



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Automatique
Automatique et informatique industrielle

Réf. :

Présenté et soutenu par :
HAFIDI Mohamed Salah

Le : *dimanche 24 juin 2018*

Programmation et commande d'une Pompe Flux à l'aide d'un automate programmable S7-300

Jury :

Mme. MIHI Asiya	MAA	Université de Biskra	Président
Mme. MEGHRBI Hassina	MCA	Université de Biskra	Encadreur
Mme. RECHID Naima	MAA	Université de Biskra	Examineur



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Automatique
Automatique et informatique industrielle

Thème :

Programmation et commande d'une Pompe Flux à l'aide d'un automate programmable S7-300

Présenté par :
HAFIDI Mohamed Salah

Avis favorable de l'encadreur :
MEGHRBI Hassina

Avis favorable du Président du Jury

MIHI Asiya

Cachet et signature



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Automatique
Automatique et informatique industrielle

Thème :

Programmation et commande d'une Pompe Flux à l'aide d'un automate programmable S7-300

Proposé par : HAFIDI Mohamed Salah

Dérogé par : MEGHRBI Hassina

RESUMES (Français et Arabe)

Résumée :

Ce travail réalisé au niveau du cimenterie d'Ain-Touta présente l'étude d'un système de transport du ciment en pipe sous pression d'air. L'objectif de ce travail est de faire l'automatisation et la supervision de ce système.

On a utilisé l'automate programmable industriel S7-300, programmé avec le logiciel STEP7 et testé le programme par le simulateur PLCsim. On a élaboré une interface Homme-Machine par le logiciel WinCC flexible pour permettre à l'opérateur de visualiser et analyser le comportement du système en temps réel.

Mots-clés : Automatisation, supervision, simulateur PLCsim, interface homme-machine, Le logiciel STEP7, le logiciel WinCC.

المخلص

هذا العمل الذي تم انجازه في مصنع الإسمنت عين التوتة قدمنا دراسة نظام نقل الإسمنت عبر الأنابيب تحت ضغط الهواء. الهدف من هذا العمل هو القيام بجعله نظام آلي و نظام تحت المراقبة. لقد تم استخدام جهاز التحكم الصناعي الآلي S7-300, بواسطة برنامج STEP و اختباره بواسطة برنامج المحاكات PLCsim. مع تصميم نظام المراقبة بواسطة برنامج WinCC للسماح للعامل بعرض و تحليل النظام في الوقت الحقيقي.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

Commençant par mes très chers parents

Tous les membres de famille

Tous mes amis et collègues d'études

A toute la promotion 2018

Tous ceux qui ont contribué à mon succès scolaire

Remerciements

Avant tout, IL faut remercier Allah qui me donne la force, la patience, la volonté et pour réaliser ce projet et données durant toutes ces longues années. ET je remercie mon encadreur Mme MEGHRBI Hassina pour sa patience et sa sagesse et sa stricteté dans la gestion de ce travail et au jury pour accepter d'examiner ce travail.

Mes remerciements vont également aux membres de jury : Mme RECHID Naima et Mme MIHI Asiya d'avoir accepté de juger mon travail, de juger et d'évaluer ce travail. Qu'ils soient assurés de nos profondes reconnaissances. Nous remercions aussi l'ensemble des enseignants du département d'automatique.

Nous tenons à remercier aussi les ingénieurs et les techniciens de la cimenterie d'Aint-Touta, surtout Mr Ayachi Adel pour sa riche formation.

Et merci à tous ceux qui ont une relation avec ce travail de près ou de loin, ou sa participation était grande ou petite.

Liste des tableaux

Tab.I.1: Implantation de SCIMAT.....	6
Tab.I.2 : Légende de diagramme de fabrication du ciment.....	14
Tab II.1 : I/O de système.....	25
Tab IV.1 : Définition des procédures.....	46
Tab IV.1 : Table des mnémoniques.....	52

Liste des figures

Fig. I.1 : Vue du Cimenterie.....	3
Fig. I.2 : processus de production du ciment.....	4
Fig. I.3 : La carrière en cimenterie.....	6
Fig. I.4 : concasseur type 200x200.....	6
Fig. I.5 : zone cru et zone cuisant.....	8
Fig. I.6 : Le four.....	9
Fig. I.7 : L'expédition.....	10
Fig. I.8 : diagramme synoptique de la cimenterie d'Ain Touta.....	11
Fig. II.1 : la pompe flux.....	15
Fig. II.2: transmetteur de pression utilisé dans le système.....	16
Fig. II.3 : Réservoir d'air comprimé.....	18
Fig. II.4 : L'armoire électrique da la pompe.....	19
Fig. II.5 : la conduite de refoulement.....	20
Fig. III.1 : Procédé automatisé.....	26
Fig. III.2 : Exemple de système automatisé combinatoire.....	29
Fig. III.3 : Exemple de système automatisé s'séquentiel.....	29
Fig. III.4 : Le conditionnement, par ex. le d'déplacement d'objets suivant un angle..	30
Fig.III.5 : L'industrie automobile avec l'utilisation de robots industriels pour effectuer l'assemblage et la peinture des carrosseries.....	31
Fig. III.6 : Machine-outil : l'automatisation est ici assez importante. L'une des principales applications est dans les unités de perçage.....	31

Fig. III.7 : Contrôle de produits : Détection de défauts en bout de chaîne de production.....	32
Fig. III.8 : Automatisation de services, ouvertures programmées de portes et fenêtres, gestion centralisée de bâtiment.....	32
Fig. III.9 : Situation de l'automate dans un système automatisé de production.....	34
Fig.III.10 : Structure interne d'un API.....	35
Fig.III.11. Automate modulaire S7-300.....	38
Fig. IV.1 : Document du GEMMA.....	45
Fig. IV.2 : Grafcet de conduit.....	47
Fig. IV.3 : F1 et F5.....	48
Fig. IV.4 : marche de vérification dans le désordre.....	49
Fig. IV.5 Grafcet d'arrêt d'urgence.....	49
Fig. IV.6 : Grafcet de marche de clôture F3.....	50
Fig. IV.7 : Grafcet de marche de préparation F2.....	51
Fig. IV.8 : Les blocs de programme dans SIMATIC Manager.....	53
Fig. IV.9 : Simulation.....	68
Fig. IV.10 : Menu principale.....	69
Fig. IV.11 : Menu de sélection de mode.....	70
Fig. IV.12 : Synoptique.....	71
Fig. IV.13 : contrôle locale.....	72
Fig. IV.14 : Test locale.....	73
Fig. IV.15 : Les signaux numériques.....	74
Fig. IV.16 : Les signaux analogiques.....	74

Liste des abréviations

API : Automate Programmable industriel.

CONT : Le langage à base de schémas de contacts.

LD : Ladder Diagram, en français schéma à relais, langage de programmation d'automates.

PC : Partie Commande

PO : Partie Opérative

PR : Partie Relation

CPU : Central Processing Unit.

FB : Bloc de fonction.

FC : Fonction.

FM : Modules de fonction.

HMI: Interface homme/machine.

LIST : Le langage de liste d'instructions.

MPI : Multi Point Interface.

OB: Bloc d'organisation.

SIMATIC : Siemens Automatic.

SM : Modules de signaux.

TOR : Tout ou rien.

GEMMA : Guide d'Etudes des Modes de Marches et d'Arrêts

GRAFCET : Graphe Fonctionnel de Commande Etape/Transition – langage de programmation d'automates.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre 1 : Présentation de lieu de stage SCIMAT

I.1	Introduction.....	2
I.2	Présentation de groupe GICA.....	2
I.3	Présentation la société de SCIMAT.....	3
I.3.1	Implantation de SCIMAT.....	4
I.4	Le procédé de fabrication du ciment.....	5
I.4.1	Préparation des matières premières.....	5
I.4.1.1	Carrière.....	5
I.4.1.2	Concasseur.....	6
I.4.2	Homogénéisation et cuisson.....	7
I.4.2.1	Pré homogénéisation.....	7
I.4.2.2	Broyage du cru.....	7
I.4.3	Ligne de cuisant.....	7
I.4.3.1	Préchauffage.....	7
I.4.3.2	Four rotatif.....	8
I.4.3.3	Refroidisseur à clinker.....	9
I.4.3.4	Silos à clinker.....	9
I.4.4	Mouture du ciment et expédition.....	9
I.4.4.2	Broyage du ciment.....	9
I.4.4.2	Stockage du ciment.....	10
I.4.4.3	Expédition.....	10
I.5	Normalisation du GICA.....	12
I.6	Conclusion.....	13

Chapitre II : Etude et description de la Pompe Flux

II.1	Introduction.....	14
------	-------------------	----

II.2	Présentation du système.....	14
II.2.2	Conception.....	14
III.2.2	Fonctionnement.....	17
II.2.2.1	Les conditions extérieures.....	18
II.3	Mise en service.....	19
II.3.2	Mise en marche.....	19
II.3.2	Marche normale.....	21
II.4	Description générale.....	21
II.5	Mode opératoire.....	22
II.6	Cahier de charge.....	22
II.6.1	Démarrage.....	22
II.6.3	Dépoussiérage.....	22
II.7	Fermeture.....	23
II.6.4	Envoi.....	24
II.7	Conclusion.....	25

Chapitre III L'automatisation

III.1	Introduction.....	26
III.2.1	Généralités sur les S.A.P.....	26
III.2.1	La partie opérative.....	26
III.2.1.1	La partie mécanique.....	27
III.2.1.2	Les actionneurs.....	27
III.2.1.3	Les pré-actionneurs.....	27
III.2.1.4	Les capteurs.....	27
III.2.2	La partie commande.....	28
III.2.3	Différents types de commande.....	28
III.2.3.1	Le système de commande combinatoire.....	28
III.2.3.2	Le système automatisé séquentiel.....	29
III.2.3.3	La logique programmée : commande électrique.....	30
III.2.3.4	La logique câblée : commande pneumatique.....	30
III.2.4	Domaines d'application des systèmes automatisés.....	30
III.2.4.1	Les avantages.....	32
III.2.4.2	Les inconvénients.....	32

III.2.5	La partie pupitre.....	33
III.2.6	Les interfaces.....	33
III.3	Les Automates Programmables Industriels.....	33
III.3.1	La structure.....	34
III.3.1.1	Description des éléments d'un API.....	35
III.3.2	Langages de programmation pour AP.....	36
III.4	API SIEMENS.....	37
III.4.1	Spécificités de l'API S7-300.....	37
III.4.1.1	Gamme de modules.....	38
III.4.1.2	Choix de l'automate S7-300.....	38
III.4.1.3	Configuration Matérielle.....	39
III.4.2	API dans son environnement.....	39
III.4.2.1	Besoins de communication.....	39
III.4.2.2	Outils de Communication.....	40
III.4.2.2.1	Éléments de saisie d'information.....	40
III.4.2.2.2	Éléments transmettant des informations.....	40
III.4.2.2.3	Terminaux industriels.....	40
III.4.2.3	Réseaux.....	40
III.4.2.3.1	MPI.....	41
III.4.2.3.2	PROFIBUS.....	41
III.4.2.3.3	Ethernet industriel.....	41
III.4.3	Progiciel Step7.....	41
III.4.3.1	Description des blocs de programmation.....	41
III.4.3.1.1	Bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique (OB1).....	41
III.4.3.1.2	Fonction (FC).....	42
III.4.3.1.3	Bloc de données (DB).....	42
III.4.3.1.4	Bloc fonctionnel (FB).....	42
III.4.3.2	S7-PLCSIM.....	42
III.4.4	Description de logiciel Win CC flexible.....	42
III.4.4.1	Application Runtime.....	43
III.4.4.2	Constituent d'une vue.....	43
III.5	Conclusion.....	43

Chapitre IV : Programmation et supervision

IV.1	Introduction.....	47
IV.2	Élaboration du GEMMA de la pompe.....	47
IV.3	Réalisation du programme de la pompe.....	51
IV.3.1	Création de projet S7.....	51
IV.3.1.1	Table des mnémoniques.....	52
IV.3.1.2	Élaboration du programme.....	53
IV.3.1.3	Simulations des programmes en utilisant S7-PLCSIM.....	67
IV.4	Création de station HMI.....	68
IV.4.1	Vues du système.....	69
IV.4.1.1	Menu principale.....	69
IV.4.1.2	Menu de sélection de mode.....	70
IV.4.1.3	Synoptique.....	71
IV.4.1.4	Menu de Contrôle.....	72
IV.4.1.5	CCS signaux numérique.....	73
IV.4.1.6	CCS signaux analogique.....	74
IV.5	Conclusion.....	75
	Conclusion générale et perspectives.....	76
	Bibliographie.....	77
	Annexes.....	78

Introduction Générale

Actuellement, le monde industriel doit offrir des produits de meilleure qualité, à des prix compétitifs et plus rentable. Dans le but de contribuer à l'évolution de l'économie, couvrir les besoins de la société, l'amélioration des conditions de travail et l'augmentation de la production, c'est pour cela que l'automatisation est nécessaire.

L'industrie de ciment algérienne est aux prises avec une concurrence accrue. Pour améliorer la compétitivité, répondre aux besoins du marché et accompagner les tendances des consommateurs, la cimenterie d'Ain Touta (SCIMAT) suit une stratégie de modernisation et de développement. En conséquence, des efforts considérables à travers des projets modernisateurs et extensifs.

L'automatisme consiste à l'étude de la commande de systèmes industriels, les techniques et les méthodes d'automatisation sont en continuelle évolution. Aujourd'hui, l'automatisation permet de remplacer l'homme aussi bien dans les tâches opérationnelles.

L'automate programmable industriel est le constituant le plus répandu pour réaliser des automatismes. On le trouve pratiquement dans tous les secteurs de l'industrie car il répond à des besoins d'adaptation et de flexibilité pour un grand nombre d'opérations.

L'objectif de ce mémoire est de faire l'étude et d'améliorer le système de transport le ciment avec la pompe. Puis on réalise un programme sous STEP7 avec un automate programmable industriel SIEMMENS S7 - 300. Finalement, on termine conception d'une Interface Homme-machine IHM sous le logiciel WinCC. Le manuscrit comporte quatre chapitres représenté comme suit :

- Le premier chapitre portera quelque généralité sur l'entreprise SCIMAT et les processus de fabrication de ciment.
- Le deuxième chapitre sera consacré à la description et la présentation de la pompe flux et des éléments constituants dans le système existants.
- Le troisième chapitre sera donné sur l'automatisation des systèmes.
- Enfin le dernier chapitre, nous allons entamés notre projet sur l'automatisation du processus, on commence d'abord par la programmation step7 puis la supervision avec logiciel Win CC. Enfin, en termine notre mémoire par une conclusion générale et mon perspective.

Chapitre I

Présentation du lieu de stage SCIMAT

I.1 Introduction

L'industrie du ciment est ce qu'on appelle une industrie de base parce qu'elle se situe à la source du développement économique. De son principale dérivé, le béton, dépend tout l'équipement du pays : logements, écoles, ponds, barrages, routes.... En vue d'assurer la régularité d'approvisionnement du marché national en ce produit de base, L'Etat poursuit, va-t-il ajouté, son soutien et encouragement à l'investissement et a levé toutes les entraves à l'exportation.

Dans ce chapitre, nous allons introduire l'historique de l'entreprise, ses multiples activités et organigramme du groupe industriel des ciments d'Algérie (GICA). Par la suite nous passerons à des généralités sur la fabrication du ciment.

I.2 Présentation de groupe GICA

Le Groupe Industriel des Ciments d'Algérie "Groupe GICA" a été créé par décision de l'Assemblée Générale Extraordinaire, suite à la transformation juridique de l'ex Société de Gestion des participations « Industrie des Ciments » en date du 26 novembre 2009. Le Groupe Industriel des Ciments d'Algérie "Groupe GICA", est une société par actions au capital de : 25.358.000.000,00 DA [1].

Les domaines et champs d'activité découlant pour l'essentiel des missions et prérogatives du Groupe GICA, se résument à ce qui suit:

- La conception de la stratégie de développement du groupe en matière industrielle, commerciale, financière et ressources humaines des activités des ciments, granulats et béton prêt à l'emploi.
- L'élaboration et le suivi de plans (d'actions, recherches, et allocations financières...), afférente à la mise en œuvre de cette stratégie et assurer leurs actualisations le cas échéant.
- La gestion et la fructification du portefeuille d'actions et des participations détenues sur les entreprises affiliées.
- La promotion et le développement des activités dans le cadre des partenariats.
- La mise en œuvre de toutes les mesures appropriées, visant l'expansion du

groupe.

- L'insertion harmonieuse de son activité dans le cadre de la protection de l'environnement et de la valorisation des ressources nationales.

Il détient à ce titre, une triple vocation : Industrielle, économique et financière, à travers, notamment, le pilotage, le suivi et le contrôle des actions liées, entre autres, aux programmes d'intérêt public, telles que :

- L'approvisionnement régulier en ciment, destiné notamment aux projets structurants.
- Le développement durable.
- La participation aux actions de solidarité nationale, en cas de besoin [1].

I.3 Présentation la société de SCIMAT

La société des ciments de Ain-Touta SCIMAT est une entreprise de fabrication et ventes des ciments et des agrégats au Capital social : 2.250.000.000,00 DA. Elle fait partie du Groupe Industriel des ciments de l'Algérie GICA.

La Cimenterie de AIN-TOUTA est implantée sur l'axe routier BATNA-BARIKA et la rocade ferroviaire de AIN-TOUTA-M'SILA. Elle est située à 51 Km à l'Ouest de BATNA ,15 km à l'Ouest d'AIN-TOUTA et 33 km à l'Est de BARIKA.

Les travaux de construction ont débuté de **28/11/1983**. La conduite de l'unité peut se faire d'une manière automatique, semi-automatique ou manuelle [2].



Fig. I.1 : Vue du Cimenterie [2]

I.3.1 Implantation de SCIMAT

Les évènements clés ayant marqué sur l'histoire de sa création sont les suivants :

Tab.I.1: Implantation de SCIMAT [2]

L'évènement	La date
Signature du contrat	25 mai 1983
Mise en vigueur	28 novembre 1983
Fin de Montage	juillet 1986
Réception Provisoire	25 mai 1987
Réception Définitive	30 septembre 1989
Délai de réalisation	32 mois

I.3.2 Fiche technique de l'unité

Nom de l'unité : Cimenterie d'AIN TOUTA.

Nom de produit : ciment CPJ45.

Matières premières utilisées : Calcaire – Argile – Gypse - Minerai de fer – pouzzolane et Calcaire pur.

Date de mise en service : 28/09/1986.

Nom du constructeur : F.L.SMIDTH Danemark.

Capacité : 1000000 tonnes ciment/an.

Procédé : voie sèche.

Concassage : concasseur à marteaux d'une capacité de **1000t/h**.

Broyage : 2 broyeurs à boulets d'une capacité de **140t/h**.

Préchauffage : préchauffeur à suspension de farine dans les gaz chauds (à 4 étages de cyclones).

Cuisson : deux fours rotatifs longs d'une capacité unitaire de **1500t/h**.

Combustion : gaz-naturel.

Refroidissement : 9 refroidisseurs à ballonnets.

Broyage ciment : 2 broyeurs à boulets d'une capacité unitaire de 100t/h [3].

I.4 Le procédé de fabrication du ciment

Avant d'entamer les différentes étapes de fabrication du ciment il est nécessaire de poser la question suivante Qu'est-ce que le ciment ?

Le ciment est un produit industriel fabriqué par broyage et mélange du clinker et d'ajouts (gypse ou autres). Le clinker qui est le principal constituant des ciments est un produit semi-fini obtenu par la cuisson d'un mélange de matières premières (généralement calcaire et argile) à haute température (1450 ° C).

Ce mélange des matières premières est broyé finement avant la cuisson pour obtenir une "farine crue" qui doit contenir certains composants (éléments chimiques) dans des proportions bien définies [4].



Fig. I.2 : processus de production du ciment [4]

I.4.1 Préparation des matières premières

I.4.1.1 Carrière

La carrière en cimenterie constitue la source en matières premières qui subissent des transformations pour fabriquer le produit fini donc le ciment est fabriqué à partir de quatre composantes chimiques principales : d'argiles, de schistes, de minerai de fer et de sable.

Constituant la matière première principale, le calcaire est extrait d'une carrière située à proximité de l'usine, sous forme de blocs de dimensions très variées et chargé dans des dumpers au moyen de chargeuse.

L'argile est extraite par ripage et creusement est chargé dans des dumpers au moyen de chargeuse sur pneus. Le minerai de fer et le sable, sont des matières de correction utilisées dans des faibles proportions. Ils sont exploités dans des carrières relativement éloignées de l'usine ou livrés par des fournisseurs [5].

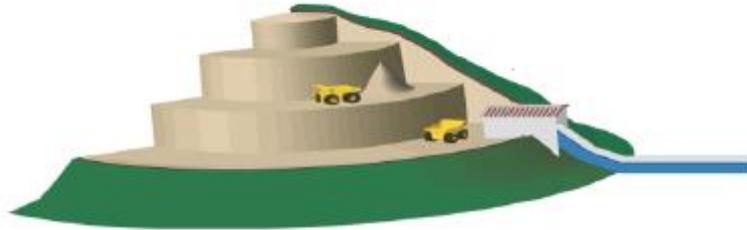


Fig. I.3 : La carrière en cimenterie [4]

I.4.1.2 Concasseur

Les matières première extraites des carrières peuvent atteindre des dimensions allant jusqu'à 1m, elles doivent être réduites jusqu'à 1m, elles doivent être réduites jusqu'à 25mm-30mm à l'aide d'un concasseur à marteau les matières premières concassée sont acheminées vers les halls du stockage par un transporteur à bande en caoutchouc, deux halls sont utilisés pour le stockage, le premier consiste à stocker le mélange calcaire et argile qui se réalise en deux tas rectangulaire, et l'autre hall pour le stockage de la minerai de fer ,le calcaire pur pouzzolane et le gypse.

Notons qu'il y a un autre concassage pour les ajouts (calcaire pur, minerai de fer, pouzzolane et gypse) par un concasseur d'ajout d'une capacité 200t/h [4].



Fig. I.4 : concasseur type 200x200 [4]

I.4. 2 Homogénéisation et cuisson

I.4. 2.1 Pré homogénéisation

La pré-homogénéisation des matières premières est une opération qui consiste à assurer une composition chimique régulière du mélange des matières premières. Des échantillons du mélange des matières premières sont prélevés lors de la constitution des tas dans une station d'échantillonnage, ces échantillons sont analysés au niveau du laboratoire de l'usine. Les résultats de ces analyses permettent de définir les corrections nécessaires à apporter au mélange des matières premières, ce mélange est dénommé le cru [5].

I.4. 2.2 Broyage du cru

Dans l'atelier du broyage cru 4 trémies d'alimentation des broyeurs sont prévus cette dernière sont alimentées par des transporteurs à partir des halls d'homogénéisation par l'intermédiaire d'un pont gratteur pour le calcaire argile et un gratteur portique pour le calcaire pur et les minerai de fer les trémies sont montées sur des paliers basculants et chaque trémie est équipée de 2 lignes d'extraction et de pesage à tablier métallique et chaque ligne alimente un broyeur à travers un transporteur à bandes .

Pour la séparation de la farine crue 2 séparateurs sont prévus et qui jouent le rôle d'un séparateur statique et dynamique en même temps, les grosses fractions

Retournent aux broyeurs et les fines passent à travers des cyclones puis transportées par des aérogliissières et air-lifts vers les silos d'homogénéisation. Dans ces silos, la farine crue est homogénéisée par soufflage d'air sur-pressé. Cette opération permet d'améliorer la régularité des caractéristiques de la farine crue afin d'obtenir ensuite un clinker de qualité régulière.

La farine crue est ensuite acheminée vers un dispositif constitué de fours et de refroidisseurs afin d'entamer la phase de clinkérisation [5].

I.4.3 Ligne de cuisant

I.4.3.1 Préchauffage

Etape incontournable dans les installations de cuisson, le préchauffage permet

essentiellement de préparer la farine du point de vue chimique et thermique. Cette préparation consiste à sécher, déshydrater et décarbonater partiellement la matière crue en réutilisant une partie de l'énergie calorifique évacuée par les gaz d'exhaure du four. La farine crue est introduite et dosée au pied de la tour de préchauffage. Par la suite, elle est manutentionnée jusqu'au haut de la tour où elle est introduite au niveau du quatrième ou du cinquième étage.

Dans la tour de préchauffage, la farine crue avance du haut vers le bas et se mélange avec les gaz chauds du four circulant dans le sens inverse. Ce procédé permet de préchauffer la farine crue jusqu'à une température de près 800 °C au pied de la tour et de provoquer la première transformation (décarbonatation partielle) de ses principaux composants chimiques (carbonates, silicates, aluminates, etc.).

Les technologies utilisées (préchauffeurs à cyclones, grilles Lepel...), les préchauffeurs améliorent donc le rendement thermique global de l'installation de cuisson [5].

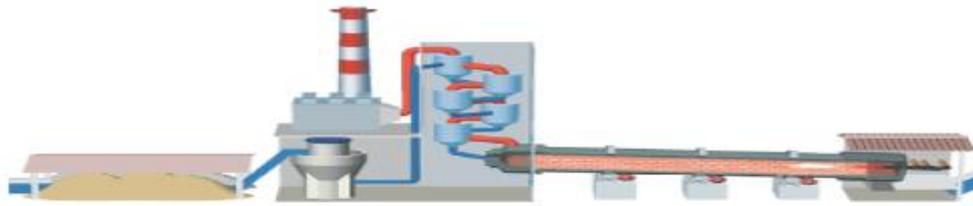


Fig. I.5 : zone cru et zone cuisant [4]

I.4.3.2 Four rotatif

L'usine comporte 2 fours rotatifs sont conçus en cimenterie pour répondre aux exigences chimiques du procédé durant lequel la matière crue est transformée en clinker. Le four rotatif est un cylindre en acier reposant sur des stations de roulement, il est garni intérieurement par des produits réfractaires. Durant la cuisson, le four rotatif est animé d'un mouvement de rotation, la disposition en pente du four permet le mouvement de la matière première qui est injectée de l'autre extrémité par rapport à la flamme de chauffe. Durant ce déplacement, la matière se transforme par cuisson tout en avançant de son état initial jusqu'à ce qu'elle devienne un clinker à des grandeurs allant de 0-25mm, à la température de 1400 °C [4].



Fig. I.6 : Le four [1]

I.4.3.3 Refroidisseur à clinker

A la sortie du four, le clinker est introduit dans un refroidisseur à ballonnets ou à grilles où il est refroidi jusqu'à une température de 120 °C. Le rôle des refroidisseurs consiste à garantir la trempe du clinker pour avoir une structure minéralogique et des dimensions de cristaux favorables. Les refroidisseurs permettent aussi de baisser la température du clinker pour faciliter la manutention jusqu'aux silos de stockage [4].

I.4.3.4 Silos à clinker

Le clinker issu du four est stocké dans des silos qui d'une part, confèrent à l'atelier de broyage ciment (étape suivante) une autonomie de marche en cas d'arrêt intempestif du four et d'autre part, prémunissent le clinker d'une dégradation physico-chimique que causerait un stockage prolongé à l'air libre [4].

I.4.4 Mouture du ciment et expédition

I.4.4.2 Broyage du ciment

Le clinker est acheminé vers des trémies de stockage et les ajouts sont repris du stock par un gratteur portique du hall est acheminés par l'intermédiaire de transporteur à bande vers les trémies de stockage et d'alimentation des broyeurs pour

produire de ciment d'une finesse inférieure à 40 microns est transporté par un élévateur et des aéroglisseurs vers les séparateurs dynamiques, les grosses particules reviennent au broyeur et les fines passent vers les cyclones.

Le dosage du clinker, du gypse et des ajouts se fait à l'entrée du broyeur par un système de dosage automatique chargé d'effectuer des tests dans le laboratoire tout au long du processus de production [4].

I.4.4.2 Stockage du ciment

Après sa fabrication, le ciment est acheminé par voies pneumatiques à l'aide des deux pompes à flux, ou voie ou mécaniques par un aéroglissière. Vers les cinq silos de capacité (5fois 8000t) dans chacun deux voies ferrées et trois routes [4].

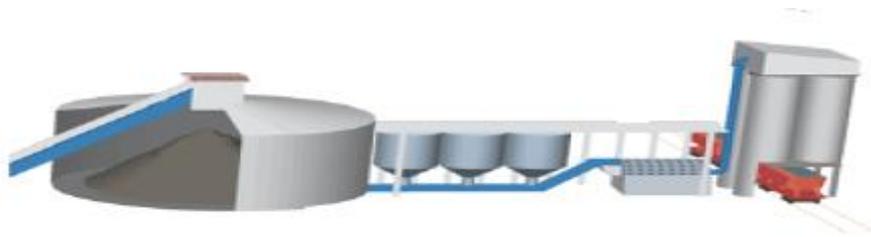


Fig. I.7 : L'expédition [4]

I.4.4.3 Expédition

Dans l'atelier d'expédition route, il existe deux lignes pour le vrac et quatre lignes pour le sac équipés de 4 machines d'ensachage à 4 becs chacune.

Dans l'atelier expédition voie ferrée, il existe deux lignes d'ensachage et une ligne vrac, ainsi qu'une ligne de palettisation (ne fonctionne plus) [4].

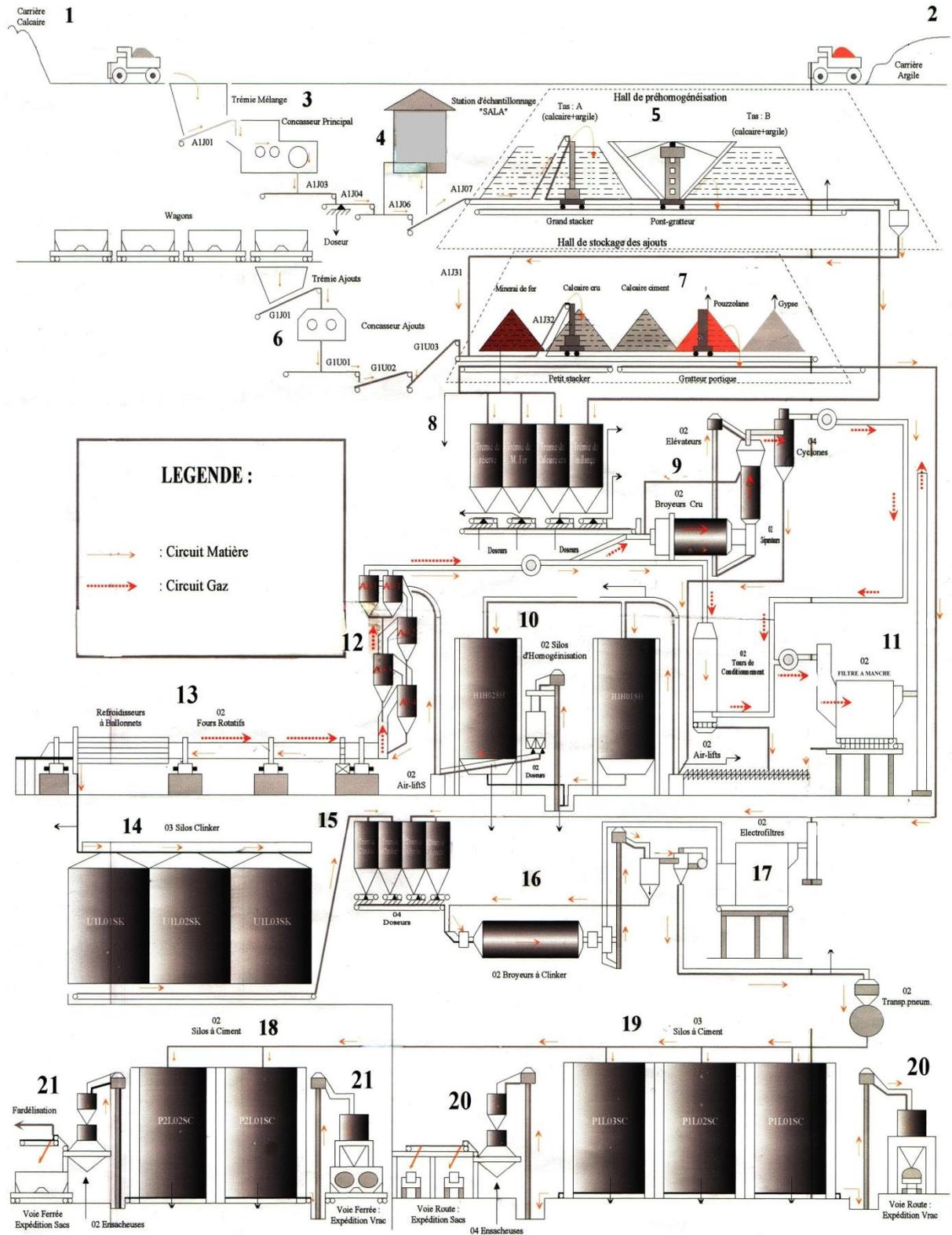


Fig. I.8 : diagramme synoptique de la cimenterie d'Ain Touta[3]

Tab.I.2 : Légende de diagramme de fabrication du ciment [3]

1	Carrière calcaire.	12	Cyclones.
2	Carrière argile.	13	Fours rotatifs.
3	Concasseur principal des matières premières.	14	Silos stockage de clinker.
4	Salle d'échantillonnage.	15	Trémie de clinker et ajouts ciment (tuf, pouzzolane, laitier et cal).
5	Hall de pré homogénéisation.	16	Transporteur d'air chaud.
6	Concasseur des ajouts.	17	Electro-filtre.
7	Hall de stockage des ajouts.	18	Silos à ciment (voie route).
8	Trémie des dosages-mélange (cal + arg) et ajout cru (M de fer +cal +sable).	19	Silos à ciment (voire ferrée).
9	Broyeurs cru.	20	Expédition voir route (sac et vrac).
10	Silo d'homogénéisation (farine dru).	21	Expédition voir ferrée (sac et vrac).
11	Electro-filtre.		

I.5 Normalisation du GICA

L'activité de normalisation en Algérie est passée de 45% en 2009 à 89% en 2011, relevant que la normalisation constitue un outil fondamental du développement économique et industriel. Environ 63 entreprises spécialisées notamment dans les secteurs de l'agroalimentaire, de l'électricité et de la plasturgie ont obtenu la certification de marque nationale "TEDJ", va-t-il précisé.

Selon lui, l'Algérie ne compte que deux laboratoires accrédités qui reconnaissent la qualité et la conformité des produits, soulignant la nécessité de se doter de ces organes pour "prouver notre compétitivité et notre compétence en matière de qualité".

Il s'agit du centre d'études et de services technologiques de l'industrie des matériaux de construction (CETIM), relevant du groupe public des ciments (GICA) et du centre national des technologies et du consulting (CNTC).

Le même responsable a indiqué par ailleurs que 114 entreprises algériennes bénéficieront d'une formation et d'un accompagnement dans le domaine de la normalisation dans le cadre du programme "RS" des pays de la région du

Moyen orient et de l'Afrique du nord (Mena). Le programme est piloté par l'organisation internationale de normalisation (ISO) et financé par l'agence suédoise de développement et de coopération internationale (SIDA), va-t-il expliqué.

Abordant l'adoption par l'Algérie de la norme ISO 26.000, il a estimé que cette mesure vise à améliorer l'image de marque de notre pays auprès de l'ISO.[Extrait du El mouwatin [6].

I.6 Conclusion

Après avoir présenté l'usine SCIMAT l'historique de l'entreprise, ses multiples activités et ses différents étapes de fabrication de ciment Du même coup se trouve également facilitée notre tâche d'élaboration d'une analyse fonctionnelle de la section d'expédition avec la pompe flux dans le chapitre suivant.

Chapitre II

Etude et description de la Pompe Flux

II.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter la pompe flux de ciment et sa conception avec le principe de fonctionnement et le cahier de charge et finir par le cycle de travail.

II.2 Présentation du système

La pompe flux type E est une pompe simple utilisée au transport de matière pulvérulente dans les conduites, le transport se fait à l'air comprimé qui émulsionne la matière et fournit la pression nécessaire au transport. La pompe Flux type E se compose d'un réservoir et l'équipement relevant de remplissage et de vidange automatique du réservoir.

II.2.1 Conception

Le système de la pompe Flux est décrit comme suit [7]:

A sa partie supérieure, la pompe Flux est dotée d'une caisse d'alimentation dans laquelle la matière est versée par l'entrée, Fig. II.1 La caisse est dotée d'un indicateur de niveau, du type Nivopilot, qui fait que le broyeur s'arrête après un certain laps de temps.

Au remplissage de la caisse, l'air refoulé par la matière, est évacué par le tuyau de désaéragage et dirigé sur le filtre de dépoussiéragage, au fond. Elle est équipée de quatre aéroglissière Flux pour éviter l'agglutination à la sortie. Une autre aéroglissière Flux identique est installée au-dessous au conduit de refoulement, pour assurer le meilleur dépoussiéragage de la pompe Flux.

La sortie de la caisse d'alimentation est en liaison avec la conduite de refoulement par un joint expansible qui arrête la transmission des efforts mécaniques entre caisse d'alimentation et la pompe Flux. L'air amené aux aéroglissière Flux est réglé par le détendeur devant lequel est montée une soupape d'arrêt ou un purgeur d'eau. La pression de l'air est réglée de telle sorte que l'effort exercé sur la toile de polyester des aéroglissières soit le plus petit possible.



Fig. II.1. La pompe flux

Le réservoir de la pompe Flux se remplit d'air par la soupape d'admission, qui s'ouvre et se ferme au moyen de l'air comprimé, l'annexe 1. Un cylindre à double air comprimé à double effet est monté en haut sur la soupape d'entrée, le piston, actionné par le fouloir, pousse le cône de soupape contre le siège caoutchouc, ou l'en éloigne, assurant ainsi la fermeture ou l'ouverture du passage de la matière au réservoir de la pompe flux.

Quand le réservoir se remplit, l'indicateur de niveau (Nivotester) monté à son sommet, est sollicité. Le Nivotester émet une impulsion à la commande automatique qui ferme l'entrée et entame le vidage du réservoir à l'aide de l'air comprimé, à sa sortie du compresseur (non représenté). L'air est dirigé sur la conduite par le clapet de non-retour et le papillon, qui est une soupape d'arrêt principale à commande manuelle. Elle est utilisée soit aux réparations et révisions, soit au soufflage des bouchons de matière dans la conduite de refoulement.

Une soupape d'air transporteur, commandée par l'équipement automatique, s'ouvre et se ferme pour permettre à l'air comprimé de vider le réservoir, l'air

comprimé, qui véhicule la matière, est conduit aux buses du tuyau annulaire et à la buse de fond. La matière est alors aérée puis évacuée par le tuyau de refoulement, si le réservoir est sous pression.

Le réservoir est placé sur l'anneau-console. Il est équipé en haut d'une soupape de sureté et d'une soupape désaéragé, qui a pour fonction d'évacuer l'air qui se trouve comprimé dans le réservoir lors du remplissage. Elle s'ouvre et se ferme par la commande automatique en même temps que la soupape d'entrée.

Le tuyau de refoulement de la soupape de désaéragé aboutit au filtre de dépoussiérage à cote du tuyau de désaéragé de la caisse d'alimentation, le tuyau de refoulement est doté d'un robinet de contrôle, qui sert à contrôler la fermeture de la soupape de désaéragé. Ce robinet peut être ouvert pendant que le réservoir est sous pression et la soupape d'arrêt ou le purgeur d'eau.

La chopinette a pour fonction de maintenir une pression constante dans cette commande, de la chopinette après l'air traverse le graisseur vaporisateur et aboutit aux composants pneumatiques dans l'armoire de manœuvre, la chopinette après le compresseur débite l'air en qualité suffisante et la pression correct pour le vidage du réservoir voir Annexe 1.

Un tuyau à air pilot part de l'ajustage et aboutit aux pressostats et, qui coupent l'air de transport et amorcent le remplissage, dépendamment de la pression dans le réservoir.



Fig2.II : Pressostats utilisé en l'air de transport

II.2.2 Fonctionnement

La pompe flux fonction comme suit [8] :

La matière sortant du broyeur est amenée à la caisse d'alimentation et la soupape d'entrée et celle de désaéragage sont ouvertes, ce qui est normale tant que le Nivopilot n'enregistre pas le plein. La matière quitte alors la matière d'alimentation à travers la soupape d'entrée, et passe au réservoir.

Quand le réservoir est plein, le Nivotester est sollicité. Il émet un signal et l'équipement automatique passe à la phase du vidage.

La soupape d'air transporteur s'ouvre lorsque les soupapes d'entrée et de désaéragage se ferment, ainsi le réservoir de la pompe est mis sous pression qui vient de réservoir d'air comprimé voir Fig. II.3 et la matière est refoulée par le tuyau de refoulement.

Une fois que le réservoir est vide, l'air transporteur est coupé, l'automatique passe de nouveau à la phase de remplissage, ouvre l'entrée, et amorce le désaéragage. Le réservoir se remplit alors de nouveau à partir de la caisse l'alimentation à laquelle la matière est acheminée en débit constant du broyeur.

En fonctionnement normale, la commande automatique consiste en :

Démarrage du vidage : Si le réservoir est plein, le Nivotester est sollicité par la couche supérieure matière, le vidage est terminé lorsque la pression tombe au-dessous de 0.2 bar, le vidage s'achève et la soupape se ferme à l'air de transport. Après quoi, le pressostat émet un signal à l'électrovanne qui ouvre la soupape de désaéragage.

Démarrage de remplissage : Un temporisateur de 0 à 20s envoie un signal à l'électrovanne à la fin de sa période de fonctionnement, cette électrovanne ouvre la soupape d'admission de nouveau.



Fig. II.3 : Réservoir d'air comprimé

II.2.2.1 Les conditions extérieures

1. Clés de manœuvre en position : AUT.
2. La pression nécessaire doit être présente dans la conduite d'air comprimé et la chopinette à air pilote.

Le contrôle peut en être fait par les pressostats et qu'il faut régler à 0.5 bar au-dessous de la pression régler de marche à vide du compresseur.

Si la pression n'est pas disponible, le signal du contact inductif dans le cylindre à air comprimé de la vanne d'entrée, est alors bloqué pour que le vidage n'ait pas lieu.

3. Les verrouillages extérieurs doivent être effectués. S'ils ne le sont pas, par suite d'une panne ou la mauvaise position d'une soupape directrice, le signal du contact inductif sera aussi bloqué afin que le vidage n'ait pas lieu.



Fig.4.II : transmetteur de pression utilisés dans le système

Pour que le vidage ait lieu, il faut que l'une des trois conditions suivantes soit satisfaite :

1. Le Nivotester émet un signal.
2. Le signal MAN est donné à partir du tableau de commande et de contrôle.
3. Le signal MAN est donné à partir de la commande centrale et enfin, la clé de manœuvre est sur AUT.

La cabine de manœuvre n'a qu'une seul clé, qui ne peut toujours rester sur MAN, mais elle revient d'elle-même sur AUT, si elle n'est pas sur 0 [7].



Fig. II.4 : L'armoire électrique da la pompe

II.3 Mise en service

II.3.2 Mise en marche

La mise en marche au point du temps de réponse du relais et du seuil d'amorçages, précis des pressostats, dépend des conditions locales. Il ne peut donc y avoir d'indications générales à cet effet.

Avant de laisser passer la matière, essayer les commandes et les soupapes comme suit [8] :

- Obtenir la conduite de refoulement.
- Tourner la clé de mouvement sur AUT.

Si la pression d'air nécessaire à la marche est disponible, les soupapes d'entrée et de sortie s'ouvriront.

Surveiller le fonctionnement de la soupape d'entrée par le regard. Contrôler le fonctionnement de la soupape de désaéragage par soufflage d'air à travers le robinet de contrôle, la conduite étant obturée, les soupapes d'entrée et de sortie se ferment. Une fois que la soupape d'entrée est fermée, la soupape d'air transporteur s'ouvre et le relais temporisé est amorcé [8].

La conduite de refoulement étant obturée, la pression dans le réservoir s'élèvera au seuil maximal, s'assurer que la soupape d'entrée et celle de désaéragage se ferment hermétiquement et que les assemblages bridés dans l'entrée d'air et la conduite de refoulement, à proximité de la soupape de sureté, soupape d'entrée et Nivotester sont étanches à l'air [8].

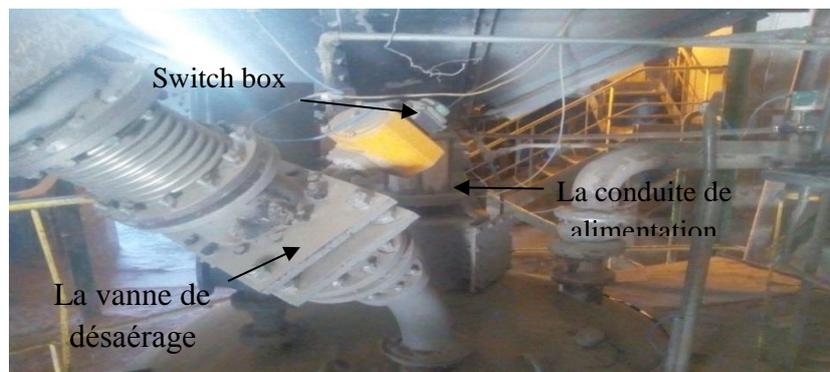


Fig. II.5 : la conduite de refoulement

Fermer le papillon et désaérer le réservoir à l'aide de la soupape de sureté, quand la pression retombe au-dessous de 1.5 bar, la soupape à air transporteur se ferme. Quand la pression descend en encoure au-dessous de 0.2 bar, la soupape de désaérage s'ouvre, puis quelque secondes après, la soupape d'entrée dépendamment du réglage du temporisateur [8].

Une fois le contrôle de fonctionnement et d'étanchéité terminé, retirer l'obturation de la conduite de refoulement et rebrancher la conduite de refoulement de la soupape de désaérage sur le filtre de dépoussiéage [8].

II.3.2 Marche normale

Le fonctionnement de la pompe est entièrement automatique. Cela n'exige donc pas de manœuvre en marche normale.

Tant que la clé de manœuvre est sur AUT, et tant que la matière est amenée à la caisse d'alimentation, la pompe Flux fonctionne si la pression d'air nécessaire est disponible et que la conduite de refoulement ne soit pas bloquée.

En cas de colmatage de la conduite d refoulement, le soufflage peut être effectué en fermant le papillon à la main et en laissant la pression du réservoir tomber à environ 1 bar.

Si on ouvre le papillon brusquement, le bouchon peut normalement être éjecté, si cela ne réussit pas dès le premier essai, reprendre le soufflage.

II.4 Description générale

L'objectif du système de contrôle pour le dispositif de pompage Flux est la suivante [9]:

- Contrôler le fonctionnement des soupapes individuelles de la pompe.
- Traiter et afficher différents points de fonctionnement.
- Effectuer un test et d'ajustement lors de la mise en marche.
- Indication d'alarme simple
- Communiquer avec le système de contrôle central (appelé CCS).

II.5 Mode opératoire

Démarrage normal de la pompe Flux ne peut avoir lieu à partir du Centre de contrôle de système (CCS). Marche / arrêt de la pompe de CCS.

Lorsque "Unité de démarrage de pompe" de CCS est reçu et la pompe est prête, l'Unité de pompe de signal "Started" est donné à la CSC, la pompe démarre une séquence de lots d'envoi, et ceci afin d'éviter colmatage dans les conduites de transport. Par la suite, la pompe fonctionne en séquence normale: dépoussiérage, remplissage, fermeture, envoi.

Lorsque l'unité de pompe d'arrêt de la CSC est reçu, la pompe démarre une autre séquence : Envoi par lots, cela se fait exclusivement dans le but de faire en sorte que la pompe est complètement vidée de sorte qu'il n'y a pas de matériau à l'intérieur des tubes de la pompe ou de transport en cas de stand prolongé par période [9].

II.6 Cahier de charge

Lorsqu'on lance l'unité de pompe par CCS, la pompe démarre une séquence et envoie une impulsion pour nettoyer et ouvrir les pipes de transport.

Lorsque la séquence de nettoyage initiale est terminée, la séquence régulière peut commencer. Cette séquence de nettoyage initiale est la même séquence qui est exécutée en contrôle local lorsqu'on envoyer une impulsion [9].

La séquence normale de fonctionnement est décrite comme suit [9] :

II.6.1 Démarrage

- Lorsque le pressostat $P4 > 6$ bar et le pressostat $P3 > 6$ bar, et le transmetteur de pression $P2 > 7$ bar.

II.6.2 Dépoussiérage

Purge de la pompe Flux au démarrage.

- Lorsque $P1 < 0,5$ bar. (Pression variable de l'automate à l'écran, min. = 0,3 bar Max. = 2 bar).

L'électrovanne Y02 est ouverte.

- Lorsque Y02 vanne de dépoussiérage est ouverte, détectée par le sur la vanne.
- Après Délai de 15 sec. (Minuterie variable de l'automate à l'écran, min. = 5s, max = 60).

Entrée de la pompe vanne Y01 est ouverte.

- Lorsque soupape d'admission est ouverte Y01, détectée par le capteur de Z2 sur la soupape d'admission.
- Si P3 pressostat ≤ 6 bar puis d'alarme: ". Pression d'air de pilotage à faible»

Broyeur à ciment commence, le matériel est rempli dans le réservoir.

- Lorsque la pression du pressostat P4 > 6 bar.
- Lorsque P3 pressostat > 6 bar.
- Lorsque le transmetteur de pression P2 > 6 bar.
- Ou quand l'indicateur de niveau sur le réservoir de la pompe Flux L2 = max. pendant 2 secondes.
- Ou lorsque Manuel est sélectionné en mode
- Ou après 600 sec. retarder. (Minuterie variable de l'automate à l'écran, min. = 30s, max. = 900s)
- Lorsque l'indicateur de niveau sur le réservoir de la pompe Flux L2 = maximum pendant 2 secondes.
- OU après 600 sec. retarder. (Minuterie variable de l'automate à l'écran, min. = 30s, max. = 900s)

Fin de purge

II.6.3 Fermeture

L'entrée de la pompe la vanne Y01 est fermé (Y01 Electrovanne hors tension).

Y02 Soupape de purge est fermé (Y02 Electrovanne hors tension).

- Lorsque soupape d'admission est fermée Y01, détectée par le capteur de Z1 sur la soupape d'admission.
- Lorsque Y02 purgeur est fermé, détectée par le capteur.

La séquence suivante est lancée.

II.6.4 Envoi

La vanne de soupape est ouvert Y06

- Après 2 sec. retarder.

La soupape Y06 est fermée

- Après 1 sec. retarder.

L'air comprimé est ouverte de vanne Y03

- Après 4 sec. retarder.

L'air comprimé est ouverte de la vanne Y04

- Après 20 sec. Retarder. (Minuterie variable de l'automate à l'écran, min= 10 s, max= 40s)
- Ou lorsque $P1 \geq P2$ La valve de l'air comprimé Y04 est fermé (électrovanne Y04 hors tension).
- Après 230 sec. Retarder (Minuterie variable de l'automate à l'écran, min. = 5s, max. = 600).
- Ou quand $P1 < 2,0$ bar. (Pression variable de l'automate à l'écran, min = L, max = 5 bar).
- Ou lorsque les cellules de charge W1, W2, W3 = min.

La valve de l'air comprimé Y3 est fermé. (Y3 Electrovanne hors tension).

Vanne de contrôle Y6 est fermé. (Y6 Electrovanne hors tension).

- Après 1 sec attente.

La valve de réception d'air Y7 est ouverte. (Pression variable de l'automate à l'écran, Min = 6 Max -.1 bar).

- Quand $P2 = 7$ bar.

La valve de réception d'air Y7 est fermée. (Y7 Electrovanne hors tension).

Tab II.1 : I/O de système

Entrées	Commentaires	Sorties	Commentaires
Z1	Capteur de position de Y1 fermé	Y1	Electrovanne pour l'entrée de ciment
Z2	Capteur de position de Y1 ouvert	Y2	Electrovanne pour le désaéragage
SB1	Capteur de position de Y2 fermé	Y3	Electrovanne pour le transport
SB2	Capteur de position de Y2 ouvert	Y4	Electrovanne pour l'impulsion de transport
L2	Capteur de niveaux du réservoir de ciment	Y6	Electrovanne pour niveaux max de réservoir de ciment
P1	Transmetteur de pression du réservoir de ciment	Y7	Electrovanne pour remplir réservoir d'air comprimé
P2	Transmetteur de pression du réservoir d'air comprimé		
P3	Pressostat d'air de commande		
P4	Pressostat d'air de commande		

II.7 Conclusion

Parvenus à ce point de notre étude, nous donnons la présentation fonctionnelle et la description de différentes étapes de transport de ciment par pression nous faciliteront alors son automatisation et sa programmation, dans le chapitre suivant.

Chapitre III

L'automatisation

III.1 Introduction

Avec l'évolution de la technologie, les exigences attendues de l'automatisation sont tirées à la hausse. Elles devraient désormais assurer productivité, affinement qualitatif et diminution des coûts de production. Bien d'autres améliorations devraient parallèlement en découler : amélioration des conditions de travail, sécurité, sûreté fonctionnelle et suppression des tâches pénibles ou répétitives. Alors on parlera dans ce chapitre sur le placement de l'automate dans le système automatisé et ensuite à la description des automates programmables SIEMENS à structure modulaire essentiellement le S7 - 300, ensuite nous allons donner un aperçu général sur le logiciel STEP7 et le logiciel de supervision Win CC Flexible utilisés [12].

III.2 Généralités sur les systèmes automatique programmable

Un système automatique programmable (SAP) est constitué généralement des composantes suivantes, Fig0 III.1 :

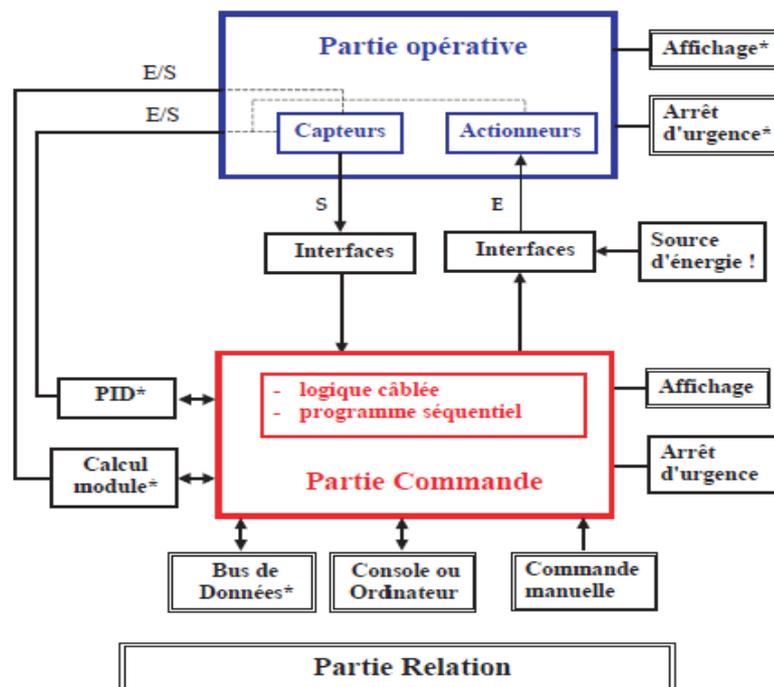


Fig. III.1 – Procédé automatisé [11]

III.2.1 La partie opérative

La partie opérative est l'ensemble des moyens techniques qui effectuent

directement le processus de transformation de la matière d'œuvre, à partir des ordres fournis par la partie commande et l'opérateur. Elle agit directement sur la manière d'œuvre pour lui apporter une valeur ajoutée, [11].

III.2.3.1 Les actionneurs

Les actionneurs sont des éléments qui convertissent l'énergie d'entrée disponible sous une certaine forme (électrique, pneumatique, hydraulique) en une énergie utilisable sous une autre forme, par exemple [12]:

- Energie thermique destinée à chauffer un four (l'actionneur étant alors une résistance électrique).
- Energie mécanique destinée à provoquer une translation de chariot (l'actionneur pouvant être un vérin hydraulique ou pneumatique).
- Energie mécanique destinée à provoquer une rotation de broche (l'actionneur pouvant être alors un moteur électrique).

III.2.3.2 Les pré-actionneurs

Les pré-actionneurs reçoivent les signaux de commande et réalisent la commutation de puissance avec les actionneurs. Les pré-actionneurs des moteurs électriques sont appelés contacteurs. Les pré-actionneurs des vérins et des moteurs hydrauliques et pneumatiques sont appelés distributeurs (à commande électrique ou pneumatique) [12].

III.2.3.3 Les capteurs

Les capteurs sont des éléments qui communiquent à la partie commande des informations sur la position d'un mobile, une vitesse, la présence d'une pièce, une pression...etc[13].

- **Les capteurs T.O.R. (tout ou rien)** qui délivrent un signal de sortie logique, c'est à dire 0 ou 1.
Exemple : détecteur de fin de course.
- **Les capteurs numériques** ou « incrémentaux », qui associés à un compteur, délivrent des signaux de sortie numérique.

Exemple : capteur ou codeur incrémental utilisé pour la mesure des déplacements des chariots de machine à commande numérique.

- **Les capteurs analogiques** ou proportionnels qui permettent de prendre en compte la valeur réelle d'une grandeur physique.

Exemple : Sonde de température.

III.2.2 La partie commande

La partie commande d'un système automatisé est un ensemble d'éléments capable de reproduire un modèle de fonctionnement exprimant le savoir-faire humain. Elle commande la partie opérative pour obtenir les effets voulus, par l'émission d'ordre en fonction d'informations disponibles, comptes rendus, consignes et du modèle construit. Elle peut échanger des informations avec l'opérateur ou des autres systèmes.

Les principales fonctions assurée par la partie commande sont :

- Echange des informations avec l'opérateur.
- Echange des informations avec d'autres systèmes.
- Acquérir les données.
- Commander la puissance.

Par ailleurs, la partie commande est en interaction avec son milieu extérieur par des liaisons informationnelles avec l'environnement humain, au travers de l'Interface Homme Machine (IHM) [12].

Il ya plusieurs types de commandes dans les systèmes automatisés entre autres on trouve :

III.2.3.1 Le système de commande combinatoire

Ces systèmes n'utilisent aucun mécanisme de mémorisation : a une combinaison des entrées ne correspond qu'une seule combinaison des sorties. La logique associée est la logique combinatoire. Les outils utilisés pour les concevoir sont l'algèbre de Boole, les tables de vérité, les tableaux de Karnaugh.

Exemple sur la figure III.2 : si la présence de l'objet à transférer est détectée par le capteur de présence "p", alors le vérin-poussoir P entrera en fonction si l'opérateur du poste 1 ou celui du poste 2, appuie sur le bouton poussoir correspondant (BP1 ou BP2) [11].

Les systèmes automatisés utilisant la technique "combinatoire" sont aujourd'hui

très peu utilisés. Ils peuvent encore se concevoir sur des mécanismes simples où le nombre d'actions à effectuer est limité (ex : pilotage de 2 vérins) [19].

Ils présentent en outre l'avantage de n'utiliser que très peu de composants.

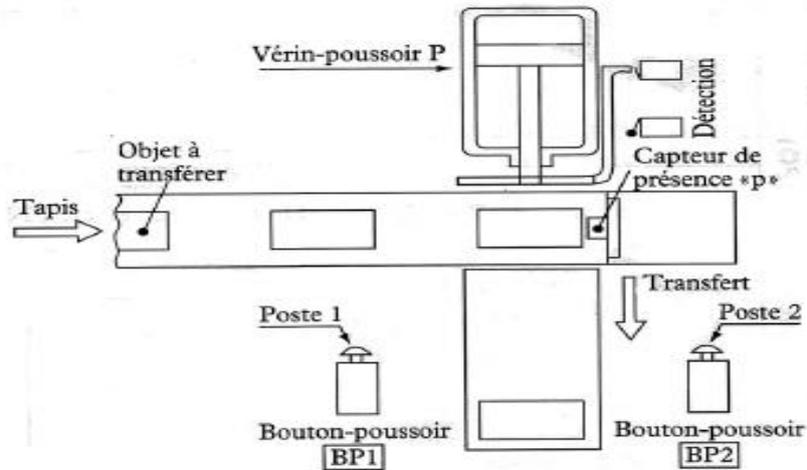


Fig. III.2 : Exemple de système automatisé combinatoire [11]

III.2.3.2 Le système de commande séquentiel

Ces systèmes sont les plus répandus dans le domaine industriel. Le déroulement du cycle s'effectue étape par étape. A une situation, des entrées peuvent correspondre plusieurs situations de sortie. La sélection d'une étape ou d'une autre dépend de la situation antérieure du dispositif [13].

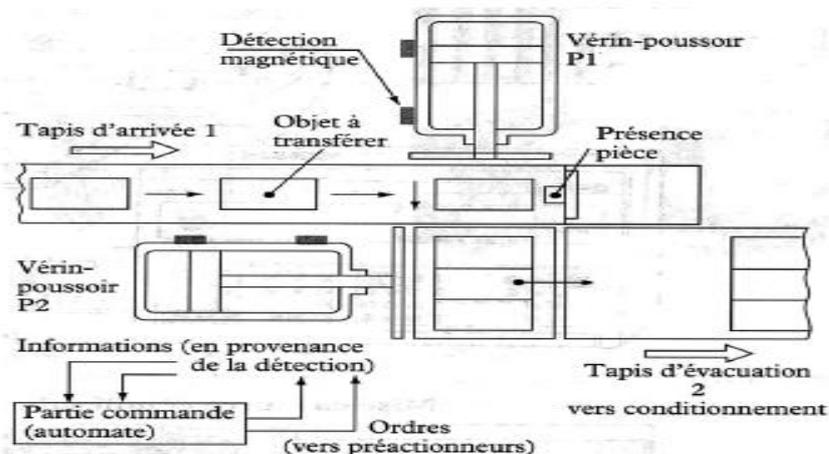


Fig. III.3 : Exemple de système automatisé séquentiel [11]

Exemple sur Fig. III.3 : le système place les objets côte à côte 3 par 3, sur un

tapis d'évacuation 2. Ainsi placés les objets sont emmenés vers un dispositif de conditionnement sous film plastique rétractable. La logique associée est appelée logique séquentielle.

Les systèmes automatisés peuvent être avec une commande à base de [11]:

- logique câblée
- logique séquentielle

III.2.3.3 La commande à logique câblée :

L'élément principal s'appelle l'Automate Programmable Industriel ou l'API. La détection est électrique. Le pilotage des actionneurs se fait par l'intermédiaire de relais ou de distributeurs. Il existe sur le marché de nombreuses marques d'automates: Télémécanique, Siemens, Omron, Allen Bradley, Cegetel, etc...

III.2.3.4 La commande à logique séquentielle :

L'élément principal s'appelle module séquenceur et l'association de modules constitue un ensemble appelé séquenceur. La détection est pneumatique, le pilotage des distributeurs se fait par une action de l'air comprimé sur un piston qui fait d déplacer le tiroir du distributeur à droite ou à gauche.

III.2.3 La partie pupitre

Le pupitre permet à l'opérateur de dialoguer et de commander la partie opérative. Il comporte :

- Des clés de commande (marche, arrêt, arrêt d'urgence...).
- Des voyants de signalisation (mise sous tension, fonctionnement anormal...).
- Des appareils d'affichage de mesure de pression (manomètre), de tension (voltmètre), d'intensité (ampèremètre).

III.2.4 Les interfaces

Elles assurent une compatibilité entre les signaux qui circulent entre la partie commande et la partie opérative. On en distingue deux types :

- Celles qui permettent un changement de niveau d'énergie : relais instantanés, contacteurs auxiliaires...
- Celles qui permettent un changement de type d'énergie : interfaces

électropneumatiques, contacts à pression...

III.3 Domaines d'application des systèmes automatisés

Aujourd'hui, il serait difficile de concevoir un système de production sans avoir recours aux différentes technologies et composants qui forment les systèmes automatisés.

- Le conditionnement, par exemple, le déplacement d'objets suivant un angle, Fig. III.4.
- L'industrie automobile avec l'utilisation de robots industriels pour effectuer l'assemblage et la peinture des carrosseries, Fig. III.5.
- Machine-outil : l'automatisation est ici assez importante. L'une des principales applications est dans les unités de perçage, Fig. III.6.
- Contrôle de produits : Détection de défauts en bout de chaîne de production, Fig. III.7.
- Automatisation de services, ouvertures programmées de portes et fenêtres et de gestion centralisée de bâtiment, Fig. III.8.

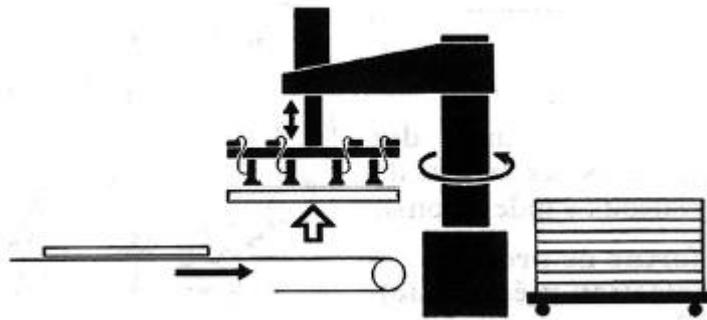


Fig. III.4 : Le déplacement d'objets [11].



Fig. III.5 : Assemblage et la peinture des carrosseries [11].

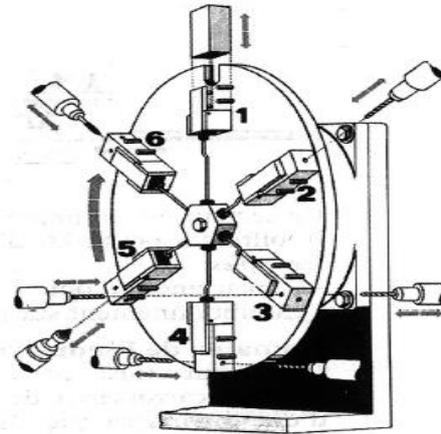


Fig. III.6 : Machine-outil : les unités de perçage [11].

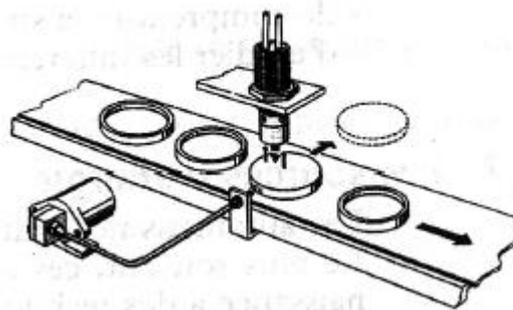


Fig. III.7 : Détection de défauts en fin de chaîne de production [11].

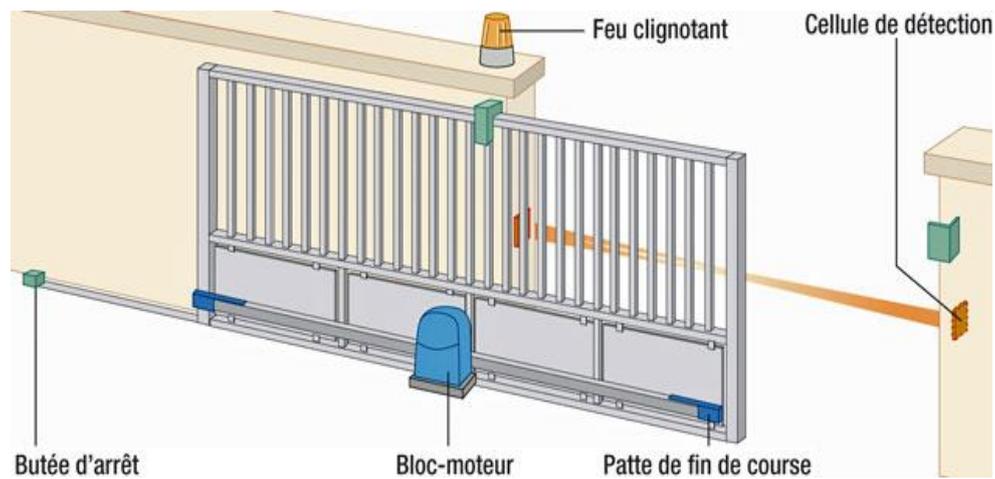


Fig. III.8 : Automatisation de l'ouverture de portes [11].

III.4 Les avantages

- La capacité de production accélérée.
- L'aptitude à convenir à tous les milieux de production.
- La souplesse d'utilisation.
- La création de postes d'automaticiens.

III.5 Les inconvénients

- Le coût élevé du matériel, principalement avec les systèmes hydrauliques.
- La maintenance doit être structurée.
- La suppression d'emplois.

III.6 Les Automates Programmables Industriels

Un automate programmable industriel (API) est une forme particulière de contrôleur à microprocesseur qui utilise une mémoire programmable pour stocker les instructions et qui implémente différentes fonctions, qu'elles soient logiques, de séquençage, de temporisation, de comptage ou arithmétiques, pour commander les machines et les processus (voir Fig. III.9). Il est conçu pour être exploité par des ingénieurs, dont les connaissances en informatique et langages de programmation peuvent être limitées. La création et la modification des programmes de l'API ne sont pas réservées aux seuls informaticiens. Les concepteurs de l'API l'ont préprogrammé

pour que la saisie du programme de commande puisse se faire à l'aide d'un langage simple et intuitif. La programmation de l'API concerne principalement la mise en œuvre d'opérations logiques et de commutation, par exemple, si A ou B se produit, alors allumer C, ou si A et B se produisent, alors allumer D. Les dispositifs d'entrée, c'est-à-dire des capteurs, comme des interrupteurs, et les dispositifs de sortie, c'est-à-dire des moteurs, des vannes, etc., du système sont connectés à l'API. L'opérateur saisit une séquence d'instructions, le programme, dans la mémoire de l'API. L'automate surveille ensuite les entrées et les sorties conformément aux instructions du programme et met en œuvre les règles de commande définies.

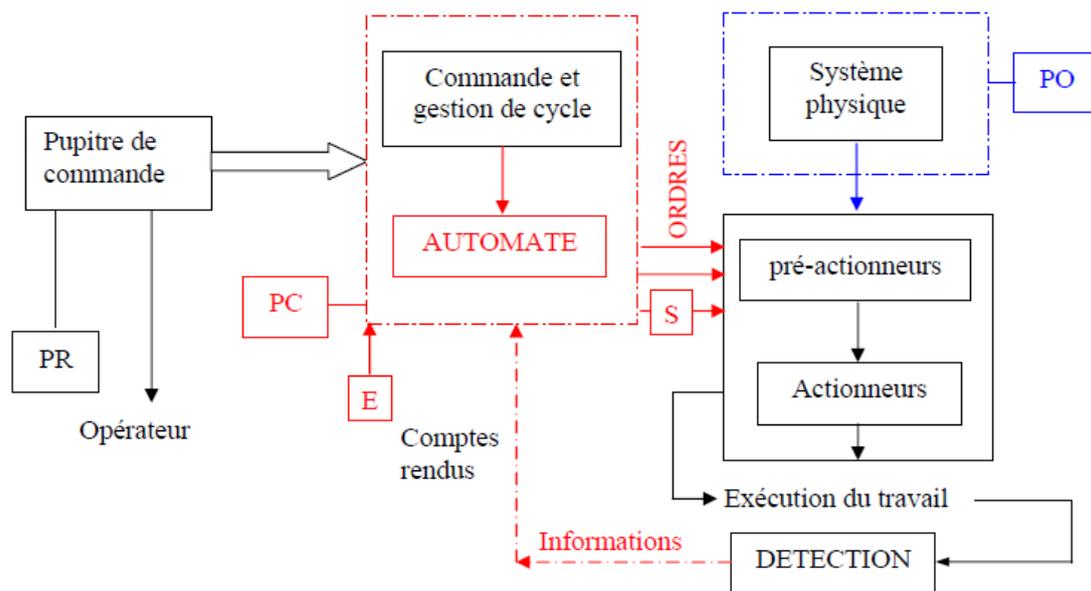


Fig. III.9 : Situation de l'automate dans un système automatisé de production [15].

III.6.1 La structure

Cet ensemble électronique gère et assure la commande d'un système automatisé. Il se compose de plusieurs parties et notamment d'une mémoire programmable dans laquelle l'opérateur écrit, dans un langage propre à l'automate, des directives concernant le déroulement du processus à automatiser. Son rôle consiste donc à fournir des ordres à la partie opérative en vue d'exécuter un travail précis comme par exemple la sortie ou la rentrée d'une tige de vérin, l'ouverture ou la fermeture d'une vanne, Fig. III.9. La partie opérative lui donnera en retour des informations relatives à l'exécution du travail.

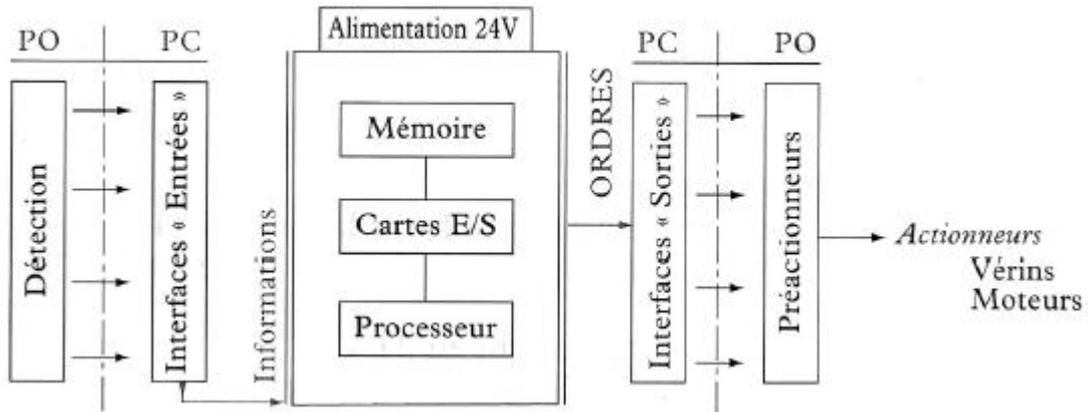


Fig.III.10 : Structure interne d'un API[15]

Les API comportent quatre parties principales, Fig.III.10 :

- Une mémoire ;
- Un processeur ;
- Des interfaces d'Entrées/Sorties ;
- Une alimentation ($240V_{ac} \rightarrow 24V_{cc}$)

Ces quatre parties sont reliées entre elles par des bus (ensemble câblé autorisant le passage de l'information entre ces 4 secteurs de l'API). Ces quatre parties réunies forment un ensemble compact appelé automate. Elles sont détaillées dans l'article [15].

III.6.2 Description des éléments d'un API

Le processeur : Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'E/S et d'autre part à gérer les instructions du programme.

Les interfaces : L'interface d'Entrées comporte des adresses d'entrée, une pour chaque capteur relié. L'interface de Sorties comporte des adresses de sorties, une pour chaque pré-actionneur. Le nombre d'E/S varie suivant le type d'automate. Les cartes d'E/S ont une modularité de 8, 16 ou 32 voies. Elles admettent ou délivrent des tensions continues 0 - 24 V.

La mémoire : Elle est conçue pour recevoir et stocker des informations issues des différents secteurs du système que sont le terminal de programmation (PC ou console) et le processeur, qui lui gère et exécute le programme. Elle reçoit également des

informations en provenance des capteurs. Il existe dans les automates plusieurs types de mémoires qui remplissent des fonctions différentes :

- la conception et l'élaboration du programme font appel à la RAM et l'EEPROM;
- la conservation du programme pendant l'exécution de celui-ci fait appel à une EPROM.

L'alimentation : Tous les automates actuels utilisent un bloc d'alimentation alimenté délivrant une tension de 24 V.

III.6.3 Langages de programmation pour API

Les programmes utilisés avec les APIs peuvent être écrits dans différents formats. Pour que les ingénieurs ayant peu de connaissances en programmation puissent élaborer des programmes pour les API, le langage à contacts a été conçu. La plupart des fabricants d'automates ont adopté cette méthode d'écriture des programmes. Toutefois, puisque chacun a eu tendance à développer ses propres versions, une norme internationale a été établie pour le langage à contacts et, par voie de conséquence, pour toutes les méthodes de programmation employées avec les API. Cette norme, publiée en 1993 par la Commission électrotechnique internationale, est désignée sous la référence CEI 61131-3. La dernière version, qui date de 2013, est une extension qui reste compatible avec la version antérieure. Les langages de programmation définis par la norme CEI 61131-3 sont :

- GRAFCET ou SFC : ce langage de programmation de haut niveau permet la programmation aisée de tous les procédés séquentiels.
- Schéma par blocs ou FBD : ce langage permet de programmer graphiquement à l'aide de blocs, représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions. Il permet de manipuler tous les types de variables.
- Schéma à relais ou LD : ce langage graphique est essentiellement dédié à la programmation d'équations booléennes (true/false).
- Texte structuré ou ST : ce langage est un langage textuel de haut niveau. Il permet la programmation de tout type d'algorithme plus ou moins complexe.
- Liste d'instructions ou IL : ce langage textuel de bas niveau est un langage à une instruction par ligne. Il peut être comparé au langage assembleur.

Pour programmer l'automate, l'automaticien peut utiliser :

- Une console de programmation ayant pour avantage la portabilité.
- Un PC avec lequel la programmation est plus conviviale, communiquant avec l'automate par le biais d'une liaison série RS232 ou RS485 ou d'un réseau de terrain.

Parmi ces langages, deux sont textuels, le texte structuré et les listes d'instruction, et seront saisis sur l'appareil de programmation à partir d'un clavier, une ligne à la fois. Les autres langages, le langage à contacts, les graphes de fonction séquentielle et les diagrammes de schémas fonctionnels, sont graphiques et un programme peut donc être développé à partir d'éléments graphiques sur l'écran de l'appareil de programmation [13].

III.6.4 API SIEMENS S7-300

Siemens est l'une des sociétés mondialement réputées dans le domaine de la fabrication d'automates programmables. Elle a développé plusieurs types d'API. Les plus connus sont la famille S5 (**Step5**) et S7 (**Step7**). Parmi les S5, il y a S5-90U, S5-95U, etc. En ce qui concerne les S7, SIEMENS a développé d'autres nouvelles générations : S7-200, S7-300 et S7-400 [11].

III.6.3.1 Gamme de modules

Le **SIEMENS S7-300** est un système d'automatisation modulaire offrant la gamme de modules suivants (Figure III.1) :

- 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.

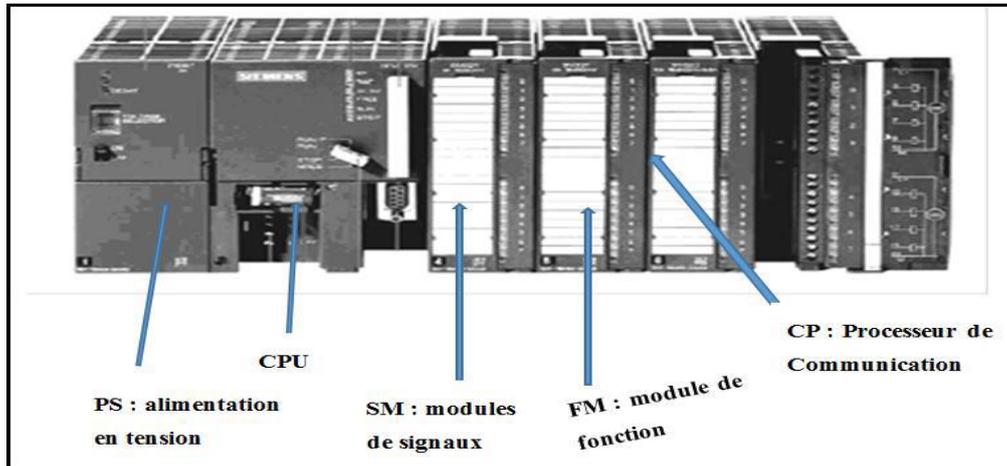


Figure III.11. Automate modulaire S7-300[12].

III.6.3.2 Spécificités de l'API S7-300

Le S7-300, automate conçu pour des solutions dédiées au système manufacturier, constitue à ce titre une plate-forme d'automatisation universelle pour des applications avec architectures centralisées et décentralisées. L'innovation est permanente et se manifeste par exemple dans le développement continu de la gamme des CPU avec entre autres de nouveaux modèles focalisés sur la sécurité, motion contrôle ou avec interface **Ethernet/PRO Finet** intégrée.

De nombreuses applications sont remplies par le S7-300, en particulier dans l'industrie automobile, la construction OEM (Original Equipment Manufacturer), mais aussi emballage, agro-alimentaire et plasturgie. Il peut également s'intégrer dans des solutions compactes avec HMI ou dans des têtes des stations pour le traitement intelligent décentralisé [11].

En outre, l'automate S7-300 possède les avantages suivants :

- Il est partie prenante d'une gamme étoffée de modules pour l'adaptation optimale de la tâche d'automatisation qu'on va réaliser ;
- Extension sans perturbation lorsque l'ampleur de la tâche augmente en raison des extensions prévues pour l'unité ;
- Souplesse d'utilisation, grâce à la simplicité de réalisation d'architecture décentralisée et aux multiples possibilités de mise en réseau (MPI, PROFIBUS-DP), pour l'envoi d'informations sur l'état des bacs (niveau, pression et température ...) vers la raffinerie [12].

III.6.5 API dans son environnement

Dans le cadre d'une évolution conduisant à une automatisation de plus en plus globale, l'automate est de moins en moins acheté. Même en pareil cas, il doit pouvoir se connecter à d'autres matériels à processeur et dialoguer avec les agents d'exploitation. Il faut donc se pencher sur ses liens avec son environnement et les fonctions qu'il doit assurer, outre son rôle premier de commande d'un dispositif de production [14].

III.6.3.1 Besoins de communication

L'API ne se limite pas à communiquer avec le processus qu'il pilote via ses modules d'E/S. Parmi les autres types de relations susceptibles d'être assurées, nous en citerons seulement [14]:

- Communication avec un opérateur par un pupitre ou un terminal industriel.
- Affichage local de valeurs numériques ou de messages.
- Échanges d'informations avec d'autres API ou systèmes de commande.
- Échanges d'informations avec des capteurs et actionneurs intelligents.
- Échanges d'informations avec une supervision.
- Échanges d'informations avec un processeur maître, ou, au contraire, avec des esclaves, dans le cadre d'un réseau.

III.6.3.2 Outils de Communication

III.6.5.2.1 Éléments de saisie d'information

Il s'agit là d'outils simples et robustes, mais limités à une faible quantité d'informations par exemple les boutons poussoirs, ordres de marche (auto ou manu) et d'arrêt.

III.6.5.2.2 Éléments transmettant des informations

Voyants, alarmes sonores et afficheurs sept segments.

III.6.5.2.3 Terminaux industriels

Ils permettent une communication homme/machine plus large que par le passé, et ce dans les deux sens (clavier alphanumérique, écran à affichage graphique, etc.). La supervision dont le rôle dépasse largement la communication entre API et opérateur, car il concerne l'ensemble du système automatisé de production, mais le

poste de supervision n'en constitue pas moins un outil de communication à distance pour recevoir des informations de l'automate, lui donner des ordres (la supervision n'échangeant pas directement avec les capteurs et les actionneurs), voir modifier certains de ses paramètres. La supervision se compose d'un logiciel spécialisé **WinCC**, d'un clavier opérateur et d'un écran (souvent de grand format) [12].

III.6.3.3 Réseaux

Différents réseaux sont proposés en fonction des exigences de la communication industrielle, ils sont listés ci-après par ordre croissant de leur performance :

III.6.5.3.1 MPI

Le réseau MPI (Multi Point Interface) sert pour les interconnexions de faible étendue aux niveaux terrain et cellule. Son utilisation reste cependant circonscrite aux automates SIMATIC S7 à la conception destinée à servir d'interface de programmation. Que les exigences des communications se compliquent un tant soit peu, les limites de la SIMATIC S7 se traduisent aussitôt en quasi-obstacle [14].

III.6.5.3.2 PROFIBUS

Le réseau PROFIBUS (Process Field Bus), voué de par sa conception aux nouveaux terrains et cellules. Système de communication ouvert (non propriétaire), PROFIBUS sert à la transmission de volumes de données, petits et moyens, entre un nombre restreint de correspondants, type de communication caractérisé par un échange de données cycliques rapides [14].

III.6.5.3.3 Ethernet industriel

Ethernet industriel est un réseau pour les niveaux cellule et supervision, il permet l'échange de masses de données sur de longues distances entre un grand nombre de stations. Il est le réseau le plus puissant pour la communication industrielle, il nécessite peu de manipulations de configuration et est aisément extensible [14].

III.6.6 Progiciel Step7

Le **STEP7** est le progiciel fondamental pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC, faisant partie de l'industrie logicielle SIMATIC. Le progiciel de base STEP7 existe en plusieurs versions [13].

III.6.3.1 Description des blocs de programmation

III.6.6.1.1 Bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique (OB1)

Le traitement de programme cyclique constitue le procédé normal pour les automates programmables. Le système d'exploitation appelle l'OB1 cycliquement et déclenche ainsi le traitement cyclique du programme utilisateur [15].

III.6.6.1.2 Fonction (FC)

Bloc de codes sans mémoire, c'est-à-dire sans données statiques, la fonction permet la transmission de paramètres dans le programme utilisateur [15].

III.6.6.1.3 Bloc de données (DB)

On désigne par bloc de données (DB) une zone de données dans un programme utilisateur contenant des données utilisateur. Il existe des blocs de données globaux accessibles par tous les blocs de codes (fonctions) comme il existe des blocs de données d'instance associés à un appel particulier de blocs fonctionnels. Contrairement à tous les autres blocs, ceux des données ne contiennent pas d'instruction [15].

III.6.6.1.4 Bloc fonctionnel (FB)

Un bloc fonctionnel est un bloc de code avec mémoire, c'est-à-dire avec données statiques. Il permet la transmission de paramètres dans le programme utilisateur. Pour cette raison, les blocs fonctionnels conviennent à la programmation des fonctions complexes à caractère répétitif, telles que les régulations et la sélection de modes de fonctionnement. Le bloc fonctionnel doté d'une mémoire (bloc de données d'instance) est d'accès possible à ses paramètres (par exemple les sorties) à tout moment et à toute position du programme utilisateur [15].

III.6.7 S7-PLCSIM

L'application de simulation de modules S7-PLCSIM permet de tester et d'exécuter le programme que nous simulons dans notre ordinateur ou notre console de programmation. La simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7, on peut tout à fait se passer d'une liaison à établir avec un matériel API. PLC-SIM dispose d'une interface simple offrant le possible de visualiser et forcer les différents paramètres utilisés par le programme, par exemple, la table des variables (VAT) [16].

III.6.8 Logiciel Win CC flexible

Win CC flexible est l'Interface Homme-Machine (IHM) pour les applications de la machines et de processus dans la construction d'installation, il nous permet de visualiser le processus, ce qui facilite la surveillance par graphisme à l'écran, l'utilisateur peut par exemple démarrer au arrêter un moteur, l'écran affiche un message en cas d'alarmes ou présence de défaut [18].

III.6.9 Application Runtime

Application Runtime permet à l'opérateur d'assurer la conduite et la surveillance du processus en temps réel, les tâche incombant à Runtime sont [17]:

- Lecteur des données et affichage des vues
- Communication avec l'automate programmable
- Conduite de processus, mis en marche / arrêt
- Surveiller le processus à distance
- Détection des alarmes

III.6.10 Constituent d'une vue de projet de WinCC

Les vues sont les éléments principaux du projet. Elle permet de commander et de contrôler l'installation de procédé et qui contiennent des objets comme les champs des entres / sorties, les zones de texte et d'affichage.

Une vue peut être composé d'éléments statique et d'éléments dynamiques : Les éléments statiques ne sont pas lie à l'automate comme des textes et des graphes.

Les éléments dynamiques sont lie à l'automate et permettent de visualiser les valeurs momentanées figurant dans la mémoire de l'automate [17].

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté des généralités sur les systèmes automatisés et les automates programmables, ainsi que leurs langages de programmation et les outils informatiques associés. Les systèmes automatisés à base d'automate programmable sont des systèmes essentiels pour moderniser le secteur industriel et assuré principalement la souplesse d'utilisation grâce à sa configuration et aux divers langages et modes de communication possibles, ce qui permet son adaptation tant à des installations existantes à moderniser qu'à de nouveaux procédés.

Chapitre IV

Commande et supervision de la pompe FLUX

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre consiste à mettre en œuvre l'étude technique pour les différentes séquences de notre système de transport du ciment base d'automate programmable SIEMENS S7-300, la programmation de la commande se fait à l'aide de logiciel STEP 7, et pour la surveillance on utilise une interface homme-machine avec le logiciel WinCC.

IV.2 Élaboration du GEMMA de la pompe

GEMMA : l'acronyme GEMMA signifie : Guide d'Etude des Modes de Marche et d'Arrêt. Comme son nom l'indique, c'est un guide d'étude. L'étude faite avec un Gemma est très importante dans l'élaboration du fonctionnement d'un système automatisé. Elle va permettre de structurer le fonctionnement du système. Si généralement on souhaite que le système automatisé soit en production automatique, il est nécessaire de connaître précisément tous les autres comportements. Ce n'est pas en appuyant sur l'arrêt d'urgence que l'on "découvrira" le comportement du système dans cet état [20].

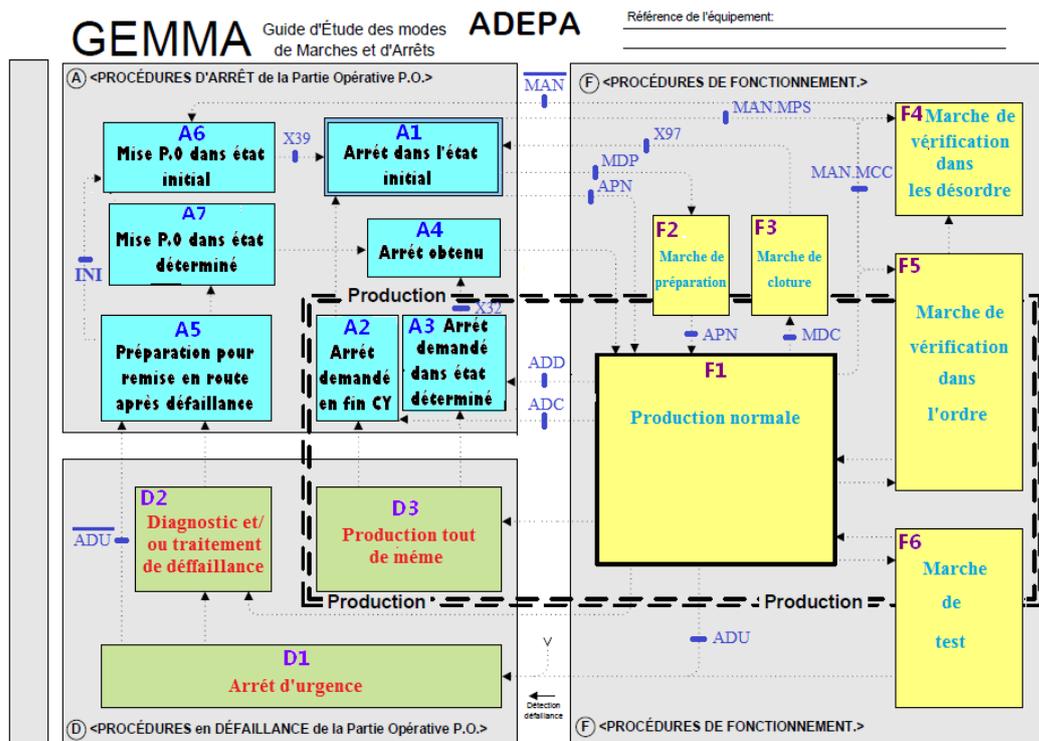


Fig. IV.1 : Document du GEMMA[20]

Tab IV.1 : Définition des procédures de GEMMA

Repère	Désignation	Description
F1	<production normale>	Dans cet état la machine produit normalement : c'est l'état pour lequel elle a été conçue. On peut souvent faire correspondre à cet état un grafcet que l'on appelle "grafcet de base". Note : A cet état ne correspond pas nécessairement une marche automatique
F2	<marche de préparation>	Cet état est utilisé pour les machines nécessitant une préparation préalable à la production normale : Préchauffage de l'outillage, remplissage, mises en routes diverses ...
F3	<marche de clôture>	C'est l'état nécessaire pour certaines machines devant être vidées, nettoyées ... en fin de journée ou en fin de série.
F4	<marche de vérification dans le désordre>	Cet état permet de vérifier certaine fonction ou certain mouvement sur la machine sans respecter l'ordre de déroulement du cycle.
F5	<marche de vérification dans l'ordre>	Dans cet état, le cycle de production peut être exploré au rythme de production voulu par la personne effectuant la vérification
F6	<marche de test>	Les machines de contrôle, de tri, de mesure... comportent des capteurs qui doivent être réglés ou étalonnés : cet état permet les différentes opérations.
A1	<Arrêt dans état initial>	C'est l'état repos de la machine. Il correspond en général la situation initiale du grafcet.
A2	<Arrêt demandé en fin de cycle>	Lorsque l'arrêt est demandé, la machine continue de produire jusqu'à la fin de cycle; l'état A2 est donc un état transitoire vers l'état A1
A3	<Arrêt demandé dans état déterminé>	La machine continue de produire jusqu'à un arrêt en une position autre que la fin de cycle; c'est un état transitoire vers A4
A4	<Arrêt Obtenu>	La machine est alors arrêtée dans un état autre que la fin de cycle.
A6	<Mise PO dans état initial>	La machine étant en A6, on remet manuellement ou automatiquement la partie opérative en position initiale pour un redémarrage dans l'état initial.
A7	<Mise PO dans état déterminé>	La machine étant en A7, on remet la partie opérative en position pour un redémarrage dans une position autre que l'état initial.

D1	<Arrêt d'urgence>	C'est l'état pris lors d'un arrêt d'urgence : on y prévoit non seulement les arrêts, mais aussi les cycles de dégagement, les procédures et précautions nécessaires pour éviter ou limiter les conséquences dues à la défaillance.
D2	<Diagnostic et/ou traitement de la défaillance>	C'est dans cet état que la machine peut être examinée après défaillance et qu'il peut être apporté un traitement permettant le redémarrage.
D3	<Production tout de même>	Il est parfois nécessaire de continuer la production même après une défaillance de la machine : on aura alors une production dégradée, forcée ou aidée par des opérateurs non prévus en production normale.

IV.2.1 Présentation de Grafcet

- Grafcet de conduit

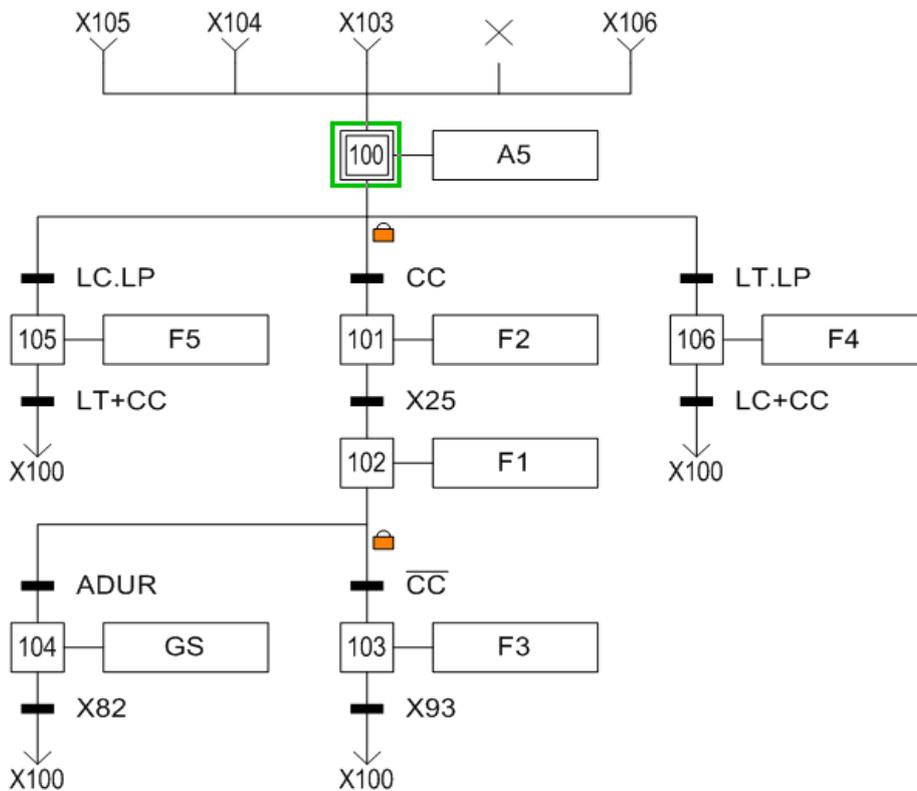


Fig. IV.2 : Grafcet de conduit

- Grafcet de conduit production normale F1 et marche de préparation F5

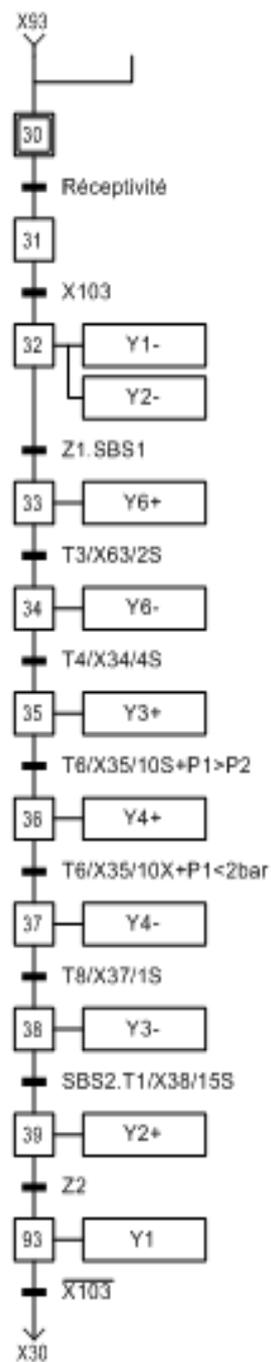


Fig. IV.3 : F1 et F5

- marche de vérification dans le désordre F4

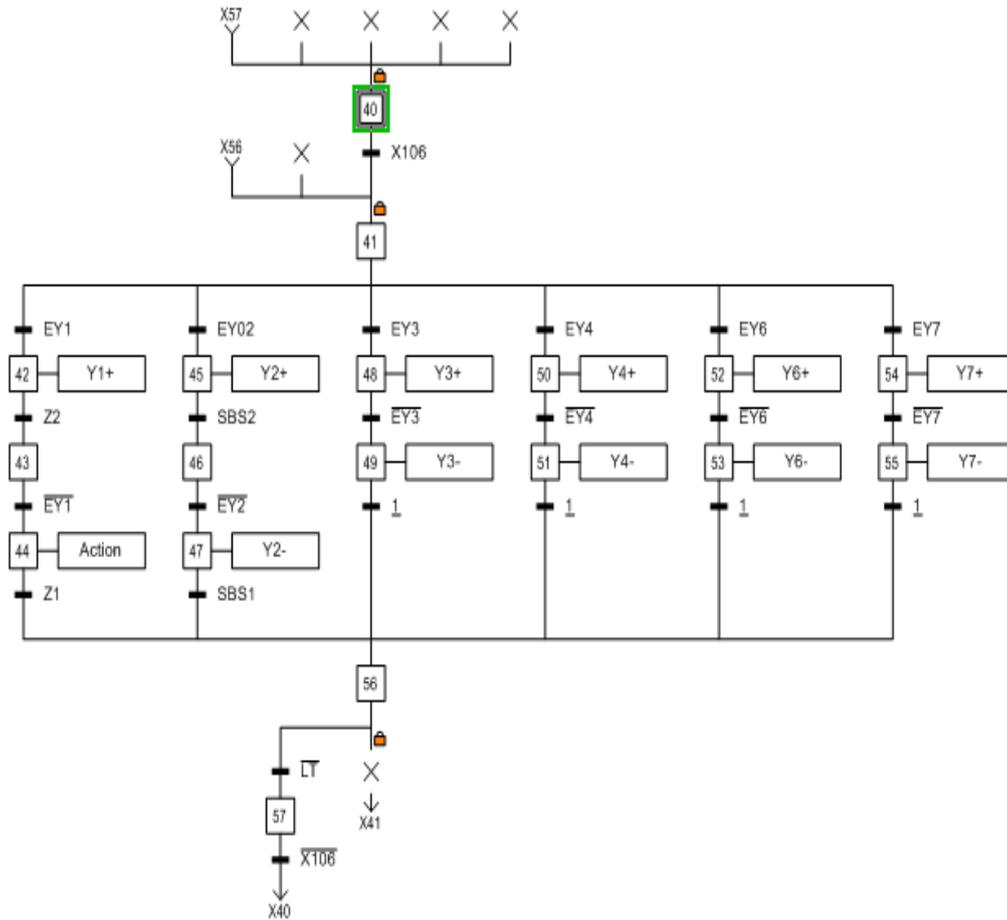


Fig. IV.4 : marche de vérification dans le désordre

- Grafset d'arrêt d'urgence GS

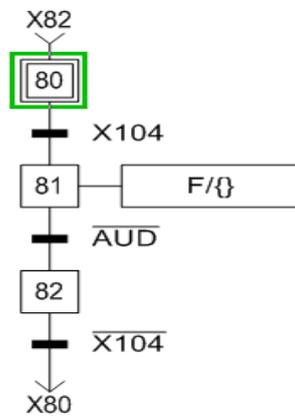


Fig. IV.5 Grafset d'arrêt d'urgence

- Grafset de marche de clôture F3

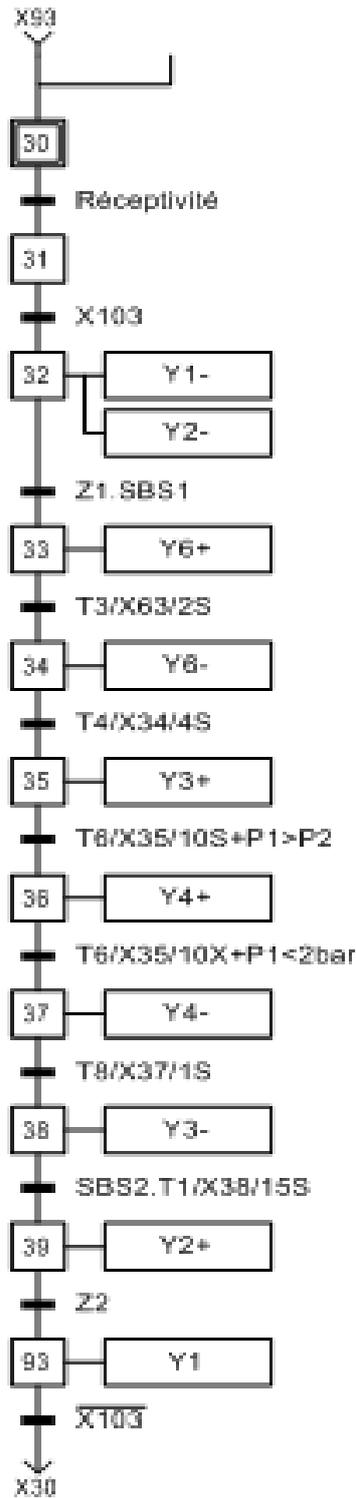


Fig. IV.6 : Grafset de marche de clôture F3

- Grafset de marche de préparation F2

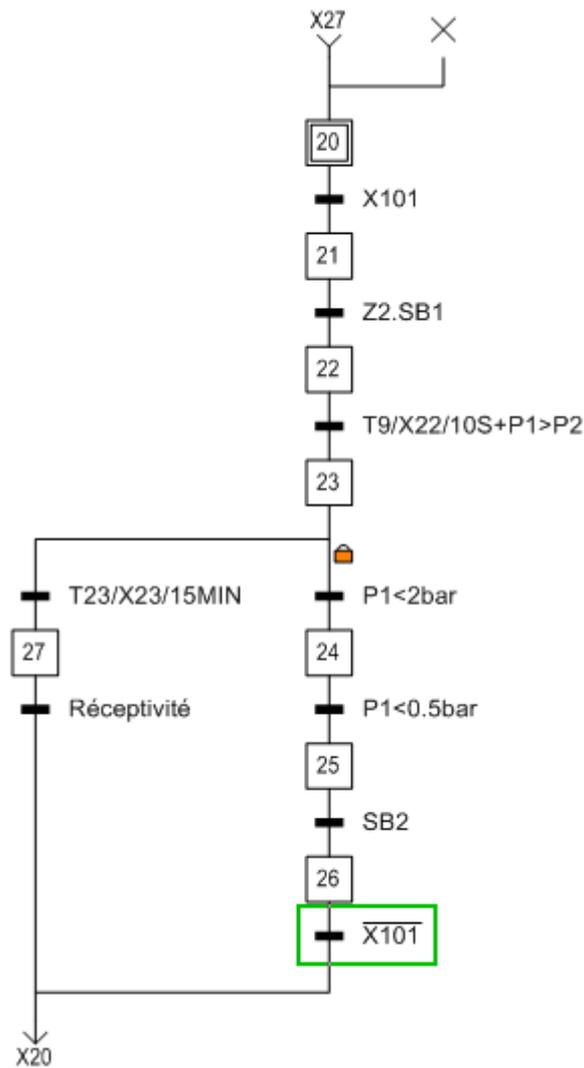


Fig. IV.7 : Grafcet de marche de préparation F2

IV.3 Réalisation du programme de la pompe

IV.3.1 Création de projet S7

Afin de créer un nouveau projet STEP7, il est possible d'utiliser « l'assistant de création de projet », ou bien créer le projet soi-même et le configurer directement, cette dernière est un peu plus complexe, mais nous permet aisément de gérer notre projet. En sélectionnant l'icône SIMATIC Manager, on affiche la fenêtre principale, pour sélectionner un nouveau projet et le valider, puis il nous faut insérer une station SIMATIC 300. Deux approches sont possibles. Soit on commence par la création du

programme puis la configuration matérielle ou bien l'inverse.

IV.3.1.1 Table des mnémoniques

En programmant dans **Step7**, nous travaillons avec des opérands 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.

Tab IV.1 : Table des mnémoniques

	Etat	Mnémonique	Opéra	Type de d	Commentaire
1		Y01F	A 0.0	BOOL	Y01fermé
2		Y01O	A 0.1	BOOL	Y01ouverte
3		Y02F	A 0.2	BOOL	Y02fermé
4		Y02O	A 0.3	BOOL	Y02ouverte
5		Y03F	A 0.4	BOOL	Y03fermé
6		Y03O	A 0.5	BOOL	Y03ouverte
7		Y04F	A 0.6	BOOL	Y04fermé
8		Y04O	A 0.7	BOOL	Y04ouverte
9		Y06F	A 1.0	BOOL	Y06fermé
10		Y06O	A 1.1	BOOL	Y06ouverte
11		Y07F	A 1.2	BOOL	Y07 Ferm
12		Y07O	A 1.3	BOOL	Y07ouverte
13		Défaut	A 1.4	BOOL	
14		CC	E 0.0	BOOL	commande central
15		LP	E 0.1	BOOL	local permission
16		LC	E 0.2	BOOL	locale contrôle
17		LT	E 0.3	BOOL	local test
18		Z1	E 0.4	BOOL	Y01fermé
19		Z2	E 0.5	BOOL	Y01ouvert
20		SB1	E 0.6	BOOL	Y02 fermé
21		SB2	E 0.7	BOOL	Y02ouverte
22		L2	E 1.0	BOOL	niveau max la bonbonne
23		P3	E 1.1	BOOL	pressostat air de commande
Pour obtenir de l'aide, appuyez sur F1.					
24		P4	E 1.2	BOOL	pressostat air de compresseur
25		AUB	E 2.0	BOOL	
26		L1	E 2.1	BOOL	niveau min la bonbonne
27		p3 air min	E 3.0	BOOL	
28		p4 air min	E 3.1	BOOL	
29		F1	FC 1	FC 1	production normale
30		F2	FC 2	FC 2	marche de préparation
31		F3	FC 3	FC 3	marche de cloture
32		F4	FC 4	FC 4	marche de vérification
33		F5	FC 5	FC 5	marche de vérification
34		DELAY PARAM	FC 6	FC 6	
35		ALLARM	FC 7	FC 7	
36		TIM_S5TI	FC 40	FC 40	IEC Time to S5 Time
37		SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
38		X0	M 0.0	BOOL	
39		X1	M 0.1	BOOL	
40		X2	M 0.2	BOOL	
41		X3	M 0.3	BOOL	
42		X4	M 0.4	BOOL	
43		X5	M 0.5	BOOL	
44		X6	M 0.6	BOOL	
45		X7	M 0.7	BOOL	
Pour obtenir de l'aide, appuyez sur F1.					

IV.3.1.2 Élaboration du programme

Avant de commencer les programmes on doit créer les blocs de fonction et on choisit le langage à contacte et le reste des programmes

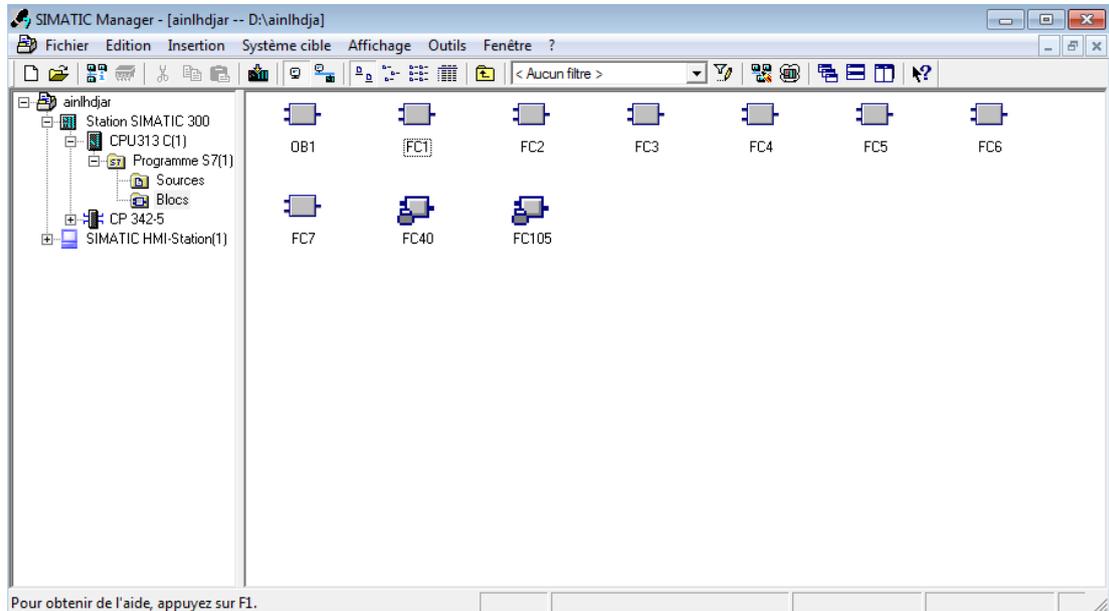
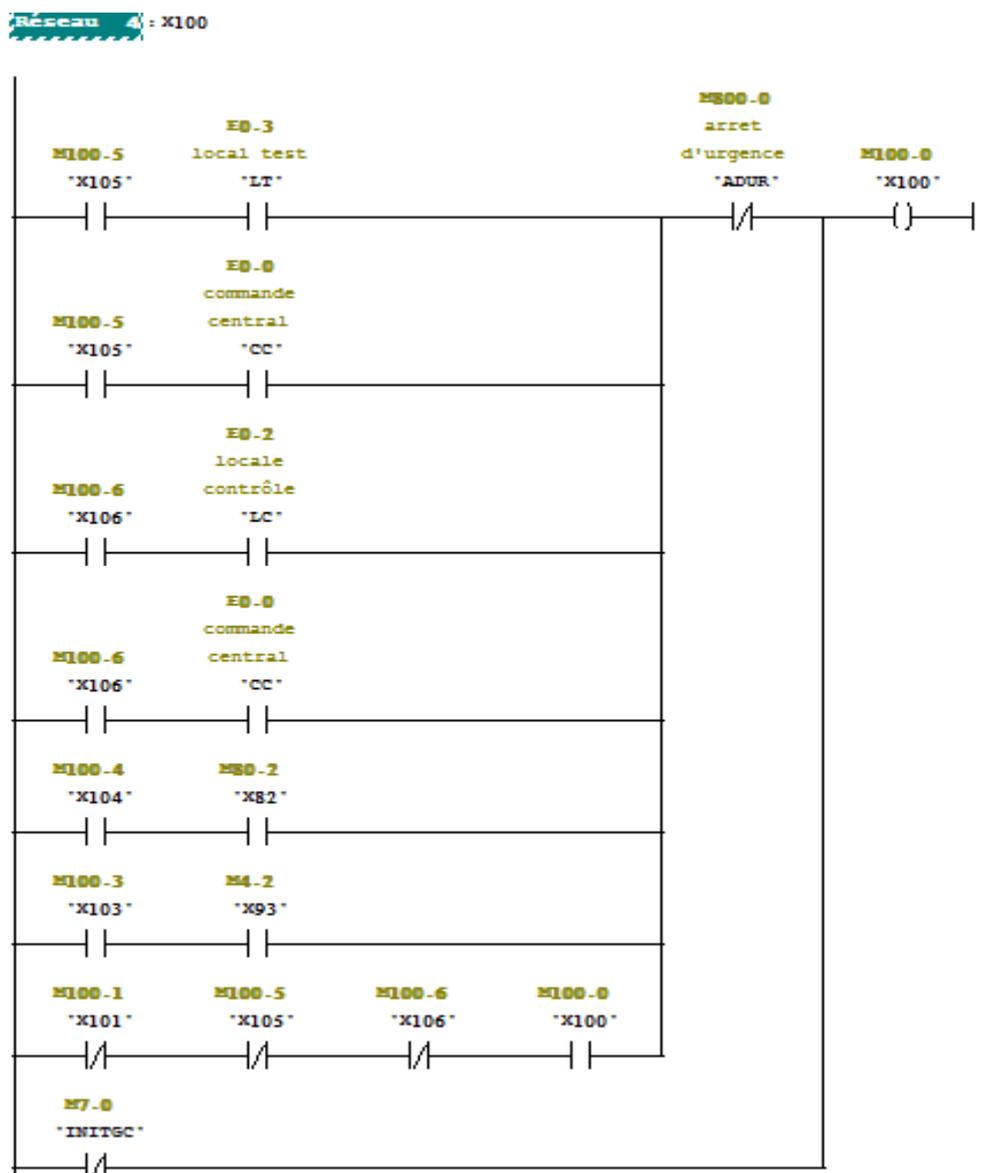


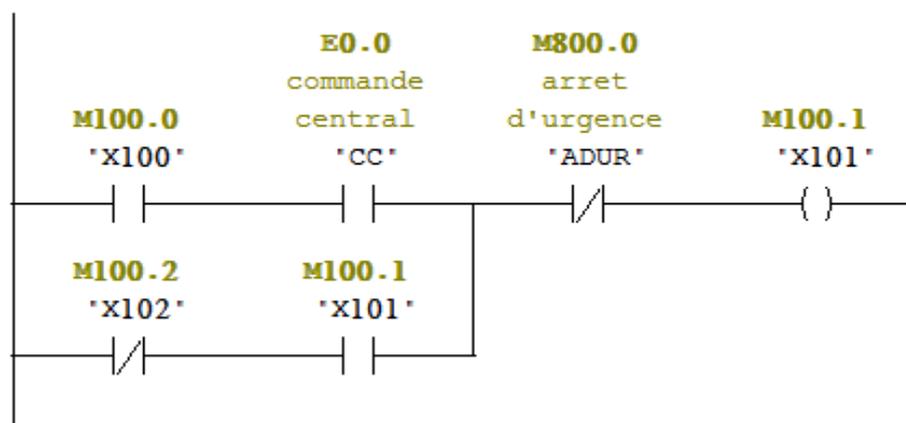
Fig. IV.8 : Les blocs de programme dans SIMATIC Manager

- **OB1**

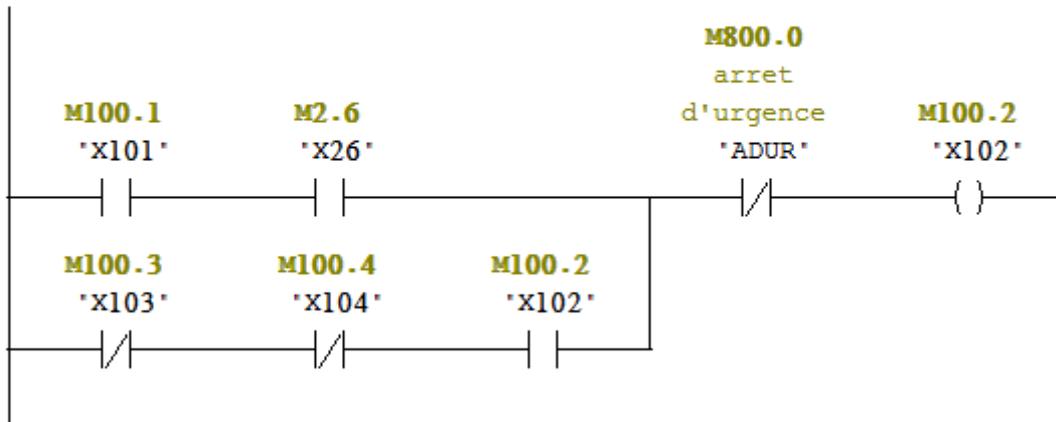
Le bloc d'organisation cyclique OB1 fait appel aux fonctions FC1, FC2, FC3, FC4, FC5, FC6.



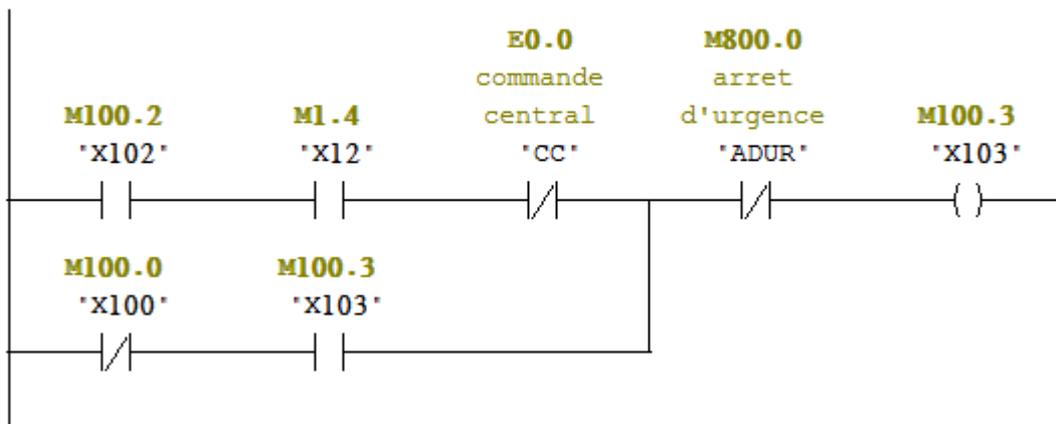
Réseau 5 : X101



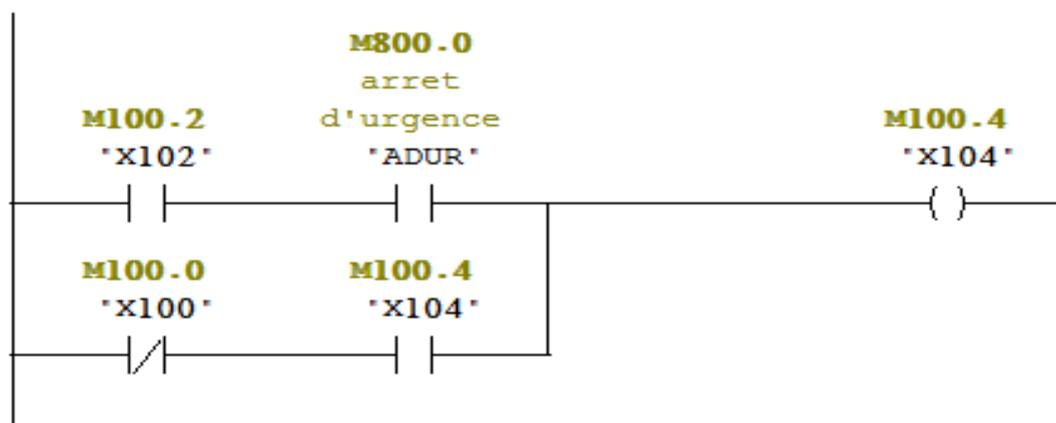
Réseau 6: X102



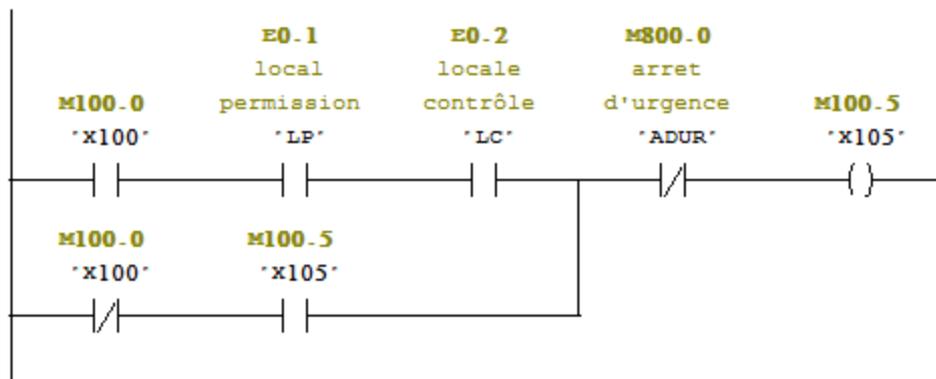
Réseau 7: X103



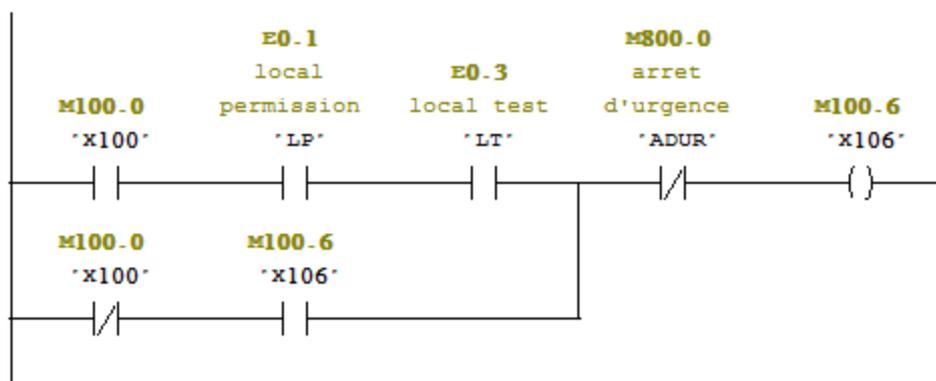
Réseau 8: X104



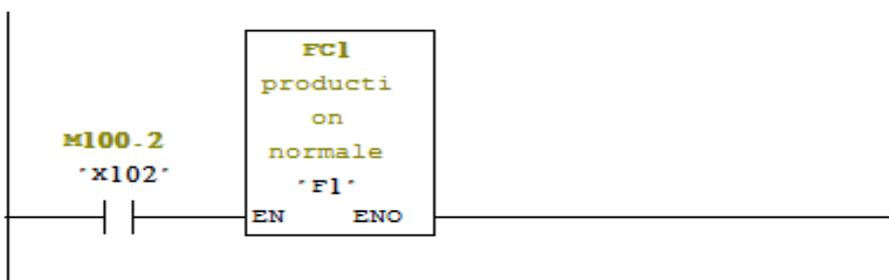
Réseau 9 : x105



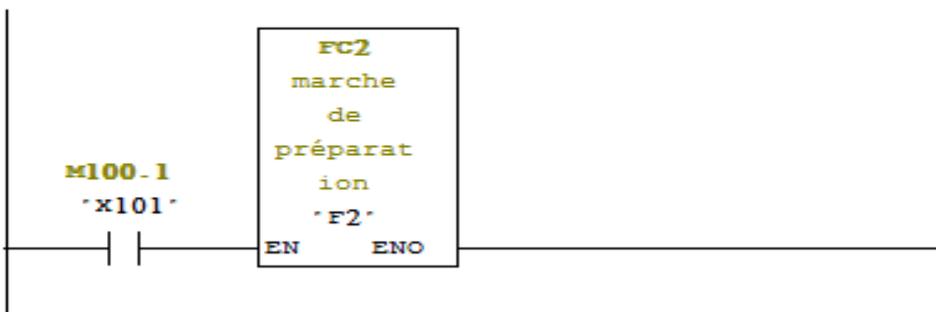
Réseau 10 : x106



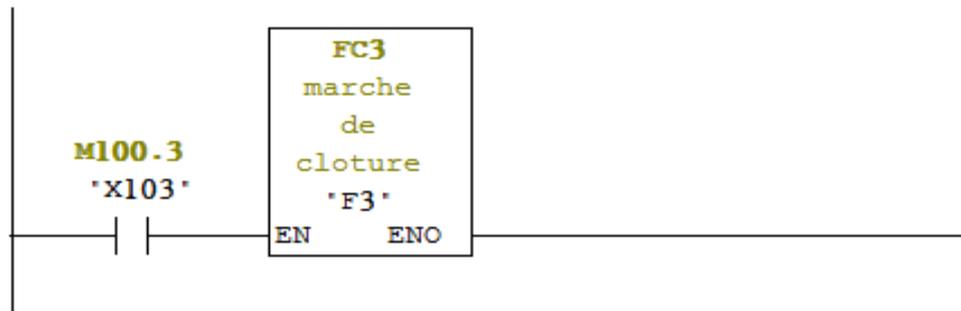
Réseau 12 : Titre :



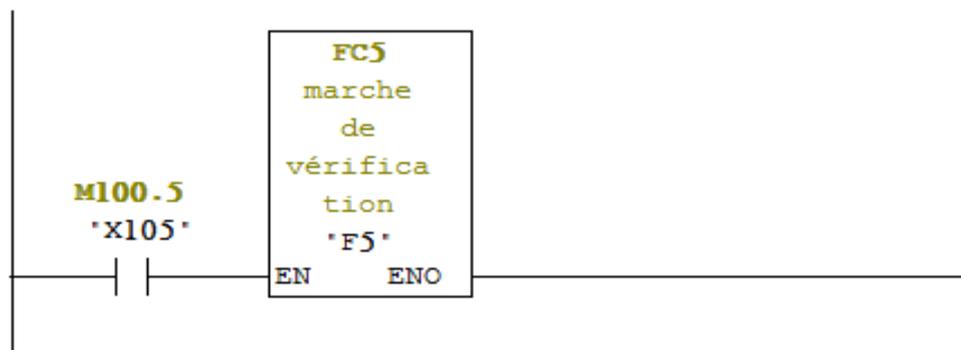
Réseau 11 : Titre :



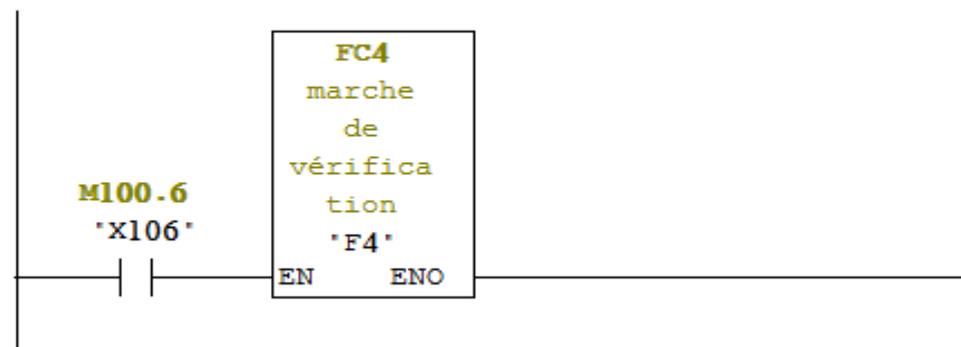
Réseau 13 : Titre :



Réseau 14 : Titre :



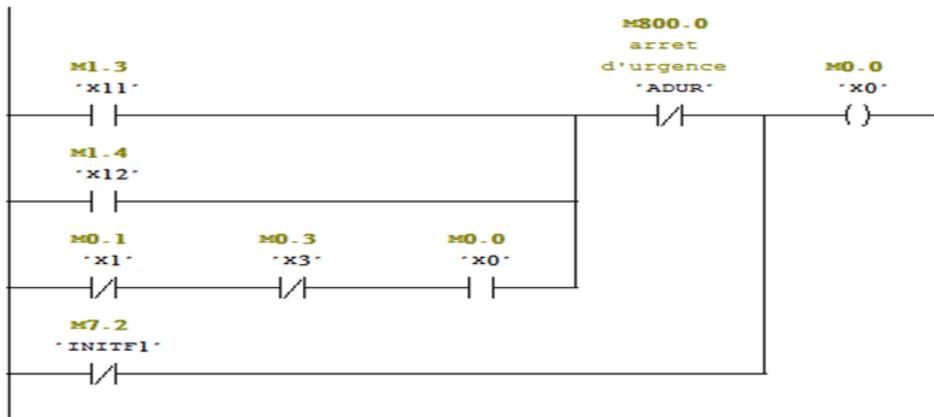
Réseau 15 : Titre :



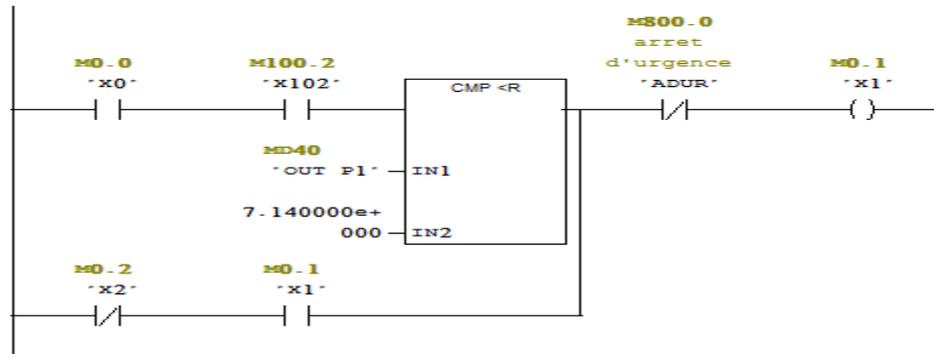
- **FC1**

Contient le sous-programme général pour la production normale et l marche de vérification et la marche de clôture.

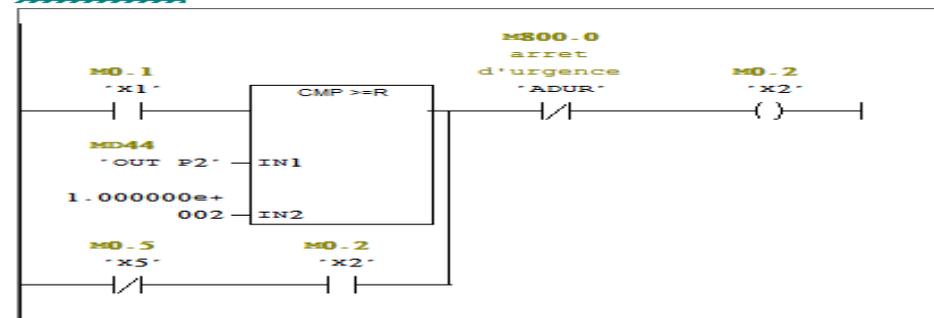
Réseau 3 : x0



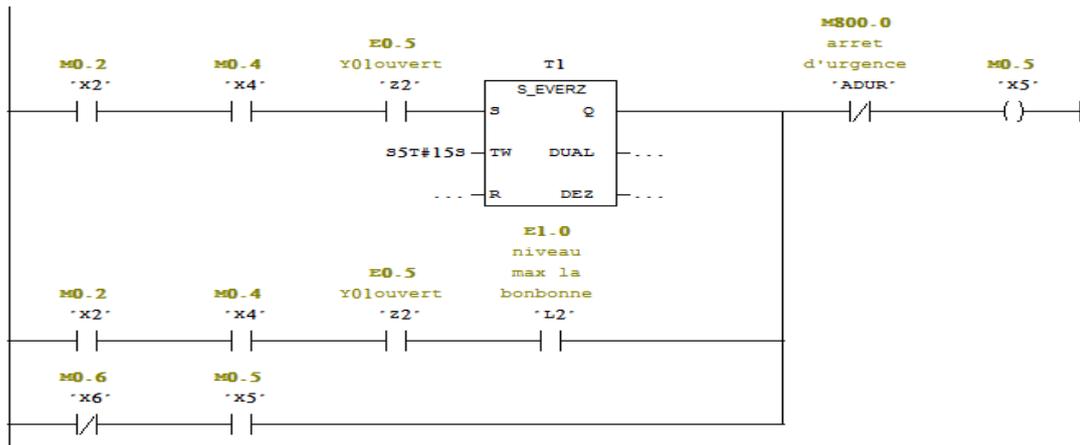
Réseau 4 : x1



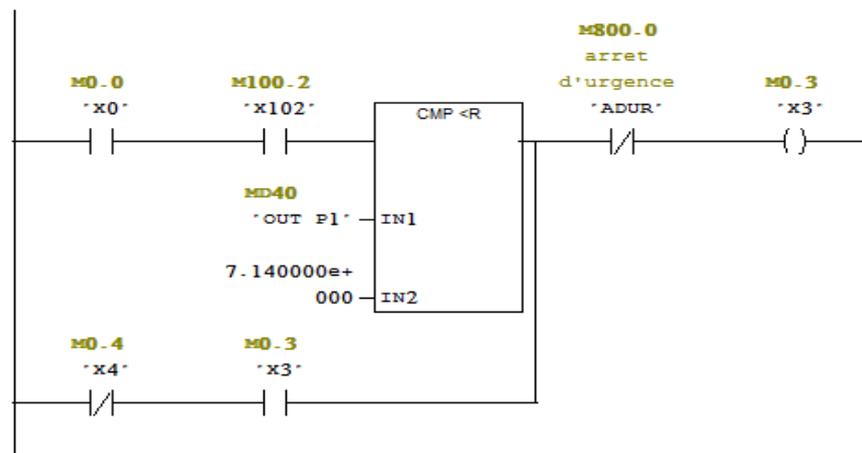
Réseau 5 : x2



Réseau 8 : x5

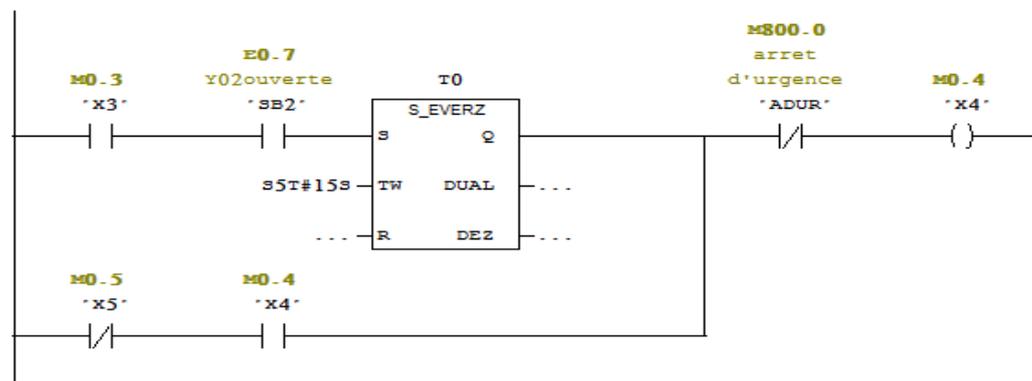


Réseau 6 : x3

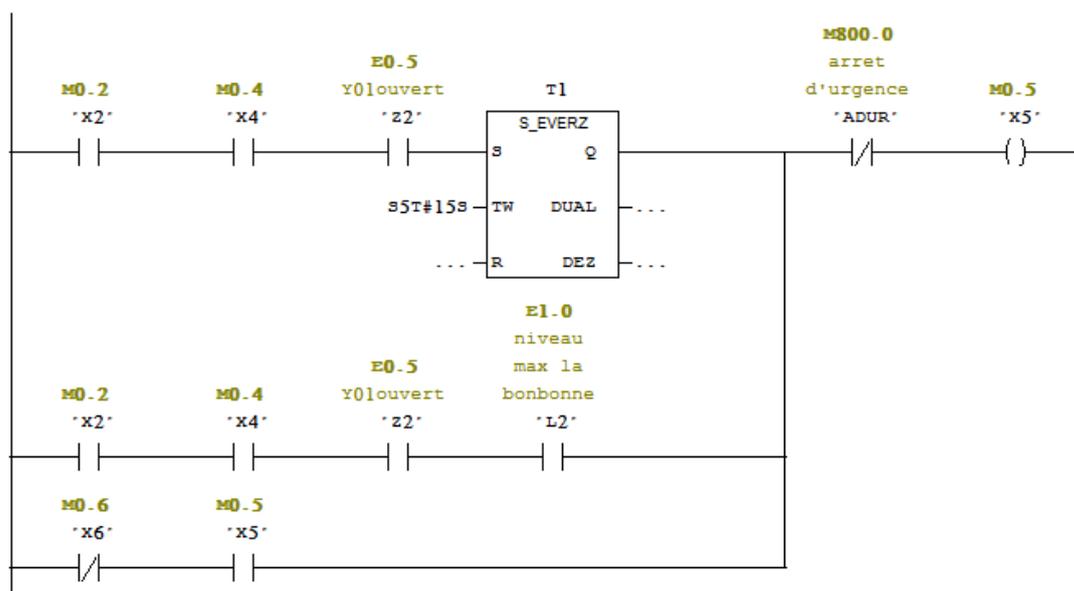


Réseau 7 : x4

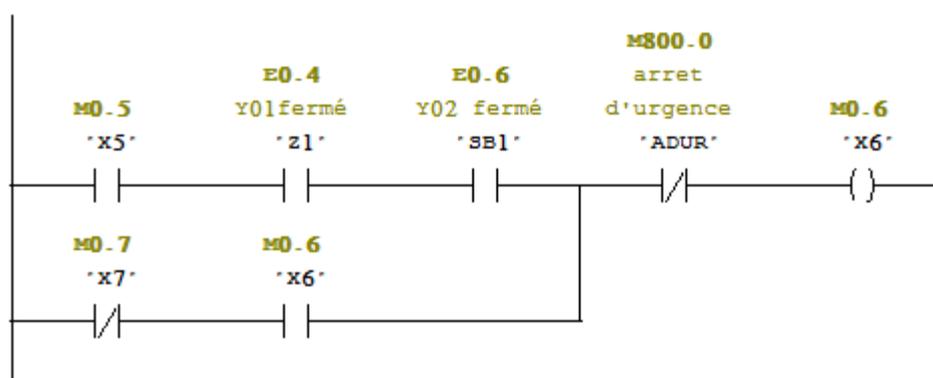
Réseau 7 : x4



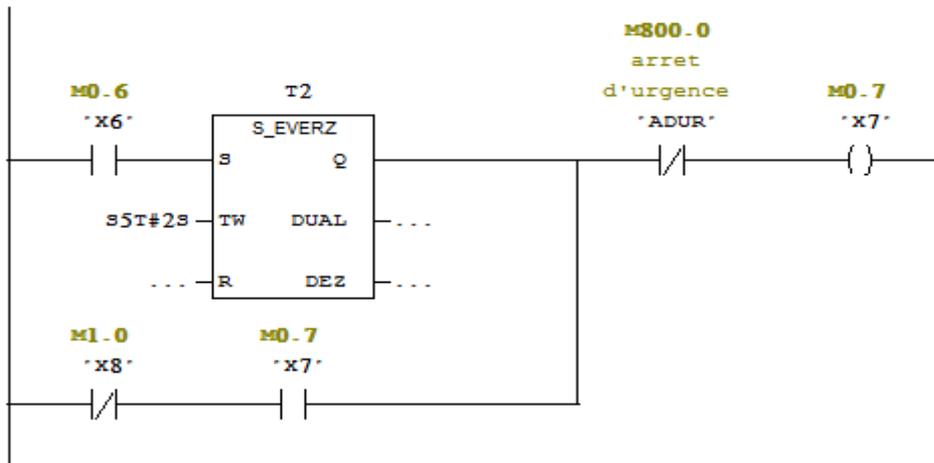
Réseau 8: X5



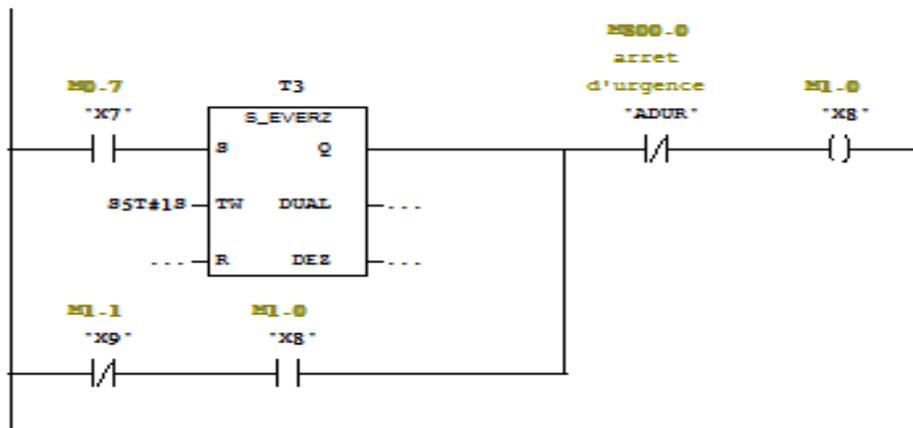
Réseau 9: X6



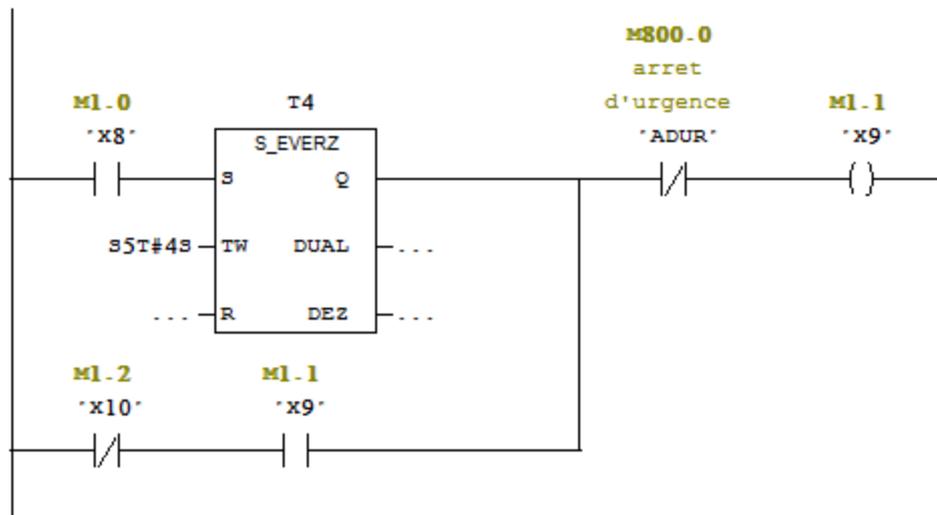
Réseau 10 : x7



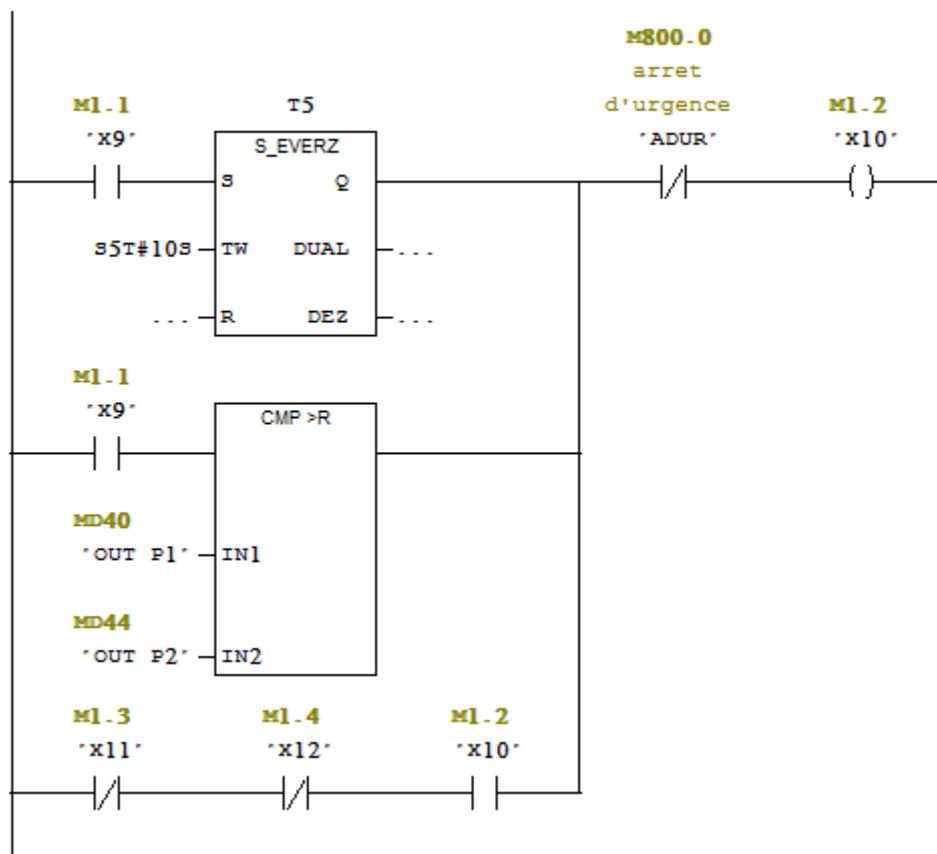
Réseau 11 : x8



Réseau 12: x9

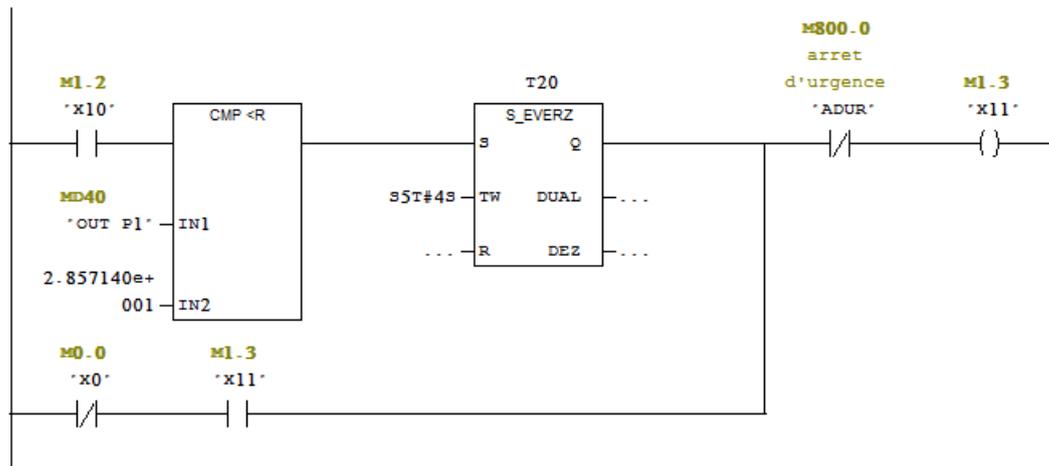


Réseau 13: x10

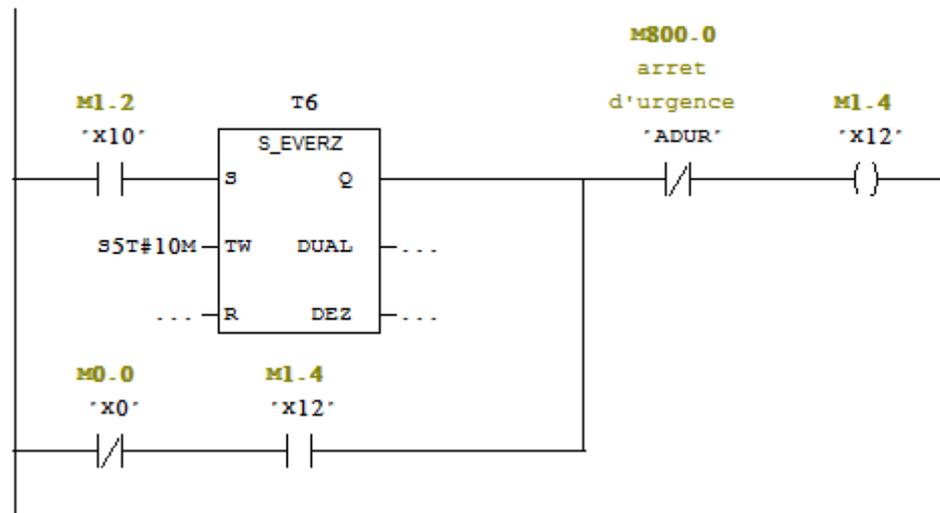


Réseau 14: x11

Réseau 14: x11

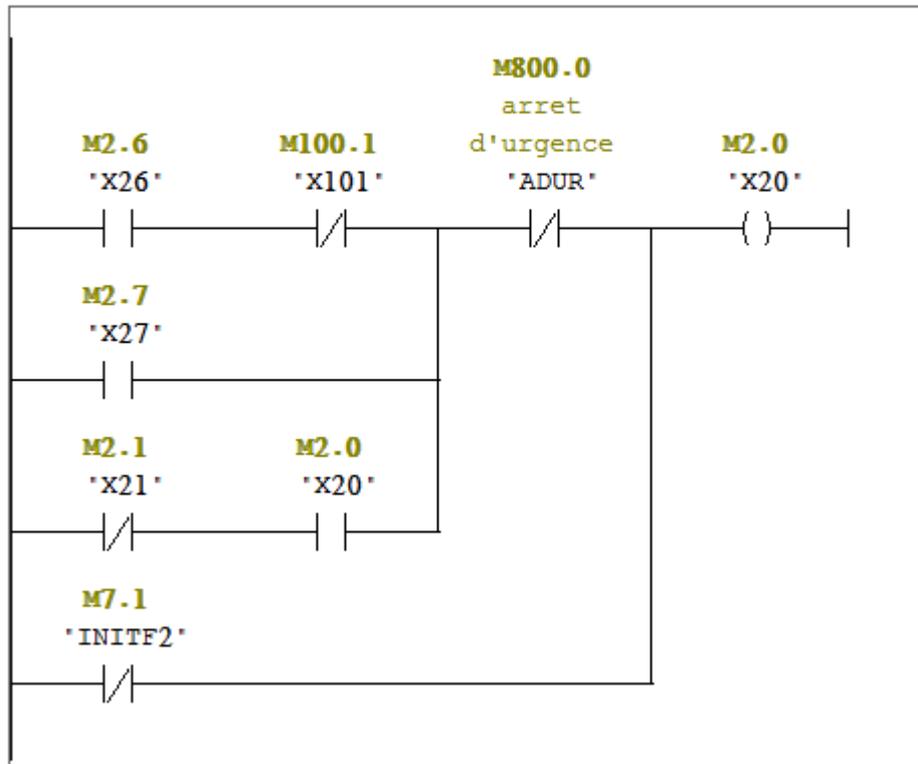


Réseau 15: x12

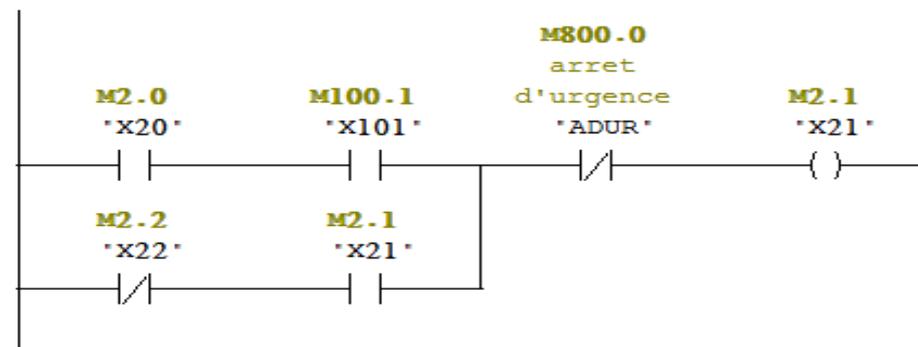


- FC2

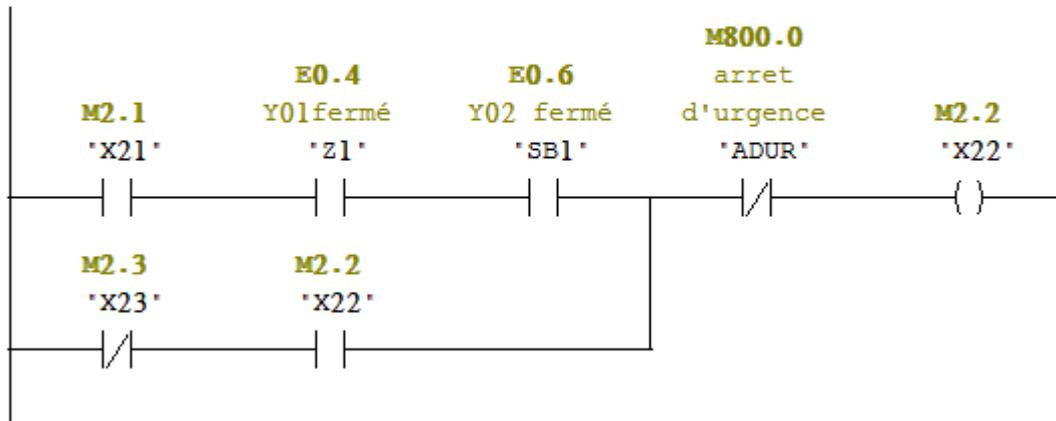
Réseau 2 : X20



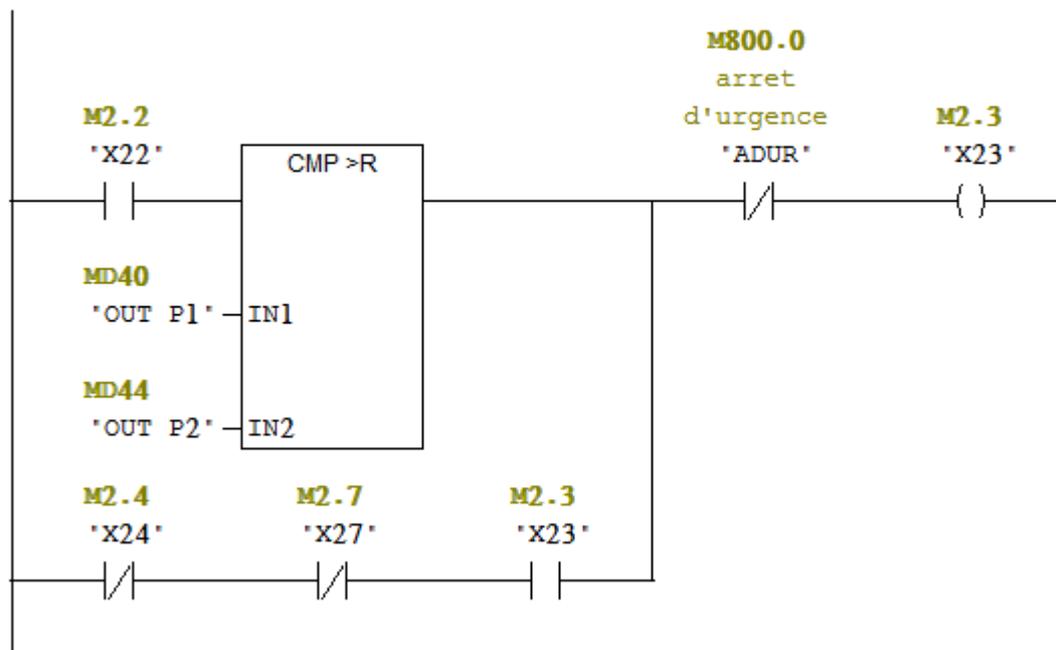
Réseau 3 : X21



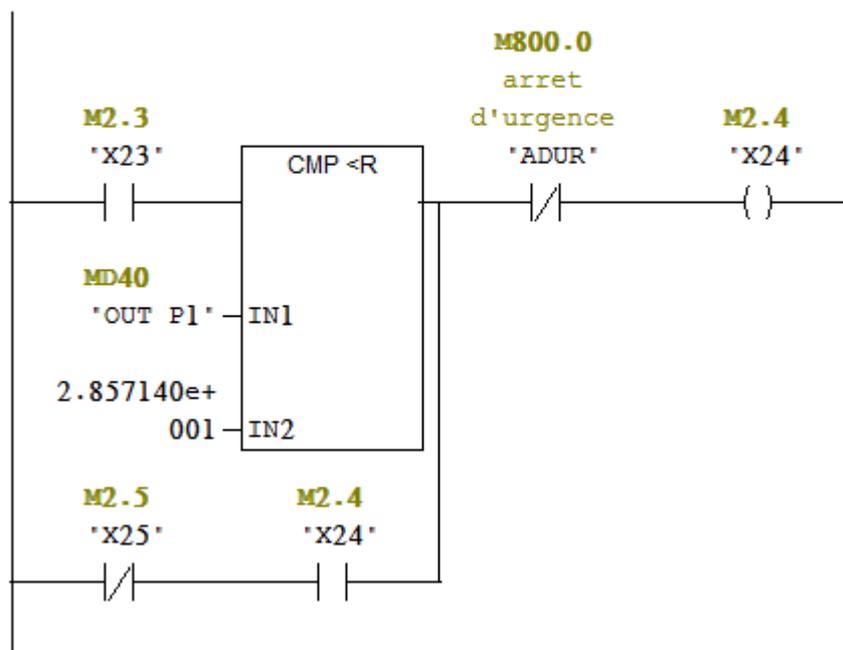
Réseau 4 : X22



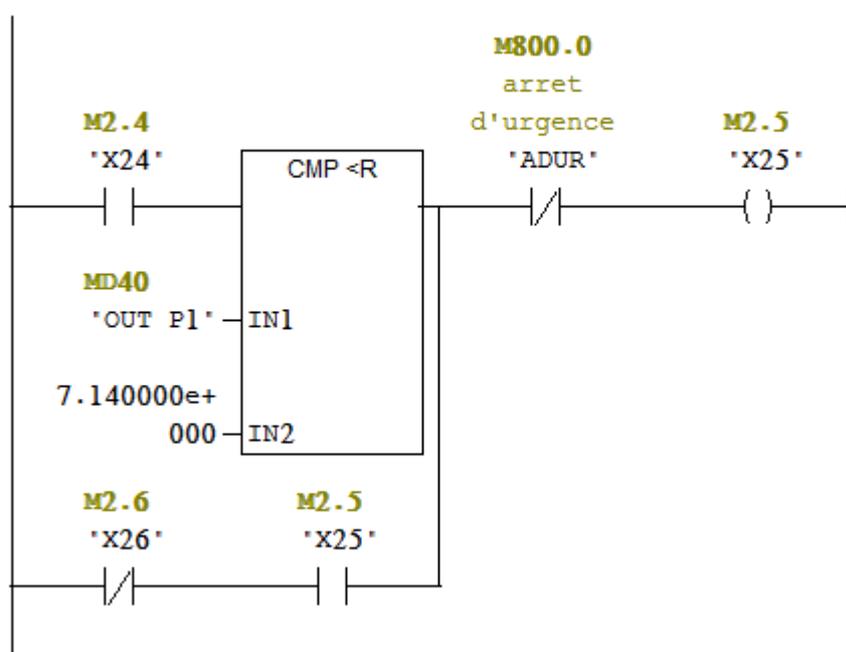
Réseau 5 : X23



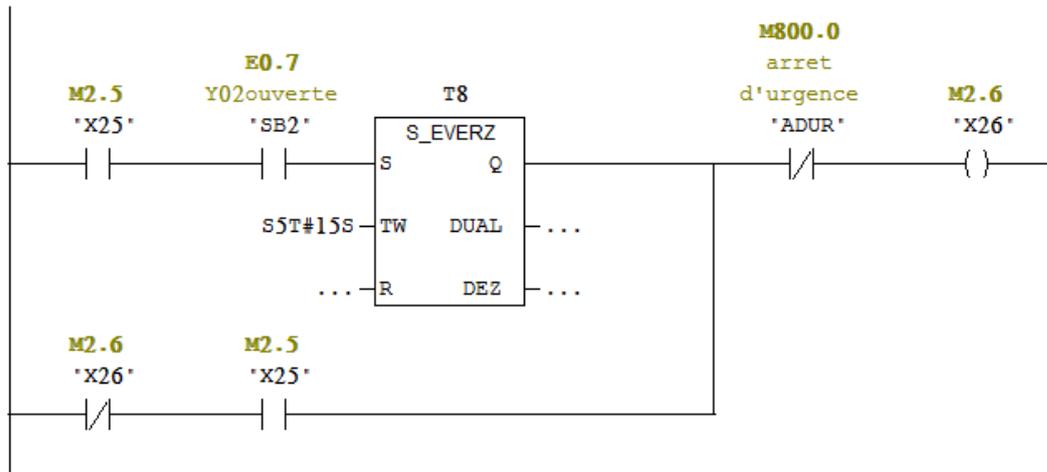
Réseau 6 : X24



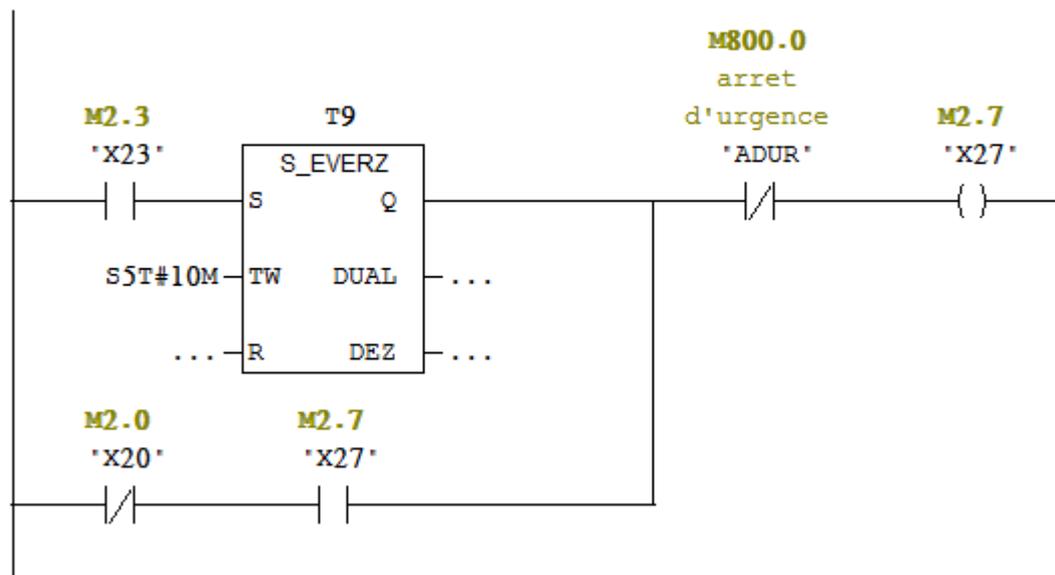
Réseau 7 : X25



Réseau 8: X26



Réseau 9: X27



IV.3.1.3 Simulations des programmes en utilisant S7-PLCSIM

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

Après le chargement des programmes dans le simulateur, on met la CPU en

mode RUN-P (exécution du programme) voir la figure IV.10.

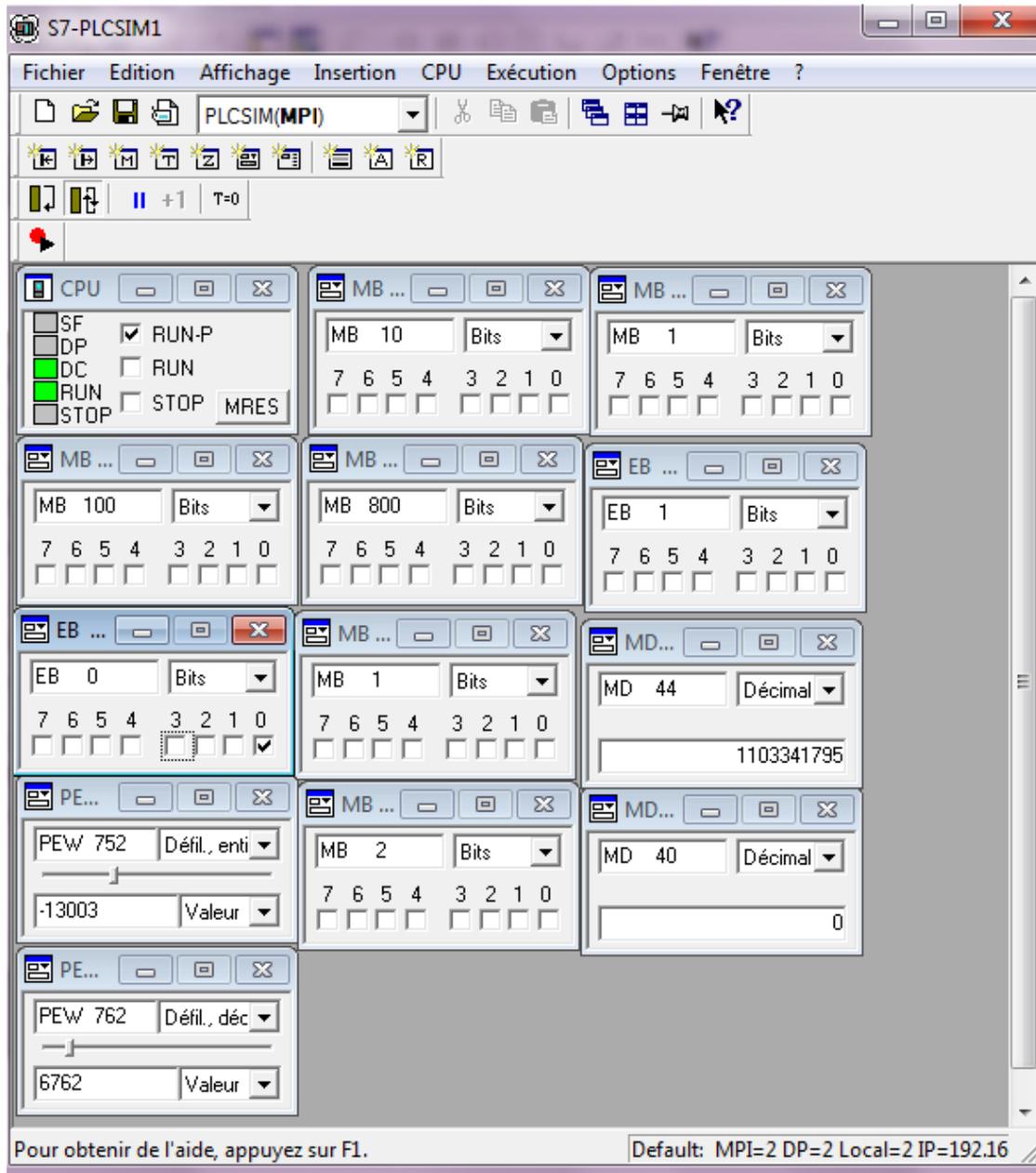


Fig. IV.9 : Simulation

IV.4 Création de station HMI

La première étape à effectuer est de créer une liaison directe entre Win CC et l'automate. Ce qui permet au logiciel Win CC de lire les données qui se trouvent dans la mémoire de l'automate, comme indique dans la figure suivante :

IV.4.1 Vues du système

IV.4.1.1 Menu principale

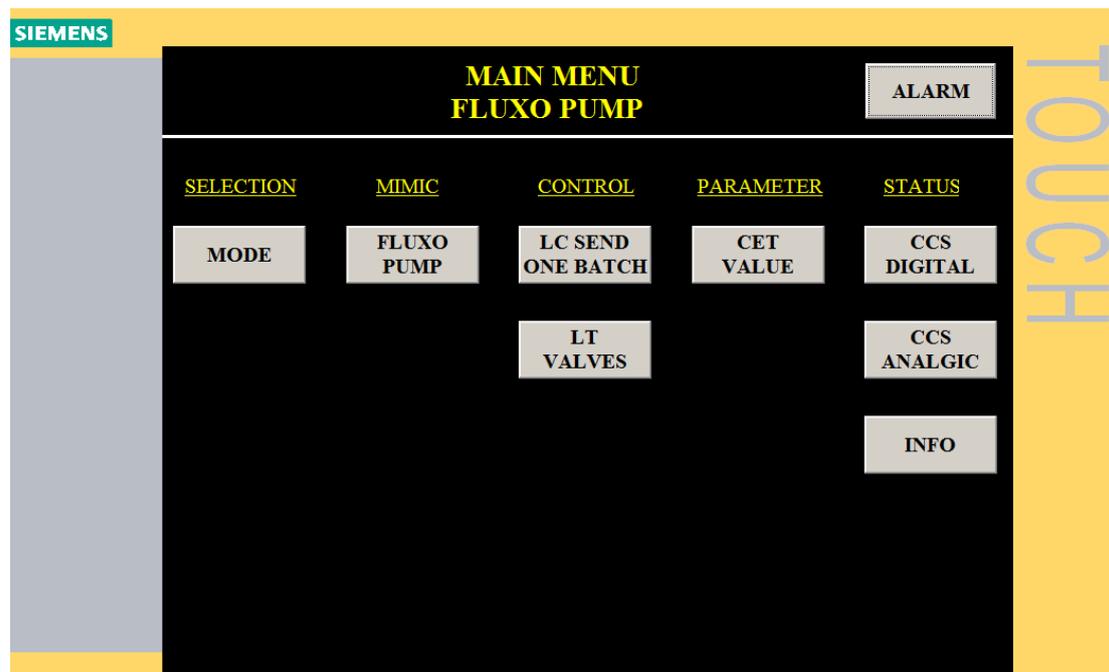


Fig. IV.10 : Menu principale

Image menu principal affiche les différentes images qui peuvent être sélectionnées en activant le cas échéant toucher la touche. Les photos sont regroupées par type énumérées ci-dessous :

SÉLECTION : La sélection entre les différents modes de fonctionnement.

MIMIC : Mimic diagramme montrant l'état du processus.

CONTRÔLE : Commande locale / à la réglementation des machines et des fonctions de test différents peut aura lieu à partir de ces images.

PARAMETER : Lorsque la valeur définie touche est enfoncée d'un clavier numérique sera apparaissent. Lorsque le mot de passe correct (= numéro) est entré dans le numérique clavier un menu des photos de paramètres apparaît. (Mot de passe =21081994)

STATUT : Lorsque la clé de contact CCS SIGNAL est pressée, un état des signaux entre CCS et le panneau de commande local (LCP) apparaît.

ALARME : La liste de toutes les alarmes actives dans le système. Sur le sommet de toutes les images, une «barre de menu du haut», est affiché. Depuis

le haut " barre de menu «autres images peuvent être sélectionnées, en outre le mode de commande actuel et l'état d'alarme sont affichés.

IV.4.1.2 Menu de sélection de mode

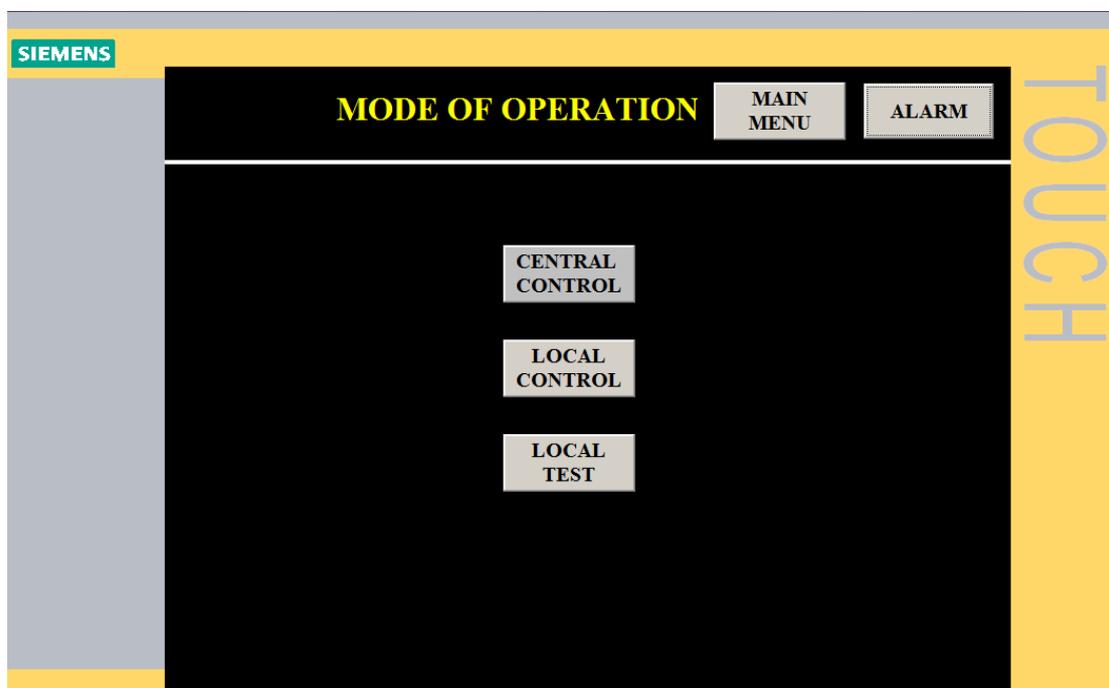


Fig. IV.11 : Menu de sélection de mode

Il y a 3 différents modes de fonctionnement de la machine peut être sélectionné. Le mode actuel sélectionné sera indiqué par la lumière dans la clé de contact appartenant.

- **Mode de contrôle centrale :** Dans ce mode, la machine est contrôlée à partir du système de contrôle central (CCS). Cela signifie que le machine est démarrée, arrêtée et réglée de la SCC.
- **Mode de commande central :** est le mode de base que le système sera toujours dans ce mode lorsque le système est sous tension et que le système va automatiquement revenir à ce mode lorsque la commande locale ou de test local n'est pas sélectionné.
- **Mode de contrôle locale :** Dans ce mode, la pompe peut être démarrée "Envoyer un lot" à partir du panneau de commande locale. Pour fonctionner

dans ce mode, les signaux du CCS: «Permission locale» et «Verrouillages OK" doit être donné. Lorsque les deux signaux sont donnés à partir de CCS, un point vert sera affiché sur la touche de commande locale.

- **Test du mode locale :** Dans ce mode, les électrovannes Y01 Y07-peut être testé à partir du panneau local. Le signal "d'autorisation locale" doit être donné avant que le CCS de mode peut être sélectionné.

IV.4.1.3 Synoptique

Les mimiques sont des schémas simplifiés pour la projection de la machine:

- Etats des moteurs, vannes, etc.
- Les processus de valeurs.
- Les points d'alarmes.

Sur ce synoptique de la position des vannes dynamique Y01 et Y02 sont dérivées de la physique réelle la position des vannes, compte tenu de capteurs électriques. Le symbole dynamique de la vanne Y03, Y04, Y06 et Y07 suit le signal de commande pour les valves.

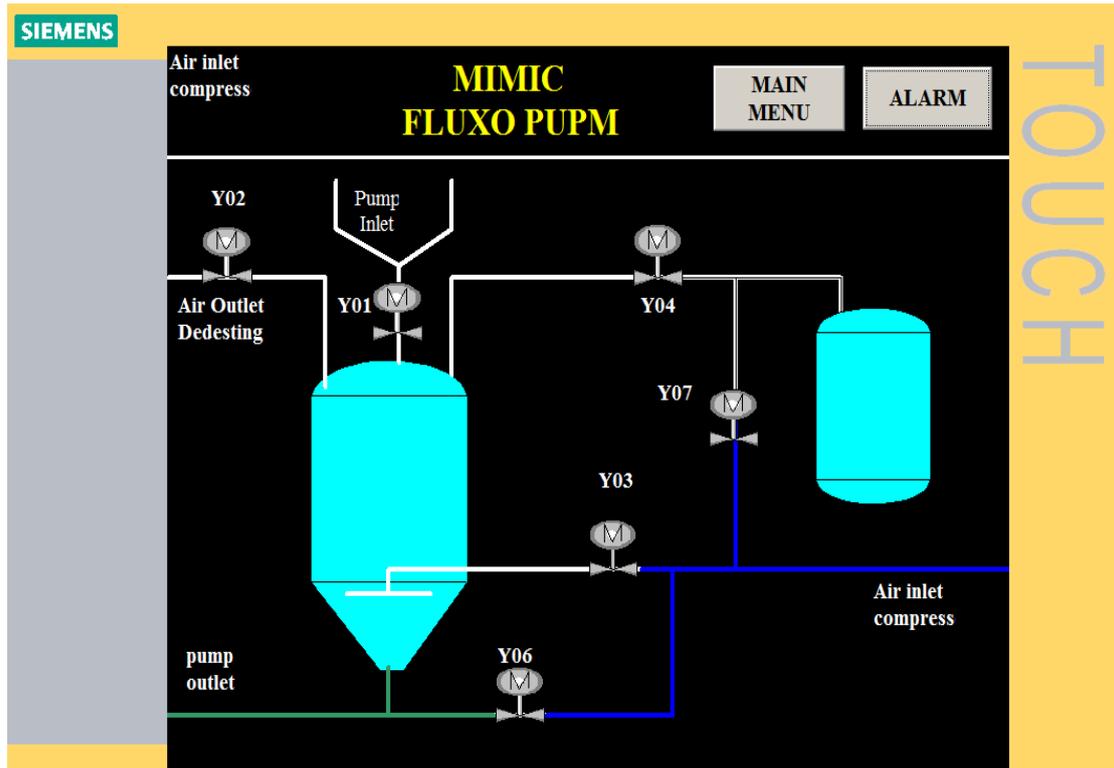


Fig. IV.12 : Synoptique

IV.4.1.4 Menu de Contrôle

LOCALE CONTROL envoyer une impulsion.

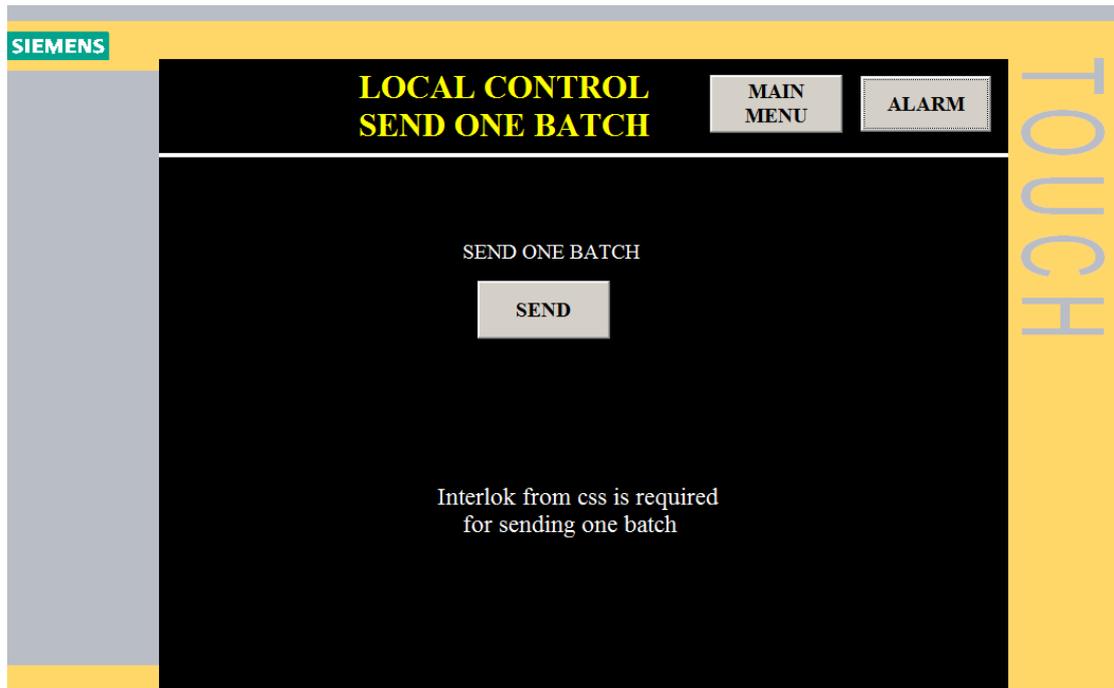


Fig. IV.13 : contrôle locale

Ce contrôle il a une séquence vide de la pompe peut être exécutée que si la fonction Local Control est sélectionné dans "Mode de fonctionnement" du menu et "LC" envoyer un lot" dans le menu principal.

- Lorsque le verrouillage est reçu de CCS un point vert apparaîtra sur "envoyer" clé.
- Lorsque la clé est activée changera de couleur blanche à un feu vert, ce qui indique que la commande est en cours. La lumière restera dans la clé de contact jusqu'à ce que la séquence soit terminée.

Cette fonction est utilisée pour nettoyer les canalisations de transport en cas de blocage.

LOCALE TEST des électrovannes.

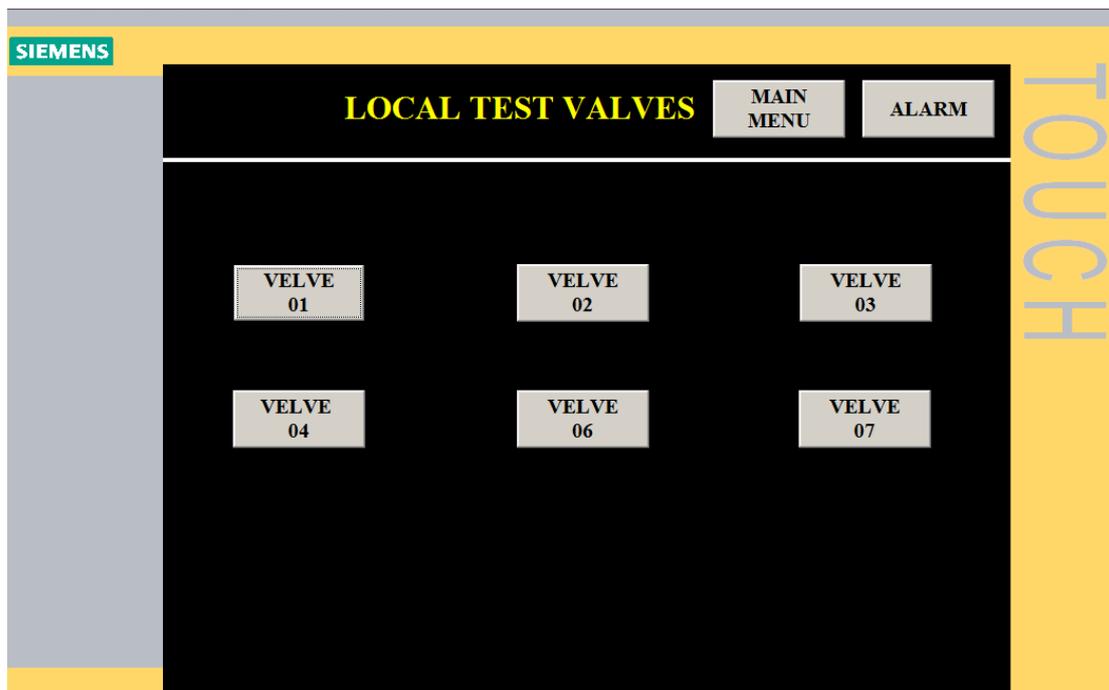


Fig. IV.14 : Test locale

Ce contrôle des électrovannes peuvent être testés individuellement, si le test local est sélectionné dans le mode de menu Opération, et les vannes " LT" dans le menu principal.

Lorsque les conditions pour tester les vannes est remplie d'un point vert apparaît sur les clavettes de soupape. Quand les touches sont touchées la clé de vanne va changer à partir d'une lumière de Pentecôte à une lumière verte indiquant que la commande est en cours. Lorsque la touche est enfoncée à nouveau la vanne doit être mise hors tension à nouveau.

IV.4.1.5 CCS signaux numérique

Sur l'image l'état des signaux numériques vers et depuis le panneau de commande local (LCP) est indiqué.

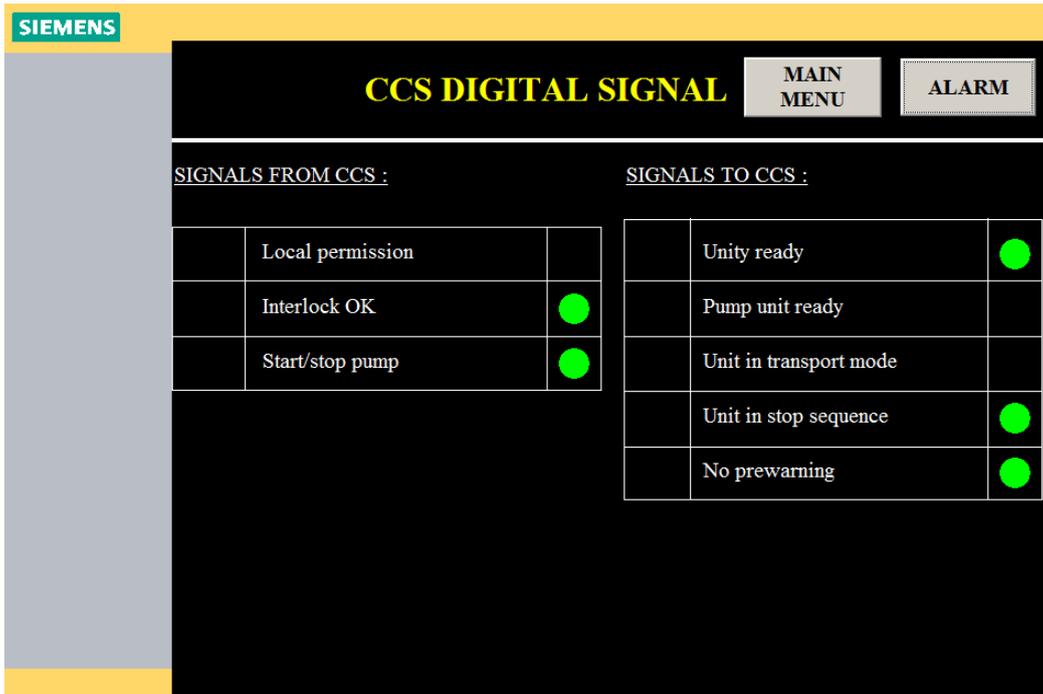


Fig. IV.15 : Les signaux numériques

IV.4.1.6 CCS signaux analogique

Sur l'image l'état des signaux analogiques provenant du panneau de commande local (LCP), au central système de contrôle (CSC) est indiqué.

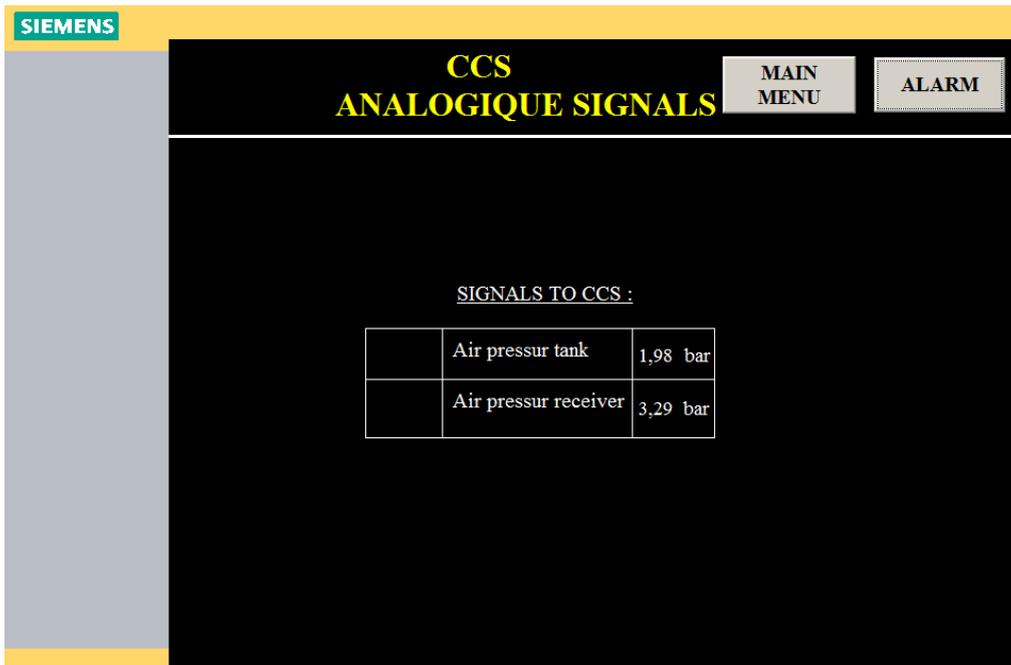


Fig. IV.16 : Les signaux analogiques

IV.5 Conclusion

Nous avons fini le travail on a traduit le cahier des charges en GEMMA avec le logiciel STEP7 et avec l'intégration d'une interface homme machine avec WinCC flexible, pour contrôler et la commander de la pompe flux .

Conclusion générale et perspectives

Ce modeste travail nous a permis de jeter un coup d'œil sur le domaine industriel. Nous nous sommes inspirés du stage pratique effectué sur la société des ciments d'Ain-Touta (SCIMAT). Nous y avons appris un certain nombre de notions sur la nouvelle technologie, ainsi qu'une précieuse expérience de terrain enrichie d'une masse d'informations et quelques connaissances relatives à la maintenance des processus industriels.

L'objectif principal de notre travail consiste en l'étude d'une pompe flux qui transport le ciment en utilisant la pression d'air, ainsi que la réalisation d'un programme de commande par un automate programmable S7 – 300 et enfin la supervision du processus à l'aide d'un pupitre operateur.

Pour la supervision de cette pompe on a utilisé le logiciel de supervision WinCC qui possède plusieurs avantages tel que : une supervision en temps réel, une création des interfaces graphiques.

Cette étude nous a permis de connaitre de près la démarche de résolution des problèmes, en effet, au cours de notre stage, nous avons fait l'analyse complète du processus pour la présentation du cahier de charges pour bien comprendre ce que nous devons faire par la suite de notre travail .La technologie des automate S7-300 est un puissant outil de commande et de surveillance , avec le logiciel STEP7 qui permis une très grande souplesse pendant la programmation, plus précisément le langage CONT qui visualise les états du programme.

Perspectives

Le travail que nous avons présenté est loin d'être parfait alors en effet quelques perspectives qui sont ouvertes qui peuvent être résumées en deux points suivants :

- L'utiliser d'autres logiciels que STEP7 comme le TIA portal ou le PCS7.
- Prolonger la durée du stage le maximum pour une un meilleur apprentissage et pour s'habituer à l'environnement de l'industrie.

Bibliographie

[1] : www.gica.dz/presentation-de-gica/

[2] : www.scimat.dz/portail/

[3] : F.L.SMIDTH, cimenterie d'Ain Touta, manuel de service.

[4] : F.L.SMIDTH, cimenterie d'Ain Touta, cours de production de ciment.

[5] : B. Kohlhaas, Otto Labahn, 1983, Cement Engineers Handbook.

[6] : www.elmouwatin.dz/?Normalisation-industrielle

[7] : F.L.SMIDTH, Fluxo pomp Type E-13, Installation operation and maintenance, 9601-49.

[8] : F.L.SMIDTH, Fluxo pomp Type E-13, Instructions document, 9600-27.

[9] : F.L.SMIDTH, Fluxo pomp Type E-13, Electrical document, 8012501doc.

[10] : Philippe LE BRUN, 1999, Lycée Louis ARMAND, Automates programmables.

[11] : L. BERGOUGNOUX, 2005, Département de Mécanique énergétique 2eAnnée Option S.I.I.C, A.P.I. Automates Programmables Industriels, POLYTECH Marseille.

[12] : Dr. Ir. H. LECOCQ, 2005, LES AUTOMATES PROGRAMMABLES, Tome I, Caractéristiques et méthodologie de programmation, UNIVERSITE DE LIEGE Faculté des Sciences Appliquées.

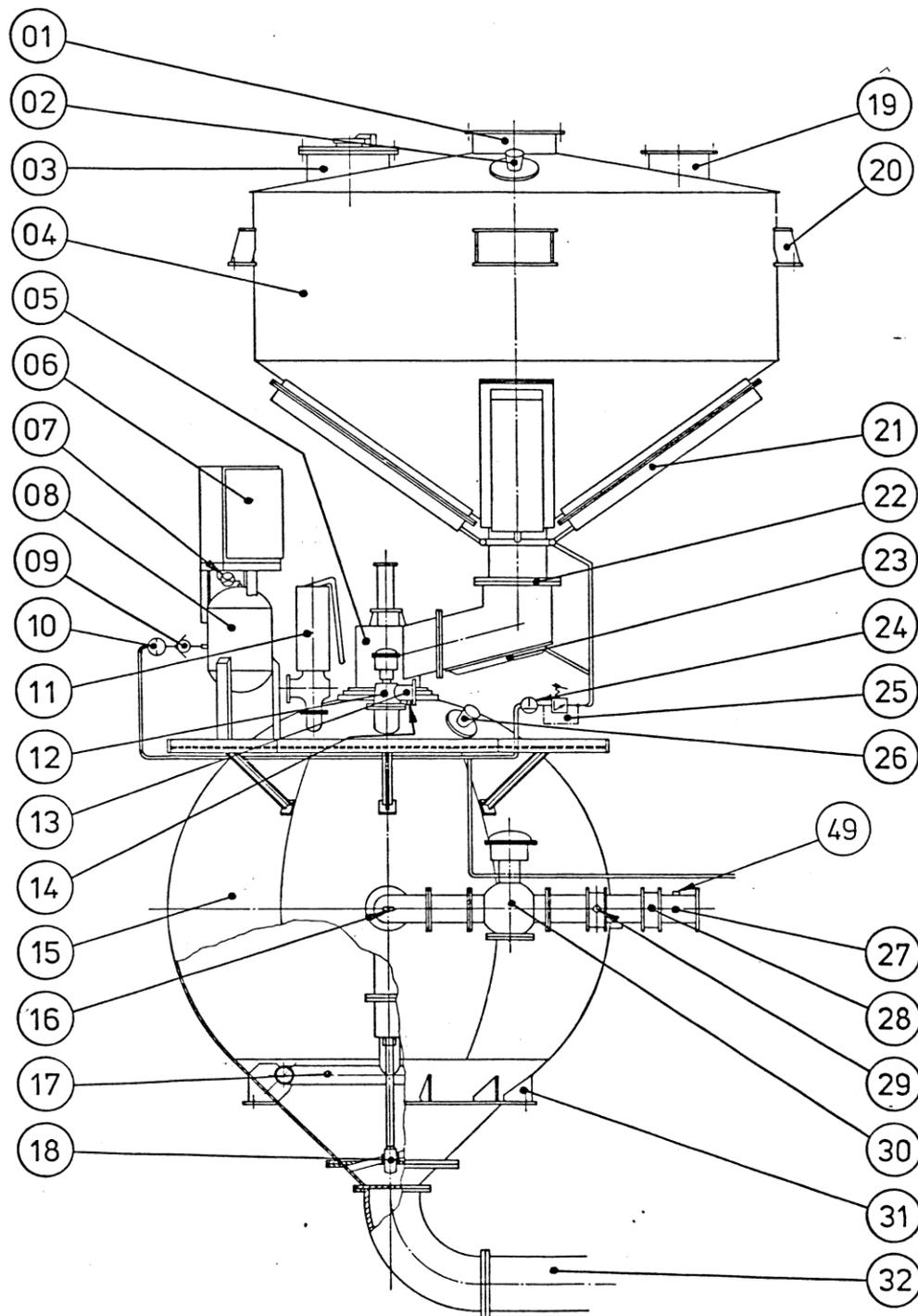
[13] : William Bolton, Traduction de Hervé Soulard, traduction en langue française, par les Éditions Dunod, de Programmable Logic Controllers, sixth edition de William Bolton Copyright 2015, Elsevier Ltd, 2015.

[14] : René Husson • Claude Iung Jean-François Aubry • Jamal Daafouz Didier Wolf, 2017, UTOMATIQUE Du cahier des charges à la réalisation de systèmes.

- [15] : P. Jargot. Langage de programmation pour api. norme Cie 1131–3. Techniques de l'Ingénieur, 1999.
- [16] : Norme CEI 848. Etablissement des diagrammes fonctionnels pour un système de commande. Commission électrotechnique internationale, 1988.
- [17] : Norme CEI 1131-3. Automates programmables - Partie 3 : Langages de programmation. Commission électrotechnique internationale, 1993.
- [18] : CIMAX, "Introduction à la supervision", Edition Applicatif, n° 4, décembre 1997- janvier-février 1998.
- [19] : O.VITRY, « DESCRIPTION FONCTIONNELLE D'UN SYSTEME AUTOMATISE », Lycée Léon de Lepervanche.
- [20] : Simon Moreno, Edmond Peulot, Le GEMMA, 2ème édition, 2009

Annexes

Annexe 1 : Légende de la pompe



-
- | | |
|--|--|
| 1 L'entrée de la pompe | 17 Tuyau annulaire à air |
| 2 Nivo pilot | 18 bus de fond |
| 3 Regard | 19 Tuyau de dégagement |
| 4 Caisse d'alimentation | 20 Consoles |
| 5 Soupape d'entrée | 21 Aéroglissière flux |
| 6 Armoire de manœuvre | 22 Joint |
| 7 Graisseur-vaporisateur | 23 Aéroglissière flux |
| 8 Chopinette | 24 Soupape d'arrêt/ Purgeur d'eau |
| 9 Filtre à air | 25 Détendeur |
| 10 Soupape d'arrêt/ Purgeur d'eau | 26 Nivotester |
| 11 Soupape de sureté | 27 Conduit d'air comprimé |
| 12 Soupape de désaéragé | 28 Clapet de non-retour |
| 13 Conduit de refoulement | 29 Vanne papillon |
| 14 Robinet de contrôle | 30 Soupape d'arrêt/purgeur d'eau |
| 15 Réservoir | 31 Anneau de console |
| 16 Ajustage d'air comprimé | 32 Conduit de refoulement |

Annexe 2 : Schéma pneumatique de la pompe flux

