

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : **Automatique et informatique
industrielles**

Présenté par
Ahcene OULD ALI

Thème

Etude et réalisation de l'automatisation d'un four de trempe

Mémoire soutenu publiquement le 13/06/ 2016 devant le jury composé de :

Mr Rabah Mellah

Maitre de Conférences, UMMTO, Président

Mme Khedoudja KHERRAZ

Maitre de Conférences, UMMTO, Encadreur

Mr OUAHAB

Grade, Lieu d'exercice, Co-Encadreur

Mme Aldjia NAIT ABDESSELAM

Maitre assistant, UMMTO, Examineur

Mme Safia YOUSFI

Maitre assistant, UMMTO, Examineur

Remerciement

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mon travail.

Je remercie mes très chers parents, Malek et Hayat, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier ».

Je remercie mes sœurs ainsi que toute ma famille pour leur encouragement.

Je remercie très spécialement Onny, Sabrina, Yacine qui ont toujours été là pour moi.

Enfin je remercie très spécialement tous mes amis, pour leur sincère amitié et confiance, et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement.

A tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Dédicaces

**Pour que ma réussite soit complète, je la partage avec
toutes les personnes qui me sont chères, je dédie ce
modeste travail à :**

**Mes très chers parents pour le courage et la volonté
qu'ils m'ont inculqué**

A mes très chères sœurs, oncles, cousins et cousines

A tous mes amis

SOMMAIRE

Sommaire

Introduction générale

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

Présentation de l'entreprise

Présentation de l'entreprise	3
------------------------------------	---

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

1.1. Introduction	7
1.2. Le verre.....	7
1.3. Processus de fabrication de verre	7
1.3.1. Le verre, un mélange finement étudié	7
1.3.2. Le passage au four.....	8
1.3.3. La mise en forme du verre et sa transformation à chaud	8
1.3.4. Le traitement thermique du verre.....	8
1.3.5. Le recyclage du verre	8
1.4. La trempe du verre.....	8
1.4.1. Prétraitement de verre	8
1.4.2. Description des blocs fonctionnels du Four de Trempe Horizontal.....	9
1.4.3. Les étapes du processus de Trempe	10
1.5. Section de chauffage (Four)	11
1.5.1. Structure	11
1.5.2. Fonction	13
1.5.3. Utilisation.....	13
1.5.4. Eléments chauffants du Four.....	13
1.5.5. Paramètres à régler	14
1.5.6. Facteurs affectant les réglages	15
1.6. Conclusion.....	15

Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

2.1. Introduction.....	17
2.2. Domaines d'application du GRAFCET	17
2.3.1. Définition du GRAFCET	18
2.3.2. Eléments de base du GRAFCET.....	18
2.4. Règles d'évolution du GRAFCET	19
2.5. Elaboration du GRAFCET	21
2.5.1. Les entrées/sorties de notre système	21
2.5.2. Fonctionnement du four	22
2.5.3. Les contraintes du processus de chauffage	23
2.5.4. Modélisation graphique du système à l'aide du Grafcet	23
2.6. Conclusion.....	26

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables

3.1. Introduction	28
3.2. Automate programmable industriel.....	28
3.2.1. Présentation d'un automate programmable industriel	28
3.2.2. Structure interne d'un automate programmable	28
3.2.3. Fonctionnement d'un automate programmable	30
3.3. Définition d'un système automatisé.....	30
3.4. Structure générale d'un système automatisé	31
3.4.1. Partie commande.....	32
3.4.2. Partie opérative	32
3.5. Automate programmable industriel S7-300	34
3.5.1. Présentation du S7-300	34
3.5.2. Avantages du S7-300	35
3.6. SIMATIC Manager	35
3.6.1. Qu'est-ce que STEP 7 ?.....	35
3.6.2. Blocs et langages de programmation STEP 7.....	36
3.6.3. Mnémoniques.....	38
3.6.4. Simulateur des programmes S7-PLCSIM.....	38
3.7. SIMATIC WinCC flexible	39

3.7.1. Introduction à SIMATIC HMI.....	40
3.7.2. WinCC flexible.....	40
3.7.3. Composants de WinCC flexible.....	41
3.8. Conclusion.....	42

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

4.1. Introduction.....	44
4.2. Réalisation du programme.....	44
4.2.1. Création du programme dans SIMATIC Manager.....	44
4.2.2. Configuration matérielle.....	45
4.2.3. Création de la table des mnémoniques.....	46
4.2.4. Elaboration du programme Step 7.....	46
4.2. Interface Homme-Machine.....	56
4.2.1. Introduction.....	56
4.2.2. Etapes de réalisation de l'interface Homme-Machine.....	56
4.2.3. Etablir une liaison NetPro.....	56
4.2.4. Création de vue.....	58
4.2.5. Interface Homme-Machine de notre système.....	59
4.3. Simulation et supervision.....	62
4.4. Conclusion.....	67

Conclusion générale

Conclusion générale.....	69
--------------------------	----

Bibliographie

Bibliographie.....	71
--------------------	----

Introduction générale

Introduction générale :

Le monde industriel est en continuelle évolution, la concurrence pousse l'industrie à s'améliorer afin d'augmenter sa productivité et la qualité des produits.

Différentes transitions sont ainsi apparues : le passage du manuel et du mécanique en mode pneumatique, de l'électromécanique et l'électronique et finalement l'arrivée de la technologie numérique.

Ce progrès a permis la naissance des automates programmables industriels, ces équipements performants fonctionnent à base d'outils d'automatisme de haute technologie, et gèrent avec aisance des systèmes automatisés des plus simples aux plus complexes, assurant ainsi des performances inégalées.

Durant notre stage de fin d'étude effectué au sein de l'entreprise MFG, filiale du groupe CEVITAL, il nous a été demandé de réaliser un travail qui consistait à rendre la commande du système de chauffage du four de trempe entièrement automatisée et accessible aux différentes modifications, car à la base la commande se faisait à l'aide d'un programme intégré, et ce dernier n'étant pas accessible.

La réalisation de ce travail se fait à l'aide d'un automate programmable industriel Siemens S7-300, en commençant par une analyse fonctionnelle du processus, ensuite la réalisation du diagramme fonctionnel, enfin la programmation des différentes étapes de fonctionnement du compartiment Four (chauffage) sous STEP7, en plus d'une interface graphique homme machine, réalisée avec le logiciel SIMATIC WinCC flexible. L'interface réalisée lors de notre stage pratique est une application facile à utiliser, où tous les paramètres nécessaires au processus de chauffage du four sont accessibles.

Après avoir décrit de manière générale notre système dans le chapitre 1 et réalisé son analyse fonctionnelle, nous allons le modéliser à l'aide du GRAFCET dans le chapitre 2. Ensuite, dans le chapitre 3, nous allons présenter l'automate programmable industriel S7-300, son architecture et ses composants ainsi que les différents outils de programmation utilisés, SIMATIC MANAGER et SIMATIC WinCC flexible. Dans le chapitre 4, nous allons élaborer le programme d'automatisation du procédé ainsi que sa simulation qui sera réalisée à l'aide du logiciel S7-PLCSIM. A la fin de ce chapitre, nous allons définir l'interface graphique réalisée lors de ce stage à l'aide du logiciel de supervision SIMATIC WinCC flexible.

Présentation générale de l'entreprise :

Créée en 2007, Mediterranean Float Glass (MFG), filiale du groupe Cevital, est l'un des plus grands producteurs de verre plat en Afrique. MFG exporte 70% de sa production essentiellement en Europe occidentale (Italie, Espagne, France, Portugal...). Mais aussi vers la Tunisie, le Maroc et d'autres pays. Les 30% restants, suffisent largement à combler les besoins du marché national.

Depuis 2007, MFG a fait passer l'Algérie, de pays quasi importateur à celui d'exportateur en matière de verre.

Au bout de quatre années d'exercice, MFG a mis en place trois autres lignes de production de verre :

- Décembre 2009 : une ligne de verre feuilleté.
- Septembre 2011 : une ligne de verre à couches tendres.

Ces deux familles de produits répondent à un ensemble de paramètres tels que : le confort, la maîtrise de l'énergie et la sécurité.

Début octobre 2010, MFG a mis en place une unité de transformation des produits verriers pour couvrir le marché algérien notamment en vitrage isolant, destiné à la fenêtre et à la façade des bâtiments.

MFG répond aussi aux besoins de plusieurs secteurs économiques tels que l'électroménager, l'énergie, les panneaux solaires, le mobilier urbain et domestique.

Pour résumer MFG dispose d'une :

- Unité de production de verre plat clair.
- Unité de production de verre feuilleté.
- Unité de production de verre à couches tendres.
- Unité de transformation du verre plat.

Depuis 2008, MFG a un système de management intégré QHSE (Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement), elle est certifiée sous trois référentiels :

Présentation de l'entreprise

ISO (Organisation Internationale de Normalisation) 9001 : 2008 pour la qualité

ISO 14001 : 2004 pour l'environnement

OHSAS 18001 : 2007 pour la santé et la sécurité de ses employés

En octobre 2011, la direction technique de MFG a obtenu la certification ISO 9001 : Management des projets.

Qualité des produits MFG :

MFG s'est conformée à la réglementation européenne, ce qui lui a permis d'obtenir le marquage CE (conforme aux exigences).

MFG a obtenu le certificat CEKAL (certification garantissant la qualité du vitrage de votre fenêtre) pour le double vitrage, le verre feuilleté et le verre trempé. Le CEKAL certifie et garantit la durabilité des vitrages, leurs aptitudes à l'emploi avec de nombreuses qualifications, leurs performances thermiques avec 14 classes thermiques renforcées, leurs performances acoustiques avec 6 classes acoustiques renforcées et leurs performances de sécurité face aux risques de blessure, de chute et de vandalisme. Aussi, le label CEKAL garantit l'étanchéité et la qualité des doubles vitrages pendant 10 ans.

En juin 2012, MFG a obtenu un agrément technique dénommé ATG (analyse thermogravimétrique) pour le verre à couche à basse émissivité.

MFG dispose de trois plateformes : en Italie (Turin), en Espagne (Valence), au Maroc (Tanger) et un bureau de liaison en Tunisie (Tunis).

En l'absence de sous-traitants spécialisés en Algérie dans le domaine de la Logistique du Verre en JUMBO size (format maxi), MFG s'est dotée de moyens importants pour assurer son programme d'exportation :

- Acquisition de 250 remorques spécialisées dans le transport du Verre qui a nécessité un investissement de 1,5 Milliards de DA.

Mise en place d'une structure transit dédiée exclusivement à l'activité export pour la prise en charge des formalités douanières et portuaires.

Différents types de verre :

Il existe plusieurs types de verre, on distingue :

- Le verre plat MFG « Clearfloat glass ».
- Le vitrage feuilleté.
- Le double vitrage.
- Verre à couches tendres.
- Le MEDISTAR+S (verre à couches à faible émissivité).

CHAPITRE 1

Présentation et étude du four de trempe

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

1.1. Introduction :

Au sein du groupe MFG, la fabrication de verre passe par plusieurs unités, à savoir l'unité de fabrication de verre qui réalise la transformation du composant principal de la fabrication de verre en l'occurrence le sable en verre, ceci en passant par plusieurs étapes.

Ensuite, le verre est trempé dans l'unité de transformation, en passant dans un four de trempe, l'objectif de ce procédé étant de renforcer le verre.

1.2. Le verre :

Le verre est un matériau unique. Il apporte la lumière et le confort dans l'habitat. Il s'impose en construction neuve ou en rénovation.

Le verre plat peut subir des transformations qui lui conféreront des fonctions thermiques, acoustiques, esthétiques ou de sécurité. Chez MFG, les compétences se font innovantes en matière de transformation du verre.

1.3. Processus de fabrication de verre :

La fabrication du verre est un procédé qui permet la transformation de plusieurs matériaux, le sable essentiellement en verre, par le biais de longs chauffages, voici les différentes étapes du processus :

1.3.1. Le verre, un mélange finement étudié :

Le composant de base de la fabrication de verre est le sable ou, plus précisément, la silice (SiO_2) qu'il contient. L'ennui, c'est que la silice a la fâcheuse tendance à ne fondre qu'à des températures très élevées, supérieures à 1700 °C. Alors pour faciliter le processus, on lui ajoute des fondants comme la soude, la potasse ou la chaux. On ajoute également de l'eau et des débris de verre recyclés que l'on nomme calcin. Le tout dans des proportions très précises.

C'est à ce stade également qu'on insère quelques additifs qui sont en fonction de l'usage qui sera fait du verre, de l'oxyde de magnésium, par exemple, pour rendre le verre plus résistant ou de l'oxyde de fer pour lui donner une teinte verdâtre.

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

1.3.2. Le passage au four :

Le mélange est ensuite passé au four et porté à une température de quelques 1500°C, c'est la température à laquelle le mélange sableux se transforme en verre liquide.

1.3.3. La mise en forme du verre et sa transformation à chaud :

Une fois fondu et avant son refroidissement, le verre peut être mis en forme selon différentes techniques, il peut, par exemple, être soufflé, coulé dans un moule ou encore flotté sur un bain d'étain.

1.3.4. Le traitement thermique du verre :

Le verre a généralement besoin d'être renforcé grâce à l'application d'un traitement thermique, pour supprimer les points de tension qui s'installent lors du refroidissement, on peut avoir recours à une recuisson à des températures allant jusqu'à 600 °C. Pour améliorer encore la résistance du verre, on peut procéder à sa trempe. Dans ce cas, après avoir été chauffé à quelques 600 °C, le verre est rapidement refroidi sous l'effet d'un ventilateur à haute pression.

1.3.5. Le recyclage du verre :

Le verre est l'un des matériaux les plus facilement recyclables. En effet, le verre recyclé fond à des températures bien plus basses que la silice et l'ajout des fondants devient superflu. Cependant, la production à partir de verre recyclé nécessite au moins 20 % de matière première nouvelle.

1.4. La trempe du verre :

1.4.1. Prétraitement du verre :

Prétraiter le verre est une partie essentielle du processus de trempe. Des petites rayures et des débris peuvent mener à des problèmes importants au cours du processus de trempe. En

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

outre, le verre à traitement souple de Faible E (émissivité) nécessite encore davantage d'attention au cours du prétraitement.

Le verre, avec un traitement trempable, doit être manipulé avec une grande précaution et dans un environnement propre.

Ces produits du verre sont plus susceptibles d'être endommagés avant qu'après la trempe et il se peut que leur durée de stockage soit limitée. Le verre à revêtement nécessite des précautions et une attention particulières à chaque étape du traitement ; en particulier avant et pendant la trempe.

Le verre devrait être trempé aussi rapidement que possible après le prétraitement afin de réduire les problèmes dus à la saleté, à l'humidité, et à des manipulations trop fréquentes.

Une plaque de verre coupée doit être trempée dans les 8 heures suivant la coupe. Les plaques de verre lavées doivent être trempées dès que possible, dans les 4 heures au plus tard.

1.4.2. Description des blocs fonctionnels du Four de Trempe Horizontal :

La figure ci-dessous illustre les différents compartiments de notre four de trempe :

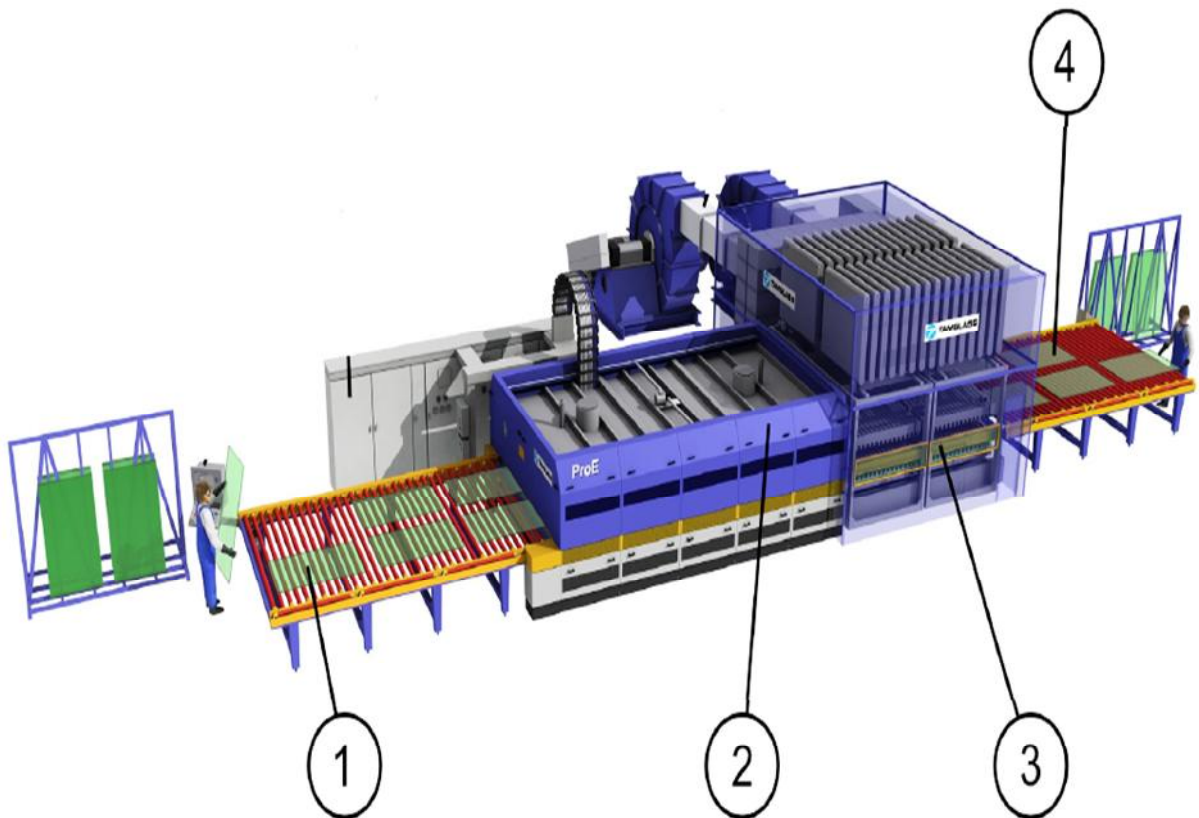


Figure 1.1. Four de Trempe Horizontal

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

- 1 → Convoyeur de chargement
- 2 → Section de chauffage (Four)
- 3 → Sections de trempage et de refroidissement (Refroidisseur)
- 4 → Convoyeur de déchargement

1.4.3. Les étapes du processus de Trempe :

Les étapes du processus de trempe sont décrites comme suit :

- **Convoyeur de chargement :**

La zone de chargement maximale du convoyeur est déterminée par la taille de la machine ; Dans des chargements uniques, la longueur maximale du chargement peut être dépassée de 300 mm lorsque l'épaisseur du verre trempé est supérieure ou égale à 5 mm

Pour atteindre une qualité de trempe pour des verres d'épaisseur inférieure ou égale à 3 mm, la longueur de chargement recommandée est de 300 – 600 mm de moins que la longueur de chargement maximale.

- **Chauffage :**

Le chauffage du verre est la phase essentielle du processus de trempe. Il doit être surveillé attentivement afin de maintenir un transfert de chaleur symétrique tout au long des différentes parties de la plaque de verre pour éviter les problèmes qualitatifs.

Le verre doit être rapidement chauffé à la température souhaitée en évitant l'apparition de tout écart important de température entre les différentes parties de la feuille de verre et entre les surfaces et le centre de la feuille de verre.

- **Trempe et refroidissement :**

Le refroidissement du verre doit être démarré le plus rapidement possible, dès que la phase de chauffage est terminée.

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

Le verre doit être refroidi aussi uniformément que possible à la vitesse de refroidissement optimale, qui dépend de l'épaisseur et d'autres propriétés mécaniques du verre. Le refroidissement doit être effectué de manière identique pour les deux faces du verre.

Pour les raisons mentionnées ci-dessus, l'air est un médium idéal pour les besoins du refroidissement, qui affecte toutes les parties du verre de manière égale.

- **Transfert du verre au cours du processus :**

Au cours du processus de trempe, le verre est déplacé sur les rouleaux en position horizontale ; Le verre doit être transporté et transféré au cours du processus de manière à ne laisser aucune trace ou déformation sur celui-ci.

Pour obtenir la meilleure qualité possible et capacité du four, il est important de déplacer le verre au travers du processus en utilisant des vitesses optimales.

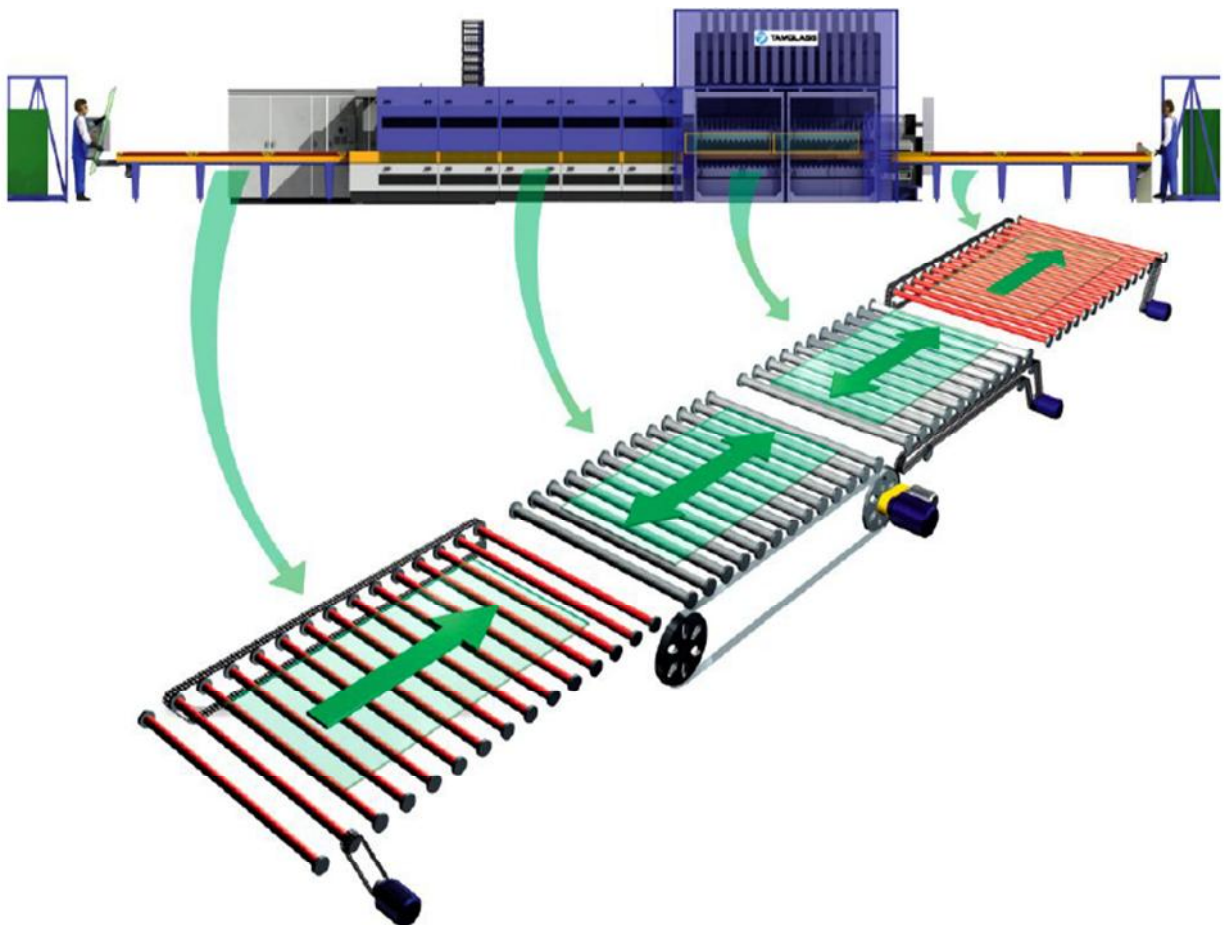


Figure 1.2. Transfert de verre

1.5. Section de chauffage (Four)

La figure ci-dessous illustre la structure du four :

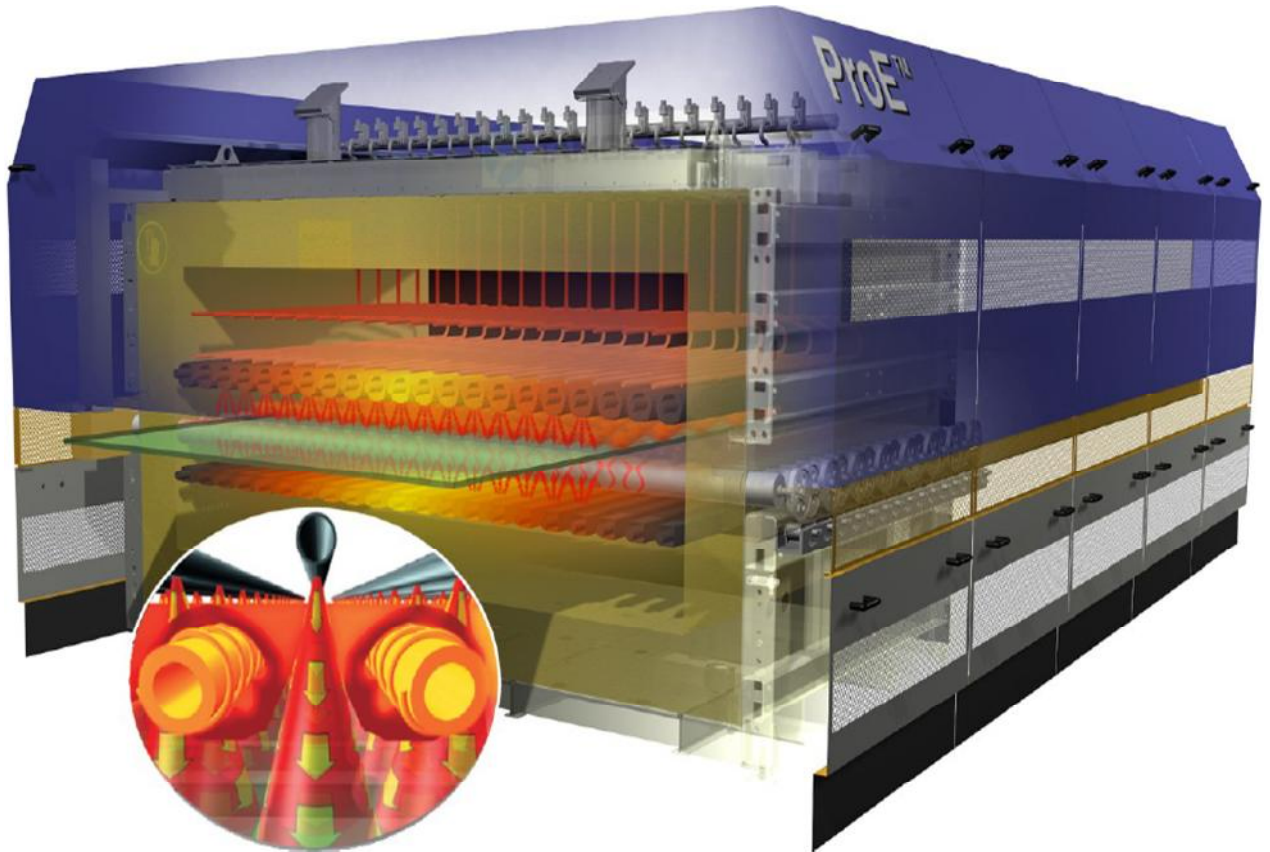


Figure 1.3. Compartiment four

1.5.1. Structure :

Le four possède un bâti en acier et des parois extérieures avec une isolation contre la chaleur à l'intérieur.

Le convertisseur de fréquences du système d'entraînement qui commande le moteur électrique anime les rouleaux de céramique du four.

Au-dessus et au-dessous des rouleaux, il y a des chauffages électriques. Les groupes supérieurs et les groupes inférieurs. Le four est équipé de thermocouples mesurant la température des groupes.

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

1.5.2. Fonction :

Le verre est chauffé dans le four jusqu'à la température souhaitée pour le trempage (Approximativement, 690°...720°C) selon le type et l'épaisseur du verre.

1.5.3. Utilisation :

Le verre est transféré dans le four par un long mouvement de transfert à une vitesse pré-réglée. Au cours de la phase de chauffage.

Le chauffage du verre est accompli par rayonnement. Il est effectué par des radiateurs électriques au-dessus et en dessous du convoyeur.

La température dans le four est automatiquement commandée en conformité avec les paramètres de température réglés et la température mesurée par les thermocouples.

Après la fin du temps de chauffage réglé, le verre est transféré vers la section de trempage et de refroidissement (le refroidisseur).

1.5.4. Eléments chauffants du Four :

Le four est composé de plusieurs groupes de radiateurs, comme le montre la figure suivante:

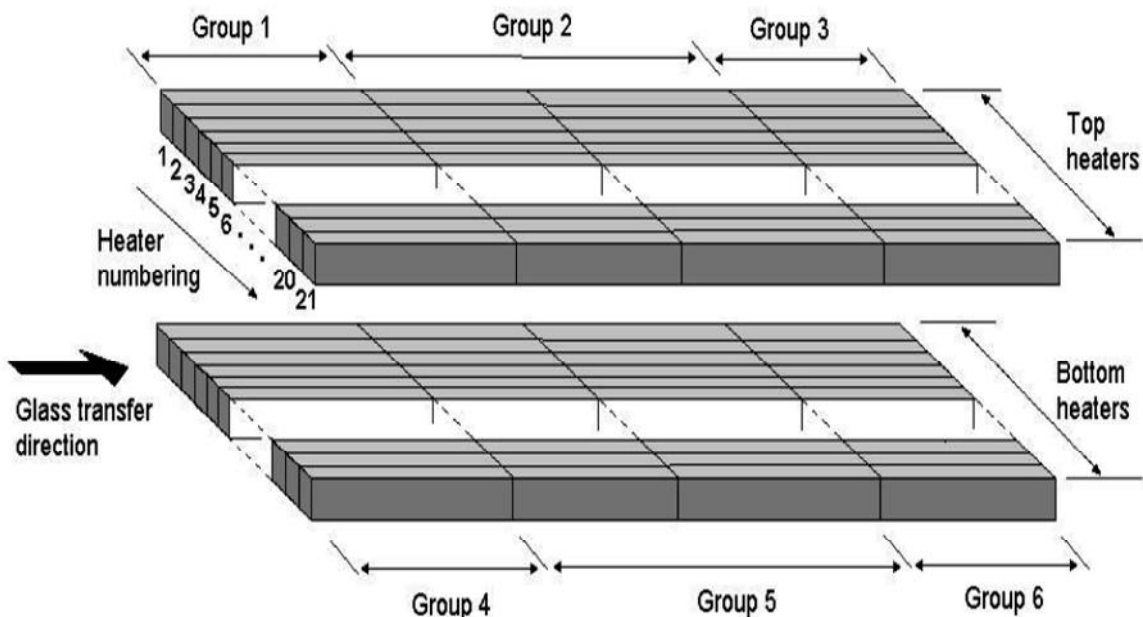


Figure 1.4. Groupes de radiateurs du four

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

- **Numérotation des radiateurs et division des groupes de chauffage**

Group 1 = Groupe 1

Group 2 = Groupe 2

Group 3 = Groupe 3

Group 4 = Groupe 4

Group 5 = Groupe 5

Group 6 = Groupe 6

Heater Numbering = Numérotation du radiateur

Glass Transfer Direction = Sens du transfert du verre

Bottom Heaters = Radiateurs inférieurs

Top Heaters = Radiateurs supérieurs

1.5.5. Paramètres à régler :

Les paramètres de base sont en général des réglages essentiels afin d'effectuer un processus de trempe réussi. Certains de ces paramètres sont en option et doivent être utilisés avec les autres paramètres de base dans les machines possédant des caractéristiques particulières.

Des paramètres avancés peuvent être utilisés en plus des paramètres de base pour le contrôle du processus de trempe des produits difficiles. La disponibilité des paramètres avancés dépend du type de la machine et de la structure des options.

Les paramètres du processus pour la commande du chauffage sont listés ci-dessous:

- Heating Time (Temps de chauffage) ;
- Top Temperature (Température supérieure) ;
- BottomTemperature (Température inférieure).

Chapitre 1 : Présentation et étude du four de trempe

1.5.6. Facteurs affectant les réglages :

Lorsqu'on règle les paramètres de production d'un produit particulier, il y a quelques facteurs qui ont un effet sur les réglages, ci-dessous, la liste des facteurs les plus importants à consulter lorsqu'on règle les paramètres du processus :

- Type de verre (Glass Type) ;
- Épaisseur de verre (Glass Tickets) ;
- Forme de verre(Glass Shape) ;
- Flux de production (Production flow).

1.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, il a été évoqué les différentes étapes du processus de fabrication et de traitement de verre, ainsi que la structure générale du four de trempe. Nous avons eu à spécifier la disposition des éléments chauffants dans la section de chauffage (four) et les différents paramètres à régler.

CHAPITRE 2

Modélisation graphique du Système à l'aide du GRAFCET

Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

2.1. Introduction :

Le GRAFCET (Grphe Fonctionnel de Commande Etape Transition) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement les différents comportements d'un automatisme séquentiel.

Crée par l'AFCEC (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique), le GRAFCET est la synthèse d'une vingtaine de systèmes de description proposés à l'origine (1976).

Sa promotion en a été faite par l'ADEPA (Agence pour le DEveloppement de la Production Automatisée) puis a été acceptée par les instances internationales de normalisation, notamment par le Comité Electrotechnique International (CEI).

De nos jours, les systèmes industriels automatisés s'avèrent de plus en plus complexes, à ce stade les automaticiens utilisent plusieurs outils de description pour la modélisation de ces derniers. Parmi ces outils on retrouve le GRAFCET.

2.2. Domaine d'application du GRAFCET :

Le GRAFCET est destiné à représenter des automatismes logiques séquentiels, c'est-à-dire des systèmes événementiels dans lesquels les informations sont de type booléennes (tout ou rien) ou peuvent s'y ramener (numériques). Le GRAFCET est utilisé généralement pour spécifier et concevoir le comportement souhaité de la partie commande d'un système de commande mais il peut également être utilisé pour spécifier le comportement attendu de la partie opérative ou bien de tout le système de commande.

Destiné à être un moyen de communication entre l'automaticien et son client, le GRAFCET est un outil utilisé pour la rédaction du cahier de charges d'un automatisme. Cependant un des points forts du GRAFCET est la facilité de passer du modèle à l'implantation technologique de celui-ci dans un automate programmable industriel. Le GRAFCET passe alors du langage de spécification au langage d'implémentation utilisé pour la réalisation de l'automatisme. On parle ainsi de GRAFCET de spécification et de GRAFCET de réalisation.

Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

2.3.1. Définition du GRAFCET :

Le GRAFCET également appelé diagramme fonctionnel en séquence permet de spécifier le comportement attendu d'un système de commande, dans notre cas il s'agit de la commande d'un four de trempe en usant d'un automate programmable **SIEMENS S7-300**.

C'est un graphe structuré, associé à des expressions mathématiques représentant les séquences d'opération, il comporte deux types d'éléments graphiques **les étapes** et **les transitions**.

On retrouve plusieurs niveaux d'un Grafcet :

- **Grafcet de niveau 1 :**

Appelé aussi niveau de la partie commande. Il décrit l'aspect fonctionnel du système et les actions à faire par la partie commande en réaction aux informations provenant de la partie opérative indépendamment de la technologie utilisée. Les réceptivités sont décrites en mots et non en abréviation. On associe le verbe à l'infinitif pour les actions.

- **Grafcet de niveau 2 :**

Appelé aussi niveau de la partie opérative, il tient compte de plus de détails des actionneurs, des pré-actionneurs et des capteurs, la représentation des actions et réceptivités son écrites en abréviations et non en mots, on associe une lettre majuscule à l'action et une lettre minuscule à la réceptivité.

- **Grafcet de niveau 3 :**

Dans ce cas on reprend le Grafcet de niveau 2, en affectant les informations aux étiquettes d'entrée de l'automate et les ordres aux étiquettes de sortie de l'automate. Il s'adapte aux caractéristiques de traitement d'un automate programmable industriel donné, de façon à pouvoir élaborer le programme procédé à la mise en œuvre et assurer son évolution.

2.3.2. Eléments de base du GRAFCET :

Le GRAFCET est un diagramme fonctionnel qui reprend le fonctionnement d'une machine, un four de trempe dans notre cas. Dans sa forme générale, le Grafcet est composé de

Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

deux éléments essentiels, **les étapes** qui sont représentées par des carrés, auxquels, on associe les différents comportements (actions) du système, où d'une autre manière, la situation du cycle de fonctionnement pendant laquelle le comportement de l'automatisme demeure constant, **les transitions** repérées par des barres horizontales représentent les réceptivités qui sont des conditions logiques qui déterminent le passage d'un comportement à un autre. On qualifie chaque passage d'un comportement à un autre comme étant le franchissement d'une transition.

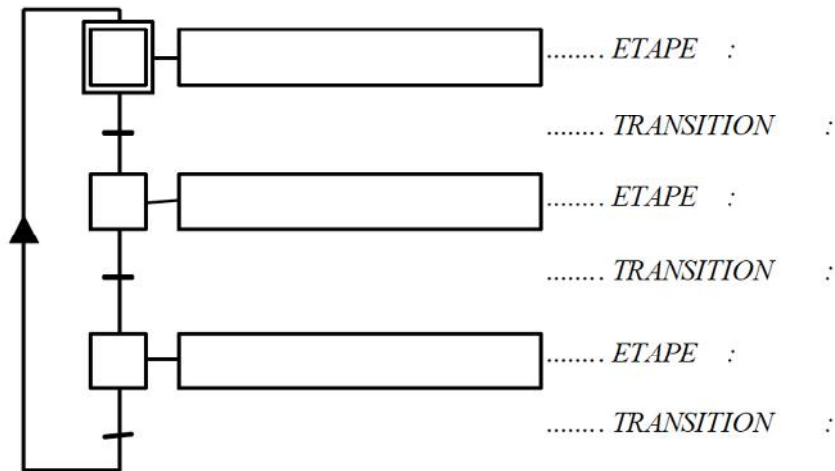
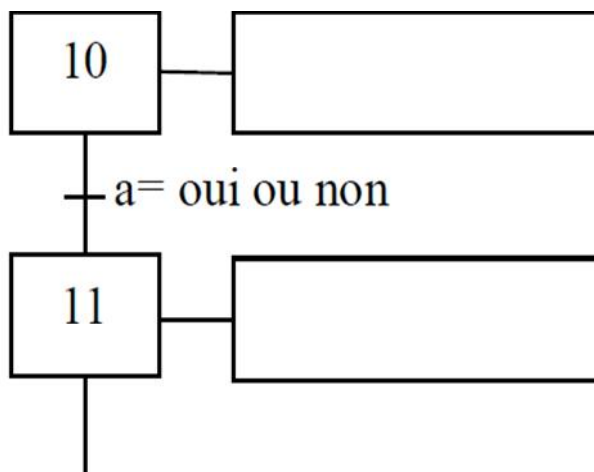


Figure 2.1. Forme générale d'un Grafcet

2.4. Règles d'évolution du GRAFCET:

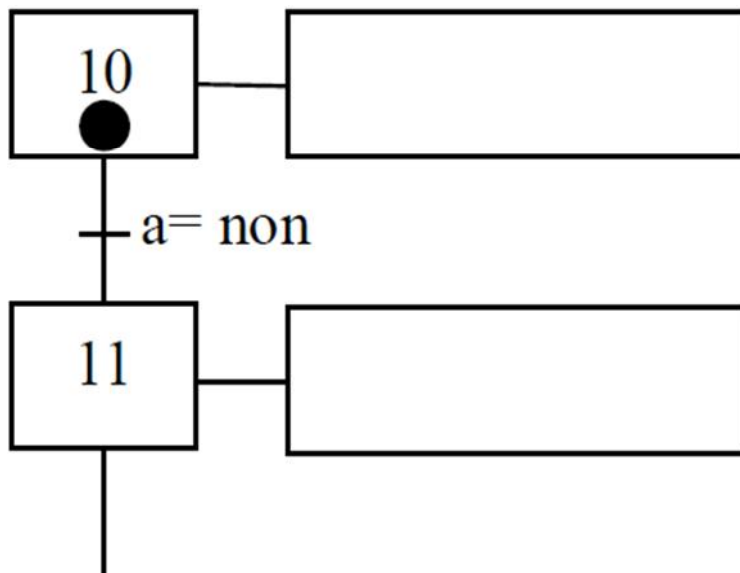
En considérant que l'étape active est celle dans laquelle un point est dessiné, les situations suivantes sont possibles,

- Aucune étape n'est active. Il ne se passe rien quelque soit l'état de la réceptivité

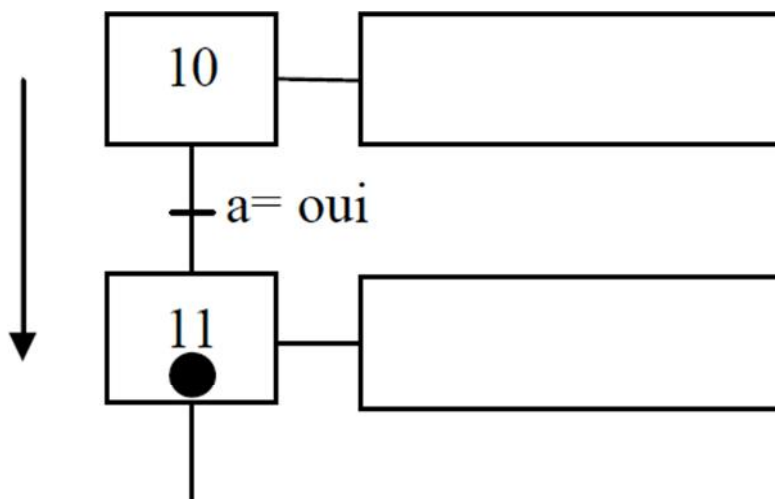


Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

- L'étape 10 est active, la transition est valide mais les conditions représentées par la réceptivité ne sont pas remplies. Les actions liées à l'étape 10 sont exécutées. Le point représenté au niveau de l'étape 10 est une schématisation de l'activation de cette étape.

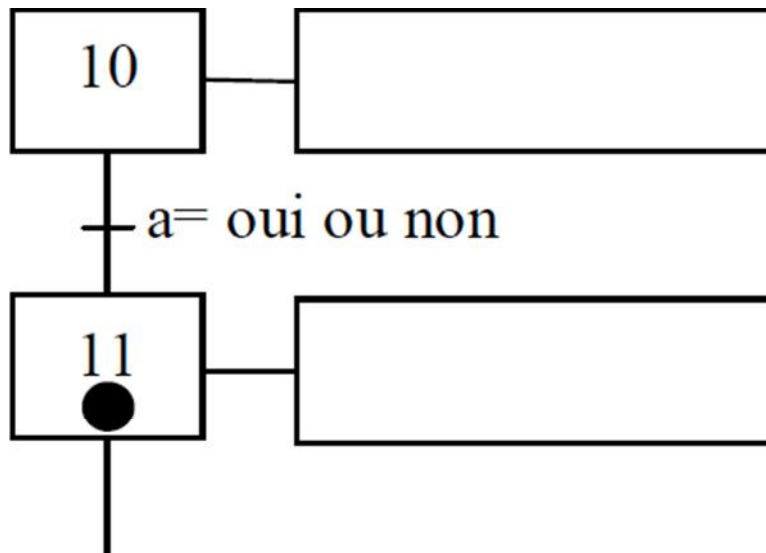


- L'étape 10 est active, les conditions représentées par la réceptivité sont remplies, la transition est franchie. Le passage à l'action suivante est immédiat.



Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

- L'étape 11 est active. Quelque soit l'état de la réceptivité (a) associée à la transition, ce sont les actions liées à l'étape 11 qui sont maintenant exécutées. On dit que le Grafcet n'est pas réceptif à la réceptivité (a).



Les évolutions courantes peuvent être représentées par les structures de base suivantes.

2.5. Elaboration du GRAFCET :

Notre système est composé de deux compartiments un four et un refroidisseur, le chauffage qui représente la première étape du processus de trempe de verre plat, se fait en exécutant les différentes étapes de ce processus tout en respectant un ensemble de contraintes et de conditions, qui seront introduites dans la mémoire de l'automate programmable, de ce fait l'élaboration d'un Grafcet qui décrit ce qui doit être fait par l'ensemble (partie opérative et partie commande), s'avère être une étape primordiale dans notre démarche de régulation du chauffage du four de trempe.

2.5.1. Les entrées/sorties de notre système :

Nous disposons d'un four et d'un convoyeur, le convoyeur qui transporte le verre plat destiné à la trempe, passe au milieu du four, qui est équipé par un ensemble de résistances chauffantes entreposées en longueur, on distingue 21 lignes de résistances, chacune partagée en 3 résistances assemblées en série ($21 \times 3 = 63$ résistances), on désignera par groupe de

Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

résistances chaque colonne de ces 21 lignes ($21 \times 1 = 21$ résistances), ce qui nous mènera au final à une disposition de 3 groupes dans la partie supérieure du four, et identiquement dans la partie inférieure. La commande du chauffage se fait par le biais de 6 contacteurs, chacun relié à un groupe de résistances.

Le convoyeur qui est disposé horizontalement le long du four de trempe, est quant à lui commandé par deux contacteurs directement reliés à un moteur asynchrone à double rotation, afin de permettre un fonctionnement dans les deux sens.

Pour ce qui est des réceptivités, le four est équipé de plusieurs capteurs censés récolter les informations. Nous disposons de deux thermocouples, l'un intégré à la partie supérieure du four et l'autre à la partie inférieure. Ces derniers transmettront à l'automate les informations liées à la température lors du processus de chauffage, en plus d'un capteur de fin de course que l'on retrouve sur l'extrémité du four, à proximité du refroidisseur.

Afin d'assurer le bon fonctionnement du processus de chauffage, nous devrions minimiser les fuites de chaleur vers l'extérieur, ceci en fermant les deux parois du four à l'aide de deux vérins commandés par deux électrovannes chacun.

Le système est doté d'une cheminée commandé à l'ouverture et à la fermeture, par deux électrovannes directement reliées à un vérin.

La mise en marche du processus est commandée par un bouton poussoir "Marche", en plus d'un bouton poussoir "Arrêt d'urgence", utilisable dans les situations dangereuses.

Enfin, nous utiliserons un temporisateur, afin de déterminer le moment exact de l'arrêt du processus de chauffage.

2.5.2. Fonctionnement du four :

L'appui sur le bouton poussoir "Marche" entrainera l'ouverture des deux parois du four, la fermeture de la cheminée ainsi que la mise en marche des 6 groupes du four, le convoyeur transportant le verre destiné à la trempe, sera mis en marche, le convoyeur s'arrêtera, dès que le capteur de fin de course disposé à l'extrémité du four aura détecté le premier verre, suivra la fermeture des deux parois. La temporisation sera exécutée une fois les capteurs de fin de course des trois vérins seront excités (cheminée et parois fermées). Le chauffage des résistances (excitations des 6 contacteurs reliés aux groupes) se poursuivra jusqu'à ce que la température captée par les thermocouple sera égale à la consigne initialement indiquée par l'opérateur.

Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

Une fois le temps de chauffage atteint, l'automate ordonnera l'extinction des 6 groupes, ainsi que l'ouverture des deux parois du four. Dès que les capteurs de fin de course des deux vérins seront excités (parois ouvertes), le convoyeur se remet en marche, transportant ainsi le verre chauffé vers le refroidisseur.

2.5.3. Les contraintes du processus de chauffage :

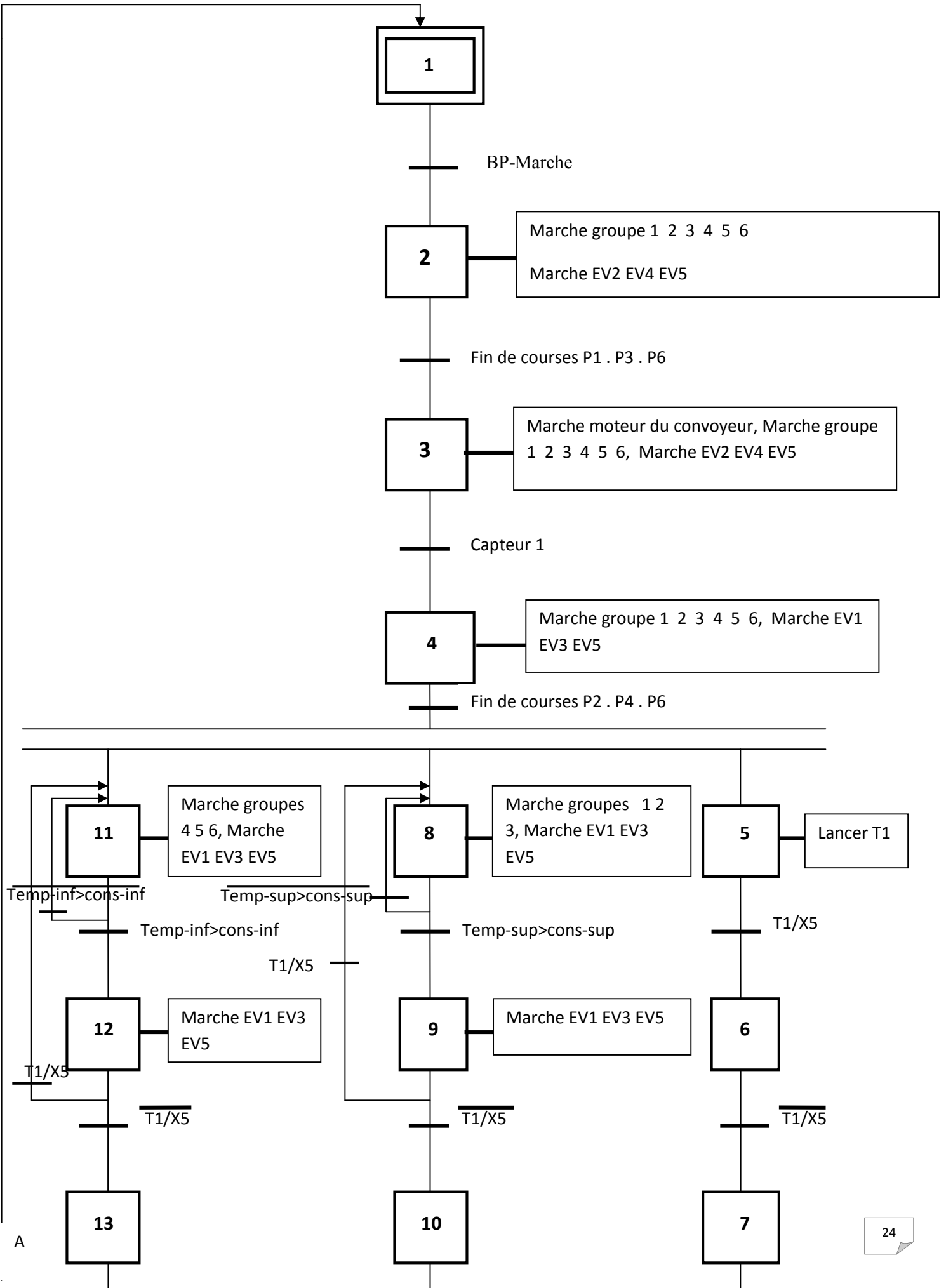
Nous citerons l'ensemble des contraintes à respecter afin d'assurer un bon fonctionnement :

- Le convoyeur ne sera mis en marche que si les deux parois du four sont ouvertes afin d'éviter tout écrasement du verre contre l'une des parois.
- La cheminée doit être fermée dès l'appui sur le bouton poussoir marche.
- Les deux parois ne seront fermées que lorsque le verre aura atteint l'extrémité du four. Excitation du capteur de fin de course.
- La temporisation sera lancée, dès la fermeture des deux parois.
- Si la température supérieure mesurée dépasse la consigne supérieure précédemment désignée par l'opérateur, l'automate devra ordonner l'arrêt des 3 groupes supérieures.
- Si la température inférieure mesurée dépasse la consigne inférieure précédemment désignée par l'opérateur, l'automate devra ordonner l'arrêt des 3 groupes inférieurs.
- L'automate exécutera les deux étapes précédentes jusqu'à la fin de la temporisation.
- Une fois la temporisation terminée, l'automate mettra fin au fonctionnement des 6 groupes, et ordonnera l'ouverture des deux parois et la cheminée.
- Le convoyeur se mettra en marche dans la direction du refroidisseur, une fois les parois seront en position ouvertes, excitations des capteurs de fin de course.

2.5.4. Modélisation graphique du système à l'aide du Grafcet :

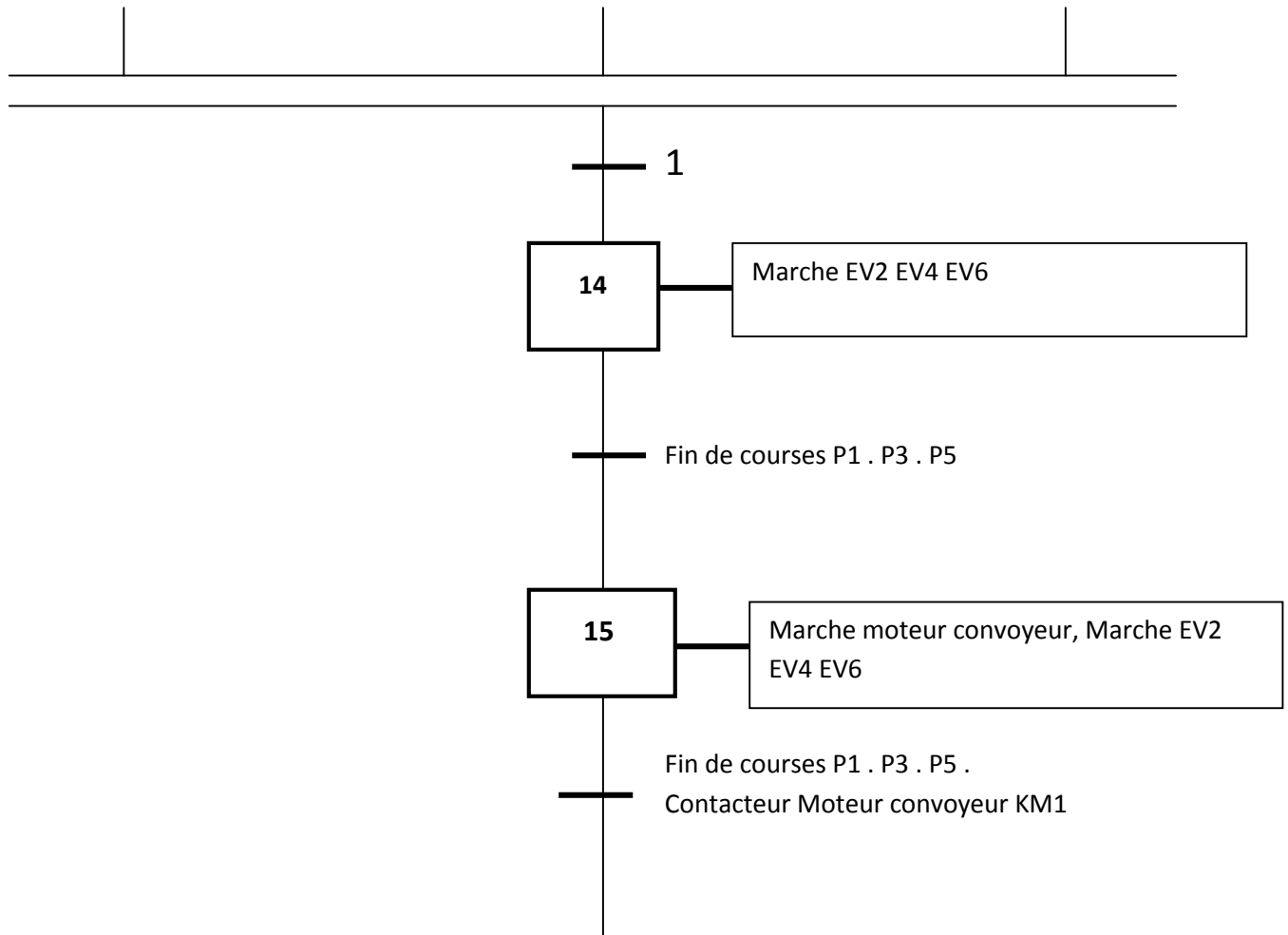
- Ci-dessous le Grafcet de niveau 1 de notre four de trempe :

Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET



Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

A



Chapitre 2 : Modélisation graphique du système à l'aide du GRAFCET

2.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons défini le GRAFCET, ses différents composants, ainsi que les règles d'évolution qui le régissent, ensuite nous avons déterminé les différentes entrées/sorties de notre système, ainsi que son fonctionnement, afin de le modéliser graphiquement sous Grafset.

CHAPITRE 3

Généralités sur les automates programmables industriels

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

3.1.Introduction :

La logique séquentielle met en œuvre des unités de traitement électroniques pour effectuer le traitement des données. Le fonctionnement des équipements réalisés selon cette technique n'est pas défini par un schéma comme en logique câblée, mais par un programme chargé dans la mémoire de l'unité de traitement.

L'automate programmable ou système d'automatisation est un appareil qui commande un processus. Par exemple une machine à imprimer pour l'impression de journaux, une installation de remplissage de ciment, une presse pour le moulage de formes plastiques sous pression, etc. Ceci est possible grâce aux instructions d'un programme stocké dans la mémoire de l'appareil.

3.2. Automate programmable industriel :

3.2.1. Présentation d'un automate programmable industriel :

L'automate programmable industriel est la pièce maîtresse du processus d'automatisation. Il permet de résoudre à moindre coût les tâches d'automatisation les plus diverses. L'automate a pour fonction de commander les opérations d'une machine ou d'une installation en fonction d'une séquence fonctionnelle prédéfinie dépendant des signaux de capteurs.

3.2.2. Structure interne d'un automate programmable industriel:

Les automates programmables sont des appareils fabriqués en série conçus indépendamment pour une tâche précise. Tous les éléments logiques, fonctions de mémoire, temporisations, compteurs etc., nécessaires à l'automatisation sont prévus par le fabricant et sont intégrés à l'automate.

Eléments internes d'un automate programmable :

1. Unité centrale ;
2. Module d'alimentation ;
3. Module de communication ;
4. Module d'entrées ;
5. Module de sorties.

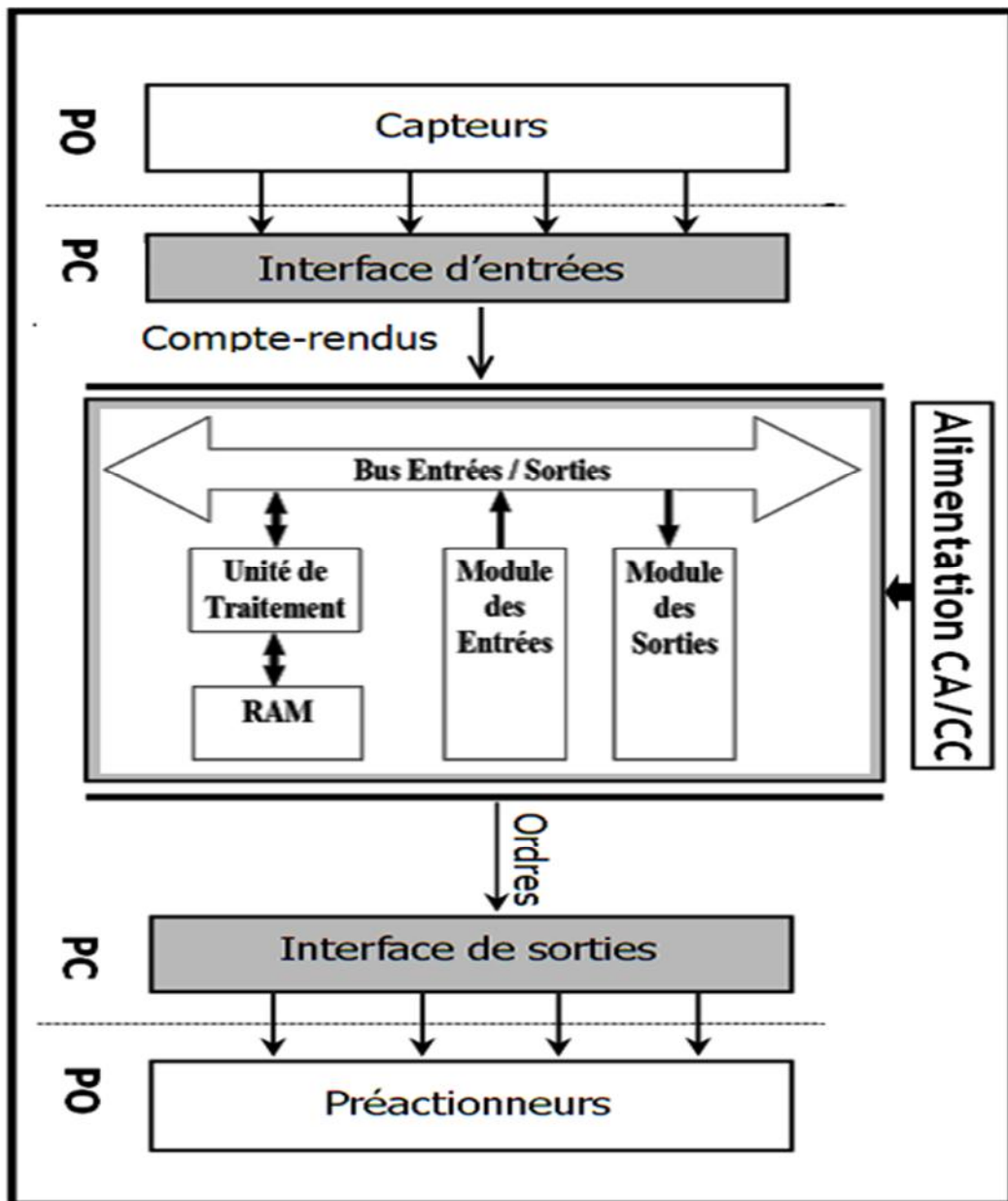


Figure 3.1. Structure interne d'un automate programmable

1. Unité centrale : elle est le regroupement du processeur et de la mémoire centrale. Elle s'occupe de l'interprétation et l'exécution des instructions du programme. Les instructions sont exécutées l'une après l'autre.

2. Module d'alimentation : composé de blocs qui permettent de fournir à l'automate l'énergie nécessaire à son fonctionnement, à partir d'une alimentation en 220V alternatif, ces blocs délivrent des sources de tension dont l'automate a besoin : 24V, 12V, ou 5V en continu.

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

Dans certains automates, l'énergie de puissance pour la commande des actionneurs est fournie par l'alimentation interne de l'automate. Pour d'autres cette énergie est fournie par une alimentation externe.

3. Module de communication : il a pour rôle de gérer la communication dans l'unité centrale (CPU).

Lors d'une transmission :

- Réceptionner les informations à transmettre à partir de la CPU.
- Transfert des données vers le bus en respectant les règles définies dans la protocole.

Lors d'une réception :

- Décoder le message.
- Vérifier si le message ne contient pas d'erreurs.
- Informer et transférer les informations reçues vers la CPU.

4. Module d'entrées : il transforme les signaux provenant des capteurs et des ordres de l'opérateur en signaux compréhensibles par l'automate. Le processeur stocke ensuite ces informations dans la mémoire de données image des entrées afin de les mémoriser. Les entrées sont de nature (logique, analogique).

5. Module de sorties : il transmet aux pré actionneurs et aux dispositifs de dialogue les ordres de commande et de signalisation résultants de l'exécution du programme. Les sorties sont de nature (logique, analogique).

3.2.3. Fonctionnement d'un automate programmable :

L'automate lors de son fonctionnement exécute le programme séquentiel, qui commence par l'acquisition des entrées issues de capteurs sur l'état du processus, et se termine par l'envoi des ordres aux pré actionneurs.

3.3. Définition d'un système automatisé :

Un système Automatisé est un système qui exécute toujours le même travail pour lequel il a été programmé.

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

Pour faire fonctionner ce système, l'opérateur (personne qui va faire fonctionner le système) va donner des consignes à la partie commande. Celle-ci va traduire ces consignes en ordres qui vont être exécutés par la partie opérative. Une fois les ordres accomplis, la partie opérative va le signaler à la partie commande (elle fait un compte-rendu) qui va à son tour le signaler à l'opérateur. Ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé.

Dans un système automatisé, l'énergie nécessaire à la transformation du produit est fournie par une source extérieure. Un automate dirige la succession des opérations. L'homme surveille le système et peut dialoguer avec lui par le biais d'une interface homme-machine.

3.4. Structure générale d'un système automatisé :

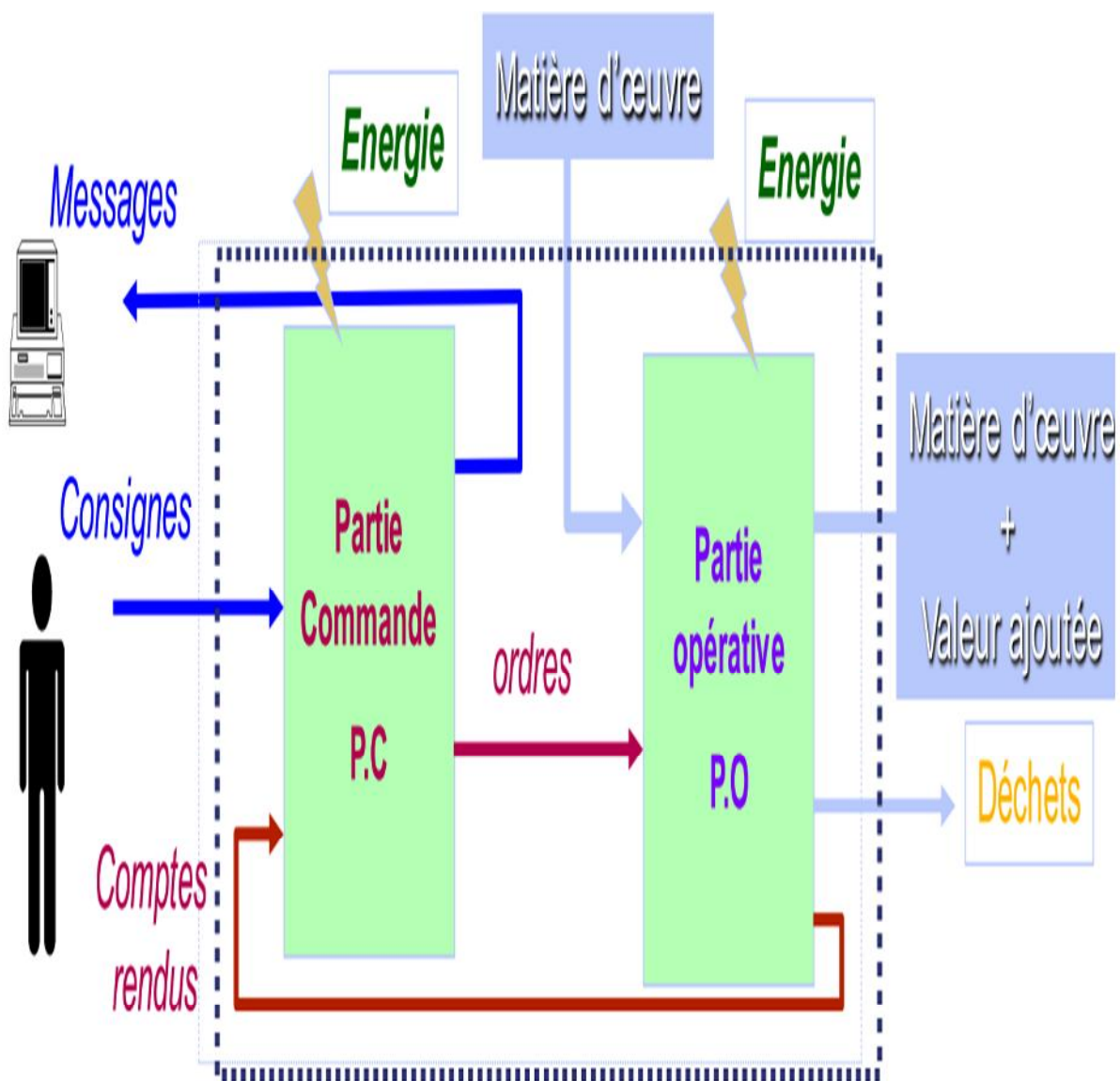


Figure 3.2. Structure générale d'un système automatisé

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

3.4.1. Partie commande :

Elle est en général composée d'ordinateurs, de mémoires et de programmes.

Elle transmet les ordres aux actionneurs à partir :

- Du programme qu'elle contient ;
- Des informations reçues par les capteurs ;
- Des consignes données par l'opérateur.

3.4.2. Partie opérative :

Elle consomme de l'énergie électrique, pneumatique (air) ou hydraulique (eau ou huile).

Elle contient :

- Des capteurs, qui transforment les variations des grandeurs physiques en signaux électriques (température, luminosité,...) ;
- Des actionneurs, qui transforment l'énergie reçue en énergie utile (vérin, moteur, voyant,...).

A. Les actionneurs :

Ils convertissent l'énergie d'entrée disponible sous une certaine forme (électrique, pneumatique, hydraulique) en une énergie utilisable sous une autre forme, par exemple :

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



Figure 3.3. Résistance électrique



Figure 3.4. Vérin pneumatique

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

B. Les pré actionneurs :

Ils reçoivent les signaux de commande et réalisent de puissance avec les actionneurs. Les pré actionneurs des moteurs électriques sont appelés contacteurs, les pré actionneurs des vérins sont appelés distributeurs (à commande électrique ou pneumatique).



Figure 3.5. Distributeur d'air



Figure 3.6. Contacteur électrique

C. Les capteurs :

Ce sont les éléments qui communiquent à la partie commande les informations sur la position d'un mobile, la vitesse, la présence d'une pièce, la pression..., on distingue :

- Les capteurs TOR (tout ou rien), qui délivrent un signal de sortie logique, c'est à dire 1 ou 0.
- Les capteurs numériques, ou incrémentaux, qui, associés à un compteur, délivrent des signaux de sortie numériques.
- Les capteurs analogiques, ou proportionnels, qui permettent de prendre en compte la valeur réelle d'une grandeur physiques.



Figure 3.7. Capteur de température

3.5. Automate Programmable Industriel S7-300 :

3.5.1. Présentation du S7-300 :

L'automate S7-300 est constitué d'une alimentation, d'une CPU (unité centrale) et d'un module d'entrées ou de sorties. A ceux-ci peuvent s'ajouter des processeurs de communication et des modules de fonction qui se chargeront de fonctions spéciales, telles que la commande d'un moteur.

L'automate programmable contrôle et commande une machine ou un processus à l'aide du programme S7. Les modules d'entrées/sorties sont adressés dans le programme S7 via les adresses d'entrée et adresses de sortie.

Dans notre travail, on a utilisé l'automate **SIEMENS S7-300**, qui est utilisé pour des solutions innovantes dans les technologies de fabrication, en particulier pour l'industrie automobile, la construction mécanique en général et en particulier pour la construction de machines spéciales et la production en série de machines. Dans notre cas, on l'a utilisé pour réguler le fonctionnement d'un four de trempe de verre plat.



Figure 3.8. Automate programmable S7-300

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

3.5.2. Avantages du S7-300 :

- La gamme de S7-300 de CPU fournit la bonne solution pour chaque application, et les clients ne paient que pour la performance réellement nécessaire pour une tâche spécifique.
- Le S7-300 peut être mis en place dans une configuration modulaire, sans la nécessité de règles d'emplacement pour les modules d'E / S.
- La vitesse de traitement est élevée, les CPU permettent de courtes durées de cycle de la machine.

3.6. SIMATIC Manager :



Figure 3.9. Logiciel SIMATIC MANAGER

3.6.1. Qu'est-ce que STEP 7 ?

Ce logiciel est destiné à la programmation des automates Siemens. Le logiciel STEP 7 permet de concevoir, configurer, programmer, tester, mettre en service et maintenir les systèmes d'automatisation SIMATIC.

STEP 7 intègre en particulier les outils suivants :

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

- Tous les langages de programmation pour automates programmables: schémas contact, logigrammes, listes d'instructions, graphes séquentiels (S7-GRAPH) et langages structurés (S7-SCL).
- Le logiciel de simulation automate S7-PLCSIM pour la mise au point de programmes sans disposer des automates cible.
- Outil de configuration graphique des composants matériels et des réseaux de Communication.

3.6.2. Blocs et Langages de programmation STEP 7 :

Pour créer des programmes S7, trois langages de programmation CONT, LIST ou LOG sont utilisés. Ces langages disposent d'un éditeur de programme et utilisent plusieurs types de bloc comme l'indique le tableau suivant :

<i>Bloc</i>	<i>Désignation</i>	<i>Rôle</i>
OB	<i>Bloc d'Organisation</i>	constitue l'interface entre le système d'exploitation de la CPU S7 et le programme utilisateur. C'est ici qu'est défini l'ordre d'exécution des blocs du programme utilisateur
FB	<i>Bloc Fonctionnel</i>	Est un bloc de code à données statiques. il dispose d'une mémoire, il est possible d'accéder à ses paramètres depuis n'importe quelle position du programme utilisateur
FC	<i>Fonction</i>	Les sont des blocs de code sans mémoire. De ce fait, il faut que les valeurs calculées soient traitées aussitôt après l'appel de la fonction
DB	<i>Bloc de Données</i>	Est une zone servant à mémoriser les données utilisateur. On distingue les DB globaux auxquels tous les blocs de code ont accès et les DB d'instance qui sont associés à un appel de FB déterminé
UDT	<i>Type de Données Utilisateur</i>	Est un type complexe défini par l'utilisateur au besoin et qui est réutilisable. Un type de données utilisateur peut servir à générer plusieurs blocs de données de même structure. Les UDT s'emploient comme des blocs.

figure 3.10. Type de bloc S7

Les langages de programmation **CONT**, **LIST** et **LOG**, font partie intégrante du logiciel de base, dans le travail effectué lors de ce stage pratique, on a utilisé le langage de programmation CONT.

- Le langage contacts (CONT) est un langage de programmation graphique, la syntaxe des instructions fait penser aux schémas de circuits électriques. Le langage CONT permet de suivre facilement le trajet du courant entre les barres d'alimentation en passant par les contacts.

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

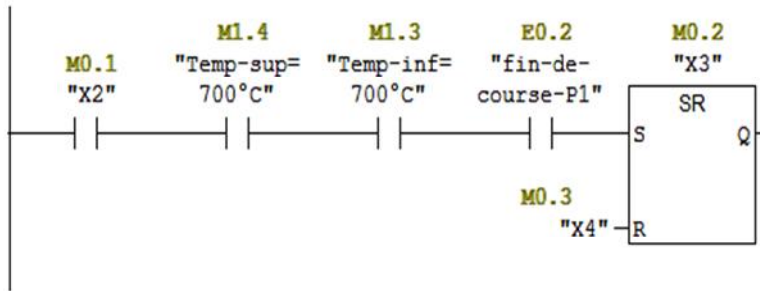


Figure 3.11. Langage contact (CONT)

- Le langage liste d'instruction (LIST) est caractérisé par sa forme textuelle, il est aussi le langage le plus proche du langage machine, les différentes instructions correspondent, dans une large mesure, aux étapes par lesquelles la CPU traite le programme, ainsi ce langage demande plus d'expérience.

```

U(
U      E      0.0
U      E      0.1
U      E      0.2
O      E      0.3
)
UN     E      0.4
=      A      10.0
    
```

Figure 3.12. Liste d'instruction (LIST)

- Le logigramme (LOG) est une représentation graphique qui fait appel à des symboles de la logique de Boole, les fonctions de ce langage sont représentées par des symboles avec indicateur de fonction, les entrées sont disposées à gauche et les sorties à droite.

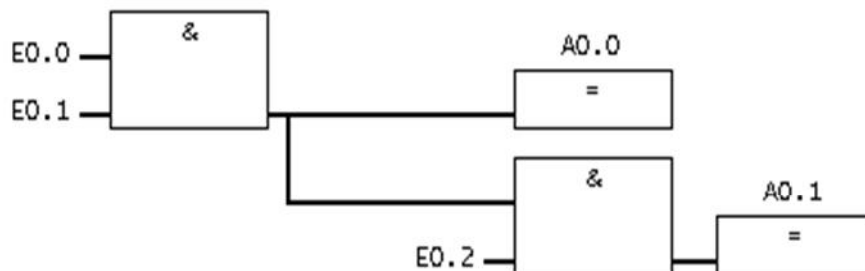


Figure 3.13. Logigramme (LOG)

3.6.3. Mnémoniques STEP 7 :

Les mnémoniques sont toutes les entrées, sorties et tous les marqueurs pris dans la liste des mnémoniques, ainsi que tous les blocs de données globaux des programmes S7 associés.

3.6.4. Simulateur des programmes S7-PLCSIM

- Dans S7-PLCSIM, le programme utilisateur STEP 7 est exécuté et sera essayé dans un automate programmable simulé. La simulation étant réalisée entièrement dans le logiciel STEP7, l'utilisateur n'a pas besoin de matériel S7.
- *S7-PLCSIM*, exécute la simulation des programmes utilisateur *STEP7* qui ont été développés pour les automates S7-300 et S7-400.
- *S7-PLCSIM* offre une interface simple au programme utilisateur *STEP7* servant à visualiser et à modifier différents objets tels que les variables d'entrée et de sortie.
- *S7-PLCSIM* offre une interface utilisateur graphique permettant de visualiser et de modifier les variables de ces programmes, d'exécuter en mode Cycle unique ou Cycle continu.
- *S7-PLCSIM* comprend également un objet COM appelé *S7ProSim* pour accéder par programme à un système cible simulé.

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

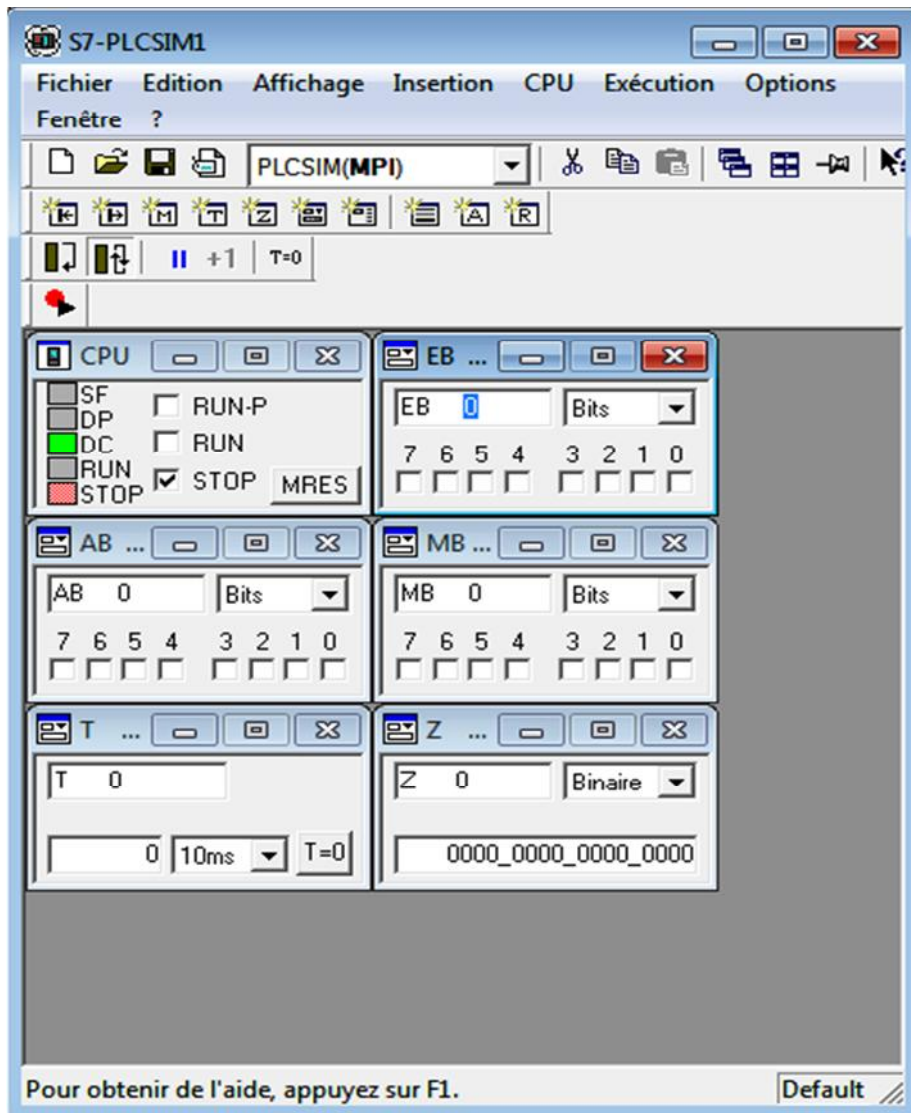


Figure 3.14. Interface du simulateur des programmes S7-PLCSIM

3.7. SIMATIC WinCC flexible :



Figure 3.15. SIMATIC WinCC flexible

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

3.7.1. Introduction à SIMATIC HMI :

Les processus sont de plus en plus complexes, et les exigences pour les machines augmentent, l'interface homme-machine (HMI) fournit cette transparence.

Le système HMI représente l'interface entre l'homme (opérateur) et le processus (Machine / installation). Le PLC est l'unité réelle qui contrôle le processus. Par conséquent, il existe une interface entre l'opérateur et WinCC flexible (au pupitre) et une interface entre WinCC flexible et l'automate. Un système HMI assume les tâches suivantes :

- **La visualisation de processus :**

Le processus est visualisé sur le pupitre opérateur. L'écran sur le pupitre opérateur est mis à jour dynamiquement. Ceci est basé sur les transitions du procédé.

- **Le contrôle de l'opérateur du processus :**

L'opérateur peut contrôler le processus par le biais de l'interface graphique. Par exemple, l'opérateur peut présélectionner des valeurs de référence pour les contrôles ou démarrer un moteur.

- **L'affichage des alarmes :**

Les états critiques du processus déclenchent automatiquement une alarme, par exemple, lorsque la valeur de consignes est dépassée.

- **L'archivage des valeurs du processus et des alarmes :**

Le système HMI peut connecter les alarmes et les valeurs du processus. Cette fonction permet de vous connecter aux séquences du processus et de récupérer les données des productions antérieures.

- **La gestion des processus et des paramètres de la machine :**

Le système HMI peut stocker les paramètres du processus et des machines dans les recettes.

Par exemple, vous pouvez télécharger ces paramètres en un seul passage du pupitre opérateur à la PLC pour changer les paramètres de la production.

3.7.2. WinCC flexible :

WinCC flexible est le logiciel HMI pour l'automatisation orientée. SIMATIC WinCC flexible combine les avantages suivants :

Chapitre 3 : Généralités sur les automates programmables industriels

- Utilisation facile ;
- Transparence ;
- Flexibilité.

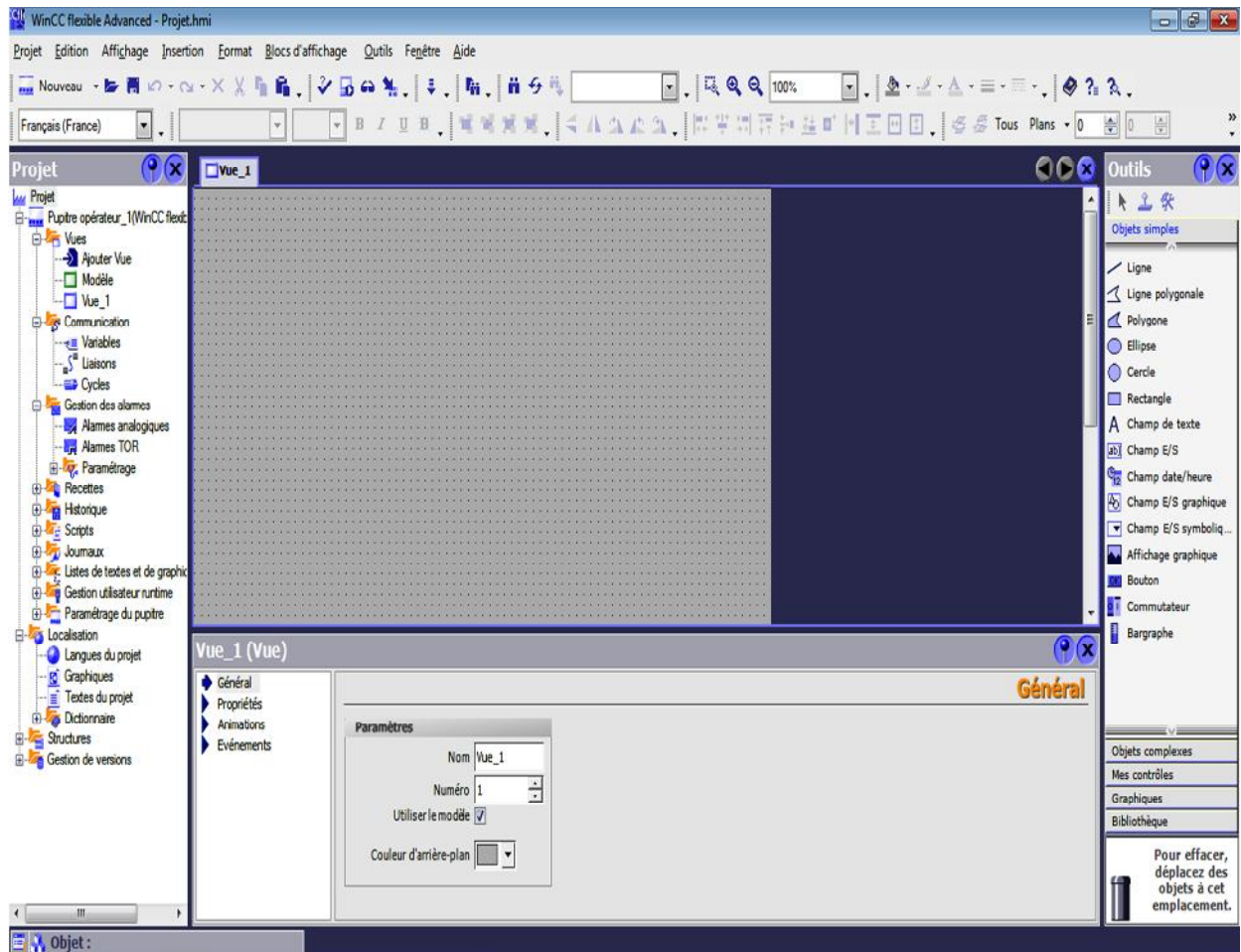


Figure 3.16. Espace de travail WinCC flexible

3.7.3. Composants de WinCC flexible

- **Système d'ingénierie WinCC flexible :**

Le Système d'ingénierie WinCC flexible est le logiciel qui gère la configuration des tâches.

- **WinCC flexible Runtime :**

WinCC flexible Runtime sert à visualiser le processus

- **Options WinCC flexible :**

Les options WinCC flexible vous permettent d'étendre la fonctionnalité standard de WinCC flexible.

3.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, il a été évoqué l'apport de l'utilisation des automates programmables industriels dans l'automatisation des procédés.

Nous avons présenté la structure des systèmes automatisée, ainsi que la structure des automates programmables industriels, enfin nous avons défini les différents logiciels de programmation utilisés lors de la réalisation de ce travail.

CHAPITRE 4

Développement du programme et supervision

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

4.1. Introduction :

Cette dernière étape consiste à concevoir le programme qui pilotera notre processus, ce dernier sera implanté dans l'automate S7-300.

Dans ce dernier chapitre, nous allons décrire les différentes étapes suivies afin de réaliser le programme, sa simulation ainsi que l'interface homme-machine.

4.2. Réalisation du programme :

Les logiciels et différents outils SIMATIC utilisés lors de la réalisation du programme, ont été définis dans le chapitre précédent.

4.2.1. Création du projet dans SIMATIC Manager :

Afin de créer un nouveau projet STEP7, on utilise "l'assistant de création de nouveaux projets".

Dans l'assistant de création de nouveau projet, nous sommes appelés à choisir la CPU avec laquelle nous allons travailler. Ensuite, nous allons choisir les blocs de programmation et enfin attribuer un nom à notre projet. Pour notre cas, nous avons opté pour la CPU314 et nous avons travaillé avec le bloc organisationnel OB1.

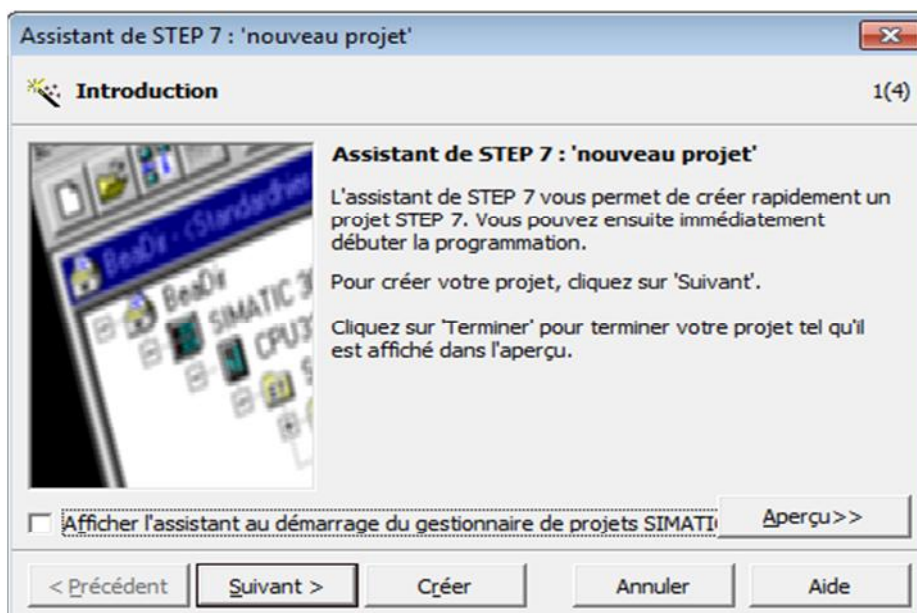


Figure 4.1. Assistant de nouveau projet

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

4.2.2. Configuration matérielle :

Nous avons ajouté à l'automate S7-300 doté d'une CPU314, la configuration matérielle suivante :

- Châssis "RACK-300" ;
- Une alimentation PS 307 5A;
- 2 modules entrées/sorties de 16 entrées/16sorties chacun "DI16/DO16*24V/0.5A";
- 1 module d'entrées analogiques de 8 entrées "AI8*12bit";
- 1 module de sorties analogiques de 8 sorties "AO8*12bit".

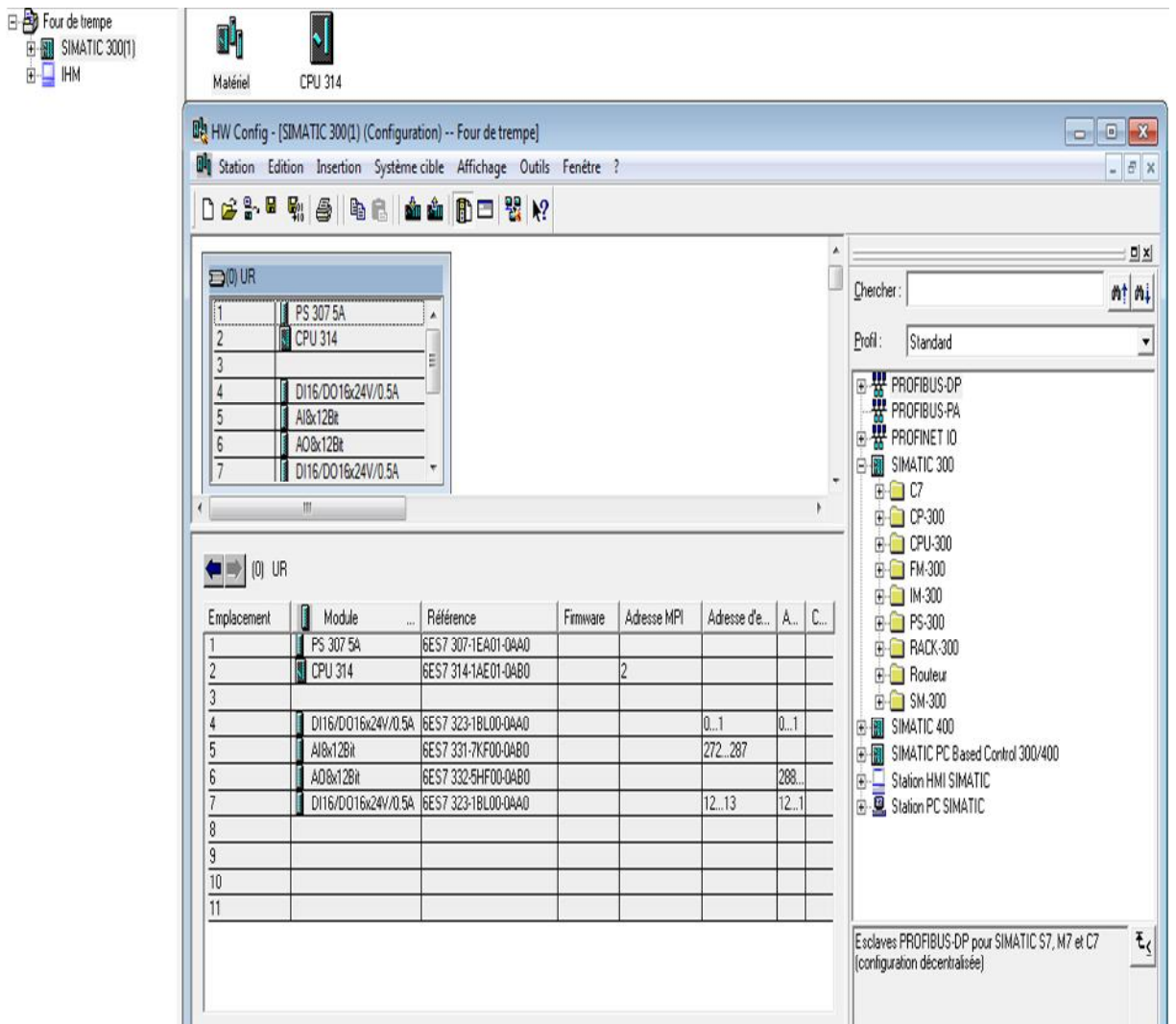


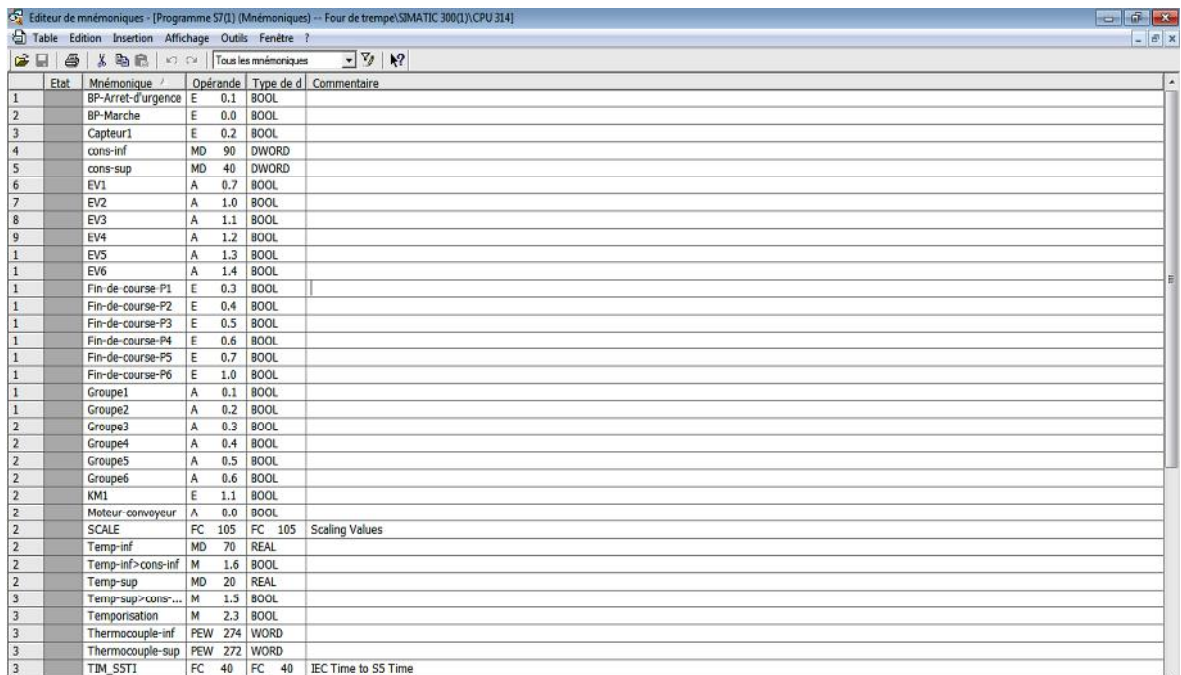
Figure 4.2. Configuration matérielle

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

4.2.3. Création de la table des mnémoniques :

Notre processus contient différentes entrées/sorties, on distingue les réceptivités émises par les capteurs à notre automate, qui représentent des entrées, et les pré actionneurs qui reçoivent les ordres émis par l'automate, et qui représentent les sorties.

L'ensemble de ces variables qu'on nomme mnémoniques peuvent être analogiques ou TOR (tout ou rien), et pour les différencier, on attribue à chacune d'elle un adressage et un nom ou une abréviation, ces derniers sont établis sur une table des mnémoniques.



	Etat	Mnémonique	Opérande	Type de d	Commentaire
1		BP-Arrêt-d'urgence	E 0.1	BOOL	
2		BP-Marche	E 0.0	BOOL	
3		Capteur1	E 0.2	BOOL	
4		cons-inf	MD 90	DWORD	
5		cons-sup	MD 40	DWORD	
6		EV1	A 0.7	BOOL	
7		EV2	A 1.0	BOOL	
8		EV3	A 1.1	BOOL	
9		EV4	A 1.2	BOOL	
1		EV5	A 1.3	BOOL	
1		EV6	A 1.4	BOOL	
1		Fin-de-course-P1	E 0.3	BOOL	
1		Fin-de-course-P2	E 0.4	BOOL	
1		Fin-de-course-P3	E 0.5	BOOL	
1		Fin-de-course-P4	E 0.6	BOOL	
1		Fin-de-course-P5	E 0.7	BOOL	
1		Fin-de-course-P6	E 1.0	BOOL	
1		Groupe1	A 0.1	BOOL	
1		Groupe2	A 0.2	BOOL	
2		Groupe3	A 0.3	BOOL	
2		Groupe4	A 0.4	BOOL	
2		Groupe5	A 0.5	BOOL	
2		Groupe6	A 0.6	BOOL	
2		KM1	E 1.1	BOOL	
2		Moteur-convoyeur	A 0.0	BOOL	
2		SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
2		Temp-inf	MD 70	REAL	
2		Temp-inf>cons-inf	M 1.6	BOOL	
2		Temp-sup	MD 20	REAL	
3		Temp-sup>cons-...	M 1.5	BOOL	
3		Temporisation	M 2.3	BOOL	
3		Thermocouple-inf	PEW 274	WORD	
3		Thermocouple-sup	PEW 272	WORD	
3		TIM_S5T1	FC 40	FC 40	IEC Time to S5 Time

Figure 4.3. Table des mnémoniques

4.2.4. Elaboration du programme Step7 :

Nous avons créé notre programme dans le bloc organisationnel OB1, en choisissant le langage contact, nous avons réalisé la mise en équation des différentes étapes du Grafcet réalisé.

La formule utilisée est : $X_n = (X_{n-1} * T_n + X_n) \overline{X_{n+1}}$

X_n : étape en cours;

X_{n-1} : étape précédente;

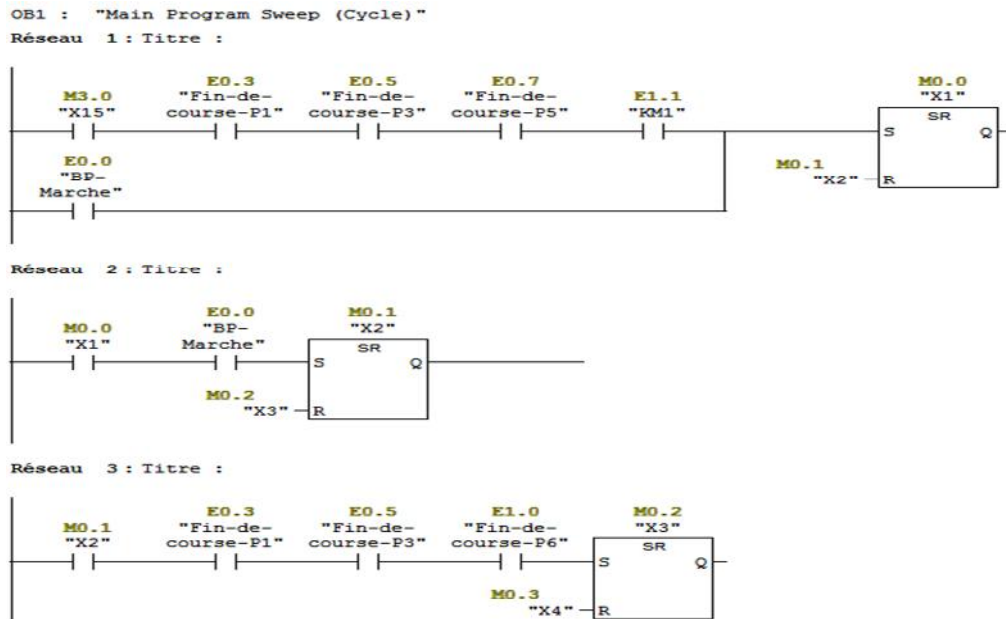
Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

Tn : La transition ayant activé l'étape Xn après son franchissement;

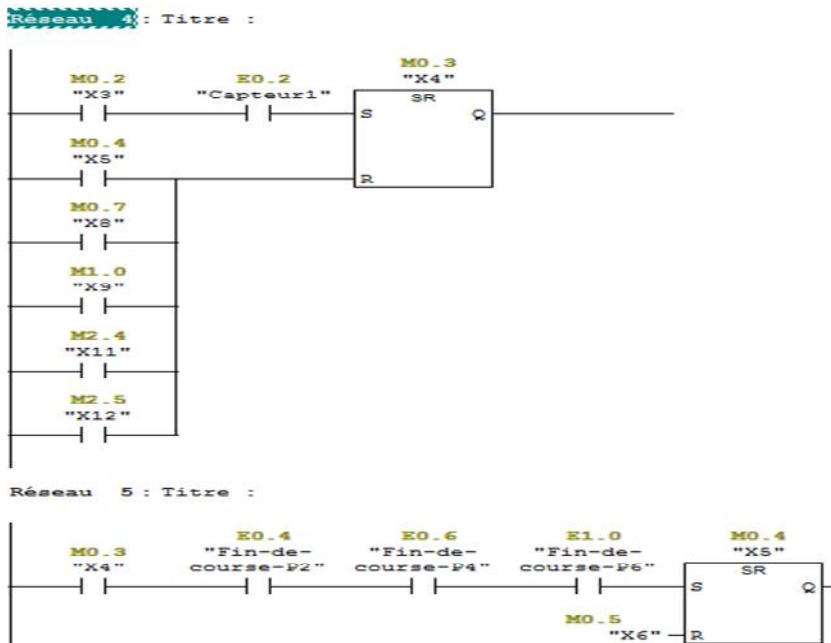
$\overline{X_{n+1}}$: La négation de l'étape suivante, (si $X_{n+1} = 1$, alors $\overline{X_{n+1}} = 0$).

L'utilisation de cette méthode nous a conduits à programmer en utilisant la bascule "SR".

- Programmation des étapes
- X1, X2, X3



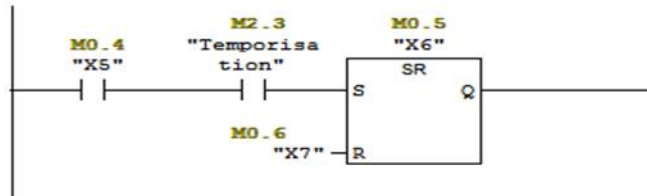
- X4, X5



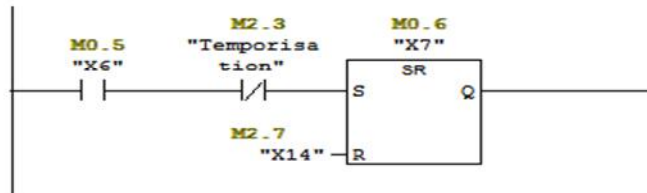
Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

- X6, X7, X8

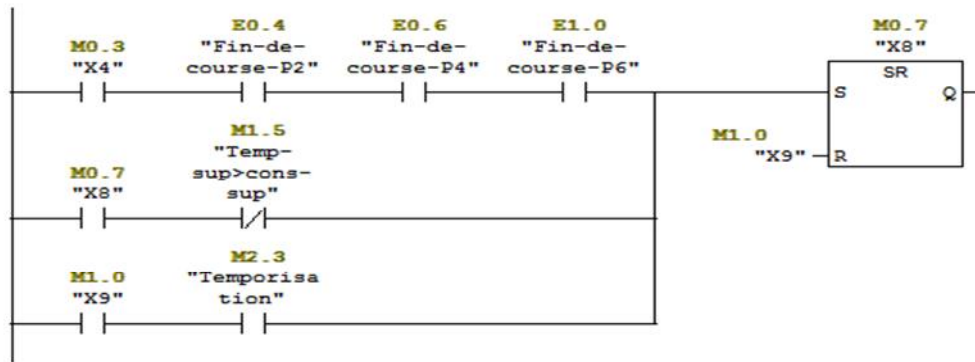
Réseau 6 : Titre :



Réseau 7 : Titre :

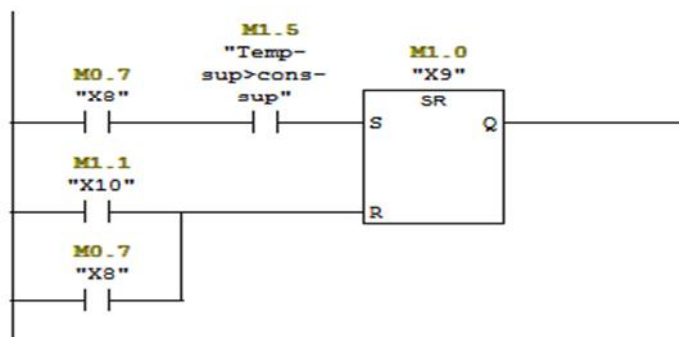


Réseau 8 : Titre :

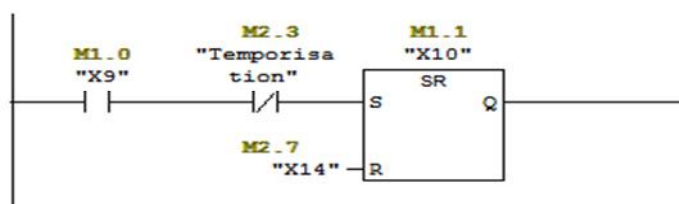


- X9, X10

Réseau 9 : Titre :



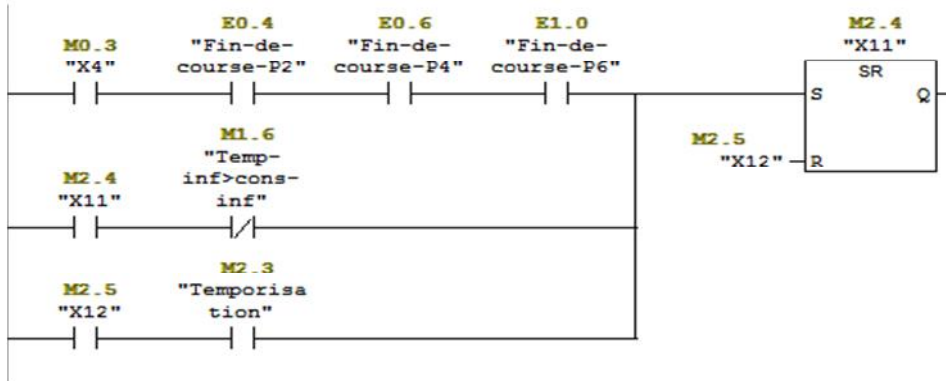
Réseau 10 : Titre :



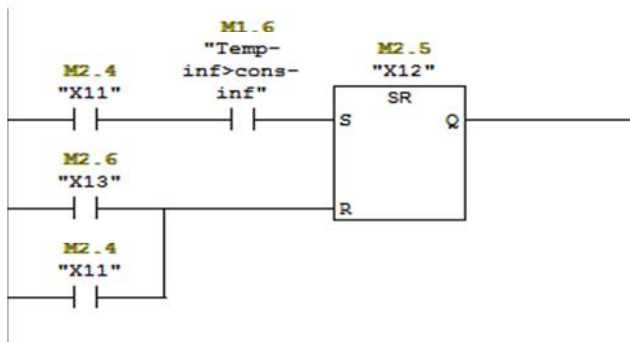
Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

- X11, X12

Réseau 11 : Titre :

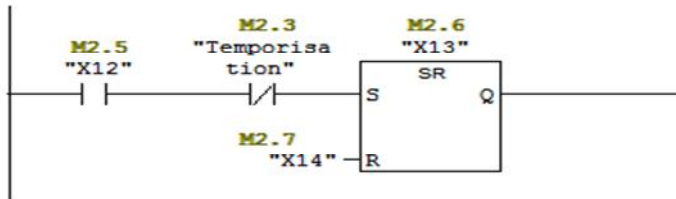


Réseau 12 : Titre :

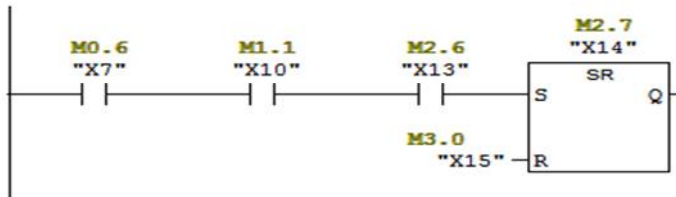


- X13, X14, X15

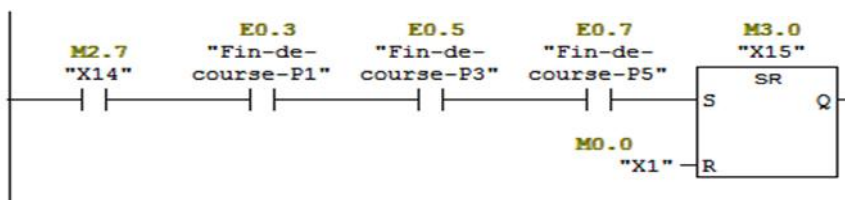
Réseau 13 : Titre :



Réseau 14 : Titre :



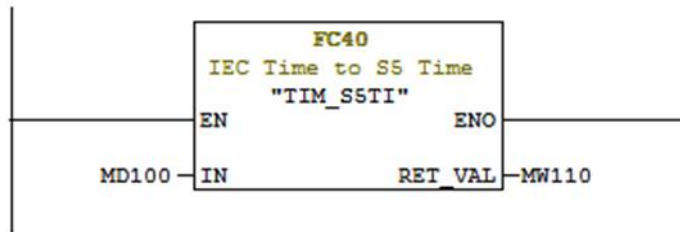
Réseau 15 : Titre :



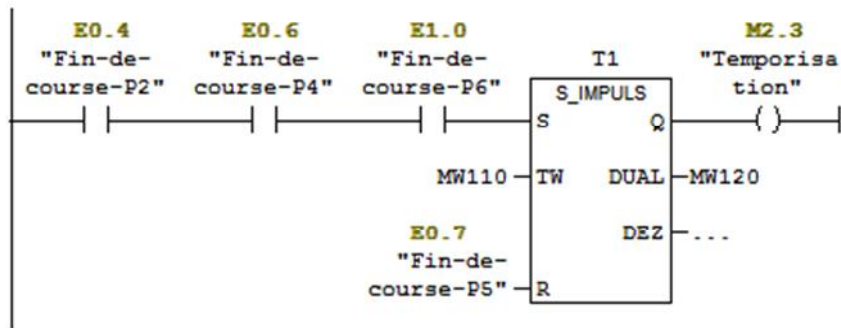
Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

- **Temporisation S-IMPULS**

Réseau 16 : Titre :

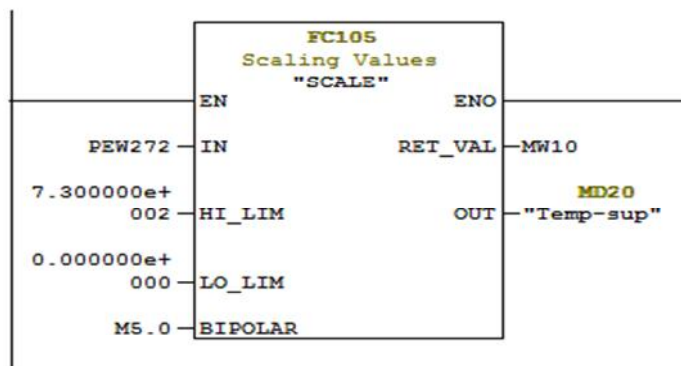


Réseau 17 : Titre :

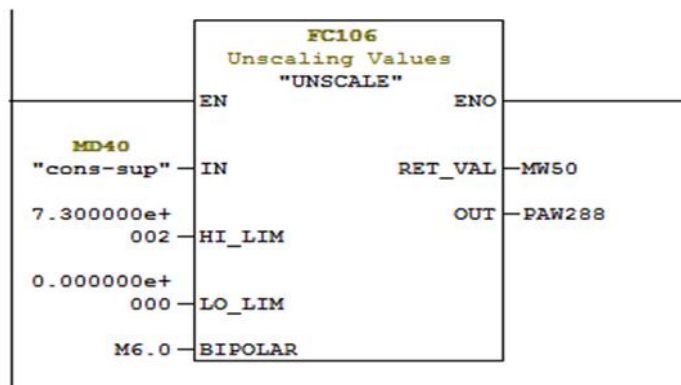


- **La mise à l'échelle de la température supérieure**

Réseau 18 : Titre :



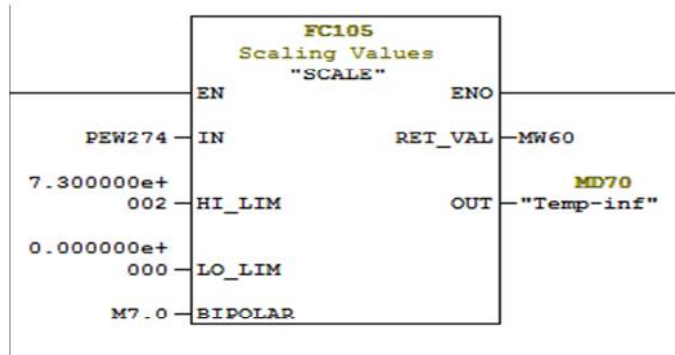
Réseau 19 : Titre :



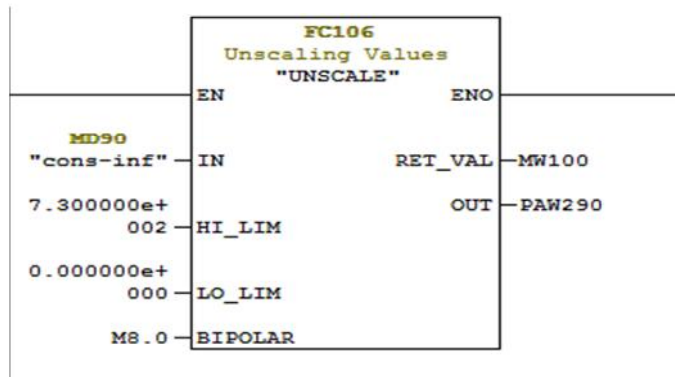
Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

- La mise à l'échelle de la température inférieure

Réseau 20 : Titre :

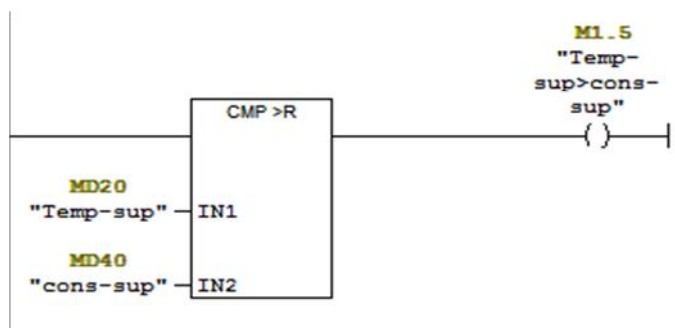


Réseau 21 : Titre :

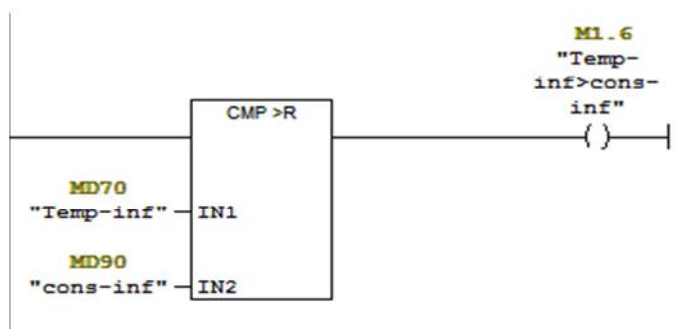


- Comparateur consigne / réceptivité du thermocouple

Réseau 22 : Titre :



Réseau 23 : Titre :



Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

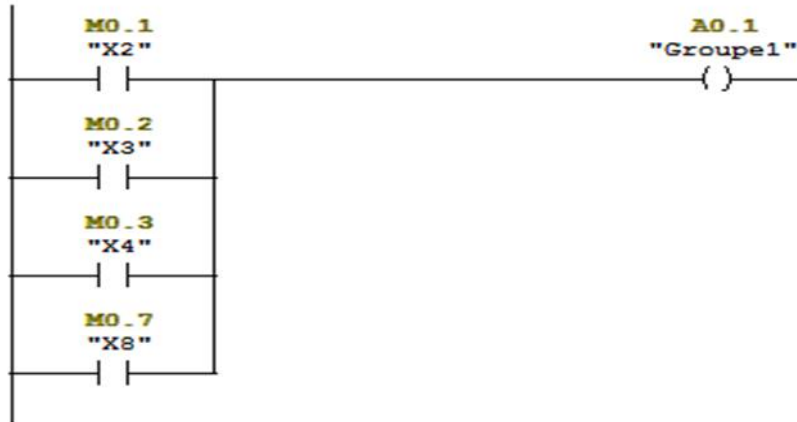
- Programmation des sorties
- Moteur du convoyeur

Réseau 24 : Titre :



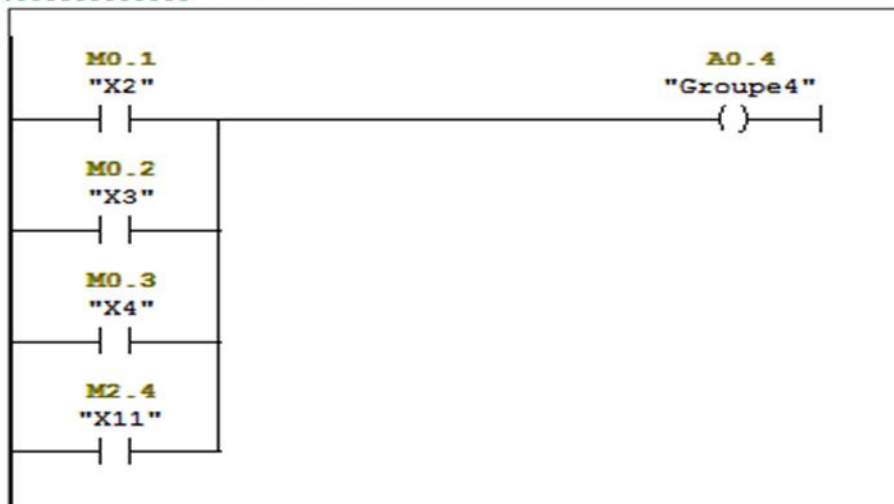
- Groupe 1, 2, 3 (Groupes supérieurs)

Réseau 25 : Titre :



- Groupe 4, 5, 6 (Groupes inférieurs)

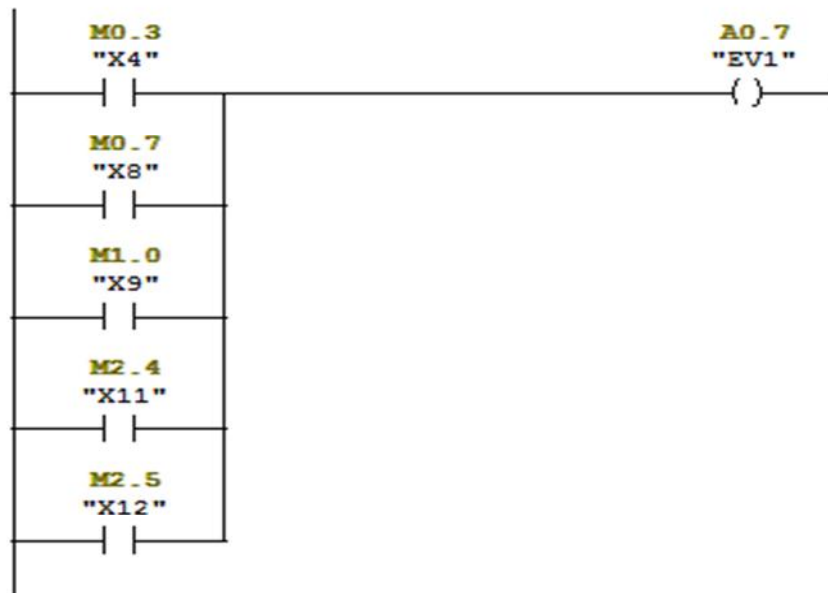
Réseau 28 : Titre :



Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

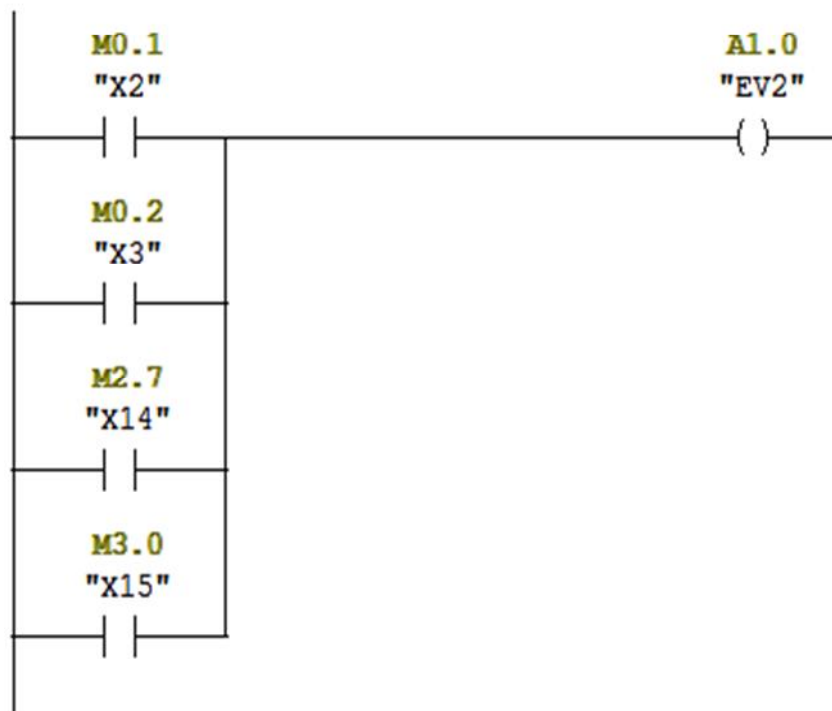
- EV1, EV3 (Electrovannes d'ouverture des deux parois)

Réseau 31 : Titre :



- EV2, EV4 (Electrovannes de fermeture des deux parois)

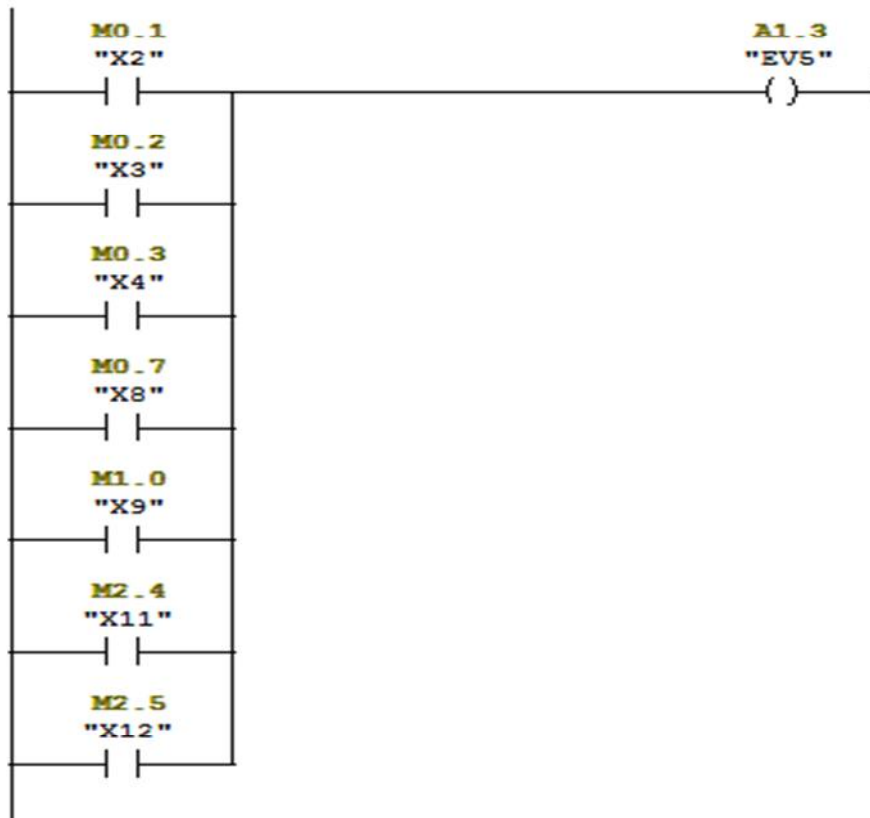
Réseau 32 : Titre :



Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

- EV5 (Electrovanne de fermeture de la cheminée)

Réseau 35 : Titre :



- EV6 (Electrovanne d'ouverture de la cheminée)

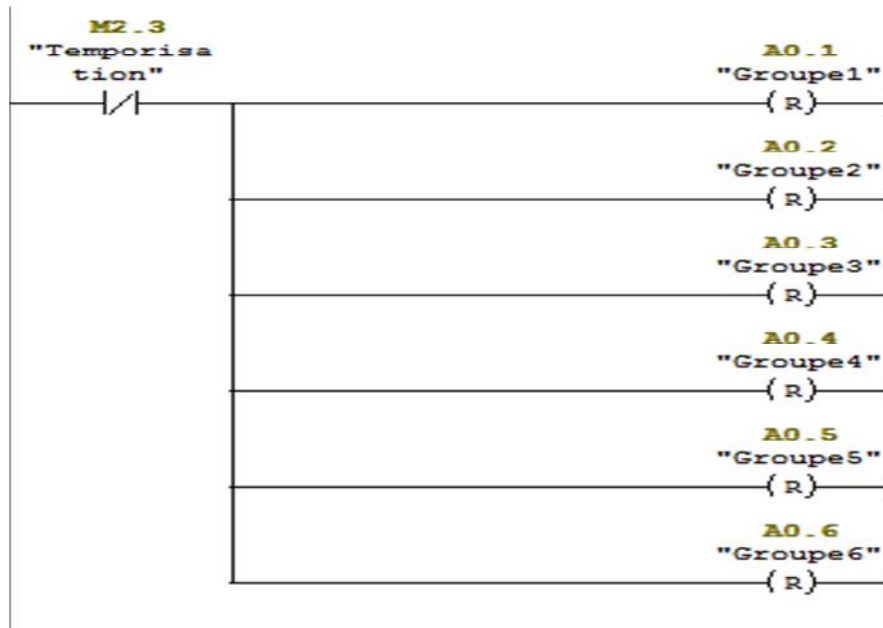
Réseau 36 : Titre :



Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

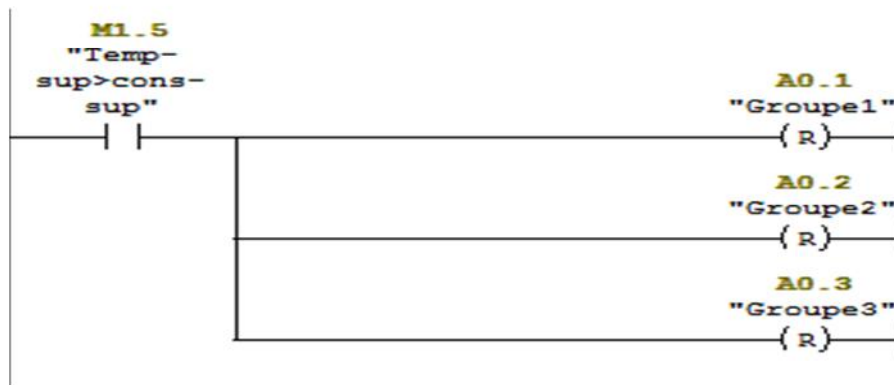
- Fin de la temporisation

Réseau 44 : Titre :

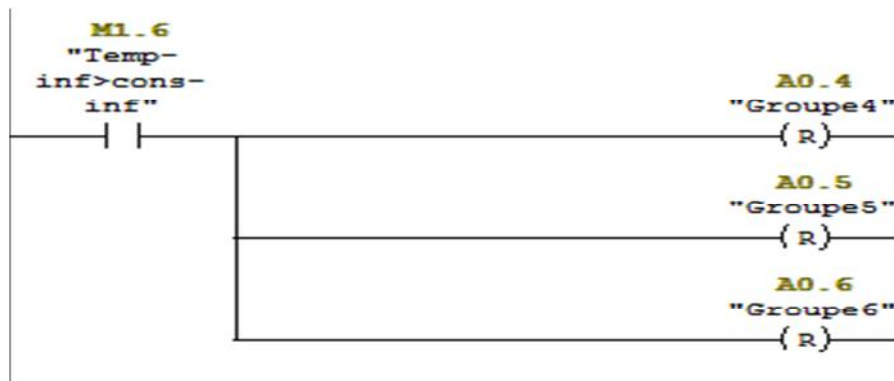


- Comparaison active

Réseau 45 : Titre :



Réseau 46 : Titre :



Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

4.2. Interface Homme-Machine :

4.2.1. Introduction :

La complexité du processus rend le suivi de son fonctionnement un peu plus délicat, d'où l'utilité de mettre à la disposition de l'opérateur une interface homme-machine ergonomique, qui lui permettra d'assurer un suivi à temps réel du déroulement des différentes séquences du fonctionnement de notre système automatisé.

Le pupitre représente l'intermédiaire entre la machine et l'opérateur, il permet :

- La visualisation de l'état du processus (pré actionneurs et capteurs) ;
- D'afficher des réceptivités émises par les capteurs ;
- D'afficher des alarmes ;
- D'agir directement sur les entrées de l'automate.

4.2.2. Etapes de réalisation de l'interface Homme-Machine :

La connaissance des éléments de notre processus (entrées/sorties), ainsi que le programme de commande de ce dernier, nous ont permis l'élaboration d'une interface homme-machine à l'aide du logiciel SIMATIC WinCC flexible qui est le mieux adapté pour le matériel de la gamme SIEMENS.

4.2.3. Etablir une liaison NetPro :

Une liaison NetPro, permettra de relier les deux CPU de l'automate (CPU 314) et celle de L'IHM (CP 5613 A2). On a raccordé les deux CPU sur un réseau MPI, afin de permettre un accès libre du WinCC vers la mémoire de l'automate.

Cette liaison nous permettra d'utiliser les variables de notre programme Step7 dans l'interface WinCC flexible.

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

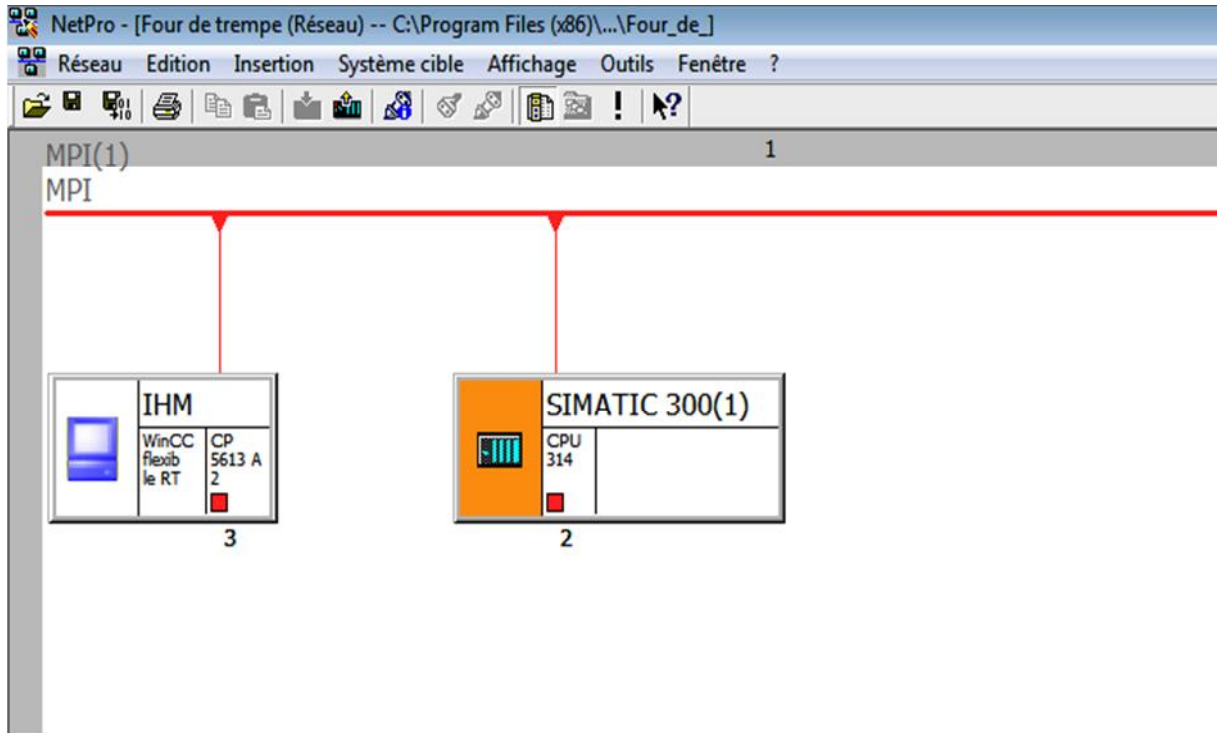


Figure 4.4. NetPro

The screenshot shows the WinCC flexible Advanced interface for 'Four de trempe - IHM'. The 'LIAISONS' window is open, displaying a table of connections and configuration panels below.

Nom	Actif	Station	Pilote de communication	Partenaire	Noeud	En ligne	Commentaire
CPU314	Activé	Four de trem...	SIMATIC S7 300/400	CPU 314	CPU 314	Activé	

Below the table, there are three configuration panels:

- WinCC flexible Runtime:** Interface set to 'CP 5613 A2'.
- Pupitre opérateur:** Type 'Simatic' selected, Débit '187500', Adresse '3', Point d'accès 'S7ONLINE', and 'Unique maître sur le bus' checked.
- Réseau:** Profil 'MPI', Adresse station la plus élevée '31', and Nombre de maîtres '1'.
- Automate:** Adresse '2', Emplacement '2', Châssis '0', and 'Exécution cyclique' checked.

The left sidebar shows a project tree with folders like 'Vues', 'Communication', 'Gestion des alarmes', 'Paramétrage', 'Recettes', 'Historique', 'Scripts', 'Journaux', 'Listes de textes et de graphiques', 'Gestion utilisateur runtime', 'Paramétrage du pupitre', 'Localisation', 'Langues du projet', 'Graphiques', 'Textes du projet', 'Dictionnaire', 'Structures', and 'Gestion de versions'.

Figure 4.5. Liaison Interface-Station

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

4.2.4. Création de vue :

On crée des vues par un simple clic sur **ajouter une vue** dans le menu **projet**, une vue peut être composé de plusieurs éléments statiques et dynamiques :

- Les éléments statiques : Texte,.... ;
- Les éléments dynamiques varient en fonction de la procédure. Ils visualisent les valeurs du processus à partir de la mémoire de l'automate, tout comme ils attribuent des valeurs aux variables du processus sur Step7.

Les objets sont des éléments graphiques qui permettent de configurer la présentation des vues.

La fenêtre des outils contient différents types d'objets fréquemment utilisés, on retrouve des objets simples tels que : ligne, bouton, champs E/S, et des objets complexes tels que : instrument à aiguille, bibliothèque icônes.

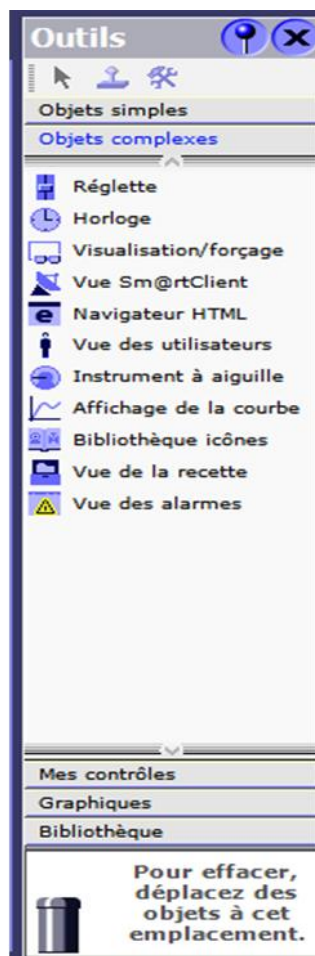


Figure 4.6. Outils de l'éditeur vue

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

4.2.5. Interface Homme-machine de notre système :

Pour une utilisation facile, nous avons doté notre interface de quatre vues :

- Menu principal
- Introduction des paramètres
- Etat du four
- Groupes

A. Menu principal :

Cette vue permettra à l'opérateur d'avoir accès vers toutes les vues.



Figure 4.7. Vue 1 (Menu principal)

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

B. Introduction des paramètres :

Cette vue est dotée de 3 champs E/S programmée en entrée, afin que l'opérateur puisse introduire les consignes.

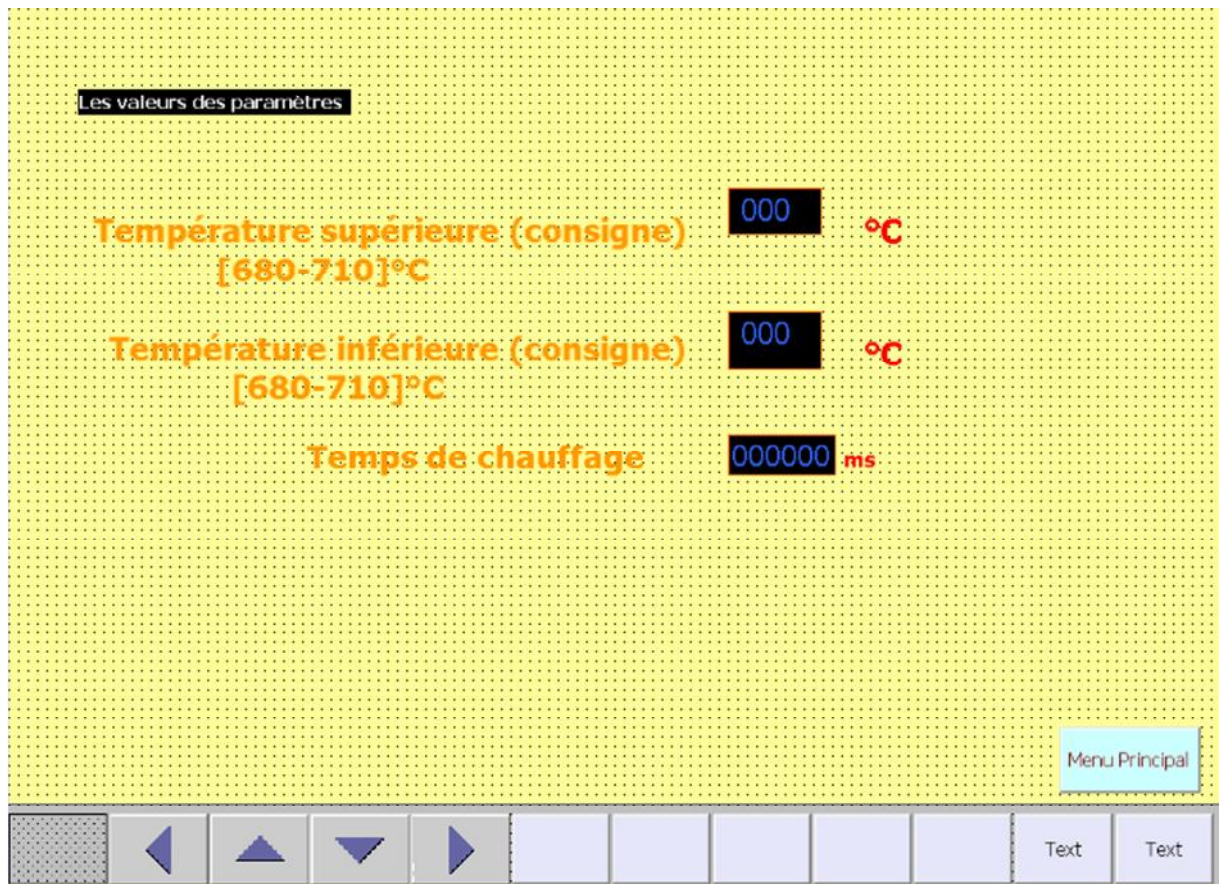


Figure 4.8. Vue 2 (Introduction des paramètres)

C. Etat du four :

Cette vue est le reflet du processus à temps réel, elle permet à l'opérateur de savoir l'état de tous les éléments du four.

- Parois ;
- Cheminée ;
- Convoyeur ;
- Temporisation;
- Marche;
- Arrêt d'urgence.

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

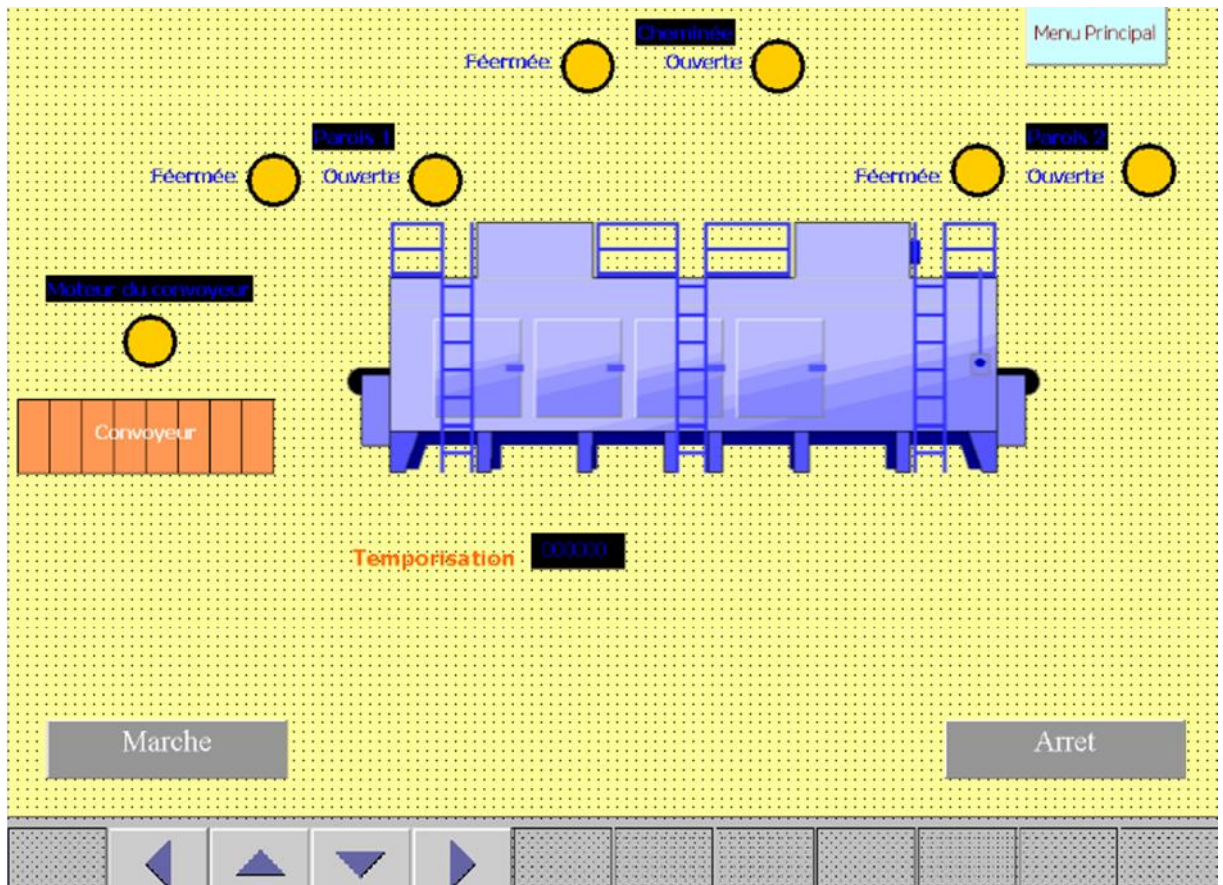


Figure 4.9. Vue 3 (Etat du four)

D. Groupes :

Cette vue indique l'état des groupes ainsi que la valeur de la température recueillie par les thermocouples, elle possède une alarme qui s'active au moment du dépassement de la consigne.

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

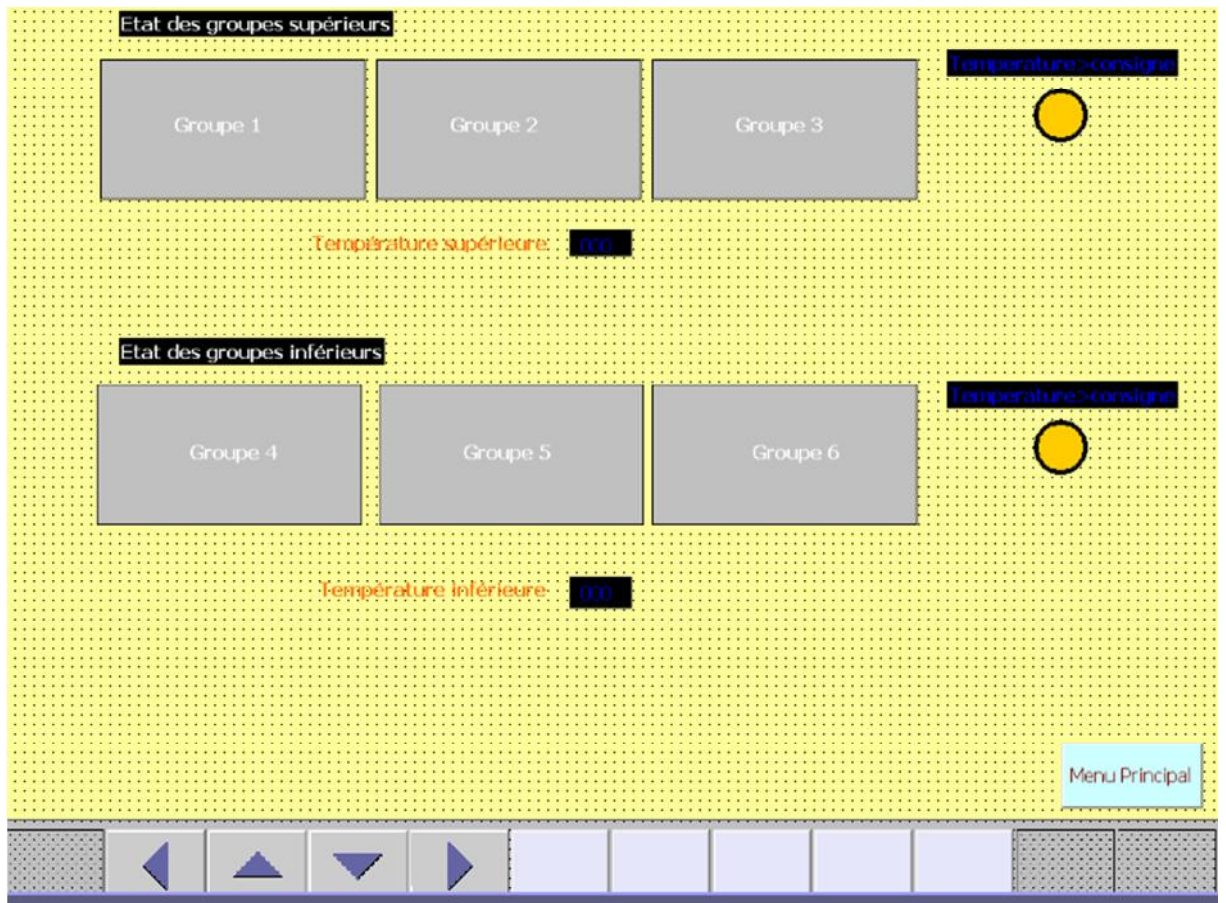


Figure 4.10. Vue 10 (Groupes)

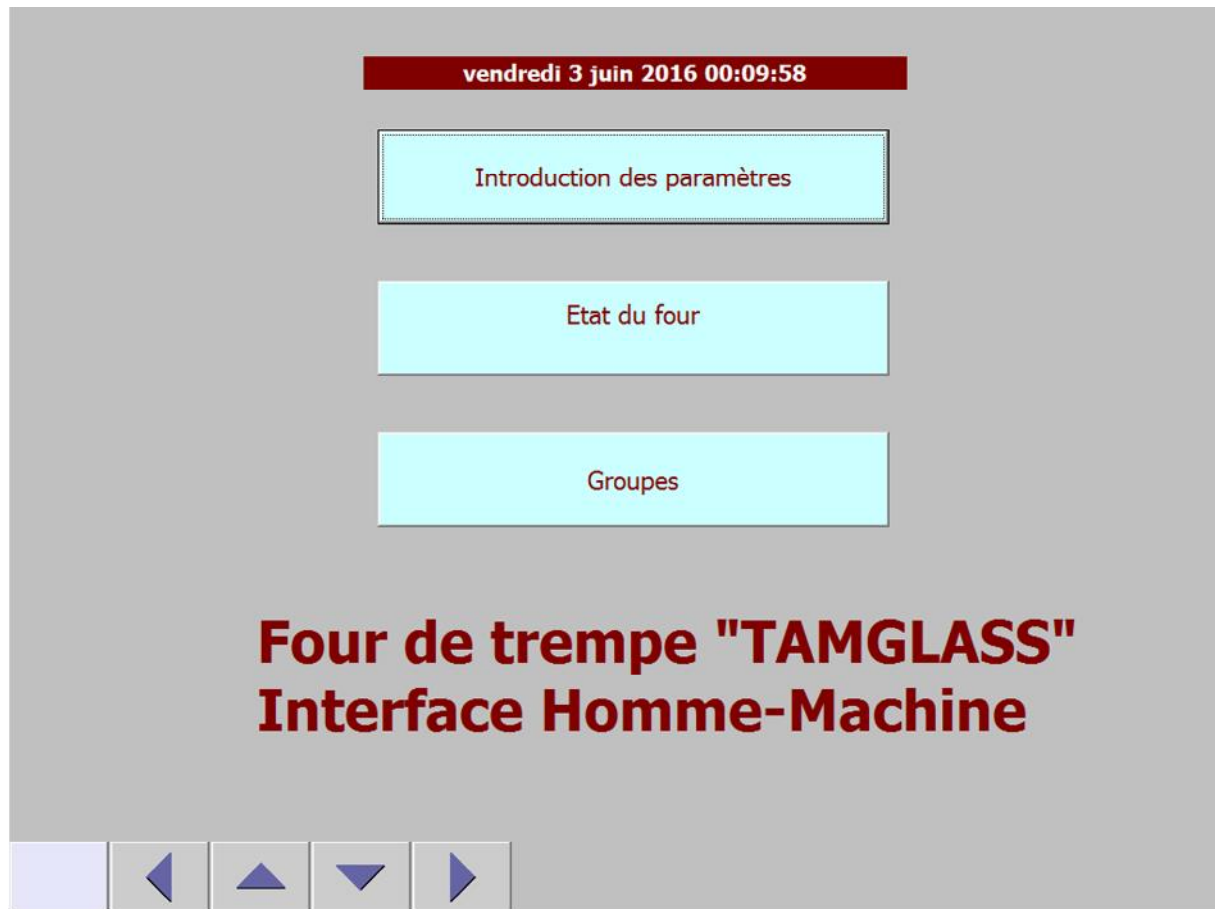
4.3. Simulation et supervision :

Après avoir créé le projet et vérifié qu'il n'y a pas d'erreur, nous lancerons une simulation de notre programme à l'aide du **S7-PLCSIM**. En usant du **WinCC flexible Runtime**, nous pourrons superviser le déroulement du fonctionnement à travers l'interface Homme-Machine, que nous avons créée.

Ci-dessous, nous vous exposons quelques exemples de simulation :

- Lacement de la simulation et de la supervision, affichage du menu principal :

Chapitre 4 : Développement du programme et supervision



- Introduction des valeurs des paramètres :

Les valeurs des paramètres

Température supérieure (consigne) **690** °C
[680-710]°C

Température inférieure (consigne) **700** °C
[680-710]°C

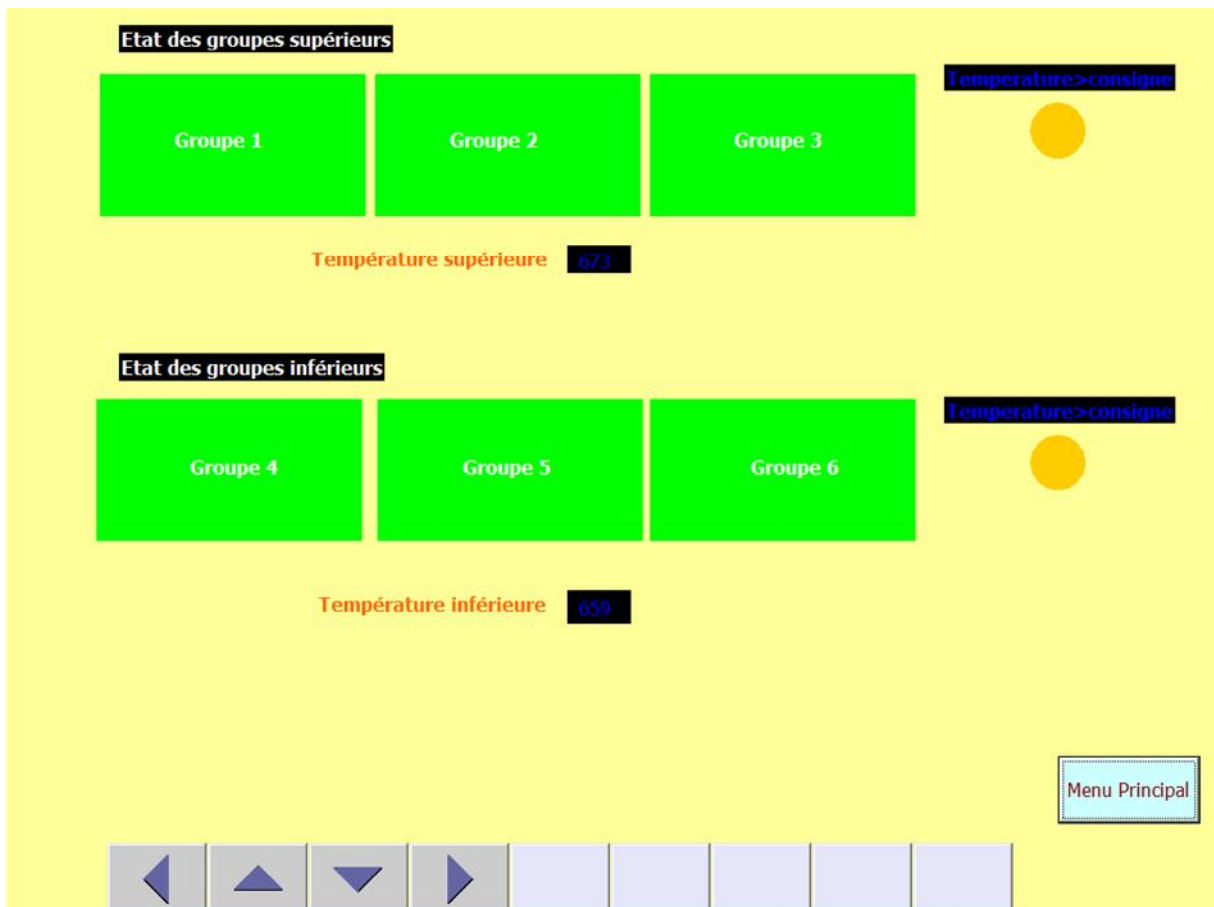
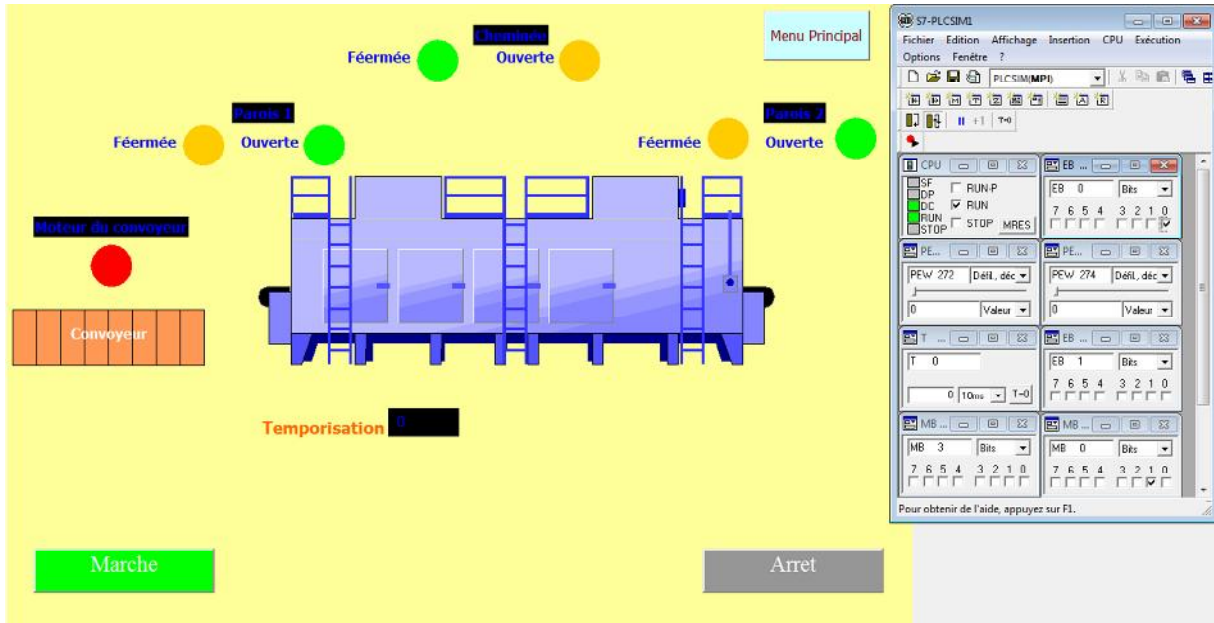
Temps de chauffage **120000** ms

Menu Principal

Text Text

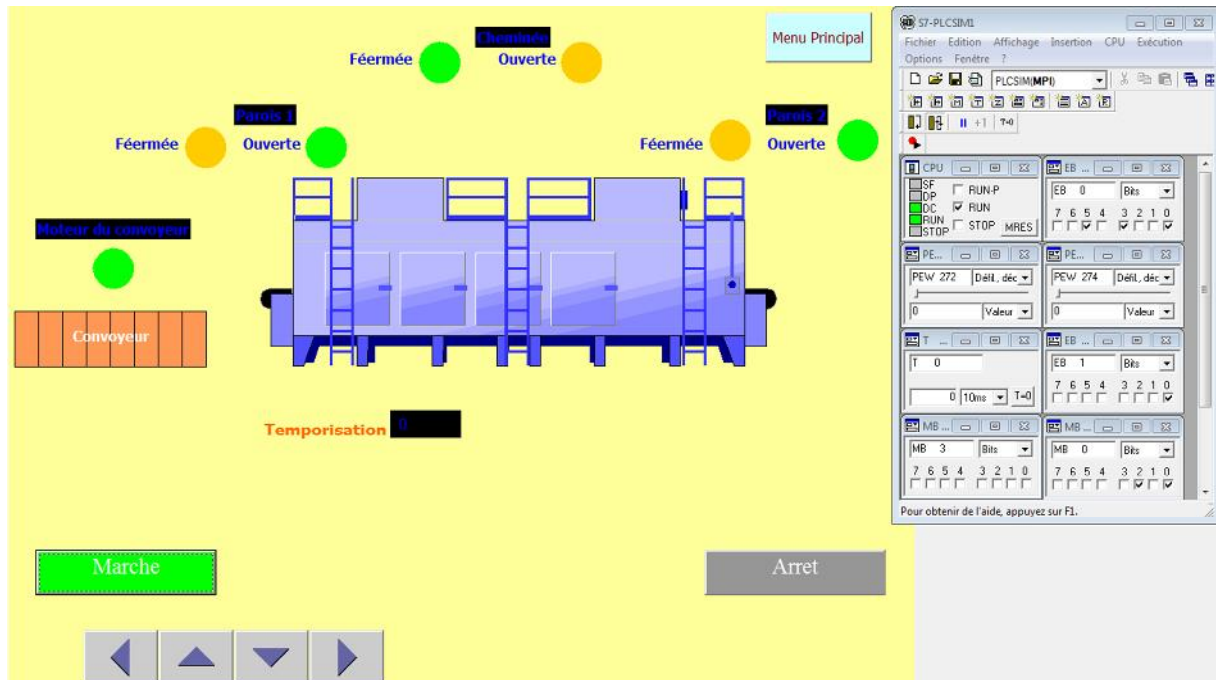
Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

- L'appui sur le Bouton poussoir Marche, activera les ouvertures des deux parois, la fermeture de la cheminée ainsi que l'allumage des six groupes :

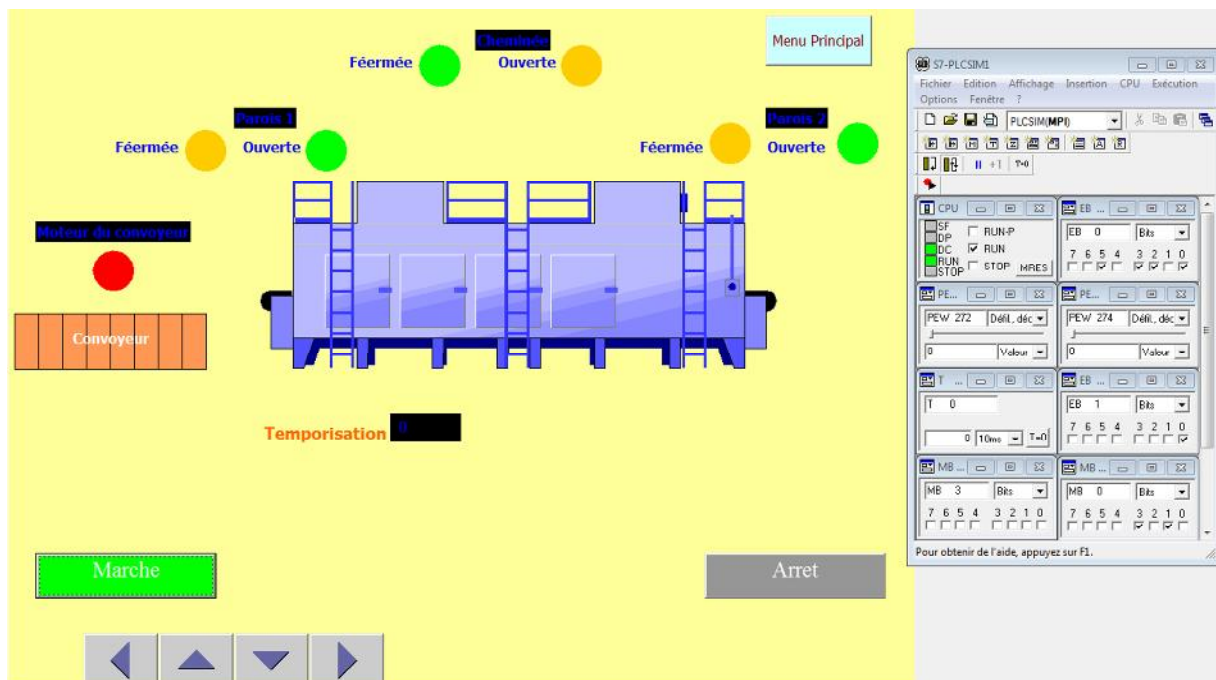


Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

- Excitation des fin de courses P1, P3 et P6 entrainera la mise en marche du convoyeur :

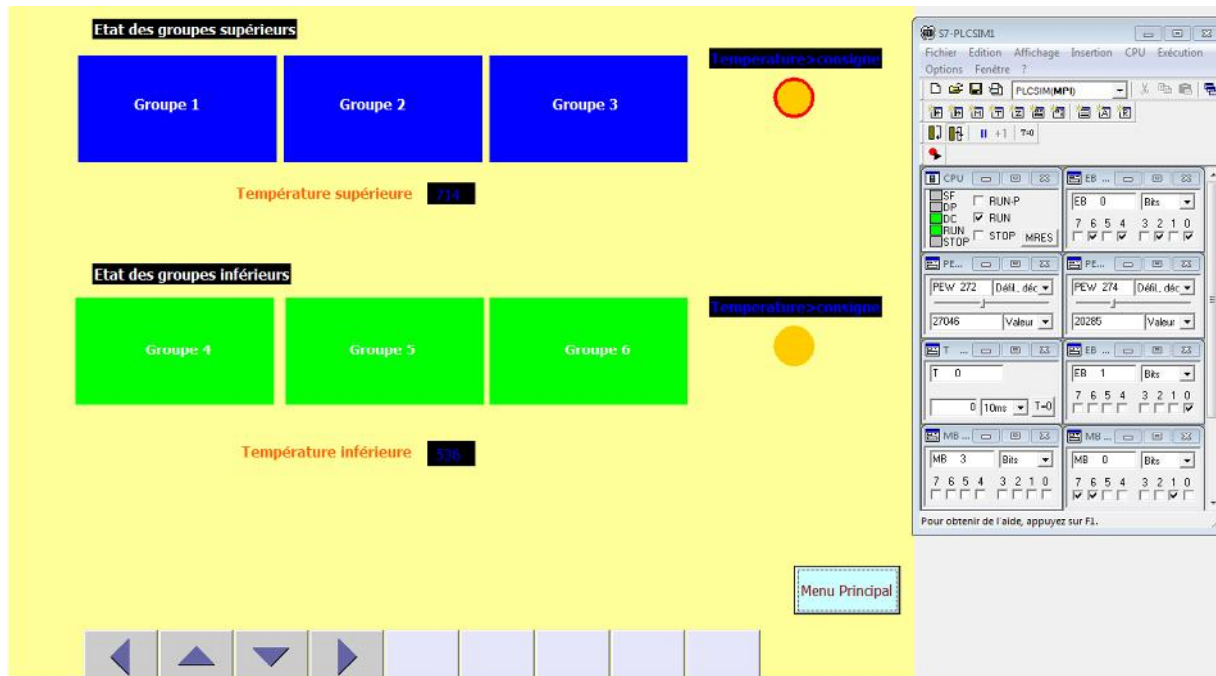
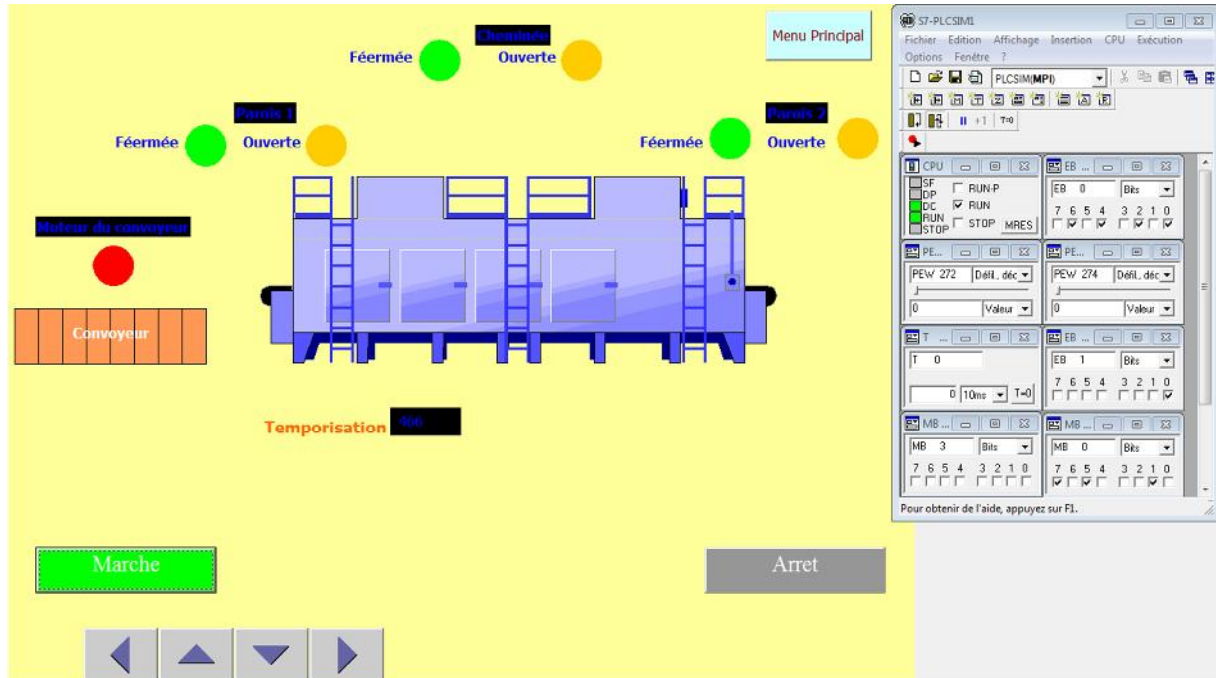


- L'excitation du capteur 1, lorsque le convoyeur atteint l'extrémité du four, entrainera l'arrêt du convoyeur, et l'activation des électrovannes de fermetures des deux parois EV1 et EV3 :



Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

- La fermeture des deux parois, excitera les fin de course P2, P4 et P6, du coup l'automate exécutera la temporisation, tout en surveillant l'état de la température par rapport à la consigne, en cas de dépassement de la consigne, un voyant s'allumera, et l'automate arrêtera momentanément le fonctionnement des groupes supérieurs ou inférieurs :



Chapitre 4 : Développement du programme et supervision

4.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons dans un premier temps expliqué comment créer un programme sous **SIMATIC MANAGER**, ainsi qu'une interface Homme-Machine sous **SIMATIC WinCC flexible**.

Ensuite, nous avons expliqué comment lancer la simulation et la supervision de ce projet de régulation d'un four de trempe.

Enfin nous avons illustré à l'aide de captures d'écran quelques étapes de l'exécution du programme.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Nous nous sommes intéressés dans ce mémoire au problème de l'automatisation de la commande du système de chauffage du four de trempe.

Pour atteindre cet objectif, nous avons opté pour un automate programmable industriel Siemens S7-300. Cet automate peut être programmé à partir d'un micro-ordinateur, en installant dans celui-ci, le logiciel STEP 7.

Au cours de ce stage, on a acquis un apprentissage technique assez riche, une meilleure maîtrise des outils liés à l'automatique, ainsi que le sens du travail au sein d'une entreprise.

Le travail s'est fait de cette manière, étude du fonctionnement du four, modélisation du fonctionnement à l'aide du Grafset, élaboration du programme sous Step 7 en utilisant le langage CONT, élaboration d'une interface Homme-Machine à l'aide du SIMATIC WinCC flexible, et enfin simulation et supervision du programme d'automatisation à l'aide du S7-PLCSIM et du WinCC flexible Runtime.

Notre stage au sein de l'entreprise MFG filiale du groupe Cevital, nous a été d'un apport crucial sur le plan théorique d'une part, et pratique d'une autre part. Ce stage nous a permis d'être confrontés à la réalité du monde professionnel.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Manuel de référence SIMATIC, SIEMENS AG 2010.
- [2] Documentation MFG.
- [3] Godoy, Emmanuel, Régulation industrielle, Edition Dunod, 2007, 425p.
- [4] Moreno, S, Le Grafcet: conception-implantation dans les automates programmables, Ed Casteilla, 1996, 251p.
- [5] Michel, Gilles, Les A.P.I : architecture et applications des automates programmables industriels, Ed Dunod, 1988, 335p.
- [6] Simon, André, Automates programmables industriels, Ed Eyrolles, 270p.