

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 الإلكترونيك  
Département d'Électronique



## Mémoire de Master

Mention Électronique

Signaux en Ingénierie des Systèmes et Informatique Industrielle  
**(SISII)**

présenté par

HASNAOUI Hassen

&

SAHNOUN Brahim

---

Utilisation de la logique floue pour  
l'optimisation d'un système de  
production du ciment au sein de la  
**SCMI**

---

Proposé par : Mr BENNILA Noureddine & Mr DJANATI Mohamed lamine

Année Universitaire 2016-2017

## Dédicaces

---

*Je tiens à dédier ce mémoire :*

*Je tiens avant tout à remercier le dieu tout puissant qui m'a donné beaucoup de courage, de volonté pour réaliser ce travail.*

*A ma très chère **Mère** et à mon cher **Père**, en témoignage et en gratitude de leurs dévouement, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconfort moral  
A mes chère frères surtout Samir, et mes très chère sœurs*

*Sans oublier tous ma famille, et tous mes amis et mes voisins.*

*A mon binôme et cher ami SAHNOUN Brahim, et toute sa famille.*

## Remerciements

---

*Nous tenons d'abord à remercier notre Dieu le tout puissant, de nous avoir donné le courage et la patience de mener à bien notre projet.*

*Nos remerciements s'adressent également à Mr BENNILA NOUREDDINE de nous avoir fait l'honneur d'être notre Promoteur, pour nous avoir guidés et encouragés durant ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre CO-promoteur Mr Djanati Mohamed lamine de La cimenterie de Meftah pour nous avoir encadrés durant notre projet de fin d'études et nous avoir conseillés tout le long de notre travail.*

*Nous remercions chaleureusement les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre projet.*

*Enfin, nous exprimerons nos profonds remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

---

## ملخص:

تم إعداد هذه المذكرة في إطار ختم المرحلة النهائية من التعليم العالي والبحث العلمي، لنيل شهادة الماستير في تخصص الأوتوماتك الصناعية هذا العمل هو ثمرة التبرص الذي قمنا به في مؤسسة "متيجة" للإسمنت ونحن سوف نجد حل لمشكلة نظام تغذية الفرن في هذا المصنع

والغرض من هذا المشروع هو تقديم نموذج لهذا النظام حتى نتمكن من تعريف الإعدادات من وحدة تحكم (ب ا د) لأنه حاليا هذه الإعدادات تستعمل في النظام بشكل افتراضي، لتغذية النطاط. لاجل هذا قمنا بدراسة لهذه الأخيرة بواسطة جهاز تحكم (ا ب د) المتحكم من المنطق الضبابي

---

## Résumé :

Ce présent mémoire a été élaboré dans le cadre de la dernière année du cursus du Master en automatique industrielle. Le stage s'est déroulé au sein de la Société des Ciments de la Mitidja (SCMI) et nous allons résoudre un problème sur le système d'alimentation four à notre usine.

Le but de ce projet est de faire une modélisation de ce système afin qu'on puisse définir les paramètres de ce régulateur PID, car actuellement ces paramètres sont faits par défaut pour l'alimentation trémie. Pour ça on a fait une étude d'optimisation de ce dernier par un régulateur PID commande par la logique floue.

---

## Abstract :

The present work was developed within the last year of the Masters course in industrial automation. This course was held in the Cement's Company of Mitidja . This internship took place within the Society of Mitidja Cement (SCMI) and we will solve a problem on the furnace feed system at our factory.

The aim of this project is to model this system so that the parameters of this PID controller can be defined because these parameters are currently set to the hopper feed. For this we made a study of optimization of the latter by a PID regulator controlled by the fuzzy logic.

---

## Listes des acronymes et abréviations

**ATM** : Alimentateur à tablier métallique

**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

**Ps** : pression statique

**Pa** : pression atmospherique

**G** : gain

**K** : gain statique

**T** : constante de temps.

**Qe** : le débit d'entrée.

**Qs** : le débit de la sortie.

**S** : la surface de la trémie.

**Dh/dt** : la variation de la hauteur par rapport au temps .

**h** : la hauteur de la trémie.

**$\alpha$**  : coefficient de Restriction

**V** : le volume

**$\rho$**  : la masse volumique

**m** : la masse

**WinCC** : Windows Control Center

# Sommaire

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Présentation de société et processus de fabrication de ciment.....</b>	<b>3</b>
I.1 Présentation de la société .....	3
I.2 Présentation des ateliers de la cimenterie .....	4
I.3 Les constituants du ciment .....	4
I.4 Processus de fabrication du ciment .....	5
I.4.1 Zone carrière calcaire .....	5
I.4.1.1 L'extraction des matières premières .....	5
I.4.1.2 Le chargement .....	5
I.4.1.2.1 Le transport .....	5
I.4.1.2.2 Concassage .....	5
I.4.2 Zone crue.....	6
I.4.2.1 Hall calcaire .....	6
I.4.2.2 Hall ajouts .....	6
I.4.2.3 Séparateur statique .....	7
I.4.2.4 Le broyeur à boulets .....	7
I.4.2.5 L'homogénéisation .....	8
I.4.3 Zone cuisson .....	8
I.4.3.1 Préchauffage .....	9
I.4.3.2 Four rotatif .....	9
I.4.3.3 Refroidisseur à clinker .....	10
I.4.4 Zone ciment .....	11
I.4.4.1 Le remplissage des trémies .....	11
I.4.4.2 Broyeur ciment .....	11
I.4.5 Zone expédition .....	12
I.4.5.1 Expédition en sac .....	12
I.4.5.2 Expédition en vrac .....	13
I.5 Conclusion .....	13

<b>Chapitre II : Les différentes instrumentations et actionneur du l'atelier alimentation trémie et problématique .....</b>	<b>14</b>
II.1 Introduction .....	14
II.2 Présentation des différents équipements de l'atelier alimentation four.....	14
II.2.1 La vanne doseuse .....	15
II.2.1.1 Principe de fonctionnement .....	15
II.2.2 L'élévateur .....	16
II.2.2.1 Principe de fonctionnement .....	16
II.2.3 Les silos d'homogénéisations .....	17
II.2.3.1 Principe de fonctionnement .....	17
II.2.4 L'aéroglossière :.....	17
II.2.4.1 Principe de fonctionnement .....	18
II.3 Les différents capteurs de l'atelier alimentation trémie .....	18
II.3.1 Le contrôleur de rotation .....	18
II.3.1.1 Principe de fonctionnement .....	19
II.3.2 Les fins de course (TOR) :.....	19
II.3.2.1 Principe de fonctionnement .....	19
II.3.3 Capteur de force piézo-électrique .....	20
II.3.4 L'arrêt d'urgence .....	20
II.3.5 Capteur de niveau (lame à la tige vibrante) :.....	21
II.3.5.1 Principe de fonctionnement .....	21
II.3.6 détecteur de bourrage :.....	21
II.3.6.1 Principe de fonctionnement .....	22
II.3.7 Capteur de pression :.....	22
II.3.8 Capteur de température (CTP) .....	22
II.3.8.1 Principe de fonctionnement .....	23
II.4 Les différents actionneurs de l'atelier alimentation four .....	23
II.4.1 Moteur élévateur .....	23
II.4.2 Sas rotatif :.....	23
II.4.2.1 Principe de fonctionnement .....	24

II.4.3 Les ventilateur :.....	24
II.4.3.1 Principe de fonctionnement .....	24
II.4.4 Les surpresseurs :.....	25
II.4.4.1 Principe de fonctionnement .....	25
II.4.5 Les compresseur .....	26
II.4.5.1 Principe de fonctionnement .....	26
II.5 problématique .....	26
II.6 Conclusion .....	27
<b>Chapitre III : Modélisation du système et construction du régulateur floue.....</b>	<b>28</b>
III.1 Introduction .....	28
III.2 Modélisation du système alimentation trémie .....	28
III.2.1 Définition de la modélisation .....	28
III.2.2 Définition du régulateur PID .....	28
III.2.3 Description de la boucle de régulation .....	30
III.2.3.1 Identification de la vanne doseuse .....	31
III.2.3.2 La fonction de transfert de la trémie .....	32
III.2.3.3 Modélisation des trois retards (aérogliessere 1 et 2 et l'élévateur).....	35
III.2.3.3.1 Elévateur .....	35
III.2.3.3.2 Aeroglisserie 1.....	35
III.2.3.3.3 Aeroglisserie 2 .....	36
III.2.3.3 Fonction de transfert du capteur .....	36
III.3 Paramètre de régulateur PID .....	37
III.4 L'utilisation de la logique floue pour la commande du régulateur PID .....	40
III.4.1 Les avantage du réglage par logique floue .....	40
III.4.2 Schéma bloc final d'un régulateur PID commandé par logique flou .....	40
• Variable d'entrée .....	41
• Variables de sortie .....	42
• Lois de mamdani .....	43
III.5 Conclusion .....	43

<b>Chapitre IV : Programmation sous PCS7</b> .....	<b>44</b>
IV.1 Introduction .....	44
IV.2 Matériel de l'automatisme utilisé .....	44
IV.2.1 SIMATIC.S7-400 .....	44
IV.2.2 ET200M .....	45
IV.3 Introduction au SIMATIC Manager .....	45
IV.4 Définition de PCS7 .....	45
IV.5 Création d'un nouveau projet .....	46
IV.5.1 Les vues du projet .....	47
IV.5.2 Configuration matériels .....	48
IV.5.2.1 Configuration de l'AS (système d'automatisation) .....	48
IV.5.2.2 Configuration de l'OS (station opérateur) .....	49
IV.5.2.3 Paramétrage de liaisons dans Net Pro .....	50
IV.6 Programmation de l'atelier alimentation four .....	51
IV.7 Définition d'un bloc CFC .....	53
IV.7.1 Déclaration de bloc CFC .....	54
IV.7.1.1 Groupe 312S01_Almn_Trémie_Pusie .....	54
IV.7.1.1.1 Consommateurs .....	54
IV.7.1.1.2 Captures .....	54
IV.7.1.1.3 Mesures .....	55
IV.7.1.1.4 Régulateur.....	55
IV.7.1.2 Groupe de 312S02_ExtracSilo312HO05 .....	55
IV.7.1.2.1 Consommateurs .....	55
IV.7.1.2.2 Captures .....	56
IV.7.1.2.3 Mesures .....	56
IV.7.1.3 Groupe de 312S03_ExtracSilo312HO07 .....	56
IV.7.1.3.1 Consommateurs .....	56
IV.7.1.3.2 Captures .....	57
IV.7.1.3.3 Mesures .....	57
IV.7.1.4 Groupe d'Alémentation_four .....	58

IV.7.1.4.1 Consommateurs .....	58
IV.7.1.4.2 Captures .....	58
IV.7.1.4.3 Mesures .....	58
IV.7.1.4.4 Régulateur .....	59
IV.8 Programmation des blocs CFC .....	59
IV.8.1 Consommateur .....	59
IV.8.1.1 Groupe de commande .....	59
IV.8.1.2 Moteur ventilateur de fluidisation Aéro .....	62
IV.8.1.3 Vanne doseuse extraction Silo .....	64
IV.8.1.4 Le sélecteur de groupe de 312S02_ExtracSilo312HO05 .....	65
IV.8.2 Capteurs .....	67
IV.8.2.1 Contrôle Bourrage .....	67
IV.8.3 Mesure .....	68
IV.8.3 Mesure de puissance Moteur élévateur 2A .....	68
IV.8.4 Régulateur .....	70
IV.8.4 Régulateur de vanne avec trémie.....	70
IV.9 Conclusion .....	71
<b>Chapitre V : Supervision et résultat du simulation sous Matlab.....</b>	<b>72</b>
V.1 Introduction .....	72
V.2 Supervision .....	72
V.2.1 Présentation du logiciel de supervision WinCC .....	72
V.2.2 Présentation de Graphics Designer .....	72
V.2.3 Picture Tree Manager .....	75
V.2.4 Description du logiciel PLCSIM .....	75
V.2.5 RUNTIME .....	76
V.3 Paramétrage de régulateur PID.....	77
V.3.1 Exemple du remplissage de trémie .....	77
V.4 Les résultats obtenus sous Matlab .....	81
V.4.1 Le schéma Simulink avec un régulateur PID et réponse obtenu .....	81

V.4.2 Le schéma Simulink avec un régulateur PID commandé par logique floue et la réponse	
Obte.....	82
V.4.3 comparaison entre les résultats obtenus .....	83
V.5 Conclusion .....	84
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>85</b>

## Liste des figures :

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

Figure I.1 : Vue générale de l'entreprise.....	3
Figure I.2 : Schéma du processus de fabrication du ciment .....	5
Figure I.3 : Zone Crue.....	6
Figure I.4 : Hall de pré homogénéisation.....	6
Figure I.5 : broyeur a cru.....	7
Figure I.6 : Atelier homogénéisation.....	8
Figure I.7 : Zone Cuisson. ....	8
Figure I.8 : Tour à cyclone.....	9
Figure I.9 : Le four rotatif.....	9
Figure I.10 : Vue technique de Refroidisseur.....	10
Figure I.11 : Zone ciment.....	11
Figure I.12 : Zone expédition.....	12
Figure I.13 : Expédition en sac.....	12
Figure I.14 : Expédition en vrac.....	13

### Chapitre II : Les différents instrumentations et actionneurs de l'atelier alimentation trémie et problématique

Figure II.1 : Illustration de l'atelier alimentation four.....	14
Figure II.2 : la vanne doseuse.....	15
Figure II.3 : L'élévateur.....	16
Figure II.4 : Un silo homogène.....	17
Figure II.5 : L'aéroglossière.....	17
Figure II.6 : Un contrôleur de rotation.....	18
Figure II.7 : capteur fin de course.....	19
Figure II.8 : capteur de pesage.....	20
Figure II.9 : arrêt d'urgence.....	20
Figure II.10 : capteur de niveau.....	21

<b>Figure II.11</b> : détecteur de Bourrage.....	21
<b>Figure II.12</b> : capteur de pression.....	22
<b>Figure II.13</b> : capteur de température CTP.....	22
<b>Figure II.14</b> : Sas rotatif.....	23
<b>Figure II.15</b> : un ventilateur.....	24
<b>Figure II.16</b> : Le surpresseur.....	25
<b>Figure II. 17</b> : un compresseur.....	26
 <b>Chapitre III : Modélisation du système et construction du régulateur floue</b>	
<b>Figure III.1</b> : Architecture parallèle du PID.....	30
<b>Figure III.2</b> : la boucle de régulation du notre système.....	31
<b>Figure III.3</b> : la trémie .....	32
<b>Figure III.4</b> : le schéma bloc de régulation .....	37
<b>Figure III.5</b> : Schéma de bloc final.....	39
<b>Figure III.6</b> : Schéma du système contrôler par un régulateur PID command par logique flous.....	40
<b>Figure III.7</b> : réglage des paramètres du bloc fuzzy logique sous Matlab.....	41
<b>Figure III.8</b> : l'erreur.....	42
<b>Figure III.9</b> : la sortie kp.....	43
<b>Figure III.10</b> : la sortie ti.....	43
<b>Figure III.11</b> : la sortie td.....	43
<b>Figure III.12</b> : les lois de mamdani.....	43
 <b>Chapitre IV : Programmation sous PCS7</b>	
<b>Figure IV.1</b> : Automate programmable industriel (API) S7-400 .....	44
<b>Figure IV.2</b> : ET-200M. ....	45
<b>Figure IV.3</b> : création de projet.....	46
<b>Figure IV.4</b> : L'assistant PCS7.....	46
<b>Figure IV.5</b> : Liste des CPU. ....	47
<b>Figure IV.6</b> : Nombre de niveaux de choix.....	47
<b>Figure IV.7</b> : Les vue de projet.....	48

<b>Figure IV.8</b> : Configuration de l'AS.....	48
<b>Figure IV.9</b> : Configuration de l'OS.....	49
<b>Figure IV.10</b> : fenêtre Net Pro.....	50
<b>Figure IV.11</b> : envoi de la vue technologique.....	51
<b>Figure IV.12</b> : création de zone (ciment).....	52
<b>Figure IV.13</b> : les groupes d'atelier.....	52
<b>Figure IV.14</b> : les blocs CFC de groupe.....	53
<b>Figure IV.15</b> : affichage de bloc CFC.....	53
<b>Figure IV.16</b> : création de groupe.....	59
<b>Figure IV.17</b> : renommer le groupe.....	60
<b>Figure IV.18</b> : présentation d'additionneur.....	60
<b>Figure IV.19</b> : programme de groupe.....	61
<b>Figure IV.20</b> : création de moteur.....	62
<b>Figure IV.21</b> : renommer le moteur .....	62
<b>Figure IV.22</b> : programme de moteur.....	63
<b>Figure IV.23</b> : création de vanne.....	64
<b>Figure IV.24</b> : renommer la vanne.....	64
<b>Figure IV.25</b> : programme de vanne.....	65
<b>Figure IV.26</b> : création de sélecteur.....	65
<b>Figure IV.27</b> : renommer le sélecteur .....	66
<b>Figure IV.28</b> : programme de sélecteur.....	66
<b>Figure IV.29</b> : création de capteur.....	67
<b>Figure IV.30</b> : renommer le capteur.....	67
<b>Figure IV.31</b> : création de mesure.....	68
<b>Figure IV.32</b> : renommer la mesure.....	68
<b>Figure IV.33</b> : programme de mesure.....	69
<b>Figure IV.34</b> : création de régulateur.....	70
<b>Figure IV.35</b> : renommer le régulateur.....	70

**Figure IV.36** : programme de régulateur.....71

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

**Figure V.1** : la vue Graphics Designer.....73

**Figure V.2** : l'ouverture de fichier PCS7 typical.....73

**Figure V.3** : la vue PCS7 typical.....74

**Figure V.4** : vue alimentation trémie.....74

**Figure V.5** : Vue alimentation four.....75

**Figure V.6** : interface de PLCSIM.....76

**Figure V.7** : l'affichage de l'IHM.....76

**Figure V.8** : Paramétrage de régulateur PID.....77

**Figure V.9** : le remplissage de la trémie.....77

**Figure V.10** : le graphe de remplissage de trémie.....78

**Figure V.11** : la valeur de consigne de 1<sup>er</sup> essai.....79

**Figure V.12** : le fonctionnement de vanne à partir de 1<sup>er</sup> essai.....79

**Figure V.13** : la valeur de consigne de 2<sup>eme</sup> essai.....80

**Figure V.14** : le fonctionnement de vanne à partir de 2<sup>eme</sup> essai.....80

**Figure V.15** : schéma de Simulink de système avec régulateur PID.....81

**Figure V.16** : la réponse de système avec régulateur PID.....81

**Figure V.17** : la réponse de système avec régulateur PID.....82

**Figure V.18** : schéma Simulink de système avec régulateur PID commandé par logique floue.....82

**Figure V.19** : la réponse de système avec régulateur PID commandé par logique floue....83

## Liste des tableaux :

<b>Tableau IV.1</b> : les consommateurs de groupe 312S01_Almn_Trémie_Pusie .....	54
<b>Tableau IV.2</b> : les capteurs de groupe 312S01_Almn_Trémie_Pusie .....	54
<b>Tableau IV.3</b> : les mesures de groupe 312S01_Almn_Trémie_Pusie .....	55
<b>Tableau IV.4</b> : le régulateur de groupe 312S01_Almn_Trémie_Pusie .....	55
<b>Tableau IV.5</b> : les consommateurs de groupe de 312S02_ExtracSilo312HO05.....	55
<b>Tableau IV.6</b> : les capteurs de groupe de 312S02_ExtracSilo312HO05 .....	56
<b>Tableau IV.7</b> : les mesures de groupe de 312S02_ExtracSilo312HO05 .....	56
<b>Tableau IV.8</b> : les consommateurs de groupe de 312S03_ExtracSilo312HO07.....	57
<b>Tableau IV.9</b> : les capteurs de groupe de 312S03_ExtracSilo312HO07.....	57
<b>Tableau IV.10</b> : les mesures de groupe de 312S03_ExtracSilo312HO07.....	57
<b>Tableau IV.11</b> : les consommateurs de groupe d'Alimentation_four .....	58
<b>Tableau IV.12</b> : les capteurs de groupe d'Alimentation_four.....	58
<b>Tableau IV.13</b> : les mesures de groupe d'Alimentation_four.....	59
<b>Tableau IV.14</b> : le régulateur de groupe d'Alimentation_four.....	59
<b>Tableau V.1</b> : les résultats de la commande PID et la commande floue.....	83

# Introduction générale

---

Le développement massif des techniques de l'automatisme a permis le passage de la machine automatisée à celui des systèmes automatisés de production, qui gèrent l'alimentation en énergie et qui permettent d'avoir une meilleure qualité des produits en plus de la sécurité et de la flexibilité des processus, mais cela entraîne un accroissement des besoins en particulier d'alimentation four. Le développement des systèmes automatisés de production a exigé un développement important des techniques et méthodes du contrôle de ce dernier. Plusieurs techniques sont utilisées à savoir les techniques d'Intelligence Artificielle, tels que la commande par logique floue.

L'automate programmable industrielle A.P.I est aujourd'hui le constituant le plus répandu pour réaliser des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les secteurs de l'industrie car il répond à des besoins d'adaptation et de flexibilité pour un grand nombre d'opérations. Cette émergence est due en grande partie, à la puissance de son environnement de développement et aux larges possibilités d'interconnexions.

Le but de ce projet est le développement d'un système basé sur l'application d'un contrôleur PID commandé par FUZZY LOGIC et faire la programmation par PCS7(Process Control System) pour la gérer des vannes proportionnels pour l'alimentation en "cru" du four rotatif de la cimenterie SCMI, actuellement le système est commandé par un régulateur PID afin d'optimiser la commande de ce système et augmenter leurs durée de vie ces vannes proportionnelles, on va réaliser un régulateur PID commandé par logique floue.

Dans ce cadre, nous avons organisé notre plan de travail en Cinq chapitre qui se résume suit :

**Chapitre I** : sera consacré à la présentation de la société et connaître le processus de la fabrication de ciment au sien de la cimentier de Meftah.

**Chapitre II** : s'intéressera plus à l'atelier alimentation four pour connaître les différentes instrumentations et capteurs installés, ainsi que leurs principe de fonctionnement.

**Chapitre III** : c'est l'essentielle de notre travaille, on va essayer de modéliser notre système afin qu'on puisse définir les paramètres du régulateur PID, puis faire une construction d'un régulateur PID commandé par logique floue.

**Chapitre IV** : sera voué uniquement à la présentation de l'automate programmable S7.400 et la programmation par PCS7.

**Chapitre V** : le dernier chapitre sera voué à la supervision par WinCC et les résultats obtenu à la simulation sous Matlab

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

---

## I.1 Présentation de la société :



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

La SCMI est une entreprise algérienne filiale du groupe GICA, spécialisée dans la fabrication de ciment. En partenariat avec Lafarge Depuis juin 2008, date de signature et mise en vigueur du contrat de management.

Le réseau national de la SCMI lui permet de fournir ses produits sur tout le territoire national. Son procédé de fabrication spécifique procure à son ciment une excellente qualité respectant les normes internationales de fiabilité et de respect de l'environnement.

La culture de SCMI repose sur les valeurs fondamentales de respect, de confiance, de responsabilité et d'autonomie. SCMI a consigné cette approche éthique dans un code

d'action écrit, le SCMI Way, qui inspire l'action de tous les collaborateurs, partout dans le monde.

Ce chapitre va comporter une présentation de la cimenterie de MEFTAH afin de donner une idée générale sur les différentes étapes de la production de ciment.

## **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.

La chaîne de production est composée de cinq ateliers qui correspondent au processus habituel de fabrication du ciment par voie sèche. L'implantation est en «ligne continue».

Pour la fabrication du ciment. La cimenterie utilise quatre matières, à savoir le calcaire, l'argile, sable et le minerai de fer et on ajoute le gypse et le tuf.

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

Les matières premières nécessaires à la fabrication du ciment sont le calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ), l'argile ( $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ ), le sable, minerai de fer et les deux ajouts 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 °C) pour donner le clinker.

Les granulés de clinker sont introduits dans broyeur à boulet avec des ajouts (gypse, tuf) où 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 I.2)

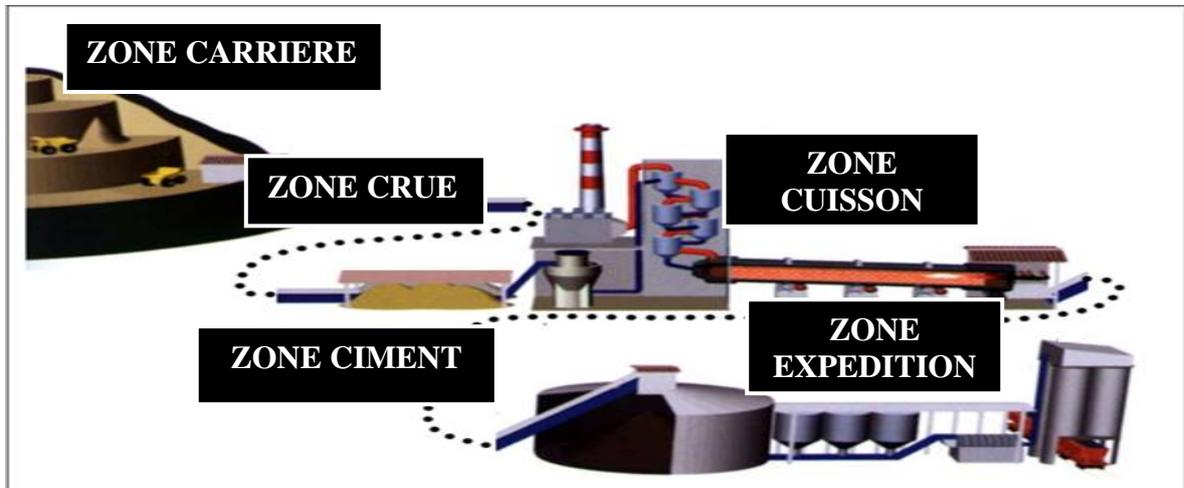


Figure I.2 : Schéma du processus de fabrication du ciment

### I.4.1 Zone carrière calcaire :

Elle est constituée d'un concasseur et des tapis pour transporter le calcaire vers le hall de stockage

#### I.4.1.1 L'extraction des matières premières :

Les matières premières sont extraites des parois rocheuses d'une carrière à ciel ouvert par abattage à l'explosif ou à la pelle mécanique.

#### I.4.1.2 Le chargement :

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

**I.4.1.2.1 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.

**I.4.1.2.2 Concassage :** Le concassage est une opération destinée à la réduction des blocs de calcaires qui sont obtenus pendant l'extraction.

#### I.4.2 Zone crue :



**Figure I.3 :** Zone Crue

La matière premières (80% de calcaire et 20 % d'argile) est ensuite entreposée dans le hall pré homogénéisation (**Figure I.3**), ce mélange est appelé « matière crue ».

##### I.4.2.1 Hall calcaire :

Le gratteur 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.

##### I.4.2.2 Hall ajouts :



**Figure I.4 :** Hall de pré homogénéisation.

On a deux grappeurs semi portiques (à palette) qui servent à gratter les ajouts (argile, sable, fer) (**Figure I.4**), il déverse les produits sur un tapis pour les transporter aux trémies. Il existe 4 trémies (calcaire, fer, argile, sable). 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 vers le broyeur à marteau qui sert à concasser la matière.

#### **1.4.2.3 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).

#### **1.4.2.4 Le broyeur à boulets :**



**Figure I.5 :** broyeur a cru.

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.5**). 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.

#### **I.4.2.5 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.6**). Chaque silos est équipé de deux sorties latérales pouvant assurer la totalité du débit farines vers le four.



**Figure I.6 :** Atelier homogénéisation.

#### **I.4.3 Zone cuisson :**

La ligne de cuisson est constituée (**Figure I.7**) :

- D'un pré chauffeur.
- D'un four rotatif.
- D'un refroidisseur.



**Figure I.7 :** Zone Cuisson.

#### I.4.3.1 Préchauffage :

La matière crue est introduite dans une tour de préchauffage à 800 °C avant de rejoindre le four rotatif vertical ou elle est portée à une température de 1450 °C. La combustion provoque une réaction chimique appelée « décarbonatation » qui libère le CO<sub>2</sub> contenu dans le calcaire.

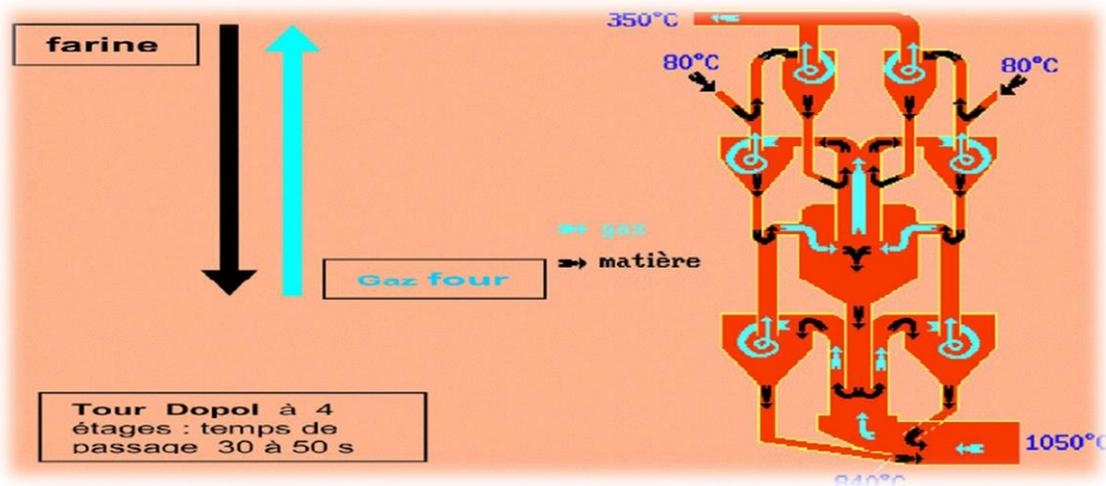


Figure I.8 : Tour à cyclone

Le préchauffage se fait dans une série de cyclones (**Figure I.8**), disposés verticalement sur plusieurs étages, appelée « préchauffeur ». La matière froide, introduite dans la partie supérieure, se réchauffe au contact des gaz. D'étage en étage, elle arrive partiellement décarbonatée, jusqu'à l'étage inférieur, à la température d'environ 800 °C.

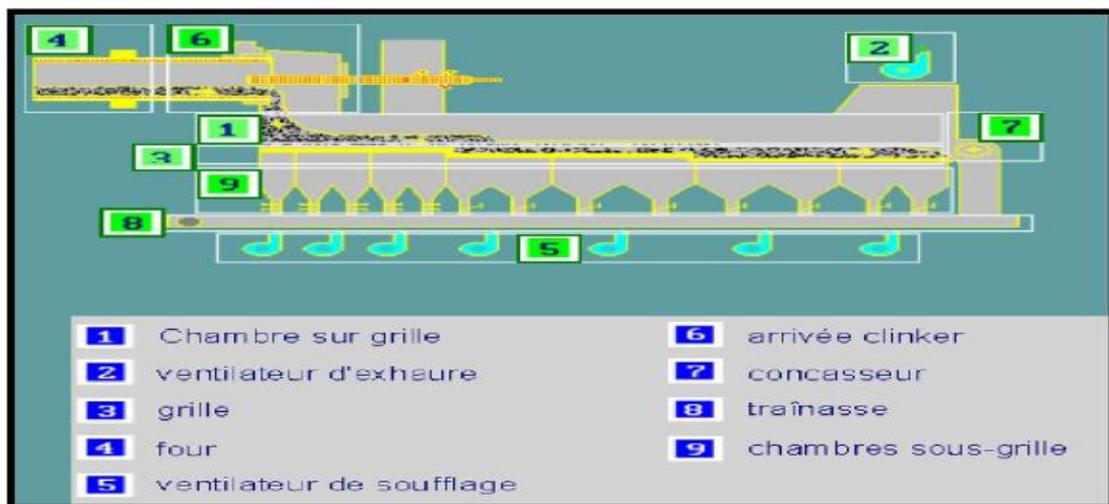
#### I.4.3.2 Four rotatif :



Figure I.9 : Le four rotatif.

Les systèmes des fours sont conçus en cimenterie pour répondre aux exigences chimiques du procédé durant lequel la matière crue est transformée en clinker. Le four rotatif est un cylindre en acier reposant sur des stations de roulement (**Figure I.9**), il est garni intérieurement par des produits réfractaires. Durant la cuisson, le four rotatif est animé d'un mouvement de rotation, la disposition en pente du four permet le mouvement de la matière première qui est injectée de l'autre extrémité par rapport à la flamme de chauffe. Durant ce déplacement, la matière se transforme par cuisson tout en avançant de son état initial jusqu'à ce qu'elle devienne "clinkérisée" à la température de 1450 °C.

#### I.4.3.3 Refroidisseur à clinker :



**Figure I.10** : Vue technique de Refroidisseur

A la sortie du four, le clinker est introduit dans un refroidisseur à ballonnets ou à grilles où il est refroidi jusqu'à une température de 120 °C. Le rôle des refroidisseurs consiste à garantir la trempe du clinker pour avoir une structure minéralogique et des dimensions de cristaux favorables. Les refroidisseurs permettent aussi de baisser la température du clinker pour faciliter la manutention jusqu'aux silos de stockage (**Figure I.10**).

#### **I.4.4 Zone ciment :**

L'atelier de zone ciment est composé de deux lignes électriques (**Figure I.11**) :



**Figure I.11 : Zone ciment**

##### **I.4.4.1 le remplissage des trémies :**

Le clinker issu du four est stocké dans des silos qui d'une part, confèrent à l'atelier de broyage ciment, une autonomie de marche en cas d'arrêt intempestif du four et d'autre part, prémunissent le clinker d'une dégradation physico-chimique que causerait un stockage prolongé à l'air libre.

##### **I.4.4.2 Broyeur ciment :**

Après le dosage des matières :

Clinker 80%

Ajouts 15%

Gypse 5%

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 ajouts se fait à l'entrée du broyeur par

un système de dosage automatique chargé d'effectuer des tests dans le laboratoire tout au long du processus de production. 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 phase du processus de production du ciment, qui se fait en sacs et en vrac (**Figure I.12**).



**Figure I.12** : Zone expédition

##### **I.4.5.1 Expédition en sac :**

Le ciment est transporté à partir des silos de stockage vers les quatre ensacheuses, pour livrer des sacs de 50 (KG) par une bande transporteuse et chargés sur des camions à bennes (**Figure I.13**).



**Figure I.13** : Expédition en sac

#### **I.4.5.2 Expédition en vrac :**

Le remplissage se fait par un flexible branché au fond d'une trémie et qui est dirigé par l'opérateur pour mettre à l'intérieur de la bouche de cocotte des camions pour les remplir (**Figure I.14**). [1]



**Figure I.14** : Expédition en vrac.

### **I.5 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons décrit le processus de fabrication du ciment, après l'avoir divisé en cinq zones principales et cela nous a permis de mieux cerner la zone qui est l'objectif de notre projet.

Dans le prochain chapitre nous allons présenter les différentes instrumentations de l'atelier alimentation trémie.

# Chapitre II : Les différents instrumentations et actionneurs de l'atelier alimentation trémie et problématique

## II.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter les processus technologique et les différents équipements de l'atelier d'alimentation four ainsi que son principe de fonctionnement. Ensuite on passe à l'identification des différentes instruments de système que nous allons développer.

## II.2 Présentation des différents équipements de l'atelier alimentation trémie :

L'atelier d'alimentation four que nous allons programmer contient (**figure I.1**) :

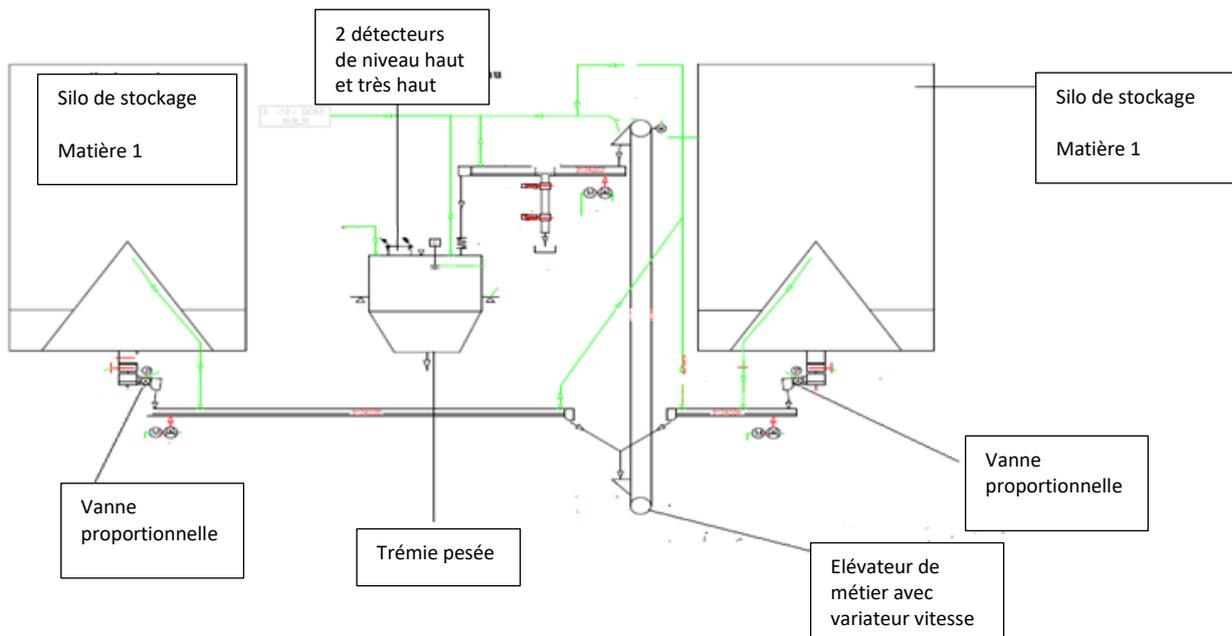


Figure II.1 : Illustration de l'atelier alimentation four.

## II.2.1 La vanne doseuse :



**Figure II.2** : la vanne doseuse.

La société SCMI utilise les vanne doseuses Claudius Peters, elle est utilisée partout où des matières pulvérulentes doivent être déchargées en contrôlant le débit (**figure II.2**) on la trouve au bas de silo d'homogénéisation [1].

### II.2.1.1 Principe de fonctionnement :

- La vanne doseuse constituée d'une boîte en acier logeant une vanne. Elle est étanche et prête à l'utilisation grâce à une cassette équipée d'un joint de vanne. Elles sont accessibles (La cassette et le joint de vanne) pour un éventuel remplacement. En position de FERMETURE la vanne doseuse arrête le débit de matières.
- La vanne est munie d'une ouverture d'écoulement (section utile doseuse) varié de 0 à 100 %. Une échelle montre le taux de l'angle d'ouverture de la vanne.
- La vanne se déplace en continu à l'aide d'un entraînement rotatif pneumatique équipé d'un positionneur électropneumatique. Le positionneur électropneumatique règle la vanne en fonction de la valeur de consigne de 4...20mA.
- Le réglage du positionneur électropneumatique s'effectue directement sur l'appareil ou via la fonctionnalité HART.
- La vanne doseuse est fermée à l'état hors tension.

## II.2.2 L élévateur :

Le transport de la crue de L'aérogliissière vers la trémie. Ce fait par une chaine et godets conçu pour le transport de la matière à granulométrie du bas vers le haut.

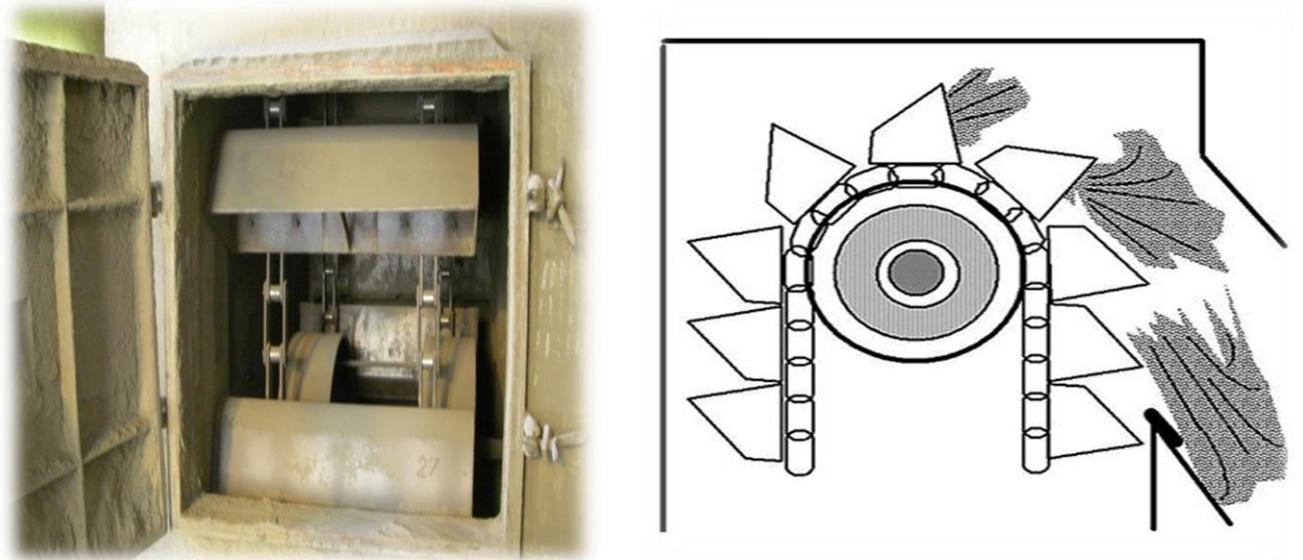


Figure II.3 : L'élévateur.

### II.2.2.1 Principe de fonctionnement :

- La matière est déchargée par gravité et force centrifuge, les godets passent sur le tourteau de tête, et glisse sur la face frontale du Godet précédent, (**figure II.3**).
- La matière est orientée dans la Goulotte de Décharge de l'Elévateur par la face du godet précédent
- Une lèvre réglable (bavette de décharge) réduit la recirculation de matière vers l'arrière.

### II.2.3 Les silos d'homogénéisations :

Le silo est un instrument de stockage et d'homogénéisation, ce dernier sert à mélanger en permanence et stocker des matières minérales en vrac qui peuvent facilement fluidifier.

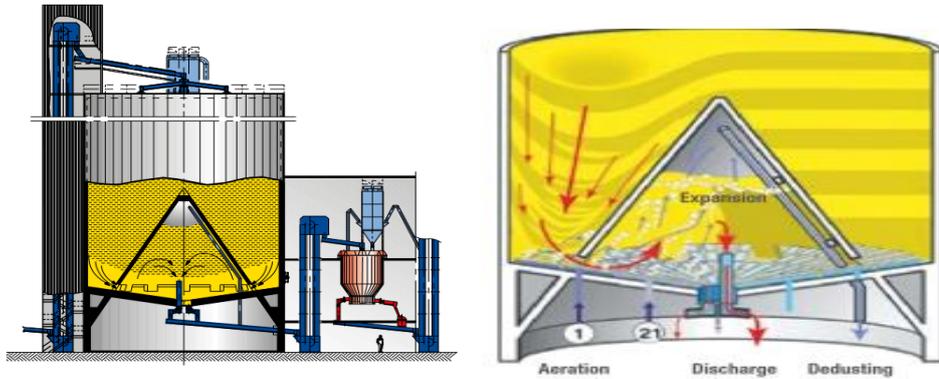


Figure II.4 : Un silo homogène.

#### II.2.3.1 Principe de fonctionnement :

- introduction des matières en vrac par couches horizontales.
- homogénéisation de ces couches au moyen de trombes verticales d'évacuation dans la chambre principale du silo (figure II.4).
- mélange pneumatique final des matières en vrac dans la chambre de mélange.

### II.2.4 L'aéroglièsière :



Figure II.5 :L'aéroglièsière.

Une Aéroglissière 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 trémie on a trois aéroglissières, une pour le transport de la matière de l'élevateur vers la trémie et les deux autres on les trouve au-dessus des vannes proportionnelles pour le transport de la matière vers l'élevateur [2].

#### II.2.4.1 Principe de 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, (**figure II.5**).
- 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.3 Les différents capteurs de l'atelier alimentation trémie :

#### II.3.1 Le contrôleur de rotation :

C'est un capteur de proximité Inductif placé en face du tambour de renvoi et de tension avec une distance très proche (**figure II.6**) [1].



**Figure II.6** : Un contrôleur de rotation.

### II.3.1.1 Principe de fonctionnement :

- Le contrôleur de rotation est vissé directement en bout d'arbre de la machine à contrôler
- On a sur la face de tambour un métal sous forme de X, ce capteur est placé d'une manière qu'il puisse capter le métal et le vide quand le tambour est en mouvement de rotation.
- Le passage du métal devant le capteur lui donne un nombre bien déterminé d'impulsions à une vitesse constante, dès que le nombre d'impulsion se change, le temporisateur qui est intégré au capteur se déclenche et mis à l'arrêt automatique du système.

### II.3.2 Les fins de course (TOR) :

Les fins de course sont des capteurs de position les plus simples, ils permettent de contrôler la position d'un élément de machine (toute ou rien) (**figure II.7**).

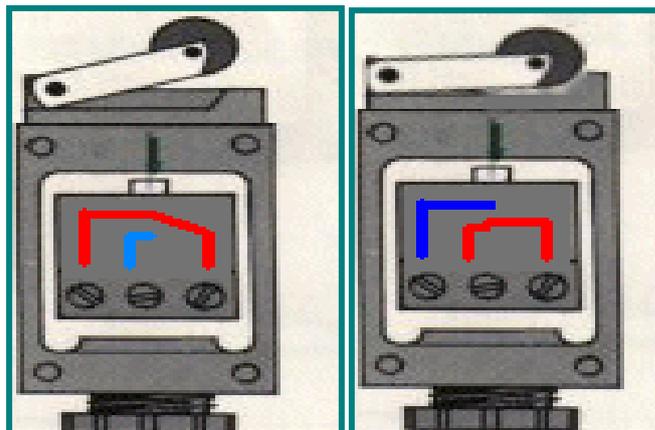


Figure II.7 : capteur fin de course.

#### II.3.2.1 Principe de fonctionnement

- C'est un commutateur, commandé par le déplacement d'un organe de commande (Corps d'épreuve).
- Lorsque le corps d'épreuve est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique solidaire du corps d'épreuve.

- De nombreux modèles peuvent être associés au corps : tête à mouvement rectiligne, angulaire ou multi direction associé à différents dispositifs d'attaque (à poussoir, à levier, etc.)

### II.3.3 Capteur de force piézo-électrique :



**Figure II.8** : capteur de pesage

Capteur actif, utilisant le principe de la piézo-électricité, générant une quantité de charge en fonction de la force auquel il est soumis, ce type de capteur est utilisé pour le pesage de crue au dessus de la tremie.

### II.3.4 L'arrêt d'urgence :



**Figure II.9** : arret d'urgence.

Les arrêts d'urgence sont des interrupteurs d'arrêt. Ce dispositif interrompte la marche de la bande et tout le circuit qui l'alimente d'une manière instantanée. Il est nécessaire de réarmer cet appareil pour la remise en marche du circuit.

### II.3.5 Capteur de niveau (lame à la tige vibrante) :

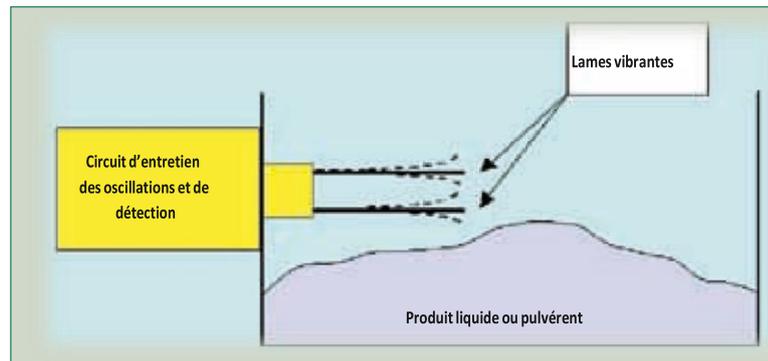


Figure II.10 : capteur de niveau

C'est un détecteur de niveau qui est constitué de deux lames métalliques parallèles sont amenées par effet piézoélectrique à leur fréquence de résonance (**Figure II.10**).

#### II.3.5.1 Principe de fonctionnement :

- Lorsqu'elles entrent en contact avec le produit, la fréquence ainsi que l'amplitude de vibration de ces deux lames diminue. Pour la détection d'un niveau de liquide, on détecte la variation de fréquence d'oscillation
- Pour la détection d'un niveau de produit solide en poudre ou en grains pas trop gros, un circuit électronique détecte la variation d'amplitude des oscillations des lames.
- Pour les solides, il existe aussi des sondes à tige vibrante (une seule tige de gros diamètre au lieu des deux lames) pour éviter que les produits se coincent entre les deux lames.

### II.3.6 détecteur de bourrage :

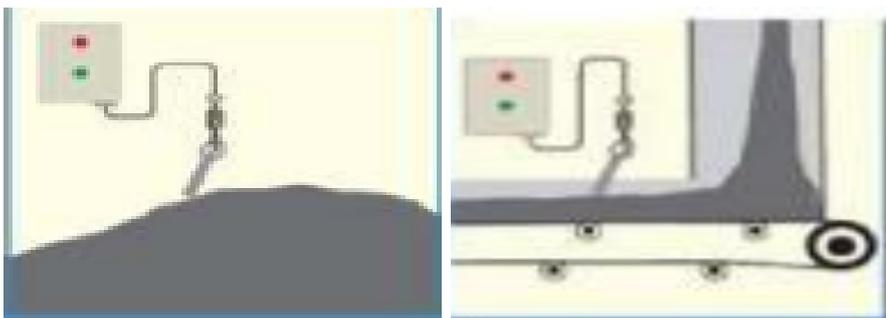


Figure II.11 : détecteur de Bourrage.

Le détecteur de bourrage est utilisé pour la détection de toute anomalie (bourrage de produit pulvérulent). On le trouve à la sortie de l'aéroglossière (**Figure II.11**).

#### **II.3.6.1 Principe de fonctionnement :**

- Ce dernier est suspendu par l'intermédiaire d'un câble ou d'une chaîne à la hauteur voulue de la détection du produit lorsque le produit atteint le détecteur celui-ci s'incline selon l'angle naturel de talutage et provoque l'arrêt.

#### **II.3.7 Capteur de pression :**

Le capteur de pression est un dispositif destiné à convertir les variations de pression en variations de tension électrique. L'unité de pression fournie par la sonde peut être exprimée en bar ou pascal (Unité du SI), etc (**Figure II.12**).



**Figure II.12** : capteur de pression.

#### **II.3.8 Capteur de température (CTP) :**

Les capteurs de température C.T.P. (Coefficient de Température Positif) sont des résistances réalisées à partir de matériaux semi-conducteurs, dont la valeur de résistance augmente considérablement quand la température s'élève, on le trouve dans l'élévateur (**Figure II.13**) [1].



**Figure II.13** : capteur de température CTP

### II.3.8.1 Principe de fonctionnement :

- Ces sondes seront principalement utilisées pour la surveillance de la température des silos.
- La sensibilité des C.T.P. permet d'éviter les surchauffes des machines tournantes. Pour la protection des moteurs électriques, elles seront directement logées dans le bobinage. La résistance Ohmique de la C.T.P. augmentant très rapidement à partir d'un seuil de température annoncé, on choisit la température de déclenchement de la sonde en fonction de l'échauffement maximum admissible du moteur.

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

### II.4.1 Moteur élévateur :

C'est un moteur électrique asynchrone, "une machine asynchrone est une machine à induction dont la vitesse en charge et la fréquence du réseau, auquel elle est reliée, ne sont pas dans un rapport constant". Ce dernier est le plus répandu des moteurs électriques, il est simple, de construction robuste. Ces avantages sont surtout dus au fait que le rotor n'est branché à aucune source extérieure de tension, sauf dans le cas d'un moteur à rotor bobiné.

### II.4.2 Sas rotatif :

Assure le passage de la matière en ayant une étanchéité basse pression ou une introduction matière pour un transporteur pneumatique (<1bar) (**Figure II.14**)



**Figure II.14** : Sas rotatif.

#### II.4.2.1 Principe de fonctionnement

- La matière pénètre dans le sas ou le rotor donne une quantité voulue en fonction de ses pales et de sa vitesse de rotation.
- La matière est évacuée par gravité ou par un transport pneumatique dans ce cas un dispositif de dégazage sera nécessaire.
- Le sas assure une étanchéité entre l'alimentation et l'évacuation de la matière

#### II.4.3 Les ventilateur :

Déplace l'air d'un emplacement à un autre en créant une pression différentielle qui crée un courant d'air (**Figure II.15**).



**Figure II.15** : un ventilateur

#### II.4.3.1 Principe de fonctionnement

- Le moteur de commande entraîne le rotor du Ventilateur
- Le ventilateur renvoie l'air vers l'extérieur grâce à la force centrifuge
- Cela crée une pression statique négative ( $P_s$ ) à l'entrée du ventilateur
- La pression atmosphérique ( $P_a$ ) force l'air dans l'entrée
- L'air qui quitte le ventilateur a une pression positive.
- La Pression totale = Pression dynamique + Pression Statique ( $P_t = P_s + P_d$ )

## II.4.4 Les surpresseurs :

La fonction d'un Surpresseur est de fournir un débit d'air sec (**Figure II.16**).



**Figure II.16** : Le surpresseur.

### II.4.4.1 Principe de fonctionnement

- 2 lobes spécialement conçus tournent en directions opposés dans un carter ajusté, ils créent un volume d'air constant sans compression à partir de l'entrée jusqu'à la décharge à chaque rotation de l'arbre de commande du surpresseur.
- Pas de lubrification exigée dans le cylindre - les composants tournants avec un jeu très faible mais sans contact.
- Le positionnement du rotor est assuré par des engrenages de chronométrage de précision apposés à chaque arbre du rotor.

## II.4.5 Les compresseur :

La fonction du Compresseur est de produire de l'air comprimé à pression relativement haute (**Figure II. 17**) [2].



**Figure II. 17** : un compresseur.

### II.4.5.1 Principe de fonctionnement

- Tous les compresseurs fonctionnent de la même façon, ils emprisonnent un volume d'air qu'ils réduisent pour faire augmenter la pression.

## II.5 Problématique :

Les paramètres de régulateur PID actuelle sont faits par default.

Le régulateur actuel donne un dépassement important ce dépassement peut provoquer un arrêt d'atelier.

La vanne actuel se ferme et s'ouvre trop donc le débit de matière n'est pas stable qui provoque une influence directe sur l'équipement mécanique.

## **II.6 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents équipements de l'atelier alimentation trémie et comprendre leur principe de fonctionnement, ainsi que les différents capteurs et actionneurs utilisés dans le système.

Dans le prochain chapitre on va développer le modèle de système (la modélisation de système).

# Chapitre III : Modélisation du système et construction du régulateur floue.

---

## III.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons aborder le cœur de notre travail qui consiste à faire une modélisation du système afin qu'on puisse définir les paramètres du régulateur PID pour l'alimentation trémie, et faire une étude d'optimisation de ce dernier par un régulateur PID commande par la logique floue.

## III.2 Modélisation du système alimentation trémie :

### III.2.1 Définition de la modélisation :

La modélisation de processus consiste à structurer et à représenter les activités d'une organisation. Elle peut s'appuyer sur des méthodes et outils spécialisés, et met en œuvre des cadres de références de processus.

### III.2.2 Définition du régulateur PID :

Le régulateur PID ou correcteur PID (proportionnel, intégrateur, dérivateur ou proportionnel, intégral, dérivé) est un système de contrôle, permettant d'effectuer un asservissement en boucle fermée d'un système industriel. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie, et il permet de régler un grand nombre de grandeurs physiques.

Le correcteur PID agit de trois manières :

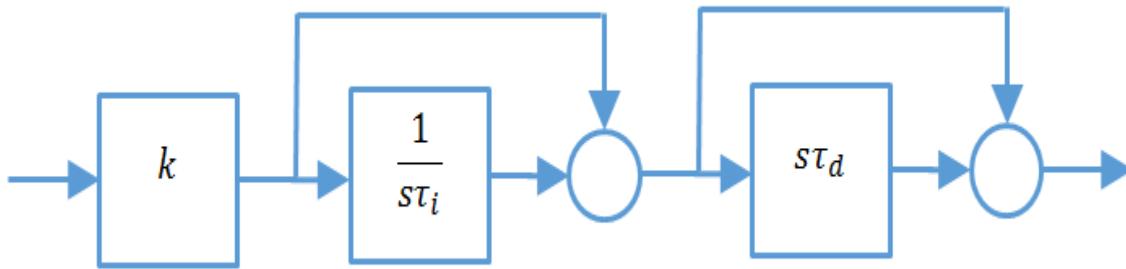
- action proportionnelle : l'erreur est multipliée par un gain  $G$ .
- action intégrale : l'erreur est intégrée et divisée par un gain  $Ti$ .
- action dérivée : l'erreur est dérivée et multipliée par un gain  $Td$ .

Il existe généralement trois architectures possibles pour combiner les trois effets de ce dernier :

- Le régulateur PID série

Le forme sont décrites par l'équation ci-dessous :

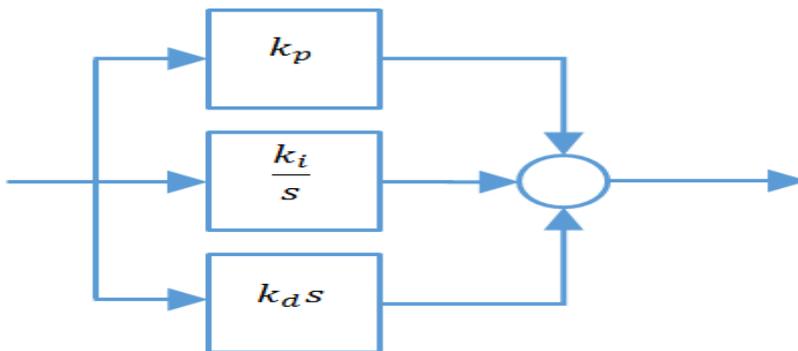
$$C_{serie}(s) = k(1 + 1/(s\tau_i))(1 + s\tau_d)$$



- Le régulateur PID parallèle

Sont écrites par cette équation :

$$C_{parallele}(s) = k_p + k_i/s + k_d s$$



Ce qui est important de remarquer, c'est que ces deux formes sont mathématiquement équivalentes. Ainsi un régulateur sous forme série pourra être mis sous forme parallèle à partir des équations de transformation suivante :

$$k_p = k(1 + \tau_d/\tau_i)$$

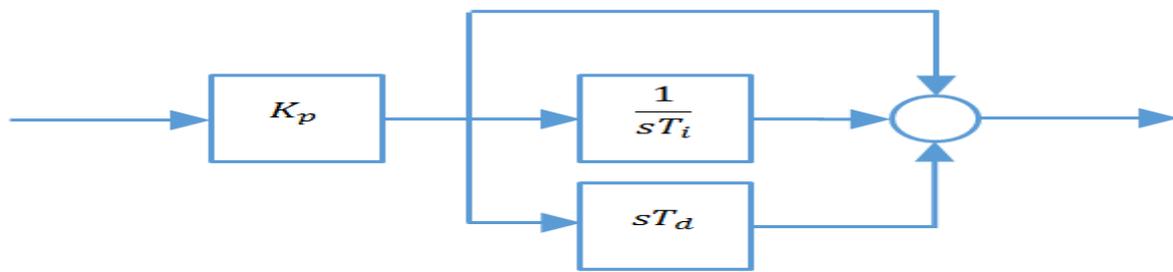
$$k_i = k/\tau_i$$

$$k_d = k\tau_d$$

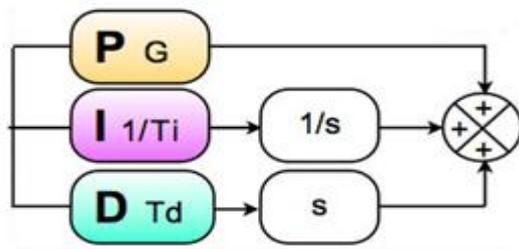
-Le régulateur PID mixte

Sont t'appelée "standard", "mixte" ou parfois "idéal". Elle est définie par l'équation ci-dessous :

$$C_{standard}(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d \right)$$



Dans notre système on travaille avec un PID d'architecture parallèle (**figure III.1**).

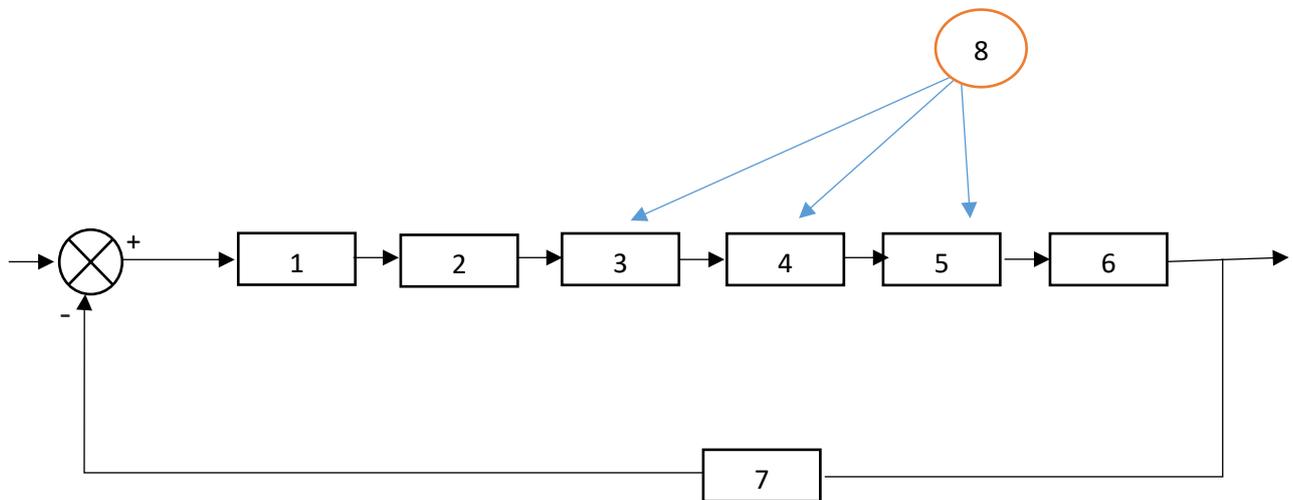


**Figure III.1** : Architecture parallèle du PID.

### III.2.3 Description de la boucle de régulation :

Une boucle de régulation est un dispositif constitué d'un ou de plusieurs capteurs mesurant une grandeur physique à Contrôler, notre boucle de régulation est constitué d'un

contrôleur PID, une vanne proportionnelle et deux aérogliasseur, un élévateur et un capteur de pesage. (Figure III.2).



**Figure III.2 :** la boucle de régulation du notre système.

- 1\_ Le contrôleur PID.
- 2\_ La vanne proportionnelle.
- 3\_ L'aérogliessere (pour le transport de la matière).
- 4\_ L'élévateur (Pour le transport de la matière)
- 5\_ L'aérogliessere (pour le transport de la matière)
- 6\_ La trémie.
- 7\_ le capteur de pesage.
- 8\_ la ligne complète de transport de la matière.

### III.2.3.1 Identification de la vanne doseuse :

Pour l'identification de la vanne doseuse on utilise la méthode de 63% d'après le graphe de fonctionnement de cette vanne doseuse :

$$H(s) = \frac{k}{1 + Ts}$$

Telle que : **K** : gain statique.

**T** : constante de temps.

D'après la méthode :

$$Y(T) = (0.63 * \Delta Y) + Y_1 \quad \text{avec } Y_1 = 0$$

$$Y(T) = 0.63 * 65 = 40.95$$

Après la projection en trouve  $T = 2s$

$$K = \Delta Y / \Delta X = 30 - 0 / 60 - 0 = 0.5$$

La fonction de ce système est :

$$V(s) = \frac{0.5}{1 + 2s}$$

### III.2.3.2 La fonction de transfert de la trémie :

On utilise la méthode de BERNOULLI pour trouver la fonction de transfert de la trémie. (Figure III.3).

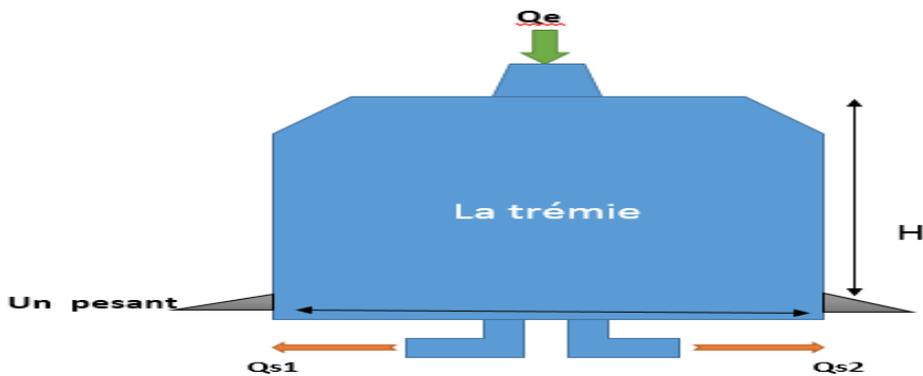


Figure III.3 : la trémie

On a :

Le débit d'entrée – le débit de la sortie = la surface \* la variation de la hauteur

$$\text{➤ } Q_e - Q_s = S * (dh/dt) \dots \dots \dots 1$$

$$Q_e - Q_{s1} - Q_{s2} = S * (dh/dt)$$

Telle que :  $Q_e$  : le débit d'entrée.

$Q_s$  : le débit de la sortie.

$S$  : la surface de la trémie.

$\frac{dh}{dt}$  : la variation de la hauteur par rapport  
au temps .

On a :  $Q_{s1} = Q_{s2}$  donc  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$

$\left\{ \begin{array}{l} Q_{s1} = \alpha_1 * h \\ Q_{s2} = \alpha_2 * h \end{array} \right.$  telle que :  $h$  : la hauteur de la trémie.  
 $\alpha$  : Constante (coefficient de  
Restriction).

On remplace  $Q_{s1}$  et  $Q_{s2}$  dans ...1 :

On aura :

$$Q_e - (\alpha_1 + \alpha_2) * h = S * \left(\frac{dh}{dt}\right) \dots\dots\dots 2$$

Dans notre système on peut mesurer le poids, dans la fonction on a la hauteur, donc on est obligé de trouver une relation entre  $h$  en fonction de  $m$ .

$\left\{ \begin{array}{l} V = h * s \\ \rho = m/v. \\ h = m / (\rho * s) \end{array} \right.$  Telle que :  $V$  : le volume de la trémie.  
 $m$  : la masse.  
 $\rho$  : la masse volumique.

$$\frac{dh}{dt} = \frac{1}{\rho * s} * \frac{dm}{dt} \dots\dots\dots 4$$

On remplace  $h$  dans .....2 :

$$(1/\rho) * (dm/dt) + ((\alpha_1 + \alpha_2) / (\rho * S)) * m(t) = Q_e(t)$$

\_ La transformé de LAPLACE :

[

$$(1/\rho * s * m(s) + ((\alpha_1 + \alpha_2) / (\rho * S)) * m(s) = Qe(s)$$

$$(s)[(s/\rho) + (\alpha_1 + \alpha_2) / (\rho * S)] = Qe(s)$$

$$m(s)/Qe(s) = 1 / ((\alpha_1 + \alpha_2) / (\rho * S)) + (1/\rho)s.$$

On le rendre on forme canonique :

$$\frac{M(s)}{Qe(s)} = \frac{k}{1+Ts}$$

$$G(s) = \frac{m(s)}{Qe(s)} = \frac{\frac{S * \rho}{\alpha_1 + \alpha_2}}{(1 + \left(\frac{1}{\rho}\right) * \frac{S * \rho}{(\alpha_1 + \alpha_2)}) * s}$$

La fonction de transfert de la trémie est :

$$G(s) = \frac{m(s)}{Qe(s)} = \frac{\frac{S * \rho}{\alpha_1 + \alpha_2}}{(1 + \frac{S}{(\alpha_1 + \alpha_2)} * s)} = \frac{k}{1 + Ts}$$

Donc.

$$k = \frac{S * \rho}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad ; \quad T = \frac{S}{(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

**AN:**

$$\rho = 0.9 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 5 \text{ m}$$

$$S = 3.14 * 3^2 = 228.4 \text{ m}^2$$

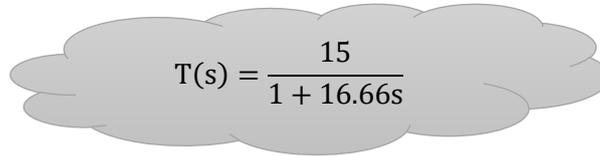
$$\alpha = Qs/h = 121/5 = 21.22 \text{ t/hm} = 6.65 \text{ m/s}$$

On remplace:

$$k = \frac{0.9 * 218.4}{2 * 6.65} = 15$$

$$T = \frac{218.4}{2 * 6.65} = 16.66 \text{ s}$$

La fonction de ce système est :



$$T(s) = \frac{15}{1 + 16.66s}$$

### III.2.3.3 Modélisation des trois retards (aéroglossière 1 et 2 et l'élèveur) :

#### III.2.3.3.1 Elévateur :

On considère la fonction de transfert d'élèveur comme un retard :

$$E(s) = e^{-Ts}$$

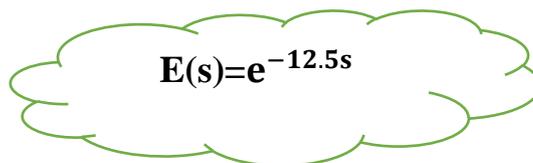
Telle que :  $T = l/v$

**ANA :**

L = : la longueur d'élèveur = 15m

V = la vitesse d'élèveur = 1.2m/s

Alors  $T = \frac{l}{v} = \frac{15}{1.2} = 12.5 \text{ sec}$



$$E(s) = e^{-12.5s}$$

#### III.2.3.3.2 Aeroglossière 1:

On considère la fonction de transfert d'Aeroglossière 1 comme un retard :

$$E1(s) = e^{-T1s}$$

Telle que :  $T1 = \frac{l}{v}$

**AN :**

L=25 m

V=0.89 m/s

$$\text{Alor } T1 = \frac{25}{0.89} = 28.1 \text{ sec}$$

$$E1(s) = e^{-28.1s}$$

### III.2.3.3.3 Aeroglissière 2 :

On considère la fonction de transfert d'Aeroglissière 2 comme un retard :

$$E1(s) = e^{-T2s}$$

$$\text{Telle que : } T2 = \frac{1}{v}$$

**AN :**

L=7.4 m

V=0.89 m/s

$$\text{Alor } T2 = \frac{7.4}{0.89} = 8.3 \text{ sec}$$

$$E1(s) = e^{-8.3s}$$

Donc la fonction globale de retard est :

$$R(s) = e^{-48.9s}$$

### III.2.3.3 Fonction de transfert du capteur :

C(s) = la variation de la sortie / la variation de l'entrée

C(s) =  $\Delta V / \Delta Q$  telle que  $\Delta V$  : la variation de la sortie du capteur.

$\Delta Q$  : variation de l'entrée du capteur.

**AN :**

$\Delta V = 10 - 0$  ;  $\Delta Q = 80 - 0$

$$C(s) = (10-0) / (80-0)$$

$$C(s) = 0.125 \text{ v.h/t}$$

Donc voilà le schéma bloc de système avec FT (Figure III.4)

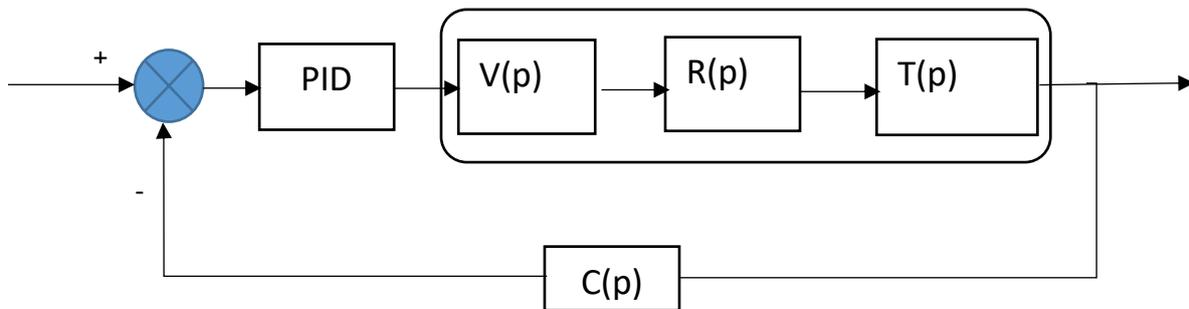


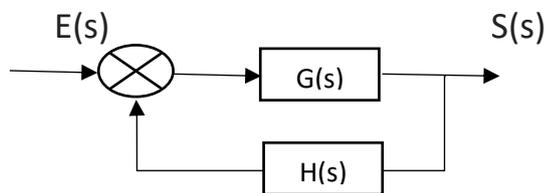
Figure III.4 : le schéma de la boucle de régulation.

Le résultat donne la fonction de transfert globale du système :

$$H(s) = V(s) * R(s) * T(s) = \frac{7.5}{33.34s^2 + 18.67s + 1} e^{-48.9s}$$

### III.3 Paramètres de régulateur PID :

On utilise la méthode de ZEIGLER-NICHOLS (méthode limite de pompage) pour trouver les paramètres de régulateur PI et PID :



- On cherchera K critique et w critique :

$$FTBo = \frac{G(s)}{1+H(s)*G(s)} ; 1+H(s)*G(s) = 0 ; G(s)*H(s) = -1$$

D'après le développement limité :

$$e^{-48.9s} = \frac{1}{1 + 48.9s}$$

$$\text{➤ } G(s) * H(s) = \frac{7.5}{1+18.67s+35.34s^2} * \frac{1}{1+48.9s} * 0.125$$

D'après la méthode de ZEIGLER (limite de pompage) on a

Kcr \* boucle ouvert = -1,

$$\frac{7.5 * kcr}{1 + 18.67s + 35.34s^2} * \frac{1}{1 + 48.9s} * 0.125 = -1$$

$$\frac{0.94 * kcr}{1629.34s^3 + 945.79s^2 + 67.57s + 1} = -1$$

On a : S=jw

$$\text{➤ } Kcr=1733.34jw^3 + 1006.16 w^2 - 71.88 jw - 1.06 ;$$

On obtient :

$$Kcr = [-1.06 + 1006.16 w^2] + j [1733.34w^3 - 71.88w]$$

Kcr positif et réelle donc :

$$\text{➤ } j(1733.34w^3 - 71.88w) = 0 \Rightarrow w = Wcr = 0.203 \text{ rd./s}$$

$$\text{➤ } kcr = -1.06 + 1006.16 w^2 \Rightarrow$$

$$Kcr = 40.40 \text{ db}$$

❖ **Kc, I, R pour un régulateur PID :**

On a :

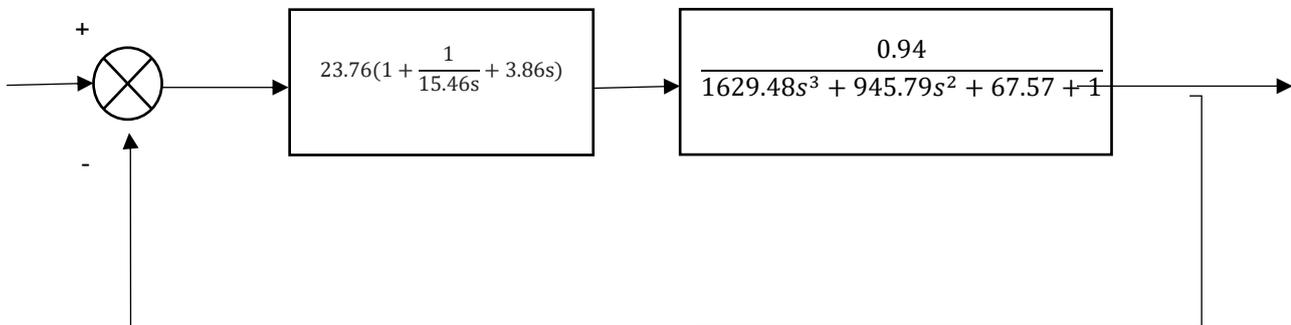
$$G_c(s) = k_c \left( 1 + \frac{1}{I s} + R s \right) \dots\dots\dots 2$$

- $k_c = \frac{k_{cr}}{1.7} = \frac{40.40}{1.7} = 23.76 \text{ db}$
- $I = \frac{\pi}{w_{cr}} = \frac{3.14}{0.203} = 15.46 \text{ db}$
- $R = \frac{\pi}{4 * w_{cr}} = \frac{3.14}{4 * 0.203} = 3.86 \text{ db}$

On remplace dans 2 :

$$G_s(s) = 23.76 \left( 1 + \frac{1}{15.46s} + 3.86s \right)$$

Alor le schéma de bloc finale est (**figure III.5**) :



**Figure III.5** : Schéma de bloc final

### III.4 L'utilisation de la logique floue pour la commande du régulateur PID :

L'intelligence humaine joue un rôle important dans la vie quotidienne, ce dernier a poussé les chercheurs au développement de l'algorithme flou.

En raison de leur simplicité d'implémentation, de mise au point et de la non nécessité modélisation mathématique du processus à commander, ils sont devenus de plus en plus appliqué dans plusieurs domaines tel que l'industriel, la médecine et les transports et ce quelle que soient la complexité des systèmes.

#### III.4.1 Les avantages du réglage par logique floue :

Les avantages principaux des régulateurs flous sont les suivants :

- Il n'est pas nécessaire de faire un modèle mathématique du système à régler.
- On peut implémenter des connaissances de l'opérateur du processus.
- On peut maîtriser les systèmes non linéaire sont difficile à modéliser
- Grâce à des processus dédiées, On peut régler des processus rapides. [13]

#### III.4.2 Schéma bloc final d'un régulateur PID commandé par logique flou :

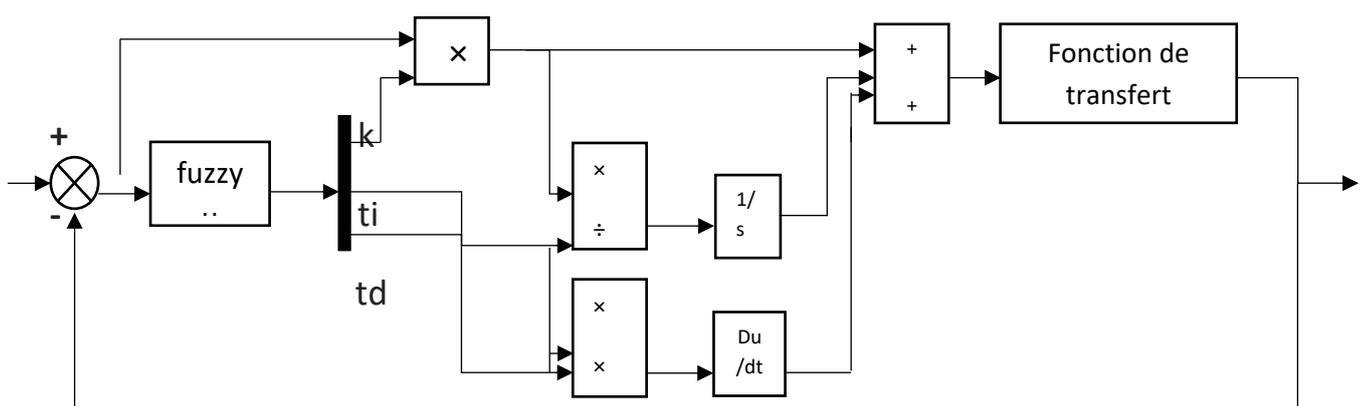
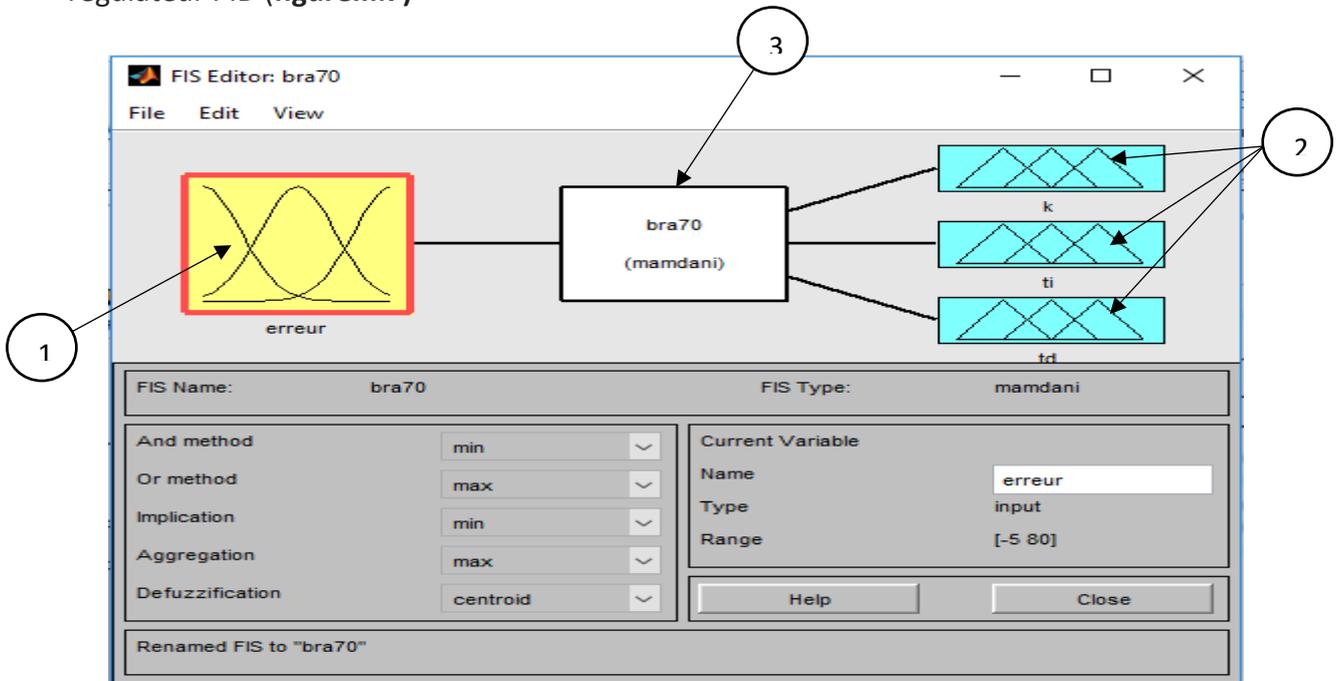


Figure III.6 : Schéma du système contrôlé par un régulateur PID commandé

Par logique flous

L'entrée de notre contrôleur flou c'est l'erreur telle que l'erreur= la consigne - la mesure, la consigne=80 et la mesure varie de [0 jusqu' a 80] mai il y'a des cas qu'on a un dépassement de la mesure. Donc l'entrée de notre contrôleur flou varie de [-5 +80].

On a trois sorties du contrôleur flou et à partir de ces sortie on va commander notre régulateur PID (**figureIII.7**)



**Figure III.7** : réglage des paramètres du bloc fuzzy logique sous Matlab

1\_ La variable l'entrée de fuzzy logique

2\_ Les variable de sortie de fuzzy logique

3\_ Les lois de mamdani

#### III.4.2.1 Variable d'entré :

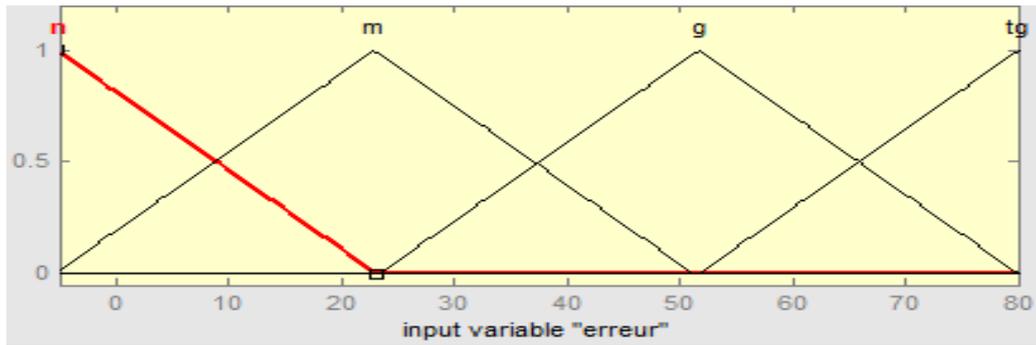
L'entrée de notre régulateur flous, c'est l'erreur de l'intervalle d'intérêt est subdivisé en quatre (4) classe (**Figure III.8**)

n : la valeur négative de de intervalle de l'erreur

m : la valeur moyenne positive de de intervalle de l'erreur

g : le grande valeur positive de de intervalle de l'erreur

tg : le très grande valeur positive de de intervalle de l'erreur



**Figure III.8 : l'erreur**

#### III.4.2.2 Variables de sortie :

Les sorties de notre système c'est les paramètres de régulateur PID ( $k_p$ ,  $t_i$ ,  $t_d$ ) l'intervalle d'intérêt de ce dernier est subdivisé en trois classe (**Figure III.9, 10,11**)

P : la petite valeur de la sortie  $k$

m : la valeur moyenne de la sortie  $k$

g : la grande valeur de la sortie  $k$

p1 : la petite valeur de la sortie  $t_i$

m1 : la valeur moyenne de la sortie  $t_i$

g1 : la grande valeur de la sortie  $t_i$

p2 : la petite valeur de la sortie  $t_d$

m2 : la valeur moyenne de la sortie  $t_d$

g2 : la grande valeur de la sortie  $t_d$

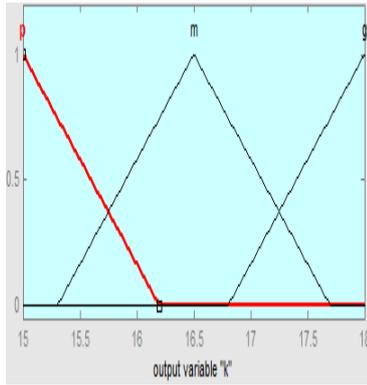


Figure III.9 : la sortie kp

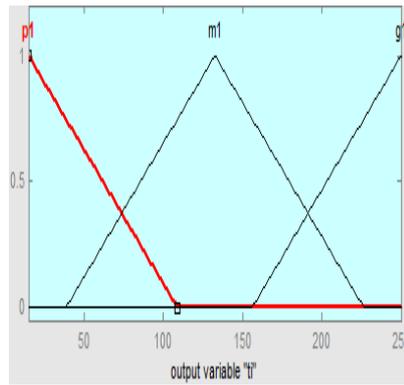


Figure III.10 : la sortie ti

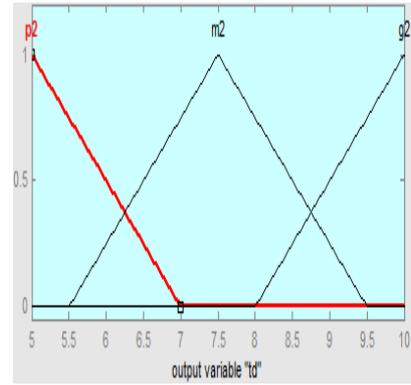


Figure III.11 : la sortie td

### III.4.2.3 Lois de mamdani :

On a réglé les paramètres de ce système sur les lois de mamdani pour le réglage de notre régulateur flous, le réglage des paramètres est fait par choix, donc on choisira chaque classe d'entrée avec les classes des sorties (Figure III.12).

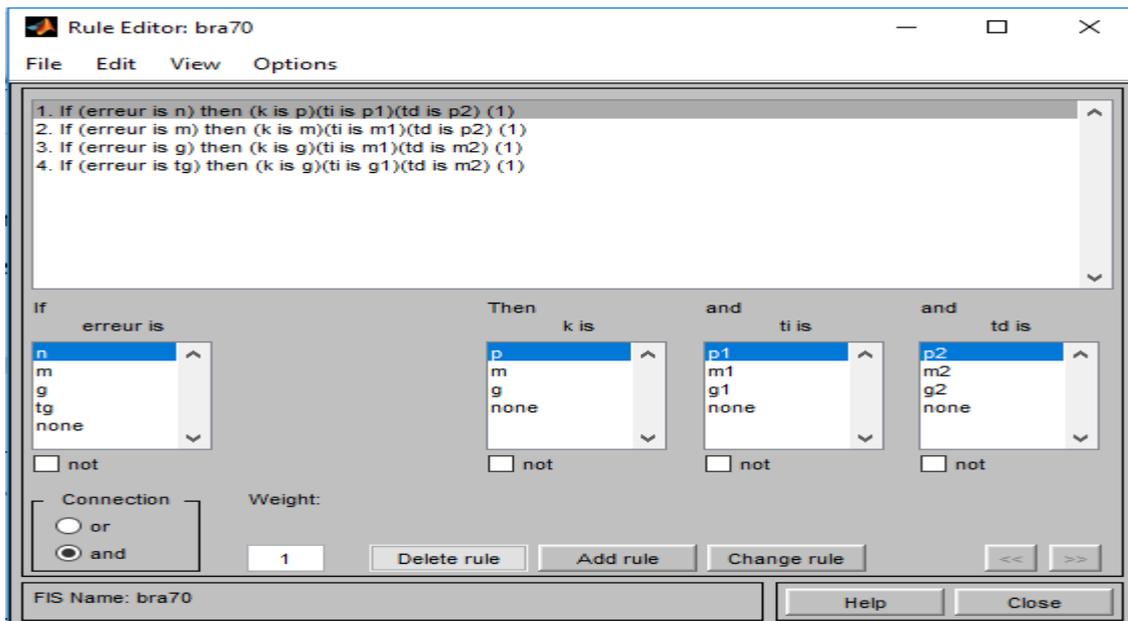


Figure III.12 : les lois de mamdani

## III.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons fait la modélisation du système d'alimentation trémie, 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 à l'aide de la méthode de ZEIGLER ET NICKOLS (méthode limite de pompage).

Dans le chapitre suivant on va faire la programmation sous PCS7

# Chapitre IV : Programmation sous PCS7

---

## IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter l'automate programmable siemens S7.400 et faire la programmation sous PCS7 pour l'atelier alimentation trémie et pour l'alimentation four.

## IV.2 Matériel de l'automatisme utilisé :

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.

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

### IV.2.1 SIMATIC.S7-400 :



**Figure IV.1 :** Automate programmable industriel (API) S7-400

Le S7-400(**Figure IV.1**) est une plateforme d'automatisation pour des solutions système dans l'industrie et le génie des procédés, qui se distingue avant tout par sa modularité et ses réserves de puissance.

Et le plus puissant API de la gamme des contrôleurs SIMATIC.

Il permet de réaliser des solutions d'automatisation performantes [4].

#### **IV.2.2 ET200M :**

Le système de périphérie décentralisé ET-200M (**Figure IV.2**) et 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[5].



**Figure IV.2 :** ET-200M.

#### **IV.3 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 [6].

#### **IV.4 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 [6].

Un projet ou multi projet PCS 7 est constitué des objets suivants :

- Configuration matérielle
- Blocs (organisation)

- Diagrammes CFC et SFC

## IV.5 Création d'un nouveau projet :

Avant la création d'un nouveau multi projet, on doit démarrer le SIMATIC Manager.  
Pour faire le démarrage pour crée un nouveaux projet (étape 1,2) (Figure IV.3).

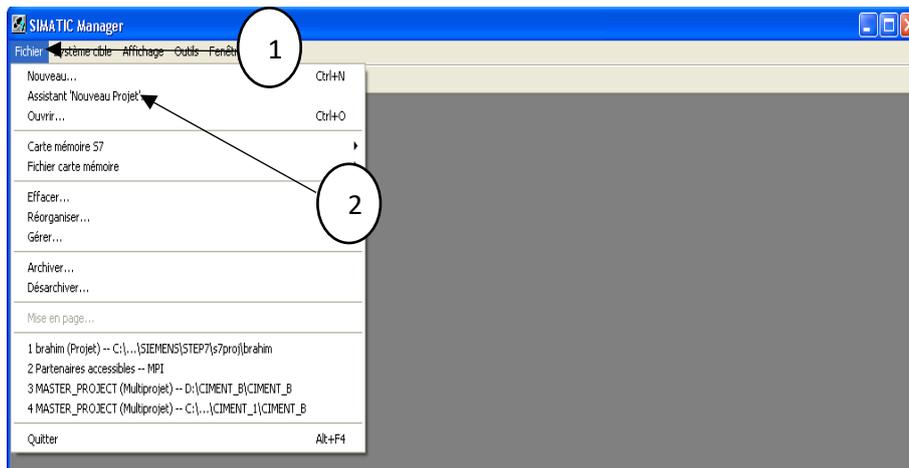


Figure IV.3 : création de projet

Cliquer sur le bouton suivant (Figure IV.4).



Figure IV.4 : L'assistant PCS7.



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

SIMATIC manger contiens deux vues différentes :

Vue composant permet de configurer l'API et la station ENG et vue technologique permet de créer des dossiers hiérarchiques, des sous dossiers, des diagrammes CFC et des vues de processus [8] (Figure IV.7).

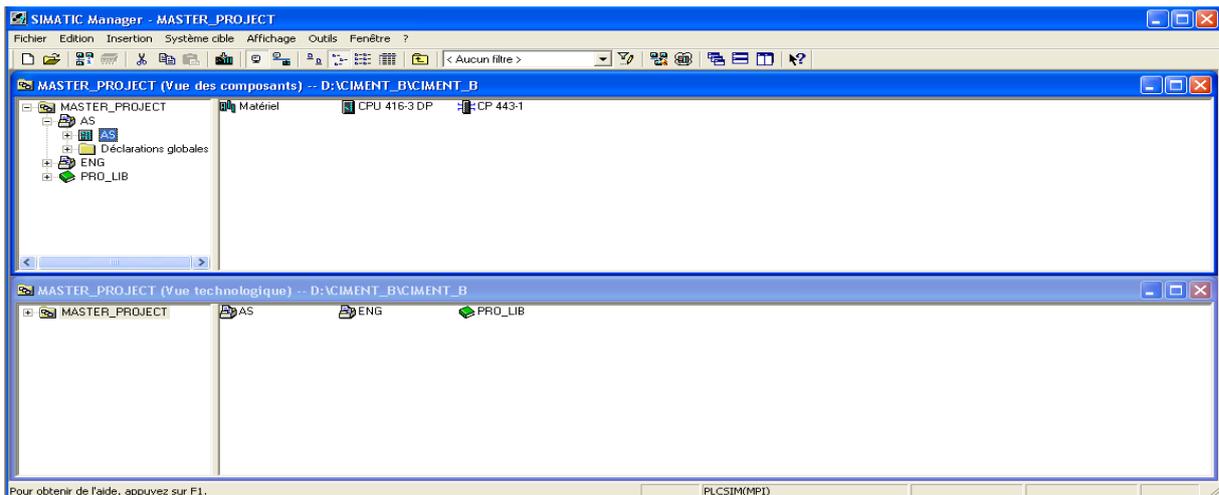


Figure IV.7 : Les vue de projet

## VI.5.2 Configuration matériels :

Les déférentes configurations constituantes du système PCS7 "Assistant 'Nouveau projet' " sont l'AS, l'OS et les liaisons correspondantes.

Pour ce faire, nous devons effectuer les opérations suivantes :

### VI.5.2.1 Configuration de l'AS (système d'automatisation) :

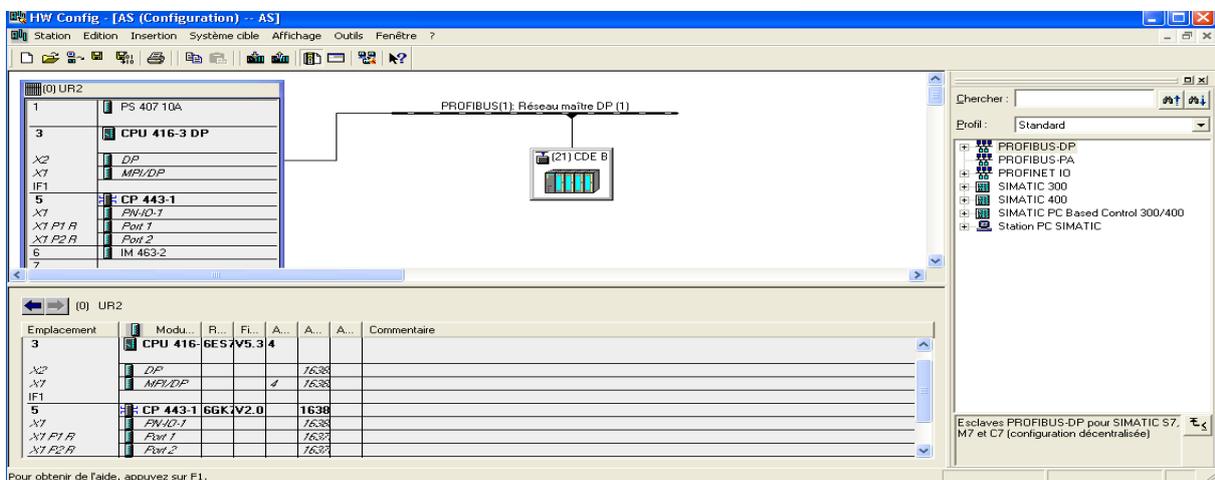


Figure IV.8 : Configuration de l'AS.

Pour accéder à la configuration, procédons de la manière suivante :

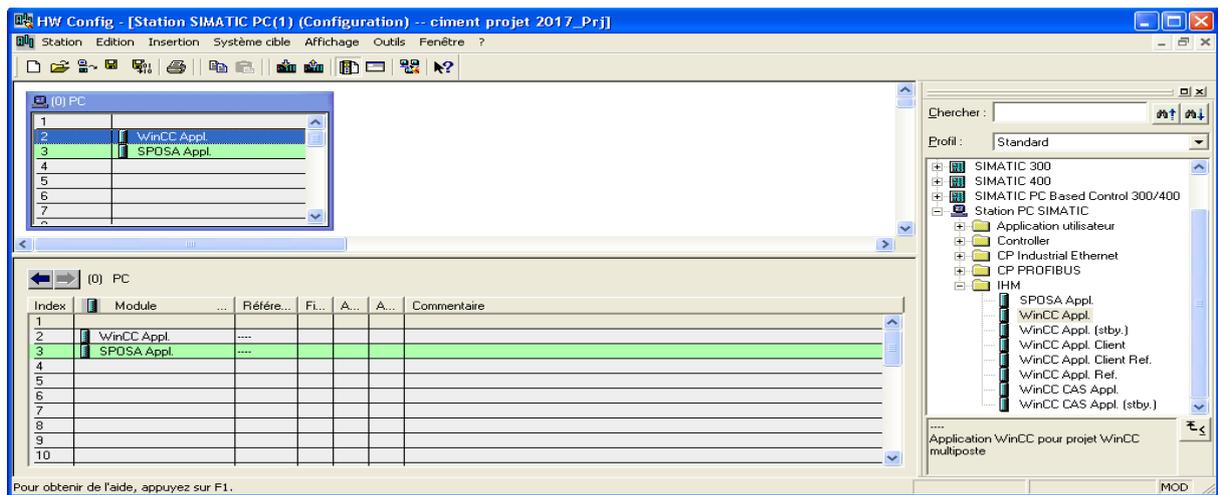
Sélectionner dans la partie arborescence de la vue des composants le dossier « PROJECT → AS ».

Dans la vue de détail, sélectionnons l'objet « Matériel ».

HW config s'ouvre et la configuration matérielle de projet (**Figure IV.8**)

- Le premier matériel à représenter, est le RACK(UR2) de S7-400
- Le deuxième matériel à représenter est l'alimentation PS407 10A
- Le troisième matériel à configurer la CPU 416-3 DP
- Le quatrième matériel à configurer le module de communication Ethernet Cp 443-1.
- Le cinquième matériel que a représenter l'ET200M (IM 153-1).

### VI.5.2.2 Configuration de l'OS (station opérateur) :



**Figure IV.9** : Configuration de l'OS.

Le contrôle commande d'installation pendant le fonctionnement du processus est assuré par la station opérateur. Et le PCS7 offre la possibilité de configurer l'ordinateur sur lequel nous effectuons la configuration ES (stations d'ingénierie) en tant que station PC locale

La procédure à suivre est la suivante :

Sélectionnons dans l'arborescence le dossier « PROJECT / [Non de la station PC (CIMENT pour notre projet)] ».

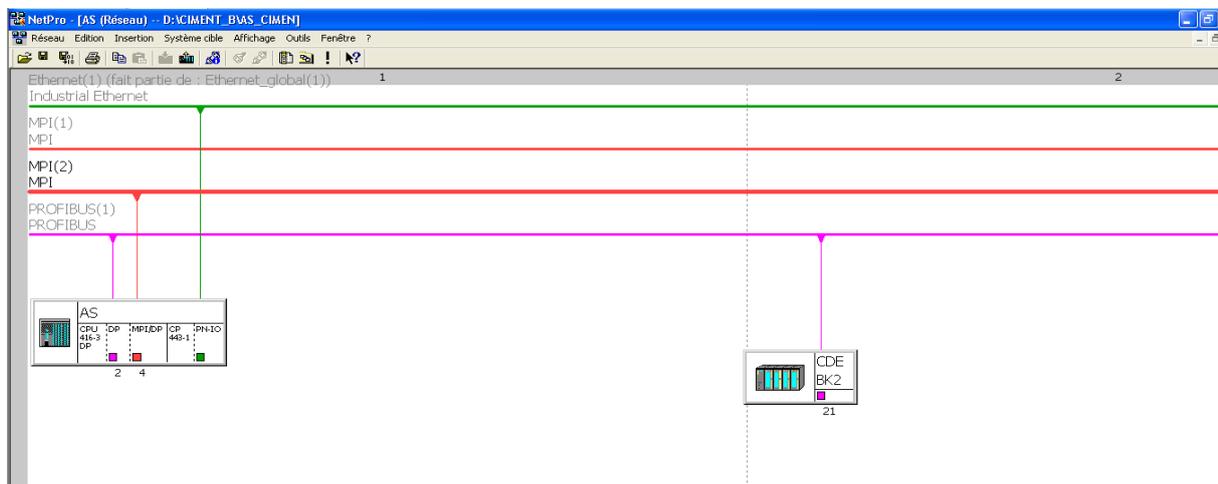
Dans la vue de détail, sélectionnons l'objet «Configuration » et choisissons la commande de menu Edition → Ouvrir objet.

Illustre la fenêtre HW Config (**Figure IV.9**).

- Après l'ouverture de configuration, commencé par choisir à partir de "Catalogue du matériel" sur PC SIMATIC > IHM > WINCC Application.
- Le deuxième matériel présenté le CP choisir à partir de "Catalogue du matériel" : station PC SIMATIC > CP-industriel Ethernet > Générale IE > SW V6.2 SP1.

Choisissons la commande de menu Station → Enregistrer et compiler.

### VI.5.2.3 Paramétrage de liaisons dans Net Pro :



**Figure IV.10** : fenêtre Net Pro

Le logiciel Net Pro de la configuration réseaux nous permet de voir les deux stations (SIMATIC 400" API" et SIMATIC PC "ENG") avec leur état de communication via le réseau MPI.

Paramétrons Net Pro comme suit :

1. Sélectionnons dans l'arborescence l'objet " CMF\_Projet\_Prj / [nom de notre ordinateur locale]/ Application WinCC".
2. Dans la vue de détail, sélectionnons l'entrée «Liaisons» et choisissons la commande de menu Edition > Ouvrir l'objet (**Figure IV.10**).
3. Sélectionnons l'objet «Application WinCC» dans la station SIMATIC PC.

4. Pour ce faire, sélectionnons la première ligne dans la fenêtre de détail inférieure et choisissons la commande de menu Insertion > Nouvelle liaison... La boîte de dialogue "Insérer une nouvelle liaison» s'ouvre.

5. Sélectionnons dans l'arborescence, la CPU 416-3 DP que nous utilisons de projet. L'OS reçoit les données de ce système d'automatisation.

6. Après la configuration et paramétrage de la CPU nous chargeant la configuration matérielle, la CPU doit être à l'état STOP.

## IV.6 Programmation de l'atelier alimentation four :

Le programme se fait au niveau de la vue technologique qui se trouve dans l'angle affichage (Figure IV.11).

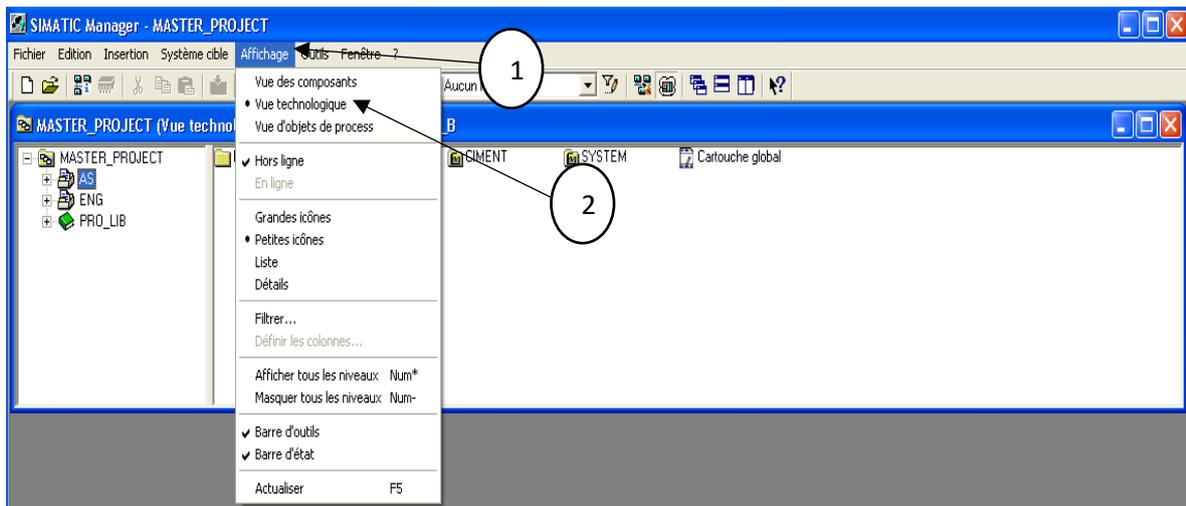
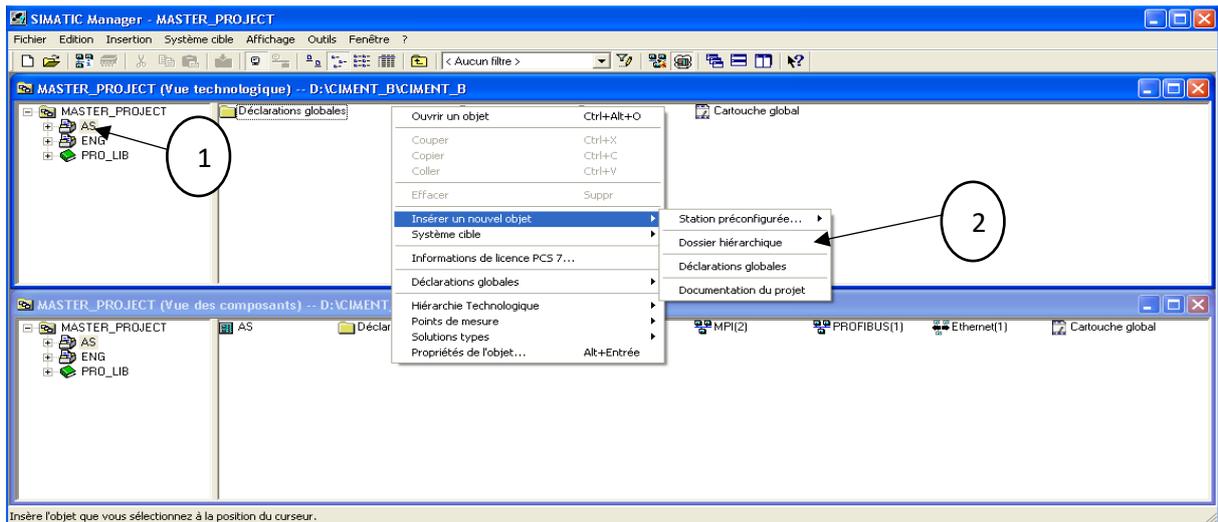


Figure IV.11 : envoi de la vue technologique

Après l'ouverture de la vue technologique on va créer un dossier hiérarchique dans la station AS où on crée le programme, Avant la programmation, insérer un dossier hiérarchique, donner le nom de zone (ciment) (Figure IV.12).



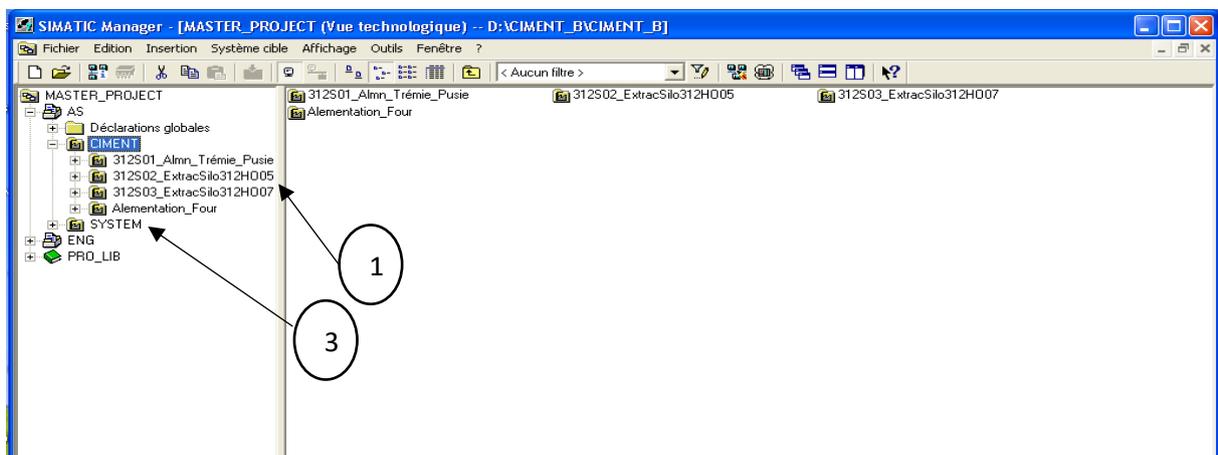
**Figure IV.12** : création de zone (ciment)

Dans ce dossier hiérarchique, créer des dossiers hiérarchiques selon le nombre des groupes et l'atelier de travail (**Figure IV.13**) :

1- le dossier hiérarchique de l'atelier alimentation four

2- les quatre groupes de notre atelier (groupe 312\_Alimen\_Trémie\_Pusie (ce groupe est le principale pour le stockage du crue et l'alimentation du four), groupe 312S02\_ExtraSilo312HO05 (ce groupe fournit le crue pour la tremie), groupe 312S02\_ExtraSilo312HO05 (ce groupe fournit le crue pour la tremie) et groupe Alimentation\_Four (ce dernier assure la fourniture du crue au four))

3- le dossier système c'est pour l'ingénierie.



**Figure IV.13** : les groupes d'atelier

- 1- dans ces dossiers hiérarchiques des groupes, créer des dossiers hiérarchiques pour les régulations, les mesures et les capteurs.
- 2- Clic droit sur le dossier hiérarchique de groupe > insérer un nouvel objet > CFC (**Figure IV.14**).

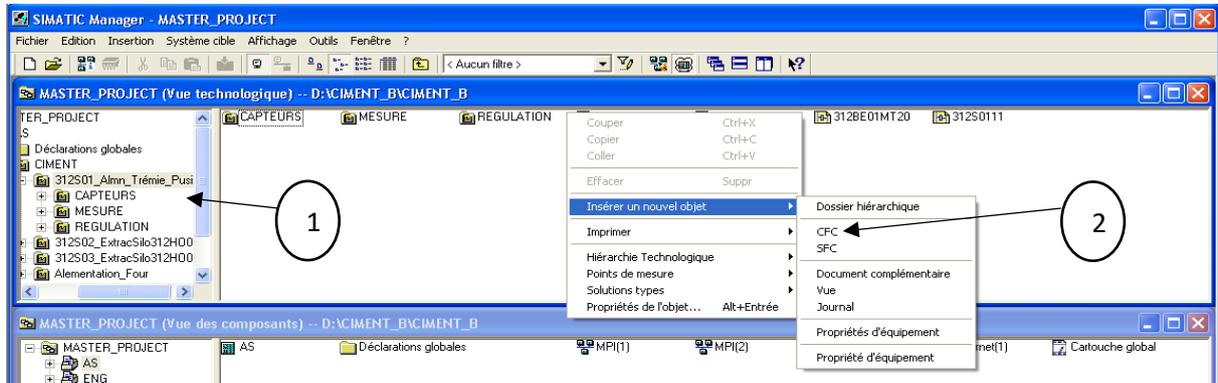


Figure IV.14 : les blocs CFC de groupe

## IV.7 Définition d'un bloc CFC :

CFC est un éditeur graphique basé sur le progiciel PCS7. Il permet d'élaborer une architecture logicielle globale pour une CPU à partir de blocs préprogrammés.

Des boutons dans la barre d'outils nous permet de commuter entre deux vues différentes (**Figure IV.15**) :

- Une feuille individuelle.
- Une vue d'ensemble avec six feuilles.
- La barre d'état nous indique dans quelle feuille ou partition nous trouvant.

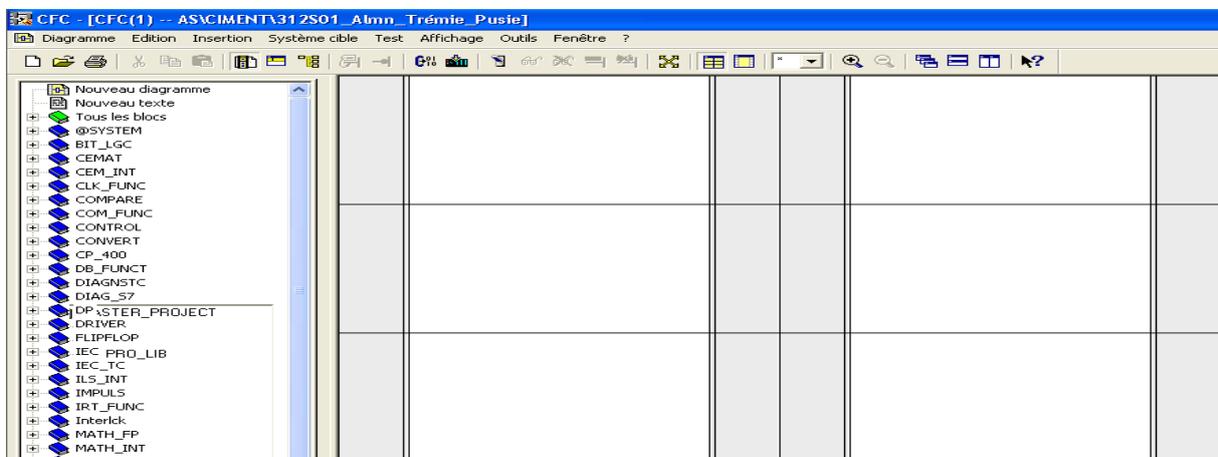


Figure IV.15 : affichage de bloc CFC

L'éditeur CFC nous offre un environnement graphique. Nous pouvons choisir des blocs préprogrammés dans une réserve de blocs, les insérer dans le diagramme et les interconnecter, et nous concentrer pleinement sur les aspects technologiques de la configuration.

Pour ce faire, les blocs sont insérés dans des diagrammes fonctionnels et sont interconnectés. Cela signifie que l'on peut transmettre des valeurs d'une sortie d'un bloc vers une ou plusieurs entrées de bloc [7].

#### **IV.7.1 Déclaration de bloc CFC :**

On déclare les blocs CFC dans les dossiers hiérarchiques des capteurs, des régulateurs, des mesures et des sélections selon le nombre des équipements.

##### **IV.7.1.1 Groupe 312S01\_Almn\_Trémie\_Pusie :**

###### **IV.7.1.1.1 Consommateurs :**

<b>TAG</b>	<b>LE NOM</b>
312AB02MT10	Ventilateur de fluidisation Aéro
312BE01MT10	Elévateur 2A
312BE01MT20	Elévateur 2A
312S0111	Groupe de 312S01_Almn_Trémie_Pusie

**Tableau IV.1 :** les consommateurs de groupe 312S01\_Almn\_Trémie\_Pusie

###### **IV.7.1.1.2 Captures :**

<b>LE TAG</b>	<b>LE NOM</b>
312BE01XL01	Contrôle Bourrage
312BE01XT01	Température Haute
312BE01XZ01	Contrôle Température
312HO17XL11	Niveau Haut Trémie
312HO17XL12	Niveau Haut Trémie

**Tableau IV.2 :** les capteurs de groupe 312S01\_Almn\_Trémie\_Pusie

#### IV.7.1.1.3 Mesures :

LE TAG	LE NOM
312BE01YJ11	Mesure de puissance Moteur élévateur 2A
312HO17YW11	mesure poids trémie HO17

**Tableau IV.3** : les mesures de groupe 312S01\_Almn\_Trémie\_Pusie

#### IV.7.1.1.4 Régulateur :

LE TAG	LE NOM
312HO17R01	Régulateur de vanne avec trémie

**Tableau IV.4** : le régulateur de groupe 312S01\_Almn\_Trémie\_Pusie

#### IV.7.1.2 Groupe de 312S02\_ExtracSilo312HO05 :

##### IV.7.1.2.1 Consommateurs :

LE TAG	LE NOM
219DC01EC10	Coffret décolmatage Filtre
219DC01MT10	Ventilateur Filtre
219DC01MT20	Ventilateur de fluidisation Aéro
312AB03MT10	Sas Rotatif Filtre
312CM09MT10	Surpresseur de fluidisation Couronne
312CM10MT10	Surpresseur de fluidisation Chambre
312HO05EC10	Coffret Fluidisation Fond de Silo
312HO05SEL	Sélecteur de groupe de 312S02_ExtracSilo312HO05
312S04	Le groupe de 312S02_ExtracSilo312HO05
312VA01VN01	Vanne doseuse extraction Silo

**Tableau IV.5** : les consommateurs de groupe de 312S02\_ExtracSilo312HO05

#### IV.7.1.2.2 Capteurs :

LE TAG	LE NOM
219DC01EC10F1	Coffret decolmatage filtre
219DC01XS01	Contrôle Rotation
312CM09XT01	Contrôle Température
312CM10XT01	Contrôle Température
312HO05KP10F1	Défaut Coffret de fluidisation fond de silo 1
312VA01XZ01	Vanne doseuse ouverte
312VA01XZ02	Vanne doseuse fermée

**Tableau IV.6 :** les capteurs de groupe de 312S02\_ExtracSilo312HO05

#### IV.7.1.2.3 Mesures :

LE TAG	LE NOM
312CM09YP01	Contrôle Température
312CM10YP01	Pression Basse
312CM10YP02	Pression Haute
312VA01YY01	Position Vanne doseuse
312VA01YZ01	Position Vanne doseuse

**Tableau IV.7 :** les mesures de groupe de 312S02\_ExtracSilo312HO05

#### IV.7.1.3 Groupe de 312S03\_ExtracSilo312HO07 :

##### IV.7.1.3.1 Consommateurs :

LE TAG	LE NOM
219DC02EC10	Coffret décolmatage Filtre
219DC02MT10	Ventilateur Filtre
219DC02MT20	Sas Rotatif Filtre
219DC02VN01	Vanne admission air sur aspiration Filtre 219DC02

312AB01MT10	Ventilateur de fluidisation Aéro
312CM07MT10	Surpresseur de fluidisation Couronne
312CM08MT10	Surpresseur de fluidisation Chambre
312HO07EC10	Coffret Fluidisation Fond de Silo
312HO07SEL	Sélecteur d'ExracSilo312HO07
SILO	Groupe d'ExracSilo312HO07
312VA02VN01	Vanne doseuse extraction Silo

**Tableau IV.8** : les consommateurs de groupe de 312S03\_ExtracSilo312HO07

#### IV.7.1.3.2 Capteurs :

LE TAG	LE NOM
219DC02EC10F1	Défaut décolmatage
312CM07XT01	Contrôle Température
312CM08XT01	Contrôle Température
312HO07EC10F1	Marche cycle
312VA02XZ01	Vanne doseuse ouverte
312VA02XZ02	Vanne doseuse fermée

**Tableau IV.9** : les capteurs de groupe de 312S03\_ExtracSilo312HO07

#### IV.7.1.3.3 Mesures :

LE TAG	LE NOM
312CM07YP01	Pression Basse
312CM08YP01	Pression Basse
312CM08YP02	Pression Haute
312VA02YZ01	Position Vanne doseuse

**Tableau IV.10** : les mesures de groupe de 312S03\_ExtracSilo312HO07

#### IV.7.1.4 Groupe d'Alimentation\_four :

##### IV.7.1.4.1 Consommateurs :

LE TAG	LE NOM
312AB04MT10	Ventilateur de fluidisation Aéro
312AB27MT10	Ventilateurs Fluidisation Extraction Trémie
312AB27MT20	Ventilateurs Fluidisation Extraction Trémie
312AB27MT30	Ventilateurs Fluidisation Extraction Trémie
312AD01MT10	Aiguillage d'aéroglossière vers doseur à impact 312WF35 ou vers pompe X 312SZ37
312AD02MT10	Aiguillage d'aéroglossière vers doseur à impact 312WF45 ou vers pompe X 312SZ47
312AS19VN10	Vanne doseuse extraction
312AS23VN10	Vanne doseuse extraction
312SZ37MT10	Moteur Pompe X
312SZ47MT10	Moteur Pompe X
ALIMENTATION	Le groupe d'Alimentation_four

Tableau IV.11 : les consommateurs de groupe d'Alimentation\_four

##### IV.7.1.4.2 Capteurs :

LE TAG	LE NOM
312HO17XL11	Niveau Haut Trémie
312HO17XL12	Niveau Haut Trémie

Tableau IV.12 : les capteurs de groupe d'Alimentation\_four

##### IV.7.1.4.3 Mesures :

LE TAG	LE NOM
312AS19YZ11	Position Vanne doseuse
312AS23YZ11	Position Vanne doseuse

312SZ37YP01	Mesure Pression Aval Pompe
312SZ47YP01	Mesure Pression Aval Pompe

Tableau IV.13 : les mesures de groupe d’Alémentation\_four

#### IV.7.1.4.4 Régulateurs :

LE TAG	LE NOM
312HO17R02	Régulateur de pompe X
312HO17R03	Régulateur de pompe X

Tableau IV.14 : le régulateur de groupe d’Alémentation\_four

## IV.8 Programmation des blocs CFC :

Après la déclaration des blocs CFC dans les groupes d’atelier alimentation four, on commence la programmation dans ces blocs.

Ces groupe de l’atelier contient des groupe de commande et des moteurs, capteurs, mesures et régulateur qui on a programmé

### IV.8.1 Consommateur :

#### IV.8.1.1 Groupe de commande :

Double clic sur le bloc CFC de groupe on voie six page vide dont les quelles on crée le programme (**Figure IV.16**), à gauche de ces pages, on a la bibliothèque des blocs fonctions (la bibliothèque CIMAT).

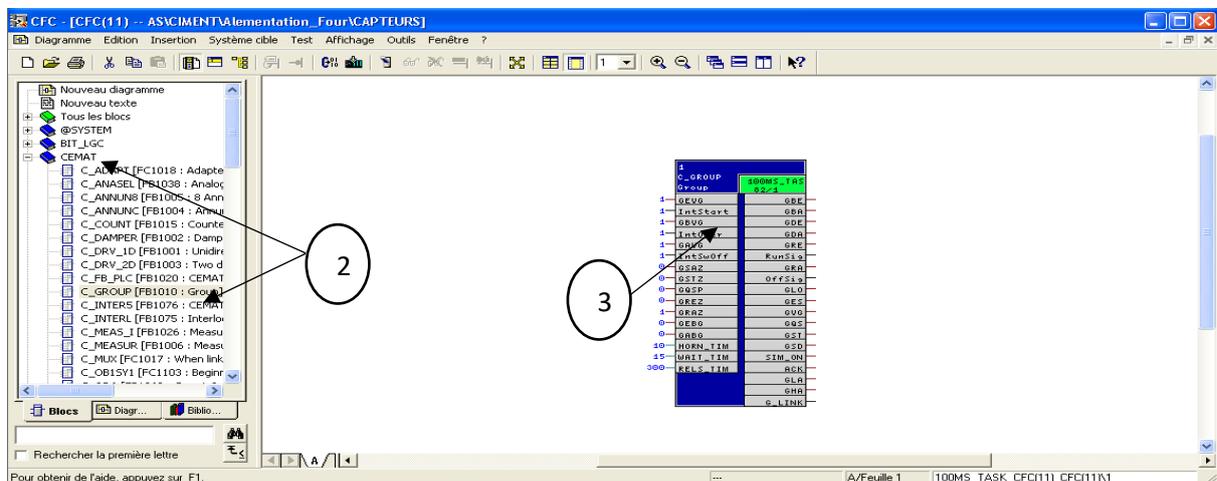
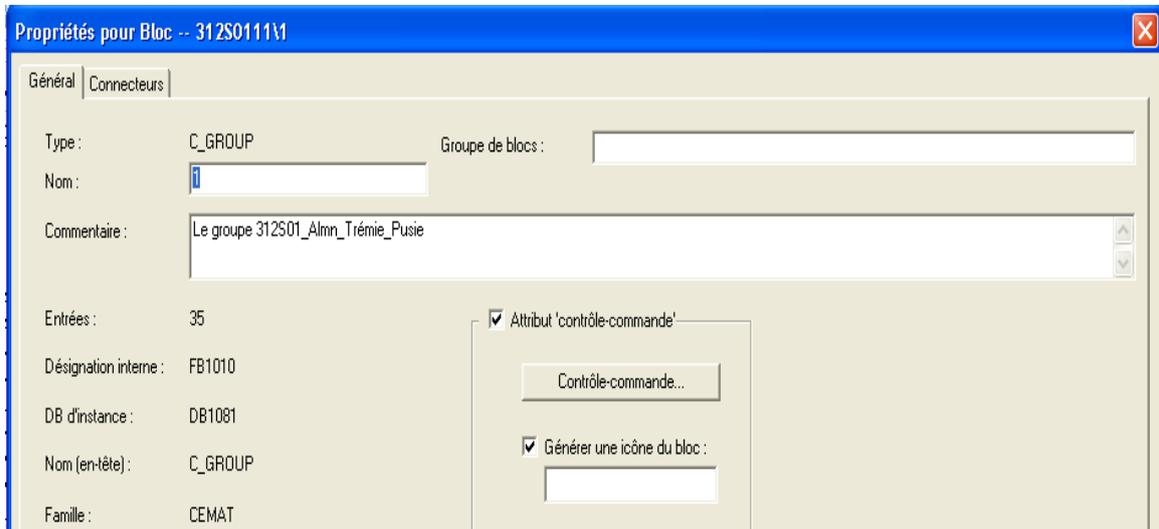


Figure IV.16 : création de groupe

2-On recherche le bloc C\_GROUP (CIMAT > C\_GROUP), on le glisse à droite dans la page 01.

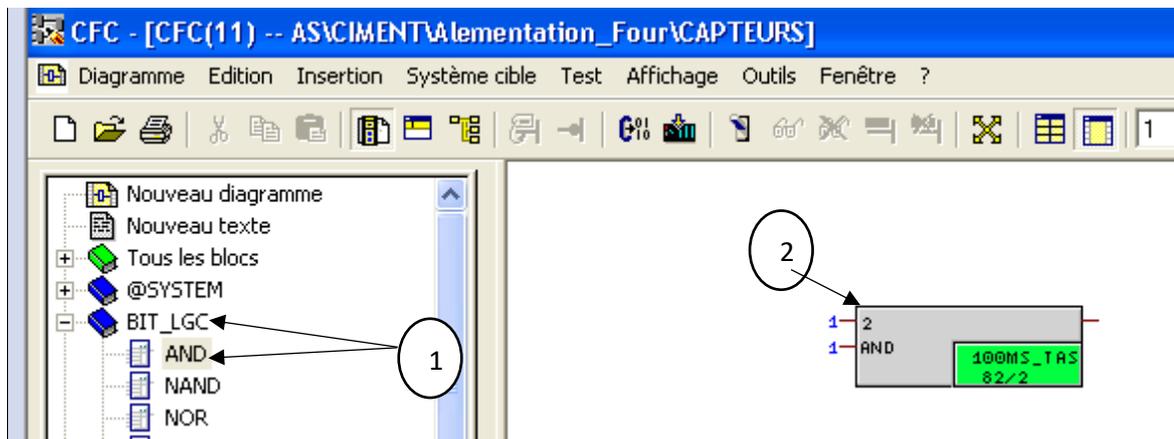
3-Double clic sur le bloc C\_GROUP.

Donner les commentaires et le nom du groupe (**Figure IV.17**).



**Figure IV.17** : renommer le groupe

Le C\_GROUP contrôle le démarrage et l'arrêt des parties de l'installation technologique groupée, ce bloc de groupe nécessite d'ajouter des additionneurs ( étape 1 et 2 ) (**Figure IV.18** ).



**Figure IV.18** : présentation d'additionneur

Dans ce groupe, utiliser deux additionneurs liés avec lui (**Figure IV.19**) :

- relier l'interface de la sortie de 1<sup>er</sup> additionneurs avec l'interface (GREZ) de groupe
- relier l'interface de la sortie de 2<sup>eme</sup> additionneurs avec l'interface (GRAZ) de groupe

- relier l'interface de la d'entre des deux additionneurs avec l'interface (EVS) de chaque moteur d'équipement

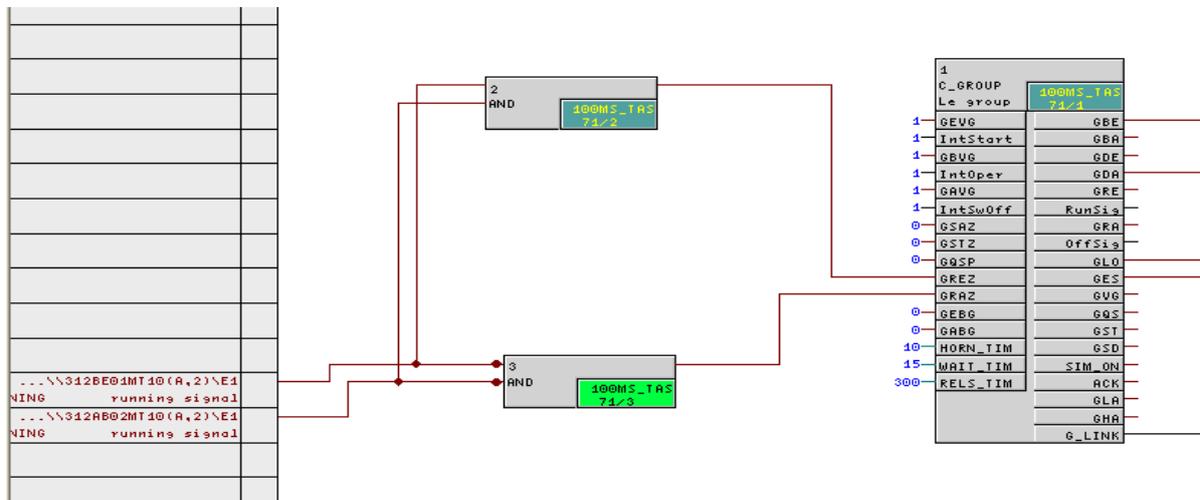


Figure IV.19 : programme de groupe

**GBE** : ordre de marche

**GDA** : ordre de marche permanent

**GLO** : ordre de marche automatiquement

**GES** : ordre de marche individuelle

**G\_LINK** : L'interface du groupe doit être connecté à l'interface G\_LINK de la route ou avec l'interface GR\_LINK des lecteurs, des modules d'annonciation et les valeurs mesurées.

**GREZ** : condition de démarrage tous les équipements de groupe

**GRAZ** : condition d'arrêt tous les équipements de groupe

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 block qui représente ces équipements). Le module de groupe permet de visualiser les conditions de fonctionnement d'une partie de l'installation [8].

Pour programmer tous les groupes d'atelier il faut passer par les étapes président.

### IV.8.1.2 Moteur ventilateur de fluidisation Aéro :

Ouvrir le CFC de moteur ventilateur de fluidisation Aéro puis on recherche le bloc C\_DRV\_1D (CIMAT > C\_DRV\_1D) et le glisse à droite dans la page 01(Figure IV.20)

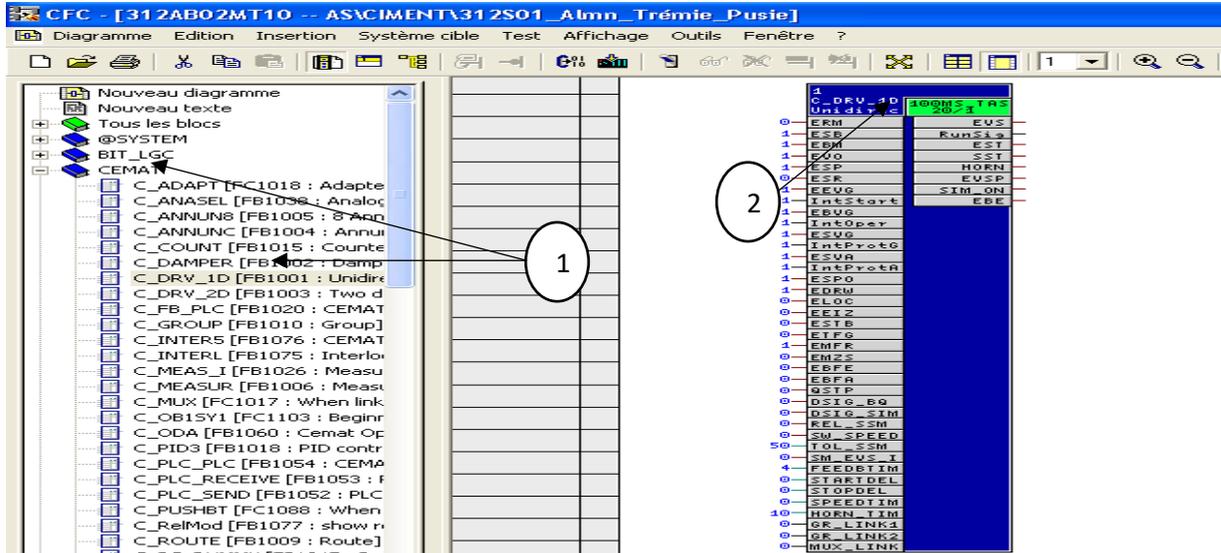


Figure IV.20 : création de moteur

Double clic sur le bloc C\_DRV\_D1, Donner le commentaire et le nom du groupe (Figure IV.21).

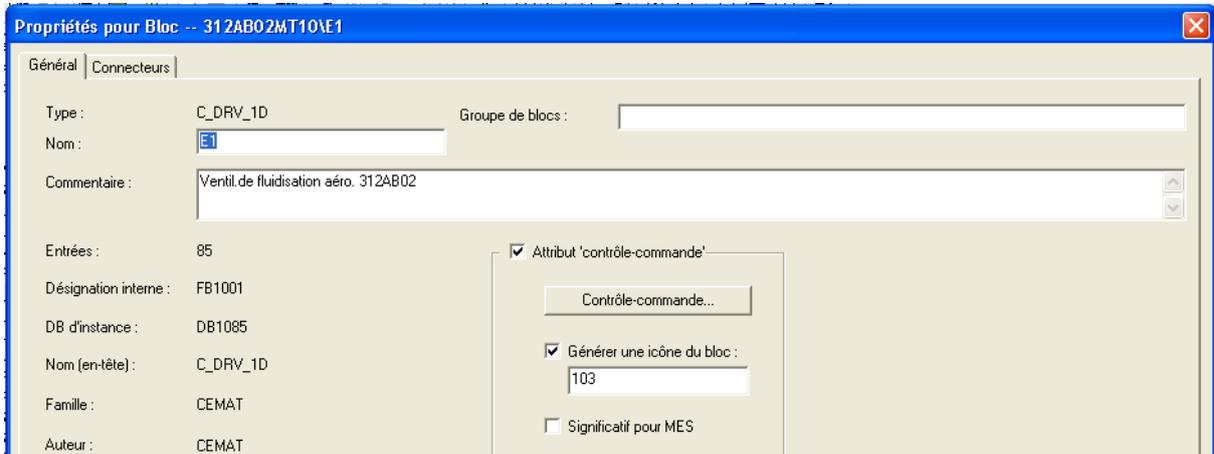


Figure IV.21 : renommer le moteur

- relier l'interface de moteur (ERM) avec l'interface (EBE) pour la roture marche
- relier l'interface de moteur (ELOC) avec l'interface de groupe (GLO) pour marche le moteur en mode local via l'automate
- relier l'interface inverse de moteur (EVO) avec l'interface de groupe (GLO) pour la commutateur local

- relier l'interface de moteur (**EEIZ**) avec l'interface de groupe (**GES**) pour le lecteur de mode de démarrage unique (individuelle)
- relier l'interface de moteur (**EBFE**) avec l'interface de groupe (**GBE**) pour démarrer le moteur en mode automatique
- relier l'interface de moteur (**EBFA**) avec l'interface de groupe (**GDA**) pour l'arrêt de moteur en mode automatique
- relier l'interface de moteur (**GR\_LINK1**) avec l'interface de groupe (**G\_LINK**) pour relier tous les équipements de groupe

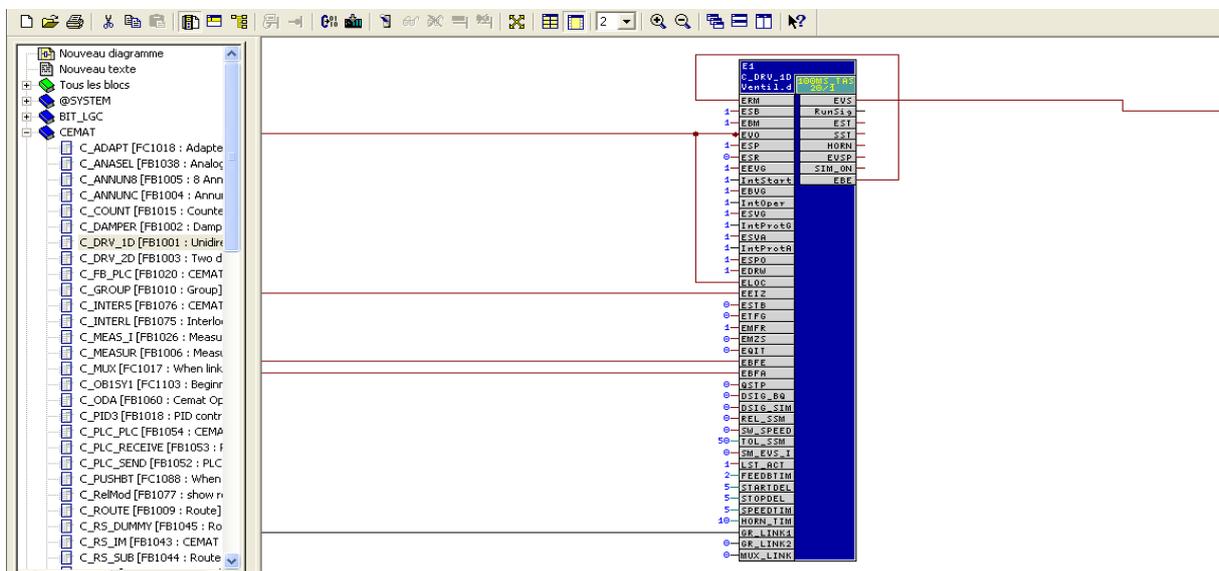


Figure IV.22 : programme de moteur

Le bloc C\_DRV\_1D type peut être utilisée pour commander le type de marche de moteur de cimenterie, peut être réalisée en trois modes de fonctionnement différents :

- En mode automatique
- En mode individuel
- En mode local : démarré et arrêté par bouton-poussoir [8].

Pour programmer tous les moteurs d'atelier il faut passer par les étapes précédentes.

### IV.8.1.3 Vanne doseuse extraction Silo :

Ouvrir le CFC **312VA01VN01**, insérer un bloc (CIMAT >C\_DAMBER) (**Figure IV.23**)

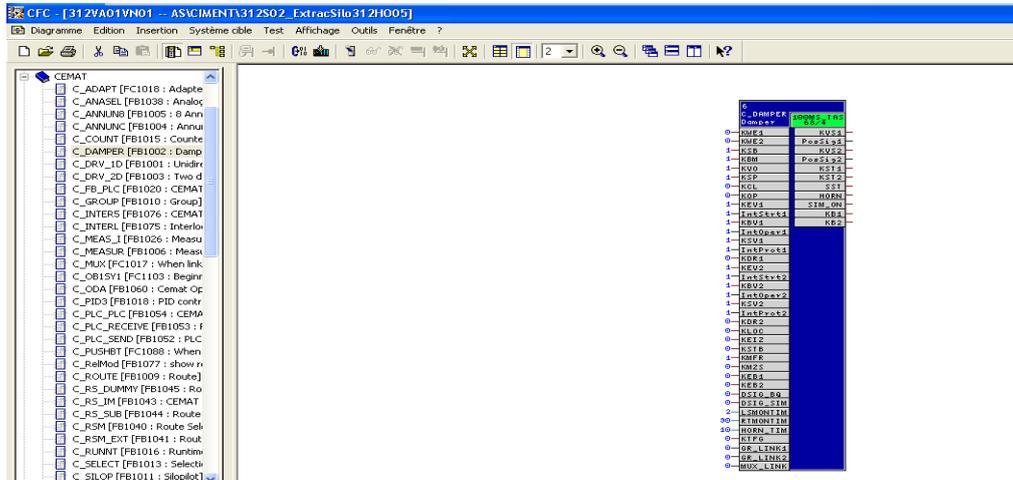


Figure IV.23 : création de vanne

Double clic sur le bloc C\_DAMBER, Donner le commentaire et le nom du groupe (**Figure IV.24**).



Figure IV.24 : renommer la vanne

Pour contrôler cette vanne, il nécessite d'ajouter des CH\_AI, Smooth et deux CMP\_R (**Figure IV.25**) :

- relier le les deux CMP\_R pour la position de vanne
- relier le CH\_AI pour traiter le signal d'une entrée analogique pour les modules d'entrées analogiques SM de S7-400.
- relier l'interface le Smooth pour





Figure IV.27 : renommer le sélecteur

Ce bloc de sélection relié avec le groupe de 312S05\_ExtracSilo312HO05 à partir de l'interface **Select** de C\_SELECT et **AEIN** avec **Select** de C\_SELECT de le groupe de 312S05\_ExtracSilo312HO07 pour désélection et sélection les deux silos (Figure IV.28).

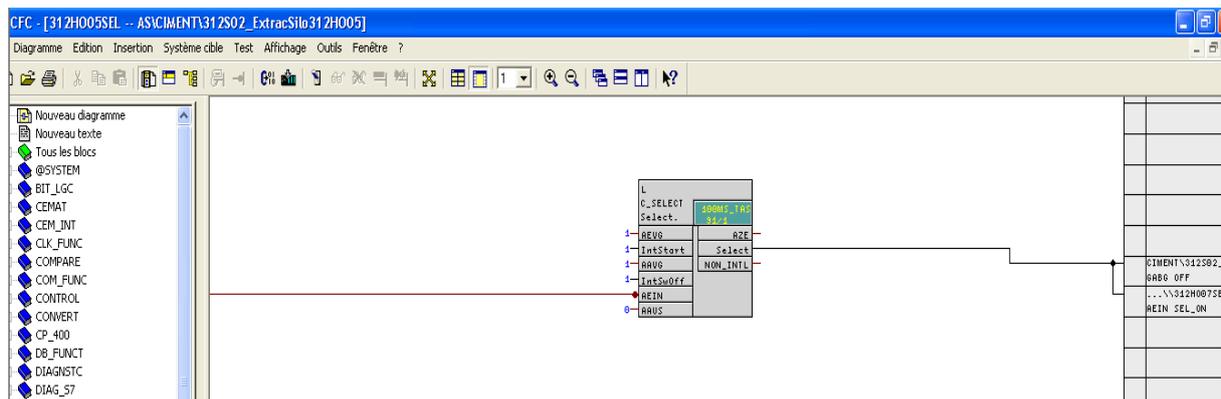


Figure IV.28 : programme de sélecteur

Le module C\_SELECT peut être utilisé pour tout type de fonction de sélection. il ne fournit pas une analyse détaillée des défauts (appel d'état). Mais, d'autre part, le choix est relativement simple à manipuler et peut être facilement utilisé pour la sélection des disques individuels.

Sélection et désélection peuvent être effectuées via la station opérateur ou par le biais du programme. Pendant le signal de sélection AZE est défini [8].

**AZE** : mémoire de sélection est utilisée pour évaluer la sélection, par exemple, pour sélectionner sporadiquement lecteurs exploitation.

Pour programmer l'autre sélecteur d'atelier il faut passer par les étapes précédant

## IV.8.2 Capteurs :

### IV.8.2.1 Contrôle Bourrage :

Ouvrir le CFC 312BE01XL01, insérer un bloc (CIMAT >C\_ ANNUNC) (Figure IV.29).

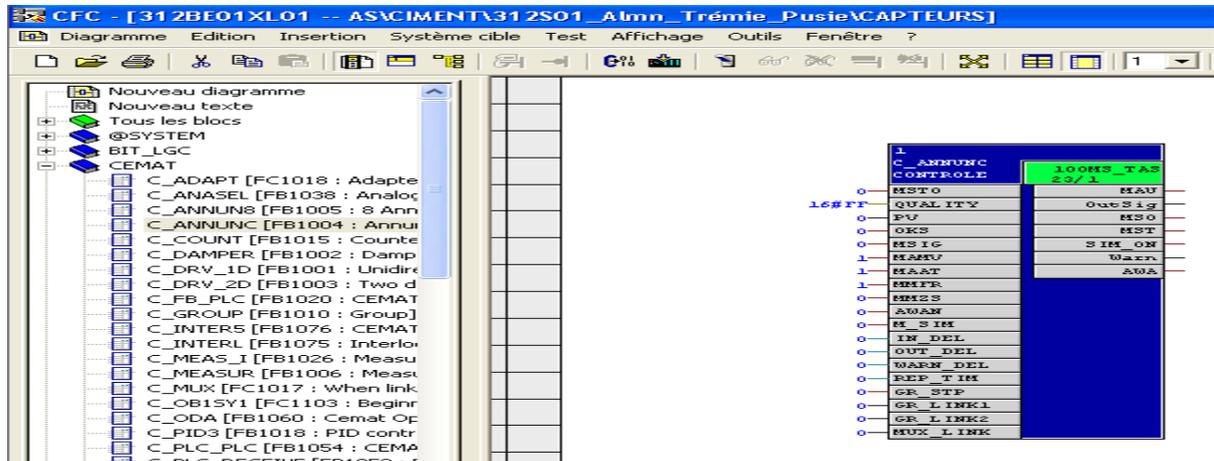


Figure IV.29 : création de capteur

Renommer ce capteur et écrire un commentaire (Contrôle Bourrage) (Figure IV.30).

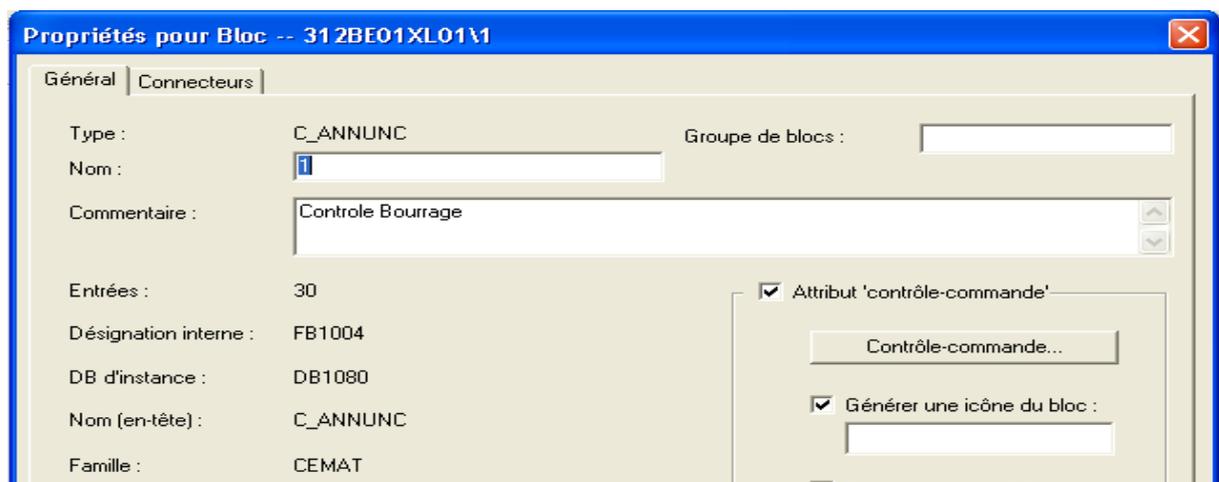


Figure IV.30 : renommer le capteur

Avec bloc C\_ANNUNC un signal de processus binaire peut être affiché. Le signal d'entrée est comparée avec les OKS de signal (signal OK) et en cas de défaut d'un message peut être créé (alarme ou d'alerte)

Parmi les principales applications sont :

**Défauts d'entraînement** : l'arrêt de l'entraînement est dû aux signaux de protection d'un moteur (par exemple, la dérive de la ceinture, pull-corde, la température des roulements...)

**Signaux de processus :** Un bloc de signalisation est utilisé pour afficher des signaux de processus binaires tels que les niveaux de silo.

**Conditions de verrouillage :** Blocs Annonceur sont utilisés pour montrer les conditions de verrouillage pour les groupes et les itinéraires de l'appel d'état [8].

Pour programmer tous les captures d'atelier il faut passer par les étapes précédant

### IV.8.3 Mesure :

Dans le dossier hiérarchique du groupe 312S01\_Almn\_Trémie\_Pusie ouvrir le dossier hiérarchique de la mesure.

#### IV.8.3.1 Mesure de puissance Moteur élévateur 2A :

Ouvrir le CFC 312BE01YJ11, insérer un bloc (CIMAT > C\_MEASUR) (Figure IV.31).

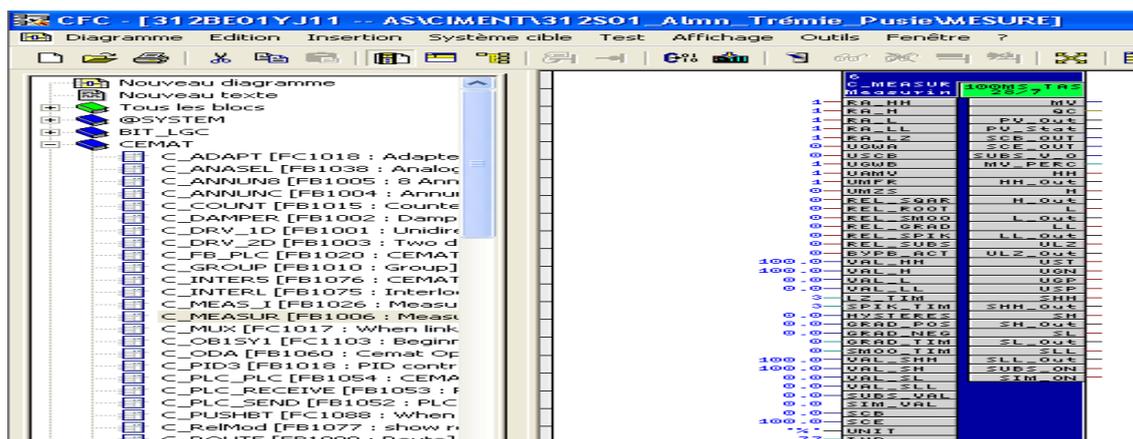


Figure IV.31 : création de mesure

Renommer cette mesure et écrire un commentaire (Mesure de puissance Moteur élévateur 2A) (Figure IV.32).



Figure IV.32 : renommer la mesure

- ce bloc de mesure nécessite de faire de l'additionneur, smooth, multiplexeur, multiplication (Figure IV.33)

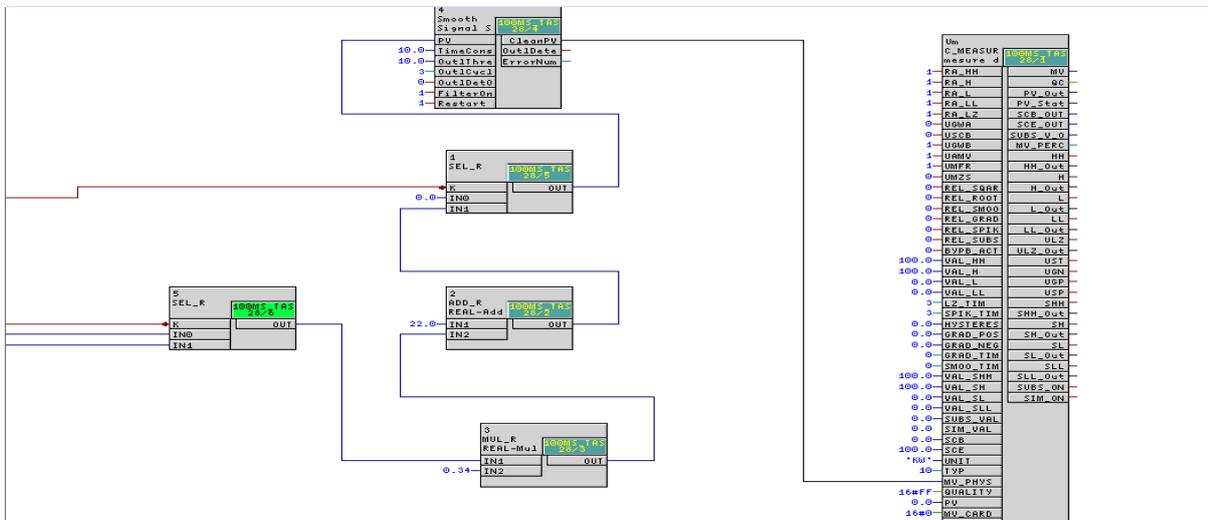


Figure IV.33 : programme de mesure

**SIM-ON** : valeur de simulation actif (Format BOOL)

Indique que la valeur d'entrée est pris à partir du paramètre SIM\_VAL

**MV-PHYS**: Valeur réelle MV\_PHYS au format REAL défaut: 0.0 (Format REAL)

utilisé pour lire une valeur mesurée comme une valeur physique. Cela peut être une valeur du programme (par exemple à partir d'une recette, une simulé une valeur calculée ou) ou la valeur de sortie d'un bloc pilote PCS7. Dans le dernier cas, le code de qualité doit être transmis plus

**TYPE** : Type 10 Importer la valeur mesurée au format REAL.

La valeur physique doit être connectée à MV\_PHYS de paramètres. Si PCS7 blocs pilotes sont utilisés le code de qualité est transmis via le paramètre de qualité.

**EVS** : retour de matche.

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 [8]

Pour programmer tous les mesures d'atelier il faut passer par les étapes précédant

## IV.8.4 Régulateur PID :

Dans le dossier hiérarchique du groupe 312S01\_Almn\_Trémie\_Pusie ouvrir le dossier hiérarchique de régulateur.

### IV.8.4.1 Régulateur de vanne avec trémie :

Ouvrir le CFC 312HO17R01, insérer un bloc (CONTROL >CTRL\_PID) (Figure IV.34).

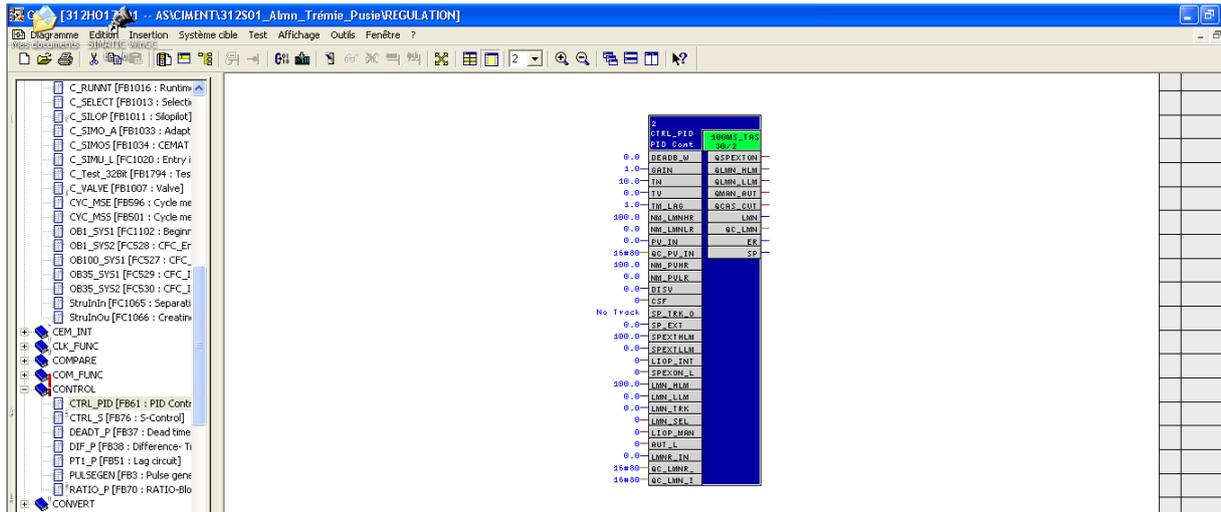


Figure IV.34 : création de régulateur

Renommer ce régulateur et écrire un commentaire (régulation poids de la Trémie HO17) (Figure IV.35).

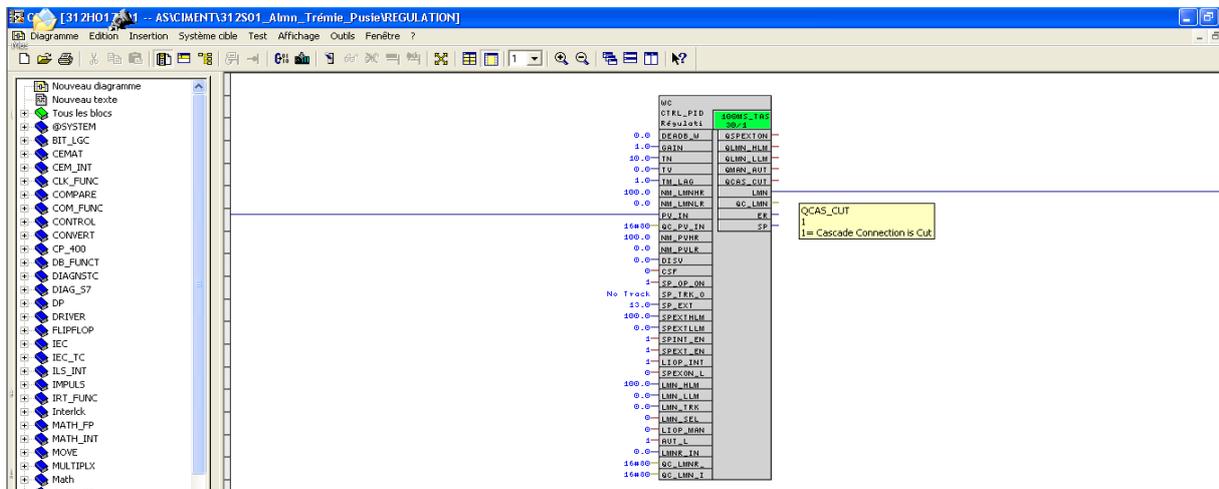


Figure IV.35 : renommer le régulateur

Ce bloc de régulateur relié l'interface **PV\_IN** de régulateur avec l'interface **MV** de le mesure de poids (312HO17YW11) et l'interface **LMN** avec Select l'interface de CH\_AI de deux vanne (312VA01VN01, 312VA02VN01).

**PV\_IN** : Suivi du point de consigne

**LMN** : Limiter la surveillance de la variable de processus et du signal d'erreur ainsi que la génération de messages via les blocs des vannes



**Figure IV.36** : programme de régulateur

CTRL\_PID est un bloc de contrôle PID continu utilisé pour la configuration des circuits de contrôleur standard suivants : contrôles de consigne fixes, commandes en cascade (cascades Simples / multiples), contrôles de rapport, contrôles synchro et contrôles proportionnels. Pour programmer tous les régulateurs d'atelier il faut passer par les étapes précédant [9].

## IV.9 Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons bien détaillé pas à pas les étapes de la programmation de notre système dans le PCS7 à la base des blocs CFC et on a fait le choix de l'automate programmable, de la CPU et de module.

Dans le prochain chapitre nous allons faire la supervision de système alimentation four et alimentation trémie à l'aide de WINCC et ensuite la comparaison des résultats obtenu sous Matlab entre les réponse de la commande de système avec un contrôleur PID seule et la réponse de la commande de système avec un contrôleur PID commander par logique flous.

# Chapitre V : Supervision et résultat du simulation sous

## Matlab

---

### V.1 Introduction :

Dans ce chapitre on présente les différentes étapes à suivre afin de mettre en œuvre l'atelier alimentation four à l'aide du système SIMATIC PCS7 la supervision se fait à l'aide de Windows Control Center WinCC, un logiciel de désigne et de création des vues de supervisions pour les stations opérateurs et ingénieurs.

### V.2 Supervision :

#### V.2.1 Présentation du logiciel de supervision WinCC :

Le WinCC (Windows Control Center) de Siemens, est un logiciel d'ingénierie pour la configuration de pupitres SIMATIC, le PC industriels SIMATIC est un PC standard avec le logiciel de visualisation WinCC Runtime [10].

Le contrôle proprement dit du processus est assuré par les automates programmables industrielles, il établit par conséquent une communication entre WinCC et l'opérateur d'une part et d'autre part entre WinCC et l'automate.

Le but de résoudre les tâches de supervision concernant la surveillance de l'opérateur et le contrôle de l'automate de la production.

#### V.2.2 Présentation de Graphics Designer :

Le Graphics Designer est un éditeur de création et de dynamisation de vues de processus, Le démarrage du Graphics Designer n'est possible que pour le projet actuellement ouvert dans l'Explorateur WinCC(Figure V.1), ce dernier contient deux parties, partie statique et partie dynamique.

Pour la création d'une vue en Graphics Designer suivi les étapes 1 et 2.

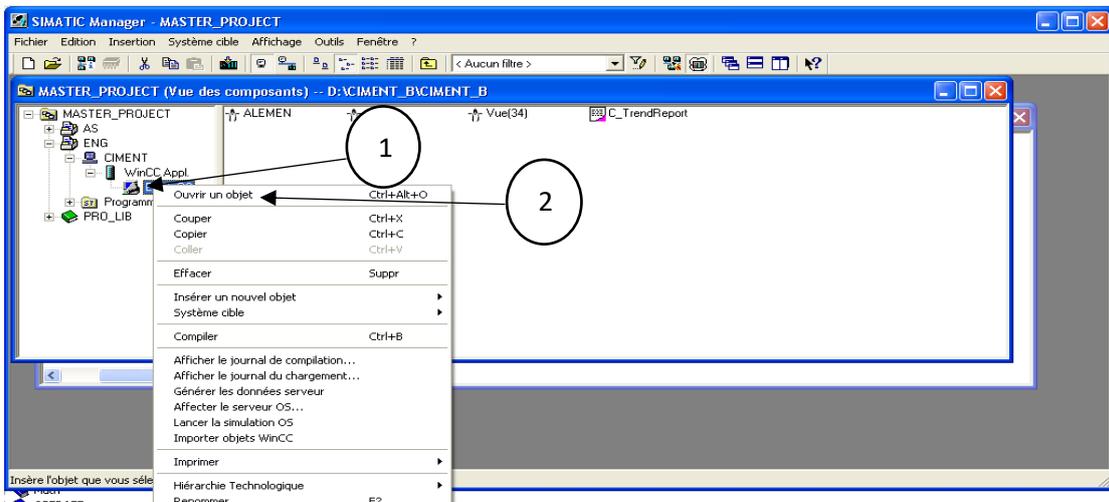


Figure V.1 : la vue Graphics Designer.

Pour apporter des symboles dynamiques on ouvre le fichier PCS typical (étape 2) (Figure V.2).

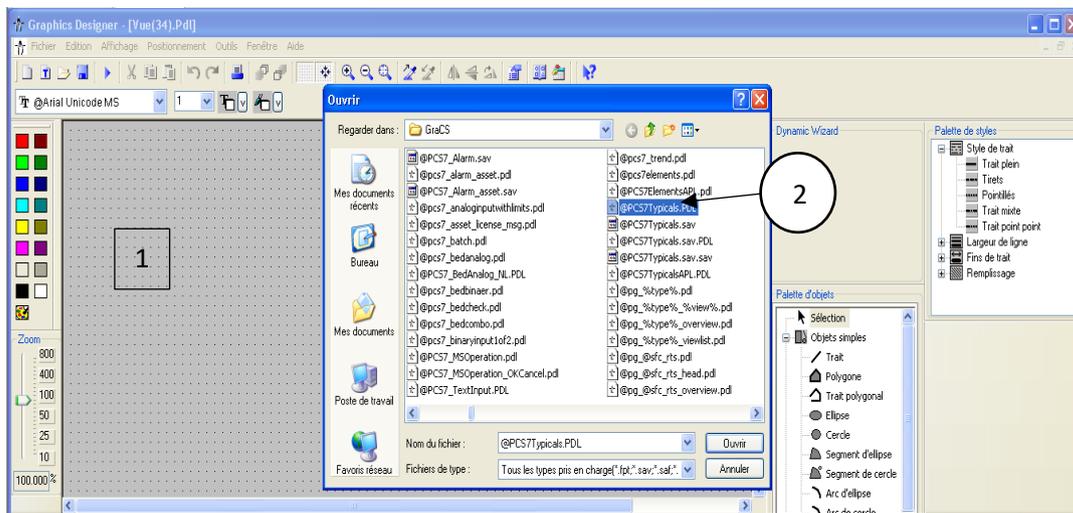


Figure V.2 : l'ouverture de fichier PCS7 typical

Voici la bibliothèque PCS7 typical , il y a des symboles des moteurs, pompes ,groupe...  
il y a aussi un bibliothèque des symboles statique (Figure V.3).

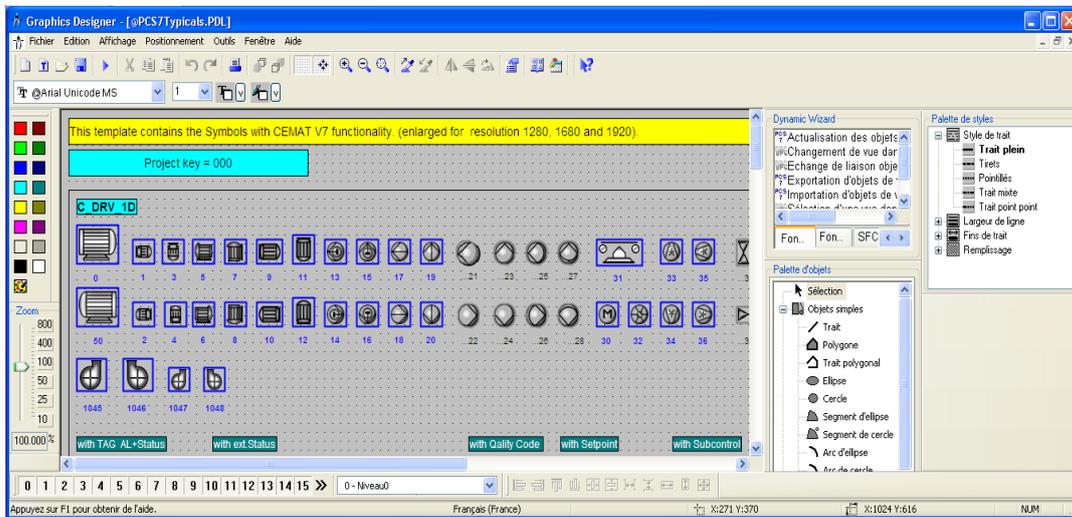


Figure V.3 : la vue PCS7 typical

Donc voici notre deux vues, alimentation four et alimentation trémie :

➤ Vue alimentation trémie (Figure V.4)

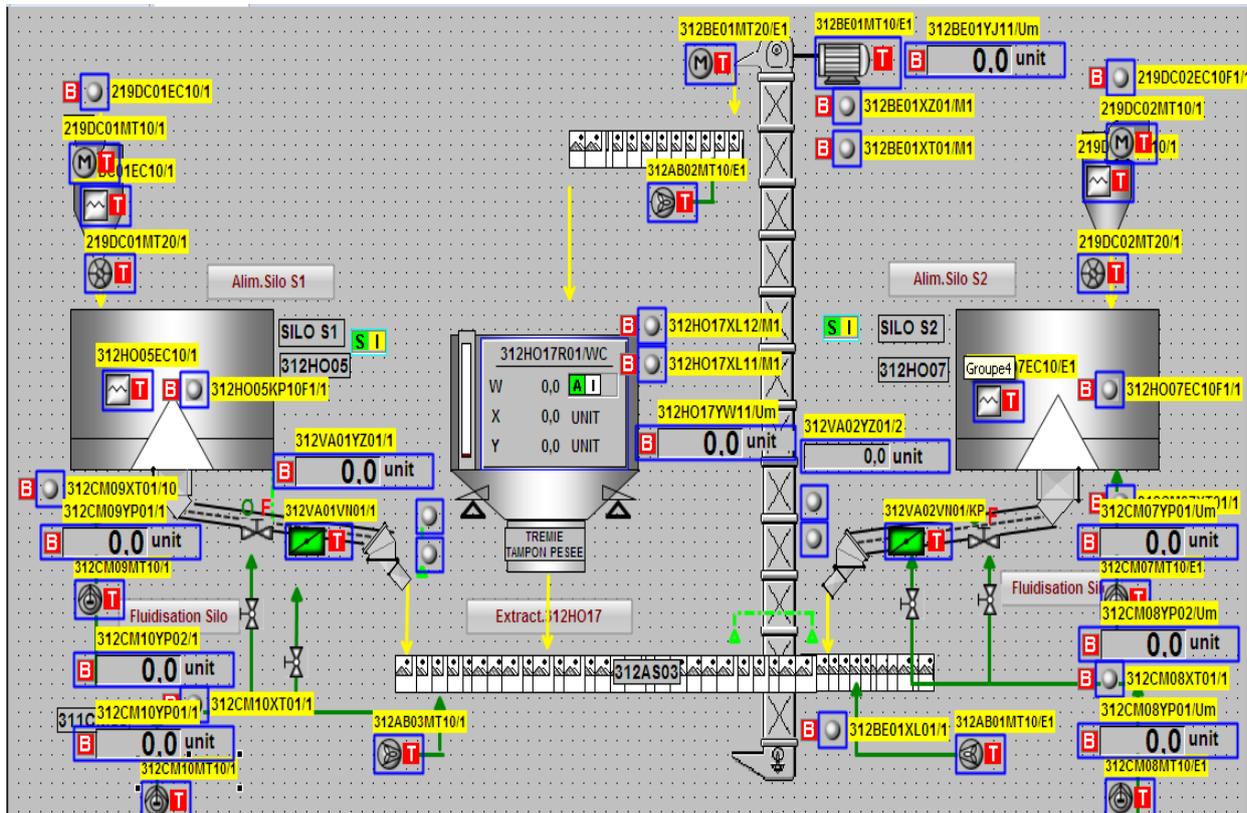


Figure V.4 : vue alimentation trémie

➤ Vue alimentation four (Figure V.5)

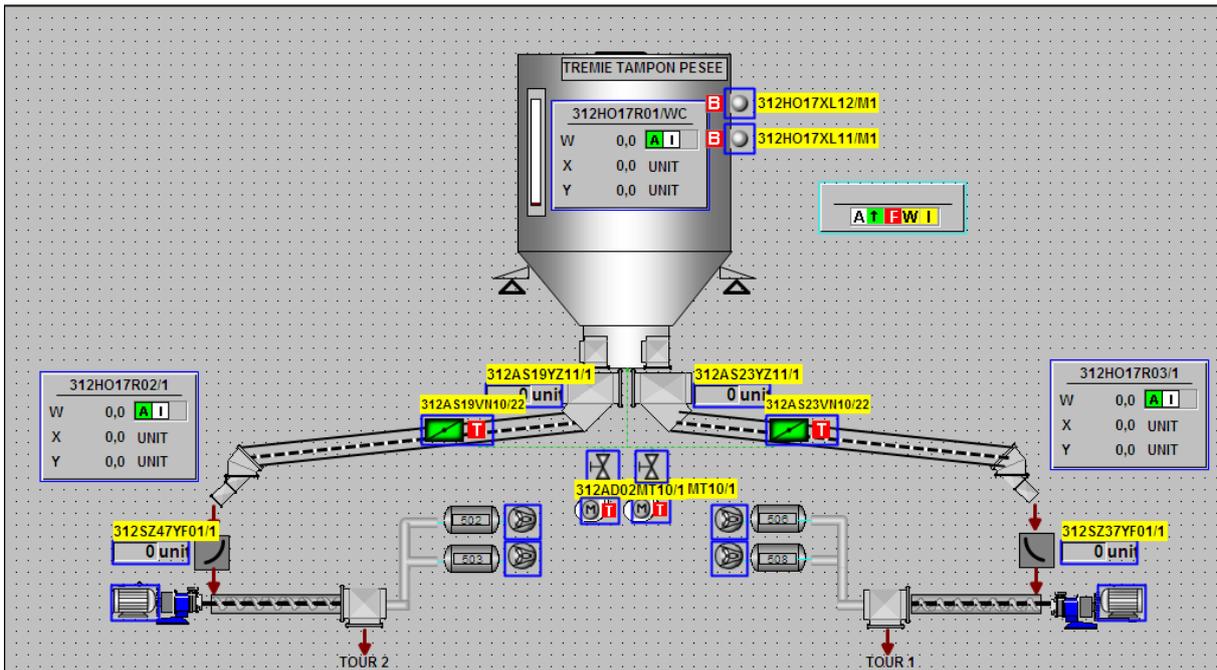


Figure V.5 : Vue alimentation four

### V.2.3 Picture Tree Manager :

Dans la fenêtre de WinCC explorer on ouvre « Picture Tree Manager », une fenêtre s'ouvre composé d'une barre de tache et 3 petites fenêtres la première contient tous les vue existantes dans le projet la deuxième contient les vues utilisés dans la supervision, et la Dernière pour l'aperçu d'une vue sélectionné.

Pour qu'une vue soit exploitable après avoir été créé en ajoute un conteneur : bouton droit sur le conteneur racine – crée dans conteneur – coller dans nœud, en sauvegardant dans un conteneur puis renommer

### V.2.4 Description du logiciel PLCSIM :

L'application de simulation des modules S7-PLCSIM permet d'exécuter et de tester le programme dans l'automate programmable (API), et il fournit d'une interface simple qui nous permet de visualiser et de forcer les différents paramètres utilisés par le programme (Figure V.6).

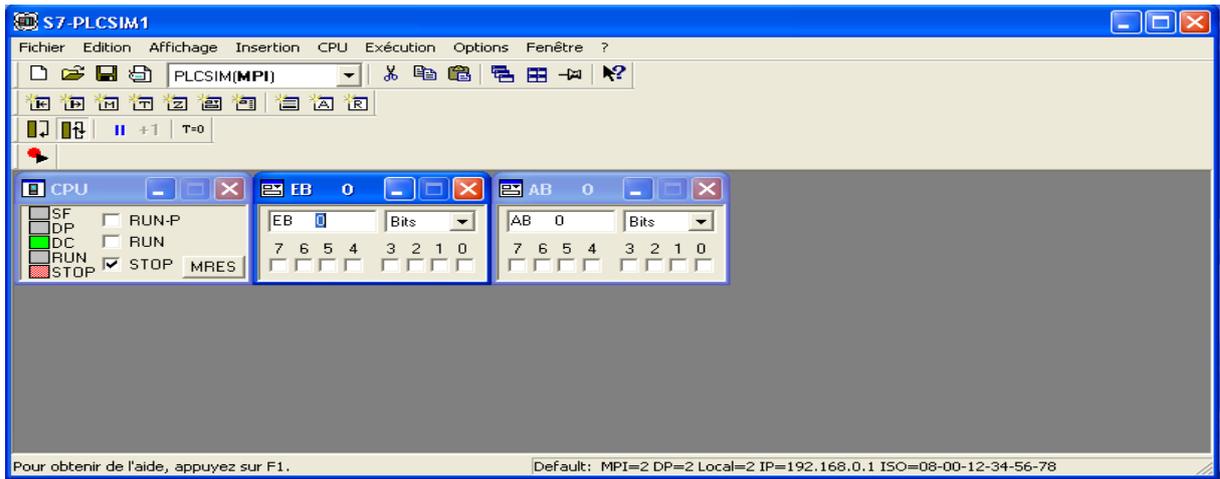


Figure V.6 : interface de PLCSIM.

## V.2.5 RUNTIME :

Une fois le Runtime lancé, une fenêtre apparaît avec une zone d'accès aux vues de conduite, une Zone de travail et des boutons de commandes et de navigation (Figure V.7).

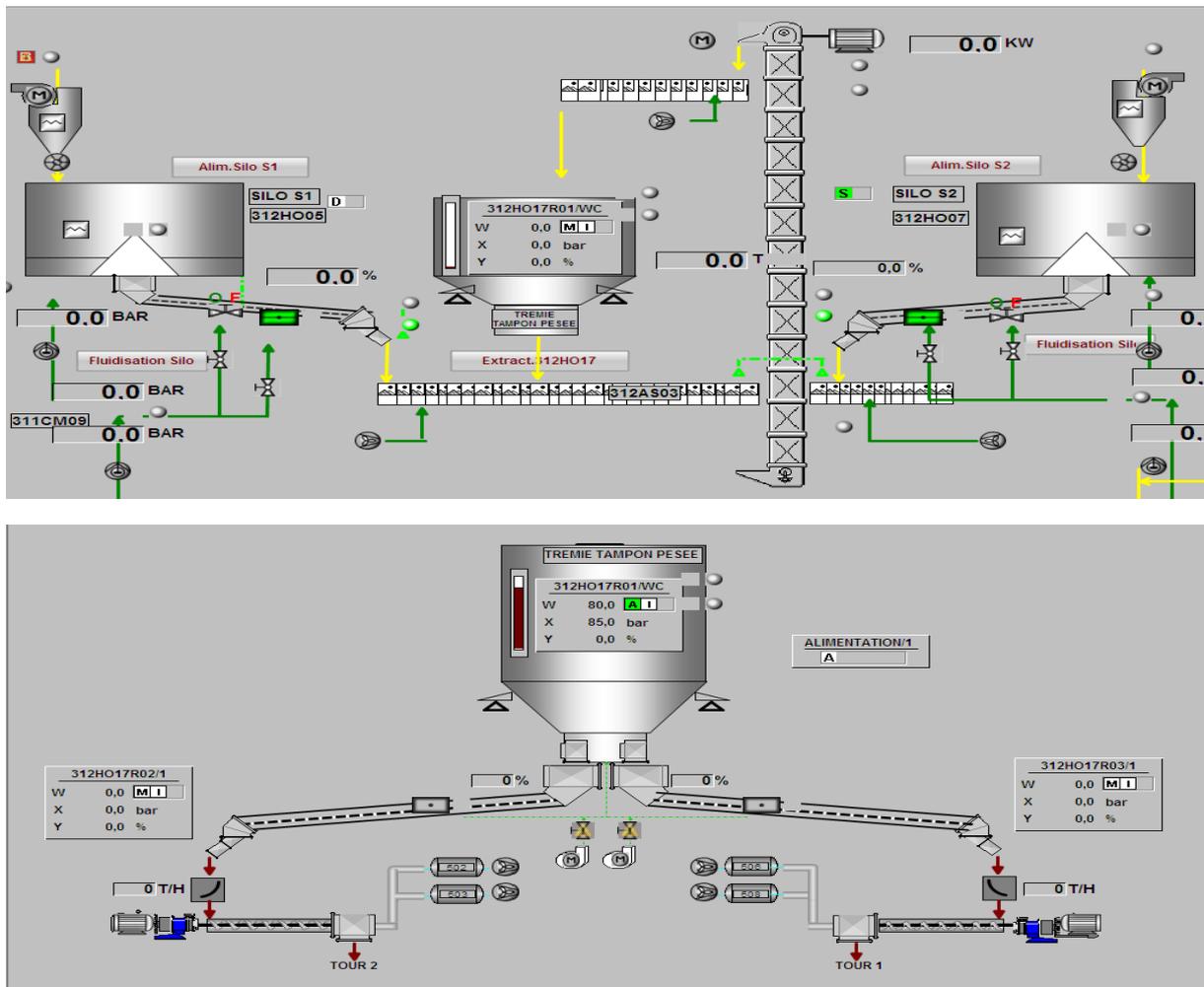


Figure V.7 : l'affichage de l'IHM

### V.3 Paramétrage de régulateur PID :

Le réglage des paramètres de régulateur PID est effectué théoriquement par la méthode de ZIEGLER-NICKOLS, après les essais on choisit les paramètres suivant (étape 1) (Figure V.8):

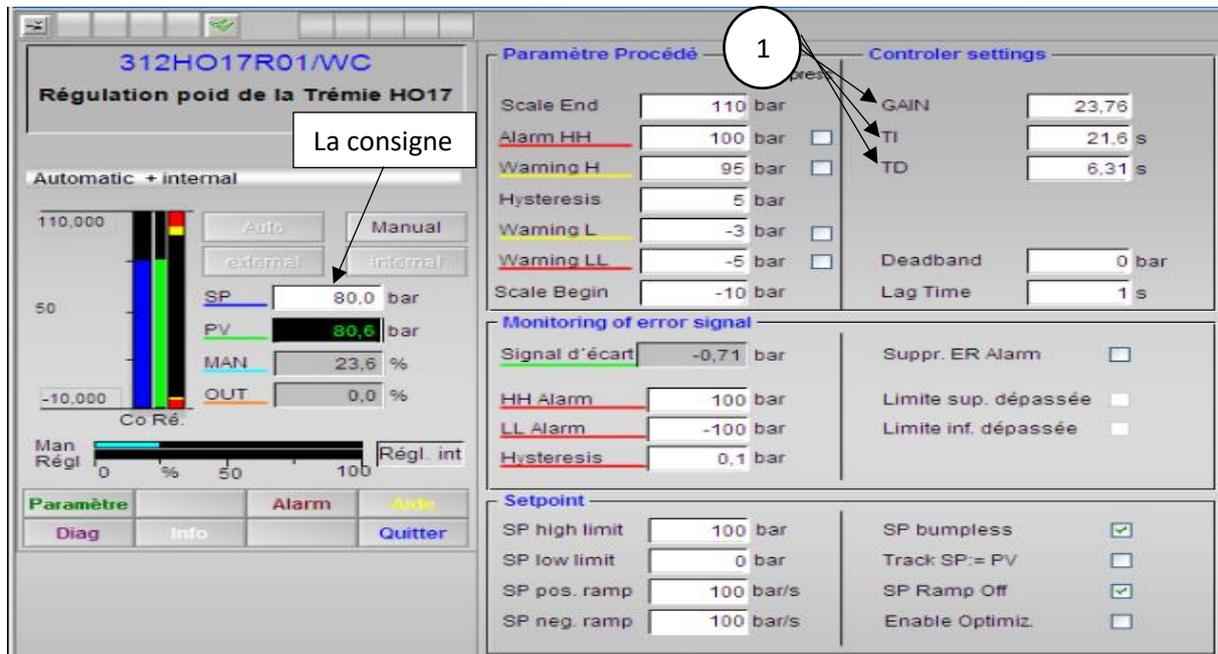


Figure V.8 : Paramétrage de régulateur PID

#### V.3.1 Exemples du remplissage de trémie :

Dans ce cas le remplissage de la trémie est toujours en état marche, parce que cette dernière alimente le four (Figure V.9).

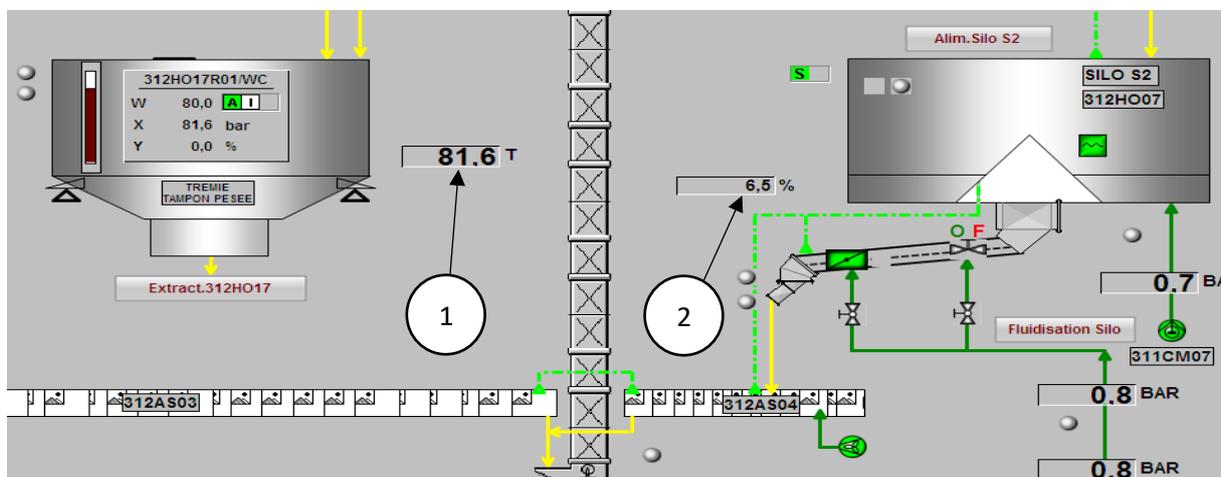
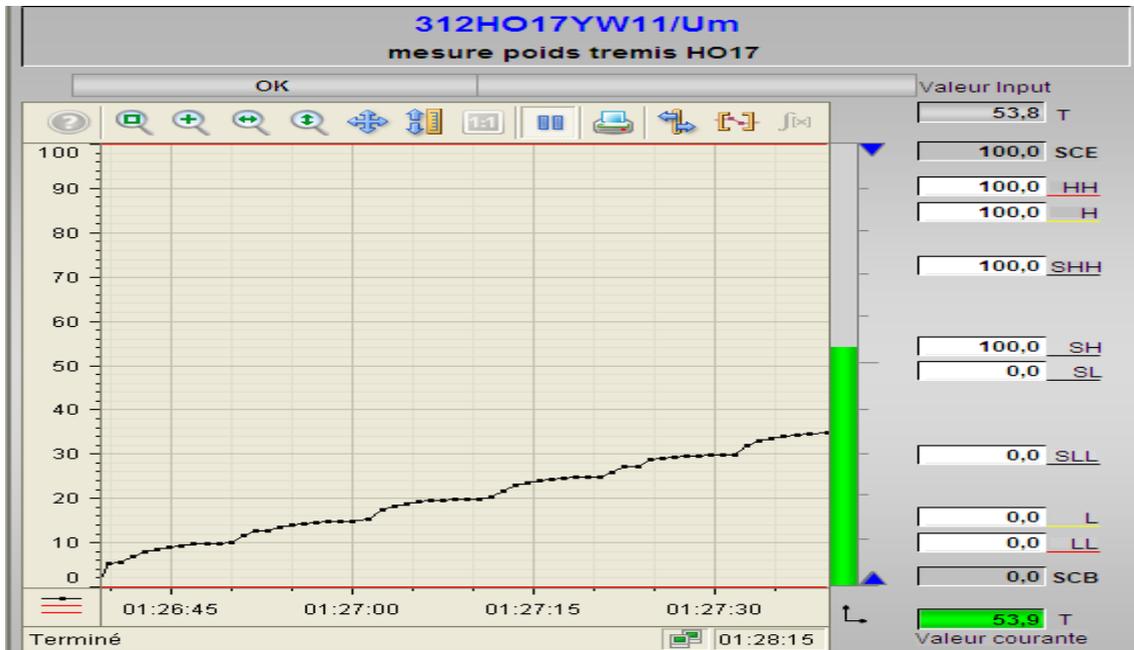


Figure V.9 : le remplissage de la trémie

On doit charger la trémie jusqu'à 80 tonne à l'aide de contrôleur PID qui donne la commande a la vanne proportionnelle pour l'ouverture et la fermeture de cette dernière, cette ouverture provoque un passage de crue vers la trémie. Le graphe ci-dessous affiche le poids progressif enregistré sur la trémie (**Figure V.10**).



**Figure V.10** : le graphe de remplissage de trémie

L'opération suivante consiste l'enregistrement des valeurs dans les deux régulateurs pour les pompes X, ces dernières alimente le four à partir de la trémie, le poids sur la trémie est compensé par la vanne proportionnel (la vanne s'ouvre en fonction du poids sur la trémie plus ou moins 80 tonnes). On prend deux essais pour la réalisation de cette opération :

1<sup>er</sup> essai : la valeur donne est de 10 tonne (Figure V.11).

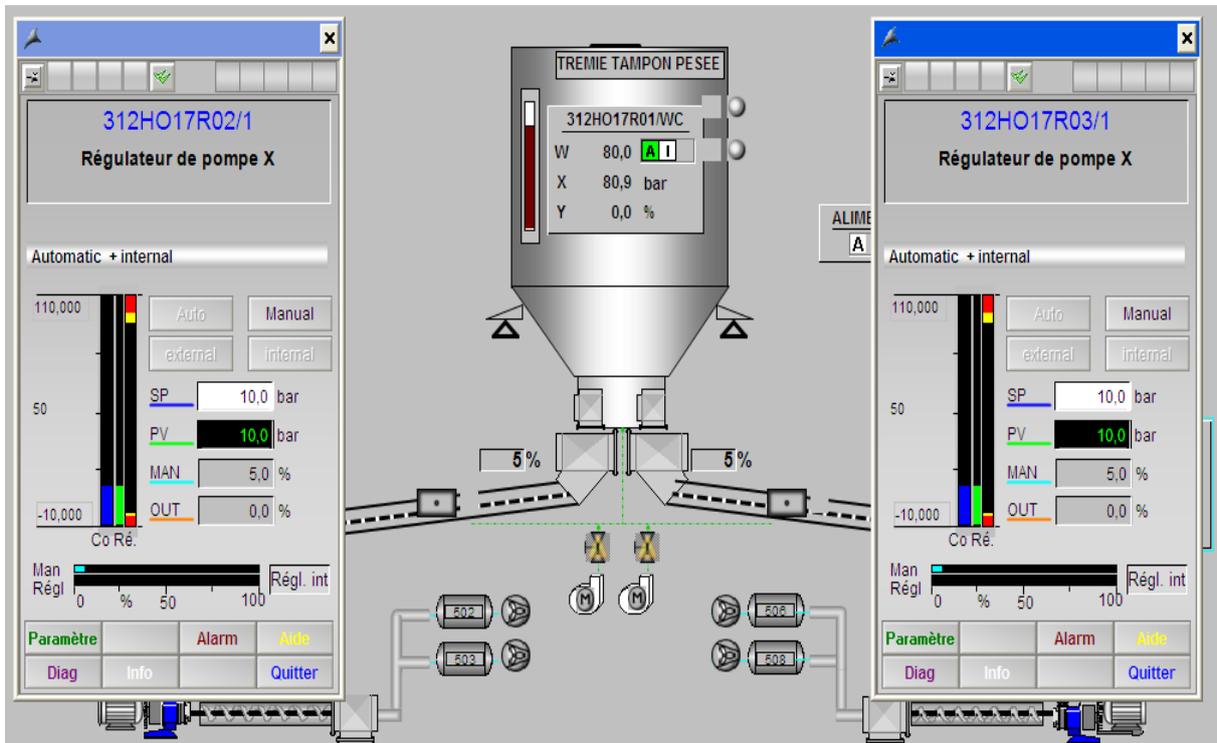


Figure V.11 : la valeur de consigne de 1<sup>er</sup> essai

Ci-dessous le résultat enregistré sur la vanne (Figure V.12).

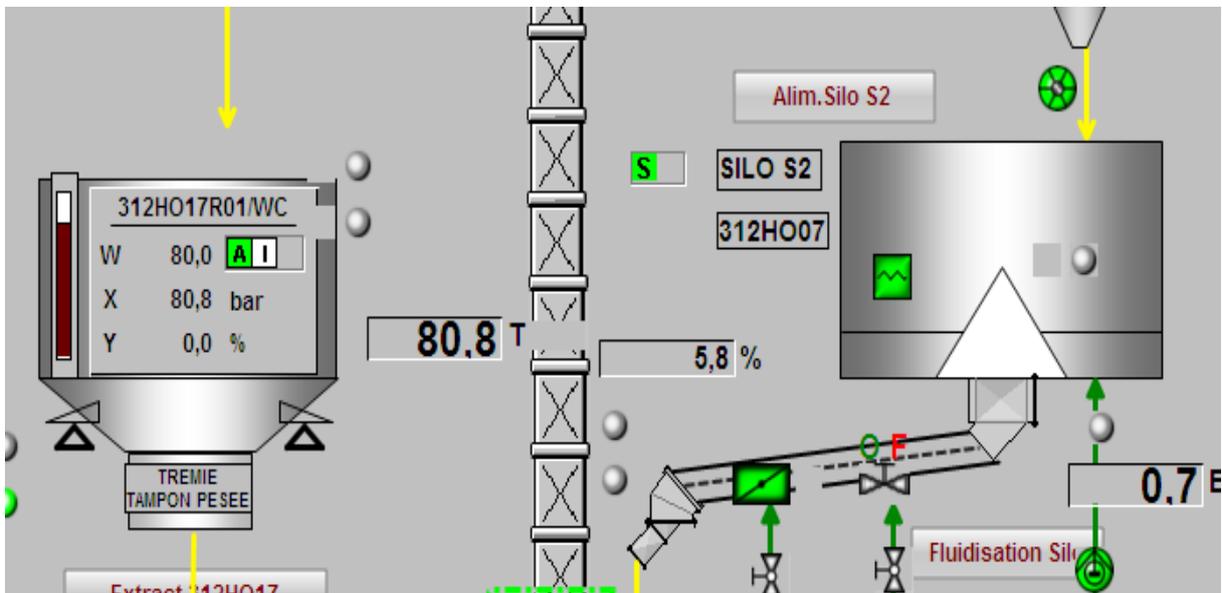


Figure V.12 : le fonctionnement de vanne à partir de 1<sup>er</sup> essai

2<sup>eme</sup> essai : la valeur donne est de 50 tonne (Figure V.13).

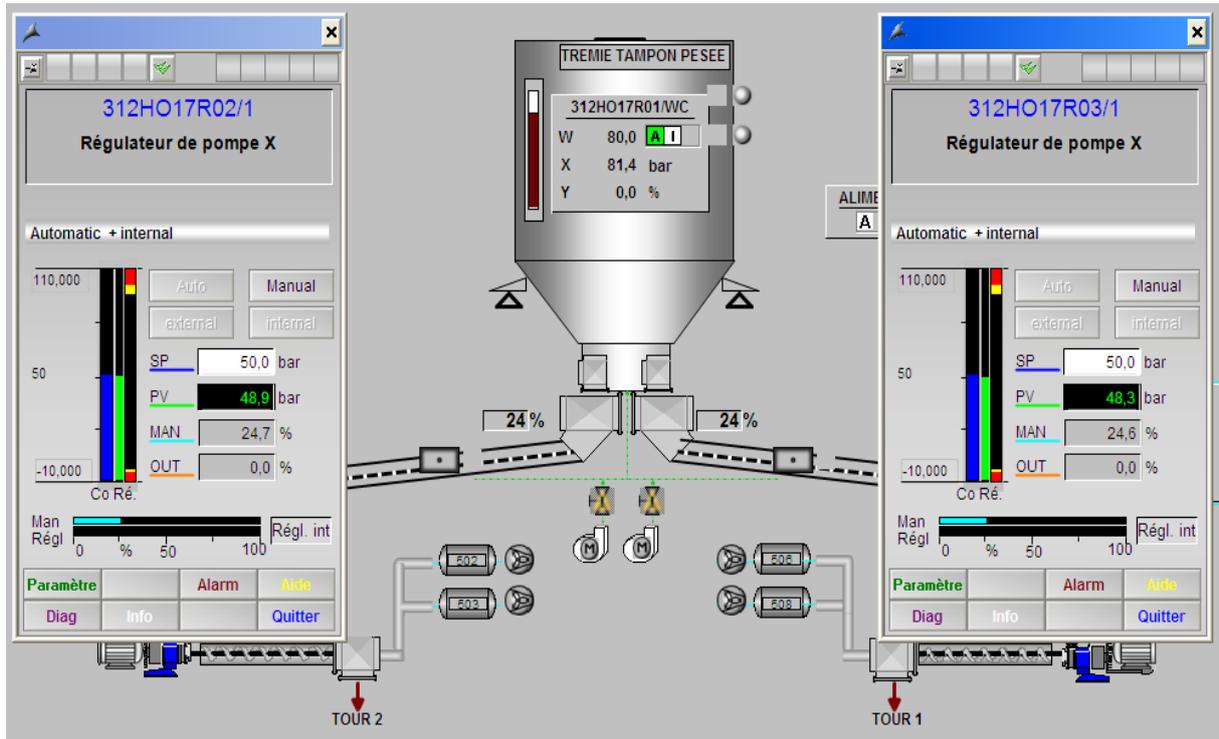


Figure V.13 : la valeur de consigne de 2<sup>eme</sup> essai

Ci-dessous le résultat enregistré sur la vanne (Figure V.14).

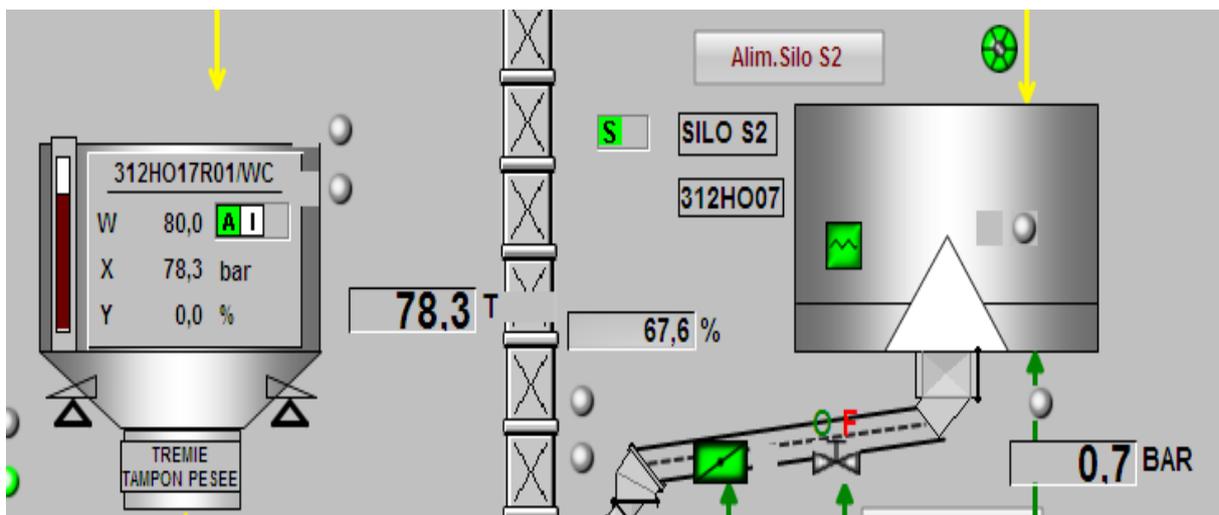


Figure V.14 : le fonctionnement de vanne à partir de 2<sup>eme</sup> essai

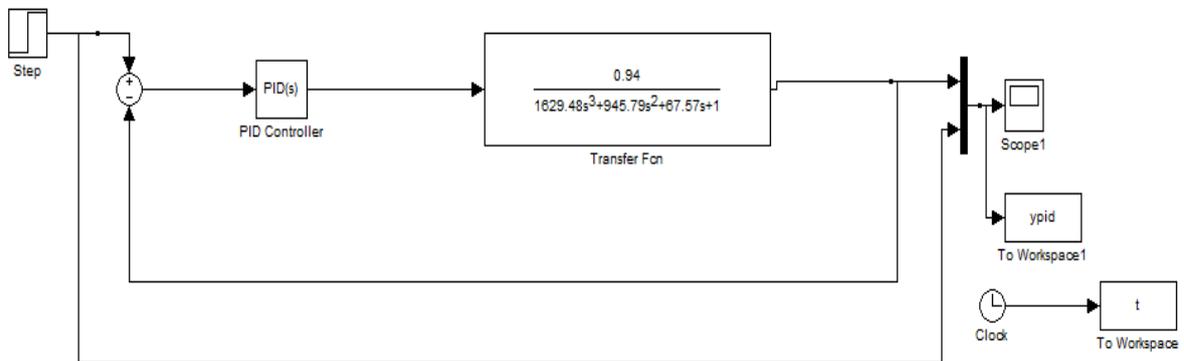
## V.4 Les résultats obtenus sous Matlab :

Pour caractériser les performances d'un procédé en boucle fermée, et pour faire la différence entre des réponses, on se base sur trois paramètres :

- Le dépassement (l'amplitude).
- Le temps de réponse (la rapidité).
- La stabilité.

### V.4.1 Le schéma Simulink avec un régulateur PID et réponse obtenu :

Le schéma fonctionnel représente la fonction de transfert du système avec le régulateur PID (**Figure V.15**).



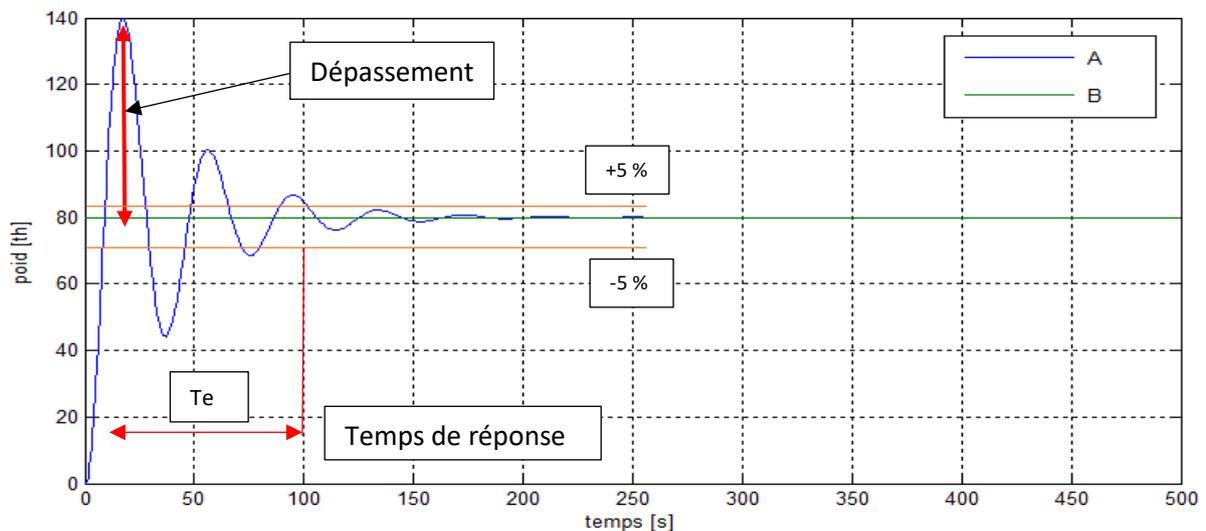
**Figure V.15** : schéma de Simulink de système avec régulateur PID

Le réglage de paramètre PID été effectué par la méthode de ZEIGLER-NICOLSE qui nous donne les valeurs suivante (**Figure V.16**):

$$k_p = 23.76$$

$$t_i = 15.46$$

$$t_d = 3.86$$



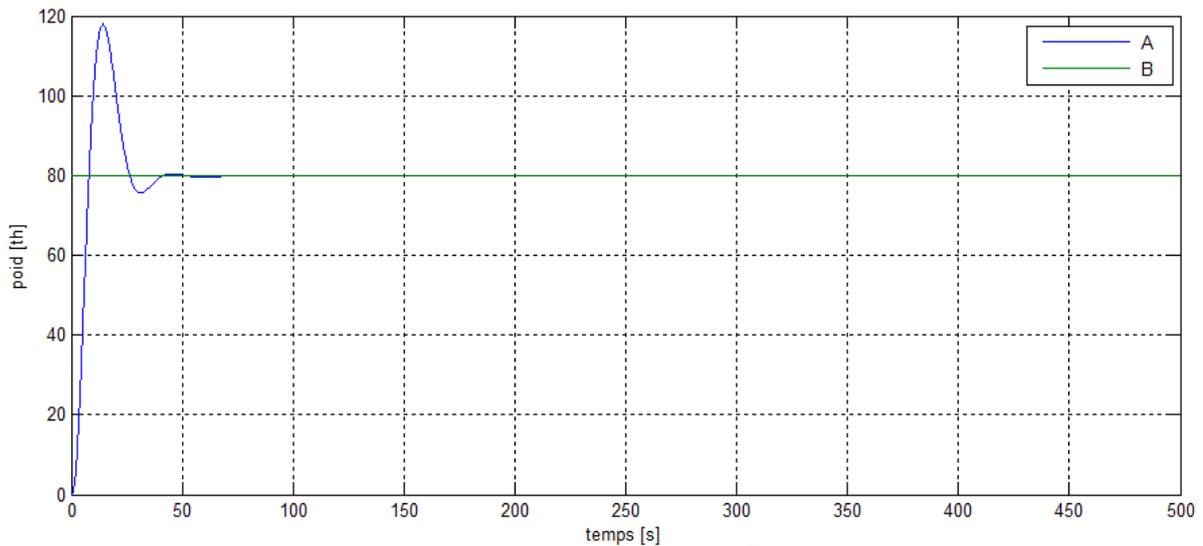
**Figure V.16** : la réponse de système avec régulateur PID

En constate que le paramétrage de régulateur PID d'après les valeurs que nous avant trouver théoriquement à l'aide méthode ZIGLER-NICKOLS ne donne pas une réponse stable donc on jouant sur le paramètre de régulateur PID pour obtenir une réponse mieux que la première réponse (**Figure V.17**).

$K_p = 23.76$

$t_i = 21.6$

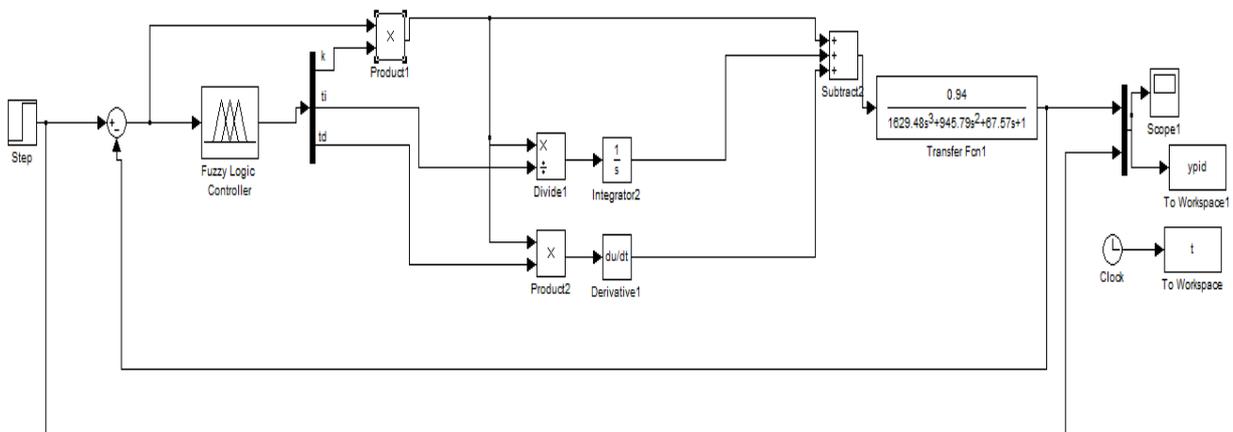
$t_d = 6.31$



**Figure V.17** : la réponse de système avec régulateur PID

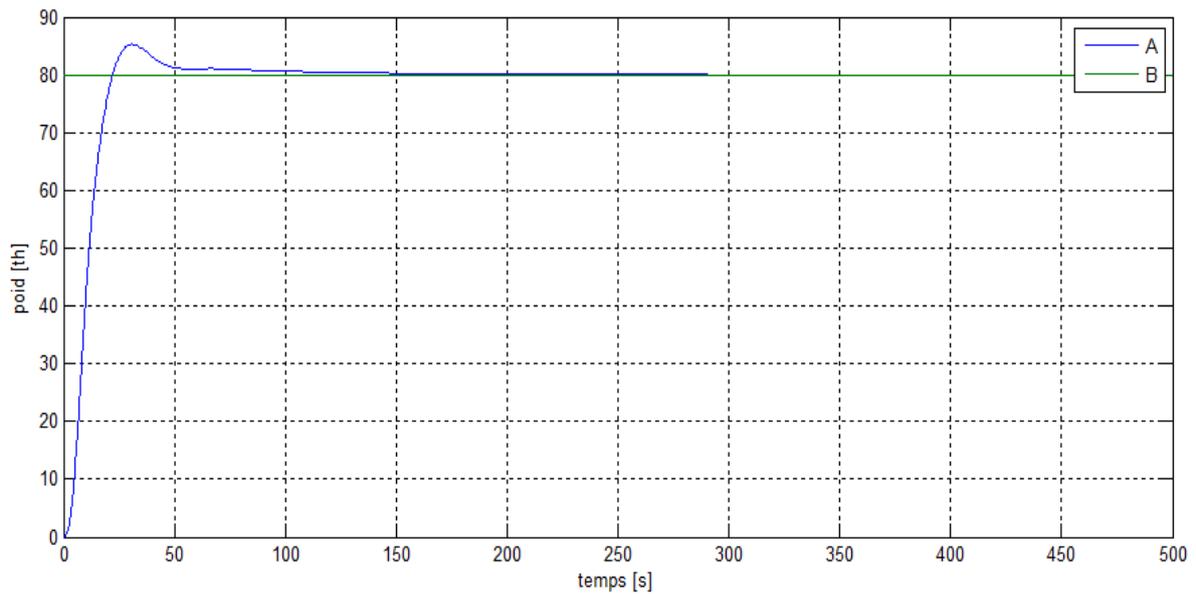
#### V.4.2 Le schéma Simulink avec un régulateur PID commandé par logique floue et la réponse obtenu :

Le schéma Simulink représente la fonction de Transfer de système avec le régulateur PID commandé par logique floue (**Figure V.18**).



**Figure V.18** : schéma Simulink de système avec régulateur PID commandé par logique floue

Après la simulation on obtient la réponse suivante (**Figure V.19**) :



**Figure V.19** : la réponse de système avec régulateur PID commandé par logique floue

#### V.4.3 comparaison entre les résultats obtenus :

Pour comparer les résultats obtenus on base sur 3 paramètres :

- la stabilité
- la précision
- le temps de réponse

Les résultats de simulation sont emportés sur le tableau suivant (**Tableau V.1**) :

Le régulateur paramètres	PID	FLOUE
T <sub>5%</sub>	37s	38s
D	47%	6.6%

**Tableau V.1** : les résultats de la commande PID et la commande floue

D'après les critères de performance on constate que les deux régulateurs donnent des résultats efficaces et acceptables pour le système, les régulateurs PID donne un dépassement (précision dynamique) de 47% avec un temps de réponse de 37s, par contre le régulateur floue donne un dépassement (précision dynamique) de 6.6% ,presque dans le même temps avec la réponse de régulateurs PID, dans ce cas le régulateur floue peut faire la différence et donne des solutions pour minimisé le dépassement qui peut provoquer l'arrêt de l'atelier.

## **V.5 Conclusion :**

WINCC à travers ce chapitre nous a permis de découvrir avec ces différentes étapes qu'il est nécessaire à la création et la supervision du processus de production de la zone ciment.

Afin de concrétiser notre étude nous avons utilisé le simulateur S7-PLCSIM1 et l'outil de diagnostic pour nous permettre de faire une simulation et de régler les problèmes de fonctionnement dont les résultats ont été satisfaisants.

Le bon réglage de la boucle de régulation et le bon choix de régulateurs reste la clé de réussite de la régulation industrielle. D'après les deux résultats de simulation de la boucle de régulation de système on peut déduire que la commande floue donne des résultats efficace et précieux dans notre système.

# Conclusion générale

---

Le travail que nous avons réalisé durant notre stage de fin d'étude à la Cimenterie de Meftah (SCMI) a été très bénéfique pour notre enrichissement de connaissance théorique et pratique.

Suivant notre stage, nous avons connu le processus général de la fabrication du ciment. En se basant sur l'atelier d'alimentation four et l'alimentation de la trémie en crue, pour cela nous avons fait plusieurs visites sur l'atelier d'alimentation four pour bien comprendre le fonctionnement des différentes instrumentations et capteurs installés.

Ce projet nous a également permis d'approfondir nos connaissances dans la programmation et nous formalisée avec le logiciel PCS7 de la supervision dans laquelle on a réalisé notre projet. Ainsi que la station de la supervision avec le logiciel WinCC. Les résultats du projet ont été faits par le logiciel Matlab.

Pour la réalisation de la programmation on a utilisé le logiciel d'ingénierie centralisé de PCS7, qui comprend la création des multi-projets, la configuration matérielle des stations, la programmation sous des diagrammes CFC et l'utilisation de la bibliothèque CEMAT.

Le bloc fuzzy logic n'existe pas dans la bibliothèque CEMAT c'est pour cela que on l'a pas abordé dans le programme de notre projet.

WinCC nous a permis de découvrir les différentes fenêtres et les étapes nécessaires pour la création de la supervision du processus de notre projet.

La modélisation du système d'alimentation trémie nous a permis de trouver les paramètres du régulateur PID, et les paramètres de la logique floue pour la commande du régulateur PID, et en fin pour les résultats du système par les deux commande que nous avons simulé, à l'aide du logiciel Simulink (Matlab).

Le second objectif c'était l'augmentation de la vie des vannes proportionnelles, le régulateur PID donne un dépassement important ce qui pose des problèmes mécaniques qui provoque un arrêt de l'atelier. Pour traiter ces problèmes on a utilisé la logique floue, après les études qu'on a fait le contrôleur PID commandé par logique floue confirme leur avantages par rapport à une commande PID classique, ce dernier nous donne des résultats fiable et précieux par rapport aux de la commande classique.

On résulte que le bon choix de régulateur et e bon réglage de boucle de régulation reste la clé de réussite de la régulation industrielle.

## Bibliographie

---

- [1] : Le procédé de fabrication de ciment de la SCMI (Documentation de l'usine).
- [2] : Cecil copyright Lafarge
- [3] : MODELISATION et IDENTIFICATION des PROCESSUS tome 2 /P.BORNE/G-DAUPHINTANGDI/J.P.RICHARD/F.ROTTELA/L.ZAMBETTAKIS
- [4] : Siemens AG Automation and Drives Postfach 4848, D-90327 Nürnberg  
Federal Republic of Germany
- [5] : Subject to change without prior notice Article No. : DFFA-B10058-00-7600  
Dispo 06318 WS 1115X.X Printed in Germany © Siemens AG 2015
- [6] : Système de conduite de processus PCS 7 CFC pour SIMATIC S7, Discription  
fonctionnel 03/2009, A5E02109227-01.
- [7] : Système de conduite de processus PCS 7 Getting Started - Part 1 (V7.1), Mise  
en route ,03/2009 A5E02122224-01
- [8] : Reference Manual Objects for Function Block Library ILS\_CEM (siemens)
- [9] : Process Control System PCS 7, Library, Edition 01/2004 A5E00180685-02
- [10]: SIMATIC HMI, WinCC flexible 2008 Compact / Standard / Advanced, Manuel  
d'utilisation 07/2008 A5E01024767-02