République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté de Technologie **Département de Pétrochimiques**

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Industries Pétrochimiques

Spécialité : Automatisation en industries pétrochimiques

Thème

Automatisation d'une section de séchage au niveau de la cimenterie GICA Hadjar Soud.

Soutenu publiquement le : 13/07/2023

Présenté par : **CHAALANE Chams El Wissal & BELLILA Maissa**

Devant le jury composé de :

Président :	Université du 20 Août 1955 - Skikda
Rapporteur :Pr. ZIGHED Lilia	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Examinateur :	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Promotion 2022 - 2023

Remerciement

La réalisation de ce mémoire a été possible dans un premier temps, grâce à l'aide de Allah le tout puissant, qui nous a aidé à réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à notre encadrant Professeur ZIGHED Lilia pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribués à alimenter notre réflexion.

On désire aussi remercier les ingénieurs de l'usine de HDJAR SOUD.

Nous tenons à remercier tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont participé à la réalisation de ce travail.

Dédicace

« Je pense, donc je suis. » René Descartes.

« Si dans tout ce que j'ai réalisé, j'aurais donné une seule bonne idée à la postérité, je n'aurais pas perdu mon temps. » Jean-Jacques Rousseau.

Je dédie ce modeste travail en guise d'amour, de respect et de reconnaissance :

Aux deux êtres les plus chers au monde, ma mère et mon père, qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour. Que dieu les protèges et les entoures de sa bénédiction.

À mes très chères sœurs : WEJDEN et MERIAM.

À mes meilleures amies qui sont toujours là pour moi : MERIEM, ROUFAIDA, YASSAMINE, AYA, TASNIM.

CHAMS

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en guise d'amour, de respect et de reconnaissance :

Aux deux êtres les plus chers au monde, ma mère et mon père, qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour. Que dieu les protèges et les entoures de sa bénédiction.

À mon mari RABAH ainsi toute sa famille

« Merci pour ta patience, soutien, compréhension et amours »

À mes très chère sœurs RAHMA GHOFRANE AMINA ABIR

À mes très chers neveux et nièces : KHALIL TAWBA TADJ ELDIN et ASSIL.

À tous mes proches ainsi toute ma famille en exclusivité

À mon cher binôme chams et sa famille

À tous mes amis :

ACHWAK RANIA MARWA SARA

MAISSA

Résumé

Ce mémoire présente l'automatisation d'une section de séchage, cette étude est de moderniser et d'améliorer un sécheur de laitier en remplaçant le contrôle manuel de l'actionneur de gaz par un contrôle automatique. Pour atteindre cet objectif, nous avons suggéré l'utilisation d'un régulateur PID en temps réel. De plus, nous avons proposé la mise en place d'un système de contrôle et de commande en utilisant les programmes du fabricant SIEMENS, spécifiquement le logiciel STEP7.

Mots-clés : Automatisation, section de séchage, régulateur PID, WinCC, Siemens, STEP7.

Abstract

This thesis presents the automation of a drying section, this study is to modernize and improve a slag dryer by replacing the manual control of the gas actuator by an automatic control. To achieve this goal, we suggested the use of a real-time PID regulator. In addition, we proposed the implementation of a control system using the programs of the SIEMENS manufacturer, specifically the STEP7 software.

Keywords: Automation, drying section, ,PID regulator, WinCC, Siemens, STEP7.

ملخص

تناقش هذه المذكرة التشغيل الآلي لقسم التجفيف، وتهدف هذه الدراسة إلى تحديث وتحسين مجفف الخبث عن طريق استبدال التحكم اليدوي لمشغل الغاز بتحكم أوتوماتيكي. لتحقيق هذا الهدف، اقترحنا استخدام منظم PID في الوقت الفعلي. بالإضافة إلى ذلك، اقترحنا تنفيذ نظام التحكم باستخدام برامج الشركة المصنعة لـ SIEMENS، وتحديداً برنامج STEP7.

الكلمات المفتاحية التشغيل الآلي ، قسم التجفيف، منظم PID .

Liste des figures .....

Liste des Tableaux .....

Liste des Abréviations .....

Introduction générale 1

Chapitre I : Description de l'usine et la section de séchage 3

I.1. Introduction 4

I.2. L'usine de fabrication [4] 4

I.2.1. Présentation d'usine 4

I.2.2. Situation géographique 5

I.2.3. Différentes étapes de fabrication du ciment 5

I.3. Utilisation de laitier [5] 6

I.3.1. Le laitier 6

I.3.2. Laitier utilise en cimenterie 7

I.3.3. Généralités sur le séchage [6] 7

I.3.4. Intérêt de procède de séchage en industrie [6]: 9

I.4. Fonctionnement de section de séchage 9

I.5. Chemin parcouru par le laitier 9

I.5.1. Fonctionnement de sécheur [7]: 10

I.6. Zone de cuisson(le bruleur a gaz) 12

I.6.1. Description des autres éléments de la section 13

I.7. Les vannes [16] 16

I.8. Composants d'un brûleur gaz à air pulsé 18

I.9. Conclusion 19

Chapitre II : Identification et Régulation 20

II.1. Introduction 21

II.2. Régulation de la température de tirage du sécheur [20] 21

II.2.1. Régulation en boucle fermée : 22
II.2.2. Choix de régulateur [21].....23
II.3. Modélisationdu système :.....25
II.2.3. Généralités sur l'identification [23].....25
II.4. Procédure d'identification:.....26
II.5. Identification du système étudié:.....27
II.2.4. Etapes de la procédure d'identification 27
II.6. Estimation des paramètres PID avec MATLAB.....32
II.7. Simulation 33
II.8. Réalisation pratique.....35
II.2.5. Liaison programme et supervision :.....36
II.2.6. Essais réalisés.....39
II.9. Conclusion.....40
Chapitre III : Automatisation par logiciel STEP 7 et supervision WinCC flexible.....41
III.1. Introduction 42
III.2. L'automatisation [27] 42
III.2.1. L'objectif de l'automatisation 42
III.2.2. Les systèmes automatisés.....43
III.2.3. Automate programmable 45
III.2.4. Nature des informations traitées par l'automate :.....46
III.2.5. Les Principes de fonctionnement d'un API 46
III.2.6. Architecture d'un API.....47
III.2.7. Choix de l'API.....48
III.2.8. Présentation de l'API choisi le S7-300.....49
III.2.9. Gamme de modules.....49
III.2.10. Configuration Matérielle 50

III.3. Logiciel Step7 [28]....51

III.3.1. Définition....51

III.3.2. Description des blocs de programmation....51

III.3.3. S7-PLCSIM....52

III.3.4. États de fonctionnement de la CPU....52

III.3.5. Différents langages de programmation....53

III.3.6. Langage à contact (Ladder)....53

III.3.7. Le logicielWinCC flexible et supervision [29]....54

III.3.8. Tâches d'un système HMI....55

III.4. Définition de la supervision [30]....56

III.4.1. Définition de la supervision....56

III.4.2. Les avantages de la supervision....56

III.5. Cahier de charge....57

III.6. Conclusion....58

Chapitre VI : Programmation et supervision....59

IV.1. Introduction....60

IV.2. Création du projet....60

IV.3. Configuration matérielle....62

IV.3.1. Station simatic 300....62

IV.4. Création du programme....63

IV.4.1. Table des mnémoniques....64

IV.4.2. Programmation des blocs....65

IV.5. TransfertettestduprogrammedansS7-PLCSIM(Simulation)....68

IV.6. La supervision (WinCC flexible)....69

IV.6.1. Constituants d'une vue....69

IV.6.2. Affichage des états de fonctionnement et du processus avec des messages 70

IV.6.3. Vue de séchage....71

IV.7. Conclusion 72

Conclusion générale 73

Références bibliographiques 73

Annexes 73

Liste des figures

Fig. I.1 :situation géographique de la carrière de hdjar-soud.....5
Fig. I.2 : les étapes de la fabrication du ciment. 6
Fig. I.3 : sécheur à lit fluidisé. 8
Fig. I.4 : Sécheur à tambour rotatif.....9
Fig. I.5 :synoptique de section de séchage. 10
Fig. I.6 : Photo réelle de Sécheur a tambour rotatif. 12
Fig. I.7 : Principe de fonctionnement d'un brûleur gaz à air pulsé 12
Fig. I.8 : convoyeur à vis.....13
Fig. I.9 : Élévateur àgodets.....14
Fig. I.10 : ventilateur de combustion. 14
Fig. I.11 :servomoteur. 15
Fig. I.12 : photo riel de thermocouple réfracteur. 16
Fig. I.13 : conversion et affichage des deux températures réfracteur et entrée filtre. 16
Fig. I.14 : Électrovanne 1 de gaz. 17
Fig. I.15 :vanne d'arrivée gaz général. 17
Fig. I.16 :les deux vannes manuelles de gaz général et by-pass. 18
Fig. I.17 : détecteur de flamme. 19
Fig. II.1 : bloc en boucle ouverte.....22
Fig. II.2 : bloc en boucle fermée 23
Fig. II.3 : Réponse d'un procédé stable 24
Fig. II.4 : Principe de l'identification 25
Fig II.5 : Etapes d'identification.....26
Fig. II.6 : Réponse du système en boucle ouverte. 27
Fig. II.7 : le programme sur new script.....29
Fig. II.8 : Tableau d'échantillonnage. 29
Fig. II.9 : Variation de la sortie en fonction du temps. 30
Fig. II.10 : Interface d'identification Matlab toolbox. 30
Fig. II.11 : Pôles et zéros du modèle. 31
Fig. II.12 : Fonction de transfert extrait par Matlab Toolbox. 31
Fig. II.13 : Réponse du modèle estimé. 32
Fig. II.14 : validation de notre model. 32
Fig. II.15 : la réponse du PID. 33
Fig. II.16 : Résultat du programme.....34
Fig. II.17 : résultats de simulation. 35

Liste des figures

Fig. II.18 : Bloc fonctionnel PID.....36
Fig. II.19 : étape 1 de la liaison programme – supervision.....36
Fig. II.20 : étape 2 de liaison programme supervision. 37
Fig. II.21 : Etapes 3/4/5 de liaison programme supervision. 37
Fig. I.22 : fenêtre de communication. 38
Fig. II.23 : réponse du système par PID avec problème mécanique. 39
Fig. II.24 : réponse système avec PID après réparation.....40
Fig. III.1:structure de systèmes automatisés 43
Fig. III.2 : Automate programmable 45
Fig. III.3 : les principes étapes de fonctionnement d'API 47
Fig. III.4 : SIMATIC S7-300 49
Fig. III.5 : Automate modulaire S7-300. 50
Fig. III.6 : Les composants graphiques élémentaires d'un diagramme LD. 54
Fig. IV.1 : Assistant nouveau projet. 60
Fig. IV.2 : Choix de la CPU. 61
Fig. IV.3 : Choix du bloc d'exécution et de langage de programmation. 61
Fig. IV.4 : Nom du projet. 62
Fig. IV.5 : configuration matérielle. 63
Fig. VI.6 : Structure du programme. 64
Fig. IV.7 : tableau mnémonique. 64
Fig. IV.8 : les trois groupes du projet. 65
Fig. IV.9 : exemple d'utilisation des blocs. 66
Fig. IV.10 : quelque condition de sécurité. 66
Fig. IV.11 : régulation PID. 67
Fig. IV.12 : bloc es données. 68
Fig. IV.13 : Supervision sous WinCC flexible. 69
Fig. IV.14 : Création de projet WinCC flexible. 70
Fig. IV.15 : Vue de section de séchage en arrêt. 71
Fig. IV.16 : Vue de section de séchage en arrêt. 72

Liste des Symboles

Tab. II.1 : Paramètres du PID. 33
Tab. II.2 : les paramètres du système. 35
Tab. III.1 : les conditions de prédisposition de marche du sécheur. 57

Liste des Abréviations

°C	degré Celsius
API	Automates Programmable Industriels
ABB	ASEA Brown Boveri
PID	régulateur proportionnelle intégrale dérivée
ARX	auto regressivewithexogenous input
ECS	équipement de contrôle de signalisation
PC	partie commande
PO	partie opérative
CPU	Central Processing Unit
TOR	tout ou rien
RAM	randomaccessmemory
ROM	readonlymemory
OEM	Original Equipment Manufacturer
IHM	InterfaceHommeMachine
PS	Power Supply
SM	Modules de signaux
FM	modules de fonctions
CP	port de communication
PC	personnel computer
OB	bloc d'organisation
FC	fonction
DB	base des données
FB	bloc fonctionnel
TVA	table des variables
DP	périphérie décentralisée
VSF	virtual file system
DC	direct current
RUN	race untilnow
LD	Ladder
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
IP	internet protocol
DI	division d'infanterie

Introduction générale

Introduction générale :

L'automatisation des processus industriels a révolutionné la façon dont les entreprises opèrent, offrant des gains significatifs en termes d'efficacité, de productivité et de qualité. L'un des domaines qui a bénéficié de ces avancées technologiques est le séchage industriel. Le séchage est une étape essentielle dans de nombreux secteurs, et son automatisation peut apporter des améliorations considérables [1].

Le sécheur est l'équipement clé utilisé pour éliminer l'humidité des produits industriels, assurant ainsi leur conservation, leur qualité et leur durée de vie. Traditionnellement, le séchage était réalisé de manière manuelle ou semi-automatique, ce qui pouvait entraîner des erreurs, des variations dans les résultats et une utilisation inefficace des ressources. Cependant, grâce à l'automatisation et à la programmation, il est désormais possible de contrôler précisément les paramètres de séchage et de mettre en place un processus plus fiable et efficient [2].

L'objectif de cette étude consiste à moderniser et améliorer un sécheur de laitier en remplaçant le contrôle manuel de l'actionneur de gaz par un contrôle automatique. Pour cela, nous avons proposons l'utilisation d'un régulateur PID. L‘utilisation du PID proposé était expérimentalement vérifié. Nous avons aussi proposé un système de contrôle et commande avec les programmes du fabriquant SIEMENS, par logiciel STEP7

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre nous présentons l’usine en passant par ses objective, sa mission et son statut géographique, et en second partie nous donnerons le fonctionnement de la section du séchage de laitier.

Le second chapitre est consacrée à l‘identification et la régulation du système étudié en utilisant les fonctionnalités offertes par MATLAB, et après la réalisation pratique.

Le troisième chapitre est consacré à quelques notions de l’automatisation des API spécifiquement l’automate SIEMENS, et des généralités sur le logiciel de programmation STEP7 et de la supervision WINCC FLEXIBLE 2008.

Enfin le dernier chapitre présente la programmation et la commande du sécheur en utilisant l’API S7-300 en utilisant le logiciel STEP7 et la supervision.

Nous terminons ce manuscrit par une conclusion générale.

Chapitre I

I.1. Introduction

Le ciment est fabriqué en montant en température jusqu'à 1 450 ° C, un mélange défini et finement broyé de calcaire, d'argile et de sable et de dans un four rotatif. Sous l'effet de la chaleur, la farine issue de ce mélange se transforme en clinker.

Le clinker sortant du four est refroidi, puis finement broyé pour produire la poudre que nous appelons ciment.il faut que tous les matières entrant dans le broyeur doivent être secs avant le broyage pour éviter l'agglomération de la matière et le bouchage d'Equipment [3].

I.2. L'usine de fabrication [4]

I.2.1. Présentation d'usine

La cimenterie qui est opérationnelle depuis 1973 intègre dans sa globalité le processus de production de ciment.

La cimenterie est constituée de deux lignes de fabrication avec une capacité contractuelle de production de 900 000 tonnes :

- **1ere Ligne :** Date du démarrage 1973, capacité 1250T/J de Clinker.
- **2eme Ligne** : date du démarrage 1975 (Adjonction d'un précalcinateur en 1993 pour porter la capacité à 1800t/j de clinker).

a. La carier d'argile :

Située à une distance de 4 Km de l'usine. Sa superficie est de 72ha, renferme des réserves estimées à + 06 millions de tonnes.

L'argile est extraite par ripage à l'aide d'une pelle mécanique, ensuite formée en tas, chargée sur camions à l'aide de chargeuse pour être acheminée vers l'usine.

- **Le sable** : il rentre dans la fabrication du mélange cru et présente un bon apport de silice. Il est approvisionné par la cimenterie ElmaLabiad de la Wilaya de Tebessa
- **le minerai de fer** : il est approvisionné, soit de Ferphos (mine d'El Ouneza).
- **Le gypse :** il rentre dans la fabrication du ciment en pourcentage de 05 %, c'est un régulateur de prise.
- **Le laitier**: il est approvisionné du complexe sidérurgique ARCELOR MITTAL – ANNABA, situé à 50Km.

I.2.2. Situation géographique

La cimenterie de HadjarSoud est située sur l'axe de la route N°44 reliant Annaba-Constantine et Skikda, soit à 50km d'Annaba et 45km de Skikda. La cimenterie fait partie de la commune de Bekkouche Lakhdar Daira de Ben Azzouz Wilaya de Skikda. La superficie de l'assiette du terrain de la cimenterie est de 29 ha 52a 40ca. Elle longe la ligne du chemin de fer à laquelle elle est raccordée par un tronçon de voie interne. Le climat de la région est subtropical caractérisé par un hiver pluvieux et un été chaud.

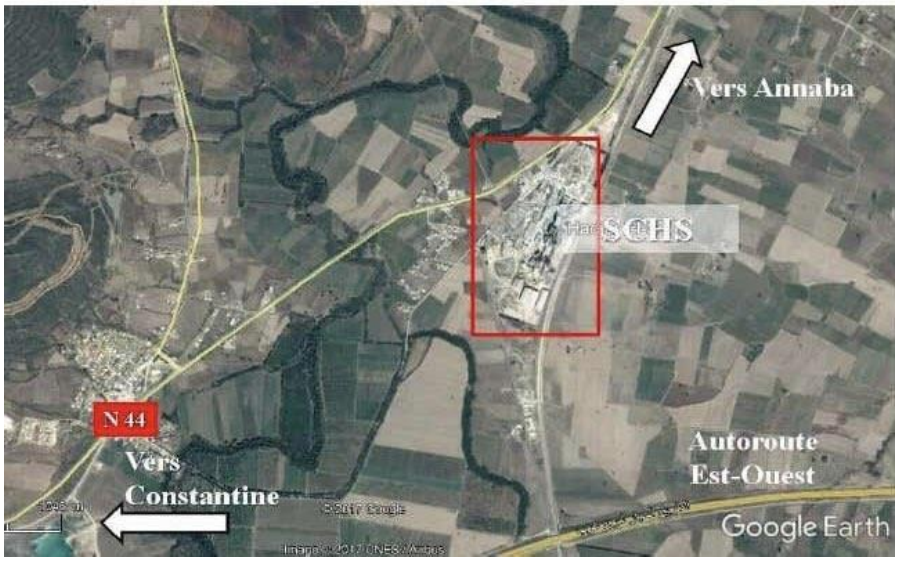


Fig. I.1 : situation géographique de la carrière de hdjar-soud [4].

I.2.3. Différentes étapes de fabrication du ciment

La fabrication du ciment implique la mise en œuvre de deux matières premières essentielles au moins, il s'agit du calcaire et de l'argile (Schiste), et parfois quand la nécessité le demande on fait appel à des matières de correction telle que le sable et le minerai de fer. Ces matières de correction sont utilisées quand les matières premières de base sont pauvres en silice et en oxyde de fer. Pour fabriquer du ciment il faut d'abord disposer d'une carrière de calcaire et d'une carrière d'argile ou de schiste, puisque c'est deux matières qui sont utilisées en grande quantité. Lors de la fabrication du ciment on doit impérativement passer par les différentes étapes suivantes :

- L'extraction en carrière
- Le concassage et le broyage des matières premières
- La cuisson, de laquelle sortira un clinker,
- Le broyage de ce dernier avec les additions nécessaire pour produire les différents types de ciment.
- L'expédition.

Fig. I.2 :les étapes de la fabrication du ciment [4].

Il existe quatre (4) voies de fabrication du ciment qui se différencie au niveau des opérations 2 et 3 mentionnées ci-dessus.

- La voie humide ;
- La voie semi-humide.
- La voie semi-sèche,
- La voie sèche qui sera décrite en détail dans cette partie.

I.3. Utilisation de laitier [5]

I.3.1. Le laitier

Les laitiers de haut fourneau sont des co-produits de la fabrication de la fonte des usines siderurgiques.

Ils sont formés de la gangue du minerai de fer, des fondants ajoutés, des impuretés du Coke. Ce sont des silico-aluminates de calcium et de magnésium.

Le laitier est recueilli à la partie inférieure du haut fourneau à une température comprise entre 1425 et 1550 °C.

I.3.2. Laitier utilise en cimenterie

Le laitier est introduit dans le cycle de fabrication du ciment par mélange avec le clinker, avant le broyage. Forte hydraulicité, et donc taux de vitrification élevé (≥ 90%, on emploi donc du laitier granulé ou bouleté) ; teneur en chaux aussi forte que possible, qui favorise la prise.

Remarque : une teneur en alumine élevée est parfois recherchée parce qu'elle améliore la résistance initiale (on a, en Allemagne, enfourné de la bauxite au haut fourneau dans ce but) ; l'effet de la teneur en MgO est discuté ; l'effet du MnO semble défavorable.

Bonne aptitude au broyage, on évite donc l'emploi de laitier coulé froid qui donne des grains durs. Teneur en eau inférieure à 10%, pour éviter ou limiter les frais de séchage avant broyage.

Dans le cas ou le laitier est humide et froid il faut recourir au séchage avant le broyage pour éviter l'agglomération de la matière à l'intérieur du broyeur.1

I.3.3. Généralités sur le séchage [6]

I.3.3.1. Définition du séchage

Opération de séparation thermique, le séchage accomplit l'expurgation totale ou partielle d'un liquide, nécessairement humide,généralement de l'eau, imprégnant un produit. Au final, le produit résultant est un solide, qualifié de *sec,* sans regard à la subsistance d'une humidité résiduelle.

I.3.3.2. Classification des sécheurs :

La sélection du type de sécheur approprié est une question délicate pour les ingénieurs, pas moins de 400 technologies différentes se disputent le marché, dont une centaine utilisée communément dans l'industrie. Au mieux pourrait-on regrouper la variété de ces technologies dans une dizaine de grandes familles. Autre question difficile, la compatibilité de la technologie en fonction de la forme du produit à traiter avec le taux de chaleur adéquat à sa déshumidification. Entre autres classifications, l'une prend pour base le type de contact entre le produit à sécher et l'air de séchage. On parle de séchage indirect principalement dans le cas de conduction ou rayonnement, suivant les positions relatives du produit exposé au séchage et la surface chaude. Le cas du séchage direct est celui où le gaz de haute température entre en contact avec le produit à sécher. Le séchage ici s'opère essentiellement par convection, moyen dont on site les deux types les plus employés.

I.3.3.3. Sécheur à lit fluidisé :

Fluidisationest le lexique désignant le procédé de mise en contact entre un gaz ascendant et le lit de particules solides où le produit humide passe sur une couche poreuse, l'air chaud traverse cette plaque ainsi que la couche de produit. Le coefficient de transmission de chaleur, très élevé, autorise un séjour très bref du produit humide.

Les données expérimentales ont montré que la vitesse optimale du fluide de séchage doit se situer entre 2 et 3 fois la vitesse de fluidisation.

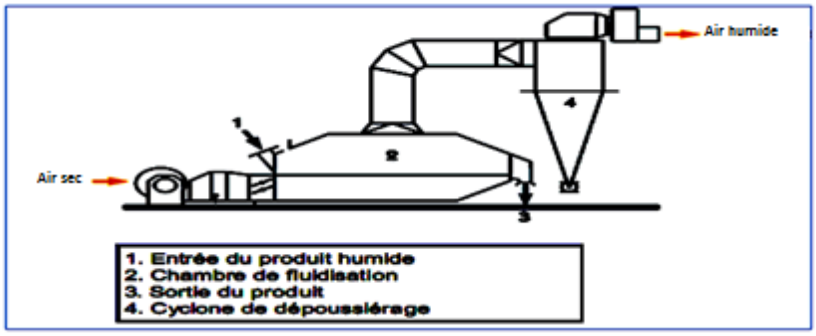


Fig. I.3 : sécheur à lit fluidisé [6].

I.3.3.4. Sécheur à tambour rotatif :

Ce sont des cylindres métalliques tournant autour de leurs axes légèrement inclinés sur l'horizontale, dans lesquels est introduit le produit, les calories nécessaires au séchage sont apportées par un balayage de gaz à courant parallèle ou à contre-courant, Voir Fig I.4

Dans certains cas, la paroi intérieure est garnie d'aubes permettant de remonter le produit et de le laisser retomber en pluie au cours de la rotation. Ce système accroit considérablement la surface d'échange entre le produit et l'air, contribuant tout autant à la réduction du temps de séchage.

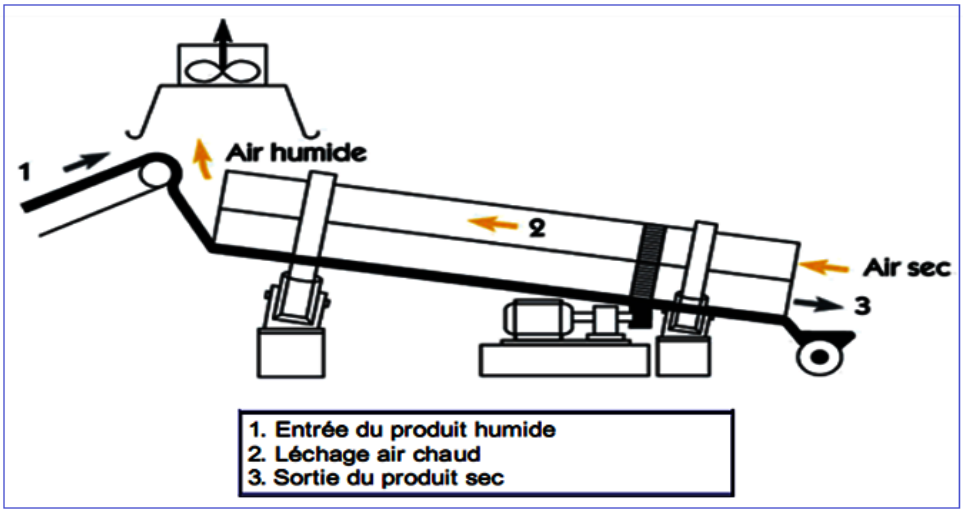


Fig. 4: Sécheur à tambour rotatif [6].

I.3.4. Intérêt de procède de séchage en industrie [6]:

Particulièrement large, le champ d'application du séchage ouvre de nombreuses perspectives de choix d'opérations de séchage, qui peuvent être effectuées pour diverses raisons :

- Le produit humide se conserve inefficacement ;
- Le liquide doit être enlevé pour le bon déroulement de la suite du procédé ;
- Le retrait de l'eau, étape à part entière du procédé, attribue texture et structure finale au produit ;
- La présence du liquide se répercute d'ailleurs sur le coût du transport, plus élevé

I.4. Fonctionnement de section de séchage

I.5. Chemin parcouru par le laitier

Partant de la trémie laitier installe au tunnel laitier, ce dernier est acheminé par le convoyeur M431.2 vers la vanne d'aiguillage M431.5 et qui pourra prendre selon les conditions météorologiques deux chemins :

- En été le climat est sec, par conséquence la température est élevé, donc le laitier est sec .on a pas besoin de procédé de séchage, le laitier est acheminé vers les silos de stockage par le convoyeur M434.3.
- En hiver le climat est humide, donc la température est basse, et le laitier est humide, il doit être sécher et acheminer vers le sécheur par le convoyeur M432.1.

Apres que la matière soit acheminée vers le tapis convoyeur M432.1, elle sera déversée dans la partie mobile (zone de séchage) du sécheur.

Les gazes chauds générés par le four (zone de cuisson) et aspiré par la turbine M433.10 vont traverser la zone de séchage en passant par le filtre a manche pour être dégage par la cheminé, ces gazes vont faire en sorte que le laitier soit sec.

Apres avoir été séché le laitier est conduit vers les silos de stockage par le convoyeur M434.3, son transport entre la sortie four sécheur et le convoyeur M434.3 est assuré par un élévateur a godets M430.2.

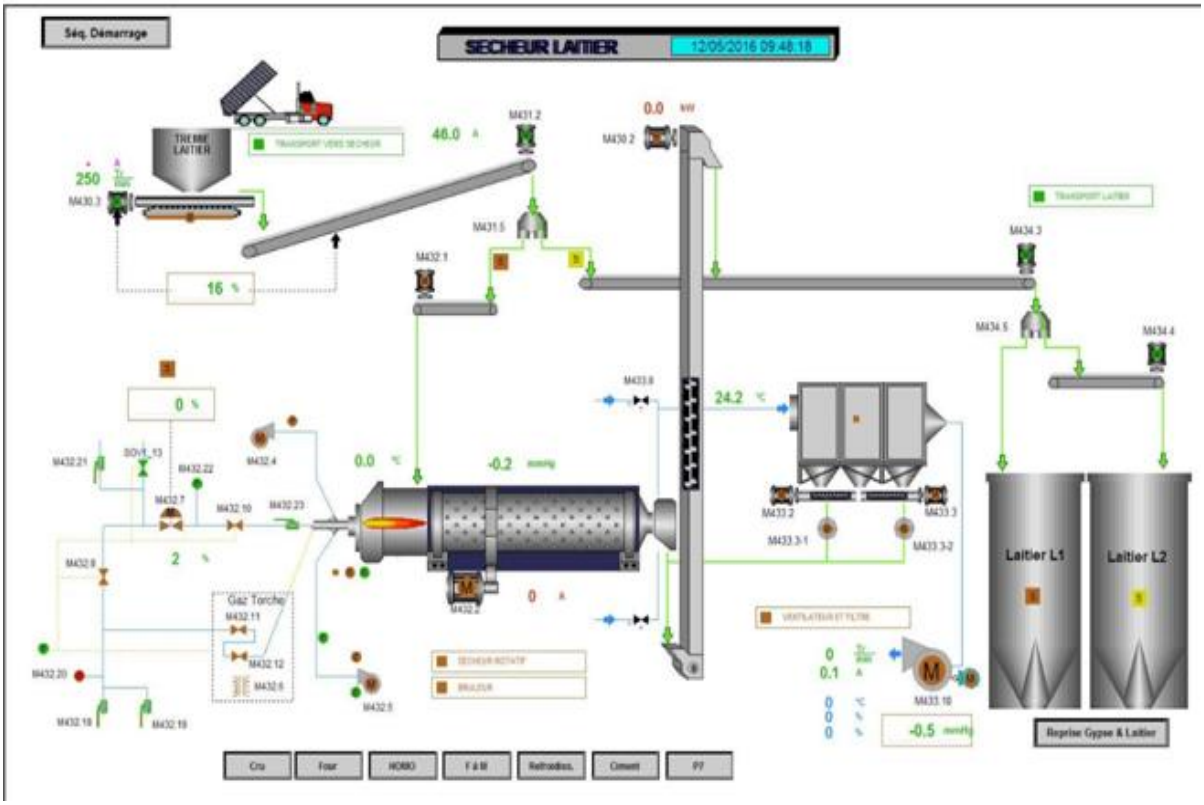


Fig. I.5 : synoptique de section de séchage.

I.5.1. Fonctionnement de sécheur [7]:

I.5.1.1. Zone de séchage (sécheur a tambour) :

Le produit humide est introduit, par un dispositif d'alimentation c'est-à-dire une petite trémie , placée sous la fin du tapis convoyeur commandé par le moteur M432.1, a l'intérieur d'un tube cylindrique tournant au tour de son axe longitudinal et incliné vers la sortie (sécheur).

La rotation du tambour, ainsi que des éléments de garnissage d'une conception spéciale (palettes releveuses).permettent un mélange intensif du produit, surtout grâce à l'inclination du tube est amené vers la sortie, c'est-à-dire l'entrée de l'élévateur M430.2 pour continuer son chemin vers les silos de stockage (L1, L2).

La chaleur est amenée par le tirage généré par le ventilateur M433.10disposés à la sortie du filtre à manche .ce concept permet le transfert de la chaleur, la radiation, et en plus la convection, le tourbillonnement des courants d'inversion, ainsi que de la forme des éléments de garnissage subdivisant le produit en amas partiels et contribuant ainsi à répartir uniformément le produit qui s'écoule en mèches en traversant le courant des gaz chauds. Cette configuration augmente considérablement la surface de transfert de chaleur évitant ainsi d'autre part la formation de zones mortes qui permettraient qu'une partie des gaz traversant le tambour sans être mis à profit pour le procédé. Le ventilateur M433.10 en aspirant le mélange gaz de fumée/vapeur d'eau/poussière va l'envoyer vers l'atmosphère par une cheminée.

Avant d'être évacué par la cheminée le mélange gaz chaud et particules (laitier) doit passer par un filtre à manche, ce dernier comme son nom l'indique joue deux rôles très importants :

- Récupération de la matière ce qui représente un gain financier important.
- Une protection optimale de l'environnement en interdisant l'évacuation de la poussière par la cheminée.
- Dans ça conception le filtre à manche est équipé de plusieurs manches, les quels permettent de retenir les particules très fins du laitier.
- Grâce à un système pneumatique (air+électrovannes) ses poches sont secouées cycliquement.
- La matière récupérée est transporté vers l'élévateur à travers des vis et des sas.

Fig. I.6 : Photo réelle de Sécheur a tambour rotatif.

I.6. Zone de cuisson(le bruleur a gaz)

Le brûleur gaz à air pulsé a pour fonction de fournir, dans des proportions correctes, l'air comburant et le gaz pour permettre une combustion optimale

Le gaz et l'air comburant sont mélangés au niveau de la tête de combustion, un peu en aval de la combustion. Il n'y donc pas véritablement de pré-mélange. L'alimentation en air est commandée par le servomoteurM432.7 qui puise l'air ambiant de la chaufferie simultanément avec L'alimentation en gaz, laquelle est assurée en amant (avant) par une électrovanne et un détendeur mécanique qui délivre une pression de gaz constante.

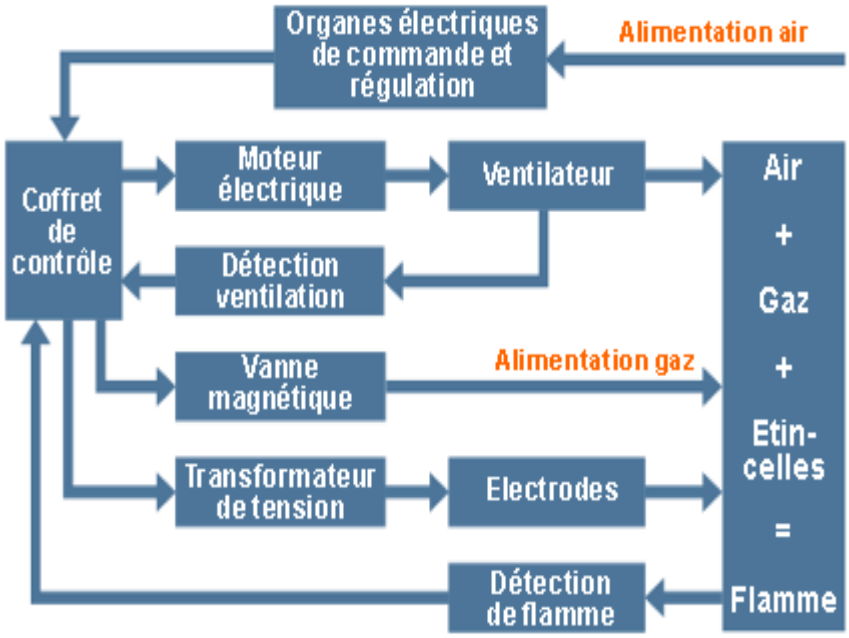


Fig. I.7 : Principe de fonctionnement d'un brûleur gaz à air pulsé [8].

I.6.1. Description des autres éléments de la section

I.6.1.1. Les éléments à base des moteurs de la section de séchage

a. Les filtres à manches :

Le fonctionnement d'un filtre à manches consiste en la traversée d'un tissus, par un gaz chargé de poussières. La poussière retenue, forme une certaine épaisseur de matière, qui est éliminée par décolmatage.

Le décolmatage peut être soit mécanique dans le cas d'un secouage, soit pneumatique à contre-courant (inversion du tirage), soit par injection d'air sous pression (par pulsation de 4 à 7 bars pendant 0,1 à 0,2 seconde). La poussière récupérée dans la trémie, est généralement envoyée vers le stockage en tant que produit fini.

En considération des conditions d'exploitation assez différentes dans les procédés, l'efficacité de dépoussiérage, le minimum de consommation d'énergie et d'entretien impose un choix adéquat du tissu filtrant [9].

b. Convoyeur à vis :

Comme illustrer dans la figure I.8le convoyeur à vis est équipé d'un moteur asynchronetriphasé et de bandes étroites (rubans). Au-dessous de la zone d'entrée de la vis se trouve un cla-pet d'évacuation automatique ainsi qu'un autre d'évacuation ouvrable manuellement. Extraction,inspectionetévacuationdulaitiersonteffectuésparl'intermédiaire decesclapets. [10]

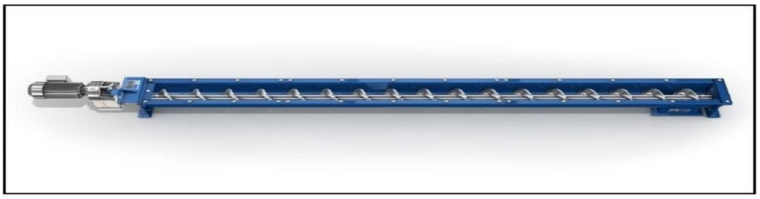


Fig. I.8 : convoyeur à vis [10].

c. Élévateuràgodets :

L'élévateur à godets est un équipement assurant l'ascension de matières solides en vrac, généralement pondéreuse à l'aide de récipients fixés à intervalles réguliers sur une bande souple refermesur elle-même. On distinguedansl'élévateurà godetstroissous-ensembles(figI.9):

- Labasedel'intérieur,ou lesgodetssontremplis par gravitéouraclage;

- La colonne,danslaquelle labanderemonteetredescend;
- Lesommetdel'élévateuroù sefaitla vidangedesgodets[11].

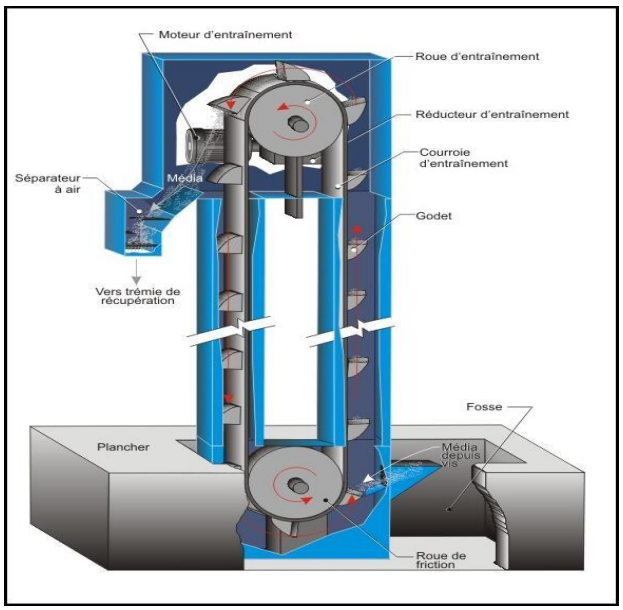


Fig. I.9 : Élévateur àgodets [11].

d. Ventilateurradial :

Le ventilateur radial possède une turbine dans une structure en tôles soudées. Une courroie actionnée par un moteur entraine l'arbre du ventilateur. Le moteur repose sur un socle en profilésd'acier.L'arbreduventilateur estmontésurdeuxpaliersàroulement, dans notre section on a deux ventilateurs radiaux de combustion et de dilation voirla figuresuivante [12] :

Fig.I.10 :ventilateur de combustion.

e. Ventilateur de tirage :

Le ventilateur de tirage est un ventilateur centrifugé, son but est d'aspiré le mélange airchaud et poussière et le diriger vers la cheminée en passant par les filtres à manches, elle est commandé par un variateur de vitesse de type siemens(G150) [13].

f. Servomoteur de régulation gaz et air de combustion :

Cet organe de régulation estutilisé pour assurer un débit de gaz et d'air de combustion avec précision en fonction du procédé,il est constituée dedeux éléments:

- Actionneur : unservomoteur(1/4tour) quiassurelaconversiondusignaldecommande (consigne en milliampère)en mouvement delavanne d'alimentation en gaz et parallèlement du clapet du ventilateur de l'air de combustion.

L'effortdéveloppéparleservomoteuradeuxbuts:

- assurer une pression de gaz prédéterminé.
- assurer une pression d'air de combustion adéquate pour le procédé.

- Positionneur: une TAM (convertisseur) deuxièmeélémentdu servomoteurdontlafonctionestdefournir lapositionexacte de la vanne de gaz (recopié en milliampère) et duclapet d'air de combustion [14].

Fig. I.11 : servomoteur.

I.6.1.2. Lescapteurs-transmetteurs :

Thermocouple : capteur de température linéaire servant à mesurer la température réfracteur générée par le bruleur [15].

a. **Sonde PT100 :** un capteur de température linaire servant à mesurer la température du mélange gaz brulé et poussière à l'entrée du filtre à manches

Fig. I.12 : photo riel de thermocouple réfracteur.

Fig. I.13 : conversion et affichage des deux températures réfracteur et entrée filtre.

I.7. Les vannes [16]

a. Electrovannetout ou rien (TOR)

Vanne qui n'offre que la possibilité d'ouverture ou de fermeture totales, elle assure les procédés des fonctions utilitaires (la mise en service des fluides ou des gaz…) ou des fonctions de sécurité (isolement). (FigureI.14) :

Elles sont aussi utilisées pour la commande des systèmes ayant une grande inertie où la précision derégulation n'estpascruciale

Fig. I.14 : Électrovanne1 de gaz.

a. Vanne manuelle :

Une vanne manuelle est par définition, non thermostatique celle-ci fonctionne comme un simple robinet.vous pouvez ainsi gère l'ouverture ou l'arrêt complet de l'arrivée gaz.

Fig. I.15 : vanne d'arrivée gaz général.

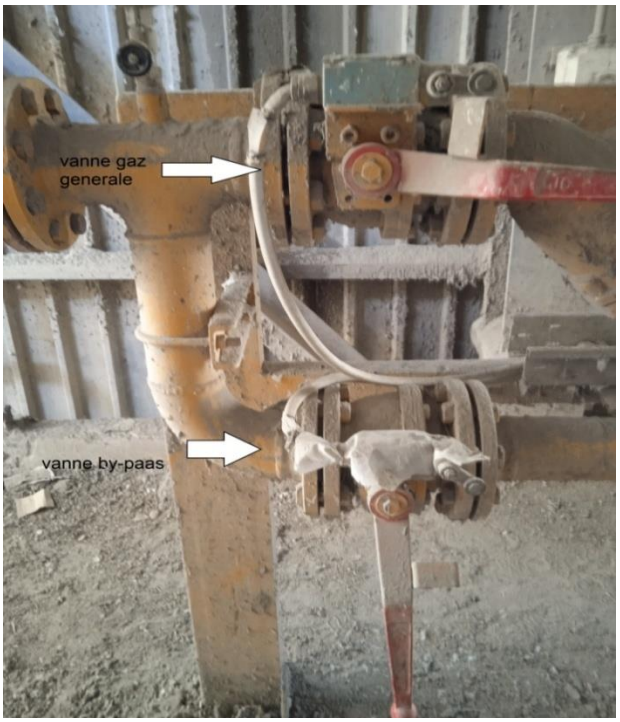


Fig. I.16 : les deux vannes manuelles de gaz général et by-pass.

I.8. Composants d'un brûleur gaz à air pulsé

- API type ABB ;
- Transformateur M432.12 ;
- Pressostat mini air ;
- Electrode ;
- ventilateurs.(combustion M432.5 ,dilutionM432.4) ;
- Electrovanne gaz général1M432.8 ;
- Electrovanne gaz général2M432.10 ;
- Electrovanne gaz torche (vers électrode) M432.11
- Servomoteur (gaz/air) M432.7
- Electrovanne de sécurité vers atmosphère SOV_13
- Vannes manuel (M432.18-M432.19/M432.23)
- Pressostat mini gaz M432.22
- Pressostat max gaz
- Régulateur de pression gaz (détendeur mécanique) M432.20
- Détecteur de flamme

a. Détecteur de flamme

De marque HONEYWELL c'est le dispositif le plus important en matière de sécurité .en détectant la flamme de la torche du gaz pilote (petite flamme) au démarrage, la partie électronique envoie un signal à l'automate lui indiquant la présence de la flamme et par conséquence l'ouverture des électrovannes de gaz

Dans les cas suivant le détecteur est inactif et interrompe le processus d'allumage :

- Si la flamme n'apparaît pas quand le combustible est libéré ;
- Si la flamme disparaît en cours de fonctionnement ;
- Si une flamme parasite apparaît alors que le brûleur est en phase de démarrage.

Si le détecteur de flamme ne donne pas le signal de présence de flamme, les deux électrovannes vannes de gaz général se ferment automatiquement et en même temps l'électrovanne vers atmosphère s'ouvre automatiquement. Ce système permet d'éviter l'accumulation du gaz dans la zone de cuisson [17].

Fig. I.17 : détecteur de flamme.

I.9. Conclusion

Au fil de la description de la section de séchage, à l'appui aussi de quelques généralités sur le séchage, nous avons pu recueillir suffisamment d'information pour compléter notre étude dans le but d'améliorer cette section [18].

Chapitre II

II.1. Introduction

En régulation, un système en boucle ouverte ou contrôle ouvert est une forme de contrôle qui ne prend pas en compte la réponse de ce système.

Ce contrôle, simple en principe, est à utiliser avec précaution si le système est naturellement instable. Pour le mettre en place, il faut au préalable avoir parfaitement modélisé le système, que la commande soit parfaitement adaptée et qu'il n'y ait aucune perturbation. En effet un système en boucle ouverte ne peut pas corriger les erreurs qu'il commet ou corriger les perturbations extérieures.

A l'encontre du contrôle en boucle ouvert, le contrôle en boucle fermée, que lui intègre la rétroaction du système, qui est en général négative (contre –réaction) [19].

II.2. Régulation de la température de tirage du sécheur [20]

Notre système de régulation est en boucle ouverte. L'entrée (U) de ce système est la consigne angle d'ouverture du servomoteur qui commande en parallèle, la vanne principale de gaz et le clapet de l'entrée air combustion propulsée par un ventilateur.

La sortie (Y) de ce système est la température de tirage (entrée filtres à manches).

Cette situation présente les inconvénients majeurs suivants :

- Il n'est pas possible de connaître à priori à quelle valeur la température se stabilise et le temps mit pour l'atteindre.
- La température de tirage (Y) varie en fonction des perturbations extérieures telle que la quantité et qualité de matière à l'intérieure du four de séchage, ainsi que d'autres phénomènes comme la pression de tirage et la température ambiante… .

Ce qui conduit à des effets indésirables tel que :

- Des pics de température dépassent 120°C, sachant que la température idéale est comprise entre 70°C et 80°C.
- Chaque élévation de température provoque le déclenchement de l'installation donc la diminution de la production du laitier séché.
- estruction des briques interne du bruleur et le risque de destruction du tissu des filtres à manches. Ce tissu est très sensible aux hautes températures.

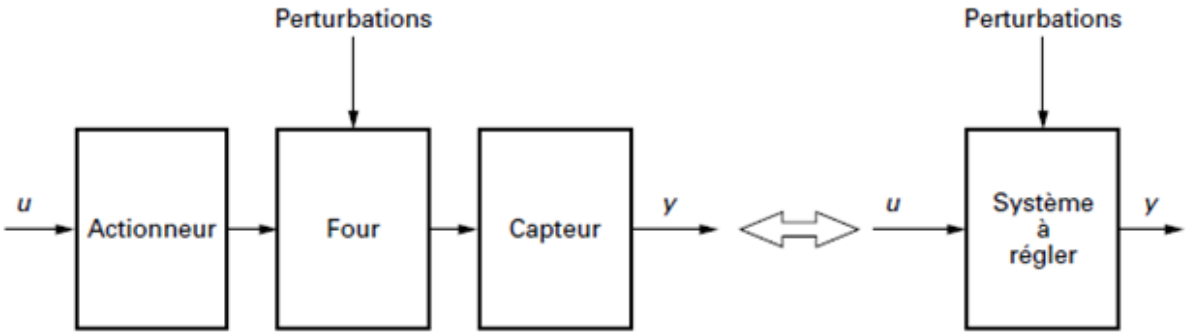


Fig. II.18 : bloc en boucle ouverte [20].

II.2.1. Régulation en boucle fermée :

Pour résoudre les perturbations courantes de la boucle de régulation Gaz/Température nous proposons une régulation en boucle ferme.

Pour cela nous maintiendrons la grandeur à régler Y (température matière) à une valeur proche de la consigne Y_C (75°C), et nous agissons sur la commande U (l'actionneur) avec un régulateur.

L'analyse fonctionnelle de cette boucle. Donne un système bouclé pour l'entrées $Y_c$et la sortie Y. Le régulateur possède 2 entrées ($Y_c$et Y) et une sortie U. Il se compose de la loi de commande et d'un comparateur qui élabore l'erreur de régulation

$E= Y_c-Y$

La loi de la commande a pour entrée E et pour sortie u.

- Dans ce système le capteur pt100 mesure la température (Y) de tirage. Cette mesure est comparée à la consigne (Y_c) pour élaborer un signal d'écart. Suivant le signe de ce dernier + ou -, la loi de commande agit sur la position de l'actionneur (U) pour ouverture ou fermeture de la vanne gaz/air afin que la température entrée filtre reste le plus proche possible de la consigne.

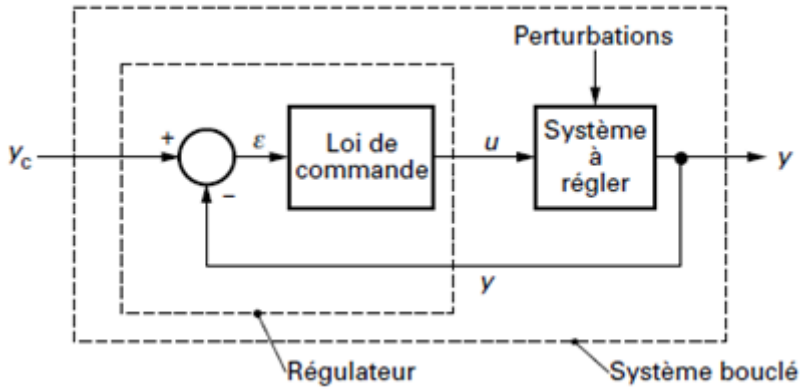


Fig. II.19 : bloc en boucle fermée [20].

II.2.2. Choix de régulateur [21]

Selon les expériences passer les régulateurs PID ce sont l'idéale pour la régulationde la température.

Commande par régulateur PID

Le régulateur PID, appelé aussi correcteur PID (à actions Proportionnelle(P), Intégrale(I) et Dérivée(D)) est un système de contrôle permettant d'améliorer les performances d'un asservissement, c'est-à-dire un système ou procède en boucle ferme. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie où ses qualités de correction s'appliquent à de multiples grandeurs physiques. Ce régulateur présente l'immense avantage de ne pas nécessiter de modélisation dynamique du processus.

Simplification d'un régulateur PID

- **L'action proportionnelle (P)** : est souvent utilisée pour améliorer la rapidité du système bouclé.
- **L'action intégrale (I)** : est employée pour améliorer le régime permanent, une précision parfaite, en outre, elle permet de filtrer la variable à régler d'où l'utilité pour le réglage des variables bruitées telles que la pression.
- **L'action dérive (D)** : assure l'amélioration de la stabilité.

Réglage d'un PID

- Le régulage d'un PID consiste à déterminer les coefficients G, Td, et Ti afin d'obtenir une réponse adéquate du procédé et de la régulation. Les objectifs sont d'être robustes, rapide et précis. Il faut pour cela :

- Dans le cas d'un fonctionnement en mode de régulation (consigne fixe), choisir des réglages permettant à la grandeur réglée de retourner dans un temps raisonnable à sa valeur de consigne.
- Dans le cas d'un fonctionnement en mode d'asservissement (consigne variable), des réglages permettant de limiter le ou les éventuels dépassements de la grandeur réglée.
- La robustesse est sans doute le paramètre le plus important et délicat.
- La rapidité du régulateur dépend du temps de montée et du temps d'établissement du régime stationnaire.
- Le critère de précision est basé sur l'erreur statique.

Dans le cas des systèmes simples, les paramètres du PID influencent la réponse du système de manière suivante (voir Fig. II.3) :

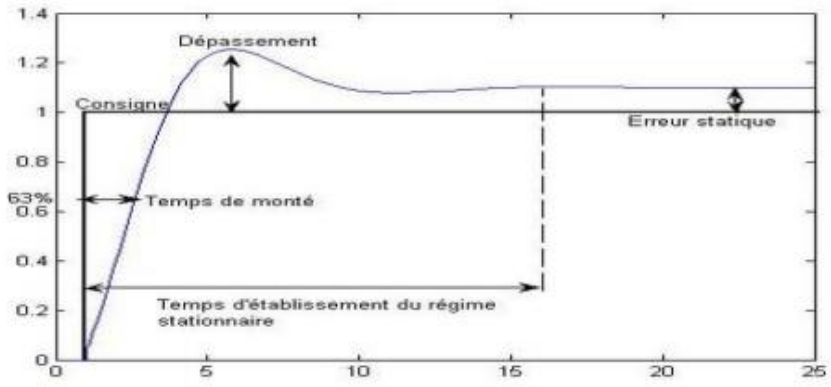


Fig. II.20 : Réponse d'un procédé stable [21].

- G : lorsque G augmente, le temps de montée est plus court, cependant le dépassement est plus important. Le temps d'établissement varie peu et l'erreur statique se trouve améliorée.
- Ti : lorsque 1/Ti augmente, le temps de montée est plus court mais il y a un dépassement plus important. Le temps d'établissement du régime stationnaire s'allonge mais dans ce cas on assure une erreur statique nulle. Donc plus ce paramètre est élevé, plus la réponse du système est ralentie.
- Td : lorsque Td augmente, le temps de montée change peu mais le dépassement diminue. Le temps d'établissement du régime stationnaire est meilleur

II.3. Modélisationdu système :

La modélisation est la représentation (mathématique ou physique) d'un système par un autre plus simple et intégrant plus ou moins de connaissances physiques. Puisque le système étudié est un modèle à boite noir, il n'est pas possible de le modéliser. Alors nous avons eu recours à l'identification [22].

L'étape d'identification est très importante car elle nous permettra d'obtenir la fonction de transfert du système étudié. Apres cette étape, nous pourrons conclure les paramètres PID de notre régulateur.

II.2.3. Généralités sur l'identification [23]

Définition

L'identification de système est une méthodologie pour construire des modèles mathématiques des systèmes dynamiques en utilisant des mesures des signaux d'entrée et de sortie du système

Principe de l'identification

Identifier un système consiste à proposer une structure d'un modèle à partir des mesures obtenues et à déterminer ses paramètres de telle sorte que le comportement du modèle suit celui du système réel lorsque ces derniers sont soumis à la même entrée. Le principe de l'identification est représenté par la figure II.4.

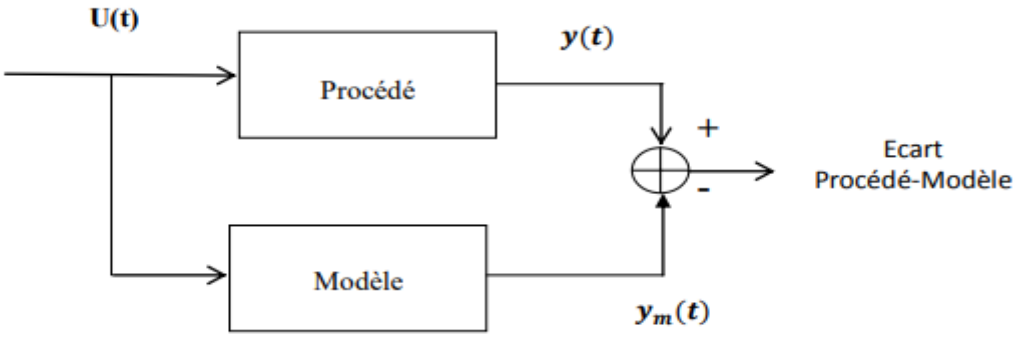


Fig. II.21 :Principe de l'identification [24].

Etapes d'identification :

Pour bien identifier un système dynamique on doit respecter les étapes illustrées par la figure II.5.

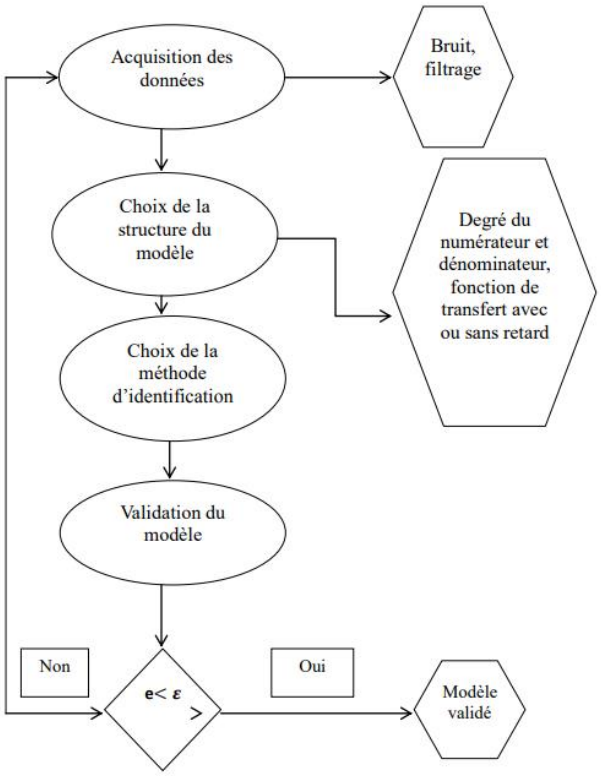


Fig II.22 : Etapes d'identification [24].

II.4. Procédure d'identification:

La procédure d'identification, consiste en trois étapes principales:

- **Détermination de la structure du modèle:** Souvent basée sur des expériences empiriques sur le procédé, où il est nécessaire de choisir le type de modèle (linéaire ou non linéaire), aussi bien que sa complexité. D'autres critères peuvent être sélectionnés: la qualité, la flexibilité, ou le prix du modèle.
- **Estimation des paramètres:** Il existe un ensemble de procédures pour l'estimation des paramètres selon le type et les caractéristiques de l'entrée du procédé et de la structure du modèle désiré.
- **Validation du modèle:** Un modèle convenable doit être en accord avec les données expérimentales, doit décrire le procédé avec précision et doit être capable de s'adapter à l'objectif pour lequel il a été obtenu. Ces étapes d'identification peuvent se présentées autrement, en deux phases:
  - **Étape qualitative :** sur la base d'une connaissance à priori du système à identifier, on fixe une structure du modèle comportant des coefficients inconnus. : Boite « grise » et « boite noire ».

- **Étape quantitative :** Elle consiste à la détermination des coefficients inconnus du modèle de façon que la différence entre les N sorties réelles du système et celles du modèle soit minimale selon un critère donné résolut par un algorithme d'identification.

II.5. Identification du système étudié:

Le système à identifier est le sécheur. L'entrée de ce système est l'ouverture du positionneur du servomoteur qui commande en parallèle la vanne principale de gaz et le clapet d'entrée air combustion généré par le ventilateur de combustion. La sortie de ce système est la température de tirage (entrée filtres à manches).

Le principe général de notre méthode d'identification se base sur un concept pratique.

II.2.4. Etapes de la procédure d'identification

Mesures des signaux d'entrée et de sortie

Afin de déterminer l'équation liant la sortie à l'entrée, nous avons testé au réel. Alors nous avons fait une expérience sur le bruleur. On donne une consigne d'ouverture de 9% au servomoteur afin d'atteindre la température requise 75°C .Le graphique obtenu est représenté par la figure II.6

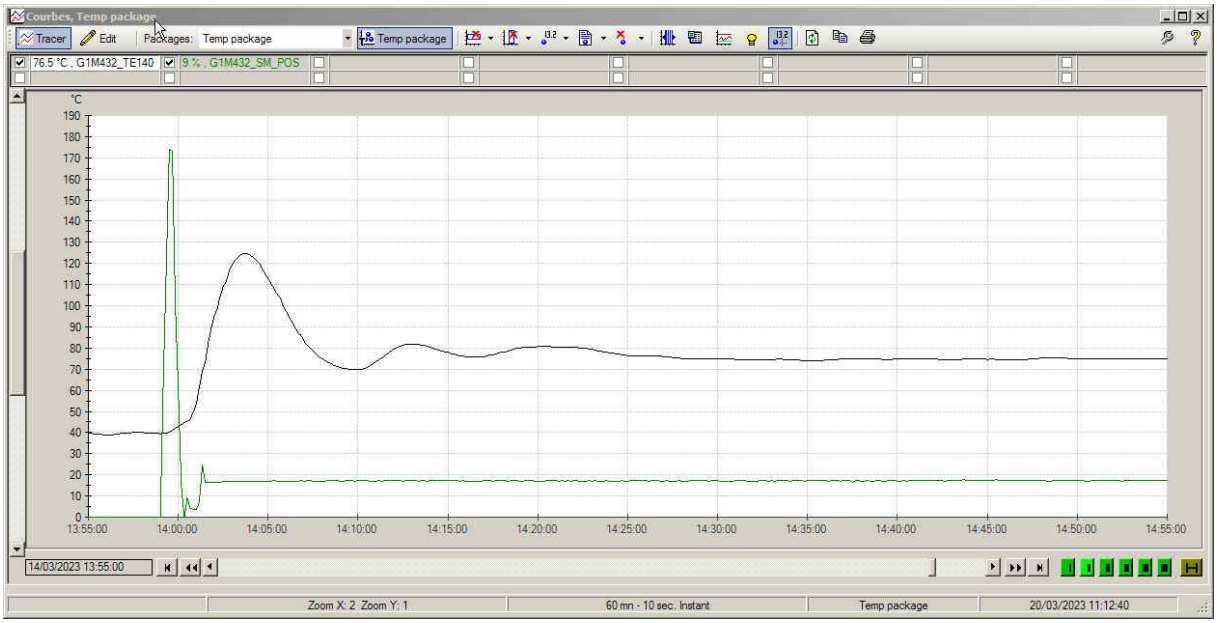


Fig. II.23 :Réponse du système en boucle ouverte.

Cette figure montre que notre système est lent parce que le régime transitoire perdure 30 min, que le dépassement est important (125°C), ainsi que l'apparition de quelque oscillation.

A partir de cette courbe nous avons relevé :

- Les changements de température de tirage par rapport au temps et le changement de rapport d'ouverture du positionneur par rapport au temps de 55 min graduellement (2990 points) voir le tableau en annexe 1.

Sélection de la structure du modèle

Les structures de boites noires linéaires les plus simples nécessitent le moins d'options à configurer :

- Fonction de transfert avec un nombre donné de pôles et de zéros
- Modèle linéaire ARX, qui est le modèle polynomial entrée sortie le plus simple
- Modèle d'espace d'états possible d'estimer en spécifiant le nombre d'états du modèle

Nous avons choisi la structure de modèle Fonction de transfert, parce que nous avons besoin de ce modèle pour une application spécifique.

Estimation des paramètres du modèle

Le software système identification Toolbox^{TM}estime les paramètres du modèle en minimisant l'erreur entre la sortie du modèle et la réponse mesurée. La sortie y_{model} d'un modèle linéaire est donnée par

$$Y_{model}(t) = G.\ u(t)$$

Ici, G est la fonction de transfert

Pour déterminer G, la toolbox minimisant la différence entre la sortie du model $Y_{model}(t)$ et la sortie mesurée $Y_{mes}(t)$. Le critère de minimisation est une norme pondérée de l'erreur, V(t), ou

$$V(t)= Y_{mes}(t)-Y_{model}(t) \quad [25]$$

Etapes d'estimation par ident toolbox matlab

➢ **Première étape :**on écrit notre programme sur new script :

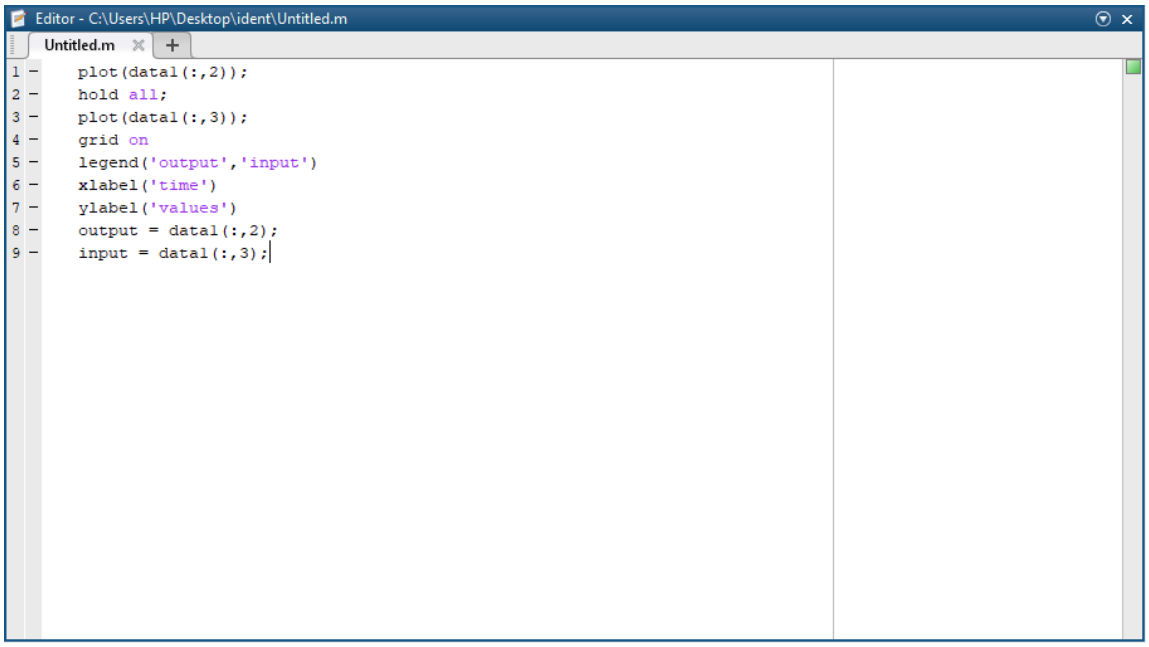
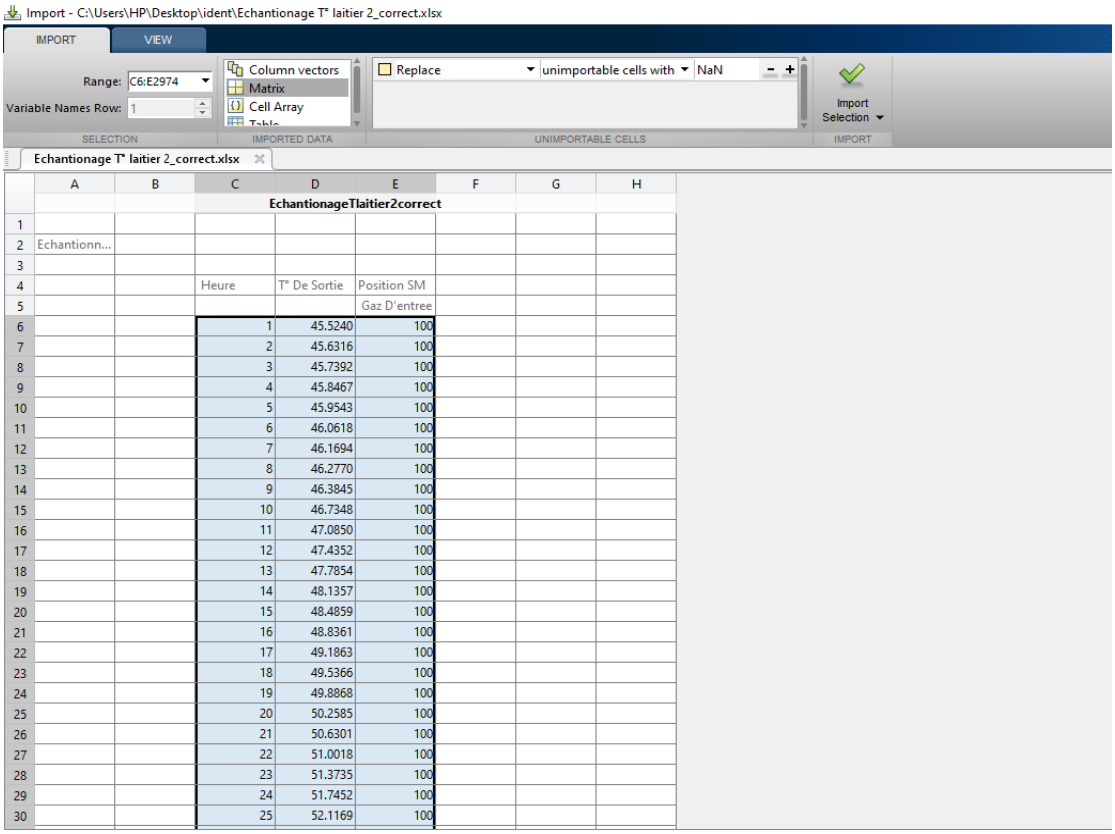


Fig. II.24 :le programme sur new script.

- **Deuxième étape :** pour faire sortir la fonction de transfert du système, nous avons pris les données sur le tableau d'échantillonnage, intégré dans MATLAB sous forme d'une matrice (u,y) :



	Heure	T° De Sortie	Position SM Gaz D'entree
6	1	45.5240	100
7	2	45.6316	100
8	3	45.7392	100
9	4	45.8467	100
10	5	45.9543	100
11	6	46.0618	100
12	7	46.1694	100
13	8	46.2770	100
14	9	46.3845	100
15	10	46.7348	100
16	11	47.0850	100
17	12	47.4352	100
18	13	47.7854	100
19	14	48.1357	100
20	15	48.4859	100
21	16	48.8361	100
22	17	49.1863	100
23	18	49.5366	100
24	19	49.8868	100
25	20	50.2585	100
26	21	50.6301	100
27	22	51.0018	100
28	23	51.3735	100
29	24	51.7452	100
30	25	52.1169	100

Fig. II.25 :Tableau d'échantillonnage.

➢ **La troisième étape :** on employer la structure (plot) pour obtenir cette résultat :

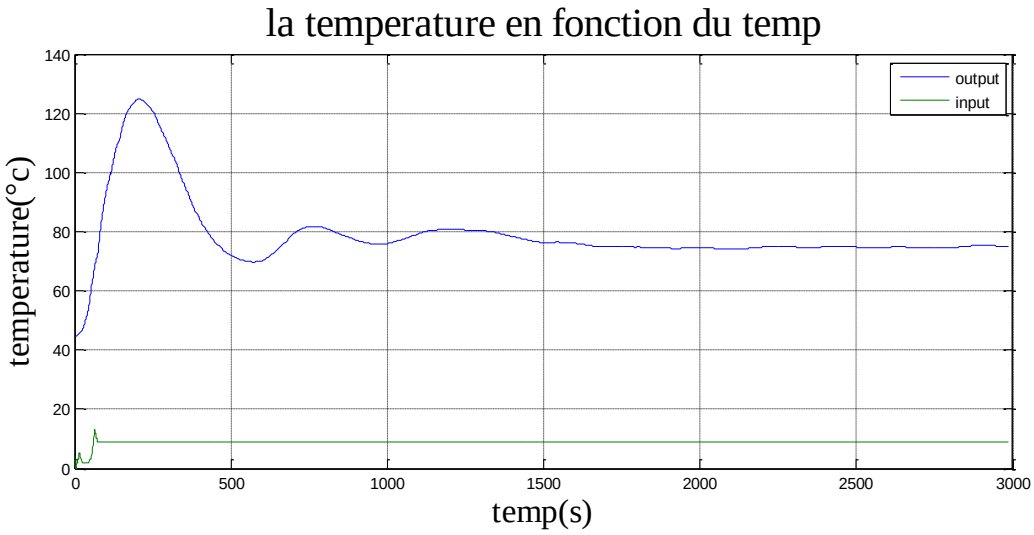


Fig. II.26 :Variation de la sortie en fonction du temps.

➢ **Quatrième étape :**

Le choix du nombre de pôles et de zéros, ainsi que du pas d'échantillonnage el qu'il est présenté par les figures II.10, II.11 et la figure II.12 ci_dessous.

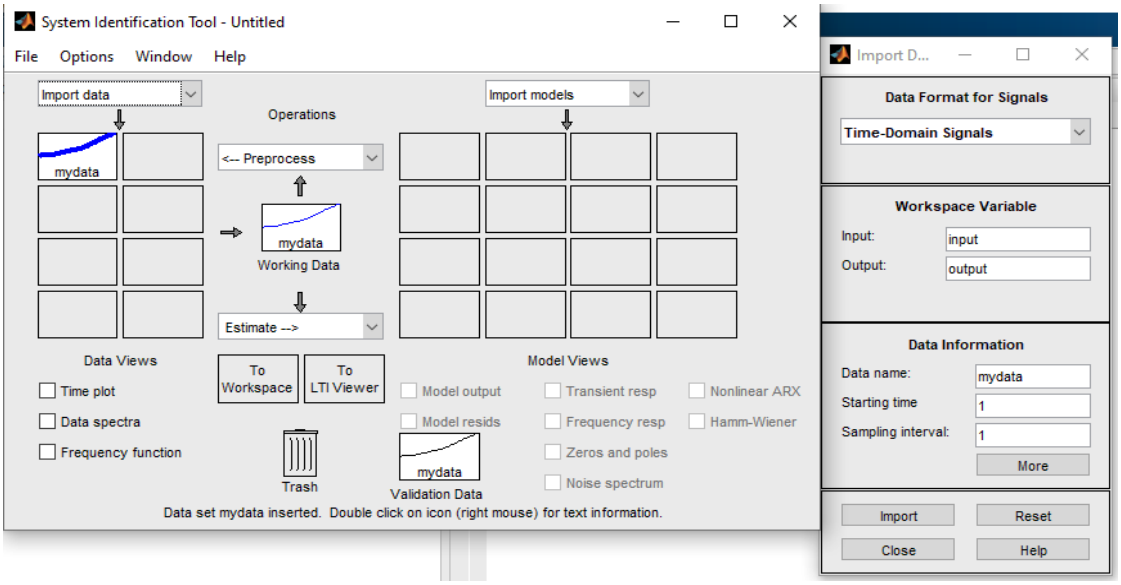


Fig. II.27 :Interface d'identification Matlabtoolbox.

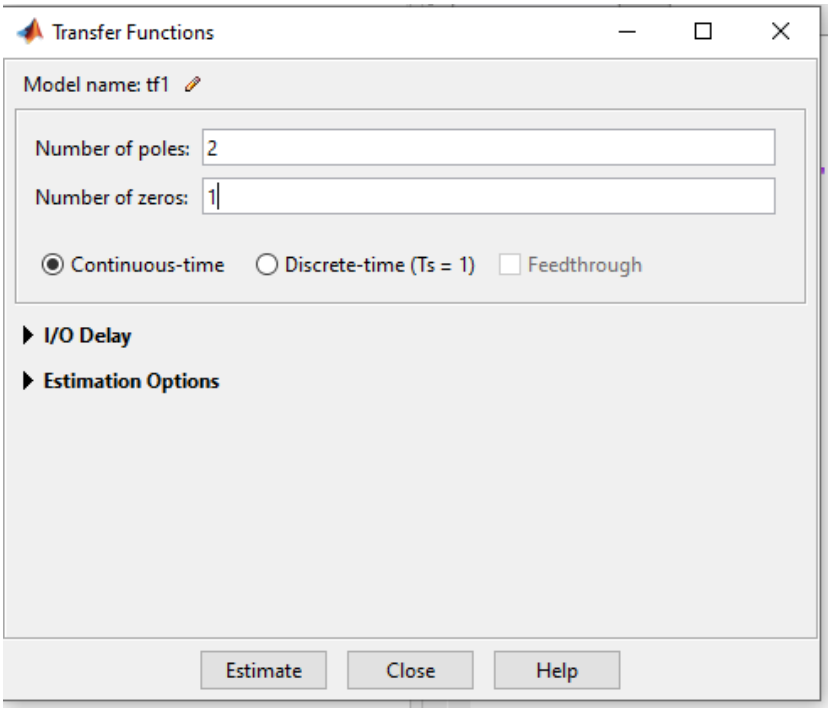


Fig. II.28 :Pôles et zéros du modèle.

```
Command Window
  tf1 =

    From input "u1" to output "y1":
        0.146 s + 0.0008315
    ---------------------------
    s^2 + 0.01023 s + 9.776e-05

  Name: tf1
  Continuous-time identified transfer function.

  Parameterization:
     Number of poles: 2   Number of zeros: 1
     Number of free coefficients: 4
     Use "tfdata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.
```

Fig. II.29 :Fonction de transfert extrait par MatlabToolbox.

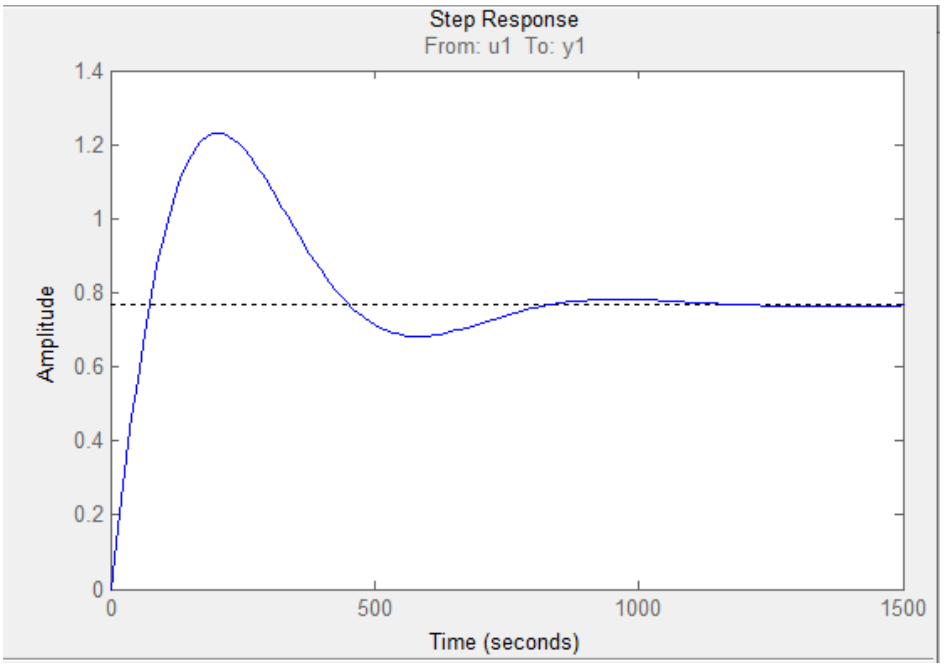


Fig. II.30 :Réponse du modèle estimé.

Validation du modèle

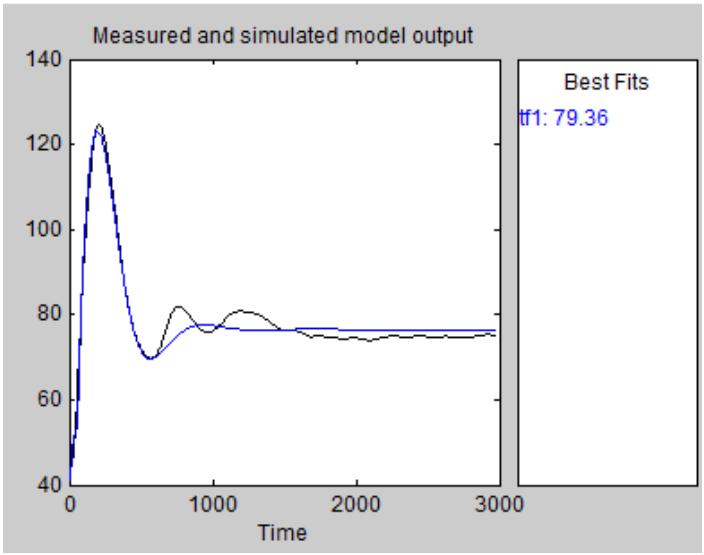


Fig. II.31 :validation de notre model.

Le modèle est identique avec un rapport de : 79.36%

II.6. Estimation des paramètres PID avec MATLAB

Nous avons utilisé la fonction PIDTOOL (tf1) pour obtenir ce résultat

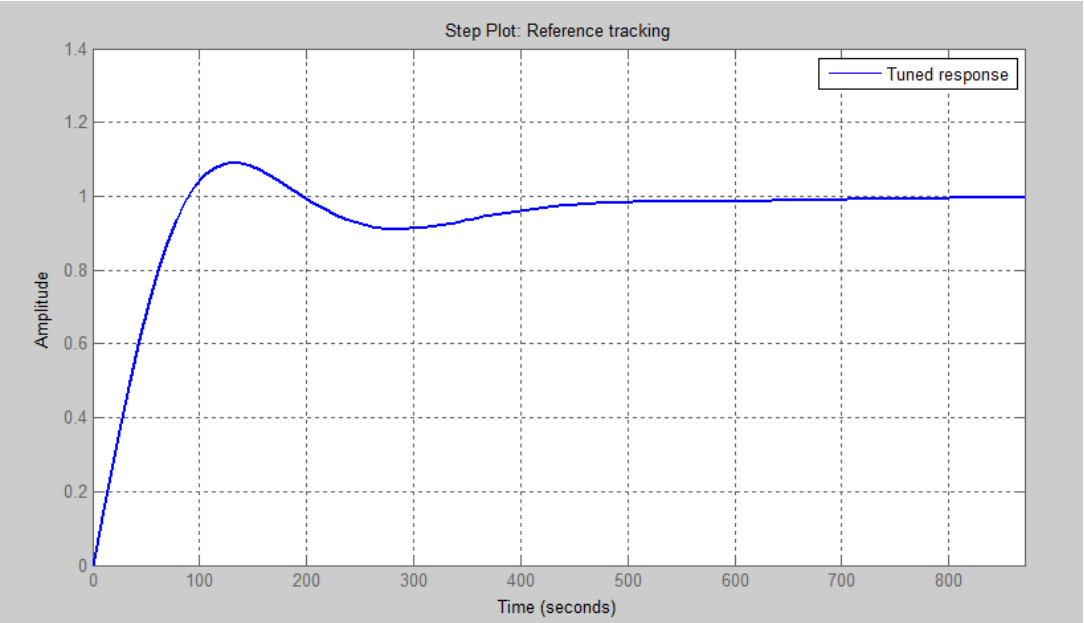


Fig. II.32 :la réponse du PID.

Tab. II.1 :Paramètres du PID.

Les paramètres	Les valeurs
Kp	0.10068
Ki	0.002292
Kd	0

II.7. Simulation

Programme script :

```
C = pidtune(tf1,'PI')
T = feedback(tf1*C,1)
GS = feedback(tf1,C)
S= stepinfo(T);
subplot(2,1,1);
stepplot(T);
title('referencetracking');
gridon;
subplot(2,1,2);
stepplot(GS);
title('disturbance rejection');
gridon;
```

```
C =

             1
  Kp + Ki * ---
             s

  with Kp = 0.101, Ki = 0.00229

Continuous-time PI controller in parallel form.


T =

  From input to output "y1":
     0.0147 s^2 + 0.0004184 s + 1.906e-06
  -----------------------------------------
  s^3 + 0.02493 s^2 + 0.0005161 s + 1.906e-06

Continuous-time transfer function.


GS =

  From input "u1" to output "y1":
            0.146 s^2 + 0.0008315 s
  -----------------------------------------
  s^3 + 0.02493 s^2 + 0.0005161 s + 1.906e-06

Continuous-time transfer function.
```

Fig. II.33 :Résultat du programme.

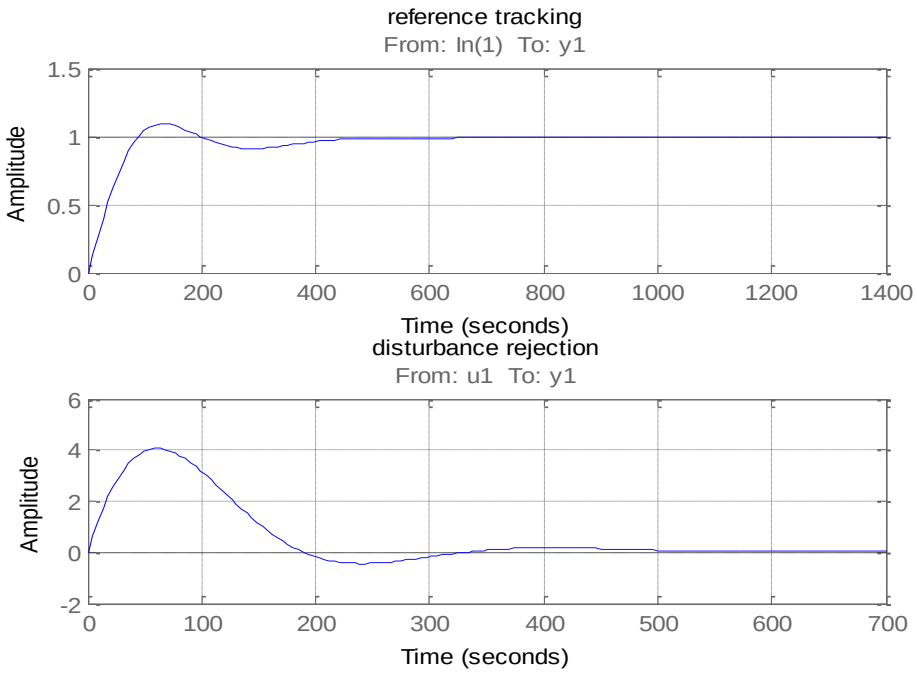


Fig. II.34 :résultats de simulation.

Par défaut ; pour une bande passante donnée ; PID règle le contrôleur pour atteindre un équilibre entre le suivi de référence et le rejet des perturbations. Dans ce cas, le contrôleur donne un certain dépassement dans la réponse de suivi de référence. Le contrôleur supprime également les perturbations d'entrée avec un temps de stabilité un peu long que le suivi de référence ; après un premier pic.

En fonction de votre application ; vous souhaiterez peut-être modifier l'équilibre entre le suivi de référence et le rejet des perturbations pour favoriser l'un ou l'autre. Pour un contrôle PI ; vous pouvez modifier cet équilibre en modifiant la marge de phase du système réglé. Le défaut du contrôle retourné par pidtune donne une marge de phase de 60°.

Les paramètres du système

Tab. II.2 :les paramètres du système.

Temps de montée	66.5624
Temps de prise	463.6717
Décantation Min	0.9112
Décantation Max	1.0911
Dépassement	9.1122
Sous dépassement	0
Culminer	1.0911
Temps de pointe	135.1759

II.8. Réalisation pratique

Après détermination de la fonction de transfert et des paramètres PID, nous prouverons leur validité expérimentalement.

La programmation de la section de séchage existe déjà, avec un bloc fonctionnel PID. Ce dernier est programmé avec un ABB CONTROL BUILDER et une supervision ECS FlSmidth.

Nous avons implémenté ces paramètres dans le programme de l'atelier à l'aide des ingénieurs de l'usine tel qu'il est montré par la figure II.18.

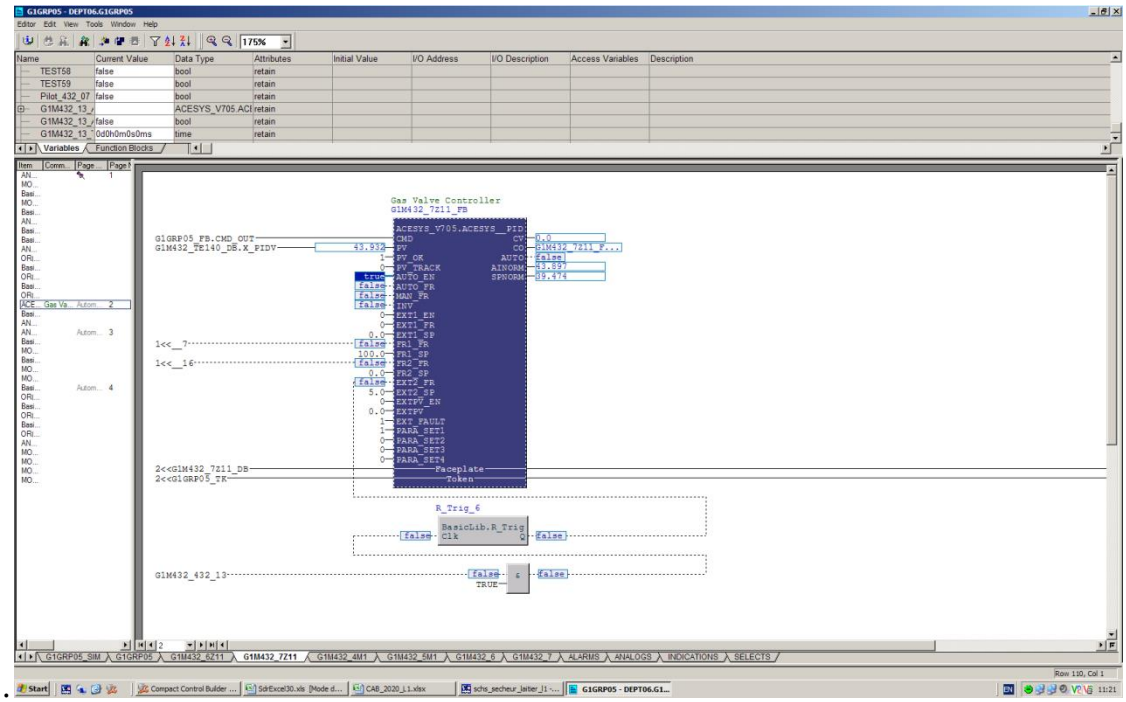


Fig. II.35 :Bloc fonctionnel PID.

II.2.5. Liaison programme et supervision :

Nous avons établis une liaison entre la partie programmation de l'ABB et le logiciel de supervision ECS Flsmith.

Etape 1 :cliquez droite sur la sortie et choisi configuration des pointes

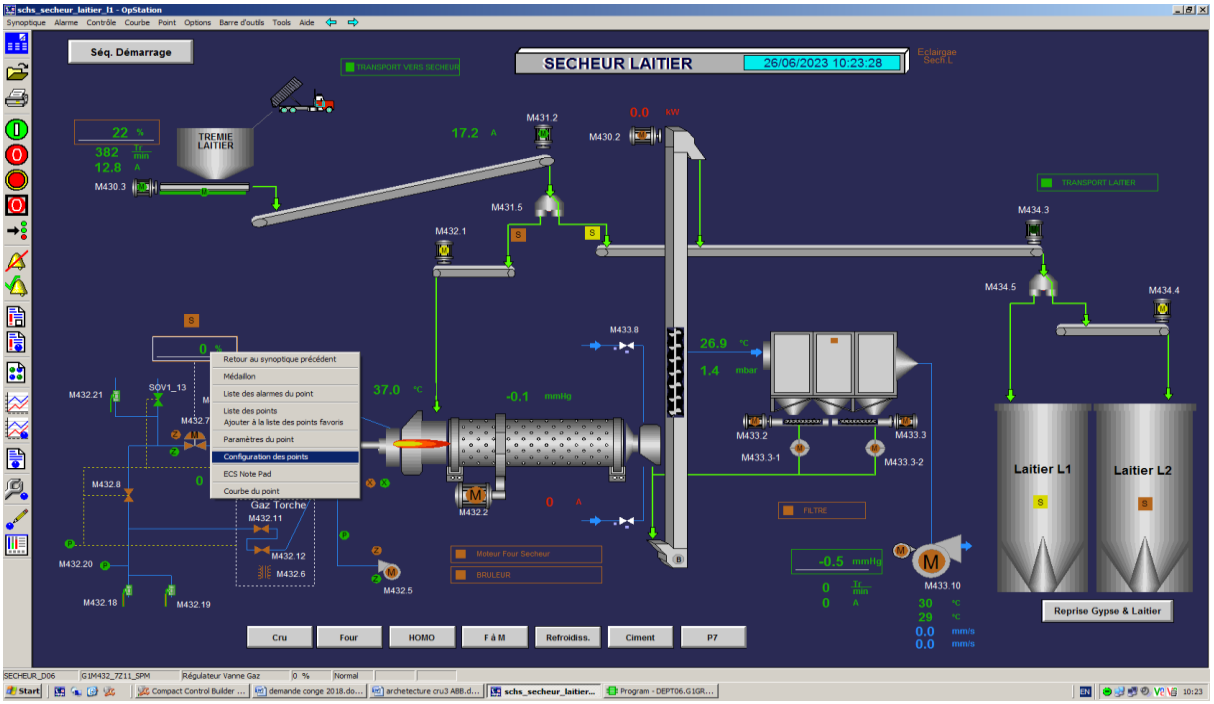


Fig. II.36 :étape 1 de la liaison programme – supervision.

Etape 2 : cliquez sur le bouton afficher adresse

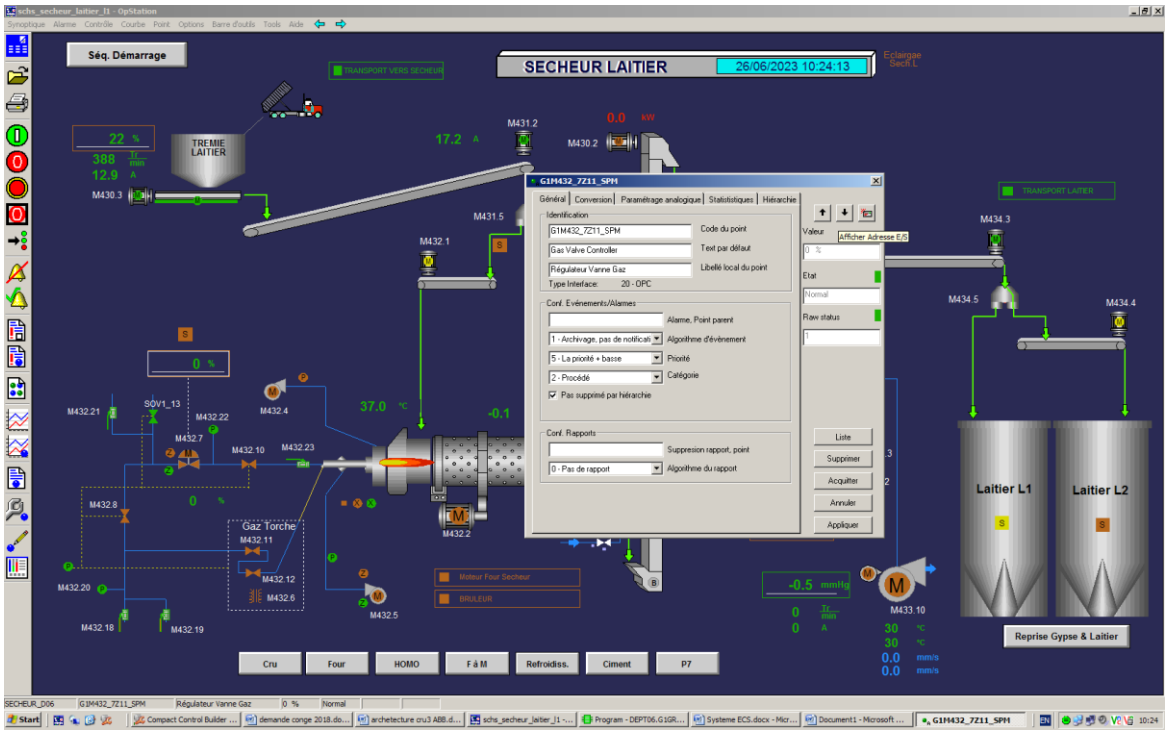


Fig. II.37 :étape 2 de liaison programme supervision.

Etape 3 : choix du département d'appartenance du sécheur

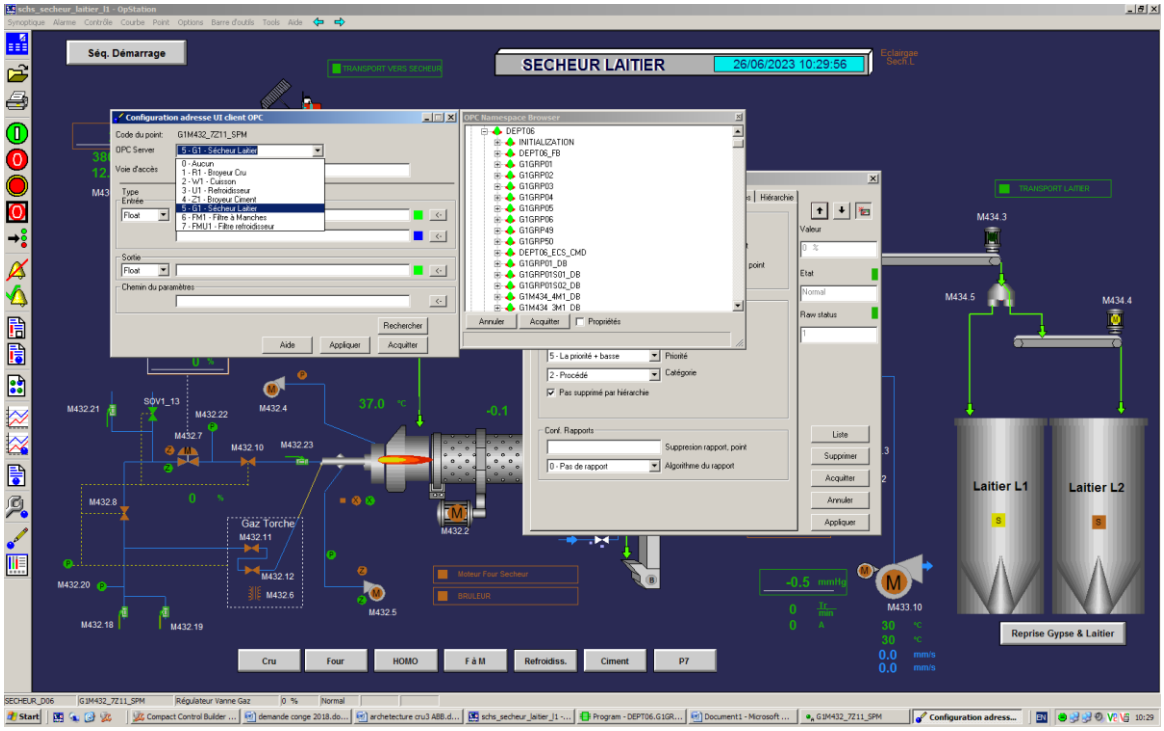


Fig. II.38 :Etapes 3/4/5 de liaison programme supervision.

Etape 4 : faire la recherche de notre bloc PID

Etape 5 : cliquer sur appliquer et acquitter.

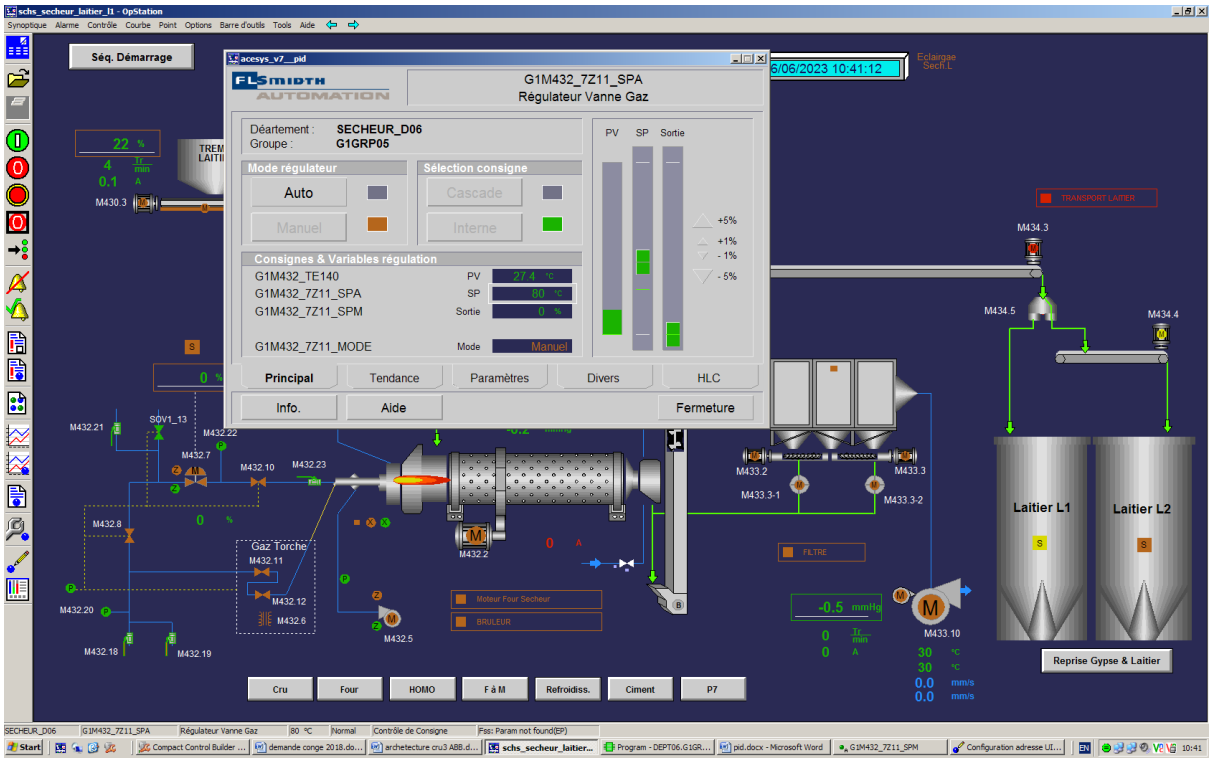


Fig. I.39 : fenêtre de communication.

La fenêtre suivante c'est un moyen de communication entre l'operateur et le servomoteur.

- PV : mesure de température
- SP: consigne de commande
- Sortie : commande vers servomoteur

Etape 6 : Introduire les paramètres PID

Fig. II.23 : introduire les paramètres PID.

II.2.6. Essais réalisés

Après la réalisation du système on obtient la figure suivante :

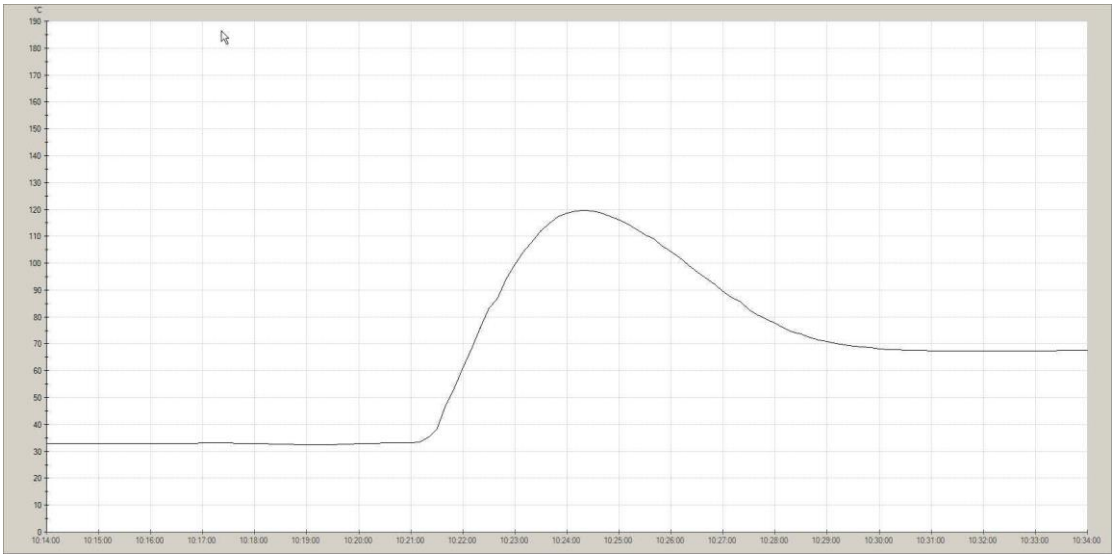


Fig. II.40 :réponse du système par PID avec problème mécanique.

La figure présente la réponse du système par PID avec problème mécanique, tel qu'on remarque que la réponse du système a un important dépassement,

Cependant, il devient un peu rapide et sans oscillation. Après investigation nous avons découvert qu'il y a un défaut mécanique qui empêche la fermeture complète du positionneur gaz.

Apres intervention des agents de maintenance afin de réparer le défaut, l'opération étaitRépétée. Les résultats obtenus sont présentés par la figure II.25 ci-dessous.

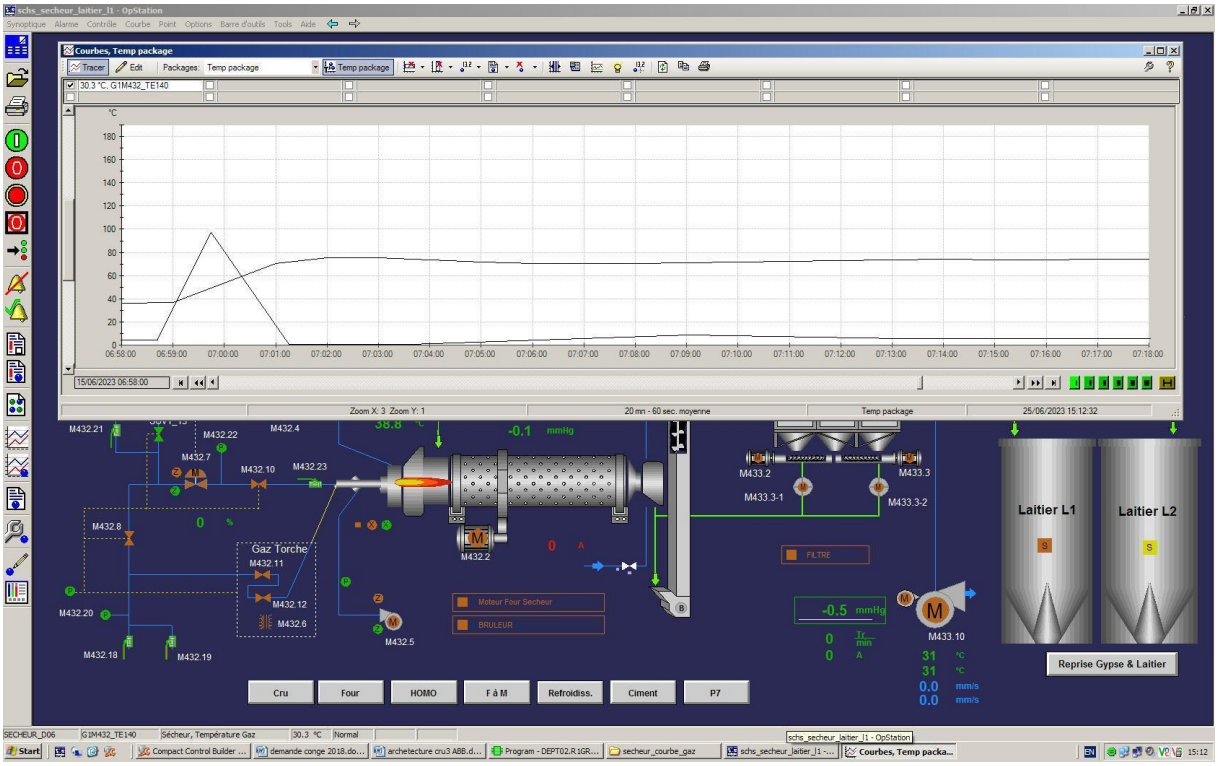


Fig. II.41 :réponse système avec PID après réparation.

Nous remarquons l'amélioration de la réponse du système, vu la rapidité à atteindre le régime permanent au bout de 7 min, un dépassement presque nul et pas de oscillation considérable.

II.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons identifié les paramètres du système, proposé un régulateur PID afin de contrôler la température du sécheur. Les paramètres obtenus sont testés expérimentalement en temps réels. Les résultats obtenus montrent la validité de notre proposition.

.

Chapitre III

III.1. Introduction

L'automatisation et la programmation des systèmes sont des domaines clés de la technologie moderne qui jouent un rôle central dans l'optimisation des opérations et des processus. L'automatisation consiste à utiliser des machines, des logiciels et des technologies pour effectuer des tâches de manière autonome, tandis que la programmation des systèmes implique la création d'instructions et d'algorithmes pour contrôler le fonctionnement de ces systèmes automatisés [26].

III.2. L'automatisation [27]

L'automatisme est une disciplinequitraitedescaractéristiquesdes systèmes automatisés d'une partetdeschoixdeconceptionetderéalisationdespartiesdecommande d'autre part. Il s'agit donc d'étudier lesystème :

- Exécuterdestâchesdemanièrerelativement autonome.
- Assurerle contrôle desperformancesgrâceà d'éventuelles chaînesde rétroaction.

L'automatisation delaproductionconsisteàtransférertoutoupartiedestâchesdecoordinationauparavanteffectuées pardesopérateurs humains.

III.2.1.L'objectif de l'automatisation

Les objectifs de l'automatisation sont :

- Éliminer les tâches répétitives et monotones, permettant ainsi aux travailleurs de se concentrer sur des tâches plus valorisantes et créatives.
- Simplifier le travail humain en automatisant certaines activités complexes, ce qui réduit les erreurs et améliore l'efficacité.
- Accroître la sécurité en limitant l'intervention humaine dans des environnements potentiellement dangereux, ce qui réduit les risques d'accidents.
- Augmenter la productivité en optimisant les processus de production et en réduisant les temps d'arrêt grâce à des systèmes automatisés plus rapides et plus fiables.
- Économiser les matières premières et l'énergie en mettant en place des systèmes de contrôle plus précis et en optimisant l'utilisation des ressources.

- S'adapter à des contextes particuliers en offrant une plus grande flexibilité pour répondre aux demandes changeantes du marché et aux exigences spécifiques des clients.
- Amélioration de la qualité : L'automatisation permet d'améliorer la qualité des produits en éliminant les variations humaines, en garantissant des processus de fabrication cohérents et en facilitant la détection précoce des défauts. Cela conduit à des produits de meilleure qualité et à une satisfaction accrue des clients.

III.2.2.Les systèmes automatisés

Un système automatisé est généralement composé de deux parties principales : la partie commande (PC) et la partie opérative (PO). Pour faire fonctionner ce système, l'opérateur, qui est la personne chargée de faire fonctionner le système, transmet des consignes à la partie commande. La partie commande interprète ces consignes et les traduit en ordres spécifiques qui seront exécutés par la partie opérative.

Une fois les ordres exécutés par la partie opérative, celle-ci informe la partie commande de leur réalisation en fournissant un compte-rendu. La partie commande transmet ensuite cette information à l'opérateur, permettant ainsi à ce dernier de confirmer que le travail a été correctement réalisé.

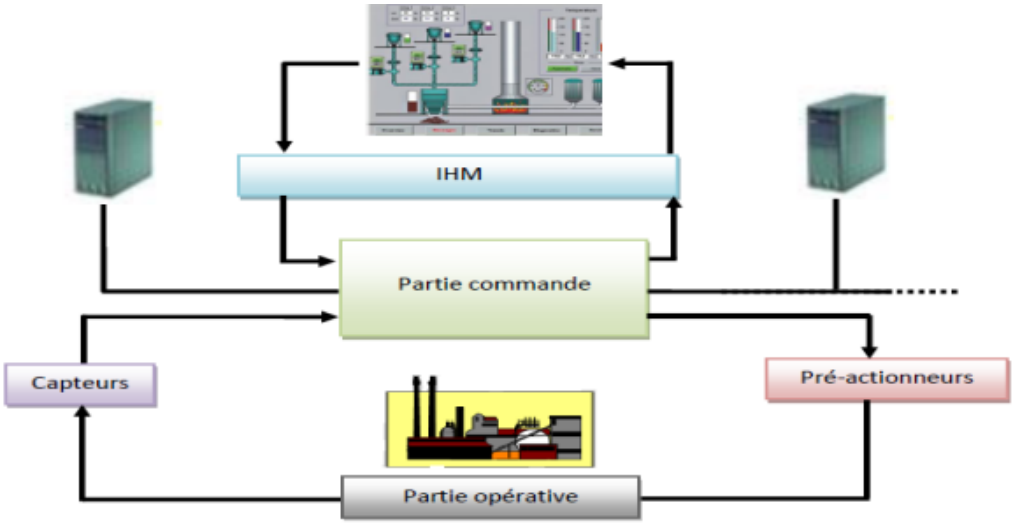


Fig. III.42: structure de systèmes automatisés [27].

a. Partie commande :

L'opérateur récupère les données de programme des capteurs et les entre dans l'ordinateur de la partie commande. La partie commande traduit ensuite ces données en ordres

exécutables, qui sont transmis à la partie opérative pour effectuer les actions nécessaires. Ce processus permet de contrôler et d'automatiser les opérations du système.

b. Partie opérative :

La partie opérative effectue un rétrocontrôle en fournissant des signaux électriques à la partie commande, qui analyse ces signaux et prend des décisions en conséquence. L'opérateur utilise ces informations pour évaluer le bon déroulement de son travail et intervenir si nécessaire.

c. Dialogue entre la partie commande et la partie opérative et la partie commande et l'opérateur :

La communication entre la partie opérative et la partie commande se fait via des signaux de mesure et de commande, tandis que l'interaction entre l'opérateur et la partie commande s'effectue à travers des interfaces homme/machine, qui traduisent les signaux entre les deux parties pour permettre un dialogue efficace et compréhensible.

III.2.3. Automate programmable

Lesautomates programmables sont desmoteursconçuspourle contrôle etlasurveillanceentempsréeldesprocessusindustriels. Ilestprogrammépar une consoleouun micro-ordinateur pourexécuter une série d'instructions insérées danssamémoiresousformedeprogramme. Actuellement, surlemarchémondial, ilexisteplusieurstypes d'automates programmables ayantdescaractéristiquestechniquesdifférentes. Parmieux, onpeutciter : Schneider, Omron, Freelands ABB, Siemens, Télémécanique, etc. Notretravailportesur l'étude des automates Types Siemens programmables, quiseront décrits endétail.

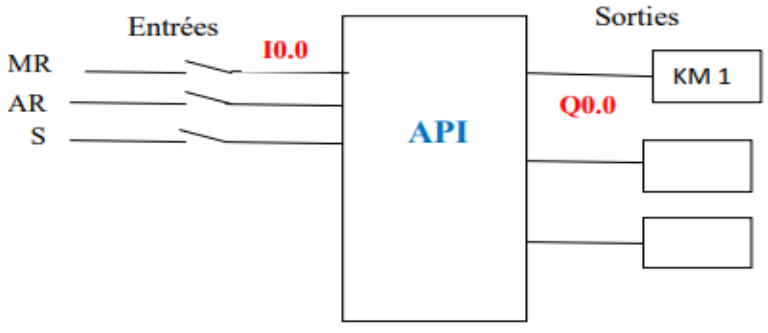


Fig. III.43 : Automate programmable [27].

Avec :

MR : bouton poussoir marche ;

AR : bouton poussoir arrêt ;

S : bouton poussoir ;

KM1 : Contacteur.

III.2.4.Nature des informations traitées par l'automate :

Les informations peuvent être de type :

- ToutouRien (TOR) : Une informationnepeutavoirquedeuxétats (vrai/faux, 0 ou 1), c'est letype d'information véhiculée pardes détecteurs, desboutons, etc
- Analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée, c'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température)
- Numérique : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale, c'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

III.2.5.Les Principes de fonctionnement d'un API

Le fonctionnement des API utilisées dans les automatismes industriels se résume à l'exécution cyclique de différentes tâches. Voici les principales étapes de ce fonctionnement :

- Traitement interne : L'automate effectue des opérations de contrôle internes et met à jour les paramètres du système, tels que la détection des passages en mode RUN/STOP ou la mise à jour de l'horodateur.
- Lecture des entrées : L'automate lit de manière synchrone les valeurs des entrées et les copie dans une mémoire image dédiée aux entrées.
- Exécution du programme : L'automate exécute le programme instruction par instruction, en utilisant les données stockées dans la mémoire image des entrées, et écrit les résultats dans la mémoire image des sorties.
- Écriture des sorties : L'automate bascule de manière synchrone les différentes sorties aux positions définies dans la mémoire image des sorties, en fonction des résultats obtenus lors de l'exécution du programme.

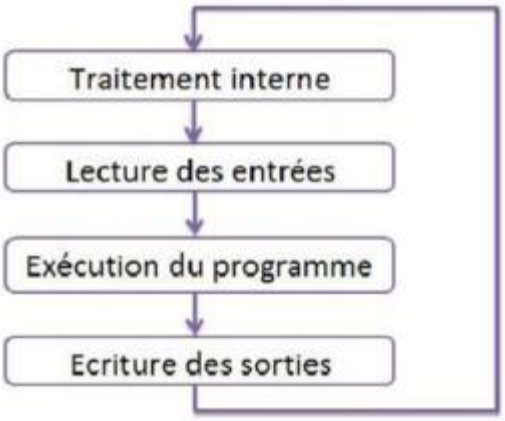


Fig. III.44 : les principes étapes de fonctionnement d'API [27].

III.2.6. Architecture d'un API

De manière générale, l'automate programmable industriel est composé des éléments suivants :

a. Processeur (Central Processing Unit, CPU)

Son rôle consiste à :

- Traiter les instructions qui constituent le programme de fonctionnement de l'application ;
- Gérer les entrées et sorties ;
- Surveiller et diagnostiquer l'automate (par des tests lancés régulièrement) ;
- Mettre en place un dialogue avec le terminal de programmation.

b. Mémoire

Elle permet le stockage des instructions constituant le programme de fonctionnement ainsi que diverses informations. Il peut s'agir de mémoire vive RAM ou de mémoire morte EEPROM.

c. Interfaces entrées/sorties

Elles permettent au processeur de recevoir et d'envoyer des informations. Ces dispositifs d'entrée et sortie peuvent produire des signaux discrets :

- Numériques (ce sont des sorties de type « tout ou rien : TOR »),
- Analogiques.

L'interface d'entrée permet la connexion à l'API d'un multiple de capteurs et l'interface de sortie permet la connexion de l'API aux pré-actionneurs.

d. Alimentation

Elle est indispensable puisqu'elle convertit une tension alternative en une basse tension continue (3V, 5V, 12V, 24V) nécessaire au processeur et aux modules d'entrées-sorties.

L'alimentation ne fait pas toujours partie de l'automate qui sera donc directement alimenté par une base tension.

e. Interface de communication

Elle est utilisée pour recevoir et transmettre des données via des réseaux de communication en fonction des protocoles choisir. Elle est impliquée dans des opérations :

- acquisition de données,
- la synchronisation entres des applications,
- la gestion de la connexion.

f. Périphérique de programmation

Il est utilisé pour programmer l'API. Le programme est développé sur un ordinateur en se servant d'un logiciel approprié, puis on transfère l'exécutable dans la mémoire de l'API.

III.2.7.Choix de l'API

LesAPIsontlecerveaudessystèmesd'automatisation.Parconséquent,ilesttrèsimportantdechoisirlebonmodèled'automatequirépondpleinementau cahier de chargeavantdecommencertoutprojetd'automatisationindustrielle.

Les critères de choix des API à utiliser tiennent compte évidemment de leurs coûts, mais essentiellement des caractéristiques suivantes :

- Le nombre d'entrées/sorties intégrées.
- Le type d'entrées/sorties.
- Le temps de traitement (scrutation).
- La capacité de la mémoire.
- Le nombre de compteurs.
- Le nombre de temporisateurs.

- L’alimentation de la CPU.

III.2.8. Présentation de l’API choisi le S7-300

Le S7-300 estunautomateconçupourlafabricationdesolutionssystèmeetconstitueainsi une plate-forme d'automatisation universellepourlesapplicationsdansles architectures centralisées et décentralisées. L'innovation estperpétuelleet se manifeste, parexemple, dansledéveloppementcontinudela série CPU, avecdenouveauxmodèles axés, entreautres, surlasécurité, le contrôle demouvementoules interfaces Ethernet/PRO Finet intégrées.

Le S7-300 répondàdenombreusesapplications, enparticulierdans l'industrie automobile, lafabrication OEM (Original Equipment Manufacturer), ainsique l'emballage, la transformationdes aliments etla plasturgie. Ilpeutégalementêtreintégrédansdessolutions compactes avec IHM (InterfaceHommeMachine) oudansdestêtesdestationpouruntraitementintelligent décentralisé.

Fig. III.45 : SIMATIC S7-300 [27].

III.2.9. Gamme de modules

Le SIMATIC S7-300 est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme de modules suivants

- Unités centrales (CPU) de capacités différentes avec entrées/sorties intégrées (ex : CPU314C) ou avec interface PROFIBUS intégrée (ex : CPU315-2DP) ;
- Modules d'alimentation PS (Power Supply), pour la conversion des tensions réseaux alternatives ou continues en tension 5V ou 24V ;
- Modules de signaux SM pour entrées et sorties numériques et analogiques ;

- Modules de fonction FM assurant des fonctions de positionnement, de régulation et comptage ;
- Modules CP (port de communication) permettant de raccorder une CPU aux différents réseaux.

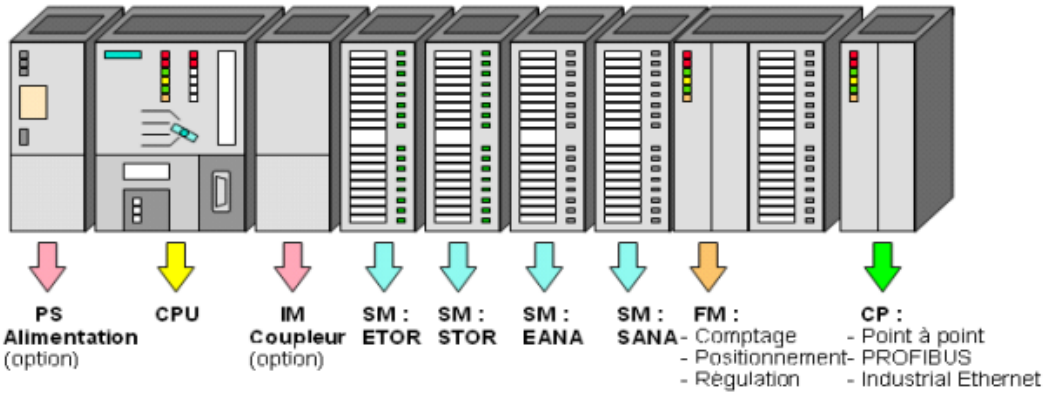


Fig. III.46 : Automate modulaire S7-300 [27].

III.2.10. Configuration Matérielle

a. Choix de la CPU :

Enraisondelagrandecapacitédemémoiredeprogrammationetde l'interface maître/esclave PROFIBUS-2 PN/DP dontla CPU 317-2 PN/DP estéquipée, celarestenotrechoixcarilconvient aux systèmes d'automatisation pourmettreen œuvre desstructurespériphériques centralisées et décentralisées ainsique l'interface MPI Multipoint, portdecommunicationintégrédetouslesSimatic S7-300, etpermetlamiseenréseaudes automates. Nous nous intéressons à cette unitécentraleenraisondesacapacitéàcommuniqueravecla section viaProfibuspourtransmettredesinformationssur l'état duséchagegrâceàlaconnexionde l'automate au PC de surveillance.

b. Coupleur :

La mise en place de tous les modules à utiliser nécessite l'installation d'un second châssis. Pour coupler les rails porteurs/châssis d'extension dans STEP 7, placez le module de couplage correspondant dans l'emplacement 3 de chaque rail porteur. L'IM 365 est le module de couplage correspondant au prolongement du rail porteur.

III.3. Logiciel Step7 [28]

III.3.1.Définition

Step7 est le logiciel de programmation le plus répandu et le plus largement utilisé dans le monde pour les automates programmables industriels (API). Il est largement utilisé tant dans le domaine industriel que dans le domaine académique. Step7 offre une gamme complète de fonctionnalités pour la configuration et la programmation des automates de la gamme SIMATIC S7. Son interface utilisateur conviviale, conçue pour les utilisateurs de Windows, organise ses fonctionnalités de manière familière et facile à apprendre. Cela facilite la prise en main du logiciel et permet aux utilisateurs de programmer les API de manière efficace et intuitive. Step7 offre les fonctions suivantes :

- Création et gestion des projets.
- La création des programmes.
- Configuration et paramétrage protocoles de communication.
- Gestion des mnémoniques.
- Test de l'installation d'automatisation.
- Le diagnostic lors des perturbations dans l'installation.
- Documentation et archivage.

III.3.2.Description des blocs de programmation

III.3.1.1. Bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique (OB1)

Le traitement de programme cyclique est un processus normal pour les contrôleurs logiques programmables. Le système d'exploitation appelle cycliquement l'OB1, ce qui déclenche le traitement cyclique du programme utilisateur.

III.3.1.2. Fonction (FC)

Blocs de code sans mémoire, c'est-à-dire sans données statiques, les fonctions permettent le passage de paramètres dans le programme utilisateur.

III.3.1.3. Base de données(DB)

Un bloc de données (DB) est une zone de données du programme utilisateur qui contient des données utilisateur. Tous les blocs de code (fonctions) ont accès au bloc de données global, tout comme le bloc de données d'instance associé à un appel spécifique du

bloc fonction. Contrairement à tous les autres blocs, les blocs de données ne contiennent aucune instruction.

III.3.1.4. Bloc fonctionnel (FB)

Un bloc fonction est un bloc de code avec de la mémoire, c'est-à-dire avec des données statiques. Il permet de transférer des paramètres dans le programme utilisateur. Les blocs fonctionnels conviennent donc à la programmation de fonctions complexes et répétitives, telles que la commande et la sélection de modes de fonctionnement.

III.3.3.S7-PLCSIM

L'application de simulation de module S7-PLCSIM nous permet de tester et d'exécuter nos programmes simulés sur l'ordinateur ou la console de programmation. Etant donné que la simulation est entièrement réalisée dans le logiciel STEP7, il est totalement inutile d'établir une connexion avec le matériel de l'automate. PLC-SIM dispose d'une interface simple pour visualiser et forcer les différents paramètres utilisés par le programme, comme la table des variables (TVA).

III.3.4.États de fonctionnement de la CPU

a. État de marche (RUN-P)

Pendant l'exécution du programme, la CPU autorise la modification du programme et de ses paramètres, ce qui permet d'utiliser des applications S7.

b. État de marche (RUN)

Lorsque la CPU se trouve en état de marche, on peut y charger des objets, de même que l'on peut modifier des données sollicitées par le programme via les fenêtres créées dans S7-PLCSIM.

c. État d'arrêt (STOP)

Bien que n'exécutant pas le programme, la CPU n'empêche pas pour autant qu'il soit chargé ; les sorties ne prenant pas de valeurs prédéfinies, elles conservent l'état dans lequel elles étaient lors du passage à l'état d'arrêt.

d. Indicateurs de la CPU

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

- **VSF** (erreur système) nous avertit que la CPU a détecté une erreur système entrainant un changement d'état de fonctionnement ;
- **DP** (périphérie décentralisée ou E/S éloignées) indique l'état de la communication avec les E/S ;
- **DC** (alimentation) indique si la CPU se trouve sous ou hors tension ;
- **RUN** indique que la CPU se trouve à l'état de marche ;
- **STOP** indique que la CPU se trouve à l'état d'arrêt.

III.3.5.Différents langages de programmation

- Pour la programmation des API on a plusieurs types de langage parmi lesquels :
- Langage de programmation où nous avons utilisé un logigramme (liste d'instruction) ;
- Langage de programmation à partir d'un GRAFCET.
- Langage à contact (Ladder) ;

III.3.6.Langage à contact (Ladder)

Le langage à contact, également connu sous le nom de langage Ladder, repose sur une représentation graphique pour la manipulation de données booléennes. Il se base sur des équations booléennes qui combinent des contacts (entrées) et des relais (sorties). Les symboles graphiques associés à ce langage sont organisés dans un diagramme qui ressemble à un schéma électrique avec des contacts. Les diagrammes Ladder sont délimités par des barres d'alimentation à gauche et à droite. Ce langage offre la possibilité d'effectuer des opérations logiques complexes à l'aide d'éléments visuels intuitifs, ce qui simplifie la programmation et la compréhension des circuits logiques.

Les composants graphiques élémentaires d'un diagramme LD sont :

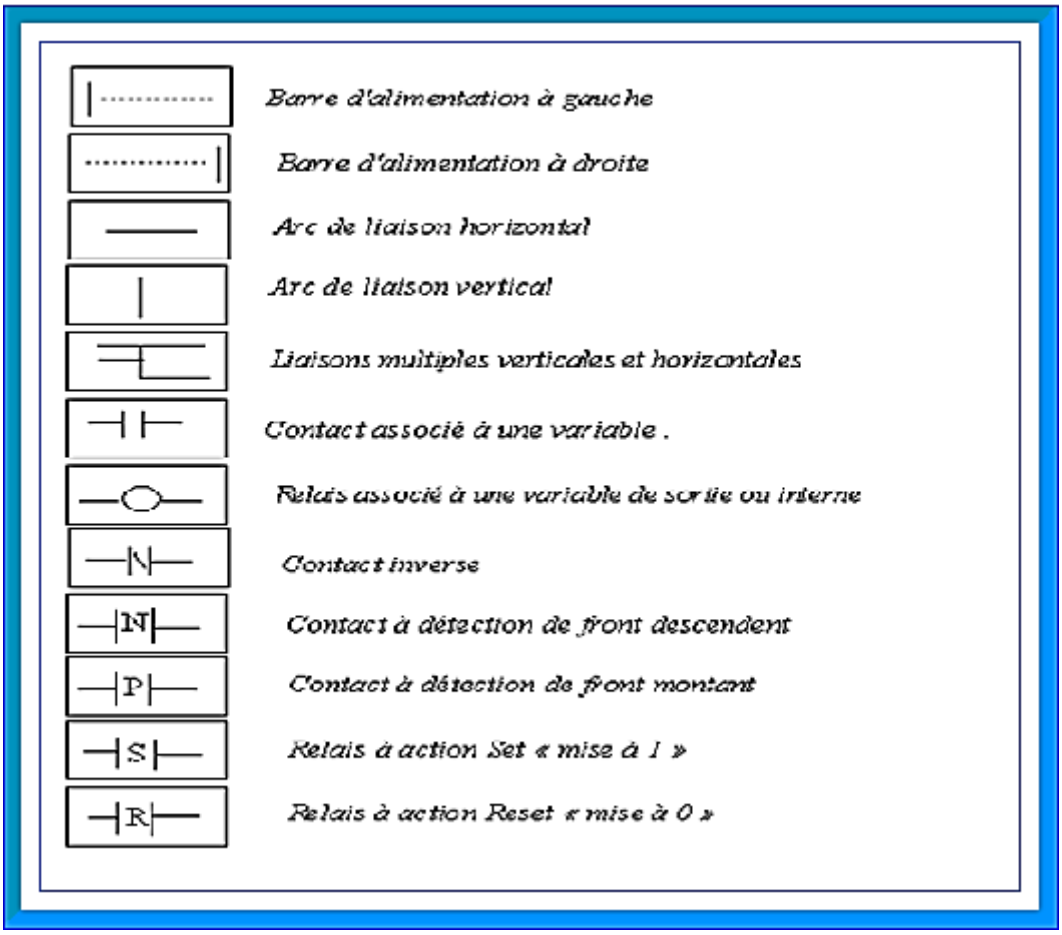


Fig. III.47 : Les composants graphiques élémentaires d'un diagramme LD [28].

III.3.7.Le logicielWinCC flexible et supervision [29]

III.3.1.5. le logiciel WinCC flexible :

WinCC est une application de supervision puissante conçue pour fonctionner avec Microsoft Windows. Elle permet de développer des interfaces homme-machine (HMI) pour la surveillance de processus industriels. WinCC peut être utilisé sur différentes plateformes telles que les postes de travail, les ordinateurs personnels, les pupitres numériques ou les panneaux de contrôle.

Les informations affichées sur les HMI sont transmises par les dispositifs de commande, tels que les automates programmables industriels (API). Pour la surveillance d'installations industrielles et d'infrastructures à grande échelle sur de longues distances, on utilise le terme de SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), qui se traduit en français par "système de contrôle et d'acquisition de données".

WinCC existe en plusieurs versions, dont la plus basique est WinCC Flexible. Cette version a été spécialement conçue pour créer des interfaces HMI qui s'exécutent sur des consoles appelées "Panels". Ces panels offrent une interface utilisateur adaptée à l'interaction avec le système de contrôle et permettent la surveillance et le contrôle des processus industriels de manière efficace et conviviale.

WinCC flexible offre les avantages suivants :

- Amélioration de la productivité (efficacité de la configuration) pendant la construction des projets HMI ;
- Réaliser des concepts innovants d'HMI et d'automatisation sous plusieurs réseaux, parmi lesquels TCP/IP et Web ;
- Disponibilité accrue de nouvelles machines et installations ;
- Accéder facilement et en toute sécurité aux données de processus à partir de partout dans le monde.

III.3.1.6. Les fonctions principales de logiciel WINCC Runtime

Le logiciel WinCCRuntime fournit à l'utilisateur des tâches de gestion de processus, notamment:

- communiquer et traiter avec les automates.
- voir des vues à l'écran.
- Contrôler du processus.
- enregistrer des données de Runtime actuelles, évènements de signalisation (alarmes) et des valeurs processus.

III.3.8. Tâches d'un système HMI

Un système IHM se charge des tâches suivantes :

- Représentation du processus : Le processus est représenté sur le pupitre opératoire. Lorsqu'un état du processus évolue par exemple, l'affichage du pupitre opératoire est mis à jour.
- Commande du processus : L'opérateur peut commander le processus via l'interface utilisateur graphique, il peut par exemple définir une valeur de consigne pour un automate ou démarrer un moteur.

- Vue des alarmes : Lorsque des états critiques surviennent dans le processus, une alarme est immédiatement déclenchée, par exemple, lorsqu'un défaut surgit (valeur limite est franchie).
- Archivage de valeurs processus et d'alarmes : Les alarmes et les valeurs du processus peuvent être archivées par le système HMI, on peut ainsi documenter la marche du processus et accéder ultérieurement aux données de la production écoulée.
- Documentation de valeurs processus et d'alarmes : Les alarmes et valeurs processus peuvent être éditées par le système HMI sous forme de journal.
- Gestion des paramètres du processus et des machines : Les paramètres du processus et des machines peuvent être enregistrés au sein du système HMI dans des recettes.

III.4. Définition de la supervision [30]

III.4.1.Définition de la supervision

La supervision est une technique utilisée dans l'industrie pour surveiller et contrôler informatiquement les processus de fabrication automatisés. Elle implique l'acquisition de données telles que les mesures, les alarmes et les états de fonctionnement, ainsi que les paramètres de commande des processus, généralement gérés par des automates programmables.

La supervision se définit comme la surveillance et le contrôle de l'exécution d'une opération, que ce soit par un être humain ou par une machine. En cas de défaillance, la supervision prendra les mesures nécessaires pour ramener le système à un fonctionnement normal. Elle vise donc à assurer le bon déroulement des opérations, à détecter les problèmes éventuels et à réagir de manière appropriée pour maintenir la performance et la sécurité des processus industriels.

III.4.2.Les avantages de la supervision

La supervision a des nombreux avantages parmi elles :

- Contrôler la disponibilité des services /fonctions.
- Contrôler L'utilisation des ressources.
- Vérifier qu'elles sont suffisantes (dynamique).

- Détecter et localiser des défauts.
- Diagnostic des pannes.
- Prévenir les pannes/défauts/débordements (pannes latentes).
- Prévoir les évolutions.
- Suivi des variables.

III.5. Cahier de charge

- sélection M431.5 (vers silos ou vers bruleur)
- sélection silo 1ou 2, fin de course (gauche ou droite) attaqué M434.3
- marche moteur M434.4 avant le démarrage M434.3
- marche ventilateur de tirage M433.10 avant le démarrage des sas (M433.3-1, M433.3-2) et les vis (M433.3, M433.2).
- Démarrage de l'élévateur M430.2
- Démarrage moteur sécheur M432.2
- Vérification des conditions de prédisposition (DI) :

Tab. III.1 : les conditions de prédisposition de marche du sécheur.

Condition de prédisposition	Remarque
Fin de cours vanne standard général gaz	Fin de course ouverture M432.18 attaqué (contact fermé)
Fin de cours vanne atmosphère manuel	Pas d'évacuation vers l'air fin de course fermeture M432.21attaqué
Fin de cours vanne standard gaz bruleur	entrée four ,fin de course M432.23attaqué
Fin de cours ouverture servomoteur gaz M432.22	Pendant le démarrage le servomoteur va effectuer un balayage de 0% à 100%
Fin de cours fermeture servomoteur gaz M432.22	Sécurité pour allumage au minimum débit de gaz
Basse pression gaz M432.20	présence minimum gaz (pressostat après détendeur) Réglé 0.5bar contact ouvert au

	repos.
Haute pression gaz M432.22	Présence maximum gaz (pressostat entrée four)règle 0.9bar contact fermé au repos.
Basse pression air combustion	Minimum 15 Mbar
Basse pression air dilution	Minimum 9M bar
Détecteur de flamme	En service à l'instant allumage
Manque air service	Supérieur à 4.5 bar
Arrêt d'urgence	S'ouvre en cas de risque (N/C)

- Démarrage de ventilateurs combustionM432.5/dilutionM432.4
- Alimentation trémie laitier M430.3

III.6. Conclusion

Nombreuses sont les raisons expliquant la popularité croissante des API. Programmable, les modifications de de ses tâches est facile. Frugal en énergie, l'API a d'un fonctionnement silencieux, sans pièces mobiles à l'intérieur, ce qui constitue un facteur majeur de sa fiabilité [31].

Chapitre VI

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les étapes nécessaires ainsi que les démarches à suivre pour la programmation.

IV.2. Création du projet

Sélectionnez pour notre projet la CPU 317-2 PN/DP, e qu'il est montré par la figure IV.1 suivante.

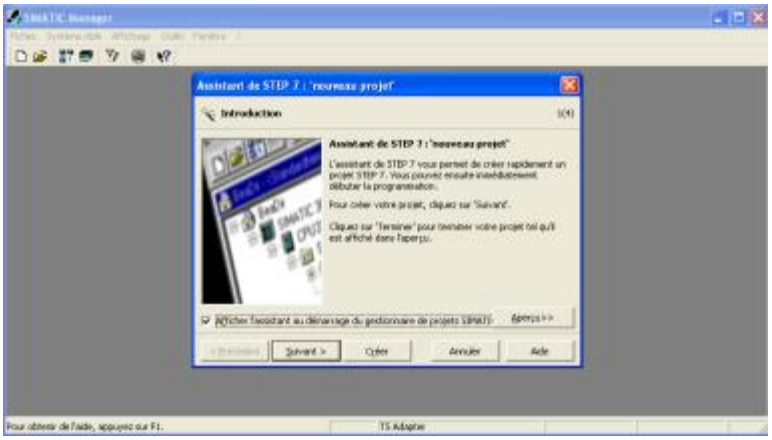


Fig. IV.48 : Assistant nouveau projet.

L'adresse MPI est réglée par défaut sur 2. Confirmez vos sélections et passez au prochain dialogue avec suivant. L'adresse MPI (Multi Point Interface) est requise pour la communication entre la CPU et le PC, comme le montre la figure IV.2.

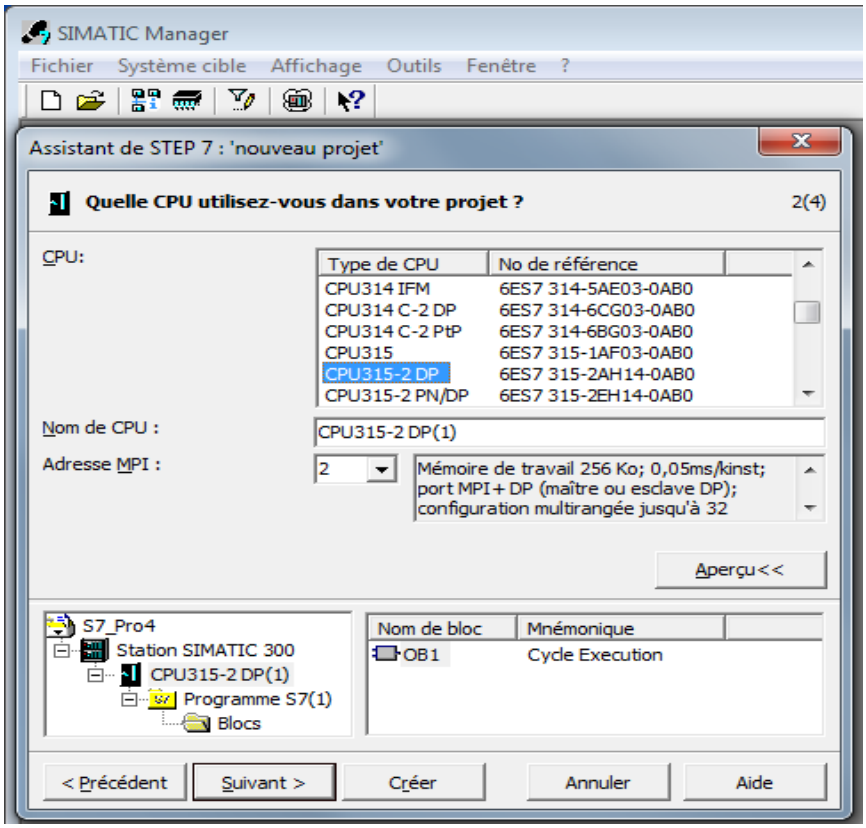


Fig. IV.49 : Choix de la CPU.

Sélectionnez le bloc d'organisation OB1 ; choisissez votre langage de programmation : CONT, LOG, LIST. Dans notre projet, notre attention a été retenue par le langage de programmation à contact (CONT), langage le plus utilisé par les automaticiens. Confirmez vos sélections avec suivant, c'est le cas dans la Figure IV.3

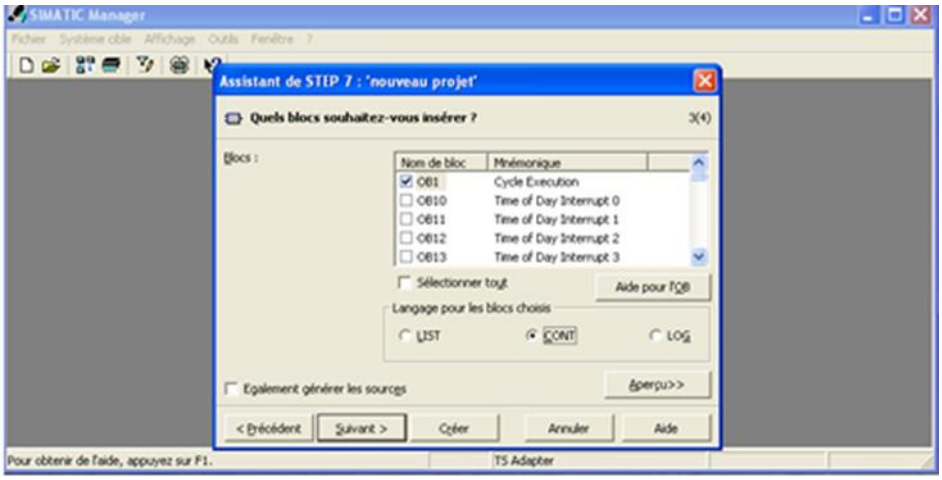


Fig. IV.50 : Choix du bloc d'exécution et de langage de programmation.

Et après on choisit le nom du projet « **sécheur 2023 »**, tel que représenté en figure IV.4.

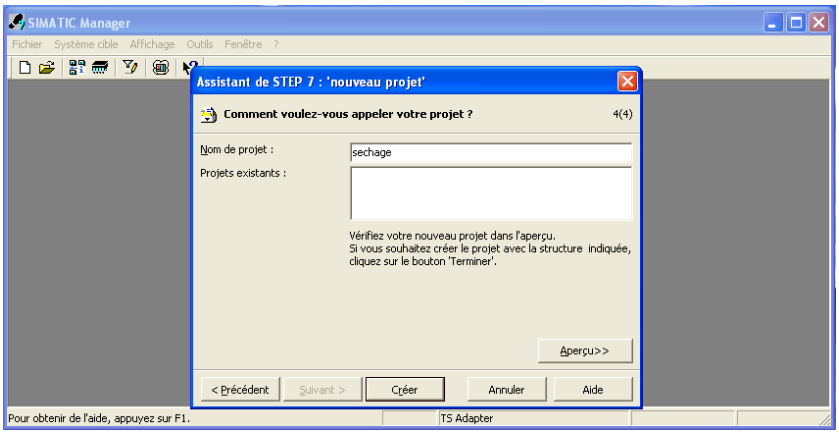


Fig. IV.51 : Nom du projet.

IV.3. Configuration matérielle

IV.3.1. Station simatic 300

La fenêtre de projet est partagée en deux volets ; celui de gauche représente l'arborescence du projet ; celui de droite affiche le contenu de l'objet sélectionné dans le volet gauche. Quelle que soit la technique de configuration d'une station, il faut toujours s'en tenir aux étapes suivantes pour la configurer :

- Sélectionnez un composant matériel dans la fenêtre "Catalogue du matériel" ;
- Amenez le composant sélectionné dans la fenêtre de station par la fonction glisser-lâcher.

La partie inférieure de la fenêtre de la station donne une vue détaillée du profilé support ou châssis sélectionné ou inséré. Les numéros de référence et les adresses des modules y sont énumérés dans un tableau comme montré dans la figure IV.5 ci-dessus.

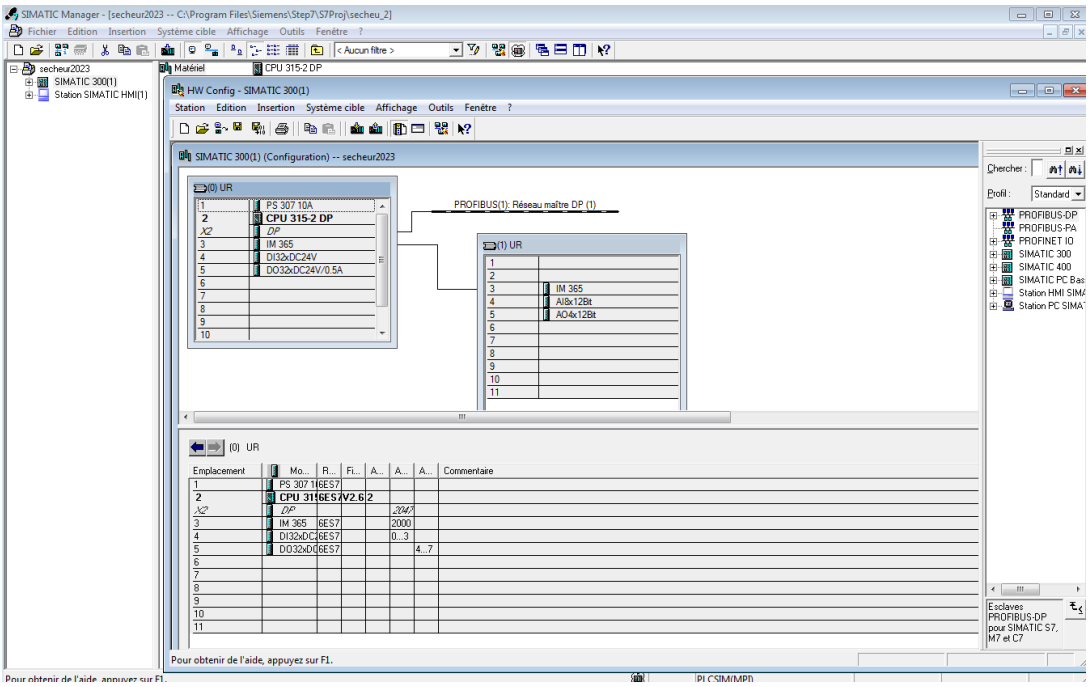


Fig. IV.52 : configuration matérielle.

IV.4. Création du programme

Nous avons organisé le programme d'une manière à faciliter la compréhension et à faire des modifications en cas de besoin.

Dans l'**OB1** nous avons fait les différents appels des fonctions : **FC3, FC4, FC5.** À chacune de celles-ci est associé un programme gestionnaire du fonctionnement de la section des échanges.

- FC3 : zone bruleur
- Bloc FC4 : la zone de conditionnement, ce dernier se compose de deux fonction : FC1 pour la réalisation d'un bloc moteur; FC2pour la réalisation d'un bloc des vannes de guillages
- BlocFC5 : la régulation PID Bloc contienne aussi une autre fonction FB41
- DB (bloc de données) contient les informations échangées par BUS. DB est programmé insérant les informations dans un tableau.

La Figure IV.6 suivante présente la structure du programme élaboré par le logiciel **Step7** quid écrit la hiérarchie d'appel des blocs à l'intérieur du programme utilisateur:

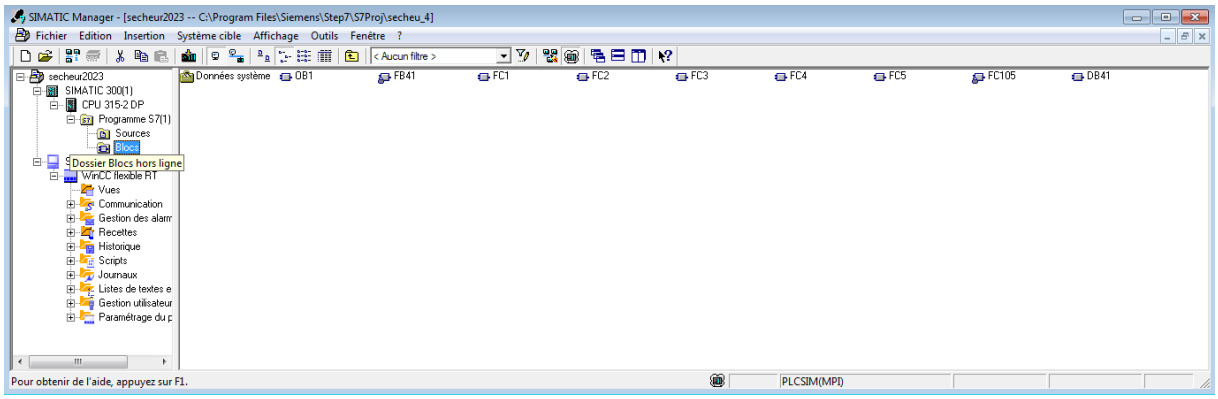
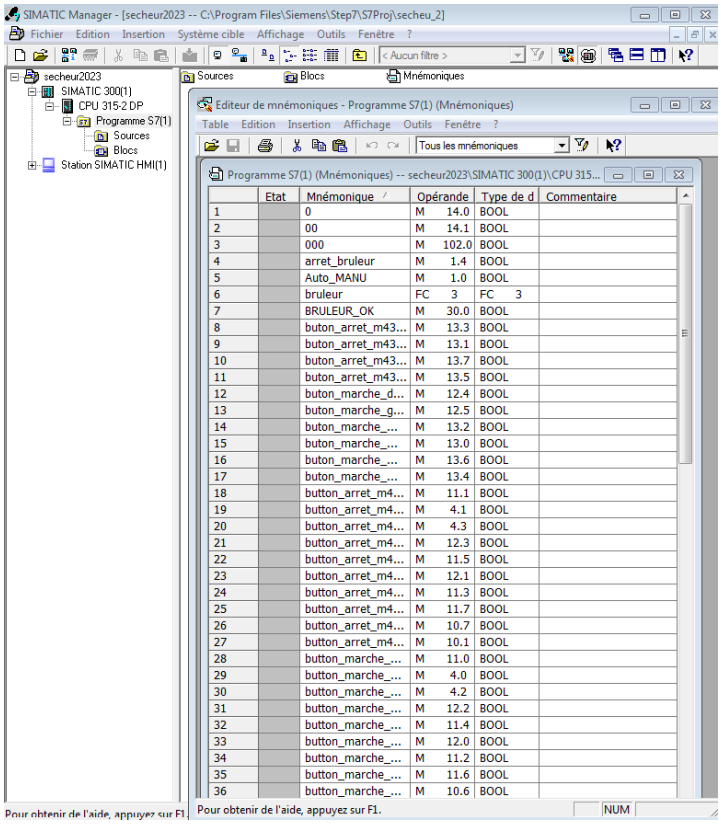


Fig. VI.53 : Structure du programme.

IV.4.1. Table des mnémoniques

En programmant dans Step7, nous travaillions avec des opérandes tels qu'E/S, mémentos, compteurs, temporisations, bloc de données et fonctions. Nous pouvons les adresser de manière absolue dans le programme, mais nous pouvons aussi améliorer considérablement la lisibilité et la clarté d'un programme, en utilisant des mnémoniques à la place des adresses absolues, comme le montre la figure ci-après.



	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		0	M 14.0	BOOL	
2		00	M 14.1	BOOL	
3		000	M 102.0	BOOL	
4		arret_bruleur	M 1.4	BOOL	
5		Auto_MANU	M 1.0	BOOL	
6		bruleur	FC 3	FC 3	
7		BRULEUR_OK	M 30.0	BOOL	
8		buton_arret_m43...	M 13.3	BOOL	
9		buton_arret_m43...	M 13.1	BOOL	
10		buton_arret_m43...	M 13.7	BOOL	
11		buton_arret_m43...	M 13.5	BOOL	
12		buton_marche_d...	M 12.4	BOOL	
13		buton_marche_g...	M 12.5	BOOL	
14		buton_marche_...	M 13.2	BOOL	
15		buton_marche_...	M 13.0	BOOL	
16		buton_marche_...	M 13.6	BOOL	
17		buton_marche_...	M 13.4	BOOL	
18		button_arret_m4...	M 11.1	BOOL	
19		button_arret_m4...	M 4.1	BOOL	
20		button_arret_m4...	M 4.3	BOOL	
21		button_arret_m4...	M 12.3	BOOL	
22		button_arret_m4...	M 11.5	BOOL	
23		button_arret_m4...	M 12.1	BOOL	
24		button_arret_m4...	M 11.3	BOOL	
25		button_arret_m4...	M 11.7	BOOL	
26		button_arret_m4...	M 10.7	BOOL	
27		button_arret_m4...	M 10.1	BOOL	
28		button_marche_...	M 11.0	BOOL	
29		button_marche_...	M 4.0	BOOL	
30		button_marche_...	M 4.2	BOOL	
31		button_marche_...	M 12.2	BOOL	
32		button_marche_...	M 11.4	BOOL	
33		button_marche_...	M 12.0	BOOL	
34		button_marche_...	M 11.2	BOOL	
35		button_marche_...	M 11.6	BOOL	
36		button_marche_...	M 10.6	BOOL	

Fig. IV.54 : tableau mnémonique.

IV.4.2. Programmation des blocs

Comme le programme est très long, on ne peut pas le représenter complètement dans ce chapitre, nous allons seulement citer quelques exemples

- Bloc d'organisation OB1

Nous avons divisé le programme en trois groupes (zone de conditionnement, bruleur, et régulation PID), comme la montre la figure ci-dessous.

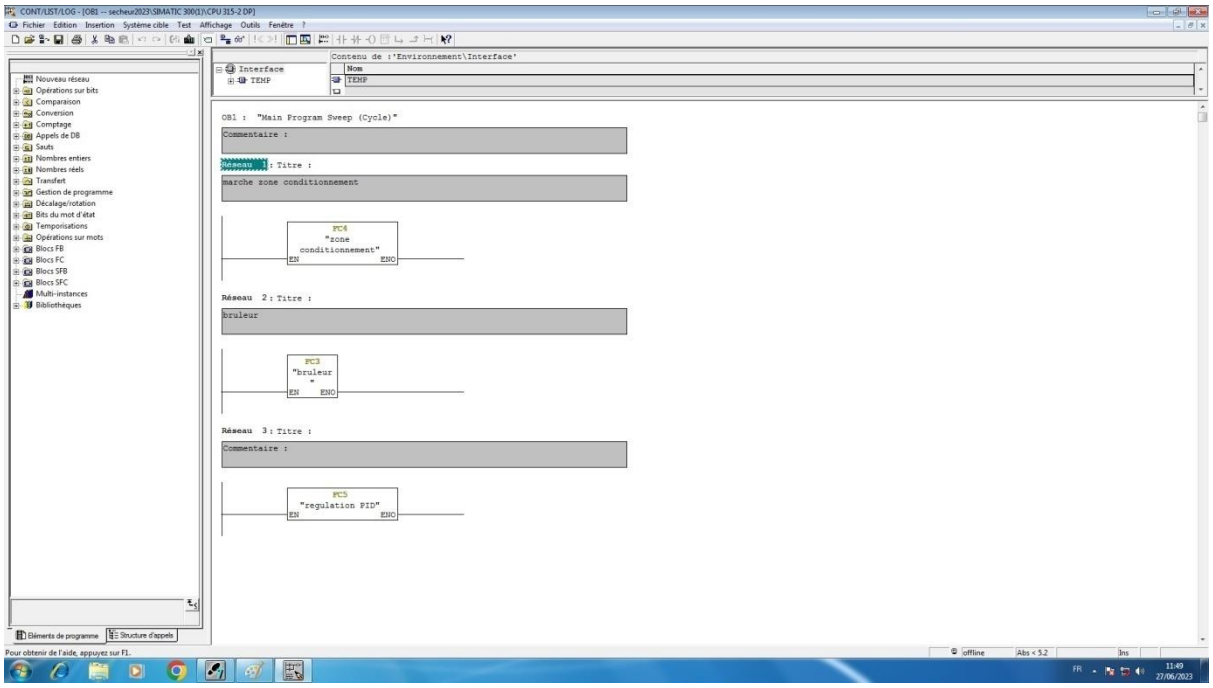


Fig. IV.55 : les trois groupes du projet.

- **Fonction FC4 :**

On commence par la zone de conditionnement, nous avons regroupé dans cette zone les équipements mènent la matière au bruleur et sa transport du bruleur vers les trémies.

Pour compléter cette tache nous avons créé des blocs moteurs et vannes d'aiguillage, on a utilisé ces bloc pour gérer les tapis transporteurs et les élévateurs et les clapi d'aiguillage.

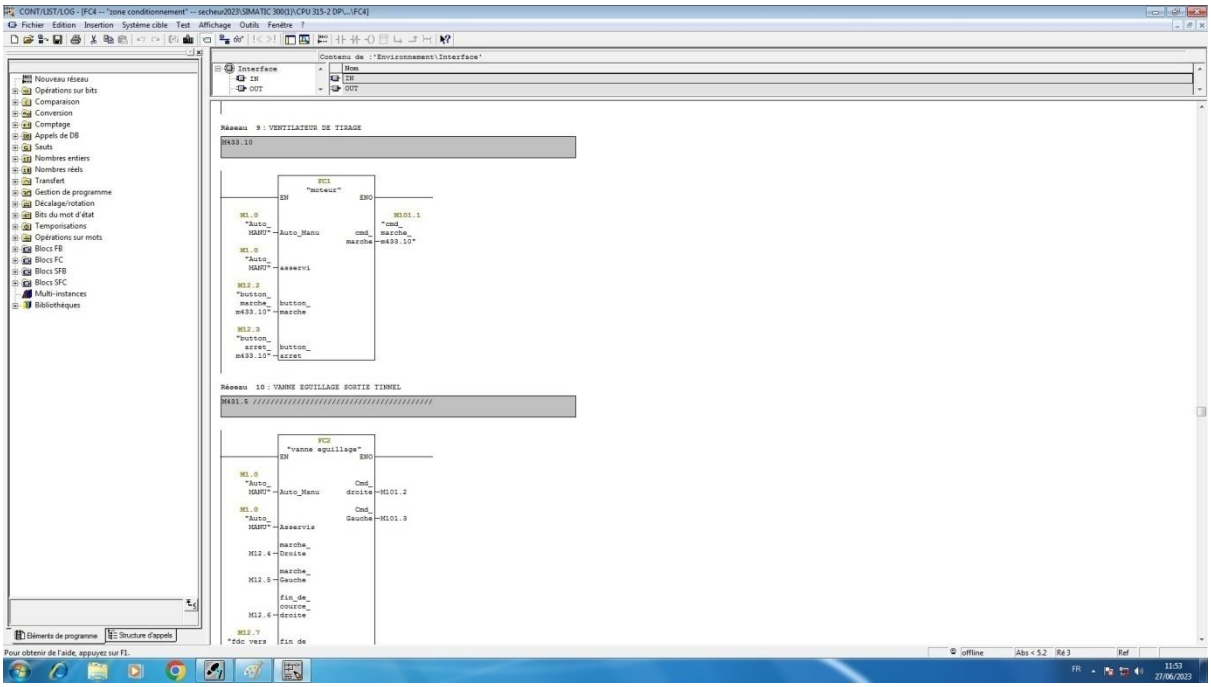


Fig. IV.56 : exemple d'utilisation des blocs.

- **FC3 :**Après la zone de conditionnement nous avons programmé la partie bruleur au on a met les critères de la sécurité en priorité pour éviter la moindre probabilité d'explosion, par exemple avant chaque démarrage il faut ballier les gaz probablement cumulés dans le four, et s'assurer de la présence de la flamme avec un détecteur de flamme.

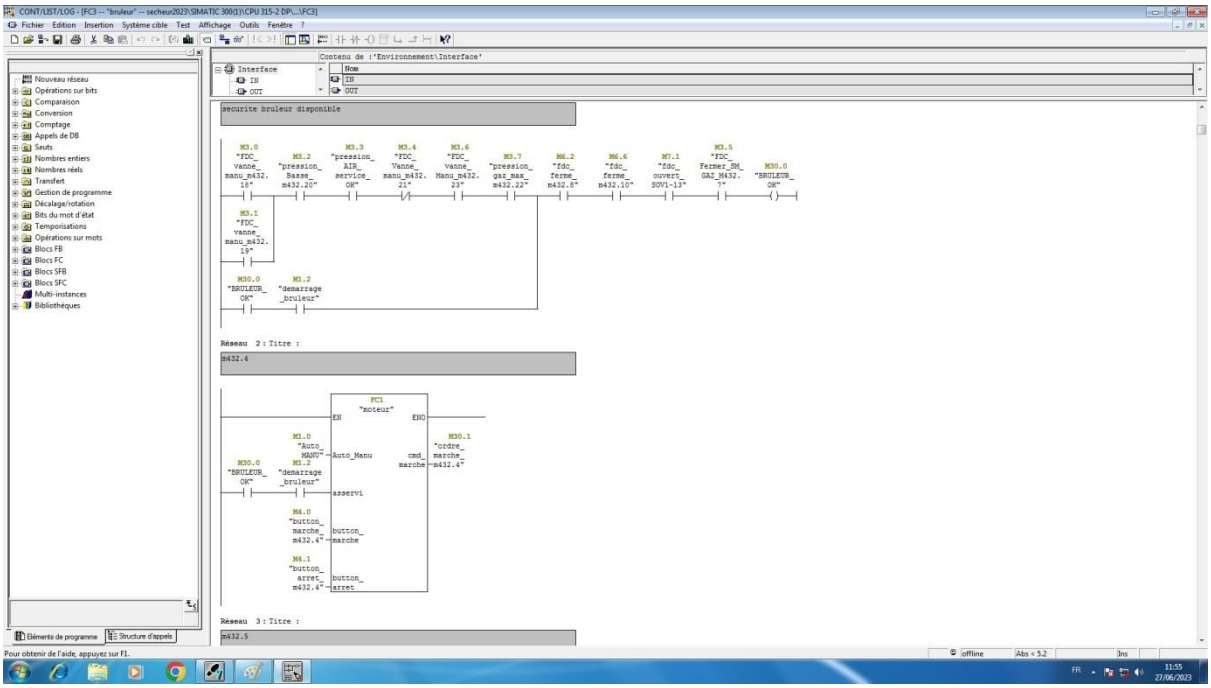


Fig. IV.57 : quelque condition de sécurité.

- **FC5 :** La troisième partie est la régulation de température sortie bruleur, ou nous avons appliqué les paramètres relevés de notre étude, bien sure le régulateur est un PID, on a utilisé le bloc PID de la bibliothèque SIEMENS, on a géré aussi dans ce groupe les mesures analogiques.

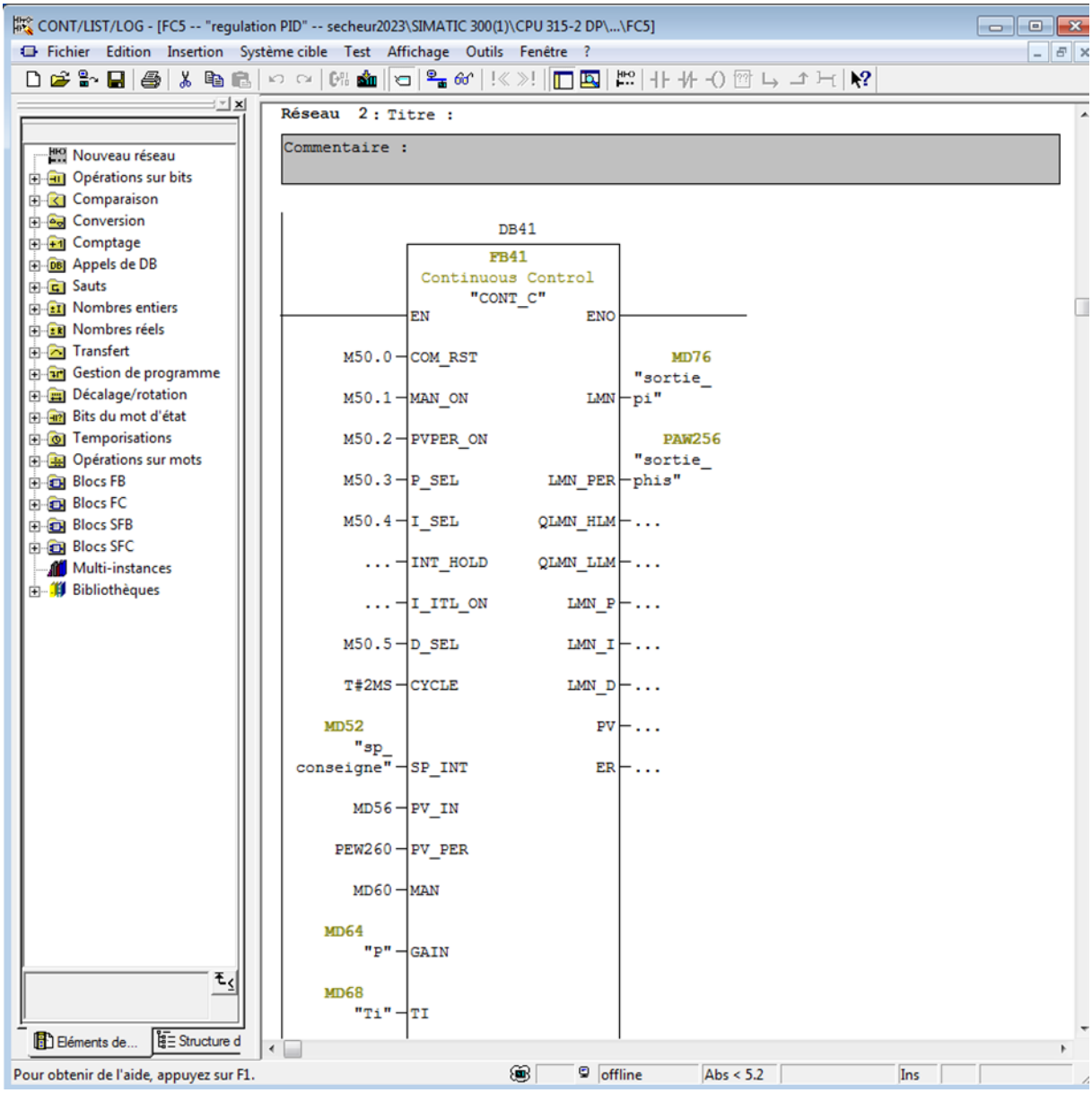
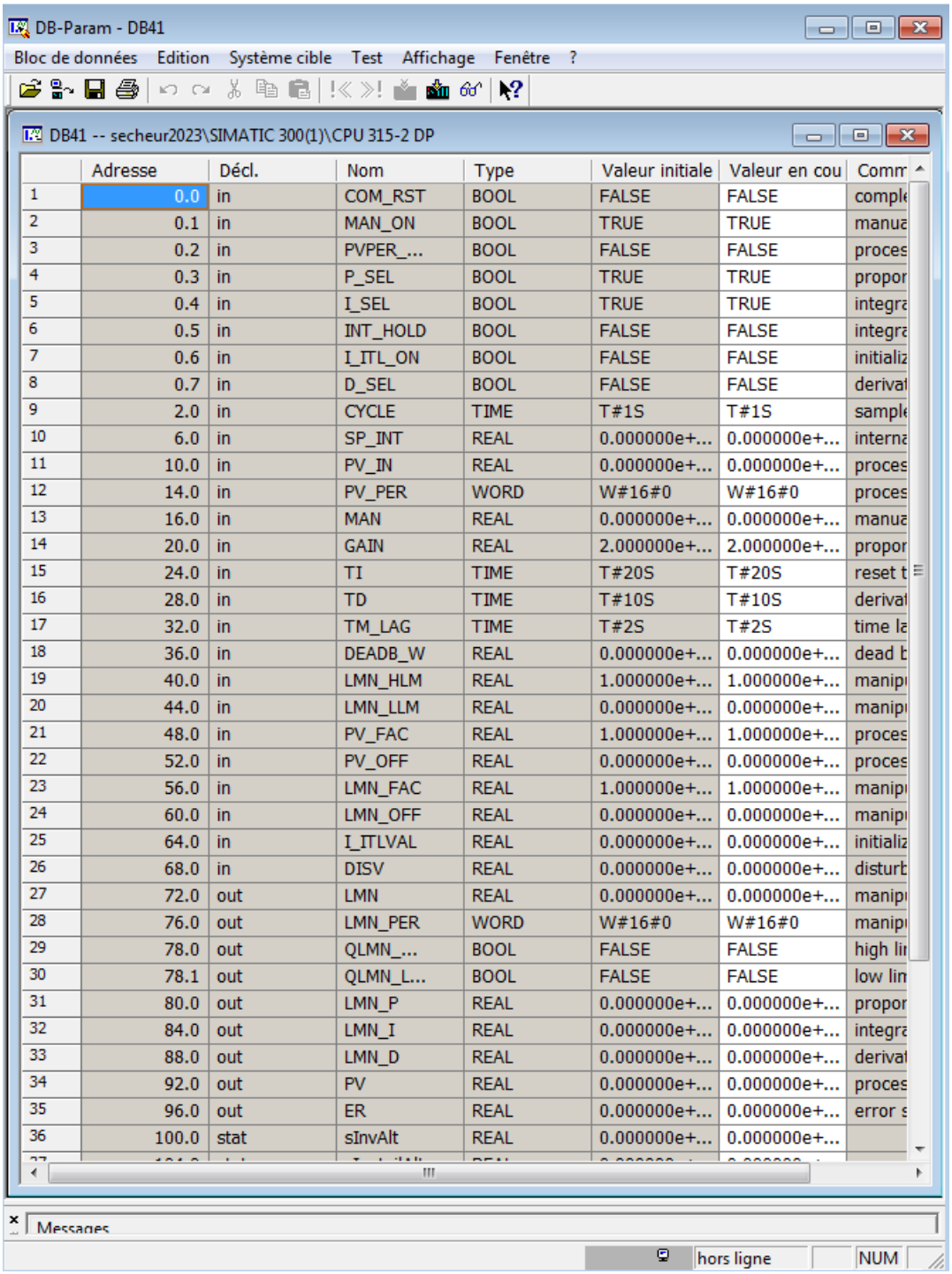


Fig. IV.58 : régulation PID.

DB41 bloc de données



	Adresse	Décl.	Nom	Type	Valeur initiale	Valeur en cou	Comm
1	0.0	in	COM_RST	BOOL	FALSE	FALSE	comple
2	0.1	in	MAN_ON	BOOL	TRUE	TRUE	manua
3	0.2	in	PVPER_...	BOOL	FALSE	FALSE	proces
4	0.3	in	P_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	propor
5	0.4	in	I_SEL	BOOL	TRUE	TRUE	integra
6	0.5	in	INT_HOLD	BOOL	FALSE	FALSE	integra
7	0.6	in	I_ITL_ON	BOOL	FALSE	FALSE	initializ
8	0.7	in	D_SEL	BOOL	FALSE	FALSE	derivat
9	2.0	in	CYCLE	TIME	T#1S	T#1S	sample
10	6.0	in	SP_INT	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	interna
11	10.0	in	PV_IN	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	proces
12	14.0	in	PV_PER	WORD	W#16#0	W#16#0	proces
13	16.0	in	MAN	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	manua
14	20.0	in	GAIN	REAL	2.000000e+...	2.000000e+...	propor
15	24.0	in	TI	TIME	T#20S	T#20S	reset t
16	28.0	in	TD	TIME	T#10S	T#10S	derivat
17	32.0	in	TM_LAG	TIME	T#2S	T#2S	time la
18	36.0	in	DEADB_W	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	dead b
19	40.0	in	LMN_HLM	REAL	1.000000e+...	1.000000e+...	manipu
20	44.0	in	LMN_LLM	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	manipu
21	48.0	in	PV_FAC	REAL	1.000000e+...	1.000000e+...	proces
22	52.0	in	PV_OFF	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	proces
23	56.0	in	LMN_FAC	REAL	1.000000e+...	1.000000e+...	manipu
24	60.0	in	LMN_OFF	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	manipu
25	64.0	in	I_ITLVAL	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	initializ
26	68.0	in	DISV	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	disturb
27	72.0	out	LMN	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	manipu
28	76.0	out	LMN_PER	WORD	W#16#0	W#16#0	manipu
29	78.0	out	QLMN_...	BOOL	FALSE	FALSE	high lir
30	78.1	out	QLMN_L...	BOOL	FALSE	FALSE	low lim
31	80.0	out	LMN_P	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	propor
32	84.0	out	LMN_I	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	integra
33	88.0	out	LMN_D	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	derivat
34	92.0	out	PV	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	proces
35	96.0	out	ER	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	error s
36	100.0	stat	sInvAlt	REAL	0.000000e+...	0.000000e+...	

Fig. IV.59 : bloc es données.

IV.5. TransfertettestduprogrammedansS7-PLCSIM(Simulation)

Après création du programme, on le charge dans l'automate, et comme il ne s'agit que d'unesimulation (donc en l'absence de l'automate), on utilisera le logiciel **S7-PLCSIM** déjà présentédans le troisième chapitre. Le simulateur est lancé à partir de **Simatic Manager**, son lancementnouspermet de charger le programme.

Après le chargement des programmes dans le simulateur, on met la CPU en mode RUN-P(exécutiondu programme) voir lafigureIV.10.

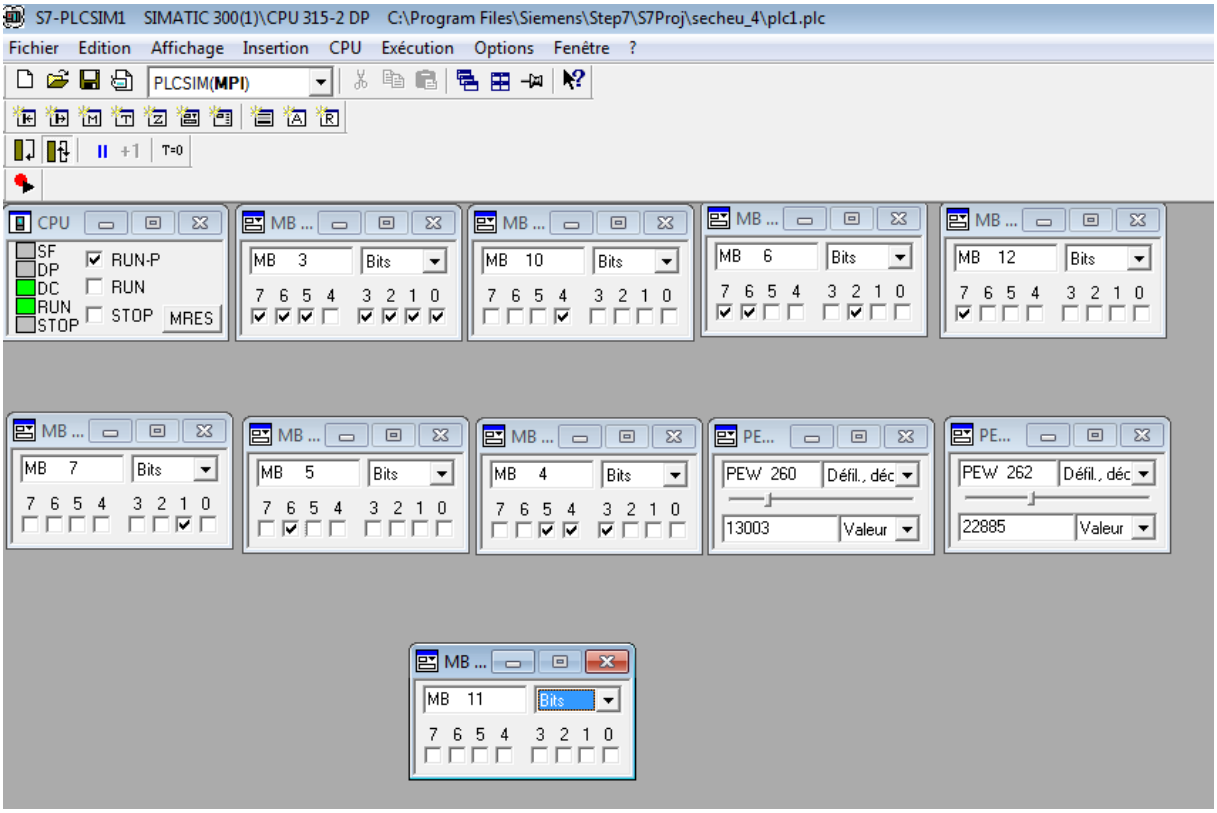


Fig. IV.60 : Supervision sous WinCC flexible.

IV.6. La supervision (WinCC flexible)

IV.6.1. Constituants d'une vue

Les images graphiques représentent le processus de manière visuelle et peuvent afficher le déroulement du processus ainsi que des valeurs prédéterminées. Elles peuvent combiner des éléments statiques et dynamiques. Les éléments statiques, tels que les textes et les graphiques, ne sont pas mis à jour par l'automate. Les éléments dynamiques sont liés à l'automate et permettent de visualiser les valeurs actuelles stockées dans la mémoire de l'automate. La visualisation peut prendre la forme d'un affichage alphanumérique, de courbes ou d'histogrammes. Les éléments dynamiques peuvent également être des entrées saisies sur le PC de contrôle-commande et écrites dans la mémoire de l'automate. La connexion à l'automate se fait via des variables, comme illustré dans la figure suivante.

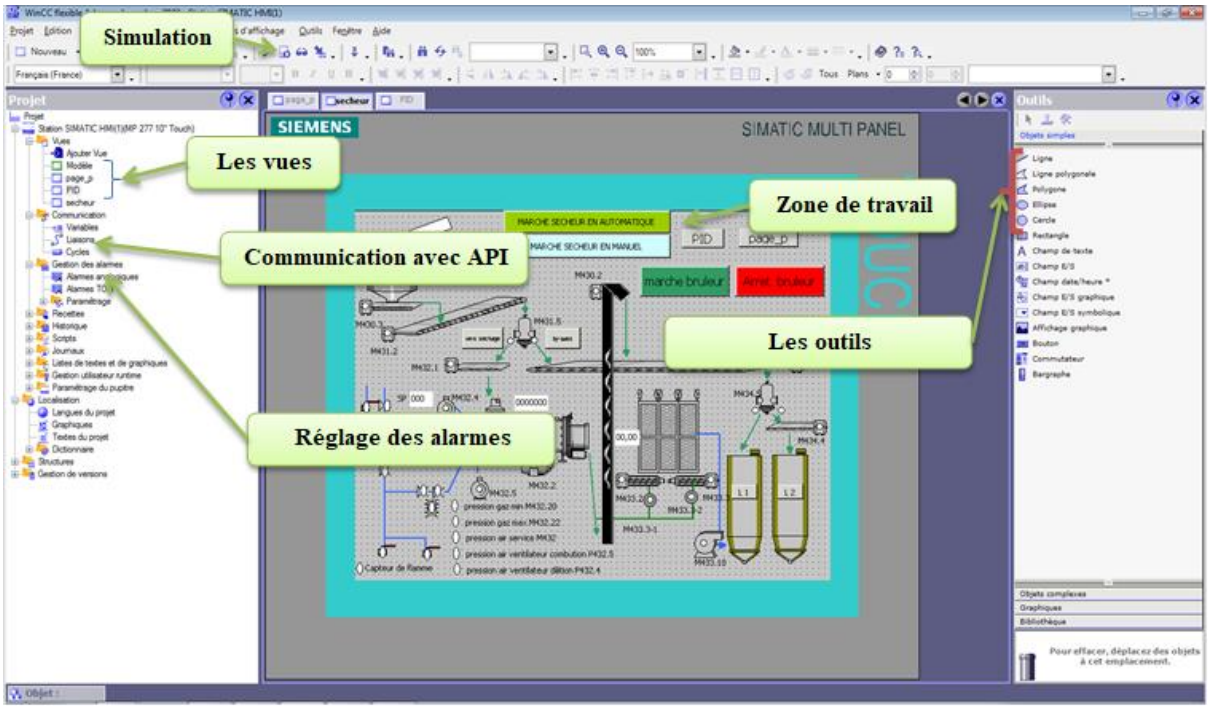


Fig. IV.61 : Création de projet WinCC flexible.

IV.6.2. Affichage des états de fonctionnement et du processus avec des messages

Nous avons configuré des messages qui afficheront les états de fonctionnement du processus ou des données du processus délivrées par l'automate, saisies sur l'écran de supervision. Les messages sont déclenchés par le PC ou l'automate et peuvent être affichés sur l'écran.

IV.6.2.1. Classes de messages dans WinCC

- Messages d'événement : Ils indiquent la normalité des états du fonctionnement et du déroulement du processus.
- Messages d'alarme : Ils signalent les états critiques ou dangereux du fonctionnement et du processus, ce qui demande une réaction de l'opérateur sous forme d'un acquittement ou d'une intervention.

IV.6.3. Vue de séchage

A. vue à l'état arrêt

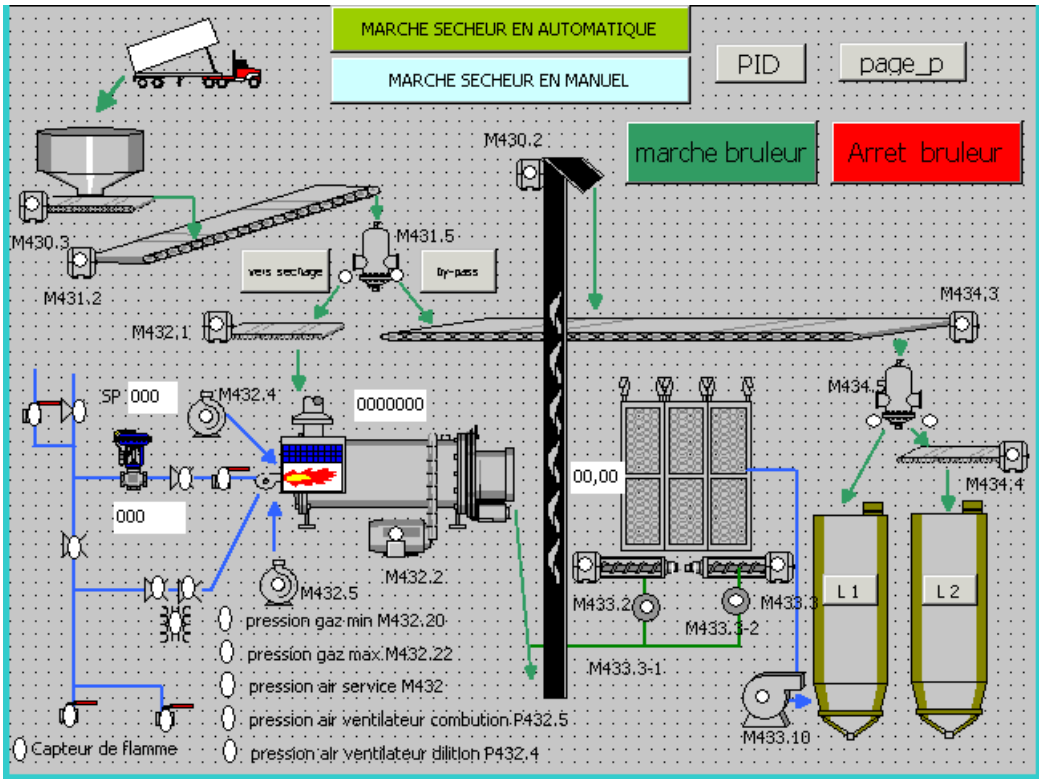


Fig. IV.62 : Vue de section de séchage en arrêt.

B. Vue à l'état marche :

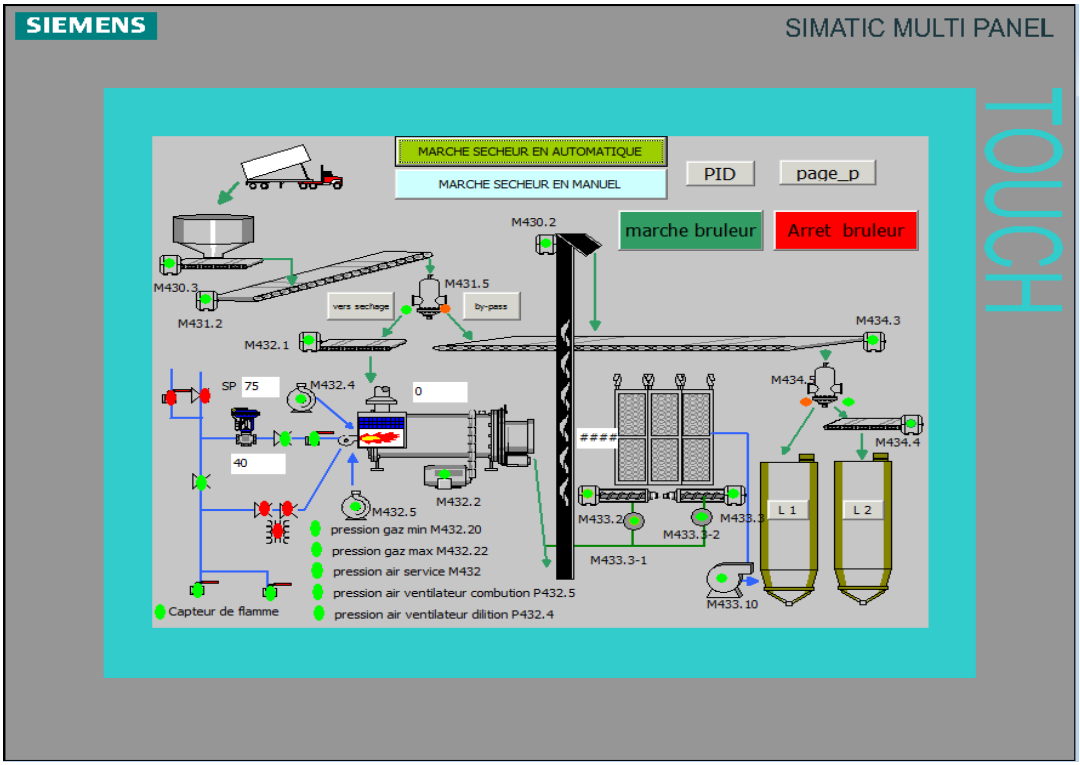


Fig. IV.63 : Vue de section de séchage en arrêt.

IV.7. Conclusion

Nous avons commencé à travailler avec le logiciel STEP7 et à intégrer WinCC. WinCC permet de concevoir le design de l'installation et d'ajouter des effets d'animation qui permettent de représenter fidèlement à l'opérateur l'état réel de l'installation. Il offre également la possibilité d'afficher des messages configurés et d'utiliser différentes couleurs pour représenter les différents états des objets.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Ce travail nous a permis de nous familiariser avec le domaine industriel. Nous nous sommes inspirés du stage pratique effectué dans l'usine du ciment GICA HDJAR SOUD. Nous avons appris un certain nombre de notions sur la nouvelle technologie, ainsi qu'une précieuse expérience sur terrain enrichie d'une masse d'informations, quelques connaissances relatives à la maintenance des processus industriels, et en concluant à la fin que :

- ✓ La présentation du cahier de charges nous a aidés à bien comprendre ce que nous devons faire pour la suite de notre travail. Il nous a entre autre permis de nous inspirer de la vue générale de notre projet, ce qui nous a donné une idée simple et suffisante sur la nouvelle ligne de séchage.
- ✓ Nous avons montré l'efficacité du régulateur PID dans le domaine industriel.
- ✓ L'automate S7-300 est un puissant outil de commande et de surveillance.
- ✓ Le logiciel STEP7 nous a permis une très grande souplesse pendant la programmation, plus précisément le langage CONT qui permet la visualisation des états du programme.
- ✓ Après avoir connu l'avantage de la logique programmée par rapport à la logique câblée, il nous semble indispensable d'exploiter cette nouvelle technique, afin d'augmenter la production en qualité, en quantité et en un temps réduit.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] https://blog.somengil.com/fr/automatisation-industrielle

[3] www.ciments-calcia.fr

[4] Mémoire de Mastère Thème : CIMENT ET CIMENTERIES EN ALGERIE : PRODUCTION ET NORMALISATION Présenté par : MOUMENE SARA ATHAMNIA GHANIA en 2013

[5] Aide-thèse de MEKI ZOHIR

[6]A. REZAZGA, « Etude expérimental de séchage solaire direct et indirect de la fève Contribution technico-économique », mémoire de fin d'étude, université KASDI Merbah Ouargla, promotion 2015

[7] E. HUGOT,Lasucreriedecannes3^{éme}édition.

[8] E.KOLLER, Aide-mémoiregénie chimique 3^{éme}édition l'usinenouvelle

[9] A.CHAREAU et R.CAVAILLE, Séchage –Appareillage et choix d'un procédé, Technique de l'ingénieur

[10] Documentation technique (constructeur BMA) interne de l'unité, « raffinerie de sucre2000TdeCEVITAL»,N° 3 508 270.

[11]M. BENZAID, F. BOURAI, « automatisation et supervision d'une centrale de productiond'air comprimé pour CEVITAL », Mémoire de fin d'étude Université A\M. Bejaia, promotion2012.

[12] www.xpair.com

[13] www.nouvenergie.fr/gaz/br%C3%BBleur-gaz-%C3%A0-air-puls%C3%A9

[14]-http://sa.ge.stts.free.fr

[15] https://www.omega.fr/prodinfo/thermocouples.html

[16] https://www.tlv.com/global/FR/steam-theory/types-of-valves.html

[17]https://docplayer.fr/84705970-Electricite-de-trance-direction-des-etudes-et-recherches-rapport-d-activite-panorama.html

[18] Mémoire de fin d'études Etude et programmation d'une nouvelle ligne de séchage de sucre avec un API S7-300 Réalisé par :Mr. BELIT Abdallah et Mr. HADDAR Samir en 2015/2016

[19]https://hichemzayani11.webself.net/file/si55730/download/Rgulation%20et%20contrle%20S%20C-fi807039.pdf

[20] https://www.studocu.com/en-us/document/university-of-the-people/english composition/expose-sur-la-regulation/38648850

[21]Mémoire de fin d'études Identification et commande d'un simulateur d'un hélicoptère realisé par : MerouaniMousaab et Kelaiaia Khalil en : 2020/2021

[22] https://www.physagreg.fr/methodes-scientifiques-1-modelisation-en-physique.php

[23] cour d'identification des systèmes Professeur Belkacem OULD BOUAMAMA

[24] Document de cours pour les étudiants de M1 en 'Contrôle des Processus' Identification des systèmes linéaires

[25] cour de system-identification.

[26] document la-technique-de l'automatisation.

[27] document topiques/automatisation.

[28]PROJET DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN AUTOMATIQUE 'Automatisation et supervision de deux systèmes industriels virtuels' Réalisé par : BOUSSADI Salim ET BENDAOUD Yasser en 2020-2021

[29]]PROJET DE FIN D'ETUDE En vue de l'obtention du diplôme Master Professionnel EN automatique Option : Automatique et Informatique Industrielle 'Amélioration de la supervision de la station de traitement du sable Présenté par IBAZIZENE Amar ELHADJEN Hamza en 2012

[30]https://www.ipsystemes.com/detailsqu+est+ce+que+la+supervion+863.html#:~:text=La%20supervision%20est%20une%20fonction,un%20superviseur%20est%20g%C3%A9n%C3%A9ralement%20n%C3%A9cessaire

[31]http://www.univbejaia.dz/jspui/bitstream/123456789/4413/1/Programmation%20d%E2%80%99un%20atelier%20de%20refroidissement%20%C3%A0%20pompe%20CO2

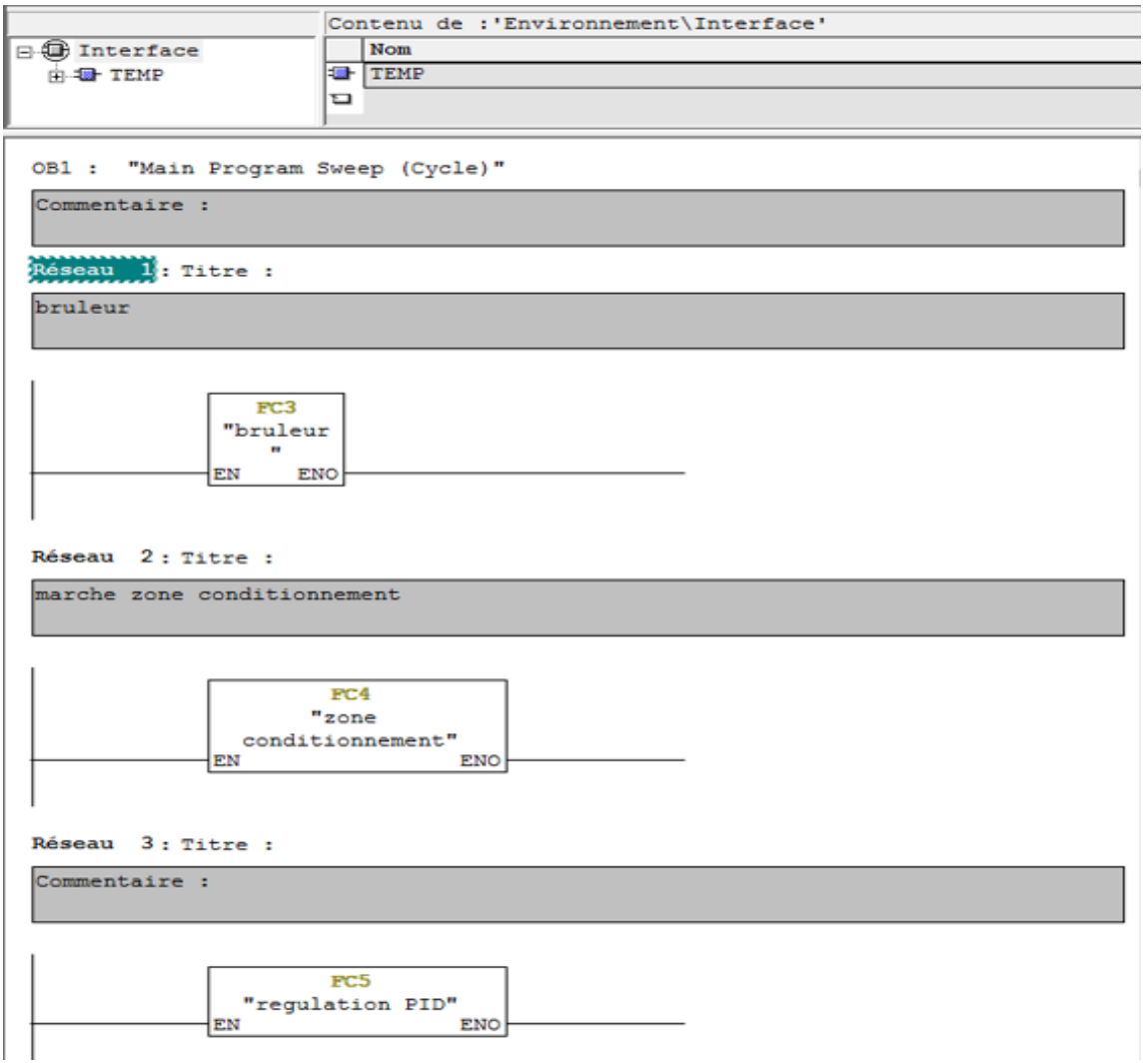
Annexes

Annexe 1

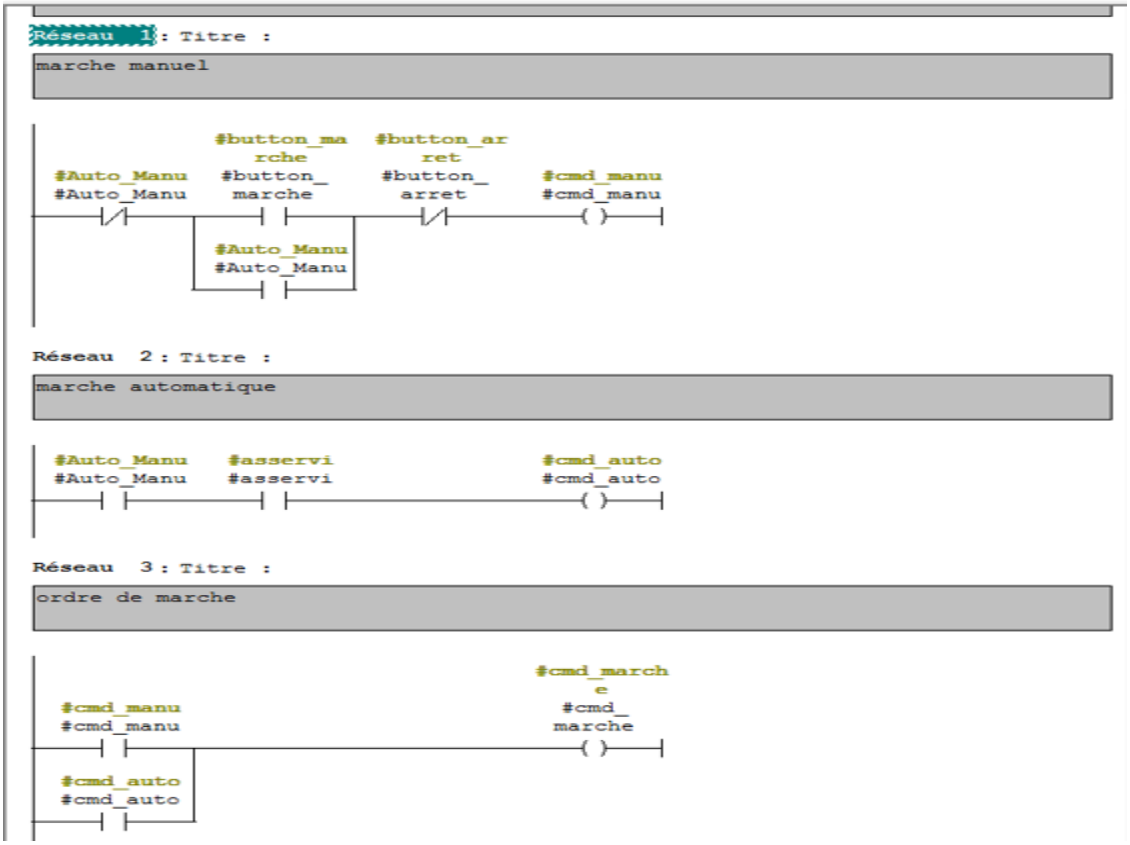
Tab. 1 : Echantillonnage de la température de tirage et rapport d'ouverture du positionneur par rapport au temps

	A	B	C	D	E
2939			14:49:09	75,3317337	9
2940			14:49:10	75,32448578	9
2941			14:49:11	75,31056976	9
2942			14:49:12	75,29665375	9
2943			14:49:13	75,28273773	9
2944			14:49:14	75,26882172	9
2945			14:49:15	75,25489807	9
2946			14:49:16	75,24098206	9
2947			14:49:17	75,22706604	9
2948			14:49:18	75,21315002	9
2949			14:49:19	75,19923401	9
2950			14:49:20	75,18531799	9
2951			14:49:21	75,1786499	9
2952			14:49:22	75,17198181	9
2953			14:49:23	75,16531372	9
2954			14:49:24	75,15864563	9
2955			14:49:25	75,15197754	9
2956			14:49:26	75,14530945	9
2957			14:49:27	75,13864136	9
2958			14:49:28	75,13197327	9
2959			14:49:29	75,12530518	9
2960			14:49:30	75,11863708	9
2961			14:49:31	75,11863708	9
2962			14:49:32	75,11863708	9
2963			14:49:33	75,11863708	9
2964			14:49:34	75,11863708	9
2965			14:49:35	75,11863708	9
2966			14:49:36	75,11863708	9
2967			14:49:37	75,11863708	9
2968			14:49:38	75,11863708	9
2969			14:49:39	75,11863708	9
2970			14:49:40	75,11863708	9
2971			14:49:41	75,11863708	9

Annexe 2


Contenu de :'Environnement\Interface'
Interface
TEMP
Nom
TEMP
OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"
Commentaire :
Réseau 1 : Titre :
bruleur
FC3
"bruleur
"
EN
ENO
Réseau 2 : Titre :
marche zone conditionnement
FC4
"zone
conditionnement"
EN
ENO
Réseau 3 : Titre :
Commentaire :
FC5
"regulation PID"
EN
ENO

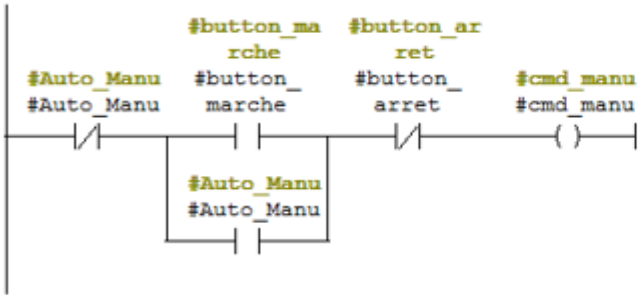
Annexe 3


Réseau 1 : Titre :
marche manuel
#Auto_Manu
#Auto_Manu
#button_marche
#button_
marche
#button_arret
#button_
arret
#cmd_manu
#cmd_manu
#Auto_Manu
#Auto_Manu
Réseau 2 : Titre :
marche automatique
#Auto_Manu
#Auto_Manu
#asservi
#asservi
#cmd_auto
#cmd_auto
Réseau 3 : Titre :
ordre de marche
#cmd_manu
#cmd_manu
#cmd_marche
#cmd_
marche
#cmd_auto
#cmd_auto

Annexe 4

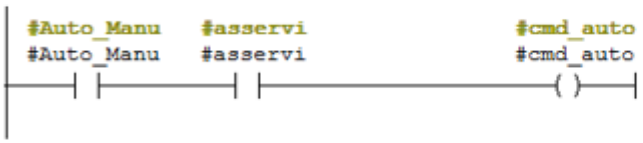
Réseau 1 : Titre :

marche manuel



Réseau 2 : Titre :

marche automatique



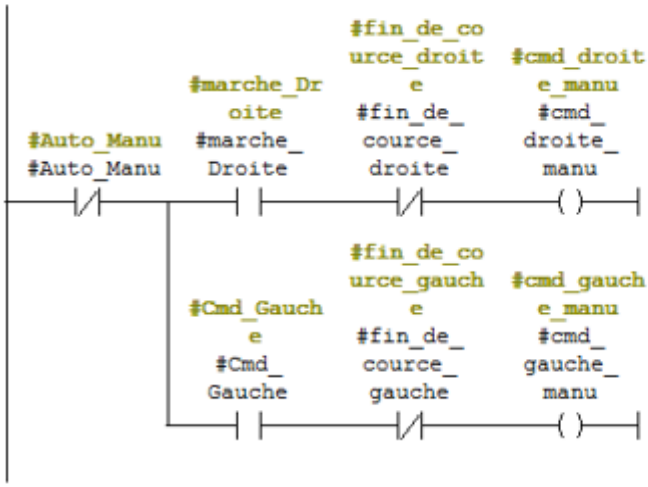
Réseau 3 : Titre :

ordre de marche

Annexe 5

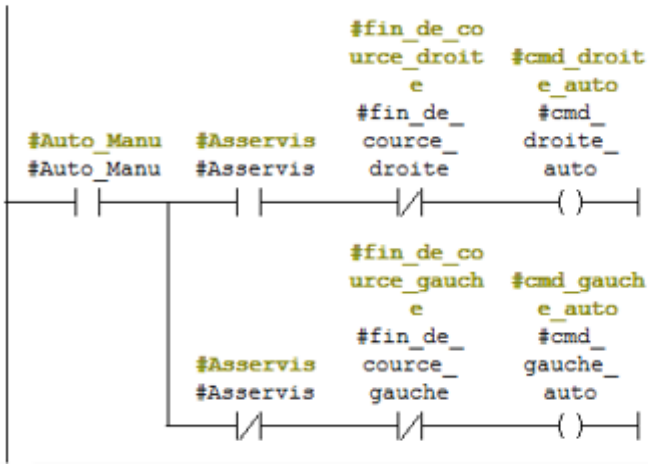
Réseau 1 : Titre :

marche manuel



Réseau 2 : Titre :

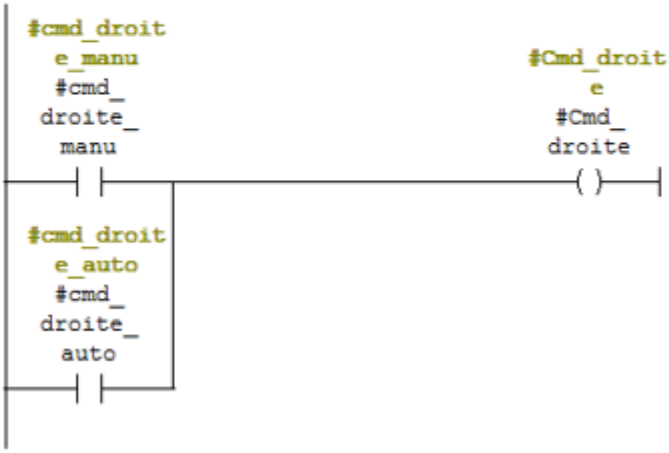
marche automatique



Annexe 6

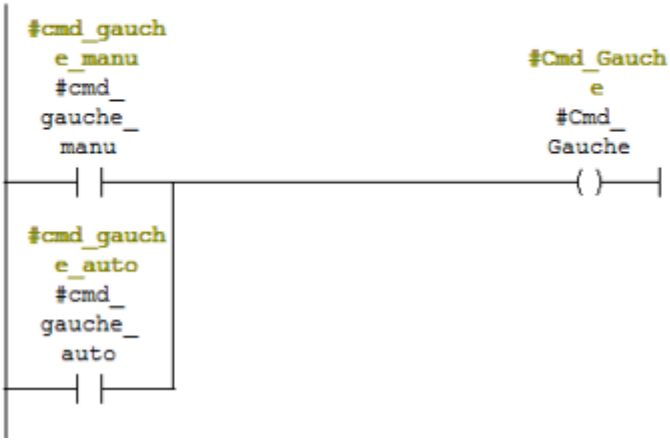
Réseau 3 : Titre :

Commentaire :



Réseau 4 : Titre :

Commentaire :



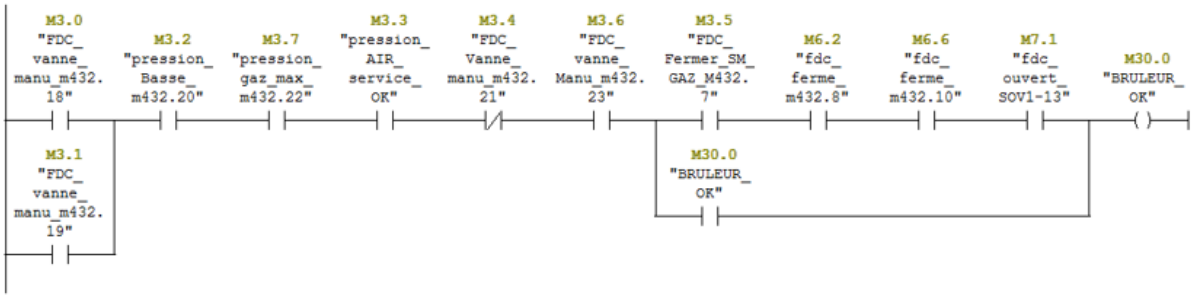
Annexe 7

FC3 : Titre :

Commentaire :

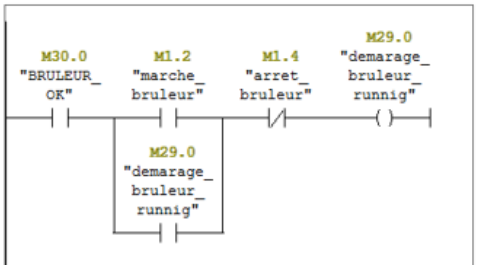
Réseau 1 : Titre :

securite bruleur disponible



Réseau 2 : Titre :

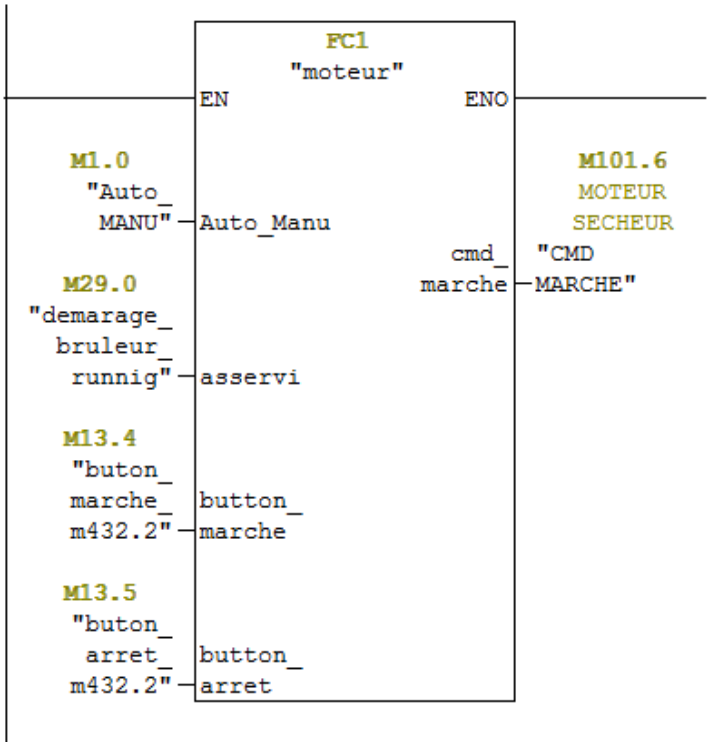
Commentaire :



Annexe 8

Réseau 3 : MOTEUR SECHEUR

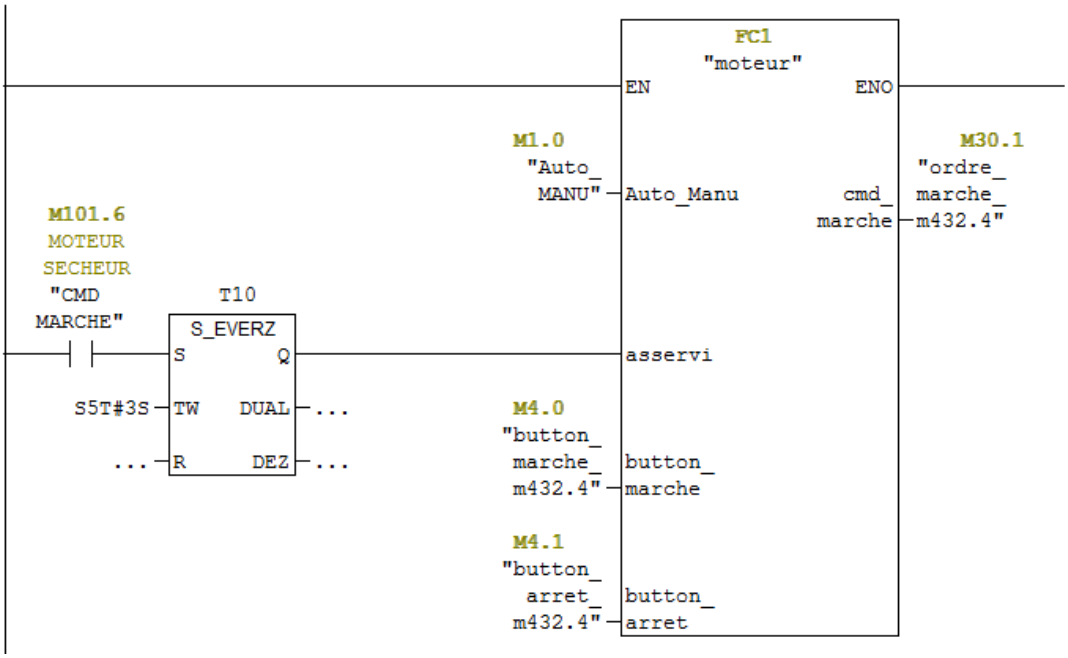
M432.2



Annexe 9

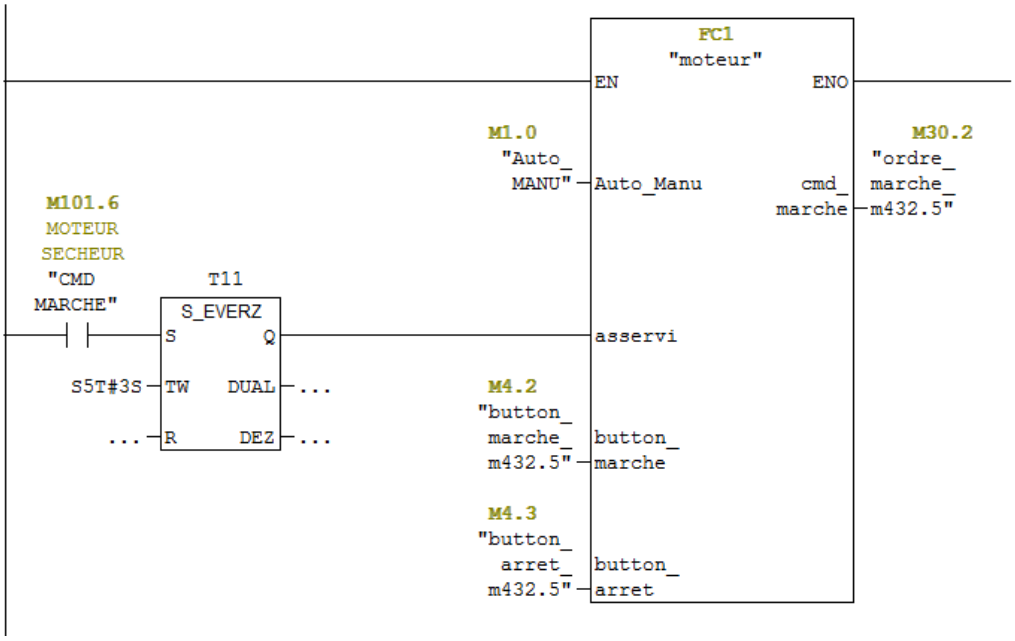
Réseau 4 : Titre :

m432.4



Réseau 5 : MOTEUR VENTULATEUR DE COMBUSTION

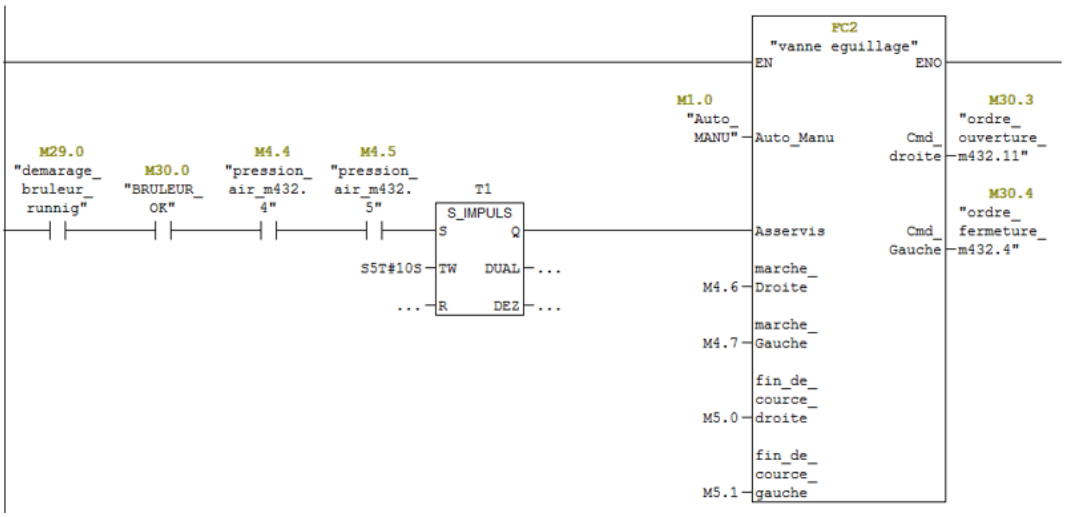
m432.5



Annexe 10

Réseau 6 : Titre :

m432.11



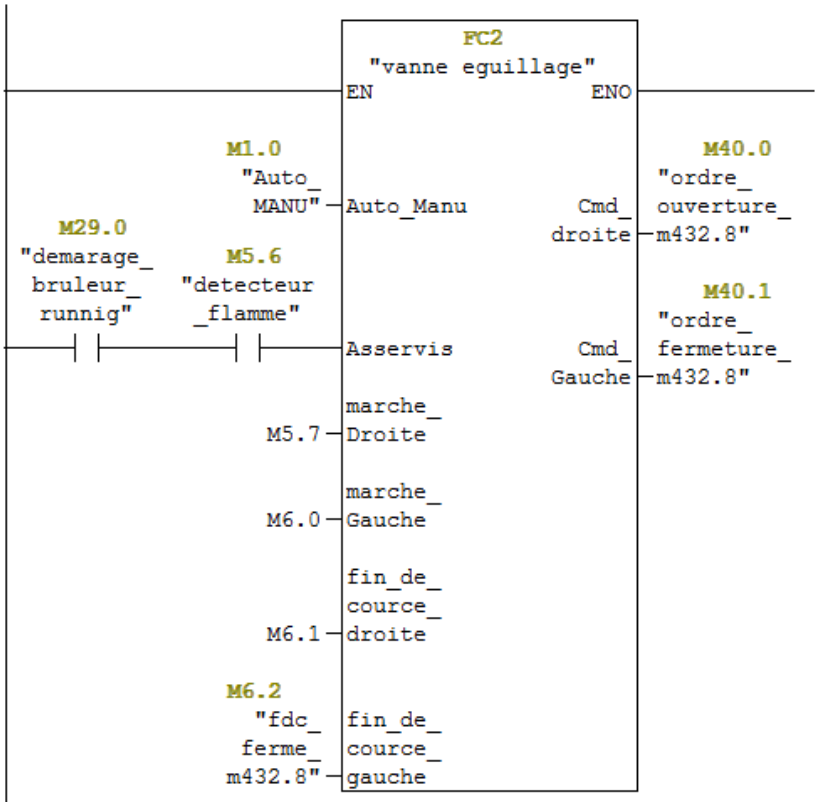
Réseau 8 : Titre :

marche trsformateur(allumage)

Annexe 11

Réseau 9 : Titre :

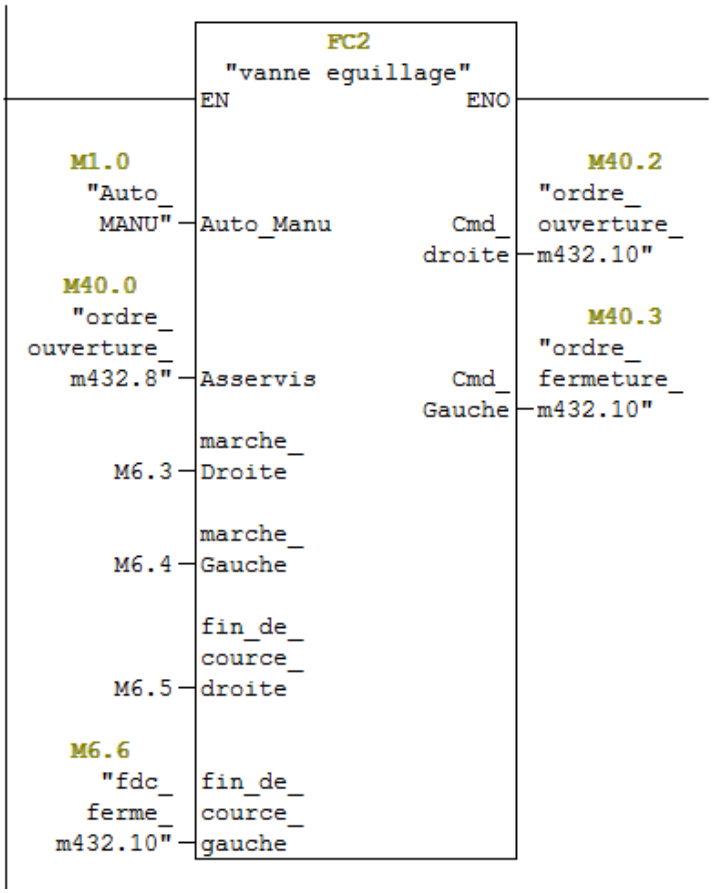
vanne m432.8



Annexe 12

Réseau 10 : Titre :

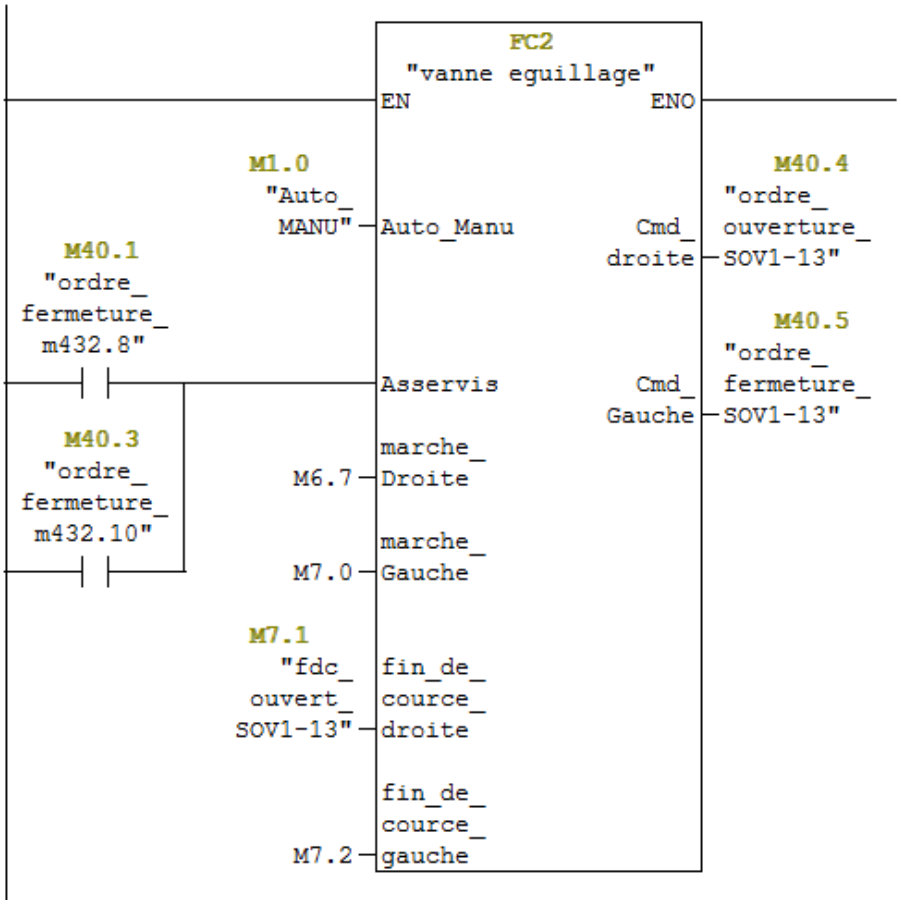
m432.10



Annexe 13

Réseau 11 : Titre :

vanne de event SOV1-13



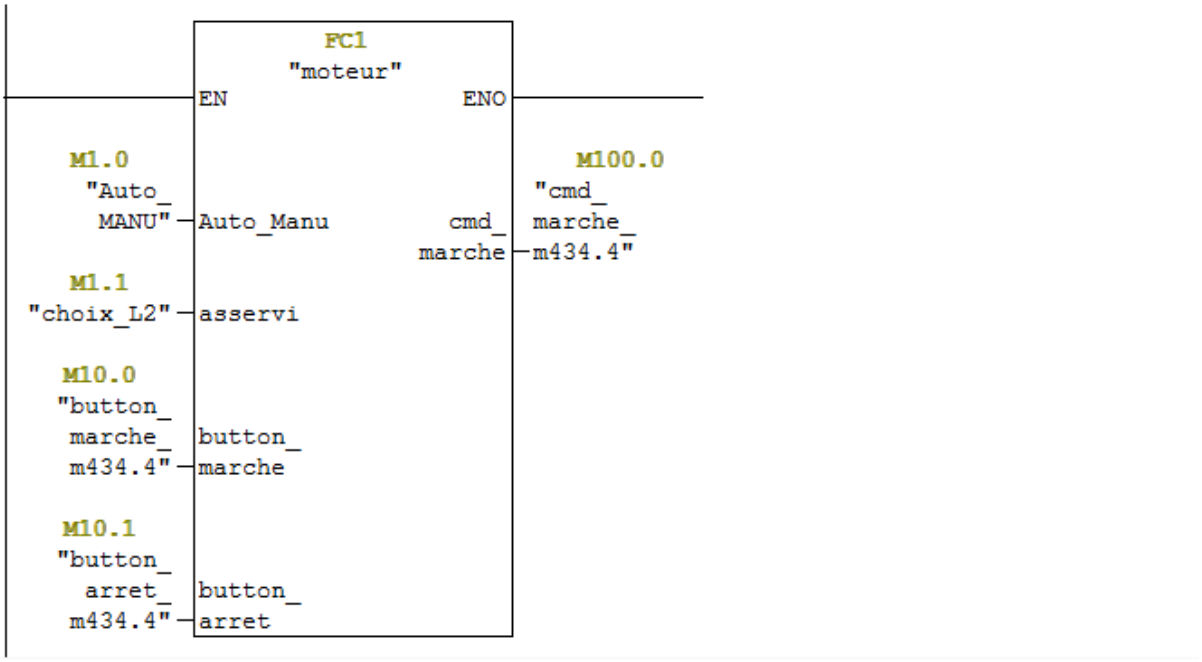
Annexe 13

FC4 : Titre :

Commentaire :

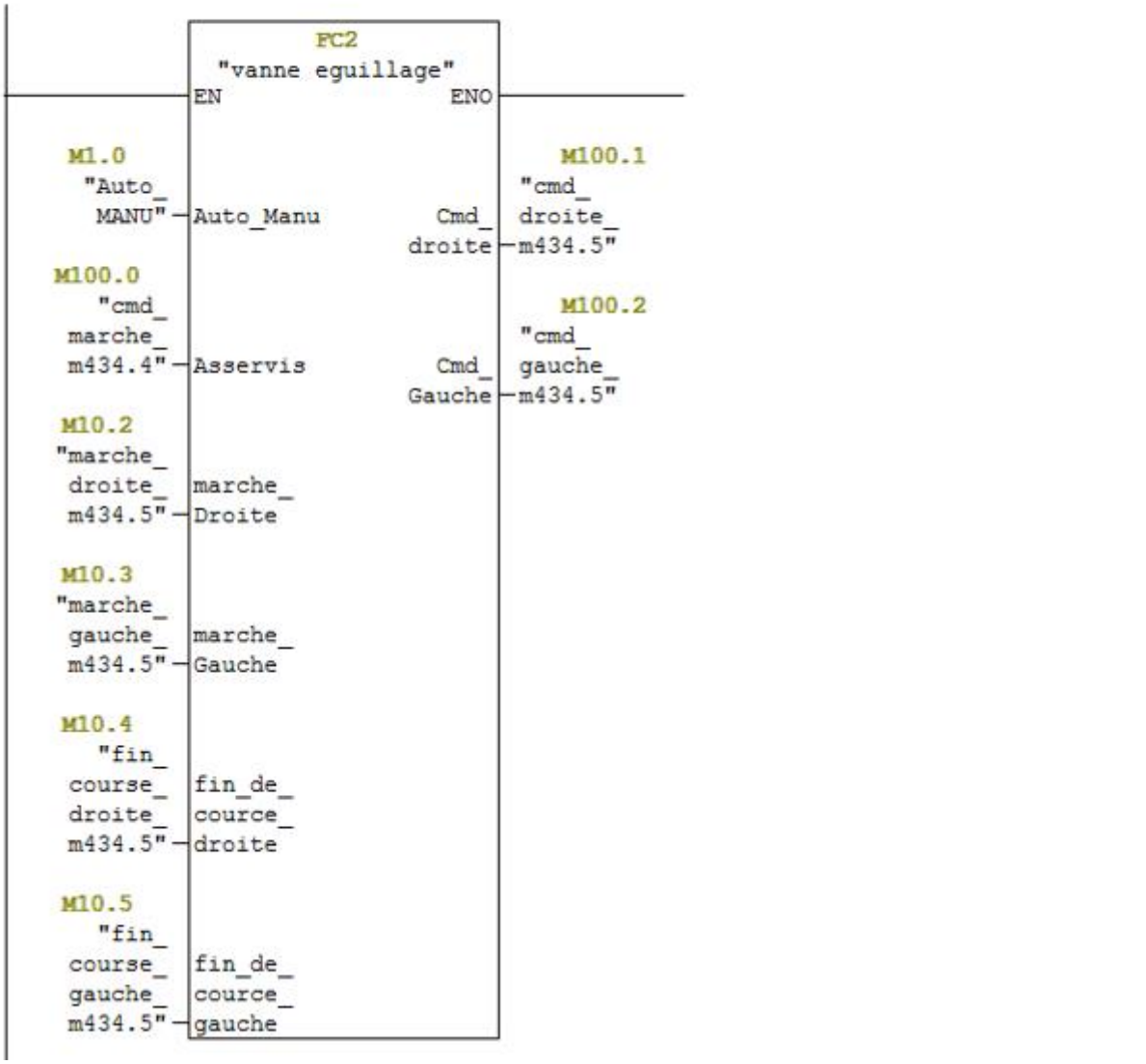
Réseau 1 : MOTEUR A BONDE

M434.4



Annexe 14

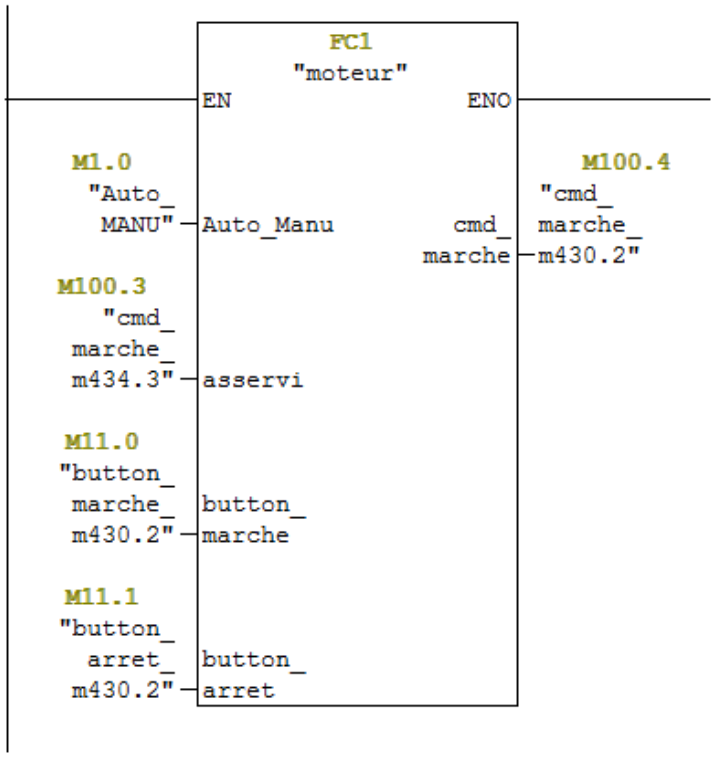
Réseau 2 : VANNE EG



Annexe 14

Réseau 4 : MOTEUR ELEVATEUR

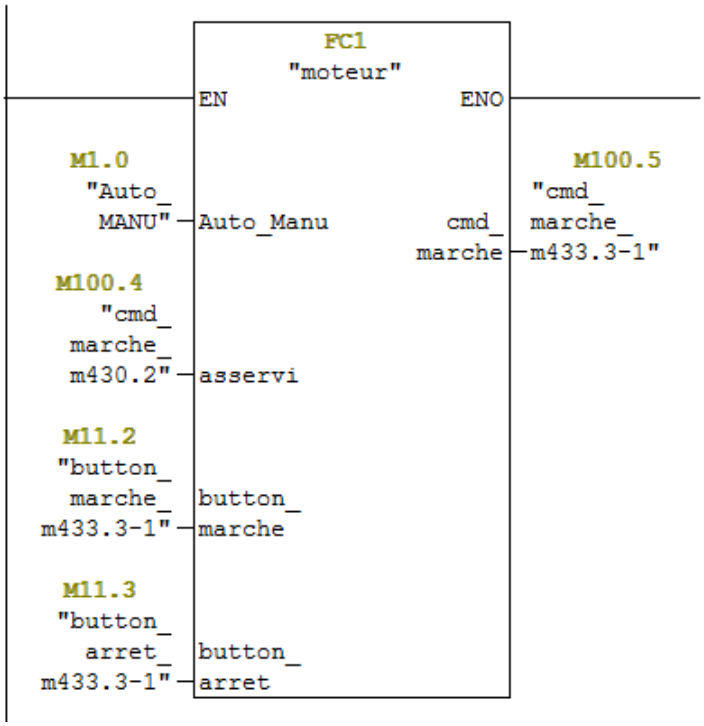
m430.2



Annexe 15

Réseau 5 : SAS FILTRE G

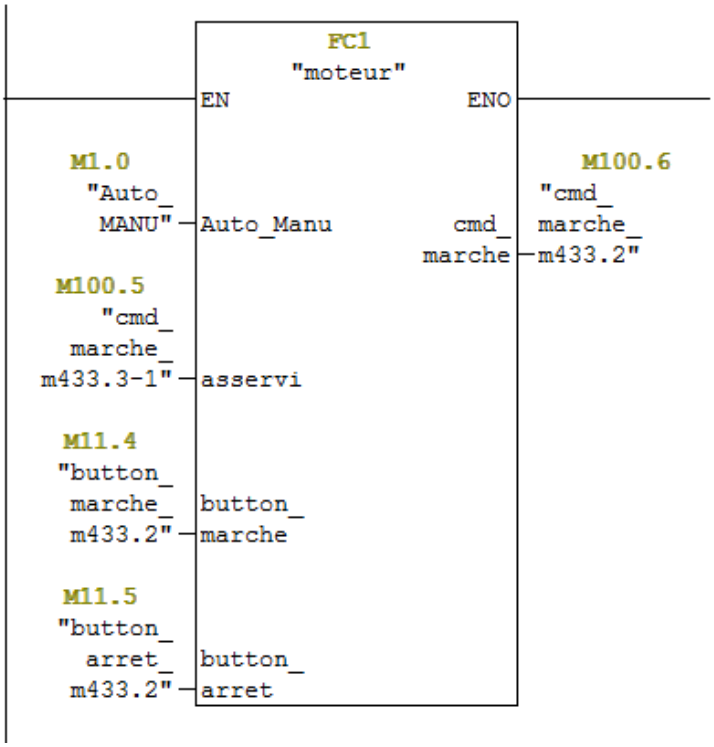
M433.3-1



Annexe 16

Réseau 6 : VIS FILTRE G

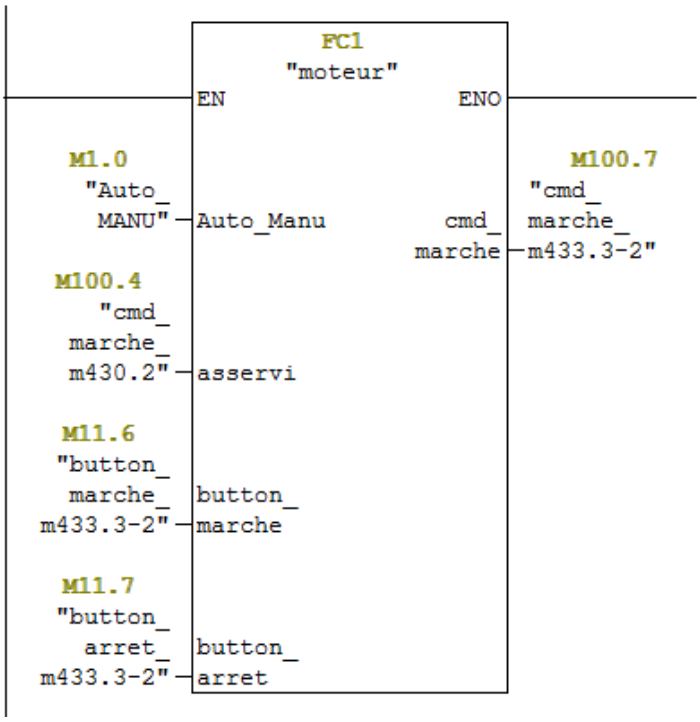
M433.2



Annexe 17

Réseau 7 : SAS FILTRE D

M433.3-2



Annexe 20

Réseau 8 : VIS FILTRE D

M433.3