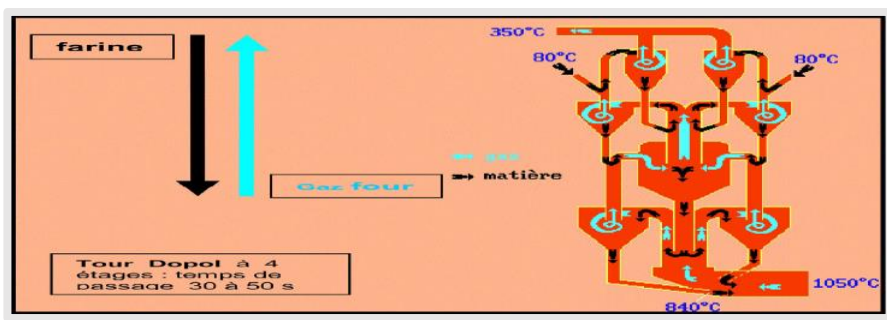
1. D'un pré chauffeur.
2. D'un four rotatif.
3. D'un refroidisseur.



**Figure I.9** : Zone Cuisson.

**a) Préchauffage :**

La matière première est introduite dans une tour de préchauffage à 800°C avant d'entrer dans le four rotatif vertical où elle est portée à une température de 1450°C. La combustion provoque une réaction chimique appelée "décarburation", qui libère le dioxyde de carbone contenu dans le calcaire.



**Figure I.10** : Tour à cyclone

Le préchauffage s'effectue dans une série de cyclones (**Figure I.10**) disposés verticalement sur plusieurs niveaux appelés "préchauffeurs". La matière froide introduite dans la partie supérieure s'échauffe au contact du gaz. D'un étage à l'autre, il décarbure partiellement vers les étages inférieurs à une température d'environ 800°C.

**b) Four rotatif :**

Les cimenteries conçoivent des systèmes de fours pour répondre aux exigences chimiques du processus de conversion des matières premières en clinker. Un four rotatif est un cylindre en acier placé sur un poste de laminage (Figure I.9) et revêtu intérieurement d'un matériau réfractaire. Pendant le processus de cuisson, le four rotatif est entraîné dans un mouvement rotatif, et la disposition inclinée du four permet à la matière première injectée à partir de l'autre extrémité de se déplacer par rapport à la flamme chauffante. Au cours de ce mouvement, la matière se transforme par cuisson en avançant de son état initial jusqu'à ce qu'elle « fonde » à une température de 1450°C.



**Figure I.11 :** Le four rotatif

**c) Refroidisseur à clinker :**

Après avoir quitté le four, le clinker est conduit dans des refroidisseurs sphériques ou à grille, où il est refroidi à une température de 120°C. Le rôle du refroidisseur est d'assurer au clinker une structure minérale et une granulométrie favorable après trempe. Le refroidisseur réduit également la température du clinker pour faciliter la manutention vers le silo de stockage.

#### **I-4-4 Zone ciment :**

L'atelier de zone ciment est composé de deux lignes électriques :

##### **a) Le remplissage des trémies :**

Le clinker du four est stocké dans des silos, d'une part, l'installation de broyage de ciment peut fonctionner de manière autonome en cas de non arrêt du four à temps, et d'autre part, elle évite la dégradation du clinker. Le stockage à l'air libre causera une dégradation du ciment.

##### **b) Broyeur ciment :**

Le clinker et les ajouts, qui sont des matériaux grossiers par rapport à la granulométrie du ciment, sont introduits au niveau du broyeur dans des proportions prédéfinies pour subir des efforts mécaniques du broyage et produire ainsi le ciment qui est d'une finesse inférieure à 40 microns. Le dosage du clinker, du gypse et des adjuvants se fait à l'entrée du broyeur par un système de dosage automatique, qui se charge des essais en laboratoire. L'atelier de broyage comprend le broyeur, le séparateur (qui sélectionne les particules selon leur grosseur), le dépoussiéreur du broyeur et accessoirement la presse à rouleaux.

#### **I.4.5 Zone expédition :**

C'est la dernière étape du processus de production du ciment, qui se fait :

- Expédition en sac.
- Expédition en vrac.



**Figure I.12 : Zone expédition**

**a) Expédition en sacs :**

Le ciment est transporté à partir des silos de stockage vers quatre ensacheuses, livré dans des sacs de 50 kg via des tapis roulants et chargé sur des camions à benne basculante.



**Figure I.13 : Expédition en sac**

**b) Expédition en vrac :**

Le remplissage se fait via un tuyau relié au fond de la trémie. L'opérateur dirige le remplissage en insérant le tuyau dans l'ouverture du chariot à casseroles (Fig. I.14).



**Figure I.14** : Expédition en vrac.

## **I.5 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons décrit le processus de fabrication du ciment après on a divisé en cinq zones principales. Cela nous a permis d'identifier plus clairement les zones ciblées par le projet.

Dans le prochain chapitre nous allons présenter les différents instrumentations de l'atelier alimentation f

## Chapitre II : les différents instrumentation et actionneur de l'atelier alimentation four et problématique

---

---

**II.1 Introduction :** Afin d'élaborer notre mémoire de fin d'études dans la cimenterie, nous avons choisi l'atelier Alimentation four. Dans ce chapitre, nous faisons la description générale de cette atelier et l'identification des différents instruments de système que nous allons utiliser.

**II.2 Présentations des différents équipements d'atelier alimentation four :**

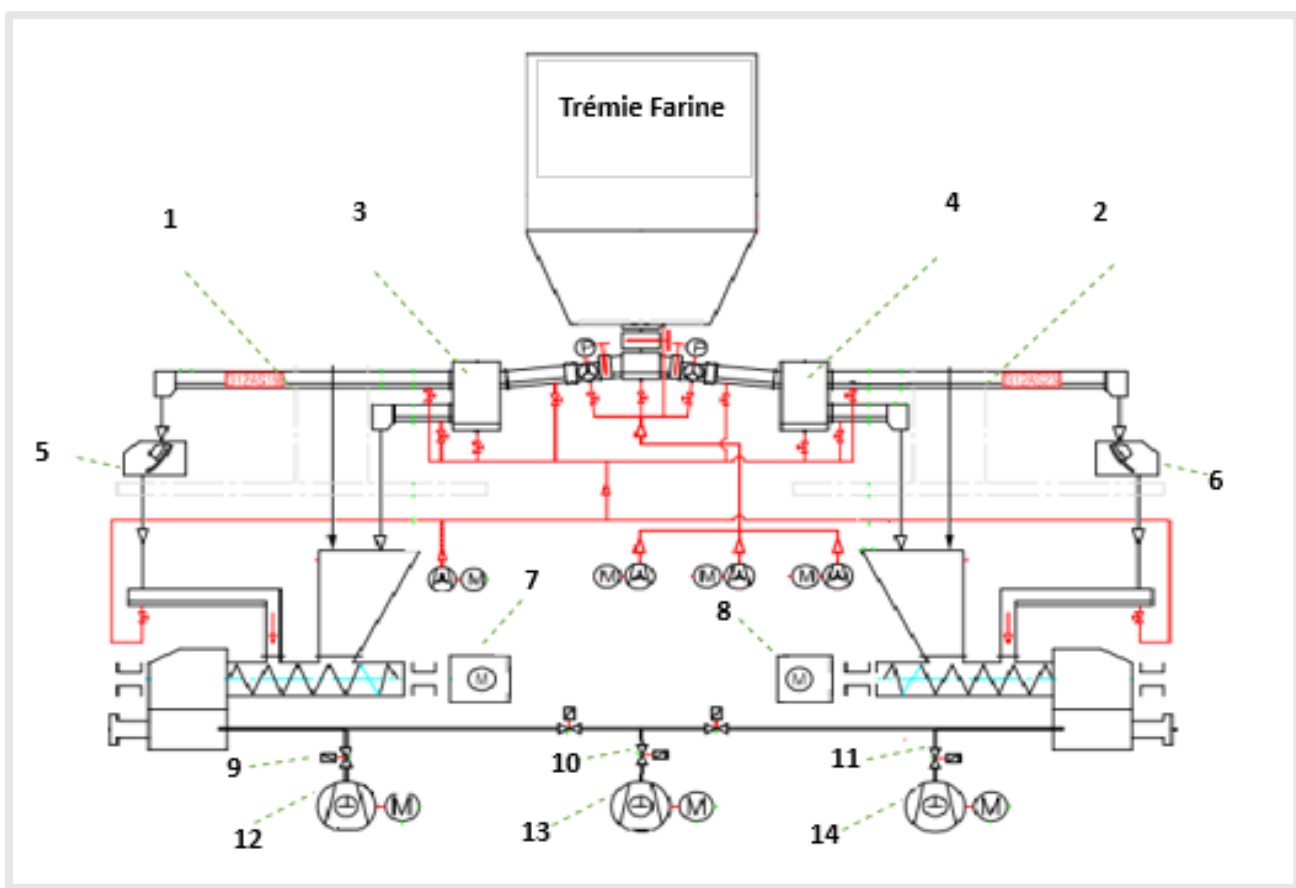


Figure II.1 : Atelier Alimentation four

**Composants principaux d'atelier Alimentation four :**

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1) Aeroglissière1.                     | 8) Pompe Farine M507.                |
| 2) Aeroglissière2.                     | 9) Vanne d'air sortie surpresseur1.  |
| 3) Vanne extraction AS19.              | 10) Vanne d'air sortie surpresseur2. |
| 4) Vanne extraction AS23.              | 11) Vanne d'air sortie surpresseur3. |
| 5) Capteur de force piézo-électrique1. | 12) Surpresseur1.                    |
| 6) Capteur de force piézo-électrique2. | 13) Surpresseur2.                    |
| 7) Pompe Farine M501.                  | 14) Surpresseur3.                    |

**II.2.1 L'aéroglossière :****Figure II.2 : L'aéroglossière**

Un Aéroglossier est un système de transport pneumatique conçu pour déplacer des matières pulvérulentes d'un emplacement à un autre situé plus bas. Dans l'atelier alimentation four on a deux aéroglossières, pour le transport de la matière à travers de vannes proportionnelles vers le four.

**Structure et fonctionnement :**

- L'air entre dans le compartiment inférieur et applique une pression vers le haut à travers la toile
- Le produit qui se trouve dans le caisson supérieur se fluidise

- Avec la pente ( $\approx 7^\circ$  mini), la matière s'écoule alors vers le bas.
- La nature de la toile dépend de la température de la matière
- Une grille ou grillage de renfort est aussi ajouté aux points d'impacts et dans les autres zones d'usure
- A débit normal le caisson matière à un remplissage de 35%

### II.2.2 La vanne doseuse :



**Figure II.3 :** Vanne doseuse

Les vannes de dosage sont utilisées pour mesurer le débit de matière dans le drain des Convoyeurs pneumatiques Produits en vrac à granulométrie très fine ou sous forme de poussière. De plus, la vanne de dosage peut également fonctionner comme un dispositif d'arrêt.

#### ▪ **Structure et fonctionnement :**

La vanne doseuse est constituée d'un boîtier en acier contenant la vanne. La valve est serrée et utilise une cassette avec un joint de valve installé. La cassette et le joint de valve peuvent être remplacés facilement. En position fermée, la vanne de dosage arrête le flux de matière. La vanne est équipée d'un orifice de passage (partie utile de dosage) et d'un changement de rotation de la vanne Ouverture de 0 à 100%. L'échelle indique la vitesse à laquelle la vanne s'ouvre angle.

La vanne est déplacée en continu à l'aide d'un entraînement rotatif pneumatique (30.101), le



Positionneur électropneumatique (105). Le point de consigne est de 4...20mA.

Le réglage du positionneur électropneumatique s'effectue directement sur l'appareil ou via la fonctionnalité HART.

Le réglage d'usine de la vitesse interne de fermeture rapide de toutes les vannes doseuses, quelle que soit leur taille, est d'env. 4 s pour une pression de fonctionnement de 5 bars par angle de rotation de 90°.

## II.3 Les différents actionneurs de l'atelier alimentation four :

### II.3.1 Surpresseur :



Figure II.4 : Surpresseur

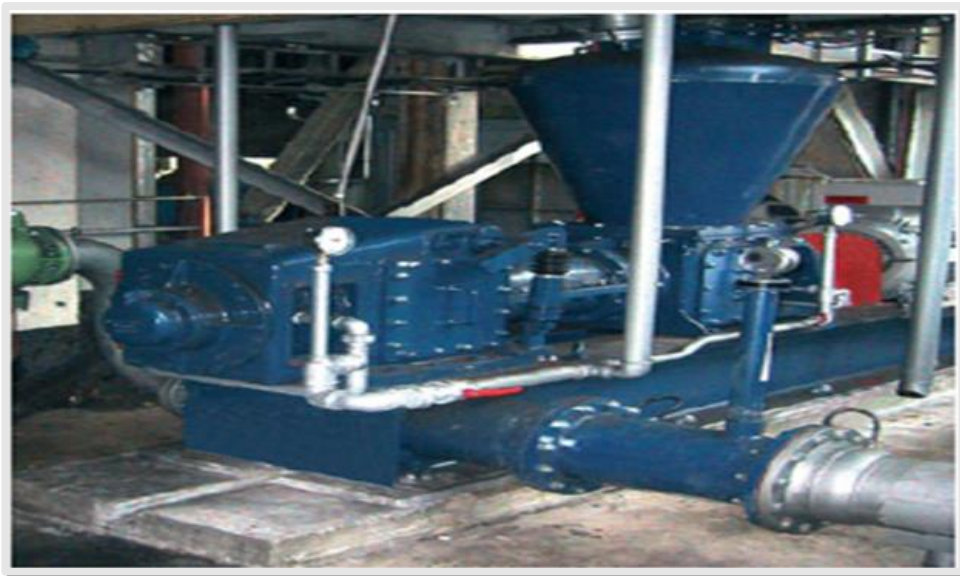
Afin d'augmenter la pression de l'eau dans une maison ou un complexe d'appartements ou une usine, des surpresseurs sont utilisés. Pour garantir un volume d'eau suffisant, un surpresseur est fréquemment ajouté à la conduite d'eau, même si une colonne de douche est déjà installée.

#### ▪ Structure et fonctionnement :

Par le raccord d'aspiration, l'eau pénètre dans la pompe et en sort via le raccord de refoulement, qui est responsable de la haute pression. Le niveau de remontée d'eau de la pompe est variable et pour les surpresseurs à sec, la hauteur de refoulement atteint environ 50 mètres et 5 bars de pression. Chaque fois qu'un robinet est ouvert, la pompe détecte le besoin d'alimentation en eau dû à la chute de pression. Certaines pompes sont livrées avec

un réservoir sous pression de 20 à 60 litres, ce qui signifie que la pompe ne s'activera pas pour les petits usages d'eau comme la chasse d'eau des toilettes. En utilisant l'eau dans le réservoir sous pression, la pompe ne s'activera que lorsque les niveaux d'eau s'épuisent. Une fois le réservoir rempli, la pompe s'arrêtera automatiquement. Cela vous permet d'économiser de l'énergie et d'avoir l'esprit tranquille.

### II.3.2 Pompe type X :



**Figure II.5 :** Pompe X

PompeX à haut débit sur le principe de la vis sans fin afin d'alimenter un transport pneumatique. Ce Pompe X à haut débit sur le principe de la vis sans fin afin d'alimenter un transport pneumatique. Ce transport peut être de type conventionnel ou de technologie Claudius Peters FLUIDCON.

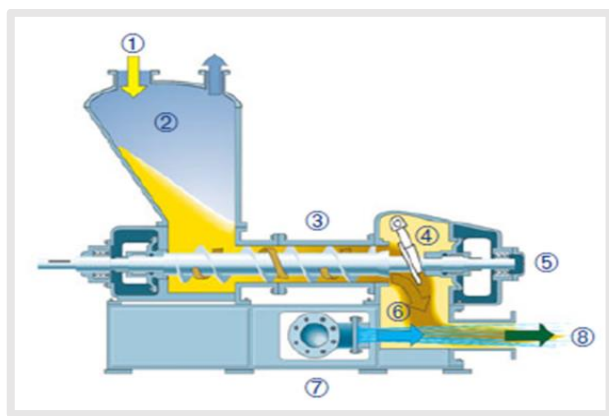
La fonction de la pompe X est d'alimenter ce transport pneumatique avec un débit de matière constant, tout en restant étanche à la surpression générée dans le convoyeur. La conception de la pompe X permet de réduire au minimum les fuites d'air du circuit amont vers la pompe. L'étanchéité est réalisée par un bouchon de matière de longueur définie en bout de vis.

La contre pression du transport pneumatique est de 2,5 bars, voir supérieure dans certains cas particuliers. La distance de convoyage peut aller jusqu'à 1000 m, avec des quantités de matière transportées pouvant aller jusqu'à 400 t/h. La pompe X fonctionne avec des matières

pulvérulentes tout autant qu'avec des matériaux de taille de grain allant jusqu'à 10 mm de diamètre. La pompe X peut être utilisée aussi bien en phase dense qu'en phase diluée. [1]

▪ **Composants principaux de la Pompe X**

1. Entrée produit
2. Trémie de dépoussiérage
3. Vis de transport et de mise en pression
4. Boîte de sortie
5. Système de joint d'étanchéité et roulement des deux côtés de la vis
6. Chambre de mélange Gaz / Produit
7. Entrée du gaz de transport
8. Connexion avec le transport pneumatique.



**Figure II.6 :** composants principaux de la pompe x

**II.3.3 Positionneur électropneumatique :**

Les positionneurs électropneumatiques SIPART PS2 sont utilisés pour la régulation de position des vannes normales ou papillon, actionnées par des servomoteurs pneumatiques à translation ou à fraction de tour. Le positionneur électropneumatique impose au servomoteur une position de vanne correspondant à la valeur consigne. Des entrées de fonctions supplémentaires permettent de déclencher un blocage ou la mise en position de sécurité de la vanne. [2]

▪ **Structure et fonctionnement :**

La comparaison consigne-mesure de la position du servomoteur est réalisée

électroniquement dans un microcontrôleur. Si le microcontrôleur constate un écart entre les deux, il commande les piezovannes avec un actionneur 5 points. Les piezovannes dosent le débit d'air parvenant ou sortant des chambres du servomoteur pneumatique qui est à volonté mis en circulation en sens contraire. Suivant l'importance et le sens de l'écart de régulation (différence consigne  $w$  - mesure  $x$ ), le microcontrôleur transmet un signal de commande électrique à la piezovanne correspondante. La piezovanne convertit l'ordre électrique en un incrément de réglage pneumatique. En cas de constatation dans cette zone d'un grand écart de régulation (Déplacement rapide), le positionneur émet un signal continu ; dans la zone des écarts de régulation moyens (déplacement lent), il fournit des trains d'impulsions et dans la zone des très petits écarts de régulation (zone morte adaptative ou réglable), il n'émet aucune impulsion de réglage. Le mouvement de translation ou de pivotement du servomoteur est mesuré par le kit de montage ou transmis à un potentiomètre à plastique conducteur par un arbre et un engrenage sans jeux. L'erreur angulaire de saisie est corrigée automatiquement dans le cas des servomoteurs à translation (correction sinus automatique). [2]

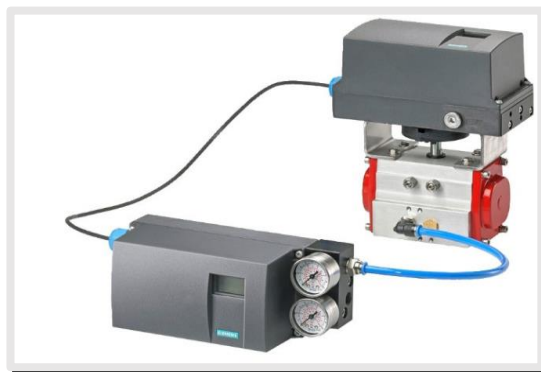


Figure II.7 : Positionneur SIPARAT du Siemens

### II.3.4 Puissance pompe :



**Figure II.8 :** Le convertisseur SINEAX P530/Q531

Le convertisseur SINEAX P530/Q531 (Fig. 1) permet la mesure de la puissance active ou réactive d'un réseau monophasé ou triphasé à 3 ou 4 fils à charges équilibrées ou déséquilibrées.

Le signal de sortie est une courant continu *contraint* ou une tension continue *contrainte* proportionnel à la valeur mesurée. Le convertisseur de mesure satisfait aux exigences et prescriptions en ce qui concerne la *compatibilité électromagnétique EMC* et de *Sécurité* (CEI 1010 resp. EN 61 010). Il est développé, fabriqué et contrôlé selon la *norme de qualité* (ISO 9001).

▪ **Points particuliers :**

- Entrées de mesure : Courants nominaux d'entrée et tensions nominales d'entrée de forme sinusoïdale
- Sortie de mesure : Signaux de sortie unipolaire, bipolaire ou live zéro.
- Principe de mesure : TDM
- Bloc d'alimentation CC, CA avec alimentation auxiliaire à large tolérance / Utilisation universelle.
- Standard version maritime (anciennement GL, Germanischer Lloyd).

## II.4 Les différents capteurs de l'atelier alimentation four :

### II.4.1 fin de course :

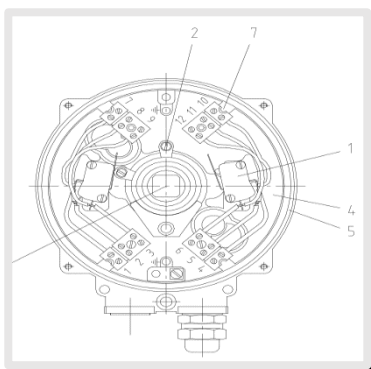


Figure II.9 : Unité fin de course

L'unité de fin de course est une possibilité fiable et économique pour signaler la position de l'agrégat et pour contrôler les commutations.

#### ▪ Structure et fonctionnement :

L'arbre (3) passé à travers du carter de zinc moulé sous pression (4) permet un ajustage des points de contact de commutation par des cames de contacteur (2) ajustables.

S1 + S3 et/ou S2 + S4 (1) sont commutés par la même came de contacteur.

Un service d'urgence manuel de l'entraînement peut s'effectuer par le carré de l'arbre passant.

La surface de l'unité de fin de course est protégée par un vernis à cuire à résine époxyde.

### II.4.2 Capteur de force piézo-électrique :

Des capteurs actifs, utilisant le principe de la piézoélectricité, génèrent une certaine quantité de charge dépendante de la force à laquelle elle est soumise, ce type de capteur est utilisé pour le pesage de crue au-dessus de la trémie.



Figure II.10 : capteur de pesage

## **II.5 Problématique :**

La régulation fonctionne mal, elle donne des paramètres par default non modifiables (automate non modifiable de type boîte noire).

Ces paramètres font que le programme ne fonctionne pas bien et affectent donc le rendement de production du ciment.

## **II.6 Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a pris connaissance les différents équipements de l'atelier alimentation four et comprendre leur principe de fonctionnement, ainsi que les différents capteurs et actionneurs utilisé dans le système.

# Chapitre III : Régulation PID et régulation avec logique floue

---

---

## III.1 Introduction :

La modélisation est une suite d'étapes pour obtenir un modèle. Modéliser un système signifie être capable de prédire le comportement du système, et l'intérêt de la modélisation est d'étudier le système en BO ou en BF et de créer des lois de commande en termes de stabilité, de précision, de régulation, de poursuite, de dynamique, etc. à partir d'un cahier des charges (CC).

L'objectif de ce chapitre particulier sera d'analyser chaque sous-système afin d'établir leurs fonctions de transfert individuelles et de mener une étude approfondie sur la manière dont l'ensemble du système fonctionne.

## III.2 Partie théorique :

Dans l'industrie moderne, les entraînements linéaires et les systèmes en boucle ont acquis une importance significative, principalement en raison de la demande croissante de commandes automatiques à hautes performances.

### III.2.1 Généralités

#### III.2.1 Systèmes

Système ou ensemble d'éléments interconnectés constitués, naturellement ou artificiellement, pour accomplir une tâche prédéfinie. Son état est affecté par une ou plusieurs variables et des entrées. Le résultat des actions d'entrée est la réponse du système, qui peut être caractérisée par le comportement d'une ou plusieurs variables de sortie ( $s(t)$ ) du système complet ou de l'un de ses éléments.



Les composants sont généralement représentés schématiquement par un schéma fonctionnel composé de rectangles auxquels sont appliqués des signaux d'entrée représentés par des flèches d'entrée. La causalité d'action de l'entrée produit l'effet mesuré par le signal de sortie indiqué par la flèche vers l'extérieur. Notons que la notion de système est indissociable de la notion de signal.

Les entrées influençant le système peuvent être de différentes natures. Certains sont pour la pratique les actions qui conduisent le système au comportement souhaité, ce sont ses commandes.

D'autres entrées perturbent le fonctionnement souhaité et sont définis comme des perturbations ( $p(t)$ ).

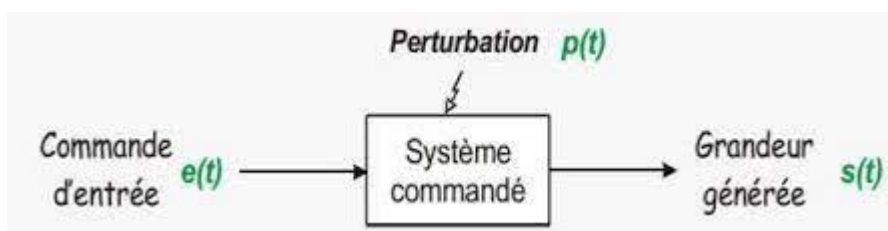


Figure III.1 : Schéma fonctionnel

### III.2.1.2 Fonction de transfert :

Une fonction de transfert est une illustration linéaire et mathématique de la **corrélation** entre l'entrée et la sortie. Cette fonction est appliquée dans l'analyse des systèmes **continus**, qu'ils soient monovariants ou multivariés, dans le traitement du signal, les communications, l'électronique et le contrôle. Il est également utilisé dans presque toutes les

méthodes qui changent la variable de temps en une autre variable, ou dans de rares cas, en une variable complètement différente.

Le système d'intérêt a une réponse impulsionnelle dans le domaine temporel. La conversion du signal d'entrée  $x(t)$  en signal de sortie  $y(t)$  est réalisée par une opération

mathématique connue sous le nom de convolution, qui implique le signal d'entrée et la réponse impulsionnelle. Certaines conversions peuvent transformer ce processus en une transformée  $X$  du signal d'entrée, combinée à la transformée  $H$  de la réponse impulsionnelle. Ce processus est appelé "transfert de fonction" et équivaut à la transformée en  $Y$  du signal de sortie.

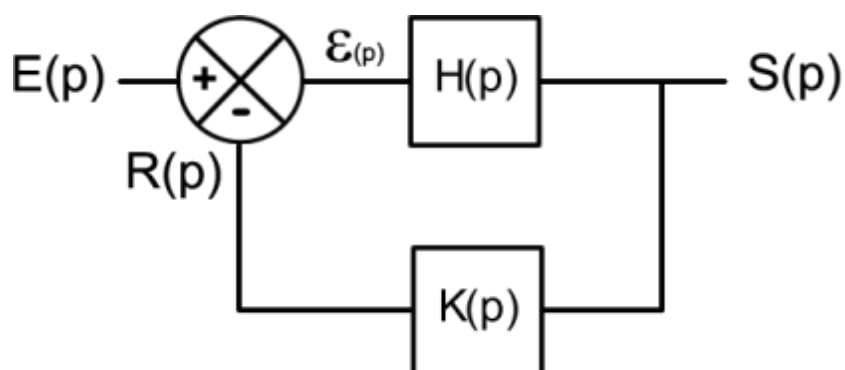


Figure III.2: Structure équivalente d'un système en boucle fermée

$$S(p) = \varepsilon(p) * H(p) \quad \text{III.1}$$

$$\frac{S(p)}{E(p)} = \frac{H(p)}{1 + H(p) * K(p)} \quad \text{III.2}$$

L'équation précédente (III.1) représente la transmittance entre les grandeurs  $e$  et  $s$ . Il est intéressant de représenter un système linéaire par un schéma qui soit équivalent aux équations qui le régissent. Pour cela, il suffit de représenter les variables sur des branches de schéma et les fonctions de transfert par des blocs comme il a été montré dans la figure III.2

### III.2.1.3 Système de commande asservis :

D'une façon générale, un système de commande a pour but de transmettre aux grandeurs caractéristiques de l'état du système (sortie) la loi de variation en fonction du temps imposé par une autre grandeur appelée grandeur de commande ou de l'entrée. On distingue alors deux sortes de système de commande :

### a. Système en boucle ouverte

C'est un système de commande où le signal d'entrée est indépendant du signal de sortie. La grandeur d'entrée contrôle directement la grandeur de sortie. Ce système a l'avantage d'être simple. En revanche, ses performances sont médiocres, car il n'existe pas de circuit de retour permettant de comparer la grandeur de sortie à la grandeur de référence.

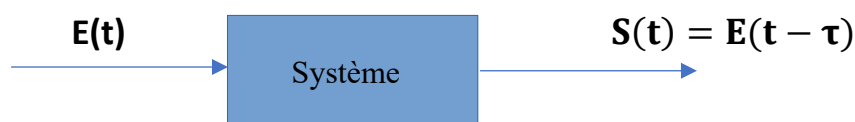
### b. Système en boucle fermée

Une correction continue est déterminée par une mesure continue, ceci est le résultat d'une structure en boucle fermée. Par conséquent, la grandeur de sortie est comparée à chaque instant à la grandeur d'entrée la différence joue le rôle d'un signal de correction. Ces systèmes possèdent l'avantage d'être plus précis et limitent l'influence des perturbations. En général, on considère qu'un système de commande en boucle fermée est un système où le signal de commande dépend d'une façon ou d'une autre du signal de sortie [3].

#### III.2.1.4 Système à retard pur :

Certains systèmes ont une latence pure en plus de leur propre dynamique. Dans ce paragraphe, Nous n'étudions que la latence elle-même. Le système sera défini comme :

$$S(t) = E(t - \tau) \quad \text{III.3}$$



Où  $\tau$  est la valeur du retard introduit par le système. La sortie est donc l'entrée simplement retardée de  $\tau$  secondes. Sa fonction de transfert est :

$$H(p) = \frac{S(p)}{E(p)} = e^{-\tau p} \quad \text{III.4}$$

### III.2.2 Régulation :

La régulation des processus industriels implique l'utilisation de ressources théoriques, matérielles et techniques pour maintenir des quantités physiques critiques à une valeur souhaitée, appelée consigne, en manipulant une variable de régulation. Cela doit être fait en tenant compte de tout facteur perturbateur au sein du système.

La définition de la régulation peut varier selon le contexte. Dans un sens plus large, la

Régulation implique un ensemble de méthodes utilisées pour maintenir les performances optimales d'une machine ou l'état d'un système.

#### III.2.2.1 Les régulateurs (correcteurs) :

Les systèmes asservis peuvent présenter des défauts, tel que : une précision insuffisante, une mauvaise stabilité, un temps de réponse trop lent, un dépassement trop important. Il est donc souvent nécessaire d'intégrer dans le système asservi un réseau correcteur, dont l'objectif est d'améliorer un ou plusieurs de ces différents paramètres.

Le correcteur permet alors d'améliorer les caractéristiques de précision, de stabilité et de rapidité du système et il est nécessaire de l'introduire dans la boucle de commande. [4]

A partir du schéma bloc représenté, on cherche les valeurs des coefficients du régulateur  $G_r(s)$  qui permettent d'obtenir la réponse désirée pour  $S(s)$  lors d'un changement de consigne  $E(s)$ .

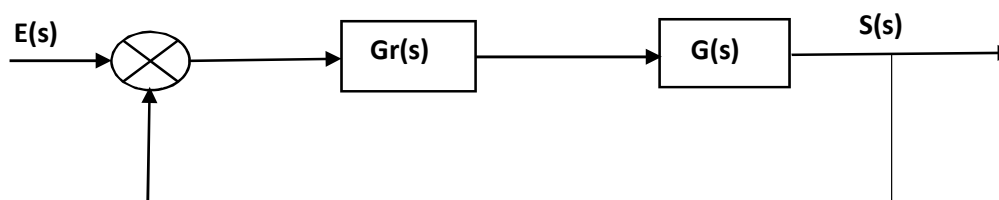


Figure III.3 : Commande d'un système avec correcteur

On a la fonction de transfert de système :

$$\mathbf{F(s)} = \frac{\mathbf{Gr(s)*G(s)}}{\mathbf{1+Gr(s)*G(s)}} \quad \mathbf{III.4}$$

### III.2.2.2 Correcteur PID (Proportionnel Intégré Dérivé) :

La mise en œuvre d'un correcteur PID garantit une transmission immédiate du signal d'erreur, augmenté à la fois de son intégrale et de sa dérivée. Non seulement ce correcteur est simple à exécuter, mais il annule également efficacement le signal d'erreur statique et préserve la stabilité du système.

La réponse du système est relativement rapide et bien amortie. En fait, avec l'inclusion du correcteur PID, la classe du système est augmentée d'une unité. De plus, ce correcteur introduit deux zéros qui peuvent être utilisés pour améliorer la réponse transitoire.

L'action proportionnelle, ou **kp**, est responsable de l'augmentation de la vitesse d'un système en diminuant le temps de montée. Cette action aide également à réduire l'erreur statique ; bien qu'il ne l'élimine pas complètement. Inversement, l'action intégrale, ou **ki**, sert à éliminer l'erreur statique. Les effets de l'action dérivée de **kd** sont évidentes dans les performances du système, où elles améliorent la stabilité tout en réduisant le dépassement et en améliorant la réponse transitoire.

D'autre part, la fonction de correction d'erreur statique réintroduit la précision dans le système, mais au prix d'une réaction transitoire moins réactive. Ces deux actions ont des effets différents sur le système et doivent être soigneusement équilibrées pour obtenir des performances optimales.

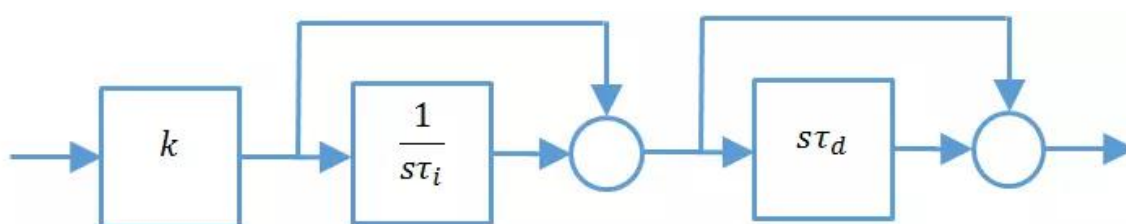
Les effets des correcteurs, **kp**, **ki** et **kd**, sur la réponse en boucle fermée du système ont été compilés dans le tableau ci-dessous :

	Précision	Stabilité	Rapidité
Si $K_p$	Augmente	Diminue	Augmente
Si $K_i$	Augmente	Diminue	Diminue
Si $K_d$	Diminue	Augmente	Augmente

**Tableau III.1 :** Effets des correcteurs P, I, et D sur la précision, la stabilité et la rapidité du système enboucle fermée.

La combinaison des trois effets, à savoir série, parallèle ou mixte, peut être réalisée à travers diverses approches architecturales.

Voici une présentation d'une architecture série :



**Figure III.4 :** Correcteur PID série

### III.2.2.3 Réglage des paramètres du régulateur PID :

#### III.2.2.3.1. Méthode de Ziegler et Nichols :

En 1942, Ziegler et Nichols ont proposé deux approches heuristiques basées sur leur expérience et quelques simulations pour ajuster rapidement les paramètres des régulateurs P, PI et PID. [5]

#### III.2.2.3.2. Méthodes de Åström et Hägglund (AH) :

Au début des années 1990, Åström et ses collaborateurs ont testé une nouvelle approche afin de palier les inconvénients de la méthode de Ziegler et Nichols. Ils ont pour cela analysé et simulé le comportement d'un grand nombre de systèmes à comportement non-oscillant en recherchant à les caractériser de manière simple.

**Pour des processus sans intégration**, ils ont constaté que leur comportement dynamique pouvait être caractérisé à l'aide du temps mort relatif  $\tau$  ou du gain relatif  $K$  définis par les équations (20) et (23).

**Pour des processus avec intégration**, ces 2 caractéristiques ne suffisent pas pour déterminer les paramètres d'un régulateur PID. Une information supplémentaire est nécessaire. Dans ce qui suit, on ne présentera que les résultats concernant des systèmes sans intégration. Pour les processus contenant une intégration, plus de détails et informations peuvent être trouvés dans l'ouvrage de Åström et Hägglund .

#### III.2.2.3.3 Critère $M_s$ pour l'ajustage des paramètres

De manière à pouvoir mesurer la qualité des réponses temporelles et les comparer sur la base d'un critère objectif, Åström a défini un critère d'ajustage des paramètres du régulateur. Ce critère consiste à observer la fonction de sensibilité du processus réglé et à la limiter à un maximum valant 1.4 (+3dB) ou 2 (+6dB) [5].

#### III.2.2.4. la logique floue :

La logique floue est une approche utilisée en IA basée sur des "valeurs ou degrés de vérité" sous la forme de chiffres réels compris entre 0 et 1. En cela, elle diffère de la logique classique booléenne qui repose sur deux valeurs "vraies ou fausses" (1 ou 0). Autrement dit, cette logique dite polyvalente admet la possibilité de vérités partielles, situées entre les deux extrêmes 0 et 1. La logique floue a été formulée par le mathématicien Lotfi Zadeh dans les années 1960, dans le cadre de ses recherches sur la compréhension du langage naturel par les ordinateurs. [6]

#### III.2.2.4.1 Le Fonctionnement de la logique floue :

Alors, comment fonctionne la logique floue ? Utilisons la situation de la température de l'eau pour aider à expliquer. Maintenant, dans la logique booléenne classique, c'est l'un ou l'autre - soit "froid" ou "chaud". Mais il n'y a pas de place pour les nuances, même avec des changements de température progressifs. Ce n'est pas le cas avec la logique floue - ici, vous pouvez obtenir beaucoup plus de granularité. Par exemple, vous pourriez dire que l'eau est "légèrement fraîche", "douce" et même "presque bouillante" ! Cela offre un plus large éventail d'options.

#### III.2.2.4.2. La commande floue du type PI ou PID :

La principale difficulté des régulateurs PID réside dans le réglage des gains afin d'obtenir de bonnes performances surtout lorsque le procédé à commander est d'ordre élevé et à dynamique non linéaire. En effet, le problème dans le réglage des gains devient plus difficile en présence de variations paramétriques et de perturbations externes.

La nature complexe des procédés industriels et la nécessité de maintenir de bonnes performances exigent un réglage en ligne des gains du régulateur PID ou PI. Cette opération peut être réalisée par des régulateurs numériques auto ajustables. Dans ce cas, l'ajustement en ligne des paramètres de synthèse est, généralement, basé sur un algorithme de réglage qui fait appel, à chaque période, à la fonction de transfert du procédé, souvent difficile à déterminer avec une précision suffisante. Ceci rend ce principe de contrôle assez sensible aux variations du comportement de procédé industriel. Dans l'objectif de maintenir de bonnes performances face à d'éventuelles variations de la dynamique du procédé, il est évident que le réglage ne peut se faire aisément qu'avec la mesure de l'écart entre les performances réelles et désirées. L'exploitation d'une supervision basée sur la logique floue en vue de l'adaptation des paramètres de synthèse d'un régulateur du type PID ou PI permet d'offrir une alternative très intéressante pour ramener, quelle que soit la situation en ligne, les performances réelles à celles souhaitées [7].



Il est possible d'améliorer les performances du système de commande par la combinaison de la logique floue avec un régulateur PID ou PI ce qui s'appelle un contrôleur PID ou PI flou.[7]

### III.3 Identification et modélisation du procédé de la gestion doseurs d'alimentation four du ciment :

On fait l'identification et la modélisation de système pour trouver la fonction de transfert de système et pour calculer les paramètres d'ajustement des régulateur Selon le principe de fonctionnement du processus d'alimentation four, la chaîne de régulation du système peut être représentée par le schéma de structure suivant:

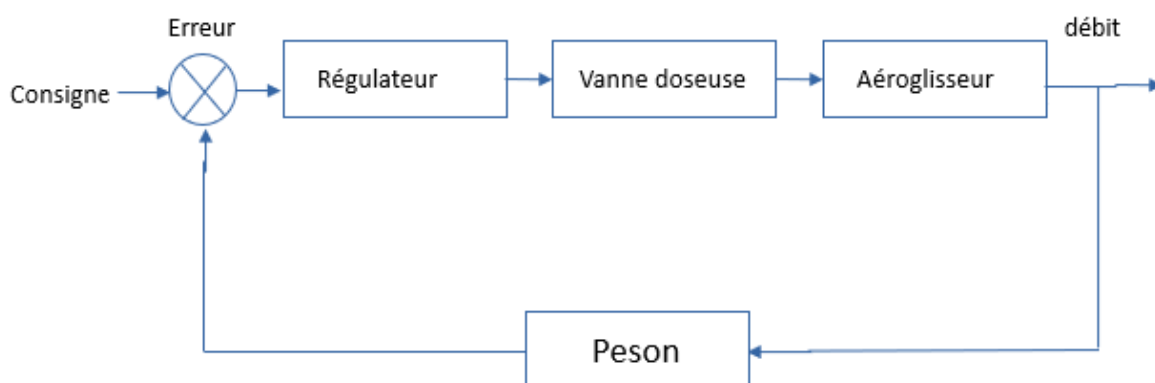


Figure III.5 : Schéma de structure de l'alimentation four

#### III.3.1. Identification de la vanne doseuse avec positionneur :

Lors de l'observation, il est devenu évident que la réponse présentait les caractéristiques d'un système de premier ordre, ce qui nous a incités à utiliser la méthode à 63% afin de déterminer les paramètres du modèle :

$$G(p) = \frac{k}{1+Tp} \quad \text{III.6}$$

**K:** gain statique

**T**: constante de temps en seconde

$$Y(T) = (0.63 * \Delta Y) + Y1 \quad \text{III.7}$$

avec **Y1 = 0** et **ΔY = 68**

On trouve :  $Y(T)=42.84\%$  **III.8**

Après la projection on trouve : **T=5.54 s** **III.9**

$$K = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = 0.85 \quad \text{III.10}$$

Donc le modèle de système est de la forme :

$$G(P) = \frac{0.85}{1+1.54p} \quad \text{III.11}$$

### III.3.2 Modélisation de l'aéroglossière :

La fonction de transfert de l'aéroglossière on peut considérer comme un retard :

$$A(p) = e^{-Tp} \quad \text{III.12}$$

Avec :

$$T = \frac{L}{V} = \frac{20}{0.85} = 23.52 \text{ s} \quad \text{III.13}$$

**L** : la longueur de l'aéroglossière

**V** : la vitesse de matière dans l'aéroglossière

$$\mathbf{A(p)=e^{-23.52p} \quad \text{III.14}}$$

D'après transforme de LAPLACE

$$\mathbf{A(p)=e^{-23.52p} = \frac{1}{1+23.52p}}$$

### III.3.3 Modélisation de Peson :

Dispositif de pesage dont la fonction est de convertir la valeur de mesure du poids du matériau sur la bande en un signal électrique proportionnelle. Le principe consiste à appliquer une tension régulée ou la valeur varie linéairement avec la charge appliquée à la cellule de pesée.

Par conséquent, la fonction de transfert de l'unité de pesage peut être donnée par formulaire de gain :

$$\mathbf{Kp = \frac{U(p)}{C(P)} \quad \text{III.15}}$$

$$\mathbf{Kp = \frac{\Delta U}{\Delta C} = \frac{10-0}{70-0} = 0.142 \text{ volt.heur/tonne}}$$

### III.4 Schéma bloc du et fonction de transfert du système :

La fonction de transfert globale de système (en boucle ouverte) d'après le schéma bloc suivant :

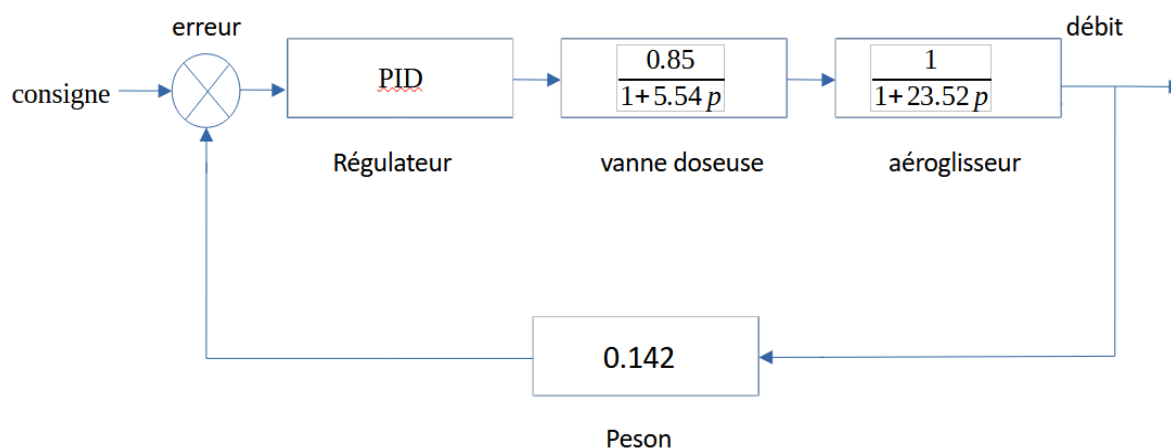


Figure III.6 : le schéma bloc de système

$$H(p) = G(p) * A(p) \quad \text{III.16}$$

$$H(p) = \frac{0.12}{1+29.06p+130.3p^2} \quad \text{III.17}$$

### III.5 Étude et simulation du système avec régulateur floue (logique floue) :

Dans ce cas on utilise la logique floue pour la régulation de notre système donc on utilise la fonction MATLAB **Fuzzy logic controller** pour cette régulation cette fonction donne des paramètres de régulation meilleurs que le PID tuner. On exécute un programme simulink et on remarque la différence avec la méthode précédente.

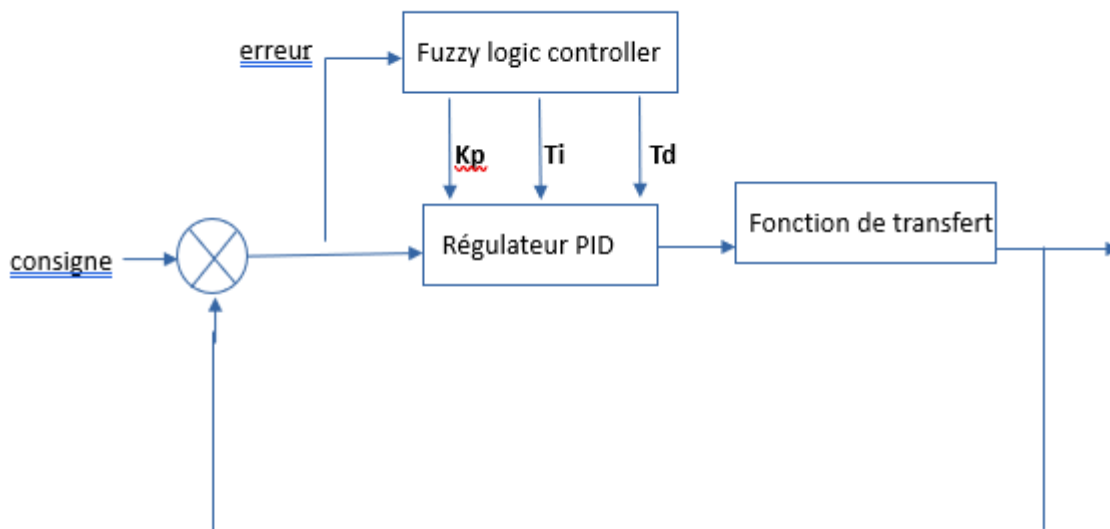


Figure III.7 : la structure de régulateur floue

### III.5.1 Configuration de contrôleur flou sous Matlab à l'aide de fuzzy logic toolbox :

En premier on donne les entrées et les sorties :

- **L'entrée : c'est l'erreur entre la consigne et la sortie**

la fonction d'appartenance de l'entrée est choisie expérimentalement en cinq parties :

Négatif grand -NG, Négatif - N, Zéro - Z, Positif- P, Positif grand-PG

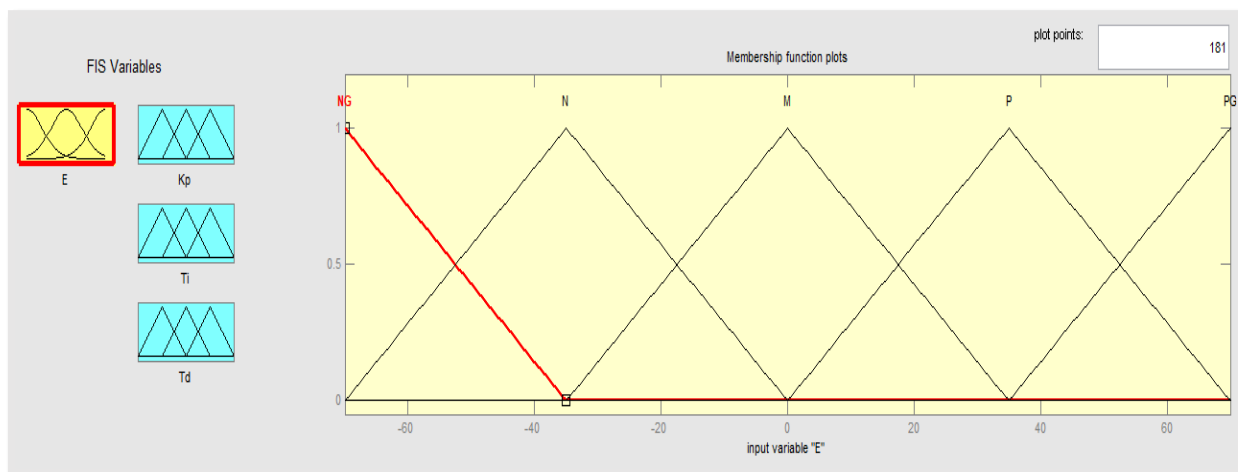


Figure III.8 : la fonction d'appartenance de l'entrée erreur

- **Les sorties : les paramètres PID  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$**

Les fonctions d'appartenance des sorties qui seront divisées en cinq parties Très Petit -TP, Petit- P, Moyen -M, Grand-G, Très Grand -TG comme suit :

- **Le gain  $K_p$  :**

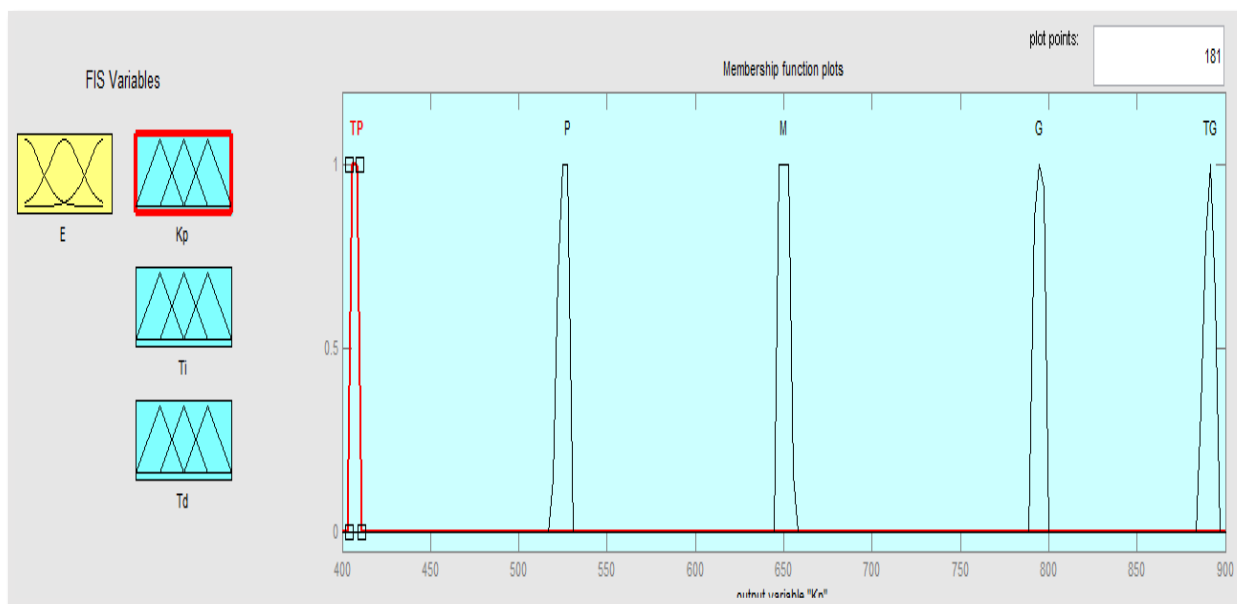


Figure III.9 : fonction d'appartenance de ( $K_p$ )

- **Intégrateur  $T_i$  :**

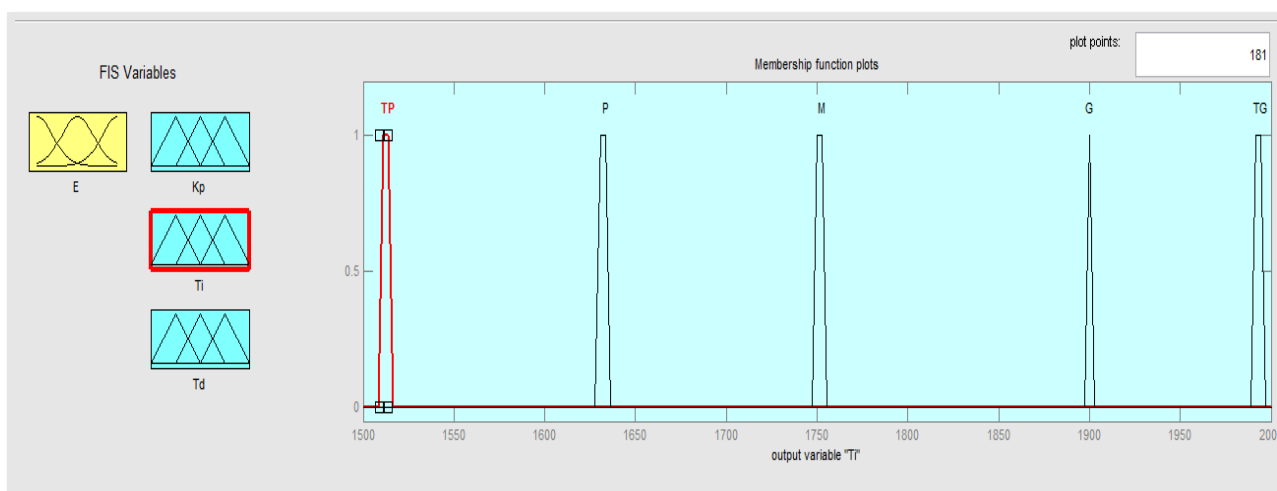


Figure III.10 : fonction d'appartenance de (Ti)

▪ Dérivateur Td :

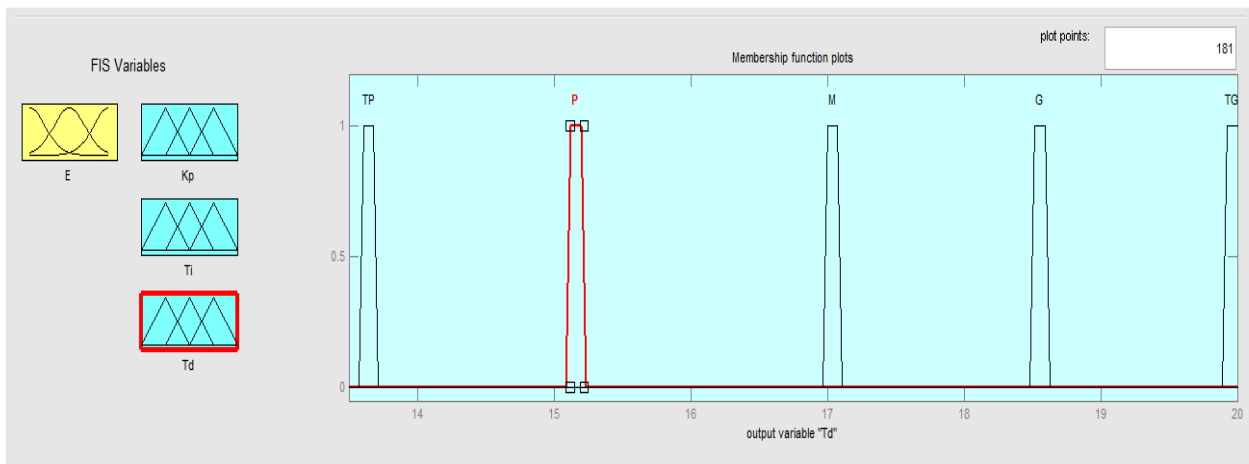


Figure III.11 : fonction d'appartenance de (Td)

III.5.1.1 Les règles d'inférence (MAMDANI) :

Ce sont des règles données expérimentalement par des experts.

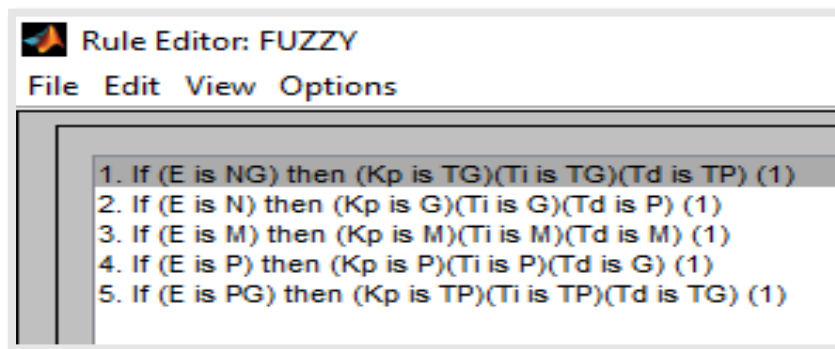
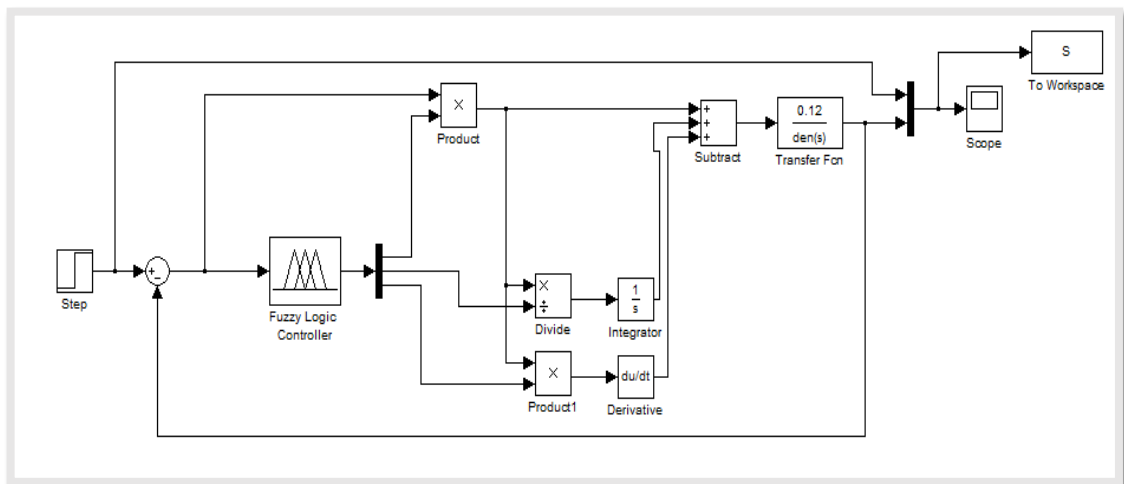


Figure III.12 : Les règles d'inférence

III.5.1.2 Simulation de régulateur flou sous Matlab (Simulink) :

Le schéma Simulink du système complet est donné par la figure III 16.



**Figure III.13 :** schéma de simulation de fonction de transfert on BF avec régulateur floue

### III.6 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons fait la modélisation du système d'alimentation Four, on a modélisé les différents équipements de l'atelier, puis on a résulté la fonction de transfert du système ainsi que les paramètres de régulateur PID. Ainsi on utilise la méthode de logique flou pour réguler notre system.

On verra les résultats de simulation et la comparaison des méthodes dans le chapitre 5.



## Chapitre IV : Programmation sous PCS7

---

---

### IV.1 Introduction :

Les automates programmables sont particulièrement conçus pour répondre à de multiples applications. Ce sont des outils programmables universels dans presque tous les domaines de l'industrie.

La technologie utilisée dans la conception des automates de dernière génération leur permet d'exécuter des algorithmes qui nécessitent des calculs et le traitement en continu de grand flux de données et en temps réel. Cette capacité leur permet d'exécuter de manière très aisée certaines fonctions telles que la commande.

Grâce aussi à la capacité de communication et de dialogue avec l'environnement, il est devenu très aisé de gérer et de superviser à distance les installations à réguler.

### IV.2 Système contrôle/commande de la cimenterie de Meftah :

Ce système est un réseau de contrôle et de commande qui contient un serveur. Ce dernier présente la partie logicielle du système de supervision. Le serveur contient un logiciel accessible qui fonctionne en temps réel qui permet de commander tout actionneur de l'installation, d'entrer toute consigne nécessaire à la sécuriser de fonctionnement et enfin transférer toutes ces modifications de programme aux appareils du terrain.

Le système est composé de 5 nœuds DCS (carrière, Atelier cru, Cuisson, Broyage ciment, Expédition) qui permettent l'acquisition des signaux dans les diverses zones d'installation. DCS est un système de contrôle d'un procédé industriel créé par SIEMENS doté d'une interface homme-machine pour la supervision et d'un réseau de communication numérique.

Le DCS est réalisé avec architecture redondante, en prévoyant une double unité d'élaboration et une double connexion en réseau. La gestion de la redondance prévoit qu'une des CPU soit effectivement active tandis que la seconde soit en attente de succession immédiate en cas de panne (sauvegarde chaude).

Le schéma suivant représente l'architecture du réseau de communication DCS global de la cimenterie :

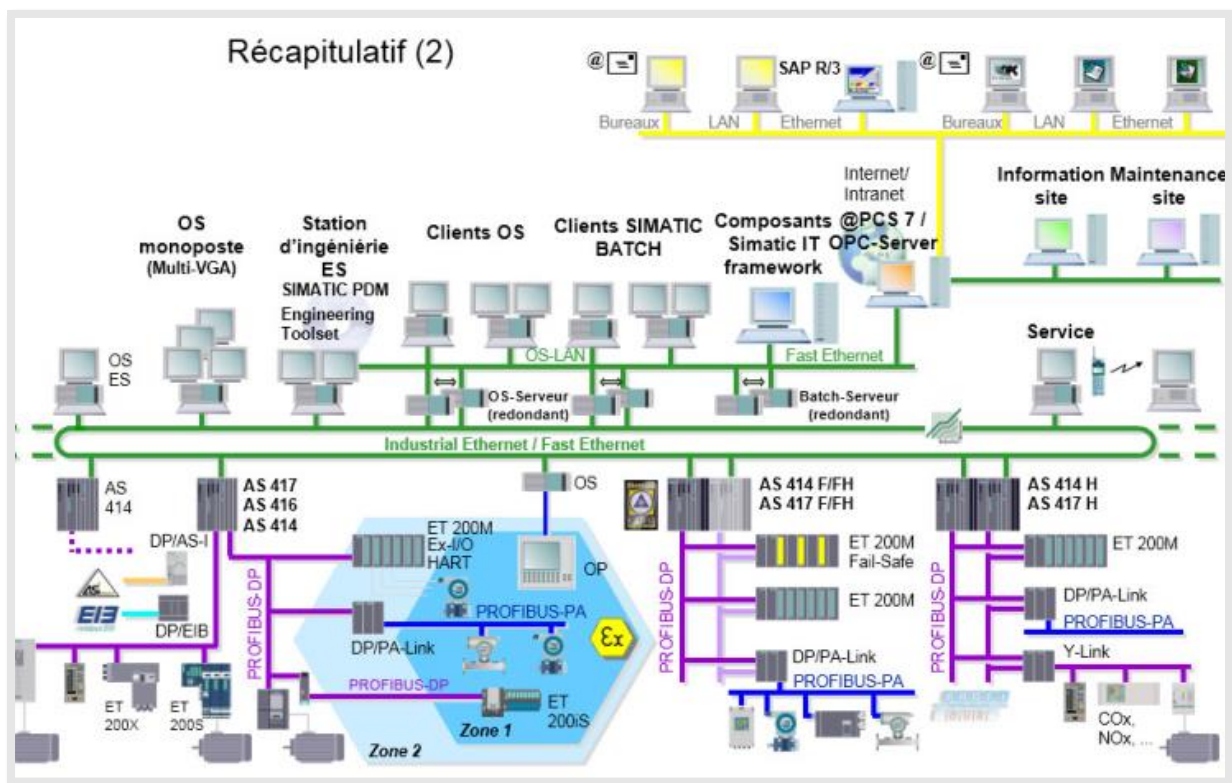


Figure IV.1 : l'architecture du réseau de communication DCS

### VI.3 Structure générale d'un système automatisé :

Un système de production a pour but d'apporter une valeur ajoutée à de la matière d'œuvre dans un contexte donné. Quand ce système est automatisé, on peut généralement le décomposer deux parties :

- Une partie opérative dont les actionneurs agissent sur le processus automatisé.
- Une partie commande qui coordonne les différentes actions de la partie opérative et qui communique avec le ou les opérateurs.

C'est dans la partie de commande que l'on retrouvera les automates programmables industriels.

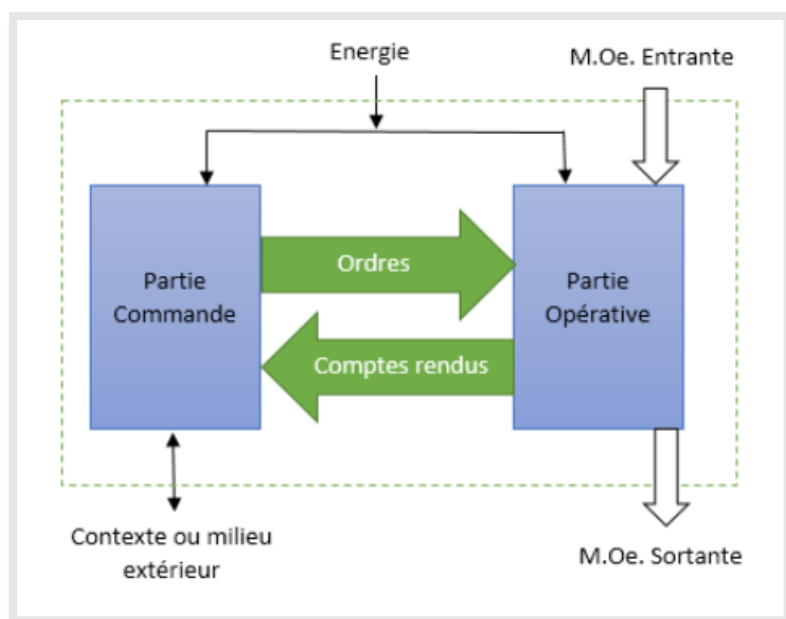


Figure IV.2 : Organisation d'un système automatisé

### IV.3.1 Automate Programmable Industriel :

Un automate programmable industriel (API) est une forme particulière de contrôleur microprocesseur qui utilise une mémoire programmable pour stocker les instructions et qui implémente différentes fonctions, qu'elles soient logiques, de séquençement, de temporisation, de comptage ou arithmétiques, pour commander les machines et les processus. [3]

### IV.3.2 Principe et fonctionnement de l'automate programmable :

L'automate programmable reçoit des données par ses entrées, celles-ci sont ensuite traitées par un programme défini, le résultat obtenu étant délivré par ses sorties. Ce cycle de traitement est toujours le même, quel que soit le programme, néanmoins le temps d'un cycle d'API varie selon la taille du programme et la puissance de l'automate. [4]

### IV.3.3 Structure générale d'un API :

De manière générale, un API est construit autour de plusieurs éléments de base que sont l'unité de traitement, la mémoire, l'unité d'alimentation, les interfaces d'entrées-sorties, l'interface de communication et le périphérique de programmation.

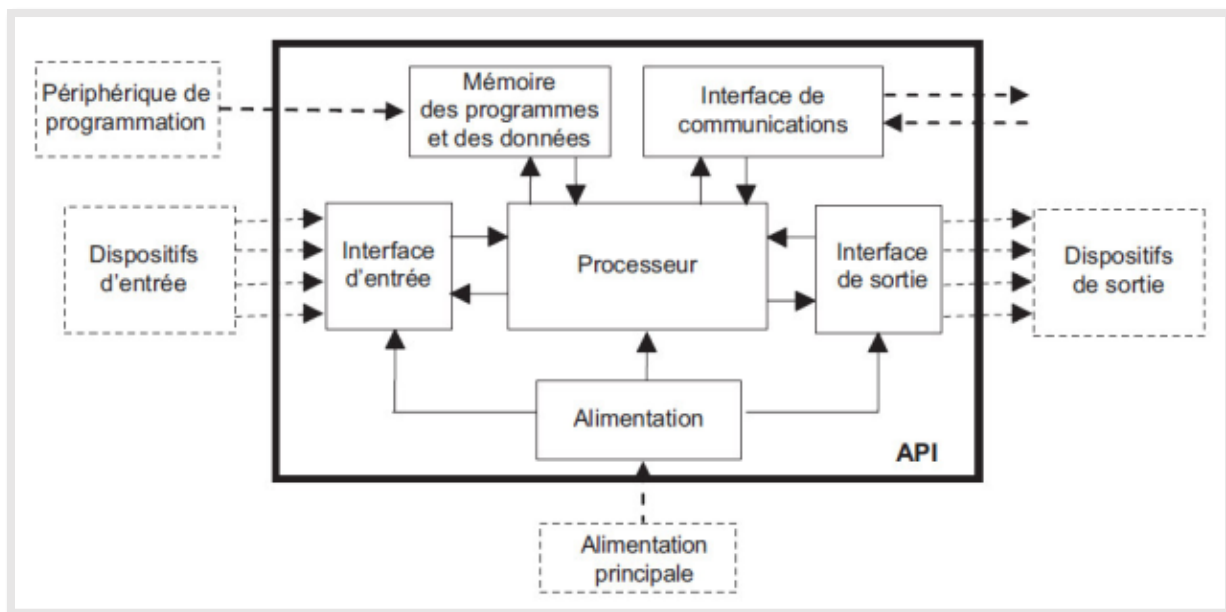


Figure IV.3 : Structure d'un API

- **Le processeur ou unité centrale de traitement** : contient le microprocesseur. Le CPU interprète le signal d'entrée et basé sur un programme stocké en mémoire qui communique une décision à une sortie sous la forme Signal d'action.
- **L'unité d'alimentation** : est essentiel car il convertit la tension alternative en Basse tension CC (5 V) nécessaire au processeur et aux modules d'entrées-sorties.
- **Le périphérique de programmation** : est utilisé pour entrer le programme dans la mémoire du processeur. Ce programme est développé sur le périphérique, puis transféré dans la mémoire de l'API.
- **La mémoire** : contient le programme qui définit les actions de commande effectuées par le microprocesseur. Elle contient également les données qui proviennent des entrées en vue de leur traitement, ainsi que celles des sorties.
- **Les interfaces d'entrées-sorties** : permettent au processeur de recevoir et d'envoyer des informations aux dispositifs extérieurs. Les entrées peuvent être des interrupteurs, comme dans le cas de la perceuse automatique, ou d'autres capteurs, comme des débitmètres thermodynamiques, etc. Les sorties peuvent être, des électrovannes des bobines de moteur, etc.

- **L'interface de communication** : est utilisée pour recevoir et transmettre des données sur des réseaux de communication qui relient l'API à d'autres API distants. Cela implique des opérations telles que l'authentification des appareils, l'acquisition de données, la synchronisation entre les applications et la gestion des connexions.

#### **IV.3.4 Programmation des API :**

Les programmes utilisés avec les API peuvent être écrits dans différents formats. Pour que les ingénieurs ayant peu de connaissances en programmation puissent élaborer des programmes pour les API, le langage à contacts a été conçu. La plupart des fabricants d'automates ont adopté cette méthode d'écriture des programmes. Toutefois, puisque chacun a eu tendance à développer ses propres versions, une norme internationale a été établie pour le langage à contacts et, par voie de conséquence, pour toutes les méthodes de programmation employées avec les API. [3]

#### **IV.4 Matériels de l'automatisme utilisé :**

Dans cette partie en vous présente le matériel de l'automatisme utilisé pour la commande :

##### **– Simatic S7-400 :**

Le S7-400 est une plateforme d'automatisation pour des solutions système dans l'industrie manufacturière et le génie des procédés, qui se distingue avant tout par sa modularité et ses réserves de puissance.[5]

C'est le plus puissant API de la gamme des contrôleurs SIMATIC. Il permet de réaliser des solutions d'automatisation performantes



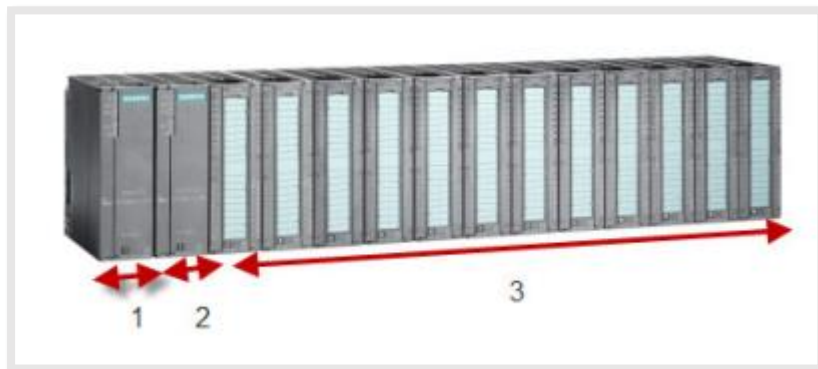
**Figure IV.4 :** Automate Programmable Industriel (API) S7- 400

– **ET200M :**

Le système de périphérie décentralisé ET-200M (**Figure IV.5**) est de conception modulaire, et peut être configurée avec 12 modules de périphérie : des modules 'entrées/sorties' (ex. 64 entrées TOR) ou des modules de fonction ou encore des processeurs de communication S7-400[6].

L'ET 200M peut communiquer avec :

- Tous les maîtres DP se comportant selon la norme CEI 61784-1 :2002 Ed1 CP 3/1
- Tous les IO Controller se comportant selon la norme CEI 61158. [17]



**Figure IV.5 :** Configuration de la station périphérique décentralisée ET 200M

1. Module d'alimentation PS 307.
2. Module d'interface IM153-X.

3. Jusqu'à 12 modules de périphérie (SM/FM/CP).

## IV.5 Normes de communication :

Différents réseaux sont disponibles pour répondre aux besoins de la communication industrielle, classés ci-dessous selon leur niveau de performance croissant :

### IV.5.1 MPI (Multipoint Interface) :

Le réseau MPI (Multi Point Interface) 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.

Celle-ci a été conçue comme interface de programmation, elle atteint rapidement ces limites lorsque les exigences de la communication sont sévères.

### IV.5.2 Profibus :

Le réseau PROFIBUS (Process Field Bus) est le nom d'un type de bus de terrain propriétaire et de son protocole, inter-automates et de supervisions. Il est devenu peu à peu une norme de communication dans le monde de l'industrie ces dix dernières années, mais son usage tend à disparaître au profit d'autre bus de terrain ou de réseaux.

Un bus de terrain est un système d'interconnexion d'appareils de mesure, capteurs, actionneurs, etc.

On trouve souvent, la notion de classement suivant :

- 1- Niveau capteur : Tous ce qui est capteurs/actionneurs.
- 2- Niveau contrôle commande : Automates.
- 3- Niveau supervision

### IV.5.3 Industriel Ethernet :

Réfère à l'utilisation des protocoles Ethernet standards avec ses connecteurs robustes et les commutateurs de température étendue dans un environnement industriel pour l'automatisation ou le contrôle de processus. Les composants utilisés dans les zones de traitement de l'usine doivent être conçus pour fonctionner dans des environnements

difficiles, d'extrêmes températures, d'humidité et des vibrations dépassent les plages limite des équipements de technologie de l'information destinés à être utilisés dans des environnements contrôlés.

## **IV.6 Présentation du progiciel SIMATIC PCS7 :**

### **IV.6.1 Introduction au SIMATIC Manager :**

SIMATIC Manager c'est l'application centrale et le portail d'accès à toutes les autres applications qu'on a utilisé pour créer un projet ou multi projet PCS 7. Nous allons créer l'ensemble de notre projet à partir de SIMATIC Manager [7].

### **IV.6.2 Définition de PCS7 :**

PCS 7 est un système de conduite de processus grâce à de nombreuses fonctions automatiques. On peut créer facilement un projet. Il vous familiarise par certaines fonctions et vous offre de nombreuses possibilités pour créer des solutions individuelles et spécifiques au projet, adapté à vos besoins [7].

### **IV.6.3 Architecture du système SIMATIC PCS 7**

L'architecture du système SIMATIC PCS 7 est conçue de telles sortes que le contrôle-commande soit configuré de manière optimale, en adéquation avec les dimensions de l'installation.[5]

Par la suite, il est possible à tout moment, en augmentant les capacités ou par le biais de modifications technologiques, de développer ou de reconfigurer le contrôle commande SIMATIC PCS 7. [8]



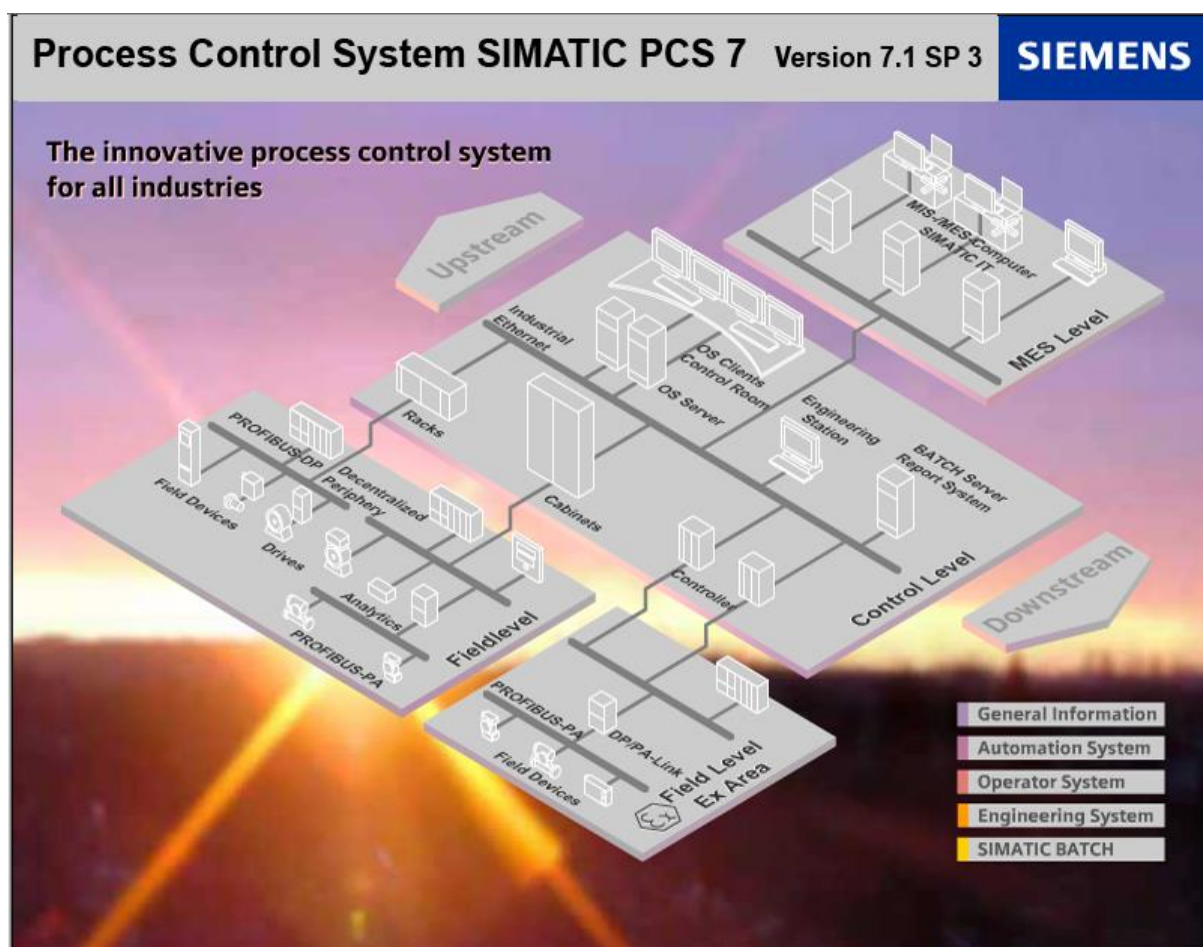


Figure IV .6 : Architecture du SIMATIC PCS7

#### IV.6.4 Le pack CEMAT :

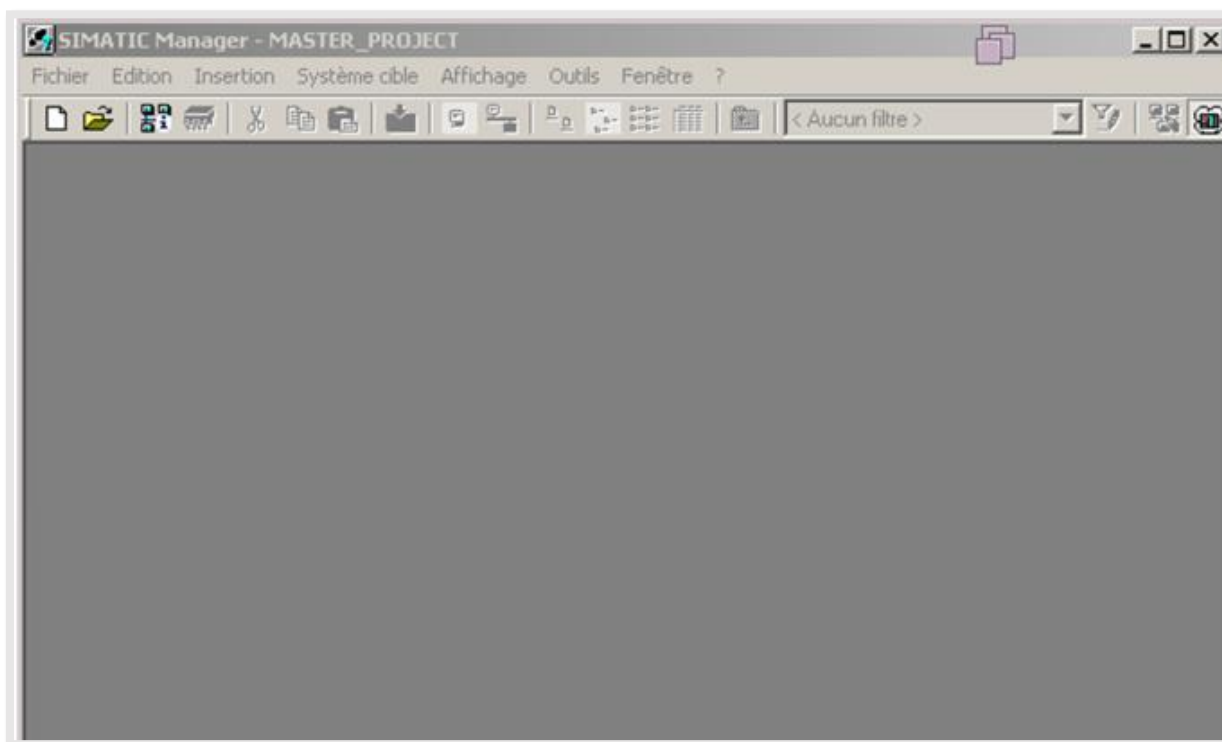
Le pack CEMAT fait de SIMATIC PCS7 un système de contrôle de procédé capable de répondre à l'ensemble des exigences de l'industrie du ciment. [9]

Il permet un échange rapide de données au sein de l'installation, et même à travers les réseaux d'entreprises. Son intégration au PCS7, a apporté de nombreuses améliorations, par exemple la création de la bibliothèque "ILS\_CEM" qui contient tous les blocs qui sont nécessaires pour créer un programme pour la commande d'une industrie du ciment.

#### IV.6.5 SIMATIC Manager :

SIMATIC Manager constitue l'application centrale, en quelque sorte le "cœur" du PCS 7. A partir de là, nous allons ouvrir toutes les autres applications dans lesquelles nous devons effectuer des paramétrages pour le projet PCS 7. SIMATIC Manager et toutes les autres applications sont "reliées" entre elles, nous pouvons voir tous les blocs que nous avons

insérés dans un diagramme CFC (Continuous Function Chart) depuis l'éditeur CFC. Un autre avantage important de cette liaison est la mise en évidence lors de la configuration de la station opératrice, nous pouvons facilement accéder à toutes les données que nous avons créées dans SIMATIC Manager et dans les applications correspondantes, lors de la configuration de l'OS (station opératrice), nous pouvons visualiser rapidement et facilement un point de mesure dans un diagramme CFC.[10]



**Figure IV.7 :** Présentation de SIMATIC Manager

#### **IV.6.6 Multi projet**

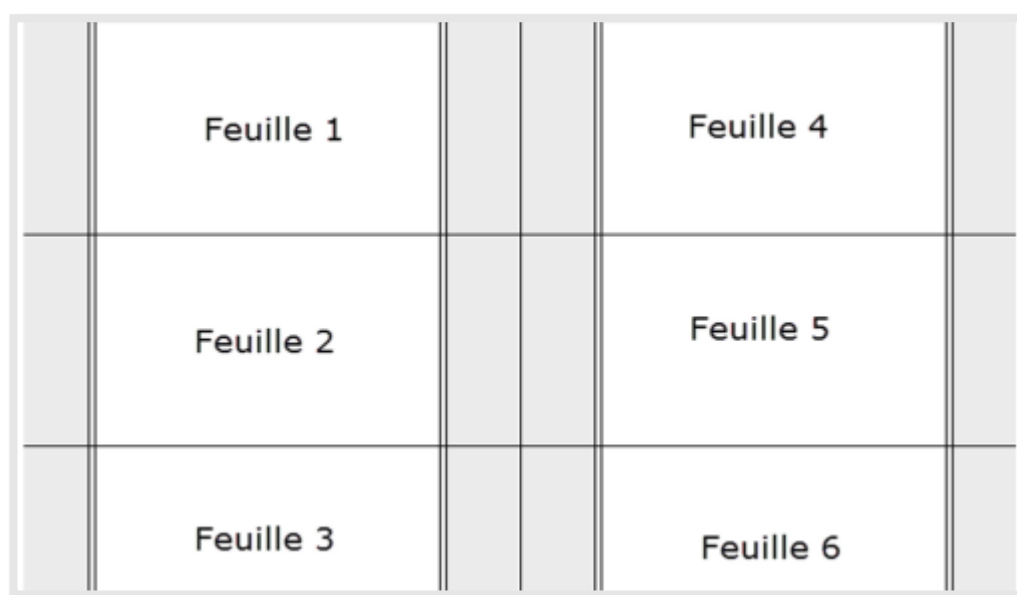
Un Multi projet désigne le dossier destiné à tous les projets et bibliothèques d'une solution d'automatisation, contenant un ou plusieurs projets STEP 7 et des bibliothèques.

#### **IV.6.7 Définition diagramme CFC**

CFC (Continuous Function Chart) est un éditeur graphique basé sur le progiciel STEP 7. Il permet d'élaborer une architecture logicielle globale pour une CPU à partir de blocs préprogrammés. Pour ce faire, les blocs sont insérés dans des diagrammes fonctionnels et interconnectés. Connecter alors, signifie transmettre des valeurs d'une sortie de bloc vers une ou plusieurs entrées de bloc, par exemple pour permettre la communication entre ces

blocs. [11]

Vous pouvez créer des diagrammes dans SIMATIC Manager ou directement dans l'éditeur CFC. Chaque diagramme peut comporter jusqu'à 26 partitions. Un diagramme nouvellement créé se compose d'une seule partition. Chaque partition de diagramme comporte 6 feuilles disposées dans l'éditeur CFC en deux colonnes de trois feuilles. Une feuille se compose d'une surface de travail centrale et de marges contenant les renvois à d'autres feuilles et diagrammes. Vous positionnez sur cette surface de travail des blocs ou d'autres diagrammes et les interconnectez. Toutes les tâches que nous réalisons dans l'éditeur CFC sont automatiquement enregistrées. [8]



FigureIV.8 : Vue d'ensemble d'un diagramme CFC

#### IV.6.8 Description des blocs utilisés dans le programme :

– **Le bloc groupe «C-GROUP » :**

Le bloc «C-GROUP » super ordonné pour le démarrage et l'arrêt et pour le contrôle des parties de l'installation technologique groupées (en reliant tout le bloc qui représente ces équipements). Le module de groupe permet de visualiser les conditions de fonctionnement d'une partie de l'installation, s'affiche sur l'écran l'état de groupe et un diagnostic de défaut détaillé. [18]

– **Le bloc moteur : «C\_DRV\_1D » :**

Le bloc «C\_DRV\_1D » est utilisé pour commander tous les moteurs unidirectionnels dans une cimenterie. [9]

– **Le bloc : «C\_ANNUNC » :**

Avec le bloc «C\_ANNUNC » on affiche un signal de processus binaire. Le signal d'entrée est comparé avec le signal d'OK, en cas de défaut un message d'avertissement est donné. [9]

– **Le bloc : «C\_MEASUR » :**

Le bloc «C\_MEASUR » est utilisé pour lire une valeur physique (format REEL) ou pour lire la valeur analogique fournie directement du module d'entrée analogique. [9]

– **Le bloc «C\_DAMPER » :**Le bloc «C\_DAMPER » est utilisé pour commander et contrôler les vannes, incluant une surveillance des fins de course de la direction correspondante. [9]

– **Le bloc « CTRL\_PID » :**

Le bloc «C\_PID3» appelle dans le contrôleur standard FB61 CTRL\_PID. Le bloc amélioré. Il peut gérer plusieurs jeux de 3 paramètres de contrôleur pour (GAIN, TI, TD). Avec 3 entrées binaires, on peut activer un ensemble de paramètres de contrôleur. [9]

– **Le bloc « C\_VALVE » :**

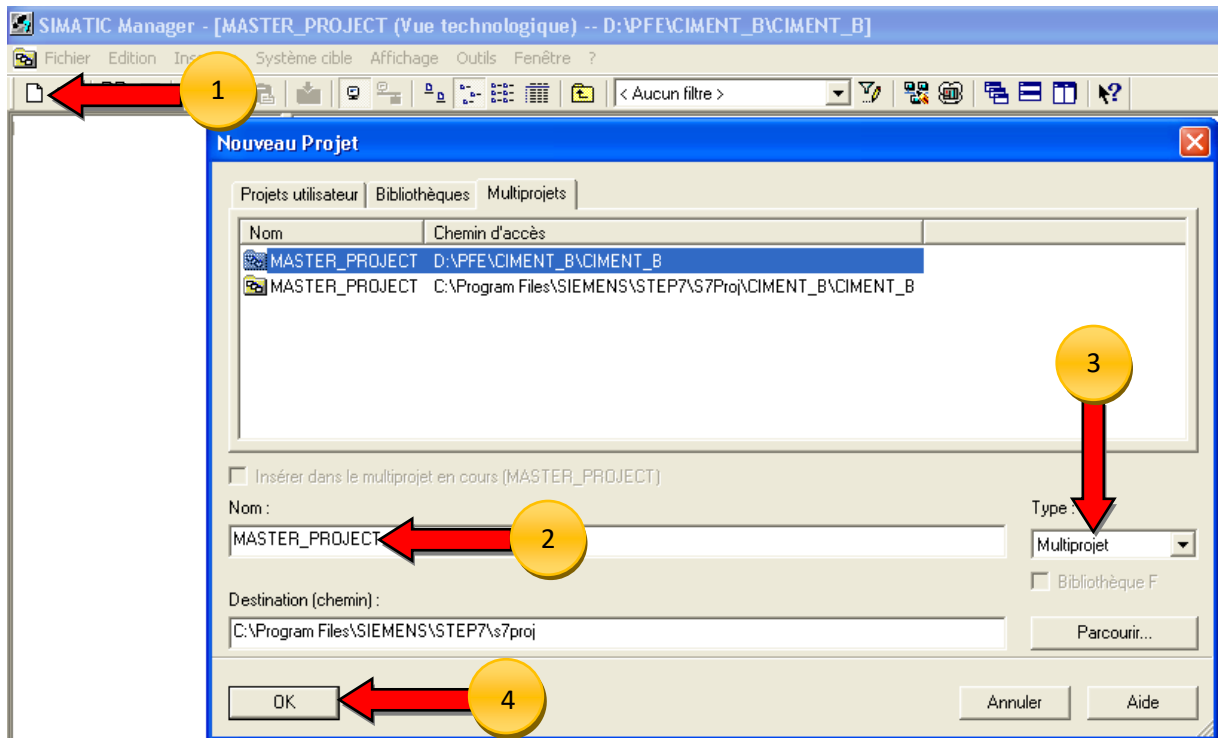
Le bloc «C\_VALVE » est utilisé pour commander et contrôler les vannes tout ou rien, incluant une surveillance des fins de course de la direction correspondante.

## IV.7 Création projet alimentation four :

### IV.7.1 Création d'un Multi projet :

Dans cette partie, nous allons vous expliquer comment on a développé en détails notre projet :

Premièrement, on commence par la création d'un multi projet sur SIMATIC MANAGER ; on doit le démarrer à partir de la barre d'outils Windows avec la commande du menu Démarrer SIMATIC « SIMATIC Manager ». Après l'ouverture du logiciel, on doit créer un nouveau multi projet et donner un nom pour le fichier.



**Figure IV.9 :** Création d'un Multi projet

Une fois les projets sont créés et nommés, nous devons créer une station AS (Station Automate), et un OS (station opérateur) et ENG (station ingénieur) selon la configuration du matériel de l'usine : SIMATIC 400 pour l'AS, et SIMATIC PC pour l'OS et l'ENG.

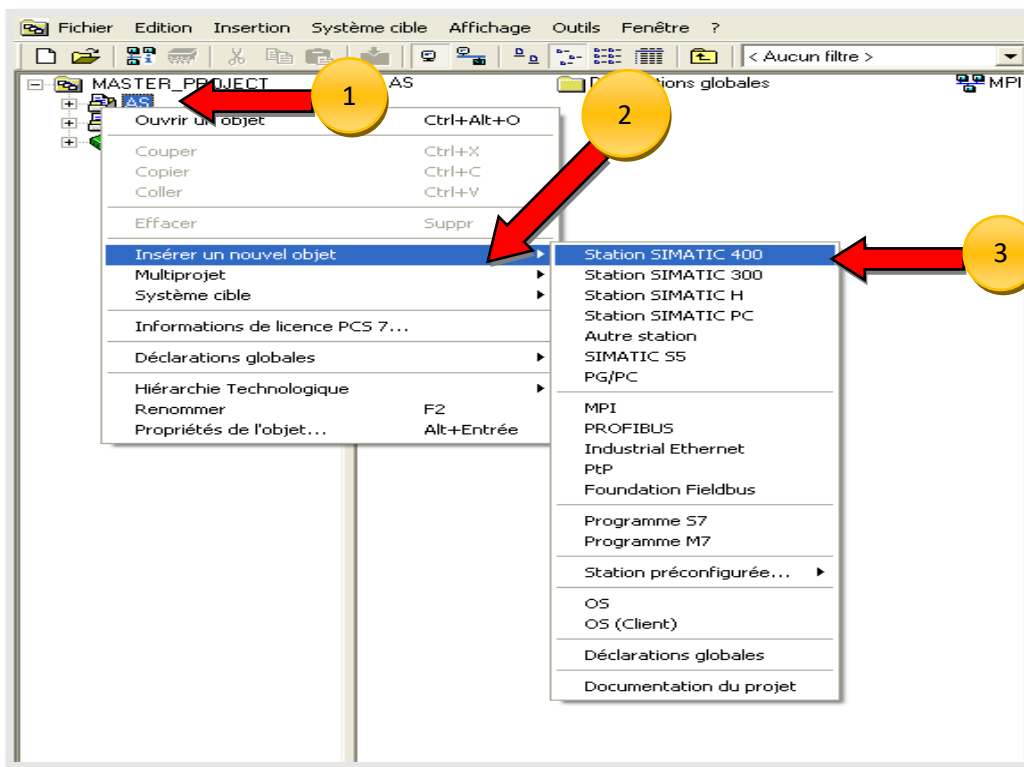
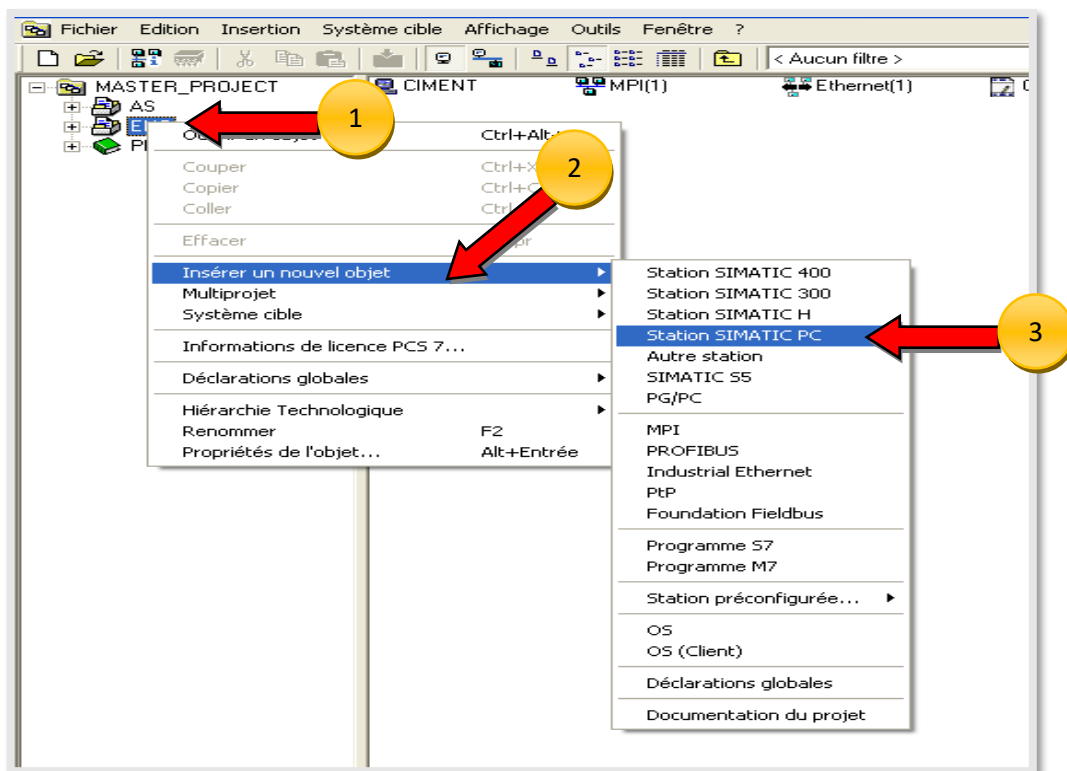


Figure IV.10 : L'insertion de la station SIMATIC 400 dans le projet AS.



**Figure IV.11:** L'insertion de la station SIMATIC PC dans le projet OS.

## IV.7.2 La configuration dans la station AS :

Dans la vue de composant au niveau de la station AS, ouvrir la configuration matérielle (HWCONFIG) d'AS qui est vide, et la configurer comme suit :

1. Le premier matériel que nous allons représenter, est le RACK(UR2) de S7-400, qui contient 9 emplacements. A partir de Fenêtre "Catalogue du matériel" sur SIMATIC 400 > RACK-400 > UR2.
2. Le deuxième matériel que nous allons représenter est l'alimentation PS407 10A, on le place à la première position du rack à partir de "Catalogue du matériel" sur (SIMATIC-400>PS-400>Standard PS-400> PS 407 10A).
3. Le troisième matériel à configurer est la CPU 416-3 DP, dans la troisième position du rack,on le met à partir du "Catalogue du matériel" sur (SIMATIC-400>CPU-400>CPU 416-3 DP>6ES7 416-3XR05-0AB0 > V5.3).
4. Le quatrième matériel à configurer est le module de communication Ethernet Cp 443-1, on sélectionne la cinquième position du rack à partir de "Catalogue du matériel" sur

(SIMATIC-400>CP-400> Industriel Ethernet >CP 443-1> 6GK 443-1EX20- 0XE0>double clic sur V2.0).

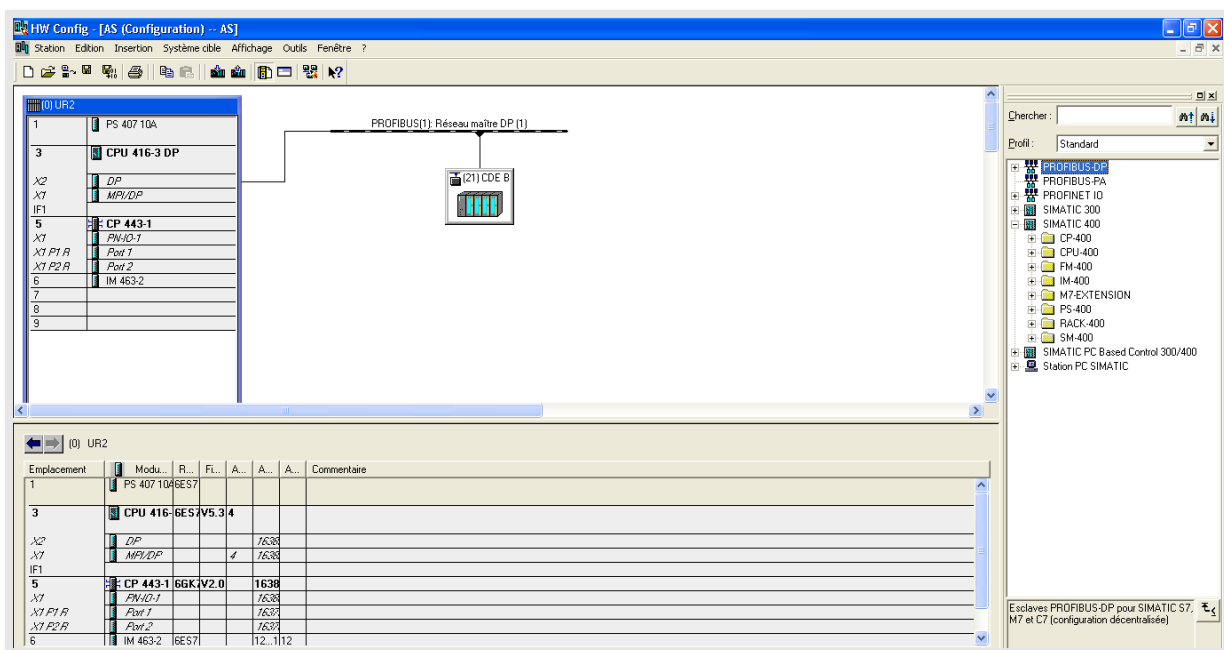


Figure IV.12 : Configuration matérielle de la station AS

### IV.7.3 La configuration dans la station OS

Dans la vue de composants au niveau de l'OS (station opératrice), on insère une nouvelle station SIMATIC PC, et on la configure sur (station SIMATIC PC > configuration) de manière suivante :

Sélectionner le rack, puis choisir à partir de "Catalogue du matériel" sur PC SIMATIC > IHM > WINCC Application.

Le 2ème matériel à ajouter et à configurer est le Cp 443-1, pour la communication via le protocole industriel Ethernet de la manière suivante :

Sélectionner la position (2) du rack puis choisir à partir de "Catalogue du matériel" : station PC SIMATIC > CP-industriel Ethernet > Générale IE > SW V6.2 SP1 ensuite choisir le réseau et confirmer par OK. Enfin, on doit vérifier la cohérence et compiler puis enregistrer et fermer la configuration.



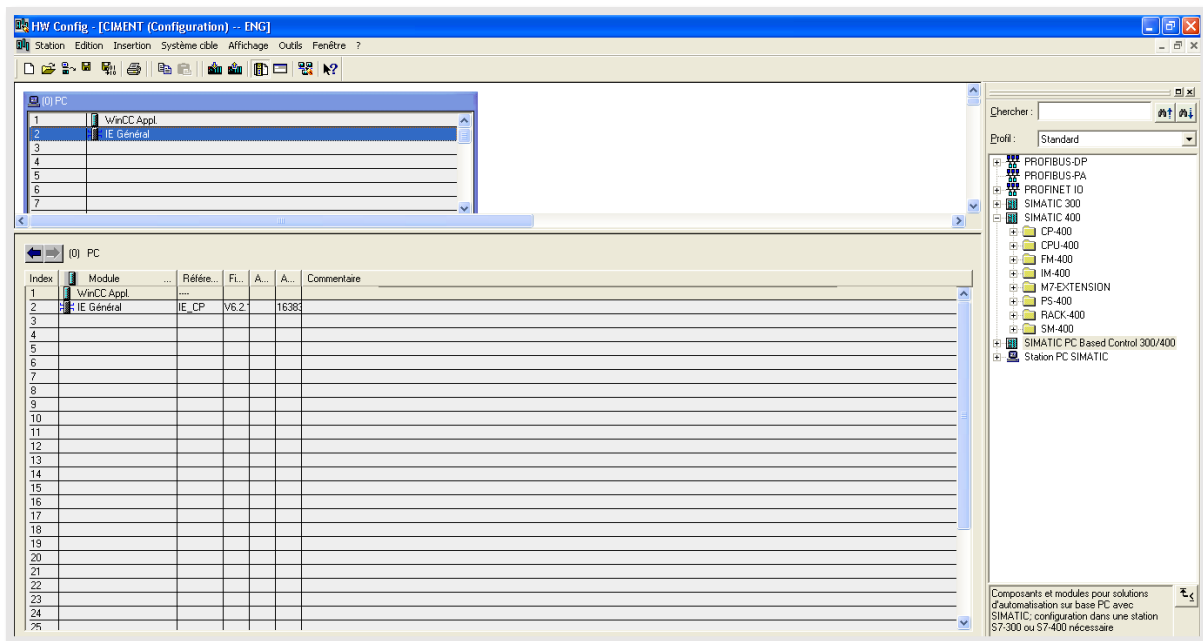


Figure IV.13 : La configuration matérielle de la station OS.

#### IV.7.4 La configuration dans la station ENG

La configuration matérielle de la station ENG est exactement la même que la configuration de station OS.

#### IV.7.5 Paramétrage de réseau

Sur le projet AS on sélectionne "la configuration de réseau"

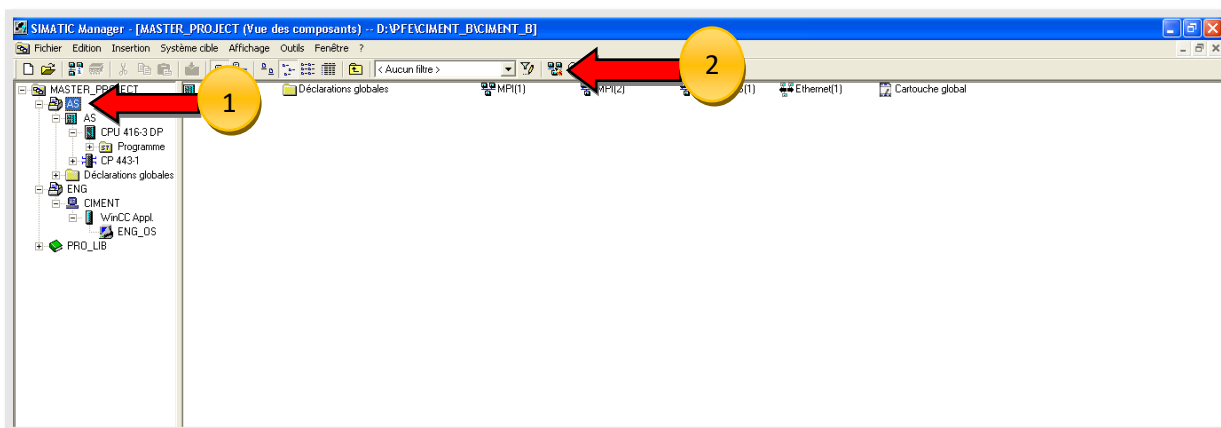


Figure IV.14 : L'icône de configuration réseau.

Puis on relie le module de communication de chaque station avec le réseau, la même procédure se fait avec les autres stations

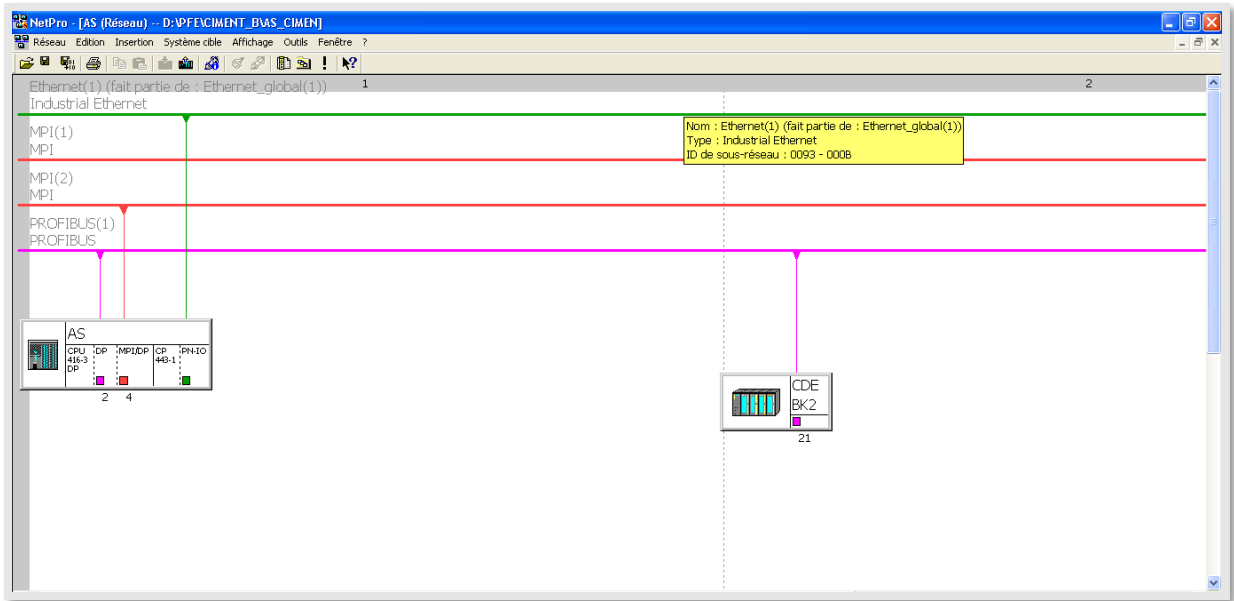


Figure IV.15 : Configuration réseau

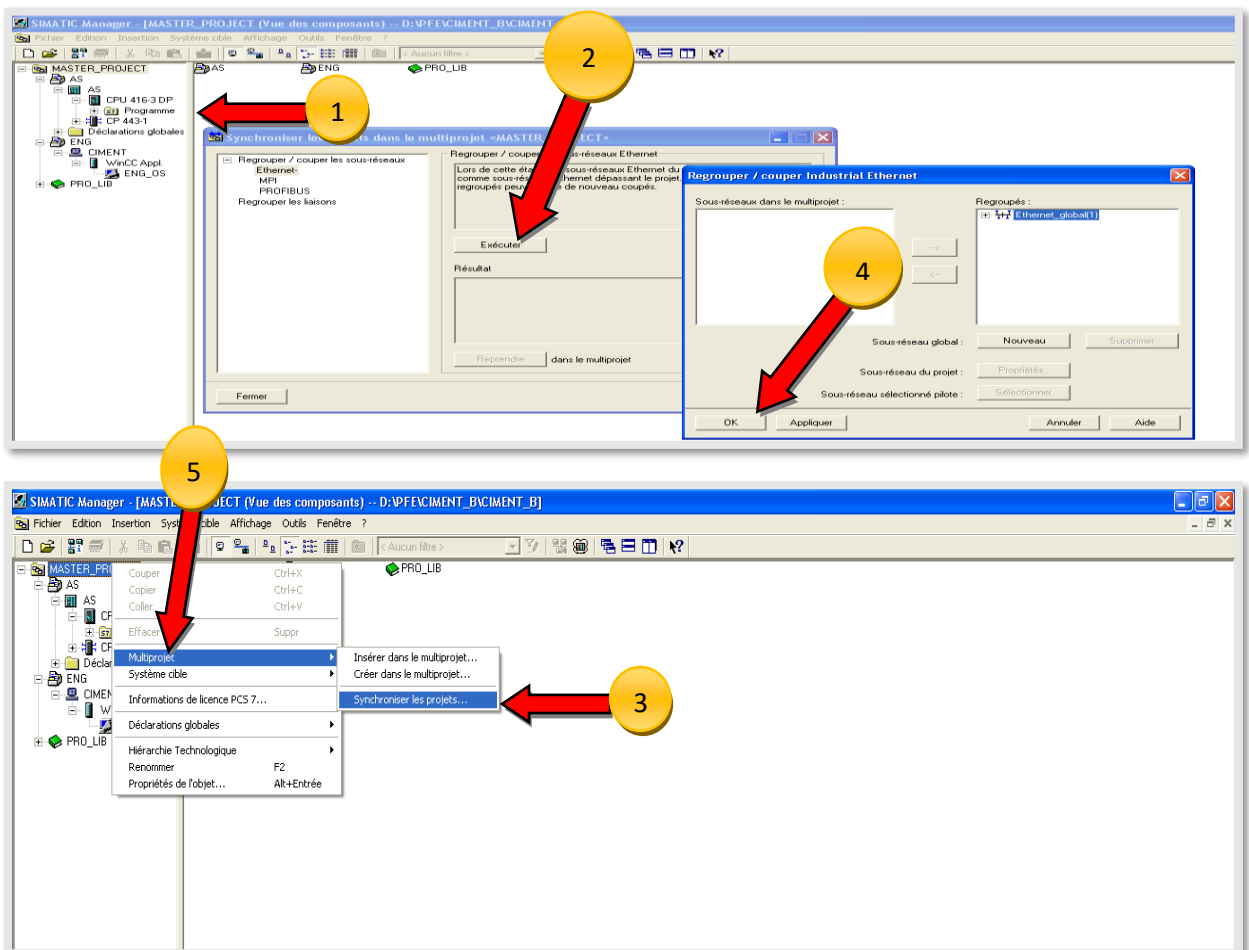


Figure IV.16 : Synchronisation des projets

### IV.7.6 Mise au point de la programmation pour le contrôle et la supervision de l'alimentation de four :

Le développement du programme se fait principalement dans la vue technologique du SIMATIC MANAGER. En effet, après avoir configuré le matériel à utiliser et déclaré toutes les variables dans la table mnémorique, qui doit être utilisé partout dans l'application, on passe au développement du programme que nous avons jugé utile de présenter, pas à pas. On insère un dossier hiérarchique AS (nom du dossier : CIMENT)

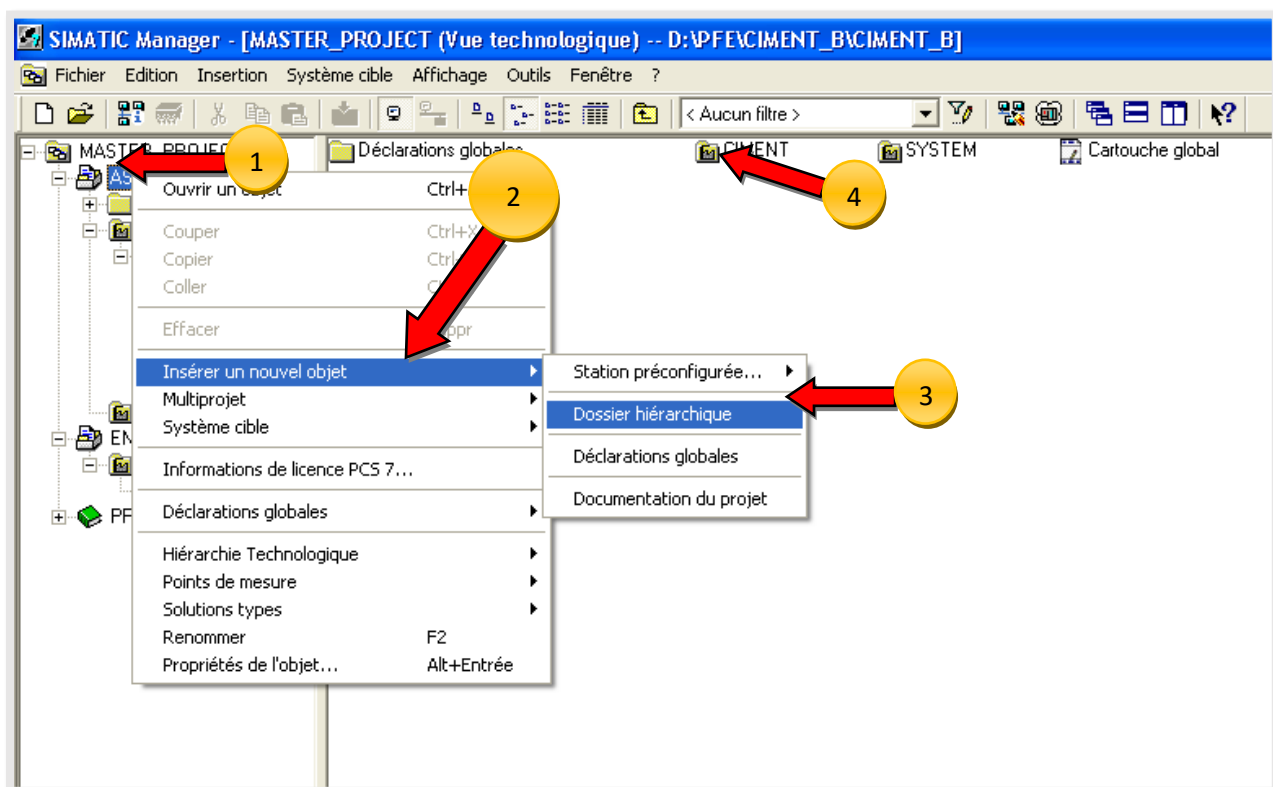


Figure IV.17 : Création d'un dossier hiérarchique

Dans lequel on crée des dossiers hiérarchiques selon le nombre des groupes du matériel de l'alimentation de la trémie de four

### IV.7.7 Contenu des dossiers hiérarchiques CIMENT

Le dossier hiérarchique représente La séquence d'alimentation de four.

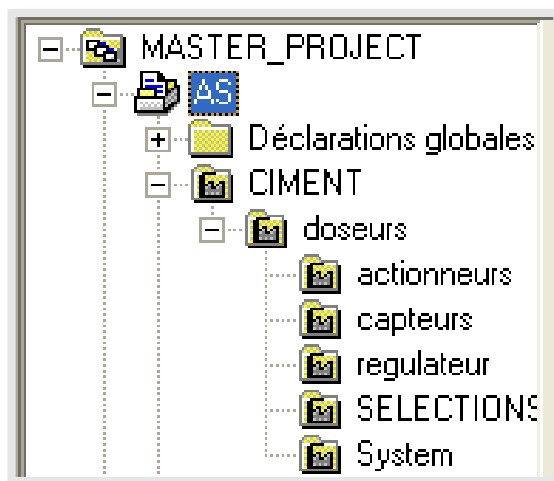


Figure IV.18 : Contenu du dossier hiérarchique

### IV.7.8 Editeur de mnémoniques :

Editeur de mnémoniques - [Programme (Mnémoniques) -- ASVASCPU 416-3 DP]					
Table Edition Insertion Affichage Outils Fenêtre ?					
Tous les mnémoniques					
	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		312AB27MT10	E 0.6	BOOL	DISPONIBILITE DE SUP1
2		312AB27MT11	E 0.7	BOOL	DEFAULT THERMIQUE DE SUP1
3		312AB27MT12	E 1.0	BOOL	RETOURE MARCHÉ DE SUP1
4		312AB27MT13	A 0.2	BOOL	MARCHÉ DE SUP1
5		312AB27MT20	E 1.1	BOOL	DISPONIBILITE DE SUP2
6		312AB27MT21	E 1.2	BOOL	DEFAULT THERMIQUE DE SUP2
7		312AB27MT22	E 1.3	BOOL	RETOURE MARCHÉ DE SUP2
8		312AB27MT23	A 0.3	BOOL	MARCHÉ DE SUP2
9		312AB27MT30	E 1.4	BOOL	DISPONIBILITE DE SUP2
10		312AB27MT31	E 1.5	BOOL	DEFAULT THERMIQUE DE SUP3
11		312AB27MT32	E 1.6	BOOL	RETOURE MARCHÉ DE SUP3
12		312AB27MT33	A 0.4	BOOL	MARCHÉ DE SUP3
13		312AB27VN10	E 1.7	BOOL	FIN DE COURSE DE OUVERTURE DE VANNE SUP1
14		312AB27VN11	E 2.0	BOOL	FIN DE COURSE DE FERMITURE DE VANNE SUP1
15		312AB27VN12	A 0.5	BOOL	ORDRE DE MARCHÉ DE VANNE SUP1
16		312AB27VN20	E 2.1	BOOL	FIN DE COURSE DE OUVERTURE DE VANNE SUP2
17		312AB27VN21	E 2.2	BOOL	FIN DE COURSE DE FERMITURE DE VANNE SUP2
18		312AB27VN22	A 0.6	BOOL	ORDRE DE MARCHÉ DE VANNE SUP2
19		312AB27VN30	E 2.3	BOOL	FIN DE COURSE DE OUVERTURE DE VANNE SUP3
20		312AB27VN31	E 2.4	BOOL	FIN DE COURSE DE FERMITURE DE VANNE SUP3
21		312AB27VN32	A 0.7	BOOL	ORDRE DE MARCHÉ DE VANNE SUP3
22		312AS19VN10	E 2.5	BOOL	FIN DE COURSE DE OUVERTURE DE VANNE EXTRACTION VN19
23		312AS19VN11	E 2.6	BOOL	FIN DE COURSE DE FERMITURE DE VANNE EXTRACTION VN19
24		312AS19VN12	A 1.0	BOOL	ORDRE DE MARCHÉ DE VANNE EXTRACTION VN19
25		312AS23VN10	E 2.7	BOOL	FIN DE COURSE DE OUVERTURE DE VANNE EXTRACTION VN23
26		312AS23VN11	E 3.0	BOOL	FIN DE COURSE DE FERMITURE DE VANNE EXTRACTION VN23
27		312AS23VN12	A 1.1	BOOL	ORDRE DE MARCHÉ DE VANNE EXTRACTION VN23
28		312SZ37MT10	E 0.0	BOOL	DISPONIBILITE DE POMPE F M501
29		312SZ37MT11	E 0.1	BOOL	DEFAULT THERMIQUE DE POMPE F M501
30		312SZ37MT12	E 0.2	BOOL	RETOURE MARCHÉ DE POMPE F M501
31		312SZ37MT13	A 0.0	BOOL	MARCHÉ DE POMPE F M501
32		312SZ47MT10	E 0.3	BOOL	DISPONIBILITE DE POMPE F M507
33		312SZ47MT11	E 0.4	BOOL	DEFAULT THERMIQUE DE POMPE F M507
34		312SZ47MT12	E 0.5	BOOL	RETOURE MARCHÉ DE POMPE F M507
35		312SZ47MT13	A 0.1	BOOL	MARCHÉ DE POMPE F M507

Figure IV.19 : Table mnémonique

## IV.8 Programmation en PCS 7 :

### IV.8.1 Déclaration de bloc CFC :

Après la création du dossier, on passe à l'insertion des objets CFC Comme on le consiste chaque dossier hiérarchique des séquences contient les diagrammes CFC du moteur et des vannes, ainsi que le CFC du groupe de cet équipement.

On crée le CFC de Groupe « Alimentation de four » sous le nom « SYSPL00 »

#### ❖ Listes des Consommateurs d'atelier « Alimentation four » :

Le TAG	LE NOM
312DA39MT10	Volet deux voie préchauffeur vers Tour 2
312DA49MT10	Volet deux voie préchauffeur vers Tour 1
312SZ37MT10	Pompe Farine M501
312SZ47MT10	Pompe Farine M507
312AB27VN10	Vanne d'air sortie surpresseur 1
312AB27MT10	Surpresseur 1
312AB27VN20	Vanne d'air sortie surpresseur 2
312AB27MT20	Surpresseur 2
312AB27VN30	Vanne d'air sortie surpresseur 3
312AB27MT30	Surpresseur 3
312AS19VN10	Vanne extraction AS19
312AS23VN10	Vanne extraction AS23

**Tableau IV.1** : les consommateurs de groupe « Alimentation de four »

## ❖ Liste des Capteurs d'atelier « Alimentation four » :

Le TAG	LE NOM
312AS19XZ11	Vanne AS19 Ouverte
312AS19XZ12	Vanne AS19 Fermer
312AS23XZ11	Vanne AS23 Ouverte
312AS23XZ12	Vanne AS23 Fermer
312AB27XZ11	Vanne surpresseur AB27MT10 Ouverte
312AB27XZ31	Vanne surpresseur AB27MT30 Ouverte
312AB27XZ21	Vanne surpresseur AB27MT20 Ouverte
312DA39XZ31	Volet deux voies vers T1
312DA39XZ32	Volet deux voies vers S2
312DA49XZ31	Volet deux voies vers T2
312DA49XZ32	Volet deux voies vers S2

Tableau IV.2 : les Capteurs de groupe « Alimentation de four »

## ❖ Liste des Mesures d'atelier « Alimentation four » :

Le TAG	LE NOM
312SZ37YJ11	Puissance pompe T1
312SZ47YJ11	Puissance pompe T2
312WF35YF11	Débit doseur T1

312WF45YF11	Débit doseur T2
312AS19YZ11	Position vanne doseuse T1
312AS23YZ11	Position vanne doseuse T2

**Tableau IV.3 :** les Mesures de groupe « Alimentation de four »

❖ **Liste des Sélections d'atelier « Alimentation four » :**

Le TAG	LE NOM
312S05L05	Surpresseur 3 secoure de Surpresseur 1
312S05L06	Surpresseur 3 secoure de Surpresseur 2
PID_NORD	Activation PID 3 paramètres NORD
PID_SUD	Activation PID 3 paramètres SUD
RECYCLAGE	Recycler la farine vers les silos

**Tableau IV.4 :** les Sélections de groupe « Alimentation de four »

## IV.8.2 Programmation des blocs CFC :

### IV.8.2.1 « C\_GROUP » :

On ouvre le bloc « **CFC** » du groupe de séquence « **Alimentation-Four** ».

On trouve six pages vierges à lesquelles on fait notre programme, et une fenêtre à gauche de bibliothèque.

Dans la bibliothèque « **CEMAT** », on cherche le bloc « **C\_GROUP** » et on l'insère dans l'une des pages.

– **Les entrées :**

**GEVG** : Conditions de démarrage de groupe.

**GBVG** : Conditions de marche.

**GAVG** : Conditions d'arrêt.

**GREZ** : Un « 1 » logique à l'interface GREZ indique que tous les équipements sont en marche.

**GRAZ** : Un « 1 » logique à l'interface GRAZ indique que tous les équipements sont à l'arrêt.

– **Les sorties :**

**GBE** : Envoie un signal de marche permanent qui permet de démarrer tous les équipements du groupe en mode automatique.

**GBA** : Envoie un signal d'arrêt permanent qui permet d'arrêter tous les équipements du groupe en mode automatique.

**GLO** : Le choix de mode locale active la sortie GLO, ce qui permet de démarrer chaque équipement localement.

**GES** : Le choix de mode individuel active la sortie GES, ce qui permet de démarrer chaque équipement individuellement.

**G\_LINK** : Connexion aux équipements commandés par le groupe.

#### **IV.8.2.2 « C\_DAMPER » :**

On ouvre le bloc « **CFC** » du groupe de séquence « **Alimentation-Four** ».

Dans la bibliothèque « **CEMAT** », on cherche le bloc « **C\_DAMPER** » et on l'insère dans l'une des pages.

#### **IV.8.2.3 « C\_DRV\_1D » :**

On ouvre le bloc « **CFC** » du groupe de séquence « **Alimentation-Four** ».

Dans la bibliothèque « **CEMAT** », on cherche le bloc « **C\_DRV\_1D** » et on l'insère dans l'une des pages.

– **Les entrées :**

**ERM** : Retour de marche.

**ESB** : Disponibilité électrique

**EVO** : Commutateur local



**ELOC** : Représente d'activation du mode local.

**EEIZ** : Représente d'activation du mode individuel.

**EBFE** : Reçoit l'ordre de marche en automatique.

**EBFA** : Reçoit l'ordre d'arrêt en automatique

**G\_LINK** : Connexion aux équipements commandés par le groupe

– **Les sorties :**

**EVS** : Retour de marche du moteur.

**EBE** : Commande-ON de contacteur sens 1

## IV.9 Optimisation d'un régulateur avec PCS 7 PID Tuner :

Il est possible d'optimiser un régulateur en utilisant l'outil de mise en service "PCS 7 PID-Tuner". Cet outil analyse les valeurs de contrôle du régulateur par le biais de mesures et en suggère alors son paramétrage optimal. Ces paramètres de réglage peuvent être appliqués immédiatement si on le souhaite.[12]

Il est possible d'optimiser les régulateurs des bibliothèques "PCS 7 Library" et "PCS 7 Advanced Process Library" depuis la version V7.1 ainsi que les régulateurs ayant des fonctions compatibles. Il est aussi possible de mesurer le temps de positionnement du moteur sur les régulateurs pas à pas. [12]

### IV.9.1 Les étapes d'optimisation PID sous PCS7 :

#### 1. Préparation du régulateur pour l'optimisation

Le régulateur doit être positionné en mode "Optimisation" avant de lancer l'optimisation. Réaliser ce paramétrage sur le bloc du régulateur dans le diagramme CFC ou sur la face avant OS du régulateur.

Le connecteur d'entrée "OptimEn" du bloc doit être sur "Enable". Ce connecteur est caché par défaut Sur la face avant OS activer l'option "PID optimization" sur la vue des "Paramètres"[12]

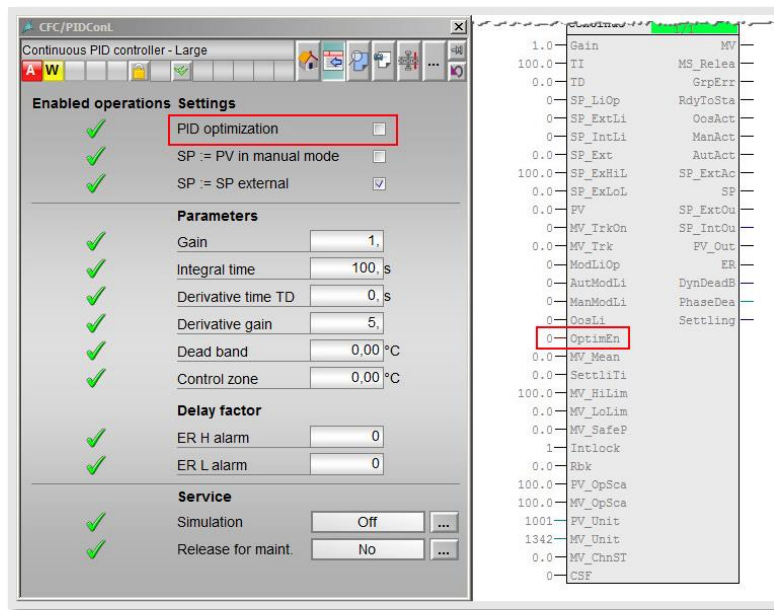


Figure IV.20: Préparation du régulateur pour l'optimisation

## 2. Lancement de PCS 7 PID Tuner

Sélectionner le bloc du régulateur et démarrer l'outil depuis le diagramme CFC avec la commande de menu "Edition > Optimisation régulateur PID... [18]

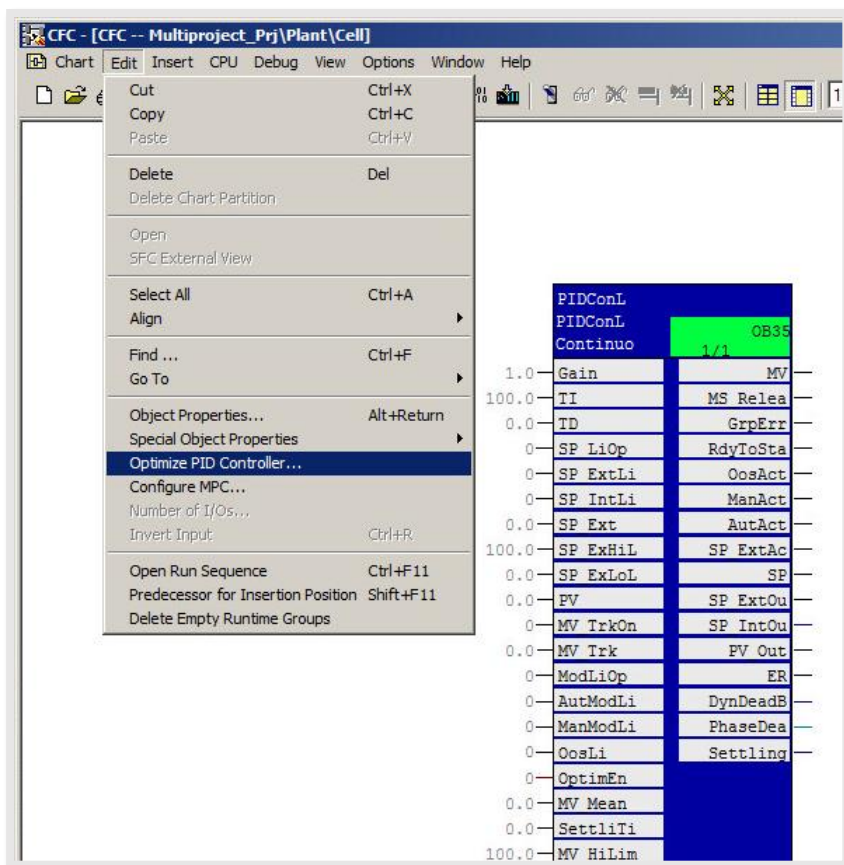


Figure IV.21: Lancement de PCS 7 PID Tuner

### 3. Paramétrage de l'enregistrement des courbes

Afin d'adapter l'affichage aux conditions du procédé, il faut arrêter l'enregistrement et cliquer sur le bouton "Paramétrage..." ("Settings...") [12]

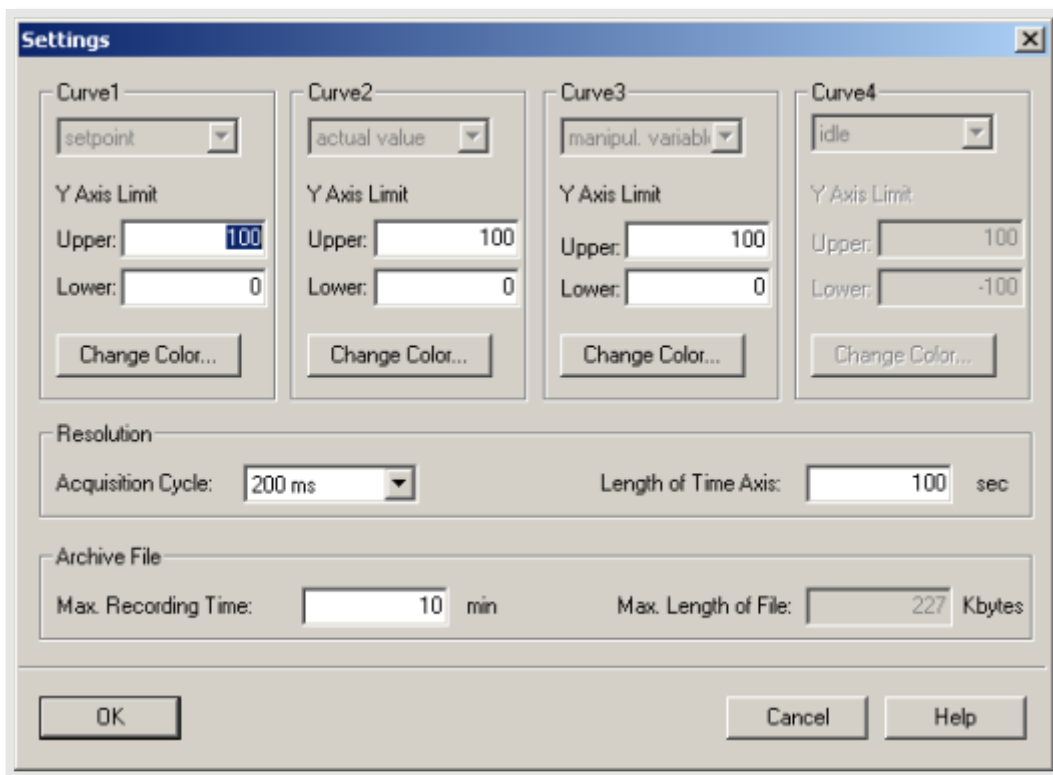


Figure IV.22: Paramétrage de l'enregistrement des courbes

#### 4. Lancement de l'optimisation du régulateur

Cliquer sur le bouton "Lancer l'optimisation du contrôleur" ("Start Controller Optimization »). [12]

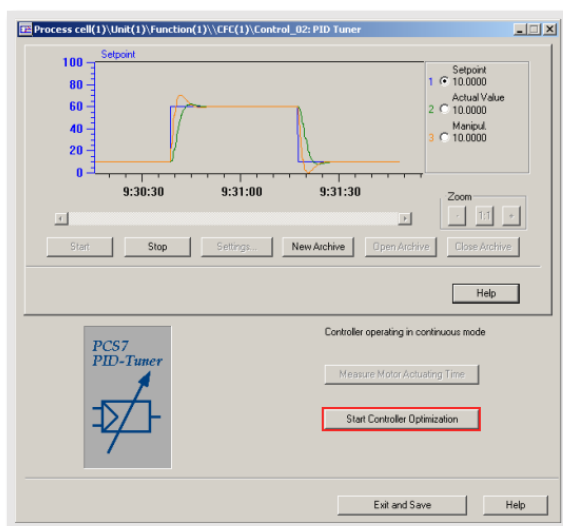
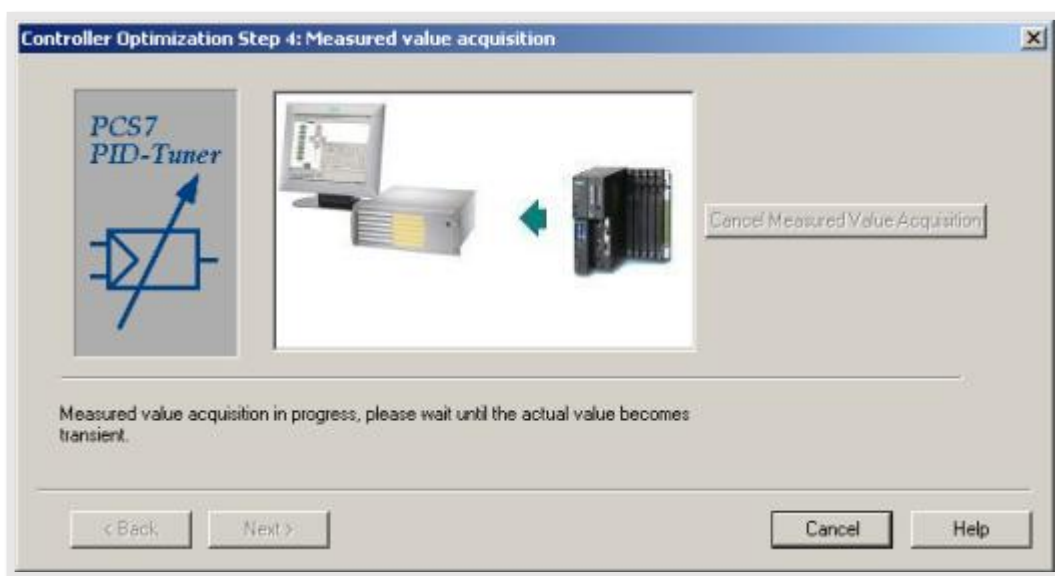


Figure IV.23: Lancement de l'optimisation du régulateur

## 5. Acquisition de la valeur mesurée

Les étapes 1 à 3 définissent les conditions pour l'acquisition de la valeur de mesure. Les valeurs de contrôles sont enregistrées dans l'étape 4. On peut alors les observer et les analyser sur la courbe d'enregistrement. On peut alors annuler la simulation du procédé[18]

- Sélection du comportement process (avec ou sans intégrale)
- Sélection du mode d'opération (manuel/automatique) et saisie de la valeur de départ de la simulation
- Saisie de l'échelon de simulation et de la nouvelle valeur de consigne
- Acquisition de la valeur mesurée
- Abandon de la simulation de procédé



**Figure IV.24:** Acquisition de la valeur mesurée

## 6. Comportement du régulateur et résultat

Le comportement du régulateur et son type sont sélectionnés dans les étapes Dans l'étape 3, le régulateur est simulé avec ses paramètres optimisés. Il est possible de tester cela avec différentes tailles d'échelons et différents paramètres de régulation. [12]

- Saisie du comportement du régulateur (avec perturbation optimisée / régulation maître optimisée)
- Résultat et sélection du type de régulateur (PID/PI/P)
- Simulation du régulateur avec les paramètres optimisés

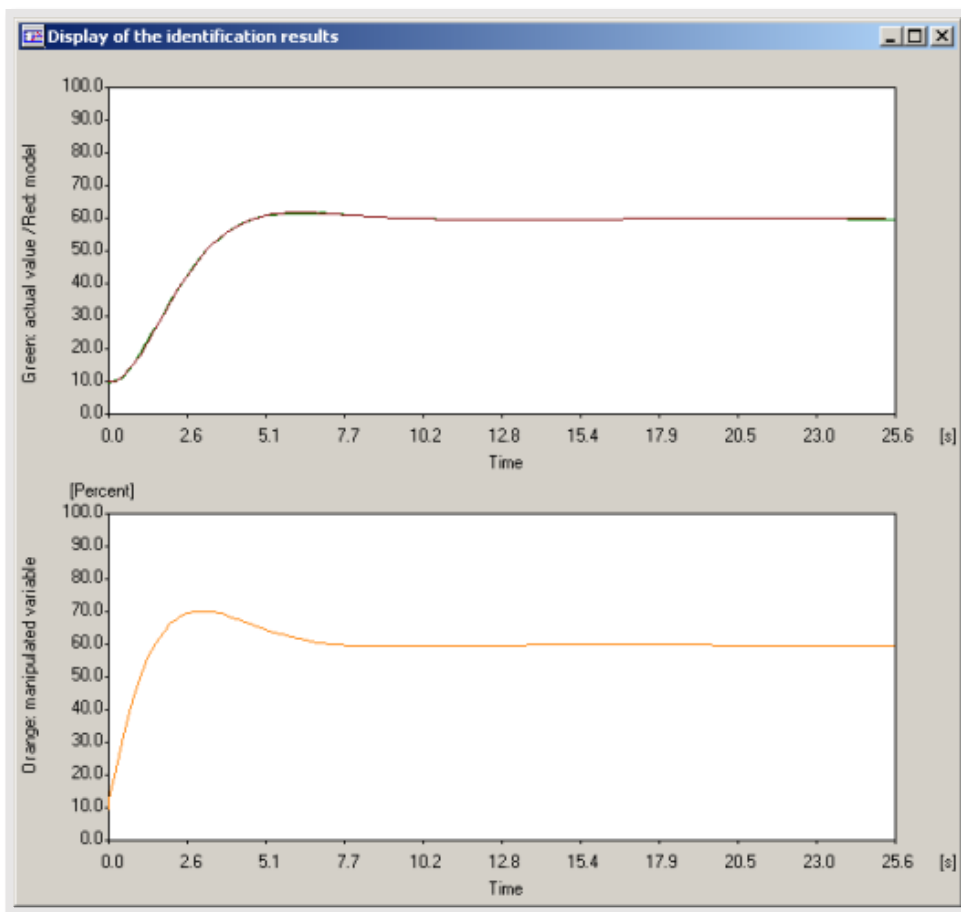


Figure IV.25: Comportement du régulateur et résultat

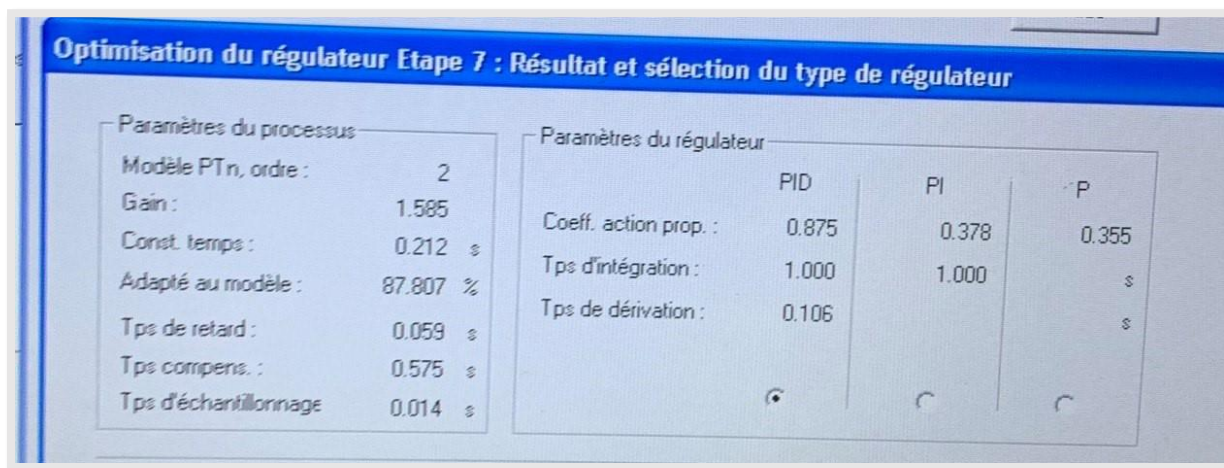


Figure IV.26: Résultat d'optimisation PID

## IV.10 Présentation de FUZZY CONTROL++

Fuzzy Control++ est un outil de configuration de Siemens pour la logique floue. Il propose

des solutions destinées aux régulations non linéaires ainsi qu'aux pronostics de comportement des processus mathématiques complexes utilisés dans l'automatisation des procédés, qui ne pourraient pas ou très difficilement être réalisés au moyen d'outils standard

Fuzzy-Control++ permet de développer et de configurer de manière efficace des systèmes flous destinés à l'automatisation de processus technologiques. Le savoir-faire et les connaissances empiriques des processus sont immédiatement transposables en commandes, régulations, identifications de modèles, logiques de décision.[13]

➤ **Domaine d'application**

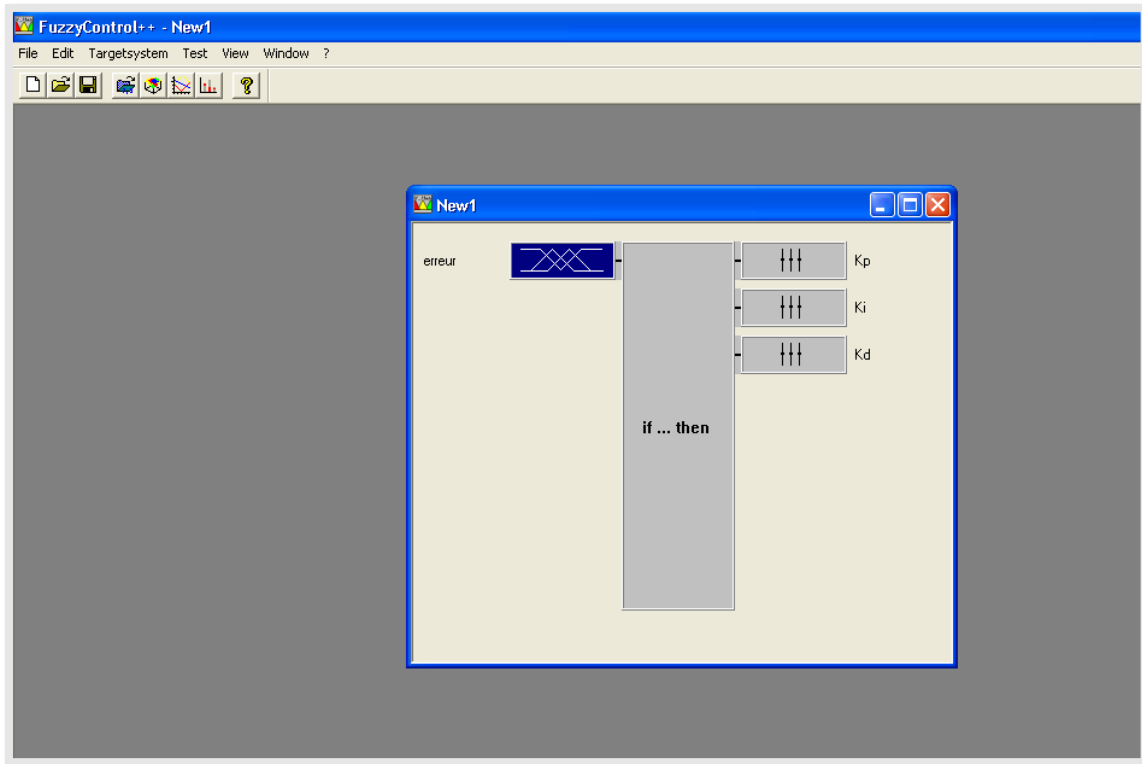
Domaines d'application typiques de la logique floue :

- Régulation et commande
- Adaptation des paramètres de régulateurs
- Compensation des perturbations et commande anticipatrice
- Identification de modèles, analyse de données du processus et diagnostic
- Automatisation d'interventions manuelles effectuées sur le processus par le conducteur de l'installation
- Conduite de processus avec coordination de commandes et de régulations en cascade
- Conduite de processus avec coordination de commandes et de régulations en cascade. [22]

➤ **Principe de fonctionnement**

L'outil de configuration Fuzzy-Control++ assiste l'utilisateur lors de la création d'un système en logique floue. Pour l'utilisation de cet outil, de simples connaissances de base de ce type de système sont suffisantes, car l'utilisateur ne doit réaliser aucun paramétrage mathématique, ni paramétrage propre à la régulation. Lors de la configuration, l'utilisateur est assisté par une aide en ligne détaillée.

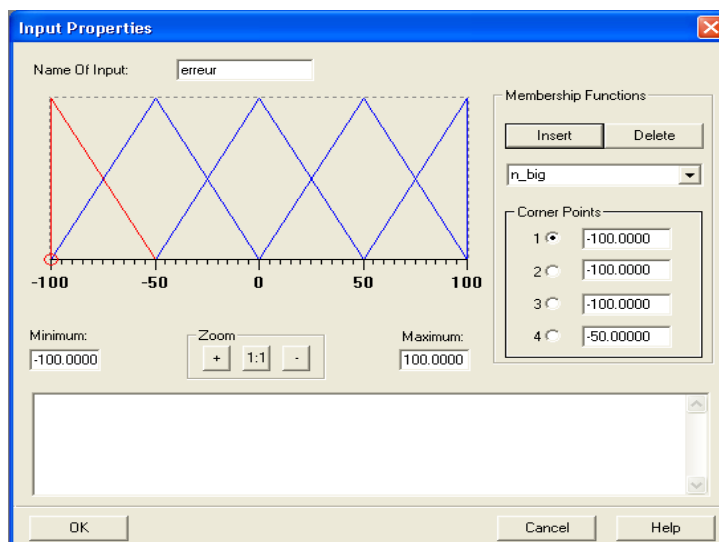
### IV.10.1 Configuration de Fuzzy control ++



**Figure IV.27:** Fuzzy control ++

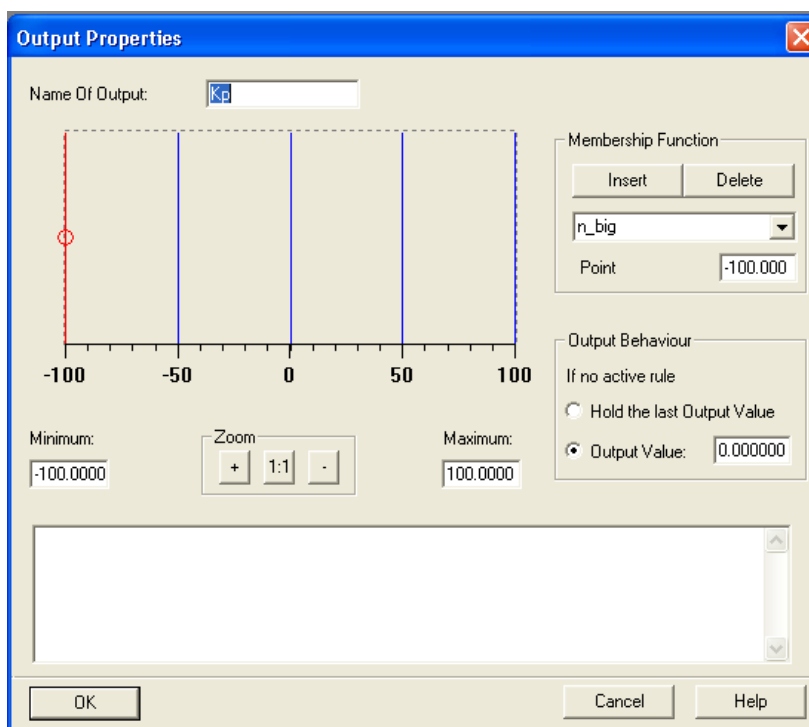
Pour élaborer notre supervision floue, nous commençons tout d'abord par définir l'entrée dans l'outil de configuration de fuzzy control++ qui est l'erreur, et lui attribue des fonctions d'appartenance qui seront divisée en cinq sous-ensemble flous, ils sont représentés ci-dessous





**Figure IV.28:** fonction d'appartenance de l'entrée erreur

On définit aussi toujours dans l'outil de configuration fuzzy control++ les sorties de superviseur flou. On prendra pour sorties les différents paramètres de régulateur à savoir  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ , ensuite, en définira les plages de variations (les ensembles flous) et les fonctions d'appartenance, et ceci est pour les sorties, les fonctions d'appartenance utilisées sont de type singleton.



**Figure IV.29:** fonction d'appartenance de sortie  $K_p$

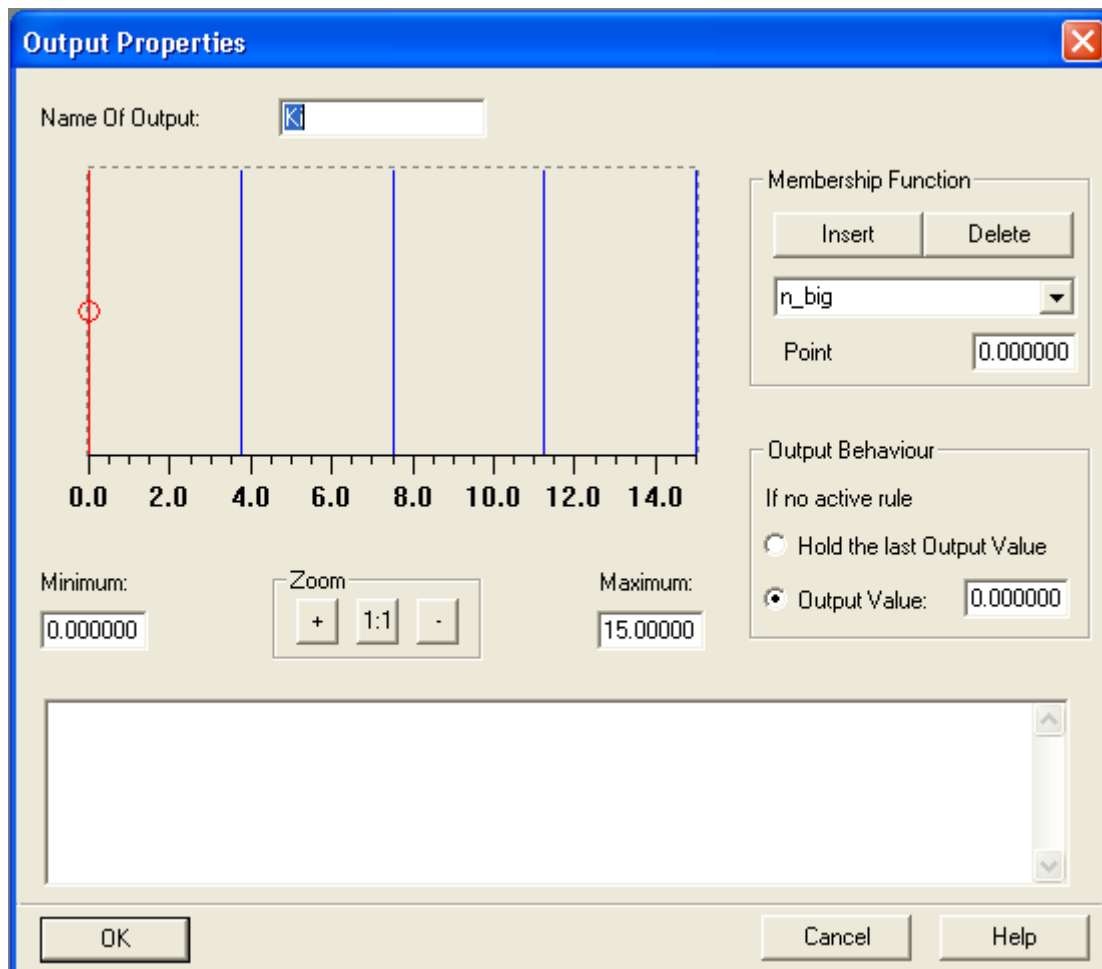


Figure IV.30: fonction d'appartenance de sortie Ti

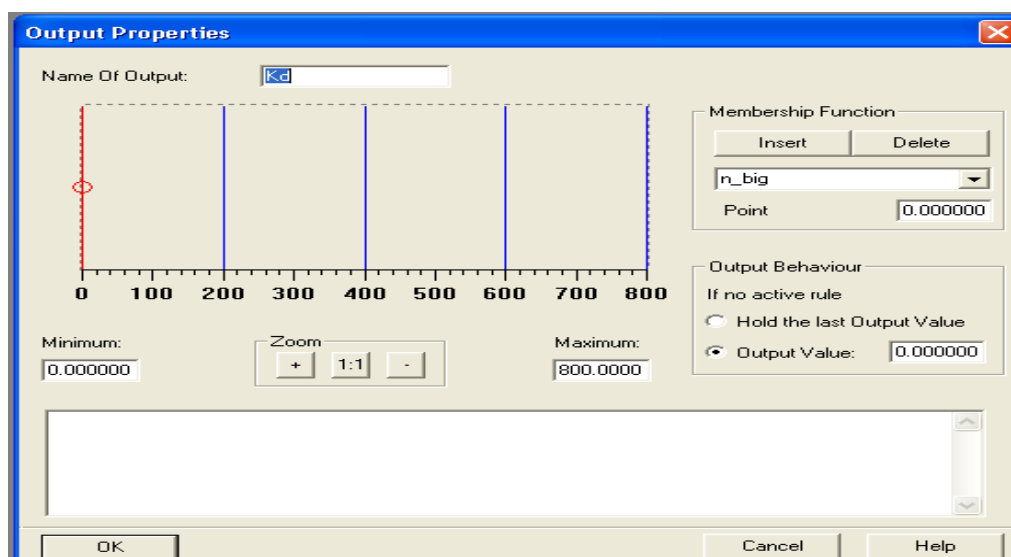
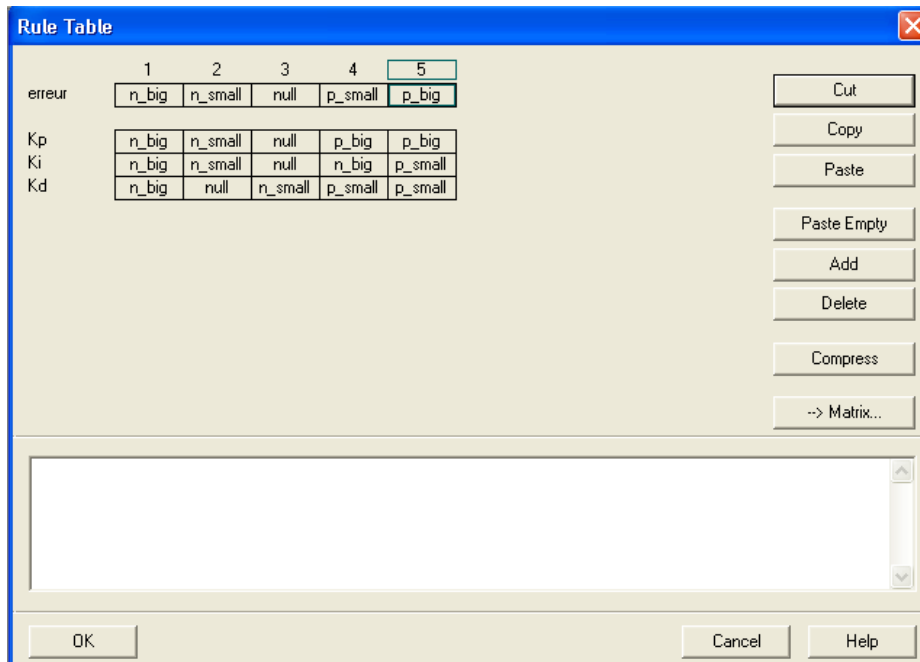


Figure IV.31: fonction d'appartenance de sortie Td



**Figure IV.32-:** Table des règles

### Remarque :

On ne peut pas faire la liaison de Fuzzy control ++ avec logicielle PCS7 de cause de licence (la version démo)

### IV.11 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'automate utilisé et détaillé le fonctionnement, ainsi que la structure de programmation avec le PCS7 à la base de bloc CFC.

Dans le prochain chapitre nous allons faire la supervision de système alimentation four à l'aide de WINCC et on compare les résultats obtenus de la régulation et de la logique floue.

## Chapitre V : Supervision et résultat de simulation

---

---

### V.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous décrivons les différentes étapes à suivre pour réaliser la simulation et la vue de notre projet à l'aide du système SIMATIC PCS7 la supervision se fait à l'aide de WinCC (Windows Control Center), un logiciel de désigne et de création des vues de supervisions pour les stations opérateurs et ingénieurs.

### V.2 Présentation du logiciel de supervision WinCC :

WinCC est un logiciel de supervision et de contrôle de processus industriel développé par Siemens. Il est largement utilisé dans les domaines de l'automatisation industrielle, notamment dans les secteurs de la fabrication, de l'énergie, de l'automobile et de la chimie.

WinCC permet de collecter, de visualiser et de traiter les données provenant des équipements et des systèmes de contrôle industriels, tels que les automates programmables, les capteurs, les actionneurs, etc. Il offre une interface graphique conviviale qui permet aux opérateurs et aux ingénieurs de surveiller et de contrôler les processus industriels en temps réel.

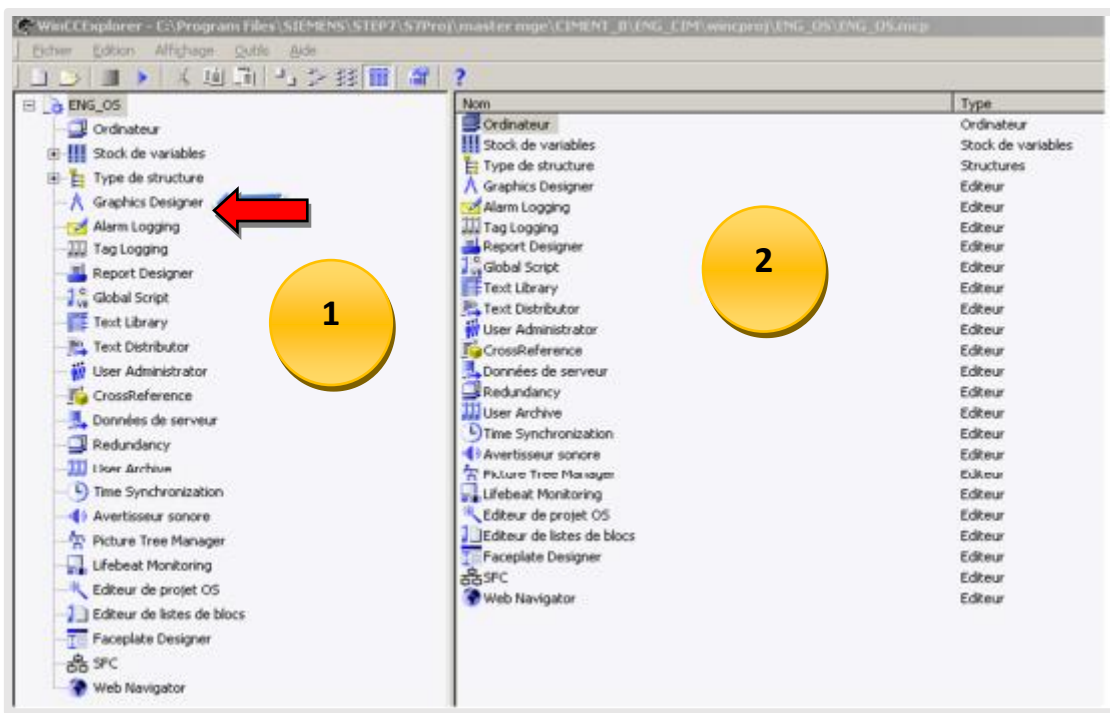
#### V.2.1 Description de Win CC

WinCC est composé de deux parties :

**Partie 1 :** Contient toutes les applications de Win CC où nous trouvons tous les éditeurs utilisables pour configurer l'OS.

**Partie 2 :** Présente la fenêtre de détail qui affiche des informations détaillées de l'application de WinCC que nous avons sélectionné.

Nous utilisons uniquement l'éditeur Graphics Designer, pour créer la vue processus de notre projet.

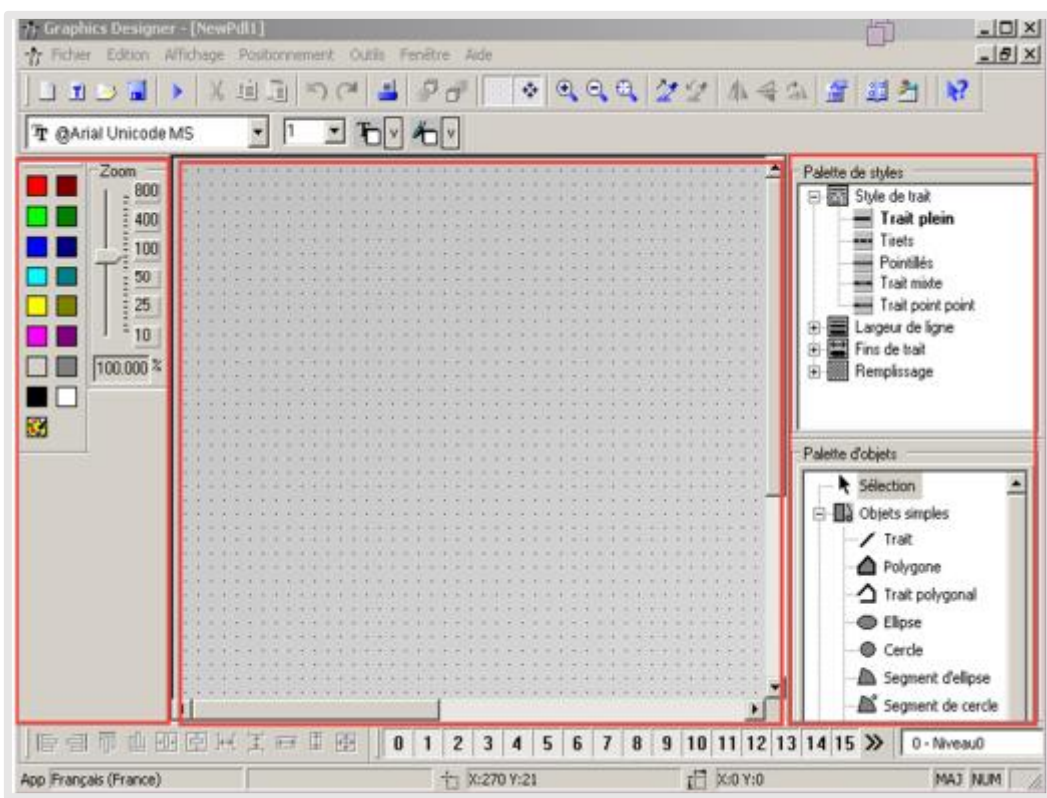


FigureV.1 : WinCC Explorer

## V.2.2 Présentation de Graphics Designer

Graphics Designer est un éditeur de l'OS. Son interface utilisateur se présente ainsi :

- A gauche nous voyons une barre d'outils servant à attribuer certaines couleurs aux objets.
- Au centre se trouve la surface du dessin sur laquelle nous insérons les objets destinés à la vue de procédure.
- A droite la palette des objets, est la bibliothèque des différents objets par défaut proposés par Graphics Designer, nous voyons encore une palette de styles qui vous permettra d'influencer la forme des objets.



FigureV.2 : Graphics Designer

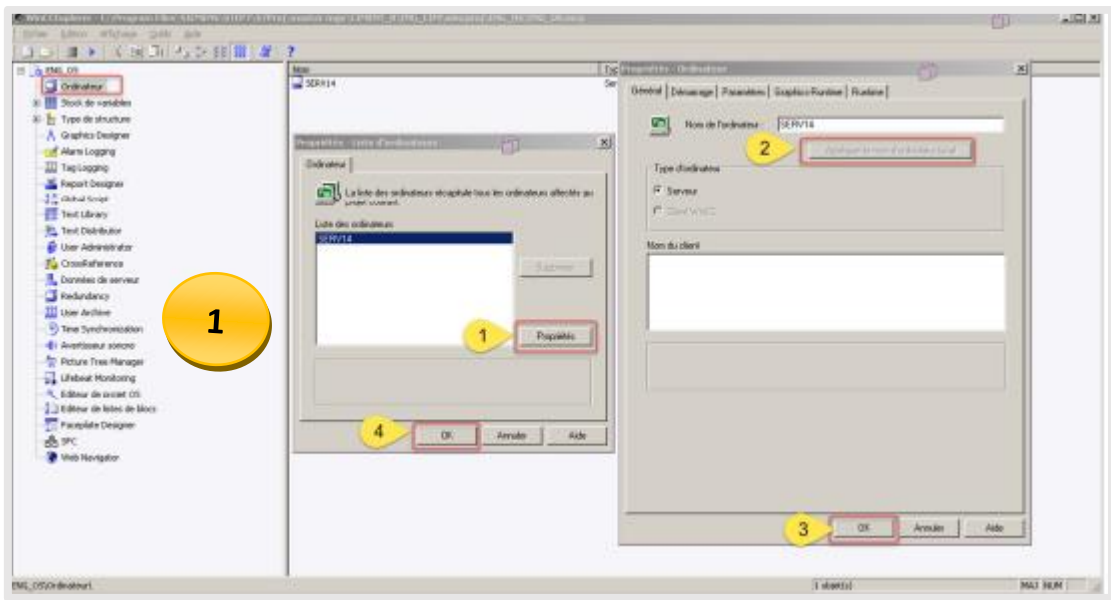
Graphics Designer distingue deux sortes d'objets :

- **Les objets statiques** : Il s'agit d'objets des dessins de base comme ceux que nous trouvons dans une application graphique, par exemple des lignes, des cercles, des polygones, du texte statique.
- **Les objets dynamiques** : Ils sont dynamisés via une liaison à un connecteur de bloc variable (moteurs, clapets, groupes, alarmes et des boutons). En mode processus, ils indiquent toujours les valeurs actuelles d'un point de mesure de l'installation.

### V.2.3 Création de la vue du processus

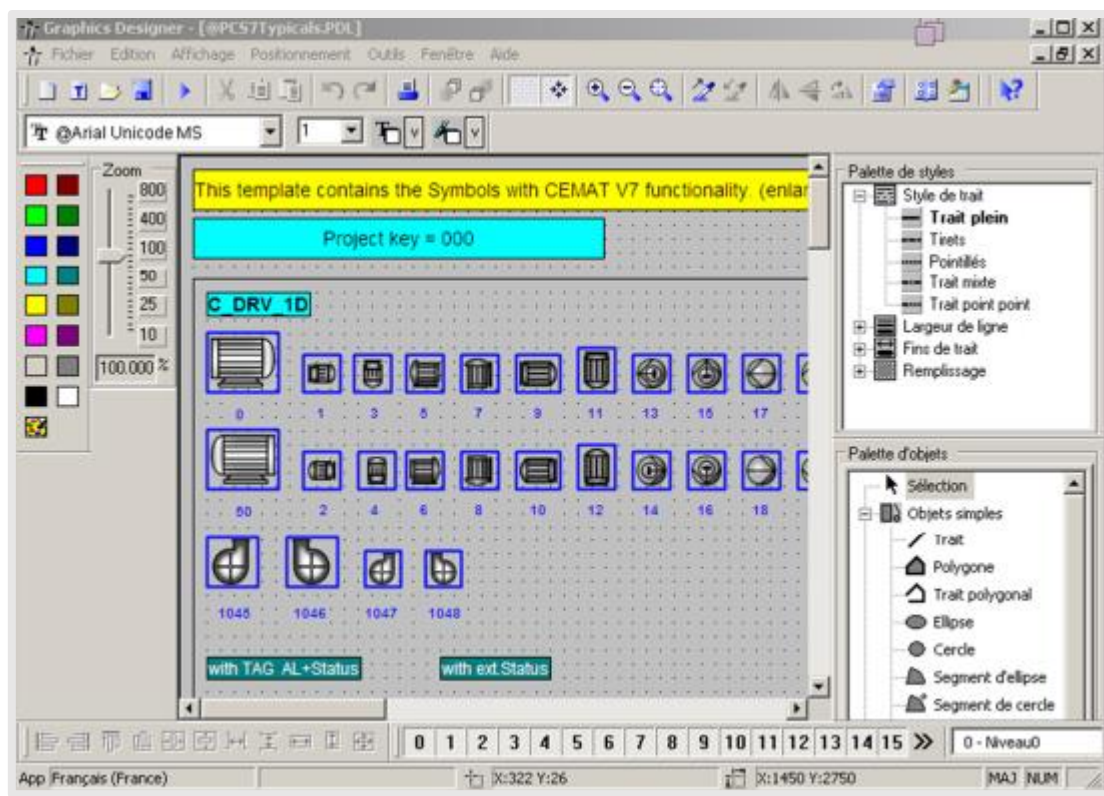
Dans **la partie 1** de WinCC Explorer en cliquant sur le bouton droit sur « ordinateur » puis cliquer sur propriété et donner au projet le nom de l'ordinateur et valider par «OK».

Dans la même **partie 1** de Win CC Explorer ouvrir le « graphics designer » nous avons le champ à droite où nous pouvons déclarer un nouvel fichier. On donne le nom « Alimentation de la trémie » et on l'ouvre.



**FigureV.3** : Configuration de l'ordinateur

La vue bibliothèque « @PCS7Typicals.PDL », apporte des symboles dynamiques de (moteurs, pompes, groupe...) qui correspondent aux blocs dans les diagrammes CFC pré-dessinés. Il y a aussi une bibliothèque des symboles statiques.



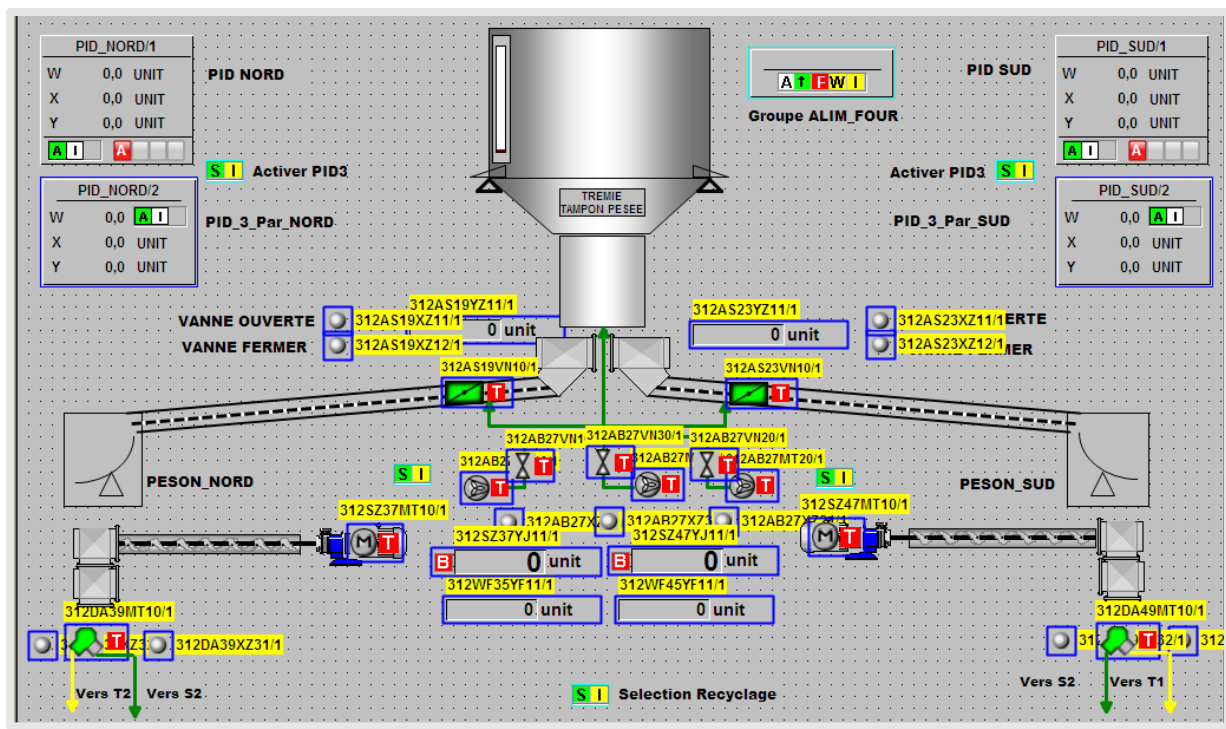
FigureV.4 : Bibliothèque dynamique

Après avoir copié les symboles dynamiques et statiques sur la surface du dessin « Alimentation de, la trémie », on passe à l'étape de liaison entre les symboles et les variables des blocs qui leur correspondent dans le programme diagramme (CFC). Pour faire ces liaisons, nous devons ouvrir la fenêtre **Dynamic Wizard**.

Ensuite, nous sélectionnons les symboles que nous voulons mettre en liaison avec le bloc programmé en sélectionnant « Relier un prototype à une structure ou renommer le lien ». Une fenêtre s'ouvre sur laquelle on met l'adresse du bloc de programme diagramme (CFC), ensuite cliquons sur le bouton ( ), une autre fenêtre s'ouvre dont la quelle on sélectionne le bloc correspondant.

Enfin cliquons sur OK puis terminer. Après avoir terminé le dessin de toute la vue, enregistrer la vue et fermer Graphics designer.





FigureV.5 : La vue de processus sous Graphics Designer

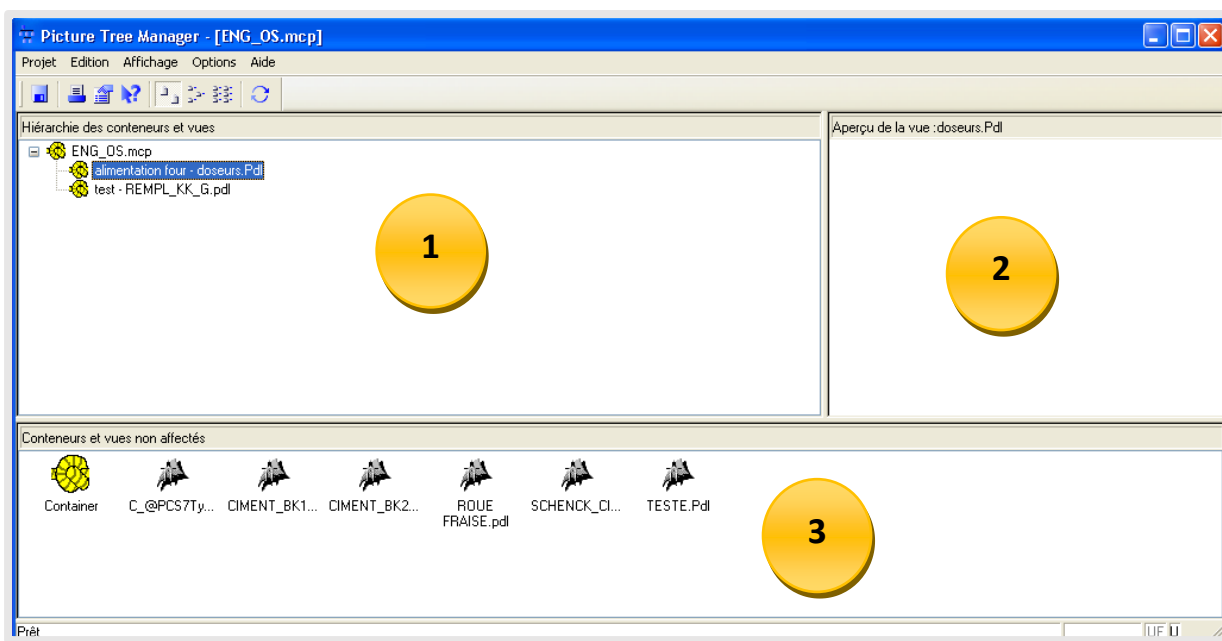
Dans la même **partie 2** de Win CC Explorer ouvrir le « Picture Tree Manager » ; une fenêtre s’affiche composée de trois petites fenêtres :

**Fenêtre 01** : Appelée Hiérarchie des conteneurs et vues, contient les vues utilisées dans la supervision.

**Fenêtre 02** : Appelée aperçu de la vue, pour l’aperçu d’une vue sélectionnée.

**Fenêtre 03** : Appelée conteneurs et vues non affectés, contient toutes les vues existantes

Dans le projet, dans la fenêtre 03, on glisse la vue « alimentation la trémie » vers la fenêtre 01, et on termine par enregistrer le travail.



FigureV.6 : Picture Tree Manager

### V.2.4 Présentation du simulateur « S7 PLCSIM »

PLCSIM est un logiciel de simulation de PLC (Programmable Logic Controller) développé par Siemens. Il permet de simuler le fonctionnement d'un automate programmable sans avoir besoin d'un matériel physique réel. PLCSIM est souvent utilisé comme outil de développement et de test pour les programmes d'automatisation avant leur déploiement sur un automate réel. Avec PLCSIM, les programmeurs peuvent créer et exécuter des programmes PLC dans un environnement virtuel. Il offre une interface graphique conviviale qui permet de configurer les paramètres du PLC simulé, de créer et de télécharger des programmes, ainsi que de surveiller les variables et les états du système en temps réel.

### V.2.5 Ecrans et structure de commande

#### a) Vues standard :

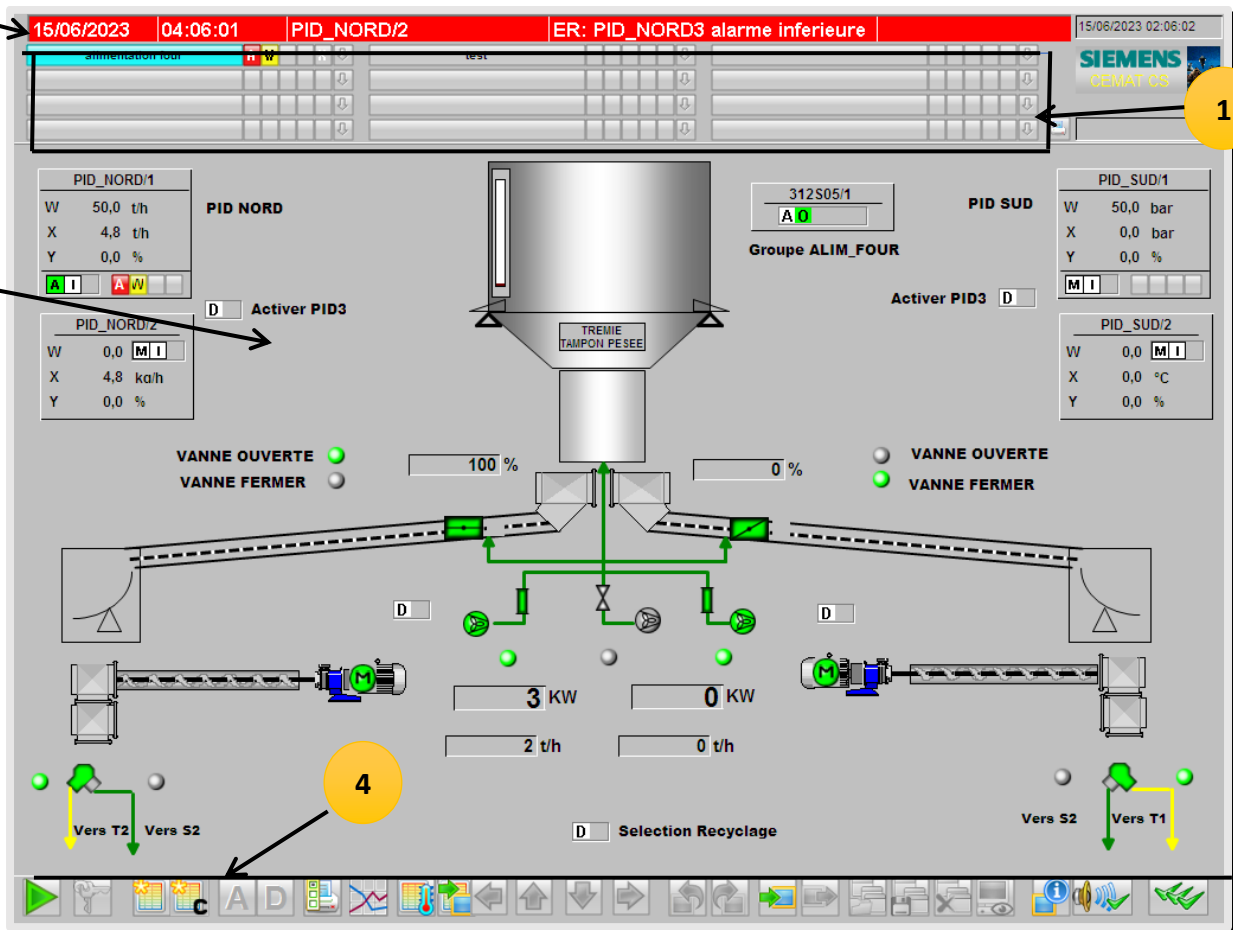
Les synoptiques sont réalisés sur la base des flowsheets.

Chaque consommateur est dynamisé, aussi bien les informations logiques et analogiques nécessaires à la conduite de l'installation (ex. Sélections opérateur), que les Informations temps réel en provenance du site.

A droite de chaque vue on trouvera les séquences de l'atelier ainsi que les sélections correspondantes. Il existe des boutons dynamiques (boutons de renvoi) accessibles en

permanence permettant de naviguer d'une vue à une autre et notamment l'accès aux vues procédés de chaque section de l'atelier.

**b) Description générale de l'écran :**



**FigureV.7 : L'écran supervision d'atelier Alimentation Four**

- 1) Navigation de vues.
- 2) Alarmes.
- 3) Vue de l'atelier.
- 4) Bandeau des commandes générales.

## V.3 Simulation des PID et résultat obtenu :

### V.3.1 Etude et simulation du système sans régulateur PID :

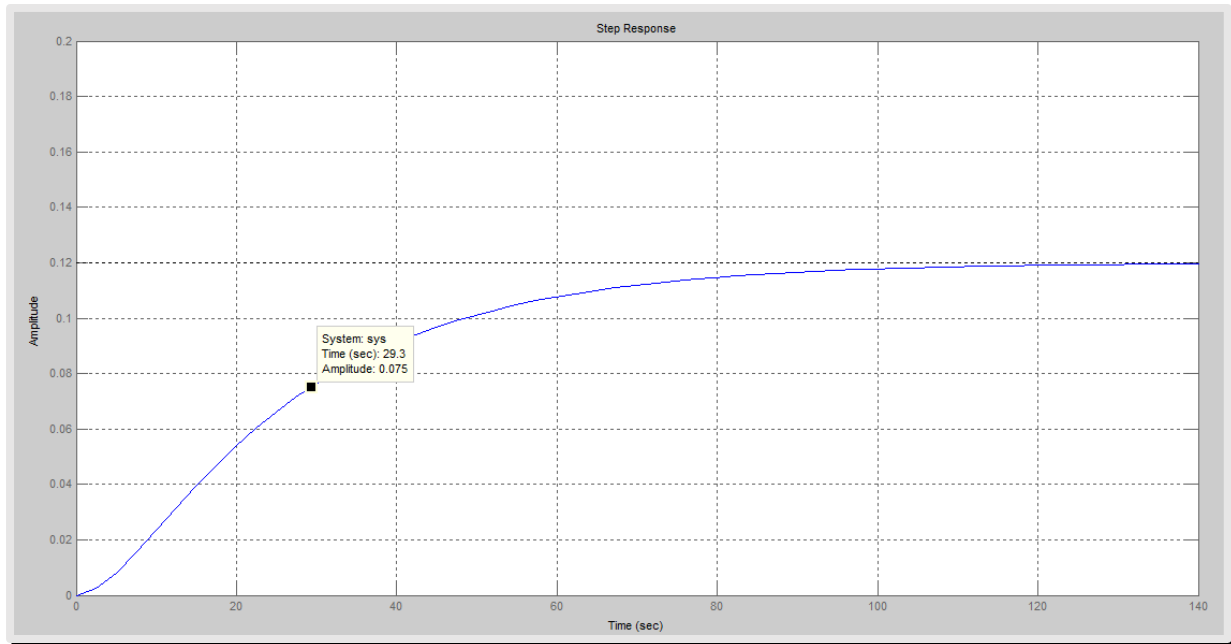


Figure V.8 : Réponse de système sans régulateur

D'après ce graphe on remarque que la réponse de système sans régulateur est très lente car le temps de montée est égale à  $T_M = 29.3$  s et il y a un grand écart entre la consigne et la sortie obtenue égale à  $e = 0.88$ , donc le Système est non précis.

### V.3.2 Simulation du système avec régulateur PID :

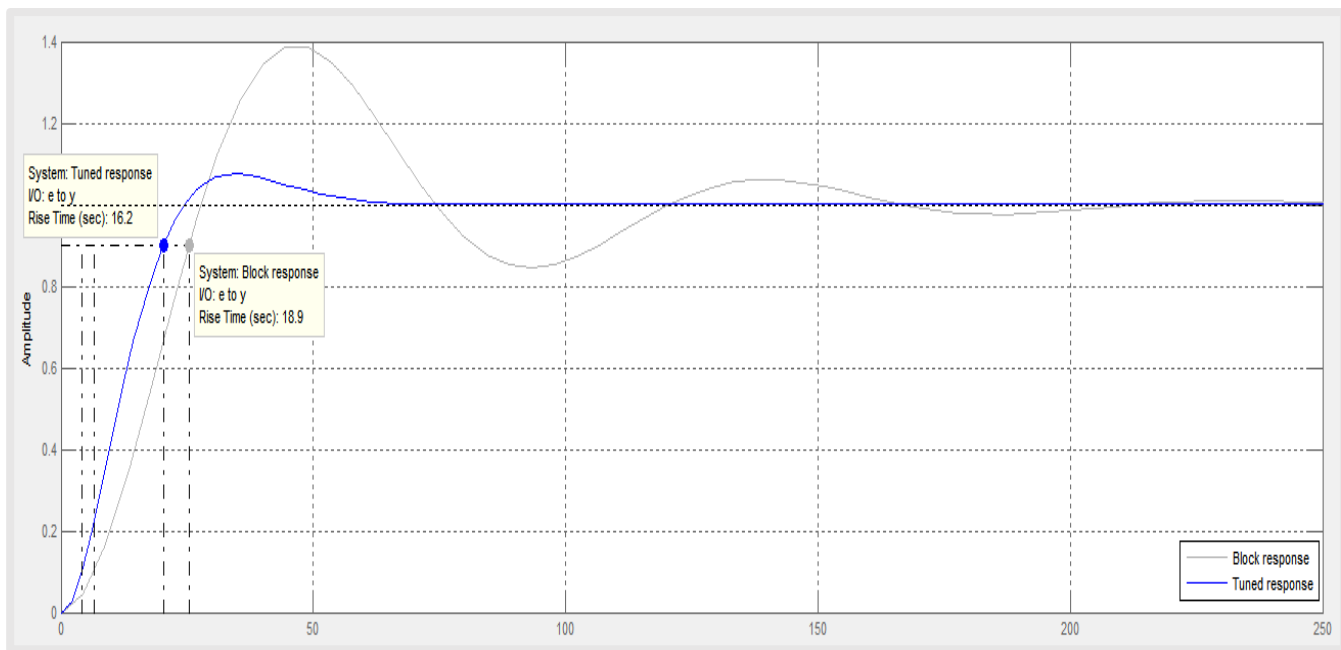


Figure V.9 : Réponse de système avec régulateur

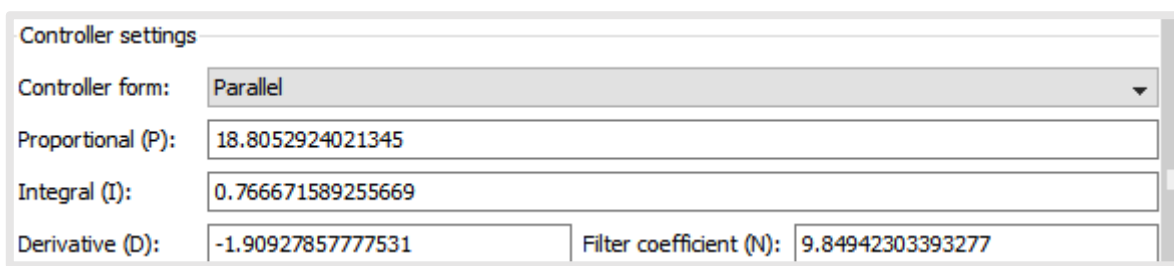


Figure V.10 : les paramètres PID obtenue par PID tuner

En premier lieu, on choisit des paramètre PID au hasard ( $K_p=5$ ,  $T_i=1$ ,  $T_d=2$ ) pour voir comment le système réagit ; on remarque que le système est devenu plus rapide que le système sans régulateur, car le temps de monté est devenu égale à  $T_M=18.9\text{ s}$  et l'écart est devenu égale à  $e = 0$ . Donc le système est devenu plus précis et le système est stable malgré le petit dépassement.

Après, on utilise la fonction MATLAB PID tuner ; cette fonction a aidé à trouver les paramètre PID adéquat pour le système ( $K_p = 18.805$ ,  $T_i = 0.766$ ,  $T_d = -1.909$ ) où il est devenu plus rapide que le premier système avec régulateur, car le temps de monté est

devenu égale a  $T_M = 16.2 \text{ s}$ , un bon résultat, et l'écart est resté égale a  $e = 0$ . Donc le système reste précis et stable malgré la rapidité et le dépassement est diminué.

Puis, on utilise un régulateur flou pour la commande du système. On obtient :

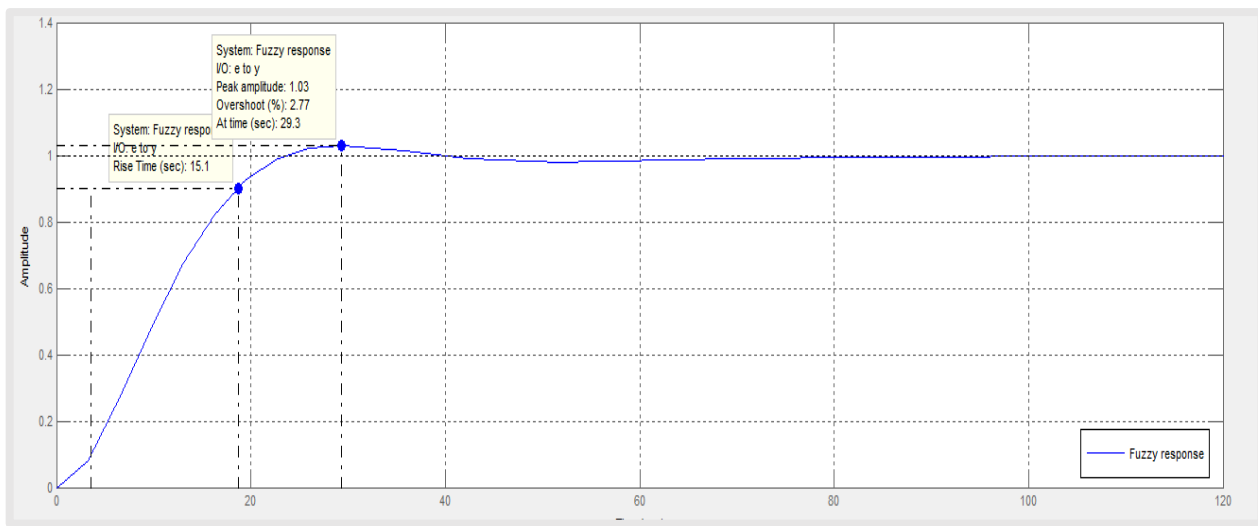


Figure V.11 : la réponse indicielle du système avec régulateur flou

Si on compare la réponse indicielle de système avec régulateur flou et la réponse avec PID tuner on trouve ce résultat :

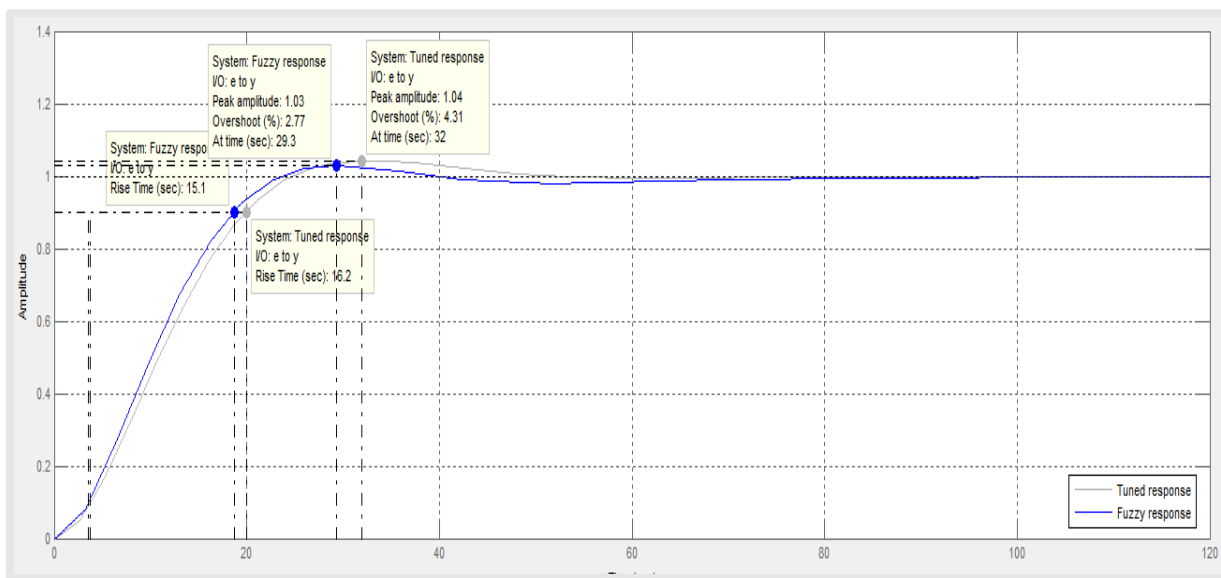


Figure V.12 : la différence entre la réponse de régulateur flou et PID tuner

On remarque à partir de cette réponse que le régulateur floue est meilleur que le PID tuner car le temps de réponse de régulateur floue est plus petit que celui du PID tuner, et est égale à  $T_M = 15.1 \text{ s}$  alors que le temps de réponse de PID tuner égale  $T_M = 16.2 \text{ s}$ . Donc le régulateur floue rend le système plus rapide et le dépassement est diminué et le système est devenu plus stable.

### Table de comparaison :

Voici le tableau de comparaison des propriétés de chaque type de régulateur :

Régulateur / Performance	PID	PID tuner	Floue
Temps de montée (s)	18.8 s	16.2 s	<b>15.1 s</b>
Temps de réponse (s)	39.7 s	23.1 s	<b>21.7 s</b>
Dépassement (%)	38.7 %	4.31 %	<b>2.77 %</b>

**Tableau V.1** : comparaison des performances du système

### V.3.3 Réguler les paramètres PID sous PCS7 :

Dans cet élément nous allons voir 3 cas de PID :

- **PID avec des paramètres par default :**

Dans ce cas, le programme est celui qui choisit les paramètres par default.

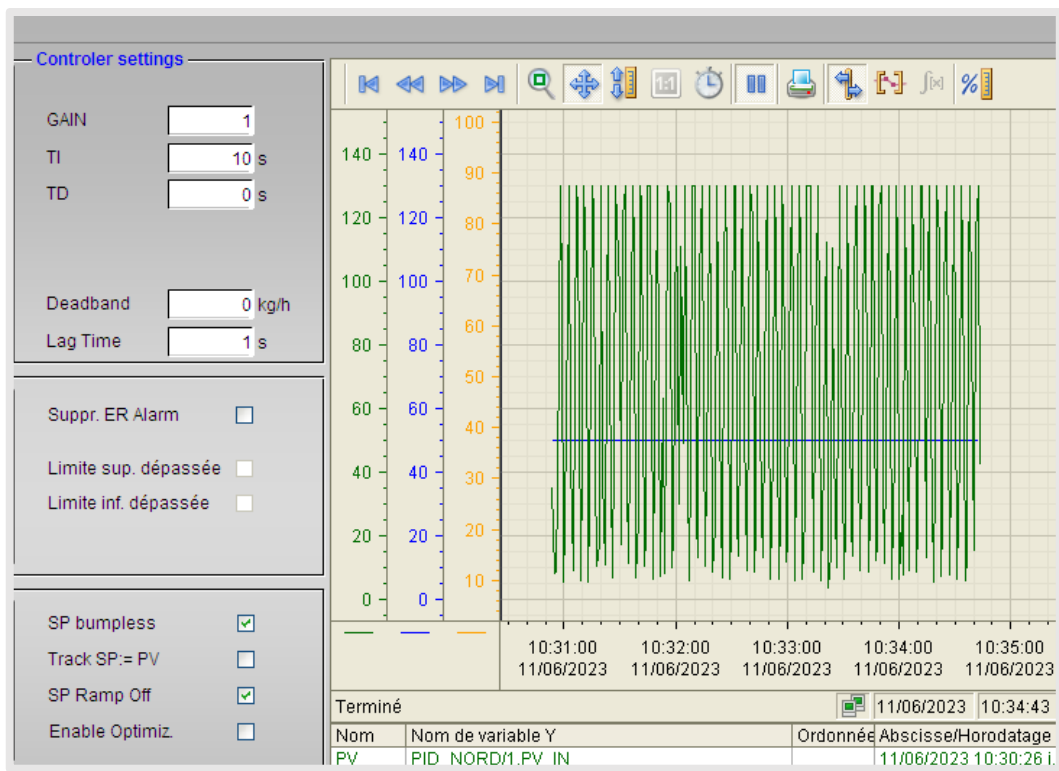


Figure V.13 : PID avec des paramètres par default

- **PID avec 3 paramètres :**

Dans ce cas nous avons choisi les paramètres PID Comme suit :

- Si l'**erreur** > 2 donc elle prend les paramètres 1.
- Si l'**erreur** < 2 donc elle prend les paramètres 2
- Si l'**erreur** = 2 donc elle prend les paramètres 3



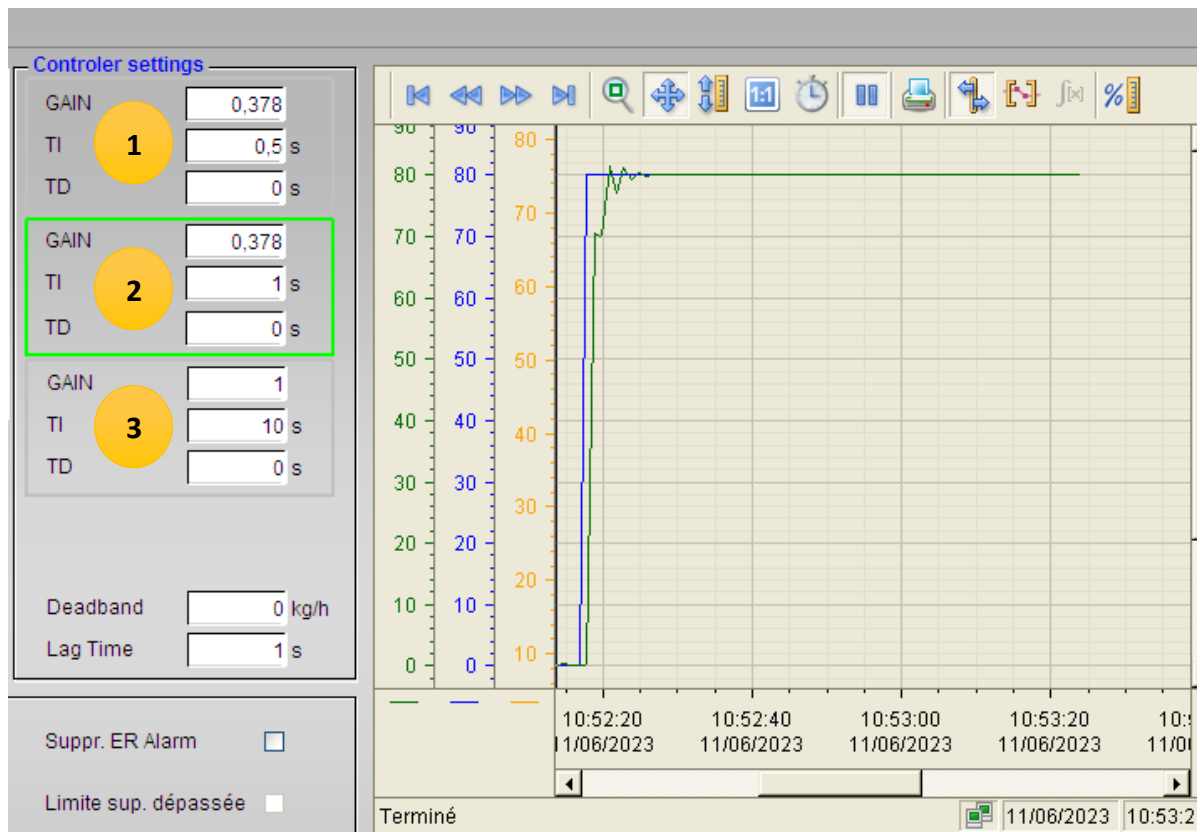


Figure V.14 : PID avec 3 paramètres

- **Paramètres PID par méthode d'optimisation :**

Nous avons déjà discuté sur cette méthode et comment ça fonctionne ainsi que les étapes dans le chapitre 4. Nous avons obtenu ce résultat :

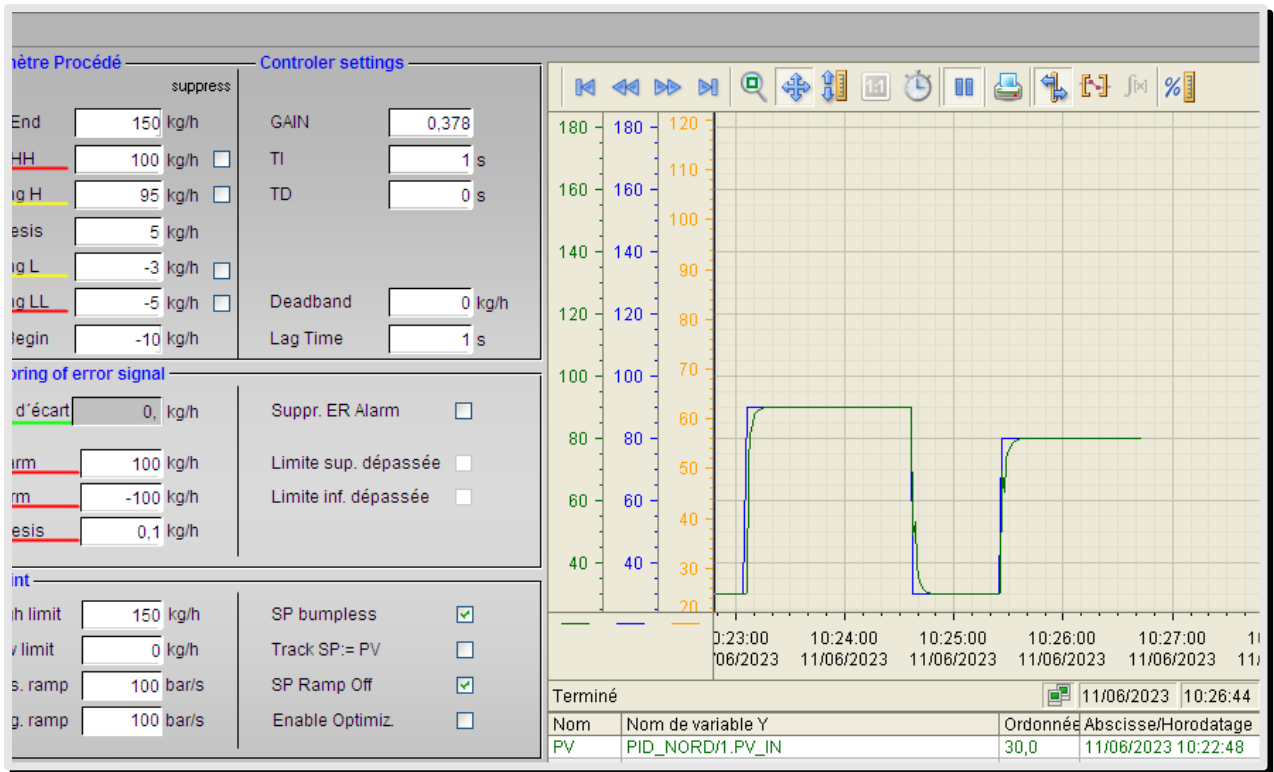


Figure V.15 : Paramètres PID par méthode d'optimisation

### V.3.4 Supervision d'atelier alimentation four :

Voici maintenant la simulation de l'atelier d'alimentation four.

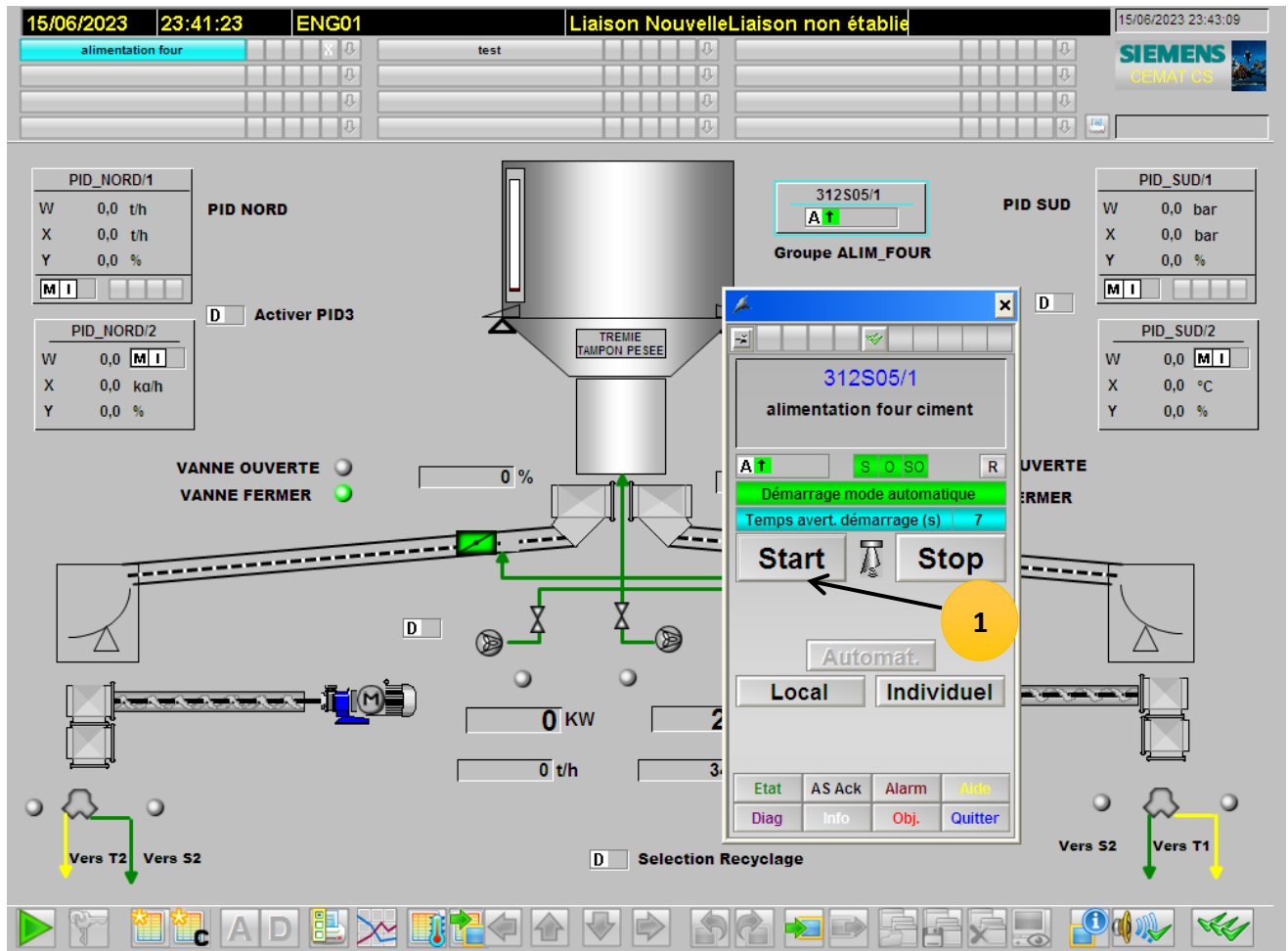
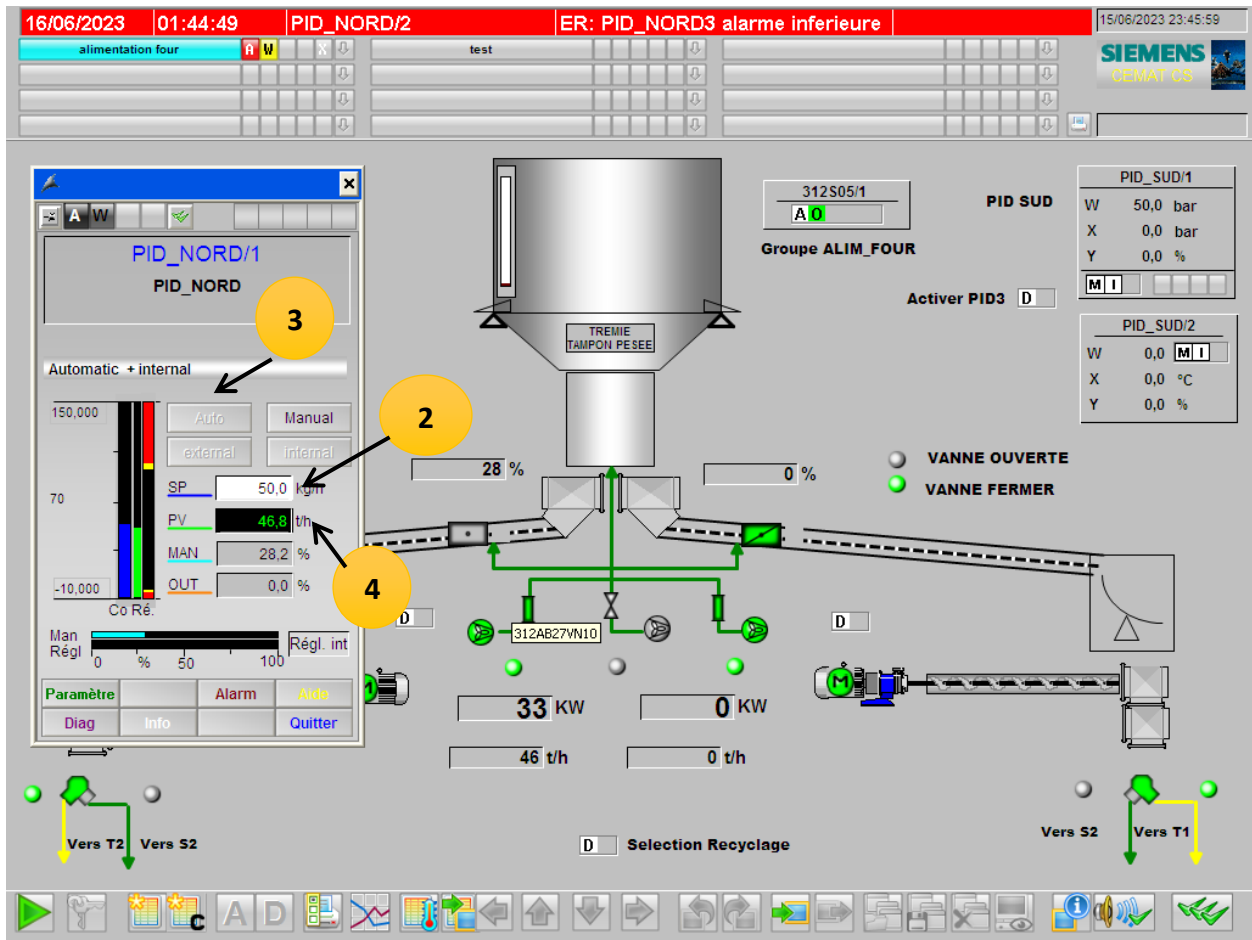


Figure V.16: Démarrage de groupe Alimentation four

- 1) On démarre le groupe « ALIM\_FOUR » par le bouton « START »



**Figure V.17:** la valeur de consigne et le mode de marche de Vanne

- 2) On donne la cosigne 50 T/H.
- 3) Nous choisissons le mode automatique de marche vanne (il y a trois modes : Automatique, individuelle, locale)
- 4) Les valeurs du régulateur.

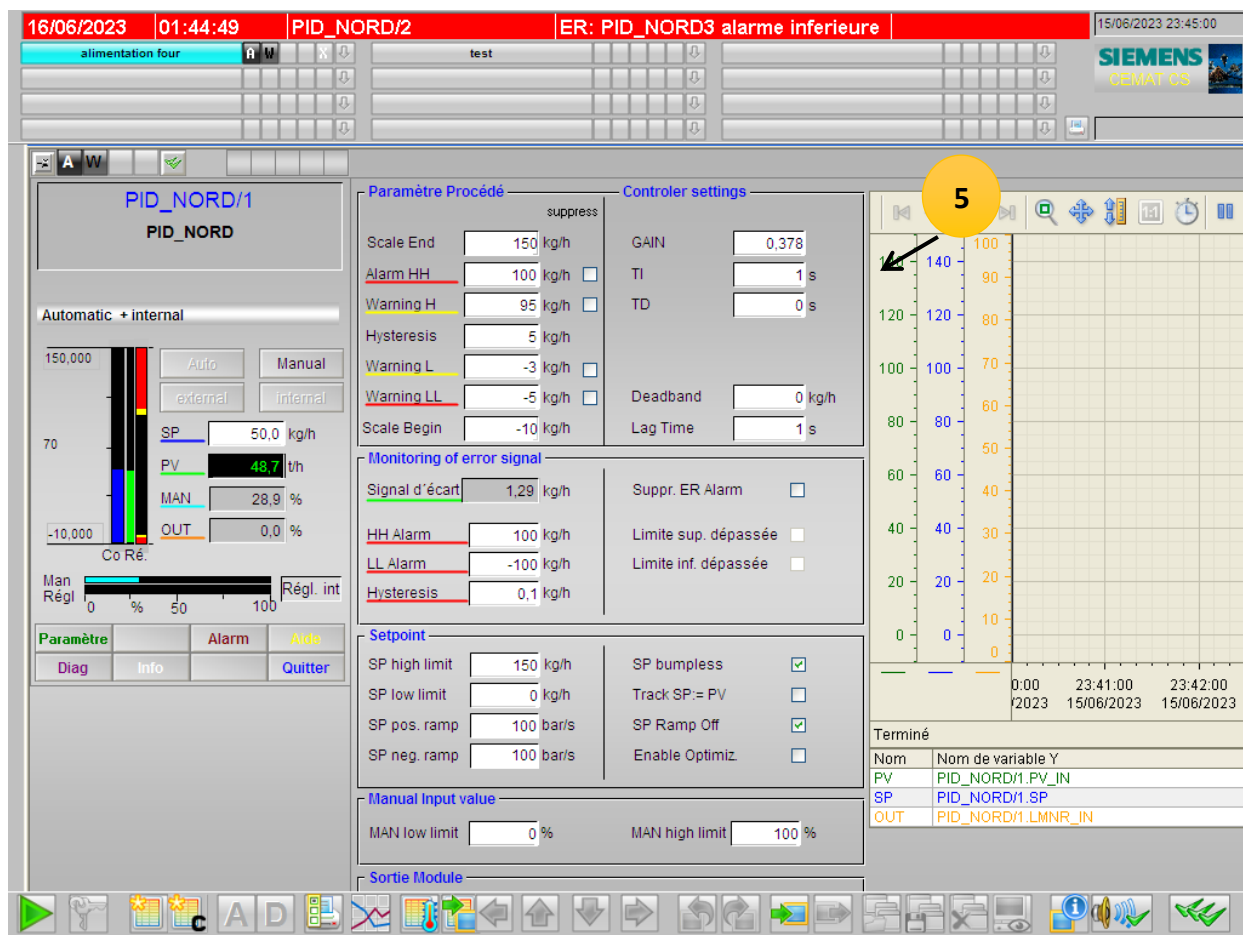


Figure V.18: les valeurs des paramètres Régulateur PID

5) On donne les valeurs des paramètres PID appropriées (que nous avons calculé précédemment)

**Remarque :** On fait le même travail pour la vanne SUD

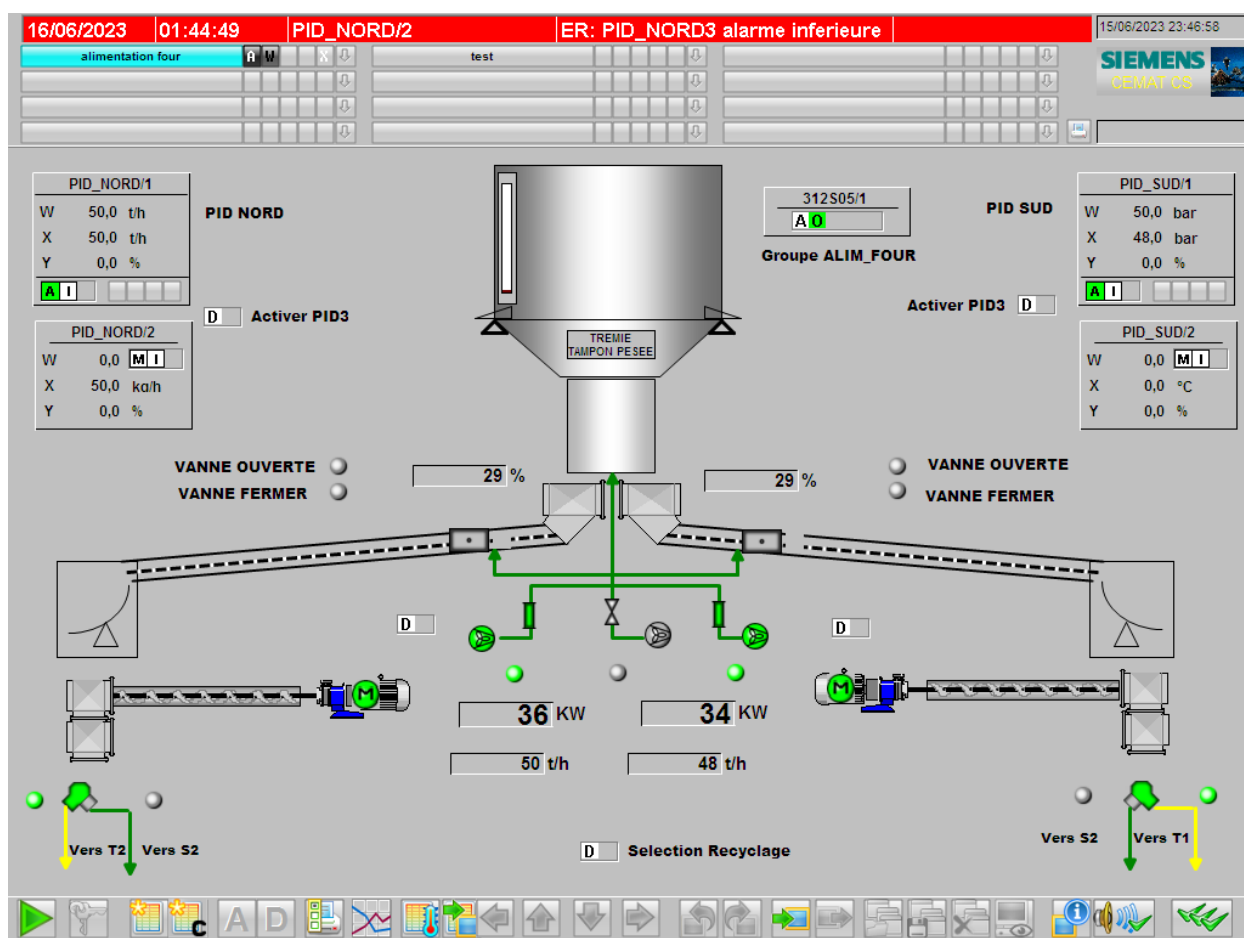


Figure V.19: La vue finale de supervision ALIM\_FOUR

## V.4 Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait la simulation pour trouver le type de régulation le plus adéquat qui nous aide à obtenir un système rapide, stable et précis. On réalise 3 méthodes (**PID, PID tuner et régulateur flou**) et après simulation on trouve que la méthode par régulateur flou est la meilleure méthode.

Ainsi à travers ce chapitre, le WINCC nous a permis de découvrir les étapes nécessaires à la création de la supervision de l'atelier « Alimentation-four ». Ensuite, nous avons utilisé le simulateur S7-PLCSIM qui permet de simuler le programme de notre atelier et de le connecter avec la supervision. Finalement, les résultats sont très satisfaisants. Donc notre système est bien amélioré avec la méthode par logique flou ; cela fonctionne positivement pour augmenter la production des usines et des entreprises et de l'industrie généralement, y compris l'augmentation des revenus financiers.

## Conclusion générale

---

---

Notre stage de fin d'étude à la Cimenterie de Meftah (SCMI) s'est avéré extrêmement avantageux en termes d'expansion des connaissances théoriques et pratiques.

L'objectif de ce projet est de réaliser un contrôle du système d'alimentation du four et cela s'est fait par la régulation de la position des vannes pour contrôler le débit de la matière considérée comme entrée dans le four. Pour cela, on a utilisé le régulateur flou.

Au début des travaux de ce mémoire, nous avons commencé par une présentation de la société après étude et description des éléments du circuit d'alimentation du Four avec son instrumentation, ses capteurs et ses actionneurs et divers autres dispositifs .

Puis, dans le chapitre 3 on présente la modélisation et l'identification de notre système pour déduire la fonction de transfert et pour étudier la rapidité, la précision et la stabilité de système. On remarque que notre système très lent et n'est pas précis. Donc on recherche des méthodes pour régler le système. Parmi ces méthodes, on utilise le PID , le PID tuner et le régulateur flou. Ce dernier utilise la logique floue.

Pour voir la simulation et les résultats de notre système on utilise le logiciel MATLAB. Nous avons trouvé que la méthode de régulateur flou est meilleur que PID et PID tuner, malgré que ces deux méthodes donne d'assez bons résultats et permettent d'augmenter un petit peu la vitesse de système. Mais le système reste assez lent et il y a des dépassements. Donc on utilise le régulateur flou que donne des bons résultats : notre système est devenu plus rapide et plus stable. Pour la programmation pratique de notre projet, on utilise le logiciel PCS7. En premier, on programme nos capteurs et actionneurs avec le diagramme CFC et on utilise la bibliothèque CEMAT. Pour la régulation des vannes on utilise les blocs PID simple ,PID à 3 paramètre et PID par optimisation. Nous avons souhaité dans ce travail utiliser l'application FuzzyControl++, mais nous ne pouvions pas le faire car il n'y a pas de licence puisque on travaille avec la version démo. En perspective, on propose la réalisation de ce régulateur flou.

## Bibliographie :

[1] : Documentation de fournisseur Claudius Peters.

[2] : Documentation de siemens.

[3] : <https://electronique1.blogspot.com/2011/04/asservissement-et-regulation.html?fbclid=IwAR0T8OsPjvOx2RGXOit6WoxriDSfqyFaWwlu4aFgXzUZjoZkSkQfkKAjzo>

[4] : [https://electronique1.blogspot.com/2011/04/regulation.html?fbclid=IwAR2E2RRkFXZ5KKV7Nf1tufg9WWrCQkviMZVnmc6\\_XTNLk\\_GN6\\_JWQJuEadY](https://electronique1.blogspot.com/2011/04/regulation.html?fbclid=IwAR2E2RRkFXZ5KKV7Nf1tufg9WWrCQkviMZVnmc6_XTNLk_GN6_JWQJuEadY)

[5] : NAPidAj\_06.pdf

[6] : <https://www.journaldunet.fr/web-tech/guide-de-intelligence-artificielle/1501877-logique-floue-definition/>

[7] : <http://thesis.univ-biskra.dz/1152/5/Chapitre%2002.pdf>

[8] : Reference Manuel Object for Function Block Library ILS\_CEM (Siemens)

[9] : Automates Programmables industriels 2e édition DUNOD

[10] : [Www.automation.siemens.com](http://www.automation.siemens.com)

[11] : : Système de conduite de processus PCS 7 CFC pour SIMATIC S7, Description fonctionnel 03/2009, A5E02109227-01.

[12] : Système de conduite de processus PCS 7 Getting Started - Part 1 (V7.1), Mise en route ,03/2009 A5E02122224-01.

[13] : Documentation de Système de conduite de processus PCS 7 Getting Started - Part 1 (V7.1)

[14] : <https://support.industry.siemens.com/cs/document/8031495/optimisation-d'un-r%C3%A9gulateur-avec-pcs-7-pid-tuner?dti=0&lc=fr-DZ>

[15] : Système de conduite de processus PCS 7 CFC pour SIMATIC S7, Description fonctionnel 03/2009, A5E02109227-01



[16]: SIMATIC CFC pour S7 Continuous Function Chart Manuel.

[17]: fuzzy control manual Siemens AG 2003