

République Algérienne Démocratique Et Populaire  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique

**UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES**



Faculté des Sciences de l'ingénieur  
Département Ingénierie des Systèmes Electriques

## **Mémoire de Master**

**Présenté par**

**Melle Aichaoui Dounya ET Melle Djouadj Nour El Houda**

En vue de l'obtention du diplôme de **Master en Génie Electrique**

**Filière :** Automatique

**Spécialité :** Automatique et Informatique Industrielle

**Thème :**

---

**Automatisation d'un four de traitement thermique  
avec un automate programmable SIEMENS**

---

Soutenu le 13 / 07 / 2022 devant le jury composé de:

<b>M<sup>r</sup> B. Ikhlef</b>	<b>MAA</b>	<b>UMBB</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>r</sup> N. Cherrat</b>	<b>MAB</b>	<b>UMBB</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>r</sup> H. Aouzellag</b>	<b>MCB</b>	<b>UMBB</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M<sup>r</sup> N. Siad</b>	<b>Ingénieur</b>	<b>SNVI Rouiba</b>	<b>Co-promoteur</b>

**Année Universitaire : 2021 / 2022**

## ملخص

يعتمد العمل المقدم في هذه الأطروحة أساسًا على نمذجة تشغيل الأفران ؛ كانت في الأصل يدوية بالكامل وعملت بمنطق متماسك ، وكان هدفنا هو الانتقال إلى المنطق المبرمج وحل المشكلات القائمة. تم تطوير برنامج مخصص يعتمد على S7-300 PLC لاحقًا لحل المشكلات المتعلقة بسلامة الأفراد والمهام المتكررة. لقد راجعنا وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة لمجموعة SIEMENS، وخصائصها، ومعايير الاختيار، والمزايا، بالإضافة إلى لغات البرمجة التي يمكن استخدامها. لقد أنشأنا أيضًا واجهة بين الإنسان والآلة باستخدام برنامج WinCC المرن من أجل التحكم في العملية من قبل المشغل. **الكلمات المفتاحية** : الأتمتة؛ الإشراف ؛ التحكم الصناعي المبرمج ؛ Step7 ؛ WinCC ؛ مسبك؛ SIEMENS. S7-300 ؛ GRAFCET. لغة السلم.

## Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire est basé essentiellement sur la modélisation du fonctionnement des fours ; à l'origine étaient complètement manuels et fonctionnent avec la logique câblée, notre but était de migrer vers une logique programmée et résoudre les problématiques existantes.

Un programme basé sur l'automate S7-300 a été développé par la suite afin de résoudre les problèmes liés à la sécurité du personnel et aux tâches répétitives. L'automates programmables industriels de la gamme SIEMENS, leurs caractéristiques, critères de choix, ainsi que les langages de Programmation utilisables a été présenté.

L'interface homme-machine a été créée à l'aide du logiciel WINCC flexible afin de faire la commande du processus par l'opérateur.

**Mots clés** : Automatisation, supervision ; API ; Step7 ; WINCC ; fonderie ; SIEMENS ; S7-300 ; GRAFCET ; Ladder.

## Abstract

The work presented in this thesis is essentially based on the modeling of the operation of the furnaces; originally were completely manual and work with hard-wired logic, our goal was to migrate to programmed logic and resolve existing issues.

A customized program based on the S7-300 PLC was subsequently developed to solve the problems related to personnel safety and repetitive tasks. We have reviewed the programmable logic controllers of the SIEMENS range, their characteristics, selection criteria, advantages, as well as the programming languages that can be used.

We also created the human-machine interface using the flexible WINCC software in order to control the process by the operator.

**Key words** : Automation, supervision; APIs; Step7; WINCC; foundry; SIEMENS; S7-300; GRAFCET; Ladder.



# Remerciements

*En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace Pour dépasser toutes les difficultés afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Nous tient de remercier Mr « Aouzellag Haroune » de nous avoir encadrées et suivie durant la réalisation de ce travail ; Pour ses multiples conseils et pour le temps qu'il a consacré à diriger notre projet de fin d'étude,*

*Qu'il trouve ici l'expression de toute notre reconnaissance et de notre profond respect pour la confiance qu'il nous accorde en nous proposant ce thème de recherche,*

*Nous remercions aussi notre Co-promoteur le chef de service automatisme à la SNVI Mr « Siad Nabil » et son équipe « Tounine Djamel Eddine » et « Mansouri Salah », sans eux nous ne pourrions pas réaliser notre formation, et pour leurs accueil et soutien.*

*Nos remerciements destinés aux membres de jury Mr « B. Ikhlef » et Mr « N. Cherrat » de cette thèse que nous aurons l'honneur de soutenir devant eux,*

*Merci enfin à nos compagnons de route, nos camarades de spécialité à tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail d'une manière ou d'une autre,*

*Dounya*



*Nour El Houda*



# Dédicaces

*Je remercie Dieu tout puissant qui m'a permis de réaliser ce modeste travail. Toutes les lettres ne sauraient trouver Les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, et la reconnaissance... Je dédie ce mémoire...*

*\* A ma très chère mère \**

*« Allouche Noura », quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*\*A mon très cher père\**

*« Aichaoui Boualem », tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*\*A mes frères et sœurs\**

*« Walid, Abdelhak, Dalia, Hocine », Vous m'aviez toujours aidé et ces quelques lignes sont insuffisantes pour exprimer mon profond amour et ma reconnaissance pour les honorables services soutenus.*

*\*A mon binôme\**

*« Nour El Houda », Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect... Que Dieu vous garde en bonne santé et vous donne la joie et le bonheur.*

*\*A tous mes copines\**

*« Lamia, Ahlem, Randa » que j'ai trouvé dans les moments difficiles, qui m'a soutenu sans mesure et n'a cessé de m'encourager. Son aide et sa patience m'ont été d'un apport indispensable.*



**Aichaoui  
Dounya .**



# Dédicaces

*Je remercie Dieu tout puissant qui m'a permis de réaliser ce modeste travail. Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect, et la reconnaissance... Je dédie ce mémoire...*

*\*A mes très chers parents \**

*Mon père « Bachir » et ma mère « Bouacem Samia », tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. Puisse dieu tout puissant te préserver, te procurer longue vie, santé et bonheur.*

*\*A mes chers frères et sœur\**

*« Manar et Amira ; Meriem ; Zakaria » vous m'aviez toujours aidé et ces quelques lignes sont insuffisantes pour exprimer mon profond amour et ma reconnaissance pour les honorables services soutenus.*

*\*A mon binôme\**

*« Dounya », en souvenir des agréables moments partagés. Merci pour tous les bons moments qu'ont passé ensemble en quête de savoir. Que vous souhaitiez de mieux que le bonheur tout au long de votre vie.*



**Djouadj**  
**Nour El Houda.**

A decorative graphic consisting of a blue line that starts from the left edge, goes horizontally, then diagonally up and right, then horizontally right, and finally diagonally down and left. A thick black horizontal line is positioned below the blue line, starting from the left edge and extending across the page.

# ***SOMMAIRE***

## Table des matières

<b>Résumé</b> .....	1
Liste des Figures.....	1
Liste des Tableaux .....	1
Abréviations .....	1
<b>Introduction Générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I: Présentation de l'entreprise et description Du four de traitement thermique</b> .....	<b>3</b>
<b>Partie 01- Présentation de l'entreprise</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.1. Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.2. Présentation de l'entreprise SNVI</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.3. Statut et forme juridique</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1.4. Missions du S.N.V.I.</b> .....	<b>4</b>
<b>I.1.5. Activités de l'entreprise</b> .....	<b>4</b>
I.1.5.1. Activité étude et recherche .....	4
I.1.5.2. Activité production .....	5
I.1.5.2.1. Unité Fonderie de Rouïba (UFR).....	5
I.1.5.4. Division Véhicules Industriels de Rouïba (DVIR) .....	5
I.1.5.3. Unité Carrosserie de Rouïba (UCR) .....	5
I.1.5.4. Unité Carrosserie Tiaret (UCT) .....	6
<b>I.1.6. Activité de distribution et maintenance</b> .....	<b>6</b>
I.1.6.1. Direction Marketing et Ventes (DMV) .....	6
I.1.6.2. Direction Centrales Après-Vente (DCAV).....	6
<b>I.1.7. Objectifs</b> .....	<b>6</b>
<b>I.1.8. Organigramme Général de SNVI</b> .....	<b>7</b>
<b>I.1.9. Présentation de la FONDERIES Rouïba (FOR)</b> .....	<b>7</b>
I.1.9.1. Principales activités des fonderies FOR .....	8

<b>Partie 02 : Description du four de traitement thermique</b> .....	10
<b>I.2.1</b> Notion sur le traitement thermique .....	10
I.2.1.1. Définition .....	10
I.2.1.2. Principales opérations en traitement thermique .....	10
<b>I.2.2.</b> Description du système de traitement thermique .....	11
<b>I.2.3.</b> Démonstration de l'instrumentation existante .....	13
I.2.3.1. Les capteurs .....	13
➤ Capteur fin de course .....	13
➤ Capteur de pression (pressostat) .....	13
➤ Capteur de température (thermocouple).....	14
➤ Capteur de niveau d'huile.....	14
I.2.3.2. Les actionneurs .....	14
➤ Vérin double effet .....	15
• Les avantages.....	15
➤ Vérin simple effet .....	15
➤ Les moteurs .....	15
I.2.3.3. Les pré-actionneurs .....	16
<b>I.2.4</b> Problématiques.....	17
<b>I.2.5.</b> Conclusion .....	17
<b>Chapitre II : Généralité sur les systèmes Automatisés</b> .....	18
<b>II.1.</b> Introduction .....	18
<b>II.2.</b> Historique de l'automate .....	18
<b>II.3.</b> Principe de fonctionnement de l'automate programmable .....	18
<b>II.4.</b> Systèmes automatisés de production.....	18
<b>II.5.</b> Structure d'un système automatisé .....	19
II.5.1. Partie supervision (PS).....	19
II.5.2. Partie commande (PC).....	19
II.5.3. Partie opérative (PO).....	19

<b>II.6.</b>	Usage des automates programmables industriels.....	20
<b>II.7.</b>	Domaines d'emploi des automates .....	20
<b>II.8.</b>	Avantages et inconvénients des automates programmables.....	20
II.8.1.	Avantages .....	20
II.8.2.	Inconvénients.....	21
<b>II.9.</b>	Choix d'un API.....	21
<b>II.10.</b>	Choix de la marque Siemens.....	21
<b>II.11.</b>	Présentation de l'automate S7-300 .....	21
<b>II.12.</b>	Caractéristique d'un API S7-300 .....	23
<b>II.13.</b>	Modularité du S7-300.....	23
II.13.1.	Module d'alimentation.....	24
II.13.2.	Unité centrale (CPU).....	24
II.13.3.	Coupleurs (IM).....	24
II.13.4.	Processeurs de communication (CP).....	24
II.13.5.	Modules de fonctionnements (FM).....	25
II.13.6.	Modules de signaux (SM).....	25
II.13.7.	Modules de simulation (SM 374) .....	25
<b>II.14.</b>	Conclusion .....	25
<b>Chapitre III: modélisation du système avec l'outil Grafcet .....</b>		<b>26</b>
<b>III.1.</b>	Introduction .....	26
<b>III.2.</b>	Définition de GRAFCET .....	26
<b>III.3.</b>	Domaine d'application de GRAFCET .....	26
<b>III.4.</b>	Éléments de base du GRAFCET.....	27
III.4.1.	Les étapes .....	27
➤	Étape active.....	27
➤	Étape inactive.....	27
➤	Étape initiale .....	27
III.4.2.	L'étape et l'action .....	27

III.4.3. Transition et la réceptivité .....	28
➤ Transition.....	28
➤ Réceptivité .....	28
III.4.4. Liaisons orientées.....	28
<b>III.5.</b> Règles d'évolution d'un GRAFCET.....	29
➤ Règle 1 : Les étapes initiales.....	29
➤ Règle 2 : Franchissement d'une transition.....	29
➤ Règle 3 : Evolution des étapes actives .....	30
➤ Règle 4 : Franchissement simultané.....	30
➤ Règle 5 : Activation et désactivation simultanées.....	30
<b>III.6.</b> Structure de base de GRAFCET .....	31
III.6.1. Notion de Séquence.....	31
➤ Séquence unique .....	31
➤ Séquence exclusive (OU) .....	31
• Divergence en OU.....	31
• Convergence en OU .....	32
➤ Séquence simultané (ET).....	32
• Divergence en ET.....	32
• Convergence en ET.....	33
III.6.2. Sélection de séquence.....	33
<b>III.7.</b> Niveaux de représentation .....	34
<b>III.8.</b> Modélisation du système étudié.....	34
III.8.1. Solutions aux problématiques.....	34
III.8.2. Cahier de charge après modification.....	35
Phase 1 : fours de recuit intermittent et système de trempe. ....	36
Phase 2 : Cellule de lavage.....	36
Phase 3 : Four de revenu. ....	36

Phase 4 : refroidissement. ....	36
<b>III.9. GRAFCET du four de traitement thermique (Niveau 2).....</b>	<b>37</b>
III.9.1. Table des mnémoniques .....	37
➤ Variables d'entrées (Input) .....	37
➤ Variables des sorties (OUTput) .....	38
III.9.2. GRAFCET de four de trempe .....	39
III.9. 3. GRAFCET de cellule lavage.....	41
III.9.4. GRAFCET de four revenu.....	42
III.9.5. GRAFCET de cellule refroidissement .....	43
<b>III.10. Conclusion .....</b>	<b>44</b>
<b>Chapitre IV : Automatisation de système avec un automate s7-300 .....</b>	<b>45</b>
<b>IV.1. Introduction.....</b>	<b>45</b>
<b>IV.2. Présentation générale du logiciel STEP7 .....</b>	<b>45</b>
IV.2.1. Définition .....	45
IV.2.2. Application du logiciel STEP 7 .....	45
IV.2.3. Gestionnaire de projets SIMATIC.....	46
IV.2.4. Définition des mnémoniques .....	46
IV.2.5. Langages de programmation CONT, LIST et LOG pour S7-300/400 .....	47
IV.2.6. Diagnostic matérielle .....	48
IV.2.7. Configuration matérielle d'une station SIMATIC .....	48
<b>IV.3. Blocs du programme utilisateur .....</b>	<b>49</b>
IV.3.1. Bloc d'organisation (OB).....	49
IV.3.2. Fonction (FC) .....	49
IV.3.3. Fonction (FB) .....	50
IV.3.4. Les blocs de données (DB).....	50
<b>IV.4. Création et édition du projet .....</b>	<b>50</b>
<b>IV.5. Simulation du programme avec S7-PLCSIM.....</b>	<b>52</b>
IV.5.1. Définition .....	52

IV.5.2. Etapes de simulation d'un programme .....	53
IV.5.3. Exemples de visualisation et de simulation sur PLCSIM de notre programme.....	54
➤ Lavages des pièces pendant 30 minutes pour les nettoyées de l'huile : .....	57
➤ Ouverture de porte de four de revenu.....	58
➤ Exemple de cellule de refroidissement : .....	59
<b>IV.6. Conclusion .....</b>	<b>60</b>
<b>Chapitre V: supervision avec le logiciel WinCC flexible .....</b>	<b>61</b>
<b>V.1. Introduction .....</b>	<b>61</b>
<b>V.2. La supervision.....</b>	<b>61</b>
<b>V.3. Les taches d'un système IHM.....</b>	<b>61</b>
➤ Représentation du procédé.....	61
➤ Commande du procédé.....	61
➤ Vue des alarmes .....	61
➤ Archivage des valeurs processus et d'alarmes .....	62
➤ Gestion des paramètres de procédé et de machine.....	62
<b>V.4. Constitution d'un système de supervision .....</b>	<b>62</b>
➤ Module de visualisation.....	62
➤ Module d'archivage .....	62
➤ Module de traitement .....	62
➤ Module de communication .....	62
<b>V.5. Logiciel de supervision WinCC.....</b>	<b>63</b>
<b>V.5.1. Application disponible sous WinCC.....</b>	<b>64</b>
➤ Graphic designer .....	64
➤ Tag logging .....	64
➤ Alarm logging .....	64
➤ Report designer .....	64
➤ User administrator.....	64
<b>V.5.2. Application développée sous WinCC .....</b>	<b>64</b>

V.5.3. Notions sur les vues.....	65
V.5.4. Création du projet WinCC .....	65
<b>V.6.</b> Création de notre projet sous WinCC flexible 2008 .....	65
<b>V.7.</b> Création des vues .....	67
<b>V.8.</b> Création de notre projet sur WinCC flexible Runtime avec lesvues programmées .....	67
V.8.1. Vue d'accueil .....	67
V.8.2. Vue de modèle.....	68
V.8.3. Vue de Four Trempe.....	68
V.8.4. Vue de la cellule de lavage .....	69
V.8.5. Vue de Four revenu .....	70
V.8.6. Vue de la cellule refroidissement .....	70
V.8.7. Vue de Régulation four de trempe et four de revenu.....	71
V.8.8. Vue d'alarmes .....	71
<b>V.9.</b> Conclusion.....	72
<b>Conclusion Générale :</b> .....	73
<b>Bibliographie</b> .....	71

**Chapitre I :**

Figure I. 1 : Logo de la société SNVI (surnommée anciennement SONACOM)..... 3

Figure I. 2 : SNVI..... 3

Figure I. 3 : Organigramme général de l’entreprise. .... 7

Figure I. 4 : Symbole de l’unité fonderie..... 8

Figure I. 5 : Pièces Brutes- (FOR)..... 9

Figure I. 6 : Exemple d’un cycle de traitement thermique..... 11

Figure I. 7 : Bruleur à gaz. .... 12

Figure I. 8 : Pressostat de pression gaz et air naturel. .... 13

Figure I. 9 : Thermocouples de type K. .... 14

Figure I. 10 : Vérin double effet avec son distributeur..... 15

Figure I. 11 : Vérin simple effet avec son distributeur..... 15

Figure I. 12 : Ventilateur Air Combustion..... 16

**Chapitre II :**

Figure II. 1 : Structure d'un système automatisé. .... 19

Figure II. 2 : Automate S7-300. .... 22

Figure II. 3 : Disposition des modules de l’API S7-300..... 23

Figure II. 4 : Disposition des modules de l’API S7-300..... 24

**Chapitre III :**

Figure III. 1 : Eléments de GRAFCET..... 28

Figure III. 2 : Franchissement d’une transition..... 29

Figure III. 3 : Transition non-franchissable. .... 29

Figure III. 4 : Evolution des étapes actives..... 30

Figure III. 5 : Franchissement simultané. .... 30

Figure III. 6 : Activation et désactivation simultanées. .... 30

Figure III. 7 : séquence unique..... 31

Figure III. 8 : Divergence en OU. .... 32

Figure III. 9 : convergence en OU..... 32

Figure III. 10 : Divergence en ET. .... 33

Figure III. 11 : convergence en ET..... 33

Figure III. 12 : sélection de séquence. .... 33

Figure III. 13 : Solution proposé. .... 35

Figure III. 14 : Etapes du traitement thermique des pièces.....	35
Figure III. 15 : GRAFCET de four de trempe.....	40
Figure III. 16 : GRAFCET de cellule lavage.....	41
Figure III. 17 : GRAFCET de four revenu. ....	42
Figure III. 18 : GRAFCET de cellule refroidissement. ....	43

**Chapitre IV :**

Figure IV. 1 : Le gestionnaire de projet SIMATIC Manager. ....	46
Figure IV. 2 : Fenêtre de création des mnémoniques. ....	46
Figure IV. 3 : Editeur de mnémonique .....	47
Figure IV. 4 : Configuration matérielle. ....	49
Figure IV. 5 : Conception d’une solution d’automatisation.....	50
Figure IV. 6 : Fenêtre de création d’un nouveau projet.....	51
Figure IV. 7 : Choix de la CPU.....	51
Figure IV. 8 : Choix du cycle d’exécution et le langage de programmation. ....	52
Figure IV. 9 : Affichage des cycles d’exécution et des fonctions. ....	52
Figure IV. 10 : Fenêtre qui contient le programme à simuler.....	53
Figure IV. 11 : Fenêtre de PLCSIM. ....	54
Figure IV. 12 : Activation de la vanne gaz pilote. ....	55
Figure IV. 13 : Le réseau qui présente la trempe des pièces dans l’huile.....	56
Figure IV. 14 : Le réseau qui présente lavage des pièces. ....	57
Figure IV. 15 : Le réseau qui présente l’ouverture de la porte de four de revenu. .....	58
Figure IV. 16 : Marche table déplacement vers le refroidissement. ....	59

**Chapitre v :**

Figure V. 1 : Schéma synoptique d'un système de supervision. ....	63
Figure V. 2 : Logiciel de supervision WinCC.....	63
Figure V. 3 : Création d’un nouveau projet. ....	65
Figure V. 4 : choix de pupitre « 10 ‘’ KTP1000 BASIC DP ». ....	66
Figure V. 5 : Espace de travail. ....	66
Figure V. 6 : Création des vues « Graphic Designer ».....	67
Figure V. 7 : Vue de d’accueil. ....	68
Figure V. 8 : Vue de modèle. ....	68
Figure V. 9 : Vue de four de trempe.....	69

---

Figure V. 10 : Vue de la cellule lavage.....	69
Figure V. 11 : Vue de four de revenu. ....	70
Figure V. 12 : Vue de refroidissement.....	70
Figure V. 13 : Vue de Régulation four de trempe et four de revenu. ....	71
Figure V. 14 : Vue d'alarmes. ....	71

**Chapitre II :**

Tableau II. 1 : Constitution API S7 300. .... 22

**Chapitre III :**

Tableaux III. 1 : Tableaux des entrées..... 37

Tableaux III. 2 : Tableaux des sorties..... 38

**SNVI** : Société National de Véhicule Industriel.

**FOR** : Fonderie De ROUIBA.

**UFR** : Unité Fonderie ROUIBA.

**DVIR** : Division Véhicule Industriel ROUIBA.

**UCR** : Unité Carrosserie ROUIBA.

**UCT** : Unité Carrosserie TIARET.

**RVF** : Renault Véhicules France.

**GRAFCET** : Graphe de Commande, Etape et Transition.

**API** : Automate Programmable Industriel.

**PO** : Partie Opérative.

**PC** : Partie Commande.

**PS** : Partie Supervision.

**TOR** : Tout Ou Rien.

**CPU** : Central Processing Units.

**E** : Entré.

**A** : Sortie.

**FC** : Bloc Fonction.

**FM** : Module de Fonctionnement.

**SM** : Module de Signaux.

**IM** : Module de Couplage.

**CP** : Processurs de Communication.



# ***Introduction Générale***

Les entreprises de nombreux secteurs de production (automobile, chimie, pétrochimie, électroménager ...) sont de plus en plus soumises à la concurrence farouche. Pour assurer une place dans les marchés intérieurs ou extérieurs, les industriels doivent faire face aux différentes contraintes techno-économiques telles que les coûts de production, la productivité, la sécurité du personnel et des équipements.

Différentes transitions peuvent ainsi être observées, dont le passage du mode manuel au mode automatique dans les systèmes mécaniques, l'introduction des systèmes électromécaniques et électroniques, et enfin le développement du numérique.

Ces avancées technologiques ont conduit au développement d'automates programmables applicables industriellement. Ces outils performants fonctionnent sur la base d'outils d'automatisation sophistiqués et gèrent efficacement des systèmes automatisés allant des plus élémentaires aux plus complexes, ce qui se traduit par des performances inégalées.

On parle d'automatisation, l'étude des méthodes scientifiques à travers la science et la technologie de l'automatisation et les moyens technologiques utilisés pour la conception et la construction des systèmes automatisés. Tandis que l'automatisation est l'exécution automatique de tâches industrielles, administratives ou scientifiques sans interventions humaines.

La problématique qui nous a été posée au sein du complexe des véhicules industriels CVI de l'entreprise nationale SNVI est que le processus du four de traitement thermique étant manuellement commandé à travers une armoire à relais, ce qui a causé une augmentation du nombre de pannes suivis des retards de production.

Notre but est de faire une étude complète et détaillée du four de traitement thermique en utilisant l'automate qui présente de meilleurs avantages vue de sa grande souplesse, de sa fiabilité et sa capacité de répondre aux exigences actuelles comme la commande et la communication et la supervision de ce système.

Ce mémoire est organisé en **cinq chapitres** qui se terminent par une conclusion générale.

➤ Le **premier** divisé en deux parties, la première partie représentant l'entreprise nationale des véhicules industriels SNVI de manière générale et deuxième partie nous parlons sur la description du four de traitement thermique.

- Le **deuxième** est consacré aux automates programmables industriels.
- Le **troisième** chapitre, nous avons décrit l'outil GRAFCET qui nous a permis de modéliser le fonctionnement détaillé des fours et donner des solutions aux problématiques posées.
- Le **quatrième** chapitre, est consacré à la présentation du logiciel STEP 7 avec lequel nous avons fait le programme et pour répondre aux exigences posées par l'entreprise. On a utilisé l'API SIMATIC S7-300 de la firme SIEMENS programmé sous Step7, et nous avons défini le logiciel PLCSIM qui nous a permis de simuler notre programme avant de l'implanter dans notre automate s7-300.
- La **dernière** chapitre, est consacré à la réalisation d'une interface homme-machine pour la partie supervision et à tester le programme réalisé (WINCC flexible).

Enfin nous terminerons avec une **conclusion** générale.

# **Chapitre I :** *Présentation de l'entreprise et description Du four de traitement thermique*

- *Partie 01: présentation de l'entreprise SNVI*
- *Partie 02: Description du four de traitement thermique*

## Partie 01- Présentation de l'entreprise

### I.1.1. Introduction

Cette première partie est consacrée à la présentation de l'entreprise. Par la suite, nous parlons sur la description et le fonctionnement du four de traitement thermique de la marque surface combustion division.

### I.1.2. Présentation de l'entreprise SNVI

L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI), anciennement « Société nationale de construction mécanique » (SONACOME), est une Entreprise Publique Economique constituée en société par actions depuis mai 1995, produit et commercialise des véhicules industriels



Figure I. 1 : Logo de la société SNVI (surnommée anciennement SONACOME).



Figure I. 2 : SNVI.

### I.1.3. Statut et forme juridique

Le statut juridique de l'entreprise publiques SNVI est : société par actions (EPE-SPA). Elle

produit et commercialise des véhicules industriels dont le capital social est de 2200000000 de dinars entièrement détenus par l'Etat. Son siège social est situé à la zone industrielle de Rouïba et elle est gérée par un conseil d'administration, avec un président directeur général à sa tête.

La SNVI conçoit, fabrique, commercialise et assure les services après-vente d'une gamme de produits composée de camions, camions tracteurs, d'autocars, autobus et carrosseries industrielles.

#### **I.1.4. Missions du S.N.V.I**

L'entreprise Nationale des véhicules industriels (SNVI) issue de restructuration de la SONACOME est chargée dans le cadre du plan national du développement économique et social de :

- La recherche.
- Le développement.
- L'importation.
- La distribution.

Elle se spécialise dans le secteur des véhicules industriels et leurs composants dont :

- Les camions.
- Les autobus, minicars
- Les camions spéciaux.
- Le matériel tracté (remorques, semi-remorques, et autres...).

D'une manière générale, tous véhicules destinés au transport routier de personnes et marchandises d'une charge utile supérieure à 1.5 tonne. D'autres parts, la SNVI est chargée d'assurer et de promouvoir les activités d'après-vente des véhicules industriels par la mise en place de leurs moyens de maintenance.

La SNVI en relation avec le commerce externe a exporté ses produits vers la Tunisie, le Maroc, la Libye, le Liban, L'Irak, la Mauritanie, le Niger, le Mali, le Congo, le Sénégal et le Gabon.

#### **I.1.5. Activités de l'entreprise**

La SNVI a pour activités principales :

- La recherche.
- La production.
- La distribution et la maintenance.

##### **I.1.5.1. Activité étude et recherche**

Cette activité est assurée par l'Unité d'Etude et recherche. Elle a pour missions :

- L'innovation et le lancement de nouveaux produits.
- L'amélioration de la qualité et la fiabilité.
- L'acquisition et la maîtrise de nouvelles technologies.
- La diversification des sources d'approvisionnement.

#### **I.1.5.2. Activité production [1]**

Cette activité est assurée par quatre unités opérationnelles qui sont :

- Unité Fonderie Rouïba (UFR).
- Division Véhicules Industriels (DVIR).
- Unité Carrosserie Rouïba (UCR).
- Unité Carrosserie Tiaret (UCT).

##### **I.1.5.2.1. Unité Fonderie de Rouïba (UFR)**

La fonderie est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à couler un métal ou un alliage liquide dans un moule pour reproduire, après refroidissement, une pièce donnée (forme intérieure et extérieure) en limitant autant que possible les travaux ultérieurs de finition.

Cette unité intégrée à l'origine au CVI, et autonome depuis le 01/01/1987. Sa principale mission est la fabrication de bruts de fonderie en fonte ainsi que des pièces en aluminium selon les nuances suivantes :

- Fonte grise à Graphite Sphéroïdale (GS).
- Fonte à Graphite Lamellaire GL.
- Aluminium.

##### **I.1.5.4. Division Véhicules Industriels de Rouïba (DVIR)**

Cette unité a pour mission, l'étude et conception, la fabrication et l'assemblage des véhicules industriels motorisés destinés au transport routier de marchandises et de personnes.

Une importante partie de ses activités est consacrée à la fabrication de pièces de rechange. Cette filiale regroupe elle-même cinq centres de production :

- La forge.
- L'emboutissage.
- L'usinage et traitement thermique.
- Le montage.

##### **I.1.5.3. Unité Carrosserie de Rouïba (UCR)**

Sa fonction est de fabriquer toutes les variétés de produits carrosserie portées ou tractées.

Elle dispose pour cela des ateliers principaux suivants :

- Atelier de débitage.
- Atelier de mécanique.
- Atelier d'assemblage.
- Atelier de montage.
- Atelier de peinture.

Mise en production en septembre 1979, cette unité intégrée initialement au CVI/ROUIBA.

#### **I.1.5.4. Unité Carrosserie Tiaret (UCT)**

Spécialisée dans la conception et la fabrication de carrosserie industrielles portés et tractés dans les gammes suivantes : Plateaux, bennes, citerne a eau, porte engins, etc.

#### **I.1.6. Activité de distribution et maintenance**

Cette activité est assurée sous les directives de deux directions importantes :

##### **I.1.6.1. Direction Marketing et Ventés (DMV)**

Pour améliorer son potentiel de distribution, la SNVI a mis en place une unité gestion produit. Implantée à Rouïba sur le complexe, cette unité a pour missions principales

- Réception et contrôle de véhicules.
- Mise en carrosserie des véhicules.
- La préparation de ces véhicules.
- Livraison vers les unités commerciales.
- Gestion des stocks.

##### **I.1.6.2. Direction Centrales Après-Vente (DCAV)**

L'importante activité de la DCAV, est assurée par onze unités commerciales réparties à travers le territoire national dont l'unité d'Ouargla. La DCAV est chargée d'assurer :

- La vente des véhicules neufs.
- La vente de pièces de rechange.
- Le service après-vente.
- La réparation et la rénovation des parcs régionaux de ces produit

#### **I.1.7. Objectifs**

Les principaux objectifs de cette entreprise sont

- Satisfaire les besoins en véhicules industriels en Maximisant la production tout.
- Combler l'écart entre la production et la demande.
- Minimiser le prix des produits et de services en assurant sa rentabilité par

- Contribuer aux progrès économiques et social.
- Formation quantitative et qualitative du personnel.

### I.1.8. Organigramme Général de SNVI

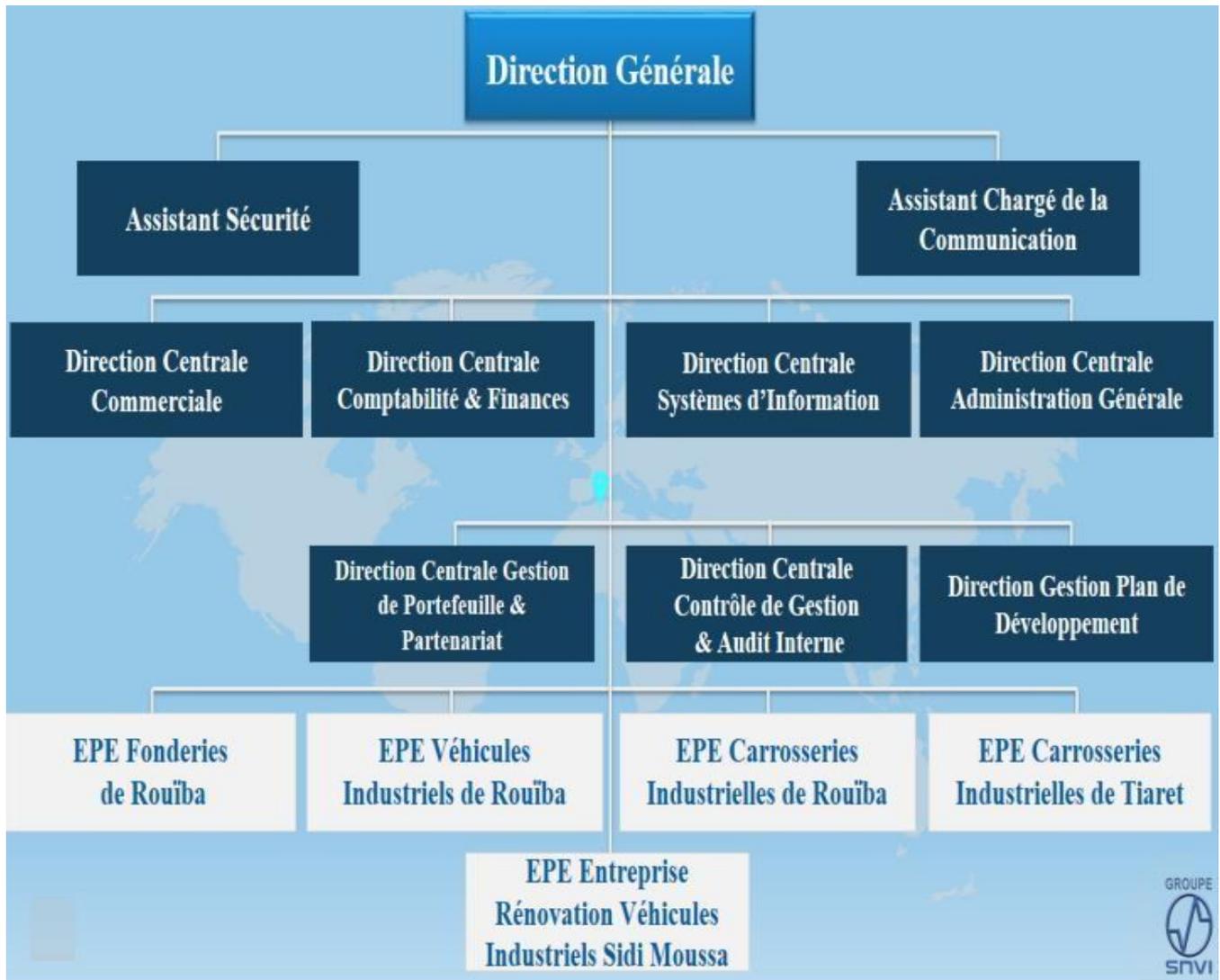


Figure I. 3 : Organigramme général de l'entreprise.

### I.1.9. Présentation de la FONDERIES Rouïba (FOR)

La filiale des Fonderies de Rouïba a été mise en exploitation le 1er janvier 1983. Bâtie sur un terrain de 60 hectares, la fonderie se compose de :

- Bâtiment principal de 27000 m<sup>2</sup>, sur deux niveaux pour une surface au sol de 17000m<sup>2</sup>.
- Bâtiment fonderie aluminium d'une superficie
- Bâtiment entretien et modelage d'une superficie
- Bâtiment énergie d'une superficie
- Bâtiment stockage d'une superficie

- Bâtiment administratif d'une superficie
- Bâtiment unité traitement de sable (UTS) d'une superficie

Après avoir réalisé son investissent lord et important (Rénovation de 90% de l'outil de production) période 2016 à 2018, la Filiale des fonderies de Rouïba prévoie l'augmentation de sa production jusqu'à 12000 Tonnes de pièces brutes de fonderie bonnes reparties en : Fonte (Fonte à graphite sphéroïdal et fonte à graphite lamellaire)

- Petites pièces : 2300 tonnes par an.
- Pièces moyennes : 5700 tonnes par an.
- Grosses pièces : 4000 tonnes par an.
- Alliages d'aluminium (AS 10 G et AS 13) : actuellement FOR vise 50Tonnes /ans depièces bonnes et 500 Tonnes /an après réalisation de l'investissement en cours.



Figure I. 4 : Symbole de l'unité fonderie.

#### I.1.9.1. Principales activités des fonderies FOR

- **Fusion** : Fonctionne avec 03 fours de fusion à induction magnétique la capacité nominale est de 10 Tonnes chacun, la température de Fusion est 1570°C.
- **Sablerie** : Huit silos de stockage 3000 Tonnes de sable traité, un volant de sable de 250Tonnes, trois malaxeurs de 120 Tonnes/h chacun, trois séparateurs magnétiques.
- **Moulage** : Deux lignes de moulage petites pièces, cadence : 102 moules/h, une ligne de moulage pièces moyennes, cadence : 90moules/h et une ligne de moulage grosse pièces; cadence : 9à 20moules/h.
- **Noyautage** : Il existe **deux types** :
  - Noyau de silicate de soude : 10 machines à noyauter, deux malaxeurs capacité 04T/h chacun.
  - Noyau churning : 06 machines SHALCO avec une station de pré enrobage de 04Tonnes/h.
- **Parachèvement** : Traitement thermique, un four de fertilisation sa capacité est de 13T/cycle et d'une montée en température jusqu'à 1100°C, Four de trempe Sa capacité 3 T/cycle, et d'une

montée en température jusqu'à 1200°C et un four de revenu de même capacité et d'une montée en température jusqu'à Température de revenu 800°C.

- **Dessablage et Décalaminage** : Deux grenailleuses à cabine 1, deux Grenailleuses à tapis métalliques et grenailleuse à lance.
- **Contrôle final** : Les pièces subissent un contrôle d'aspect, un contrôle dimensionnel, un contrôle destructif et non destructif et contrôle d'essais mécaniques, métallographique et chimique.
- **Traitement de surface** : Toutes les pièces sont peintes d'une couche protectrice contre la corrosion soit au pistolet soit par trempe dans un bain.
- Pour le bon déroulement de la production, les structures techniques, maintenances ressources humaines et autre assurent le soutiennes aux services de la Fabrication.



Figure I. 5 : Pièces Brutes- (FOR).

:

## Partie 02 : Description du four de traitement thermique

### I.2.1 Notion sur le traitement thermique

#### I.2.1.1. Définition [2]

Le traitement thermique d'une pièce de métal consiste à lui faire subir des transformations de structures grâce à des cycles prédéterminés de chauffage et de refroidissement afin d'améliorer les caractéristiques mécaniques : dureté, ductilité, limite d'élasticité.

#### I.2.1.2. Principales opérations en traitement thermique

Il existe plusieurs types d'opérations de traitement thermique qui sont utilisées dans l'industrie, nous parlerons de quatre traitements essentiels à la compréhension de notre processus

➤ **La trempe** : est une opération métallurgique qui fait partie des traitements thermiques. Elle consiste à chauffer un métal à 900°C et puis la refroidir très rapidement elle s'effectue à l'air ou dans l'huile ceci contribue à augmenter la dureté et la résistance de la pièce et l'augmentation de certaines caractéristiques mécaniques

➤ **Le revenu** : est un processus de traitement thermique à basse température inférieure à celle de la trempe à 600°C puis refroidi lentement

Ce traitement aide à améliorer la ténacité et à réduire les tensions internes. Si une lame en acier ayant subi une trempe mais sans revenu on trouve des fissures traversant la lame, Cette procédure est utilisée après une opération de trempe

➤ **Le recuit** : La méthode recuit consiste à chauffer et à refroidir lentement le métal, et elle est couramment utilisée pour réduire les pressions internes et abaisser sa dureté. Cette approche est utilisée lorsqu'on oublie une opération de l'usinage et la pièce est déjà trempée il faut donc d'abord réduire sa durabilité.

➤ **La cémentation** : est un traitement thermo-chimique qui augmente la durabilité superficielle des pièces en acier en augmentant la teneur en carbone superficiel. Le noyau reste intact.

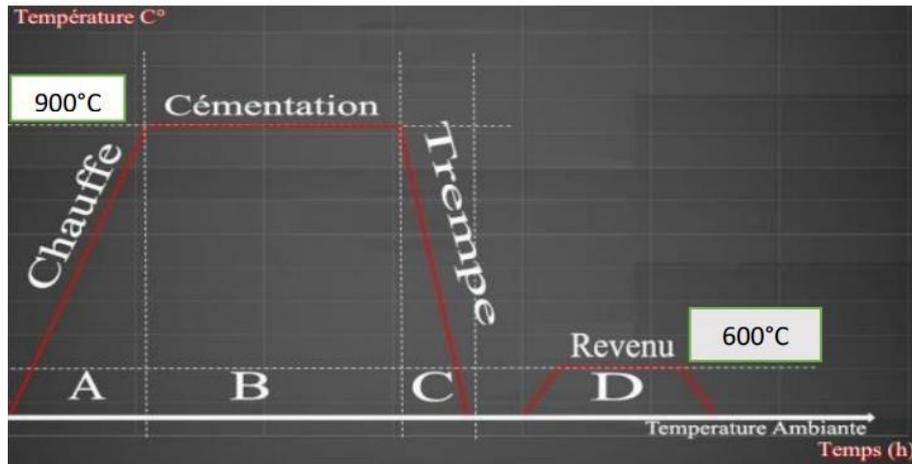


Figure I. 6 : Exemple d'un cycle de traitement thermique.

### I.2.2. Description du système de traitement thermique [3]

Nous avons fait une étude sur les fours qui sont placés dans l'unité fonderie atelier parachèvement qui constitue la dernière étape du processus de fabrication. Il a pour mission la réception, le traitement et la finition des pièces produites par l'atelier moulage.

Le fonctionnement de ce système est complètement manuel ; un opérateur qui déplace le chariot (munis des pièces) vers les fours.

**Notre système est composé de :**

- Deux tables élévatrices pour le chargement et le déchargement des pièces sur le chariot.
- Un chariot de transfert comprenant deux lignes à rouleaux qui sert à déplacer les pièces à partir des tables vers une ligne de trempe-lavage-revenu-refroidissement.
- Le four de recuit intermittent qui est un four qui permet de recuire des pièces moulées de type GS (graphite sphéroïdale) dans une température constante (900°C) puis les tremper dans un liquide afin d'obtenir les caractéristiques métallurgiques désirées. Il possède 10 brûleurs qui sont repartis sur 2 côtés de four de façon que chaque côté contient 5 brûleurs. Dans le cas où un seul brûleur fera défaut, un relais de flamme qui gère une cellule UV (ultra-violet) qui capte la flamme envoie l'ordre au module de contrôle pour l'arrêt complet de système de combustion et qui cause l'arrêt de four.
- Le système de régulation comprend 2 vannes, une vanne de contrôle d'air motorisée commandée par contrôle de température de fonctionnement qui est de 900°C (consigne) et une vanne principale qui est aussi commandée par un contrôleur de limite supérieure réglée à 50°C au-dessus de la consigne. Dans le cas où la vanne motorisée est bloquée, la température augmente jusqu'à ce qu'elle atteigne la limite supérieure, la vanne principale gaz éteint les 10 brûleurs.

- Le bac de trempe dont l'huile peut être :
  - Chauffée par le tube radiant immergé.
  - Refroidie par l'eau circulant dans un échangeur tubulaire.
- Un ascenseur recevant les charges de la chambre de four et les immergeant dans l'huile.
- Une chambre de lavage où les pièces sont nettoyées avant de les passer au four de revenu pour éviter les incendies ; parce que le four de revenu contient un brûleur allumé à 600°C et les pièces seront munies d'huile.
- Une chambre de four revenu où le four permet de faire le traitement thermique pratiqué sur les aciers trempés afin de diminuer les effets de la trempe, le but de four revenu est de modifier la structure pour obtenir un compromis dureté/fragilité. Il contient un seul et unique brûleur qui s'allume au gaz naturel avec un système de chauffage par convection à grande vitesse, le brûleur s'allumera et fournira le signal de flamme au « relais de flamme ». Ce dernier gère une cellule UV qui repère la flamme et il est responsable d'arrêter le système de combustion en cas de défaut de flamme. Le four possède une minuterie de purge. La température de fonctionnement de four est de 600°C (consigne), une vanne gaz principale éteindra le four dans le cas où la température continue à augmenter jusqu'à ce qu'elle atteigne la limite supérieure qui est de 700°C.
- Après le four revenu vient l'étape de refroidissement dans la chambre de refroidissement, ensuite les pièces sont chargées sur la table de déplacement et elles seront conduites vers la table élévatrice.



Figure I. 7 : Brûleur à gaz.

### I.2.3. Démonstration de l'instrumentation existante

Pour des raisons économiques, nous ne remplacerons pas les capteurs et actionneurs de existants dans les fours, car ils sont toujours opérationnels. Ils fonctionnent et sont compatibles avec les solutions que nous avons proposées. Ils fonctionnent et sont compatibles avec les solutions que nous avons proposées.

#### I.2.3.1. Les capteurs

Un capteur est un composant d'automatisme, il est capable de transformer un phénomène physique en une grandeur physique mesurable généralement électrique qui peut être interprétée par un dispositif de commande.

Cette fonction est assurée par deux parties distinctes au sein du capteur : La partie sensible qui est chargé de détecter la grandeur physique. L'étage de sortie qui est chargé de l'adaptation de l'information pour dialoguer avec la partie commande.

La classification se fait selon la nature de la grandeur physique à capter ou la nature du signal à transmettre. Dans notre four de traitement thermique, nous trouvons :

##### ➤ Capteur fin de course

Un capteur à contact (ouvert ou fermé), également appelé capteur de position, est utilisé dans notre système pour déterminer la position d'un vérin ou d'un porte.

##### ➤ Capteur de pression (pressostat)

Les tubes radiants de la chambre de chauffe du four sont chauffés par la combustion de gaz naturel au contact de l'air à basse pression. Le pressostat est un dispositif destiné à contrôler des pressions dans un circuit pneumatique ou hydraulique. Dans notre système, ce capteur permet de détecter les seuils de pression de gaz et d'air. La figure I.8 montre une vue extérieure du type de capteur utilisé.



Figure I. 8 : Pressostat de pression gaz et air naturel.

### ➤ Capteur de température (thermocouple)

Un thermocouple est un capteur utilisé pour la mesure de température, il présente un taux de réponse rapide. Ce thermocouple est utilisé pour la mesure de température dans la chambre de chauffe et le bac d'huile, est réalisé par l'intermédiaire d'un thermocouple de type K. [4]

Un thermocouple est composé de deux types différents de conducteurs métalliques réunis en un point (soudure chaude), qui est la température à mesurer. Les autres extrémités des fils sont connectées sur l'appareil de mesure, ce qui crée une la soudure froide (le point de référence), généralement c'est la température ambiante. Entre ces deux sites, une force électromotrice appelée FEM est créée. Étant donné que le thermocouple mesure une différence de potentiel électrique, la mesure d'une température inconnue est une mesure indirecte.



Figure I. 9 : Thermocouples de type K.

### ➤ Capteur de niveau d'huile

Le flotteur se maintient à la surface du liquide. Il est solidaire d'un capteur de position qui délivre un signal électrique correspondant au niveau haut et bas de l'huile.

#### I.2.3.2. Les actionneurs

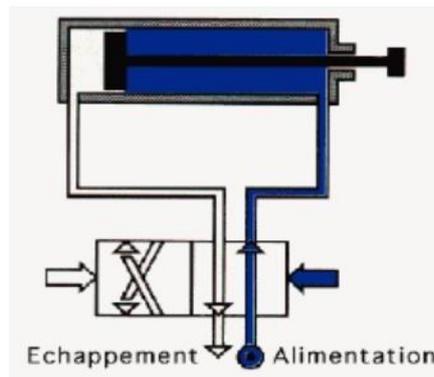
##### ➤ Les vérins pneumatiques

Un vérin pneumatique est un actionneur linéaire dans lequel l'énergie de l'air comprimé est transformée en travail mécanique, sont des composants qui exécutent un mouvement avec de l'air comprimé comme fluide, c'est pourquoi ils sont également appelés vérins pneumatiques. Les actionneurs pneumatiques sont une solution particulièrement économique pour un grand nombre de domaines d'application - même pour les conditions ambiantes les plus difficiles - et se distinguent par une mise en service particulièrement simple. Les vitesses pouvant être atteintes se situent entre 10 mm/s et jusqu'à 3 m/s.

Les vérins pneumatiques sont robustes et souples en raison de la compressibilité de l'air, ce qui les rend résistants à l'effet des forces extérieures élevées.

### ➤ Vérin double effet

Un vérin double effet a deux directions de travail. Il comporte deux orifices d'alimentation et la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre. L'air comprimé est distribué par un distributeur à deux sorties.



**Figure I. 10 :** Vérin double effet avec son distributeur.

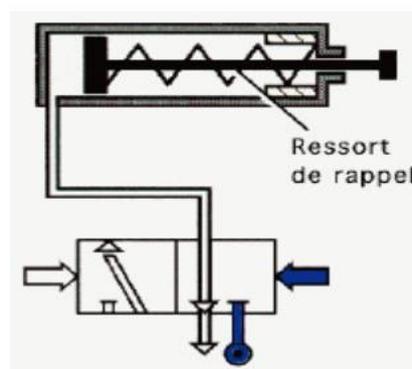
- **Les avantages**

Plus grande souplesse d'utilisation, réglage plus facile de la vitesse, par contrôle du débit à l'échappement, amortissements de fin de course.

### ➤ Vérin simple effet

Un vérin simple effet ne travaille que dans un sens. L'arrivée de la pression ne se fait que sur un seul orifice d'alimentation ce qui entraîne le piston dans un seul sens, son retour s'effectuant sous l'action d'un ressort.

Un distributeur à une seule sortie est donc suffisant. L'emploi de ces vérins reste limité aux faibles courses.



**Figure I. 11 :** Vérin simple effet avec son distributeur.

### ➤ Les moteurs

Un moteur est une machine électrique servant à transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

Le four est équipé de quatre moteurs asynchrones :

- Moteur de la pompe à huile :

Il est commandé avec deux contacts. En raison du fort couple qu'il doit développer au démarrage.

- La turbine de convection :

Assure l'homogénéité de la température dans la chambre de chauffe, celle-ci tourne avec un moteur.

- Moteur de la pousseuse :

C'est un système mécanique avec un moteur asynchrone pour enlever la charge après qu'elle ait été traitée. Celui-ci est contrôlé par deux connexions, lui permettant de se déplacer dans les deux sens.

- Moteur Ventilateur Air Combustion :

Pour réaliser la combustion il faut de l'air, celui-ci est acheminé grâce à un ventilateur qui possède un moteur Asynchrone.



Figure I. 12 : Ventilateur Air Combustion.

### I.2.3.3. Les pré-actionneurs

- **Électrovanne circuit de refroidissement** : Cette électrovanne commande le système du refroidissement dans le bac d'huile.
- **Purge à minuterie d'électrovanne** : L'électrovanne à minuterie est destinée à extraire le condensat des applications d'air comprimé. Sa caractéristique unique est de comprendre une vanne d'arrêt et une crépine incorporée. La crépine protège la vanne et l'orifice contre les bouchons de débris et la vanne d'arrêt permet l'isolement sécurisé de la source d'air lorsqu'on effectue la maintenance.

### I.2.4 Problématiques

Les fours sont des anciens fours datant des années 80, ils sont muni d'une installation programmée avec une logique câblée, ceci rend sa maintenance difficile et nuit à la production et au rendement vu les pannes fréquentes que rencontre les fours. Grâce à des visites régulières du site et plusieurs entretiens avec les techniciens, nous avons pu noter les problèmes suivants :

- La régulation de la température n'est pas précise.
- La régulation du débit du gaz d'addition (méthane) et du gaz endothermique se fait manuellement avec des vannes manuelles, ce qui rend la cémentation imprécise et crée de l'humidité à l'intérieur du four ce qui rallonge le temps de la cémentation.
- La majorité des vannes sont manuelles, ceci fait intervenir l'opérateur à plusieurs reprises.
- Pas de détection de présence d'eau dans la chambre de lavage.
- Pas de système d'extinction des feux, en cas d'incendie.
- Le chariot est dangereux pour les opérateurs lorsqu'ils déplacent les pièces vers les fours. Il y a des risques pour eux en cas des incendies et encore la chaleur des fours est très élevée qu'ils ne peuvent pas résister à cette chaleur (900°C/600°C).

### I.2.5. Conclusion

Le four de traitement thermique est une machine de production importante dans l'entreprise SNVI, il est utilisé pour améliorer les caractéristiques mécaniques des pièces métalliques.

Dans ce chapitre nous avons donnée et expliqué certaines notions sur le traitement thermique, nous avons aussi donné une description des fours à savoir les différents capteurs et actionneurs qui le constitue, ainsi que leurs principes de fonctionnement. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter l'un des éléments clés du projet qui est l'automate programme qui permet de gérer l'ensemble des actionneurs présents dans ce projet tout en se basant sur les consignes envoyées par les capteurs et les consignes imposées.

***Chapitre II:***

*Généralité sur les Systèmes  
Automatisés*

## II.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons donner un léger aperçu sur la structure d'un système de production automatisé ainsi présenter les éléments qui constituent les fours de trempe et revenu dans l'atelier parachèvement ( finition) au sein de la SNVI. Un système de production automatisé peut gérer un cycle de travail prédéterminé qui se décompose en séquences et un ensemble d'étapes de manière autonome. Généralement, les systèmes automatisés utilisés dans le secteur industriel ont tous la même structure de base. Ils sont constitués de plusieurs parties plus sophistiquées qui s'enchaînent, à savoir : la partie supervision (PS), la partie commande (PC) et la partie opérative (PO).

## II.2. Historique de l'automate

Le domaine des automates programmables industriels (API) appartient à celui des sciences de l'ingénierie. Ils sont apparus pour la première fois aux États-Unis en 1969 dans l'industrie automobile, et ils ont été utilisés pour la première fois en Europe environ deux ans plus tard.

De ce fait, sa date de création coïncide avec l'aube de l'ère des microprocesseurs et l'adoption généralisée de la logique câblée modulaire.

L'API est la première machine à langage programmable, dont le jeu d'instruction est orienté vers des problèmes logiques et des systèmes séquentiellement évolutifs [5].

## II.3. Principe de fonctionnement de l'automate programmable

L'automate programmable reçoit des données par ses entrées, qui sont ensuite traitées par un programme, le résultat étant délivré par ses sorties. Ce cycle de traitement est le même quel que soit le programme, cependant, la durée d'un cycle API varie en fonction de la taille du programme et de la puissance de la machine.

C'est l'unité centrale qui gère la machine programmable, elle reçoit, mémorise et traite les données d'entrée, ainsi que la détermination de l'état des données de sortie en fonction du programme établi.

## II.4. Systèmes automatisés de production

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire, en ayant recours le moins possible à l'homme, des produits de qualité avec un faible coût.

Un système entièrement automatisé est toujours composé de deux parties : la commande et l'exploitation.

Pour faire fonctionner ce système, l'Opérateur enverra des commandes au Groupe de Commandement. Cela convertira ces consignes en commandes qui seront exécutées par

l'Opérateur. Une fois les commandes exécutées, la Partie Opérative notifiera la Partie Commande (qui établira un procès-verbal), qui notifiera alors l'Exploitant. En conséquence, il ou elle pourrait dire que le travail a été bien fait.

## II.5. Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé peut se décomposer en trois parties :

### II.5.1. Partie supervision (PS)

Le pupitre de dialogue homme-machine est équipée d'organes de commande qui permettent la mise sous/hors tension de l'installation, la sélection du mode, la commande de l'actionneur manuel, la référence, le démarrage/l'arrêt du cycle, l'arrêt d'urgence, etc., ainsi que diverses signalisations telles que voyants lumineux, afficheurs, écrans vidéo, Klaxons, sonneries, etc.

### II.5.2. Partie commande (PC)

Émet des ordres et reçoit des données de l'extérieur ou de la partie opérationnelle. Dans la plupart des cas, il est composé d'ordinateurs, de mémoire et de logiciels. Elle envoie des commandes aux actionneurs en fonction des éléments suivants :

- Le logiciel qu'il contient les informations reçues des capteurs
- Et les ordres donnés par l'opérateur.

### II.5.3. Partie opérative (PO)

Un système automatisé est la partie qui fait le travail. En d'autres termes, c'est la machine. C'est la partie qui reçoit et exécute les ordres du commandant. Il est composé d'éléments mécaniques, d'actionneurs (vérins, moteurs), de pré-actionneurs (distributeurs et contacteurs) et d'éléments de détection (capteurs, détecteurs). Les deux parties commande et opérative sont visibles dans la figure II.1 et la partie supervision est représentée par le flux d'informations qui connecte les deux parties et les appareils de supervision.

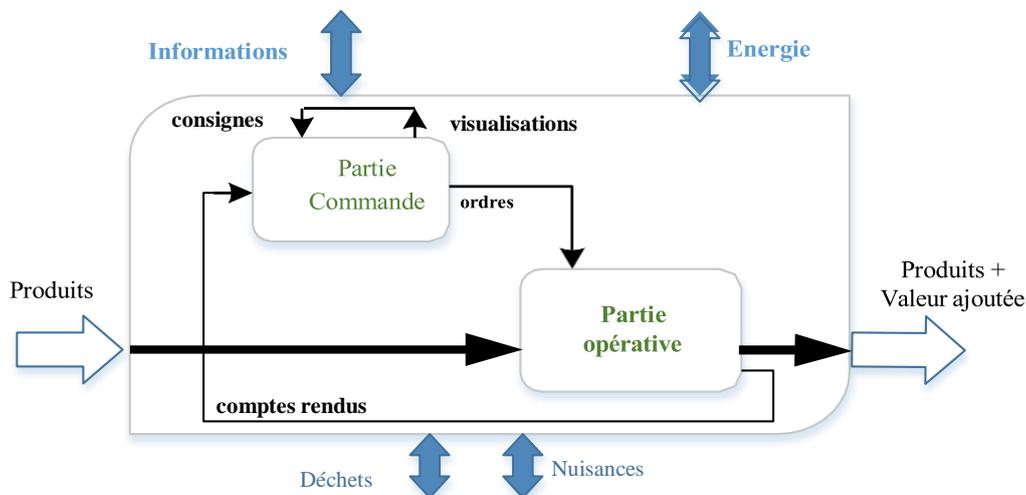


Figure II. 1 : Structure d'un système automatisé.

## II.6. Usage des automates programmables industriels

Un Automate Programmable Industriel est une machine électronique, programmable par un personnel non informaticien et destinée à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés automatiques.

Une automatisation programmable peut s'adapter à un large éventail d'applications, y compris le traitement, les composants et les langages programmation. C'est pour cette raison qu'il s'agit d'une construction modulaire.

Il est généralement exploité par du personnel électromécanique. L'évolution de l'industrie s'est traduite par une augmentation constante du nombre de fonctions électroniques présentes dans un automatisme, et c'est pour cette raison que l'API a remplacé l'armoire à relais, non seulement en raison de sa facilité d'utilisation, mais aussi parce que les coûts d'installation et de maintenance sont devenus prohibitifs.

## II.7. Domaines d'emploi des automates

On utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire ...) ou il peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, chimie ...).

Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes [6].

## II.8. Avantages et inconvénients des automates programmables

L'utilisation des APIs dans le milieu industriel présente plusieurs avantages et quelques inconvénients que nous allons citer ci-dessous [7].

### II.8.1. Avantages

- Simplification du câblage : facilité de mise en œuvre.
- Modification du programme facile à effectuer par rapport à une logique câblée.
- Enorme possibilité d'exploitation : facilité de diagnostic pour une meilleure Maintenance.
- Fiabilité.
- La flexibilité : possibilité d'ajout ou de suppression d'une ou plusieurs entrées/sorties, sans avoir à refaire tout le câblage pour l'ajout de fonctions ou une amélioration donnée, et cela à travers une console de programmation ou un PC.
- Possibilité de mettre en œuvre plusieurs automates en réseaux.

### II.8.2. Inconvénients

- Le coût de mise en œuvre reste élevé si le fonctionnement de l'installation est simple.
- La maintenance doit être structurée.
- La suppression d'emplois.

### II.9. Choix d'un API

Le choix d'un API est fonction de la partie commande à programmer. On doit tenir compte de plusieurs critères.

- Nombres et la nature d'entrées/sorties intégrés (numériques, analogiques).
- Temps de traitement (scrutation).
- Capacité de la mémoire.
- Nombre de compteurs.
- Nombre de temporisateurs.
- La fiabilité et la robustesse.
- La communication avec les autres systèmes.

### II.10. Choix de la marque Siemens

La marque Siemens est une marque allemande spécialisée dans le domaine industriel. Elle fabrique des appareils haut de gamme, fait partie des grandes marques, et propose des produits de qualité durables, écologiques, et innovants.

- Nous avons choisi siemens dans notre projet suivant des critères qui peuvent être différents suivants les personnes et suivants les projets.
- On est plus familier à une certaine marque d'automate siemens. donc tendance à choisir
- Automates siemens ont des temps de cycle plus rapides face à d'autres, important pour des systèmes
- Automates siemens ont des logiciels de programmation plus aboutis comparés à d'autres. Cela permet un gain de temps énorme lors des développements
- Ont plus d'autorité ce qui leur permet d'offrir des services après ventes et d'accompagnement clients meilleurs

### II.11. Présentation de l'automate S7-300

Le système d'automatisation SIMATIC S7-300 est un automate modulaire de milieu de gamme. Il existe une gamme étendue de modules S7-300 pour répondre de manière optimale à différente tâche d'automatisation (exemple SIMATIC S7-300 CPU 313C).

L'automate S7 est constitué d'une alimentation (Modules PS), d'une CPU ainsi que des modules d'entrées / sorties.

Siemens fournit des :

- Modules d'extension IM pour configuration multi rangées du S7-300
- Modules de signaux SM pour entrées et sorties TOR et analogiques
- Modules de fonction FM pour fonctions spéciales (par exemple l'activation d'un moteur pas à pas)
- Processeurs de communication CP pour la connexion au réseau

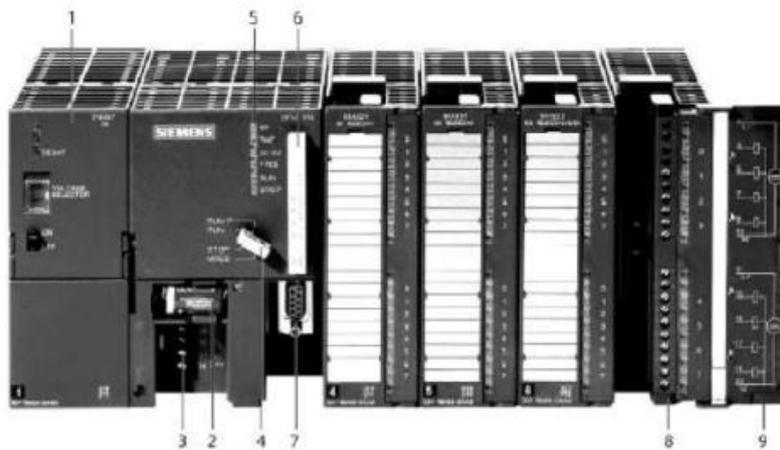


Figure II. 2 : Automate S7-300.

Tableau II. 1 : Constitution API S7 300.

Numéro	Désignation
1	Module d'alimentation
2	Pile de sauvegarde
3	Connexion au 24V cc
4	Commutateur de mode (à clé)
5	LED de signalisation d'état et de défauts
6	Carte mémoire
7	Interface multipoint (MPI)
8	Connecteur frontal
9	Volet en face avant

## II.12. Caractéristique d'un API S7-300

Le S7-300 offre une gamme échelonnée de 24 CPU ; des CPU standard parmi lesquelles la première CPU avec interface Ethernet/Pro finet intégrée, des CPUS de sécurité, des CPU compactes avec fonctions technologiques et périphérie intégrées et CPU technologiques pour la gestion des fonctions motion control.

Le S7-300 offre également une très large palette de modules d'E/S TOR et analogiques pour la quasi-totalité des signaux avec possibilité de traitement des interruptions et du diagnostic.

A disposition également des modules pour emploi dans des zones à atmosphère explosive, des modules de fonction technologique comme par ex. régulation et came électronique et des modules de communication point à point ou par bus API, Profibus ou Industriel Ethernet.

Sa simplicité de montage et sa grande densité d'implantation avec des modules au modulo 32 permettent un gain de place appréciable dans les armoires électriques.

Plusieurs automates S7-300 peuvent communiquer entre eux aux moyens d'un câble bus PROFIBUS pour une configuration décentralisée [8].

## II.13. Modularité du S7-300

Le S7-300 est de conception modulaire, une vaste gamme de modules est disponible. Ces modules peuvent être combinés selon les besoins lors de la conception d'une solution d'automatisation.

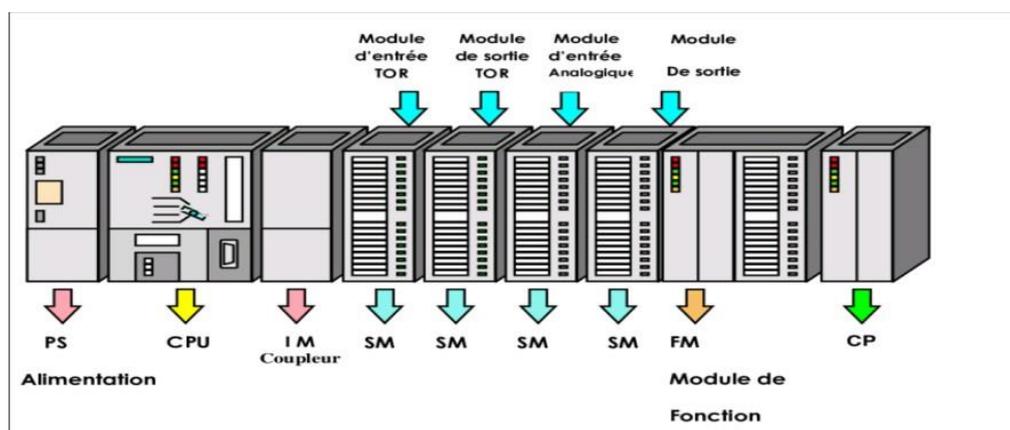


Figure II. 3 : Disposition des modules de l'API S7-300.

Les types des modules sont les suivants :

### II.13.1. Module d'alimentation

Le S7-300 peut être alimenté avec une tension continue de 24 V, cette dernière est assurée via un redresseur qui permet la conversion de la tension alternative du réseau 380/220V.

Les capteurs, actionneurs et voyants lumineux qui demandent plus de 24 V, sont alimentés par des blocs d'alimentation ou transformateurs supplémentaires.



**Figure II. 4 :** Disposition des modules de l'API S7-300.

### II.13.2. Unité centrale (CPU)

La CPU est le cerveau de l'automate car elle permet de :

- Lire les états des signaux d'entrées.
- Exécuter le programme utilisateur et commander les sorties.
- Régler le comportement au démarrage et diagnostiquer les défauts par les LEDS.

Le S7-300 dispose d'une large gamme de CPU à différents niveaux de performances.

### II.13.3. Coupleurs (IM)

Les coupleurs sont des cartes électroniques qui assurent la communication entre les entrées/sorties (E/S) (constituées de périphériques ou autres appareils) et l'unité centrale. Les informations sont transmises entre la CPU et les modules E/S via un bus interne.

### II.13.4. Processeurs de communication (CP)

Les modules de communication sont conçus pour les tâches nécessitant un transfert série de données. Ils vous permettent également d'établir des connexions point à point avec :

- Des commandes de robot.
- Communication avec les pupitres des opérateurs.
- SIMATIC S7, SIMATIC S5 et systèmes d'automatisation d'autres fabricants.

### II.13.5. Modules de fonctionnements (FM)

Les modules de fonctions offrent des fonctions spéciales :

- Comptage.
- Positionnement.
- Régulation (Nous avons appliqué dans four de trempe et four de revenu).

### II.13.6. Modules de signaux (SM)

Les modules de signaux établissent la liaison entre la CPU du S7-300 et le processus commandé. On dispose de différents modules de signaux.

- Les modules d'entrées/sorties TOR (tout ou rien)
- Les modules d'entrées analogiques
- Les modules de sortie analogique
- Les modules d'entrées/sorties analogiques

### II.13.7. Modules de simulation (SM 374)

Le module de simulation SM 374 est un module spécial qui offre à l'utilisateur la possibilité de tester son programme lors de la mise en service en cours de fonctionnement.

Dans le S7 - 300, ce module se monte à la place d'un module d'entrée ou de sortie TOR.

Il assure plusieurs fonctions telles que :

- La simulation des signaux de capteurs aux moyens d'interrupteurs.
- La signalisation d'état des signaux de sorties par des LEDS.

## II.14. Conclusion

Ce chapitre est consacré à la description des systèmes automatisés de manière brève et en particulier les automates programmables industriels.

Nous avons présenté les caractéristiques de l'API S7-300 de la firme SIEMENS qui est l'automate choisit et défini les critères qui nous ont amené à faire le choix de ce dernier.

***Chapitre III:***

*Modélisation du Système avec  
L'outil Grafcet*

### III.1. Introduction

La création d'une machine automatique nécessite le dialogue entre le client qui définit le cahier des charges et le constructeur qui propose des solutions.

Ce dialogue n'est pas toujours aisé, en effet le client ne possède pas peut être la technique lui permettant de définir correctement son problème, d'autre part, le langage courant ne permet pas de lever toutes les ambiguïtés (surtout des actions doivent se dérouler simultanément). Enfin la langue peut être considérée comme un obstacle. D'où la nécessité d'une représentation d'un diagramme fonctionnel dit aussi le graphe fonctionnel de commande des étapes et transitions (GRAF CET).

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter l'outil GRAFCET et ses éléments de base puis nous allons donner le GRAFCET du système étudié.

### III.2. Définition de GRAFCET

GRAF CET (Graphe Fonctionnel de Commande des Étapes et Transitions) est une méthode de représentation et d'analyse des automates particulièrement bien adaptée aux systèmes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposables en étapes.

De ce fait, GRAFCET est un langage graphique qui représente le fonctionnement d'un automate en groupe :

- Des étapes auxquelles sont associées des actions ;
- De transitions entre étapes auxquelles sont associées des conditions de transition (réceptivités) ;
- Des liaisons orientées entre les étapes et les transitions.

Le GRAFCET, également appelé diagramme de séquence fonctionnel, permet de spécifier le comportement attendu d'un automatisme. Dans notre cas, il s'agit de la commande d'un four de trempe à l'aide d'un API SIEMENS S7-300.

### III.3. Domaine d'application de GRAFCET

Le GRAFCET est généralement utilisé pour spécifier et visualiser le comportement souhaité de partie commande et de contrôle d'un système, mais il peut également être utilisé pour spécifier et visualiser le comportement souhaité de partie opérative d'un système ou même de l'ensemble du système de contrôle.

Plus pratiquement, le GRAFCET est conçu pour représenter des automates logiques (ou discrets), c'est-à-dire des systèmes à événements discrets dans lesquels l'information est de type booléennes (tout ou rien) ou peut se reproduire.

Le GRAFCET est un programme qui permet de créer un cahier de charge pour un système automatisé. Il est destiné à être un moyen de communication entre l'automatiste et son client. Cependant, une des qualités fortes du GRAFCET est la facilité de changement de modèle. Ceci est rendu possible par les capacités de raffinement du GRAFCET. Le GRAFCET passe alors d'un langage de spécification à un langage d'implémentation pour automatiser le processus. On parle ainsi des termes « graphes de spécification » et « graphes de réalisation ». [5]

### III.4. Eléments de base du GRAFCET

Le GRAFCET se compose d'étapes, auquel sont associées des actions, des transitions, auquel sont associées des réceptivités et des liaisons orientées.

#### III.4.1. Les étapes

L'étape symbolise un état ou une partie de l'état du système. L'étape possède deux états possibles : active représentée par un jeton dans l'étape ou inactive [9].

Chaque étape est représentée par un carré auquel est associé un destinés à décrire les actions qui s'y déroulent. Dans chaque carré, on utilise une numérotation entière positive (pas nécessairement de 1 à 1). Le nombre de deux étapes ne peut pas être le même.

##### ➤ **Étape active**

Lorsqu'une étape est active, toutes les actions associées à cette étape sont exécutées. Les activités d'étape commencent et se terminent en franchissement des transitions à leurs entrées et sorties. L'étape active est indiquée dans le GRAFCET et défini par un point à carré de l'étape associée.

##### ➤ **Étape inactive**

Contrairement à l'étape active, l'action associée à l'étape ne peut pas être exécutée.

##### ➤ **Étape initiale**

Une première étape est représentée par un double carré : c'est la première étape active du système.

#### III.4.2. L'étape et l'action

Une étape est une période de temps pendant laquelle on fait une action spécifique pendant un laps de temps spécifique. L'action doit être stable, c'est-à-dire qu'elle doit se faire de la même manière pendant toute la durée de l'étape, bien que la notion d'action soit large, surtout lorsqu'elle est composée de plusieurs actes, ou lorsqu'elle est comparée à l'inaction (l'étape dite d'attente).

Au Chaque étape est représentée par un carré, l'action par un rectangle de droite, l'entrée par le haut et la sortie par le bas. Chaque étape reçoit un nombre positif, bien qu'il ne soit pas

nécessaire d'incrémenter d'un. Il faut simplement éviter d'avoir deux étapes avec le même numéro.

### III.4.3. Transition et la réceptivité

Ils indiquent la possibilité de changement entre les étapes. La transition peut être considérée comme une porte entre les étapes, la réceptivité servant de clé ou de code requis pour ouvrir la porte.

#### ➤ Transition

Elle est représentée par un tiret, ou une petite barre, tracé sur une ligne reliant deux étapes successives. La réceptivité associée est inscrite sur le côté droit du tiret. Un chiffre ou une lettre de repérage pouvait être griffonné sur le côté gauche du tiret [10].

- Règle : Entre deux étapes successives et quel que soit le chemin emprunté, il ne peut y avoir qu'une seule transition validée.
- Transition validée : Une transition est valide si toutes les étapes qui la précèdent immédiatement sont actives et inversement.

#### ➤ Réceptivité

Elle peut s'écrire sous la forme (expression booléenne, comprenant « ET » et « OU », informations issues de capteurs). Elle recueille toutes les conditions et seulement celles qui sont requises pour que la transition soit effectuée.

- Réceptivité vraie : Une réceptivité est vraie si la condition logique associée, ou équation booléenne, est vérifiée ou égale à 1 et inversement.

### III.4.4. Liaisons orientées

C'est un ensemble de qualités verticales simples qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Ils sont généralement orientés de haut en bas. Dans le cas contraire, une flèche est nécessaire.

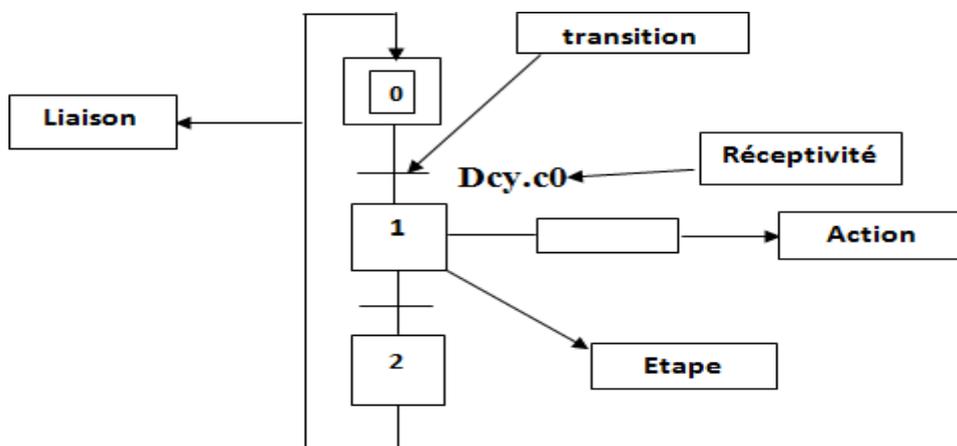


Figure III. 1 : Eléments de GRAFCET.

### III.5. Règles d'évolution d'un GRAFCET

Un GRAFCET a un comportement dynamique guidé par cinq règles qui définissent les causes et les effets des transitions franchies.

#### ➤ Règle 1 : Les étapes initiales

La circonstance de départ d'un GRAFCET décrit le comportement de la partie commande par rapport à la partie opérative, l'opérateur et/ou les éléments externes. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement : ce sont les étapes initiales. On les représente par un double carré.

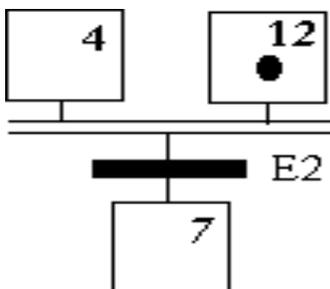
#### ➤ Règle 2 : Franchissement d'une transition

Lorsque toutes les étapes précédentes (immédiatement avant de se rapporter à cette transition) sont actives, donc la transition est validée.

Le franchissement d'une transition a lieu lorsque :

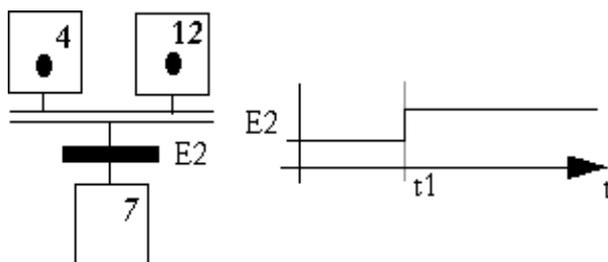
- Lorsque la transition a été validée
- ET que la réceptivité associée à cette transition est véritable.

L'exemple suivant montre une transition qui n'est pas valide car l'étape 4 n'est pas active.



**Figure III. 2 :** Franchissement d'une transition.

L'exemple suivant montre une transition validée mais non-franchissable avant  $t_1$ , elle devient franchissable à  $t_1$  car E2 devient vraie.

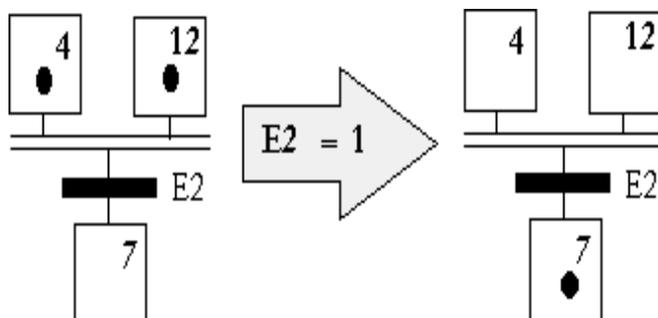


**Figure III. 3 :** Transition non-franchissable.

➤ **Règle 3 : Evolution des étapes actives**

Lorsqu'une transition est terminée, les événements suivants se produisent simultanément :

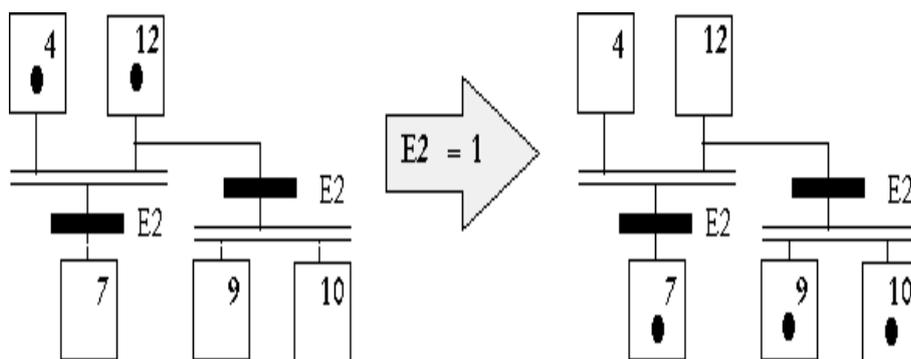
- Désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes liées à cette transition.
- Activation de toutes les étapes immédiatement suivantes liées à cette transition.



**Figure III. 4 :** Evolution des étapes actives.

➤ **Règle 4 : Franchissement simultané**

Toutes les transitions qui peuvent être effectuées en même temps sont simultanément franchies.

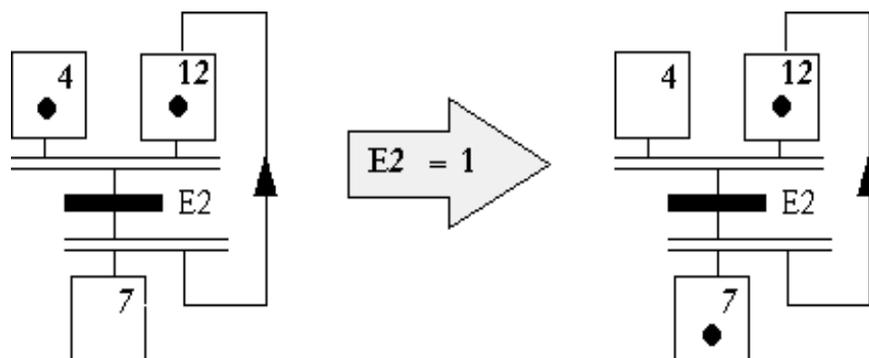


**Figure III. 5 :** Franchissement simultané.

➤ **Règle 5 : Activation et désactivation simultanées**

Si au cours du fonctionnement la même étape est simultanément activée et désactivée elle reste active [7].

On évite ainsi des commandes transitoires (néfastes au procédé) non désirées.



**Figure III. 6 :** Activation et désactivation simultanées.

### III.6. Structure de base de GRAFCET

Les structures de base sont des mises en page graphiques liées aux principes fondamentaux des systèmes logiques. Ils vous permettent d'exprimer des choses comme des successions d'états, des sélections entre plusieurs séquences, des parallélismes de séquences, des sauts et des reprises de séquences, le partage de ressources et des couplages de séquences.

#### III.6.1. Notion de Séquence

Dans un GRAFCET, une séquence est un ensemble d'étapes qui doivent être complétées les unes après les autres. Autrement dit, chaque étape n'a qu'une seule transition AVANT et une seule transition AMONT.

##### ➤ Séquence unique [10]

Une séquence unique est composée d'une suite d'étapes pouvant être activées les unes après les autres. Cette suite d'étapes est appelée une séquence unique.

Chaque étape n'est suivie que d'une seule transition, et chaque étape n'est validée que par une seule étape.

Si au moins une des étapes est active, la séquence est dite active. Si toutes les étapes sont inactives, elle est dite inactive.

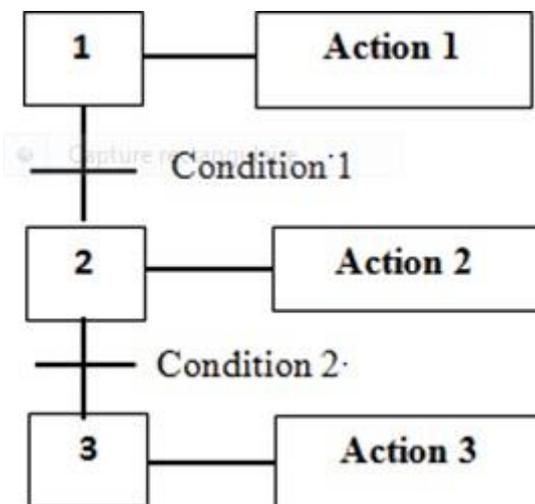


Figure III. 7 : séquence unique.

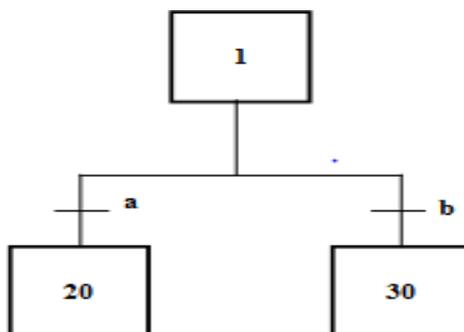
##### ➤ Séquence exclusive (OU)

Pour obtenir une sélection exclusive entre plusieurs étapes : il faut que les réceptivités soient exclusives.

##### • Divergence en OU

L'évolution d'un système vers une branche est déterminée par les réceptivités A et B associées aux transitions. Le nombre de branche peut être dépassé 2.

Quand l'étape 1 est active et la réceptivité a (ou b) est vraie, l'étape 20 (ou 30) devient active et l'étape 1 désactive.

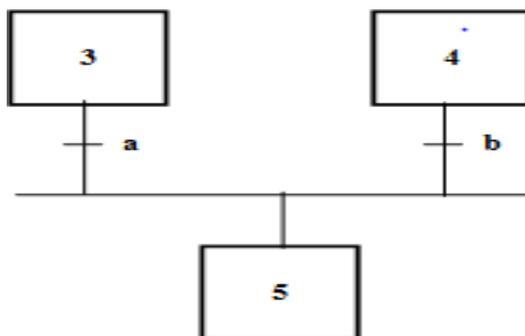


**Figure III. 8 :** Divergence en OU.

- **Convergence en OU**

Suite à l'évolution d'une branche, il y a convergence vers une étape commune. Dans ces cas, a et b ne peuvent pas être vrais simultanément.

Quand l'étape 3 (ou 4) est active et la réceptivité a (ou b) est vraie alors l'étape 5 devient active et l'étape 3 (ou 4) désactive.



**Figure III. 9 :** convergence en OU.

- **Séquence simultanée (ET)**

Lorsqu'une transition est terminée, plusieurs séquences sont activées en même temps. Ces séquences sont appelées séquences simultanées. Suite à l'activation simultanée de ces séquences, l'évolution des étapes actives dans chaque séquence devient indépendante.

- **Divergence en ET**

Représenté par 2 trait identique et parallèle ; Quand la transition est franchissable, il suffit d'activer deux étapes au lieu d'une. Le seul problème est la désactivation de l'étape précédente : il faut être sûr que les deux étapes suivantes ont eu le temps de prendre l'information d'activation avant de désactiver la précédente. Le nombre de branche peut être dépassé 2.

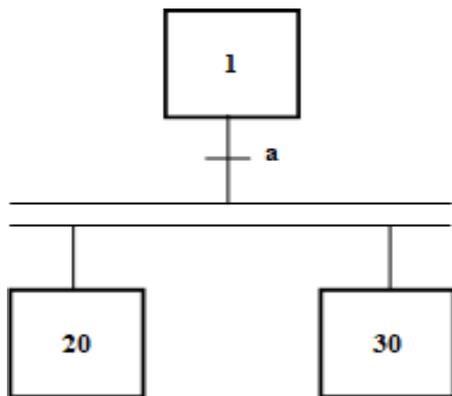


Figure III. 10 : Divergence en ET.

- **Convergence en ET**

Après une divergence en ET on trouve une convergence en ET. Quand les deux étapes(3 et 4) sont actives ET la réceptivité c est vraie alors l'étape 5 devient active et les deux étapes (3 et 4) désactives.

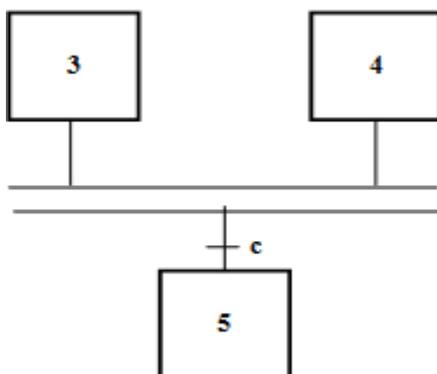


Figure III. 11 : convergence en ET.

### III.6.2. Sélection de séquence

Une sélection ou un choix d'évolution entre plusieurs étapes ou séquence se représente, à partir d'une ou plusieurs étapes, par autant de transitions validées qu'il y a d'évolutions possibles. Pour obtenir une sélection exclusive entre plusieurs étapes : il faut que les réceptivités soient exclusives.

A partir de l'étape 1 deux évolutions possibles (10 OU/ET 20) [11].

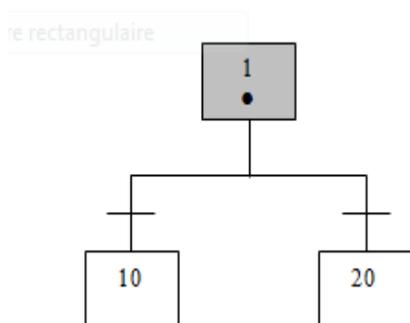


Figure III. 12 : sélection de séquence.

### III.7. Niveaux de représentation [12]

Le GRAFCET, également appelé diagramme de séquence fonctionnel, permet de spécifier le comportement attendu d'un automatisme. Dans notre cas, il s'agit de la commande d'une trempe à l'aide d'un API SIEMENS S7-300.

C'est un graphique structuré lié à des expressions mathématiques qui représentent des séquences d'opérations. Il a deux sortes d'éléments de graphe : les étapes et les transitions.

Il existe plusieurs niveaux dans un GRAFCET :

- **GRAFCET de niveau 1** : Aussi appelé niveau de la partie de commande. Il décrit l'aspect opérationnel du système et les activités que la composante de commandement doit entreprendre en réponse aux informations de la partie opérationnelle, quelle que soit la technologie utilisée. Les niveaux de réceptivité sont exprimés en mots plutôt qu'en abréviations. Pour les activités, le verbe est associé à l'infini.
- **GRAFCET de niveau 2** : Aussi appelé niveau de la partie opérative, il contient plus d'informations sur les actionneurs, les pré-actionneurs et les capteurs. La représentation des actions et des réceptivités est écrite en abréviations plutôt qu'en mots, avec une lettre majuscule pour l'action et une lettre minuscule pour la réceptivité.
- **GRAFCET de niveau 3** : Dans ce cas, le GRAFCET de niveau 2 s'applique aux informations sur les étiquettes d'entrée de la machine et aux commandes sur les étiquettes de sortie de la machine. Il s'adapte aux caractéristiques de traitement d'un certain robot programmable industriel afin de créer le programme de processus à mettre en œuvre et d'assurer son évolution.

### III.8. Modélisation du système étudié

#### III.8.1. Solutions aux problématiques

L'objectif de notre système est le traitement thermique des petites pièces dans des fours, qui est entièrement manuel. Pour l'automatiser, nous avons apporté les modifications suivantes :

- Une table de déplacement qui remplace le chariot et relie la chaîne « trempe- lavage- revenu-refroidissement », il est constitué de deux moteurs pour déplacer les pièces et faciliter la tâche aux ouvriers.
- Des capteurs de présence des pièces sur chaque partie des fours et sur la table.
- Des capteurs de fin de course.
- Des capteurs de niveau.

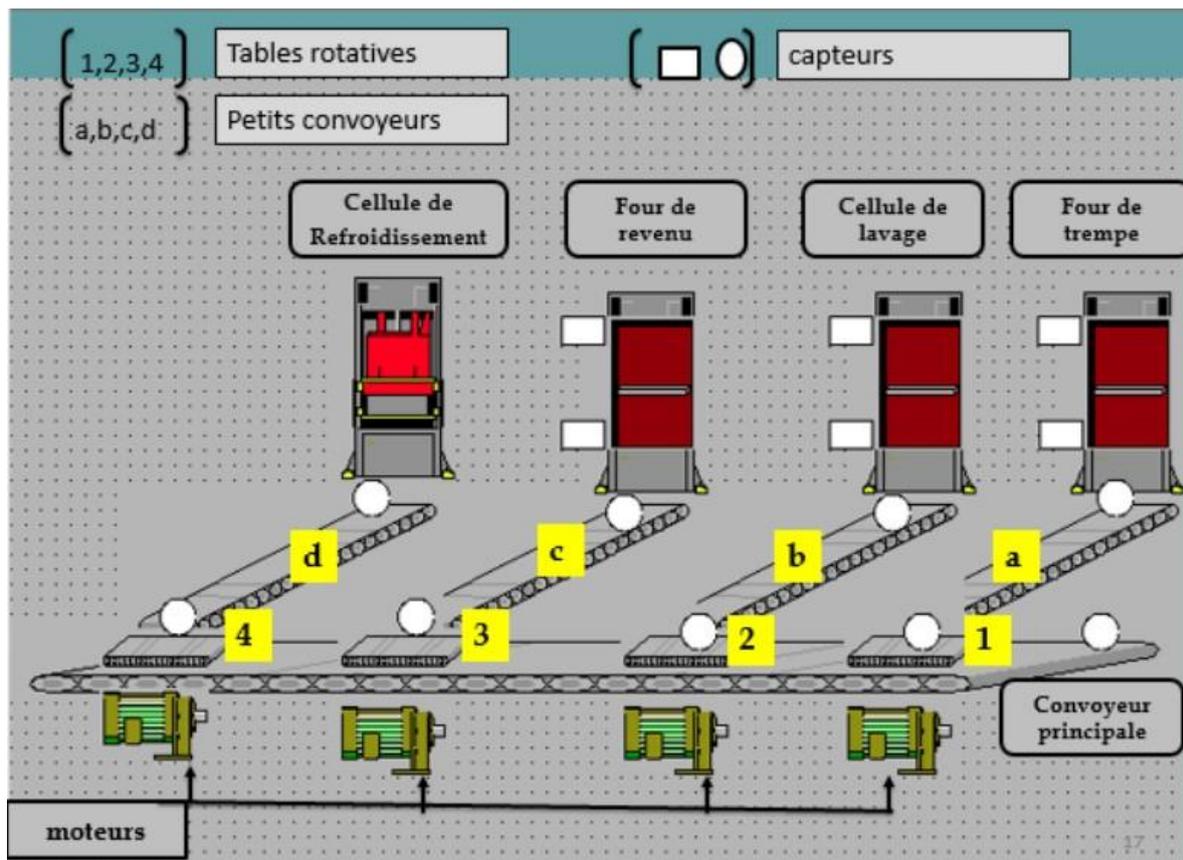


Figure III. 13 : Solution proposé.

### III.8.2. Cahier de charge après modification

La chaîne de traitement thermique de petites pièces mécaniques suit des étapes représentées dans la figure III.13.

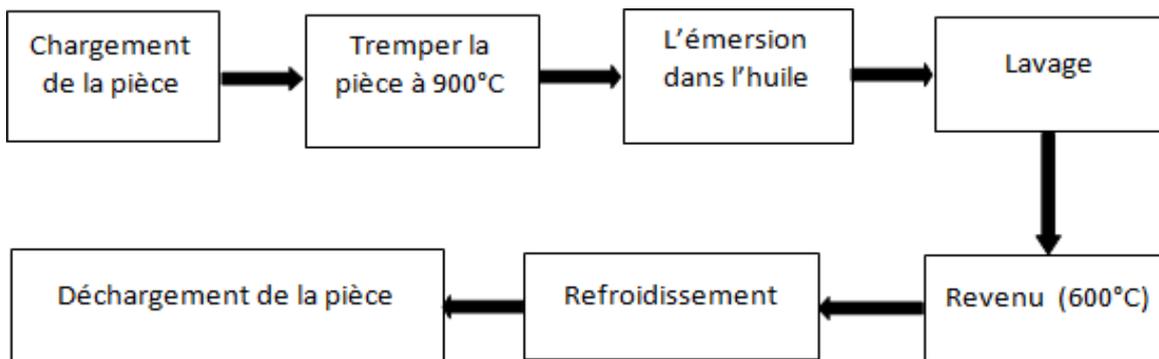


Figure III. 14 : Etapes du traitement thermique des pièces.

Un élément manuel extérieur permet de déplacer les pièces vers la table élévatrice, qui va placer les pièces sur la table de déplacement et il existe un capteur noté (C0) qui détecte la présence des pièces sur la table de déplacement.

**Phase 1 : fours de recuit intermittent et système de trempe.**

Pour commencer le fonctionnement de notre système, on a le départ cycle (**Dcy**), où on voit que la table est automatiquement entraînée par moteur table (**MT**), où il y'a un capteur fin de course (**dp1**), après cela il y'aura :

- Déplacement des pièces de la table par le moteur distribution (**MD**) vers le convoyeur de four (**MC**), où il y'aura un capteur (**CL1**) qui détecte sa présence.
- Lorsque celui-ci est mis en marche vers le four de trempe jusqu'à ce qu'il sera détecté par le capteur (**CL2**).
- L'ouverture de la porte jusqu'à atteindre le niveau haut (**Nh1**) et rentrée des pièces dans le four où il excite un capteur (**cp1**) qui détecte sa présence, pour les chauffées pendant **3h** et la porte soit fermé (capteur niveau bas**Nb1**).

Après ces **3h**, les pièces vont sortir pour les tremper directement dans l'huile pendant une durée de 30 minutes.

A la fin de cette opération, les pièces seront lissées pour distiller pendant 20 minutes.

- Marche arrière de convoyeur de four (**MC**) muni des pièces vers la table jusqu'à atteindre le capteur (**CL6**), puis retourne à la table qu'il détecte également par capteur (**C0**) pour passer à la phase 2 qui est lavage des pièces.

**Phase 2 : Cellule de lavage**

Après avoir trempé les pièces, elles seront transmises à la cellule de lavage pour les nettoyer de l'huile. Le but de cette opération est d'éviter les incendies dans la prochaine opération qui est « four de revenu ».

**Phase 3 : Four de revenu.**

Lorsque les pièces sont à l'intérieur de four, elles seront chauffées pendant 3 heures pour faire le traitement thermique pratiqué sur les aciers trempés afin de diminuer les effets de la trempe.

**Phase 4 : refroidissement.**

Par la suite, les pièces sont refroidies dans la cellule d'air pendant 20 à 30 minutes. Au final, les pièces sont conduites à la table élévatrice 2 (déchargement).

### III.9. GRAFCET du four de traitement thermique (Niveau 2)

#### III.9.1. Table des mnémoniques

➤ Variables d'entrées (Input)

Tableaux III. 1 : Tableaux des entrées.

N°	mnémonique	Commentarie
1	C0	Capteur de présence des pièces sur la table
2	Dcy1	Bouton poussoir marche la table vers post 1
3	Dp1	Capteur qui détecte l'arrivée la table de déplacement au porte de four de trempe
4	Cl1	Capteur présence la pièce dans convoyeur de trempe
5	Cl2	Capteur qui détecte l'arrivée de pièces au four de trempe
6	Ph1	Capteur de niveau haut de porte de four de trempe
7	Cp1	Capteur de présence des pièces dans le four de trempe
8	Pb1	Capteur de niveau bas de porte de four de trempe
9	Dp2	Capteur qui détecte l'arrivée des pièces au bac d'huile
10	Ct	Capteur de niveau bas d'huile
11	Ch	Capteur de niveau haut d'huile
12	Cl6	Capteur de présence des pièces sur le convoyeur de trempe
13	Dcy2	Bouton poussoir marche la table vers post 2
14	Dp3	Capteur qui détecte l'arrivée la table de déplacement au porte de lavage
15	Ph2	Capteur de niveau haut de porte de lavage
16	Cp16	Capteur qui détecte l'arrivée des pièces dans lavage
17	Pb2	Capteur de niveau bas de porte de lavage
18	Cp15	Capteur qui détecte la sortie des pièces du lavage
19	Dcy3	Bouton poussoir marche la table vers post 3
20	Dp4	Capteur qui détecte l'arrivée la table de déplacement au porte de four de revenu
21	Ph3	Capteur de niveau haut de porte de four de revenu
22	Cp17	Capteur qui détecte l'arrivée des pièces dans four de revenu
23	Pb3	Capteur de niveau bas de porte de four de revenu
24	Cp18	Capteur qui détecte la sortie des pièces du four de revenu

<b>25</b>	<b>Dcy4</b>	Bouton poussoir marche la table vers post 4
<b>26</b>	<b>Dp5</b>	Capteur qui détecte l'arrivée la table de déplacement au porte de refroidissement
<b>27</b>	<b>Ph4</b>	Capteur de niveau haut de porte de refroidissement
<b>28</b>	<b>Cp19</b>	Capteur qui détecte l'arrivée des pièces dans refroidissement
<b>29</b>	<b>Pb4</b>	Capteur de niveau bas de porte de refroidissement
<b>30</b>	<b>Cp20</b>	Capteur qui détecte la sortie des pièces du refroidissement

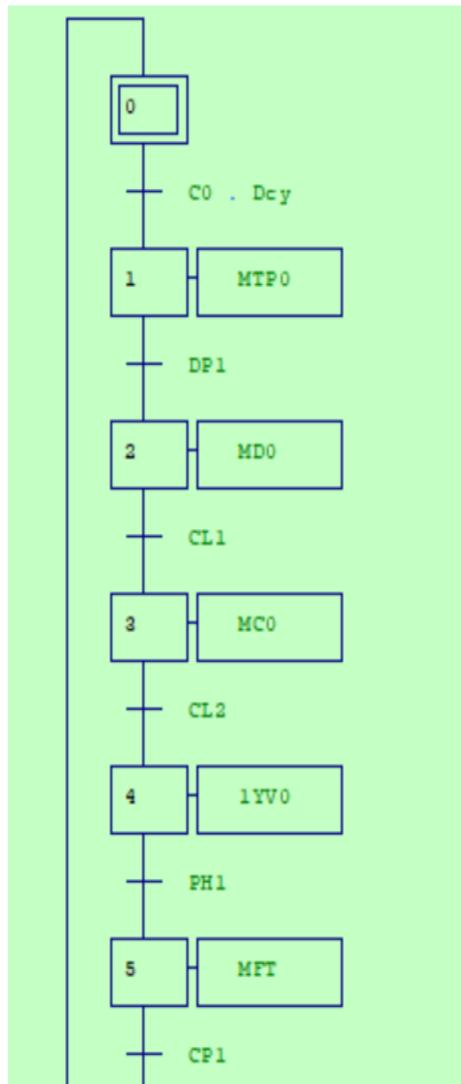
➤ **Variables des sorties (OUTput)**

**Tableaux III. 2 :** Tableaux des sorties.

<b>N°</b>	<b>mnémonique</b>	<b>Commentaire</b>
<b>1</b>	<b>Mtp0</b>	Avance la table de déplacement
<b>2</b>	<b>Md0</b>	Avance moteur distribution
<b>3</b>	<b>Mc0</b>	marche avant de convoyeur de trempe vers four de trempe
<b>4</b>	<b>1Yv0</b>	ouverture de la porte four de trempe
<b>5</b>	<b>Mft</b>	Marche convoyeur de four
<b>6</b>	<b>1Yv1</b>	Fermeture de la porte four de trempe
<b>7</b>	<b>Db</b>	Demarrage Bruleurs
<b>8</b>	<b>Tp1</b>	chauffage des pièces
<b>9</b>	<b>Tp2</b>	tremper les pièces
<b>10</b>	<b>Tp3</b>	lavage des pièces
<b>11</b>	<b>Tp4</b>	Traitement thermique des pièces
<b>12</b>	<b>Tp5</b>	Refroidissement des pièces
<b>13</b>	<b>Mc1</b>	marche arrière de convoyeur de trempe
<b>14</b>	<b>Dp</b>	rentrer des pièces
<b>15</b>	<b>Mp</b>	remonter les pièces
<b>16</b>	<b>Md1</b>	Retour moteur distribution
<b>17</b>	<b>Pp1</b>	présence des pièces
<b>18</b>	<b>2Yv0</b>	ouverture de la porte de lavage
<b>19</b>	<b>2Yv1</b>	Fermeture de la porte de lavage

20	3Yv0	ouverture de la porte four de revenu
21	3Yv1	Fermeture de la porte four de revenu
22	4Yv0	ouverture de la porte de refroidissement
23	4Yv1	Fermeture de la porte de refroidissement

**III.9.2. GRAFCET de four de trempe**



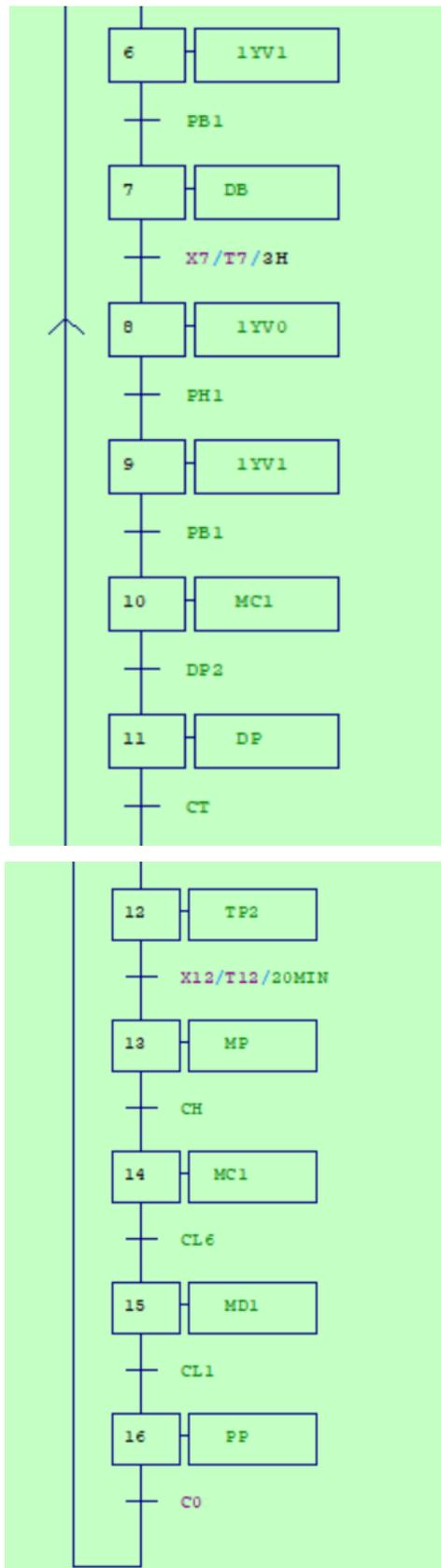


Figure III. 15 : GRAFCET de four de trempé.

III.9. 3. GRAFCET de cellule lavage

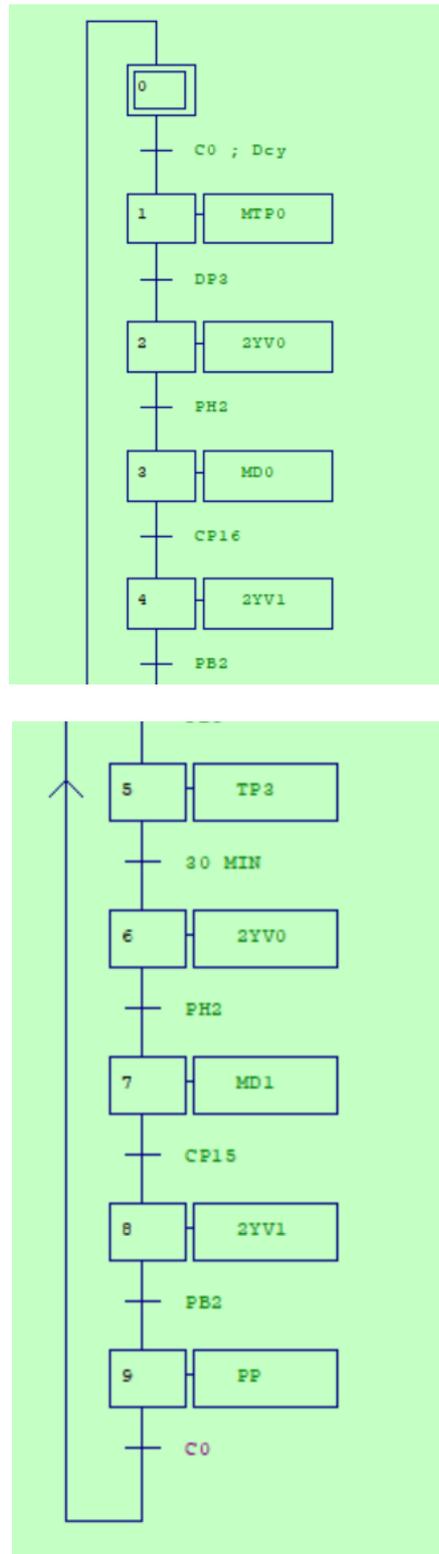


Figure III. 16 : GRAFCET de cellule lavage.

III.9.4. GRAFCET de four revenu

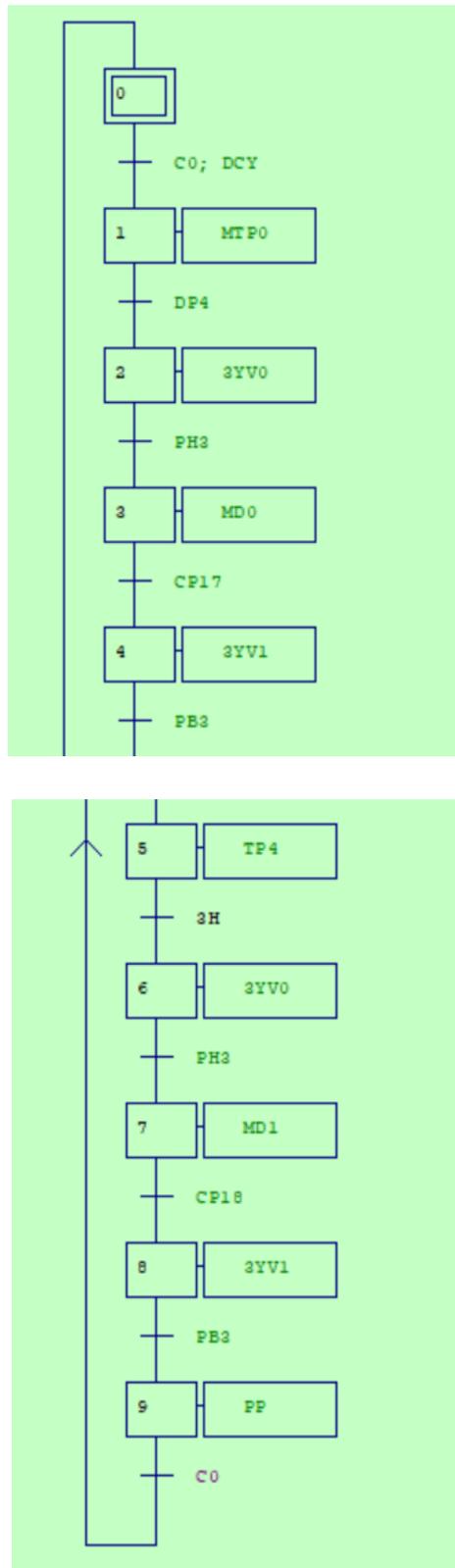


Figure III. 17 : GRAFCET de four revenu.

III.9.5. GRAFCET de cellule refroidissement

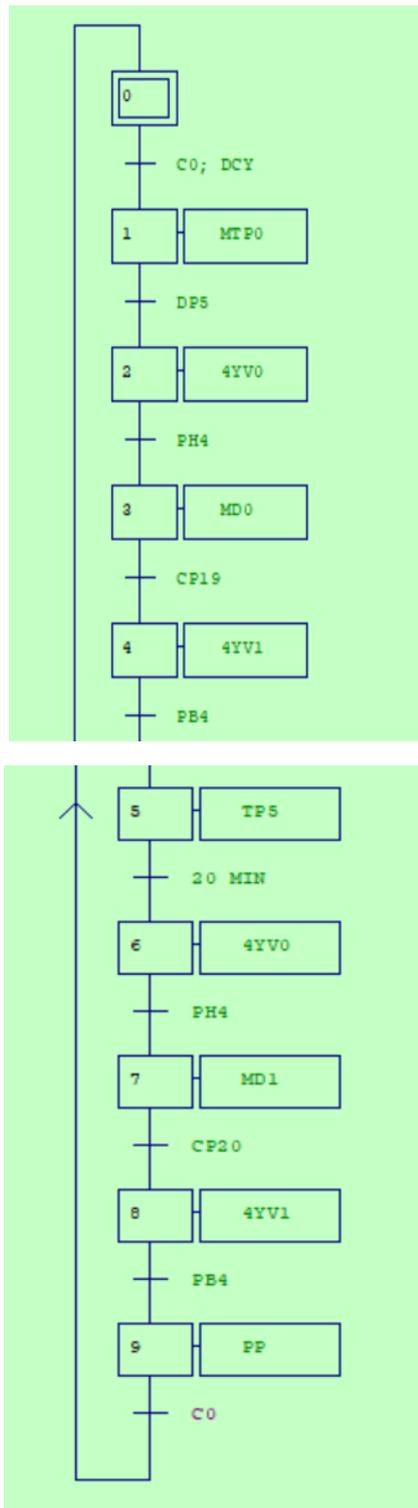


Figure III. 18 : GRAFCET de cellule refroidissement.

### III.10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons détaillé toutes les étapes nécessaires pour la modélisation du fonctionnement de l'unité en utilisant le grafcet.

Dans ce qui suit, nous traduire toutes ces étapes en un programme exécutable en utilisant le langage Ladder.

***Chapitre IV:***

*Automatisation de Systèmes avec  
Un Automate s7-300*

## IV.1. Introduction

L'automate S7-300 travaille avec le logiciel de programmation STEP 7. Afin de décrire les étapes à suivre pour implanter notre programme sur automate, nous présenterons d'abord ce logiciel.

Dans ce chapitre nous donnons une description générale sur le logiciel STEP7 de la famille S7 de la firme SIEMENS et nous présentons PLC-SIM qui est une application de STEP7 qui permet de faire la simulation sans avoir besoin d'une CPU matérielle à l'API.

## IV.2. Présentation générale du logiciel STEP7

### IV.2.1. Définition

LE STEP7 est un logiciel de base conçu pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation. Il fait partie de l'industrie logicielle SIMATIC, il existe plusieurs versions telles que : STEP micro/Dos et STEP7 micro/Win pour les applications S7-300 et S7-400.

STEP 7 est le programme de base pour la configuration et la programmation des systèmes d'automatisation SIMATIC (S7-300, S7-400). Il appartient à l'industrie du logiciel SIMATIC. Les fonctions suivantes peuvent être utilisées avec STEP 7 pour automatiser un appareil :

- La création et la gestion de projets.
- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication.
- La gestion des mnémoniques,
- La création du programme.
- Le changement de programme dans des systèmes cible,
- Le diagnostic lors de perturbations de l'installation.

Il s'exécute sous les systèmes d'exploitation de Microsoft à partir de la version Windows 95 et s'adapte par conséquent à l'organisation graphique orientée objet qu'offrent ces systèmes d'exploitation [13].

### IV.2.2. Application du logiciel STEP 7

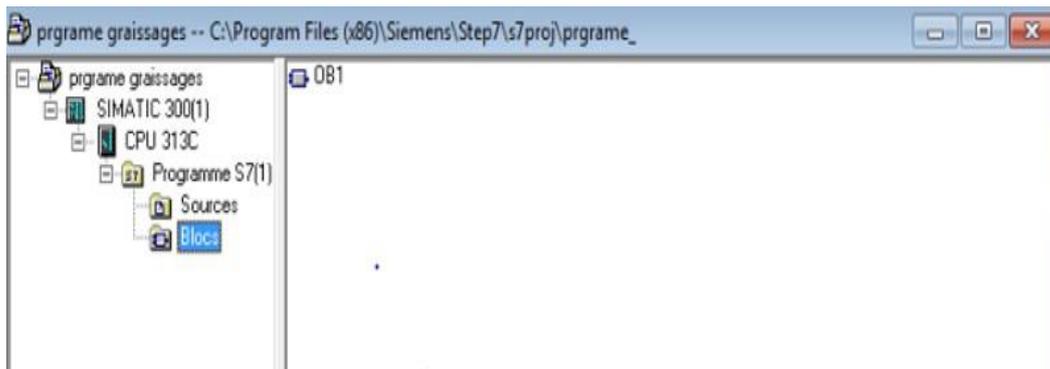
Le logiciel STEP7 met à disposition les applications de base suivantes [13] :

- Le gestionnaire de projets.
- L'éditeur de mnémoniques.
- La configuration du matériel.
- Le diagnostic du matériel.
- La configuration de la communication.

- L'éditeur de programme CONT, LOG et LIST.

### IV.2.3. Gestionnaire de projets SIMATIC

Le gestionnaire de projet SIMATIC, également connu sous le nom de SIMATIC Manager, sert d'interface utilisateur graphique pour toutes ces applications. C'est lui qui organise le partage de toutes les données et paramètres nécessaires à la réalisation d'une tâche d'automatisation dans un projet. Les données sont organisées thématiquement et représentées sous forme d'objets. La figure V.1 suivante représente la fenêtre qui apparaît au lancement du SIMATIC Manager [14].

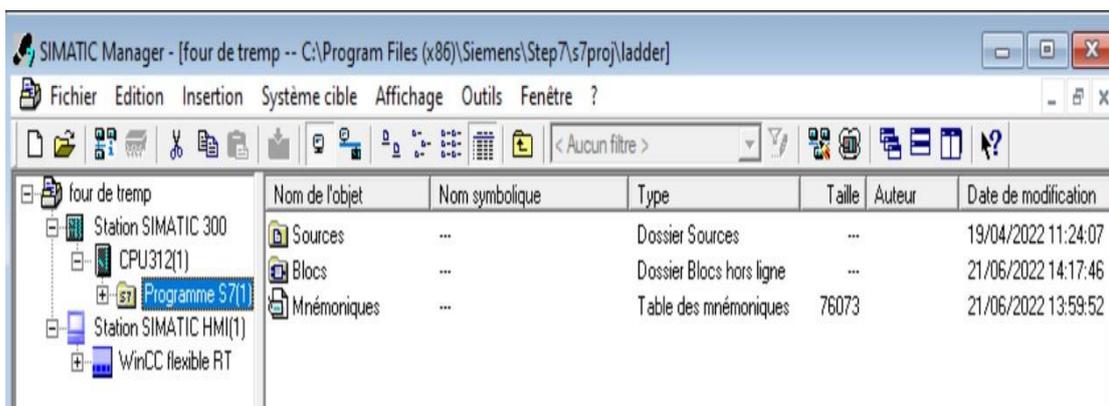


**Figure IV. 1 :** Le gestionnaire de projet SIMATIC Manager.

### IV.2.4. Définition des mnémoniques

Mnémonique est un terme défini par l'utilisateur qui peut être utilisé pour remplacer une variable, un type de données ou un bloc de programmation.

Pour accéder à la table des mnémoniques on clique sur le dossier programme dans la fenêtre du projet, puis sur l'icône mnémonique, comme le présente la figure suivante :



**Figure IV. 2 :** Fenêtre de création des mnémoniques.

L'utilisation de cette table consiste à :

- Donner un nom à la mnémorique dans la première colonne.
- Donner la variable associée à cette mnémorique dans la seconde colonne, des mémentos (M), des entrées (E), des sorties(A), des temporisateurs, des compteurs ou des éléments de bloc de données (DB).
- STEP7 génère automatiquement le type de la donnée.
- Ecrire éventuellement un commentaire dans la colonne prévue à cet effet.

Après avoir défini toutes les mnémoriques, il suffit d'enregistrer pour que les changements soient pris en compte dans le reste du projet :

	Etat	Mnémorique	Opérande	Type de d /	Commentaire
1		MFTth	A 2.7	BOOL	Moteur four de tremp vers l'huile
2		CP20/SIM	M 1005.5	BOOL	Déplacement retour de table
3		CP20	E 5.5	BOOL	Retour de table à poste 4
4		G7 4 ETAPE 7	M 50.6	BOOL	Etape 7 refroidissement
5		G7 4 ETAPE 6	M 50.5	BOOL	Etape 6 refroidissement
6		MTP1	A 9.0	BOOL	Retoure table
7		C1/SIM	M 1007.0	BOOL	Position initiale
8		DP4/SIM	M 1004.0	BOOL	Déplacement bain de pièce poste 3
9		G7 4 ETAPE 5	M 50.4	BOOL	Etape 4 refroidissement
10		DP5/SIM	M 1008.2	BOOL	Déplacement bain de pièce poste 4
11		CL6	E 8.0	BOOL	Retoure de bain dans convoyeur
12		CL6/SIM	M 1008.0	BOOL	Déplacement retour de bain dans convoyeur
13		G7 2 Etape 2	M 20.2	BOOL	Etape 2 lavage
14		G7 2 Etape 3	M 20.3	BOOL	Etape 3 lavage
15		G7 2 Etape 4	M 20.4	BOOL	Etape 4 lavage
16		G7 2 Etape 5	M 20.5	BOOL	Etape 5 lavage
17		G7 2 Etape 6	M 20.6	BOOL	Etape 6 lavage
18		G7 2 Etape 7	M 20.7	BOOL	Etape 7 lavage
19		G7 2 Etape 8	M 21.0	BOOL	Etape 8 lavage
20		G7 2 Etape 9	M 21.1	BOOL	Etape 9 lavage

Figure IV. 3 : Editeur de mnémorique

#### IV.2.5. Langages de programmation CONT, LIST et LOG pour S7-300/400

Ils font partie intégrante du logiciel de base de données STEP 7 [15].

- Le schéma à contacts (CONT) est un langage de programmation graphique. La grammaire des instructions me rappelle les schémas de circuit. CONT permet de suivre simplement le cheminement du courant entre les barres d'alimentation, en passant par les contacts, les éléments complexes et les bobines.
- Une liste d'instructions (LIST) est un langage de programmation textuel proche de la machine. Les diverses instructions d'un programme LIST sont en corrélation, dans une large mesure, avec les étapes par lesquelles la CPU traite le programme. Pour faciliter le processus de programmation. LIST a été complétée par quelques structures de langage évolué (comme les paramètres de blocage et l'accès structuré aux données, par exemple).

➤ Le logigramme (LOG) est un langage de programmation graphique qui utilise des boîtes booléennes pour représenter des opérations logiques. Les fonctions complexes, telles que les fonctions mathématiques, peuvent être représentées directement en combinant des boîtes logiques.

#### IV.2.6. Diagnostic matérielle

Le diagnostic du matériel fournit un aperçu de l'état du système d'automatisation. Dans une représentation d'ensemble. Un symbole permet de préciser pour chaque module, s'il est défaillant ou pas. Un double clic sur le module défaillant permet d'afficher des informations détaillées sur le défaut. Les informations disponibles dépendent des différents modules ainsi que pour les CPU [13].

#### IV.2.7. Configuration matérielle d'une station SIMATIC

La configuration matérielle est une étape très importante pour pouvoir la reproduire. Identique au système utilisé (châssis (rack), bloc d'alimentation, CPU, module d'E/S etc..). Pour effectuer ce réglage, accédez à l'icône de la station SIMATIC S7300.

Donc pour la configuration du matériel on suit les étapes suivantes :

1. On ouvre l'objet « Matériel », la fenêtre " HW Config-configuration matérielle " s'ouvre.
2. En établissant la configuration de la station dans la fenêtre " Configuration matérielle". On dispose à cet effet d'un catalogue de modules, qu'on peut afficher, par la commande affichage catalogue.
3. On insère d'abord un châssis/profilé support du catalogue des modules dans la fenêtre vide. Ensuite, on sélectionne les modules (module d'alimentation, modules entrées /sorties, modules de fonctions (FM) que l'on dispose aux emplacements d'en fichage de danse du châssis/profile support. Il faut configurer une CPU au moins par station [15].

Emplacement	Module	Référence	Firmware	Adresse MPI	Adresse d'entrée	Adresse de sor...	Commentaire
1	PS 307 10A	6ES7 307-1EA00-0AA0					
2	CPU 313C	6ES7 313-6CG03-0AB0	V1.0	2			
2.2	DI24/DO16				124..126	124..125	
2.3	AI5/AO2				782..781	782..785	
2.4	Comptage				788..787	788..787	
3							
4	DI16xAC120/230V	6ES7 321-1BH02-0AA0			0...1		
5	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH02-0AA0				126...127	
6							
7							
8							
9							
10							
11							

Figure IV. 4 : Configuration matérielle.

### IV.3. Blocs du programme utilisateur [16]

Il faut avoir l'habitude de subdiviser le procédé à automatiser en différentes tâches. Les parties d'un programme utilisateur structuré correspondant à ces différentes tâches, sont les blocs de programmes.

Le STEP 7 offre à l'utilisateur de structurer son programme et cela en le subdivisant en différentes parties autonomes qui nous permettent d'écrire un programme clair et de standardiser certaines parties du programme, ainsi la simplification de l'organisation du programme, tout cela nous offre la facilité de modifier le programme s'il le faut.

Le logiciel de base STEP7 dans ses différents langages de programmation possède un nombre important de blocs d'utilisateur, destinés à structurer le programme utilisateur.

#### IV.3.1. Bloc d'organisation (OB)

Les blocs d'organisation (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Le bloc d'organisation OB1 sert à l'exécution cyclique du programme utilisateur. Nous programmons dans celui-ci des appels correspondant aux blocs fonctionnels FB et aux fonctions FC.

#### IV.3.2. Fonction (FC)

Les fonctions sont des blocs non mémoire qui sont programmés par l'utilisateur et contiennent des routines logicielles pour les fonctions couramment utilisées. Pour la sauvegarde des données, les fonctions peuvent effectuer des appels globaux aux blocs globaux.

### IV.3.3. Fonction (FB)

Un bloc fonctionnel FB est un bloc de code " avec mémoire ". Un bloc de données d'instance est un morceau de mémoire auquel il est lié et dans lequel sont stockés les paramètres effectifs et les statistiques du bloc fonctionnel.

### IV.3.4. Les blocs de données (DB)

Les blocs de données sont utilisés pour stocker les données du programme utilisateur. Une distinction est faite entre les blocs de données globaux et les blocs de données d'instance :

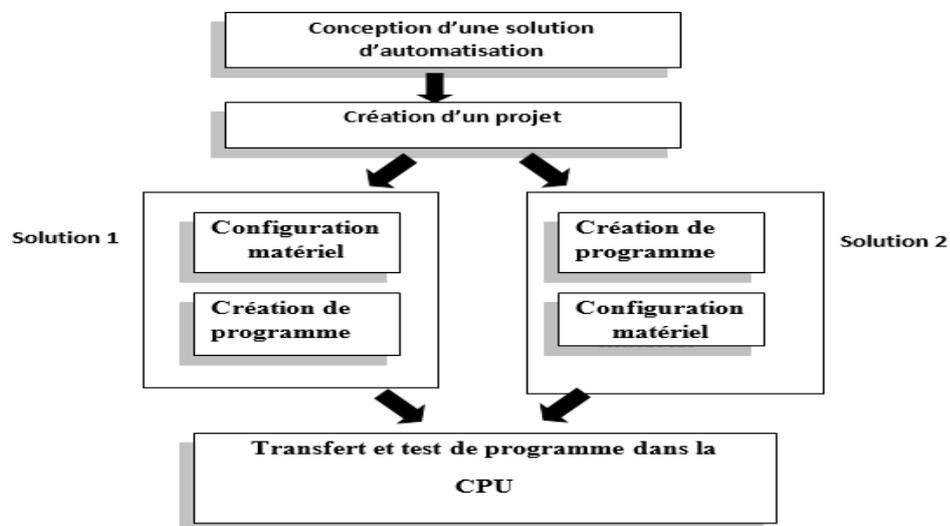
- Les blocs de données globaux ne sont pas affectés par un bloc de données spécifique.
- Les blocs de données d'instance sont liés à un bloc de données fonctionnel.

## IV.4. Création et édition du projet

Pour créer un projet STEP7, nous avons une certaine liberté d'action ; en fait, nous avons deux solutions :

- **Solution 1** : commencez par la configuration matérielle ;
- **Solution 2** : commencer par la création du programme.

Le schéma ci-dessous illustre les deux solutions disponibles lors du développement d'une solution d'automatisation.



**Figure IV. 5** : Conception d'une solution d'automatisation.

Les procédures qui vont nous permettre la création d'un projet sous **logiciel STEP7** sont comme suit :

1- Double clic sur l'icône SIMATIC Manager, ceci lance l'assistant de STEP7 ; une fenêtre apparaît, elle permet la création d'un nouveau projet.

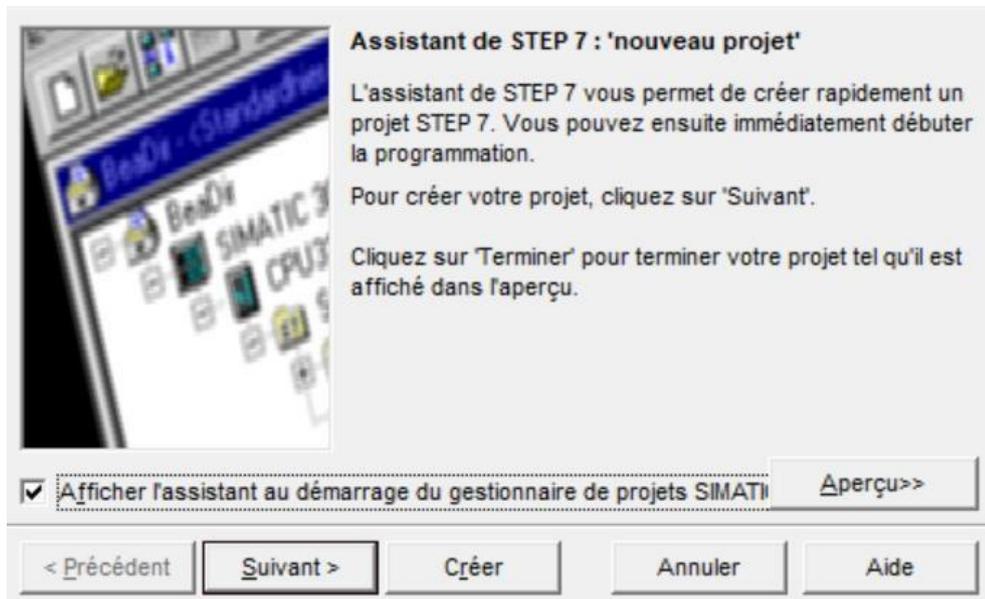


Figure IV. 6 : Fenêtre de création d'un nouveau projet.

2- En cliquant sur l'icône **suivante**, la fenêtre suivante apparaît, elle nous permet de choisir la CPU ; pour notre projet nous avons choisi la CPU 312.

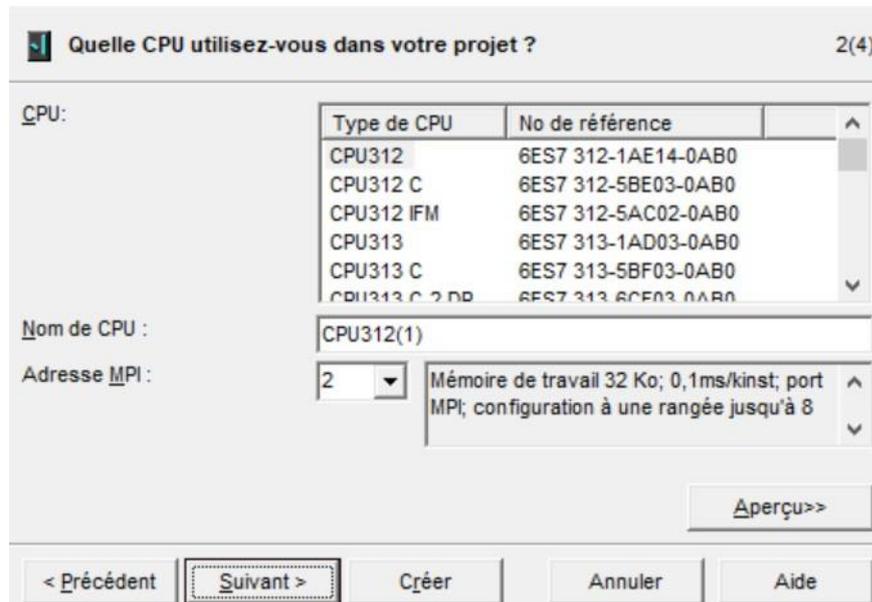


Figure IV. 7 : Choix de la CPU.

3- Après validation de la CPU, une autre fenêtre apparaît. Elle permet de choisir les blocs à insérer, ainsi que le langage de programmation (LIST, CONT, LOG) ; Pour notre projet nous avons choisi l'OB1 (cycle d'exécution) et le langage contact.

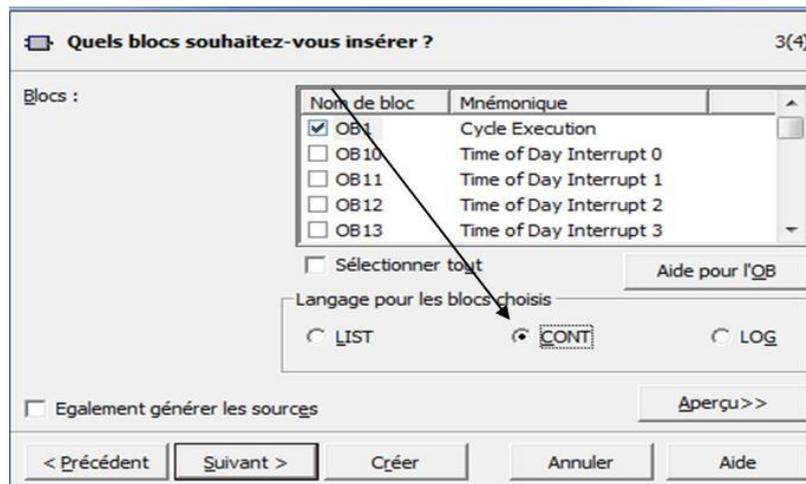


Figure IV. 8 : Choix du cycle d'exécution et le langage de programmation.

En cliquant sur suivant, une fenêtre demandant de nommer le projet créé ; On clique sur créer, la fenêtre suivante apparaît.

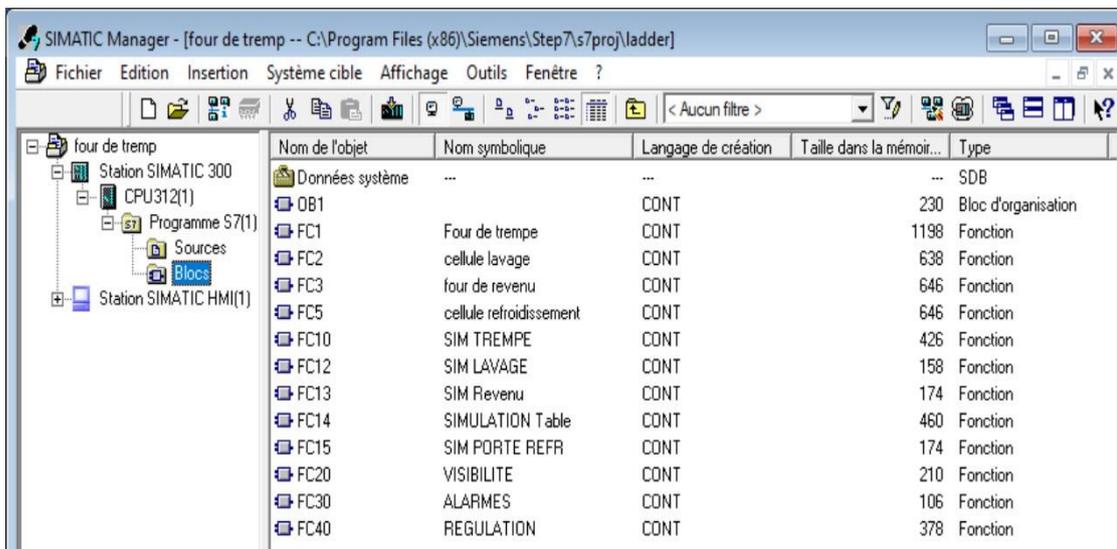


Figure IV. 9 : Affichage des cycles d'exécution et des fonctions.

## IV.5. Simulation du programme avec S7-PLCSIM

Avant d'implanter le programme dans un automate programmable industriel nous devons simuler le programme pour vérifier son bon fonctionnement, pour le vérifier nous avons utilisé le logiciel PLCSIM.

### IV.5.1. Définition [13]

S7-PLCSIM est une application qui nous permet d'exécuter et de tester notre programme dans un automate programmable que nous simulons dans l'ordinateur (PC) ou dans une console de programmation, la simulation étant complètement réalisée au sein du logiciel STEP7.

S7-PLCSIM dispose d'une interface simple nous permettant de visualiser et de forcer les

différents paramètres utilisés par le programme, par exemple, activer ou désactiver des entrées. Tout en exécutant notre programme dans la CPU simulée, nous avons également la possibilité de mettre en œuvre les diverses applications du logiciel STEP7.

### IV.5.2. Etapes de simulation d'un programme

1-Lancer le SIMATIC managé par un double clic sur son icône 

2-Ouvrir la fenêtre qui contient le programme à simuler.

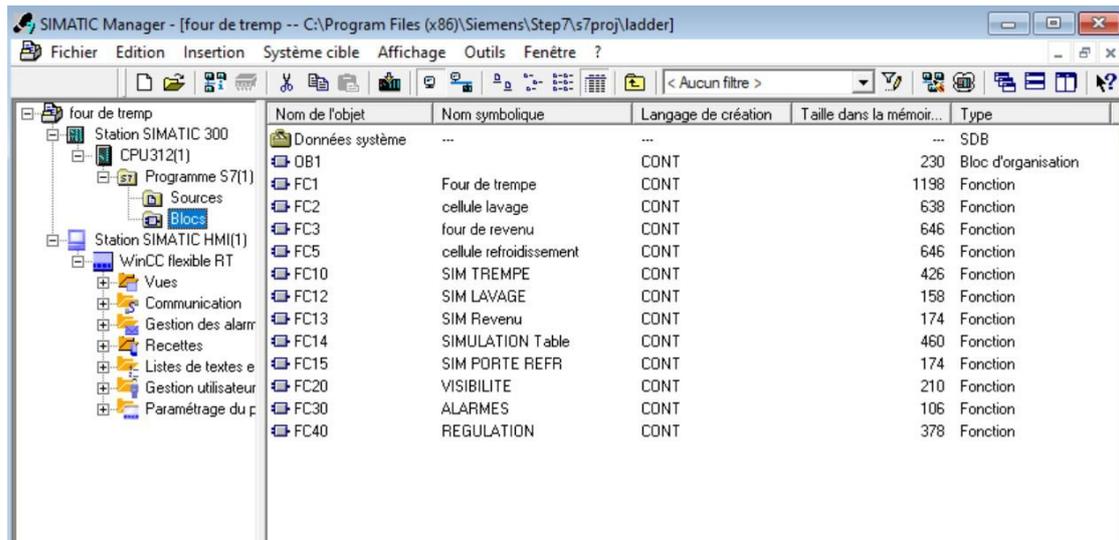


Figure IV. 10 : Fenêtre qui contient le programme à simuler.

3- Lancer la simulation en cliquant sur  l'icône de simulation ou sélectionner la commande outils (simulation des modules), cette opération lance l'application < et ouvre une fenêtre >.

4- Charger les blocs dans l'API de simulation en cliquant sur  l'icône ou choisir la commande du système cible (chargé).

5- Une fois le PLCSIM est activé on crée des fenêtres pour affecter les entrées et les sorties de la manière suivante :

- Choisir le menu « CPU » dans S7-PLCSIM.
- Choisir la commande d'exécution (mode d'excisions) et vérifier qu'un point noir apparaît à côté de cycle continu.

Mettre la CPU de simulation on cliquant sur l'icône de case à cocher « RUN » ou « RUN-P ».

- Cliquant sur  ou sélectionner la commande insertion (entrée) pour afficher une fenêtre de module d'entrée E.
- Cliquer sur  ou sélectionner la commande insertion (sortie) pour afficher une seconde fenêtre de module de sortie A.

- Cliquer sur  ou sélectionner la commande insertion (temporisation) pour afficher une fenêtre de temporisation T.
- Une fois toutes les fenêtres d'entrées et de sorties sont prêtes, on active les entrées pour lire l'état des sorties.



Figure IV. 11 : Fenêtre de PLCSIM.

6- Visualiser la simulation en cliquant sur l'icône de visualisation après avoir chargé le programme dans la CPU du simulateur et mis cette dernière en mode **RUN-P**, le logiciel **STEP7** nous permet de visualiser avec la fonction **TEST** (visualiser), ou en cliquant sur l'icône. 

#### IV.5.3. Exemples de visualisation et de simulation sur PLCSIM de notre programme

Notre système va commencer tous d'abord avec l'allumage des bruleurs pour alimenter les fours ; pour avoir la consigne de température. Et pour allumer les bruleurs y a des vannes qui doivent être activés.

Dans notre programme nous avons déclaré tous d'abord tous les capteurs qui vont activer lesbascules SR avec l'état de grafcet ; puis on a programmé l'activation des sorties.

Activation de la vanne de gaz pilote VGP (Fonction des Bruleurs FC1) : La vanne s’active à conditions que tous les capteurs qui vont activer la bascule BS soient à 1 pour les capteurs ouverts. Après l’activation de la bascule BS cette dernière va activer la sortie qui est l’activation de la vanne.

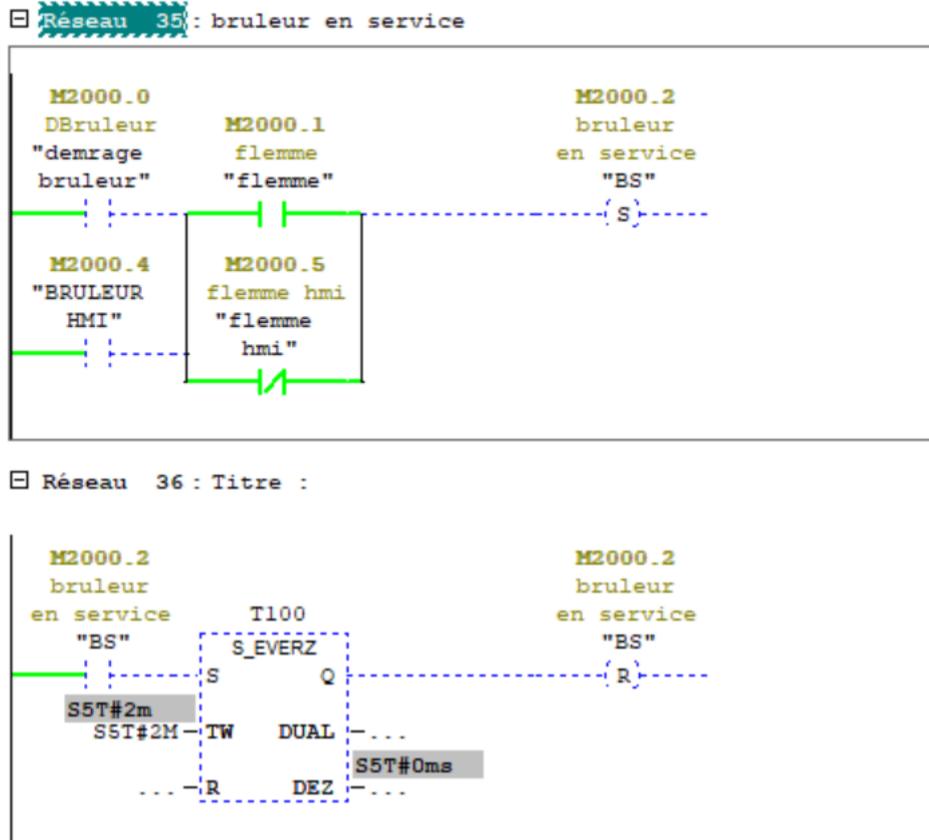


Figure IV. 12 : Activation de la vanne gaz pilote.

- **Tremper les pièces dans l’huile pendant 30 minutes (nous avons fait juste 10 secondes juste pour simuler le programme rapidement) :** dans ce cas lorsque les pièces arrivent à l’ascenseur elles descendent pour les trempé pendant 30 minutes. Ici le capteur niveau bas de l’huile est activé.

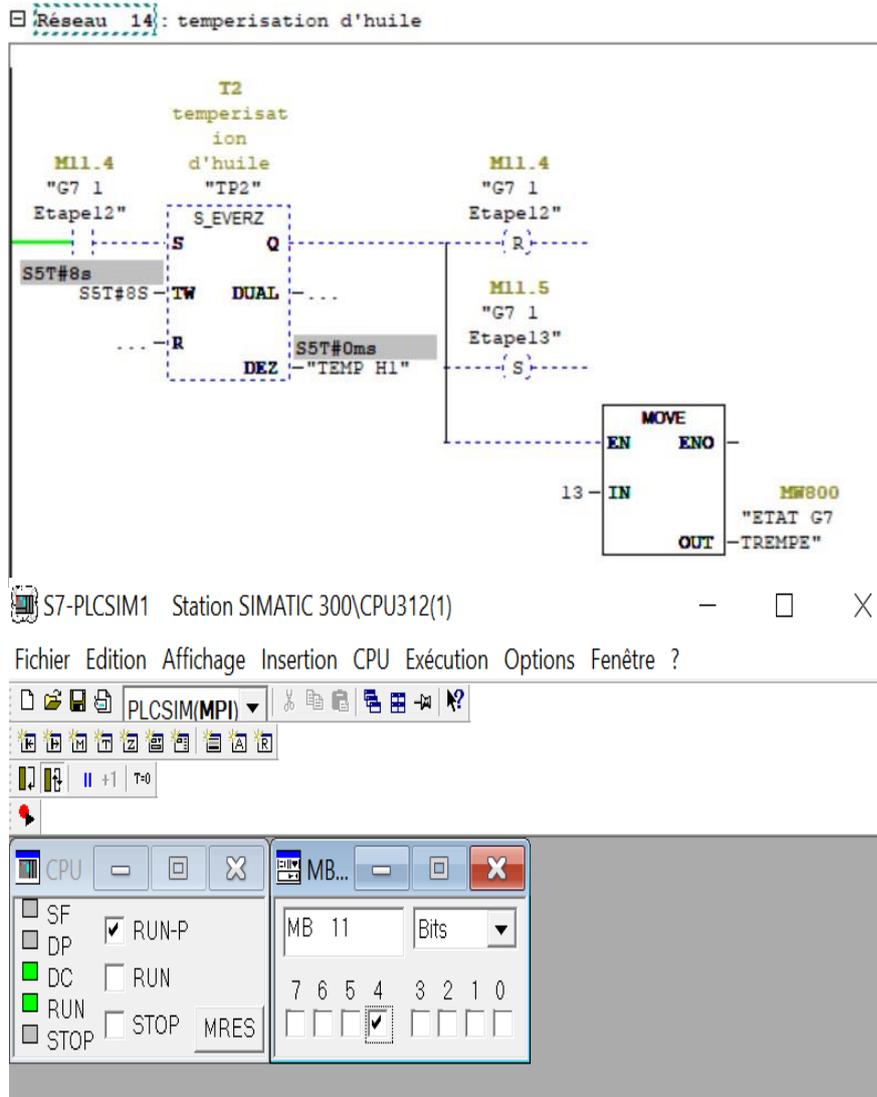


Figure IV. 13 : Le réseau qui présente la trempe des pièces dans l'huile.

- Lavages des pièces pendant 30 minutes pour les nettoyées de l'huile :

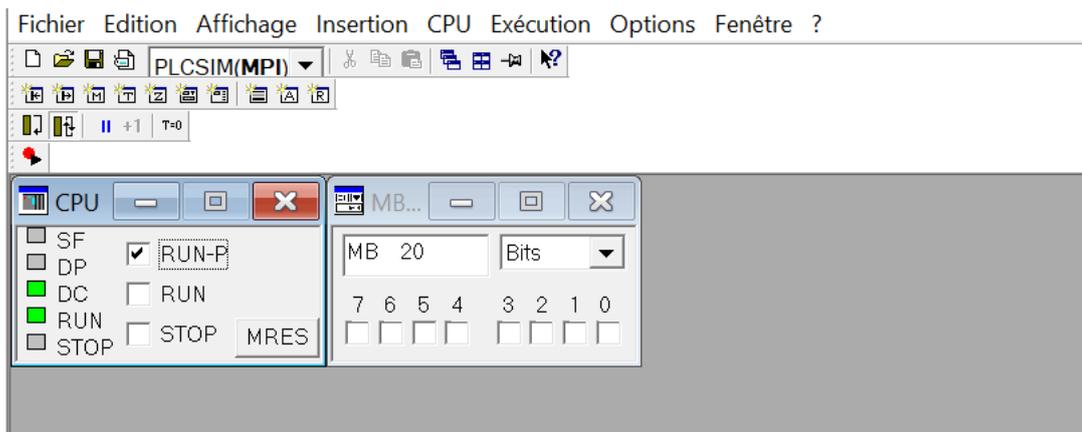
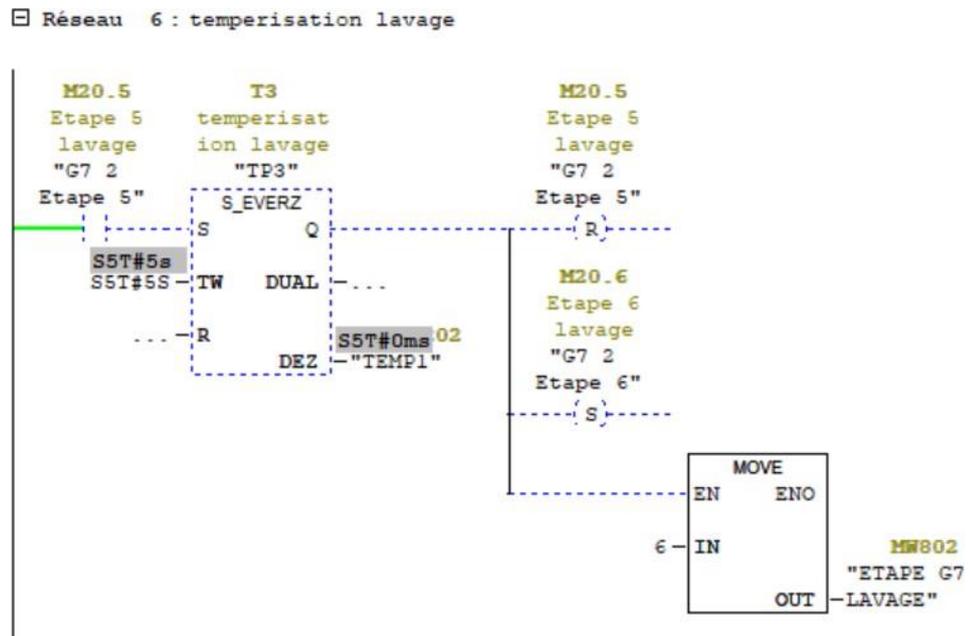


Figure IV. 14 : Le réseau qui présente lavage des pièces.

➤ Ouverture de porte de four de revenu

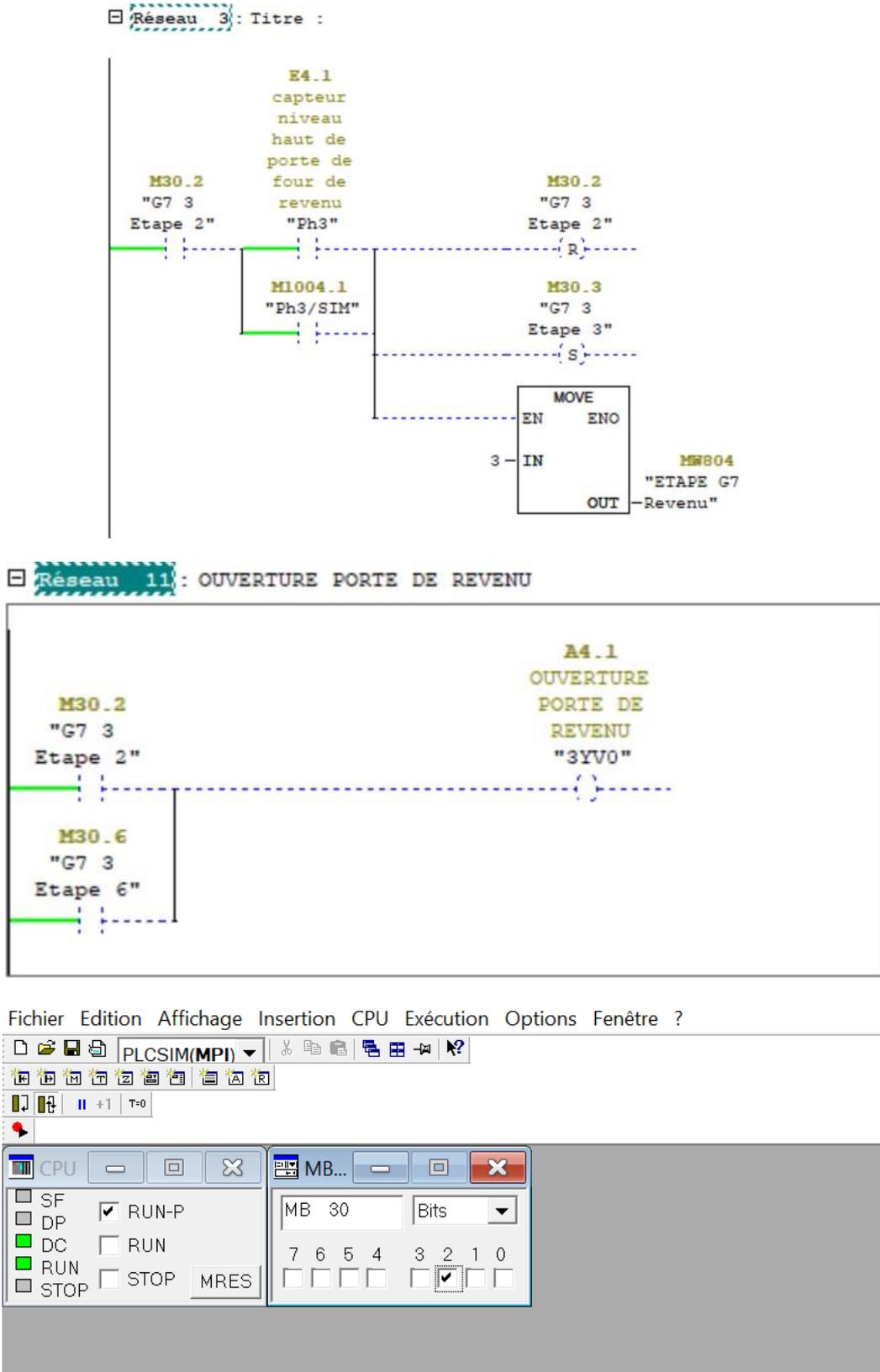


Figure IV. 15 : Le réseau qui présente l'ouverture de la porte de four de revenu.

Dans ce réseau on a le capteur niveau haut qui est activé lors de l'arrivées pièces à la porte de four de revenu pour commander l'ouverture de cette dernière.

➤ Exemple de cellule de refroidissement :

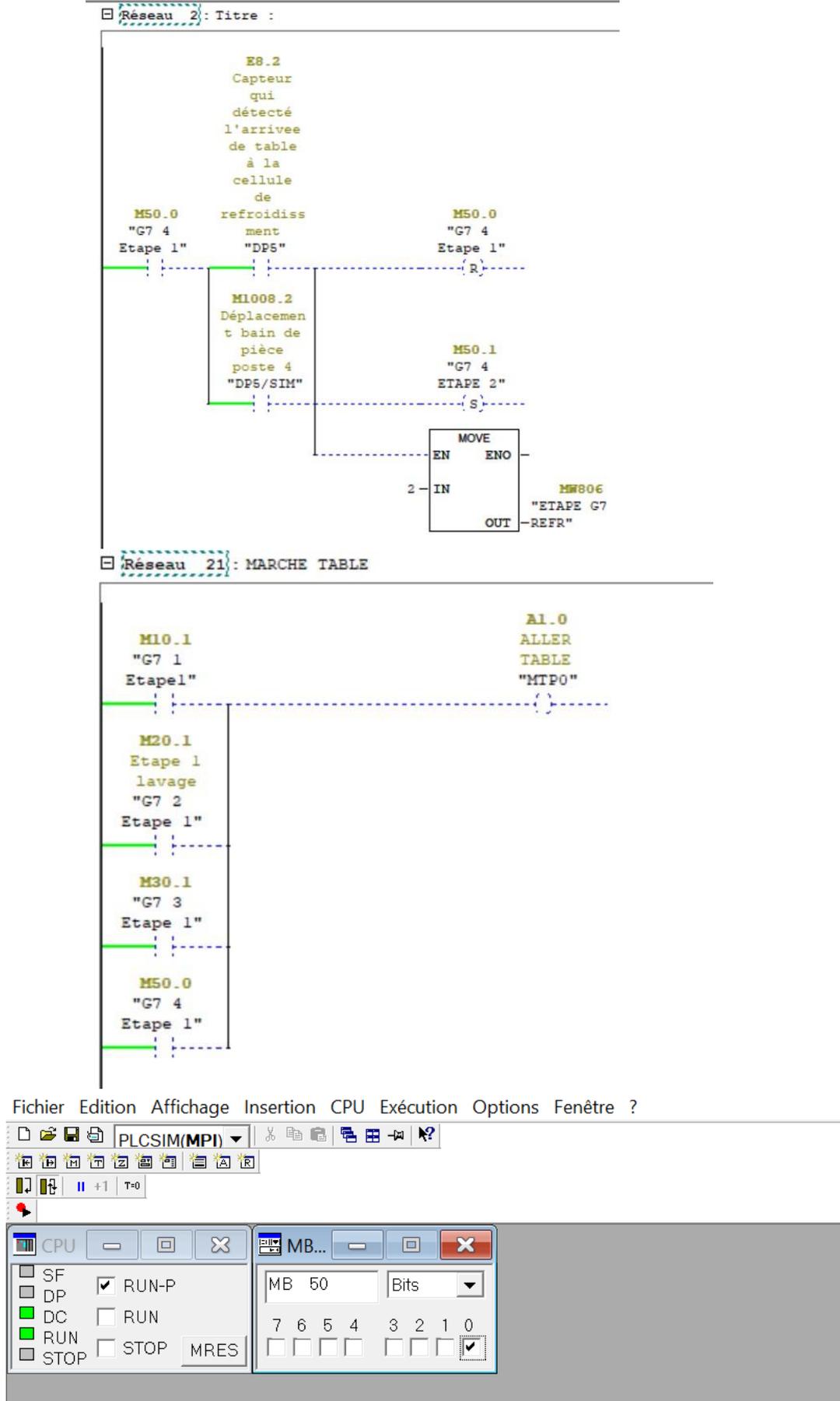


Figure IV. 16 : Marche table déplacement vers le refroidissement.

## IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit l'automate utilisé au sein de la SNVI qui est l'automate S7-300, et après avoir choisi l'automate adéquat à notre problématique, nous avons proposé une solution programmable pour notre système à l'aide du logiciel STEP7.

Nous avons procédé par la programmation structurée dans des fonctions (FC), ainsi que le logiciel PLCSIM qui nous a permis de vérifier le programme et le simuler. et cela nous a permis d'avantage la supervision de notre système qui sera le but du prochain chapitre.

***Chapitre V:***

*Supervision avec le logiciel  
WinCC flexible*

## V.1. Introduction

Lorsque la complexité des procédés augmente et que les machines et les installations doivent répondre à des spécifications de fonctionnalité toujours plus sévères, l'opérateur a besoin d'un maximum de transparence. Cette transparence s'obtient au moyen de l'Interface Homme-Machine (IHM).

WinCC flexible constitue une interface homme /machine (IHM) dédiée pour des applications à proximité de la machine et du processus dans la construction d'installation, des machines et des machines en série. De par sa conception généraliste, WINCC flexible est un logiciel d'ingénierie pour tous les pupitres opérateur SIMATIC HMI, de plus petit micro panel jusqu'au multi panel ainsi que d'un logiciel de supervision Runtime pour des solutions monoposte basées sur PC et tournant sous Windows de version récentes.[17]

Dans ce chapitre, nous allons découvrir le logiciel de programmation WinCC flexible 2008 à travers les différentes étapes de programmation.

## V.2. La supervision

Le plus haut niveau de supervision se retrouve dans la hiérarchie des fonctions de production. Par conséquent, il est essentiel de donner à l'opérateur les connaissances sur le processus dont il ou elle a besoin pour prendre une décision éclairée. Cette présentation est composée d'images synoptiques qui représentent une vue d'ensemble. Le processus est représenté par un synoptique qui comprend des images animées et des objets générés par l'état des organes de contrôle et les valeurs transmises par les capteurs. [18]

## V.3. Les tâches d'un système IHM

### ➤ Représentation du procédé

Le procédé est représenté sur le pupitre opérateur. Lorsqu'un état du procédé évolue par exemple, l'affichage du pupitre opérateur est mis à jour.

### ➤ Commande du procédé

L'opérateur peut commander le procédé via l'interface utilisateur graphique. Il peut par exemple, définir une valeur de consigne pour un automate ou démarrer un moteur.

### ➤ Vue des alarmes

Lorsque surviennent des états critiques dans le procédé, une alarme est immédiatement déclenchée, par exemple, lorsqu'une valeur limite est franchie.

➤ **Archivage des valeurs processus et d'alarmes**

Les alarmes et les valeurs de processus peuvent être modifiées à partir du système IHM ; cela vous permet de documenter la progression du processus et d'accéder ultérieurement aux données de la production passée [16].

➤ **Gestion des paramètres de procédé et de machine**

Les paramètres du procédé et des machines peuvent être enregistrés au sein du système IHM dans des recettes. Ces paramètres sont alors transférables en une seule opération sur l'automate pour démarrer la production d'une variante du produit par exemple [18].

#### **V.4. Constitution d'un système de supervision**

La majorité des systèmes de supervision se compose généralement, d'un moteur central (logique) auquel se rattachent des données provenant des équipements (automate). Ce moteur central assure l'affichage, le traitement et l'archivage des données, ainsi que la communication avec d'autres périphériques.

➤ **Module de visualisation**

Il permet d'obtenir et de mettre à la disposition des opérateurs des éléments d'évaluation du procédé par ses volumes de données instantanées.

➤ **Module d'archivage**

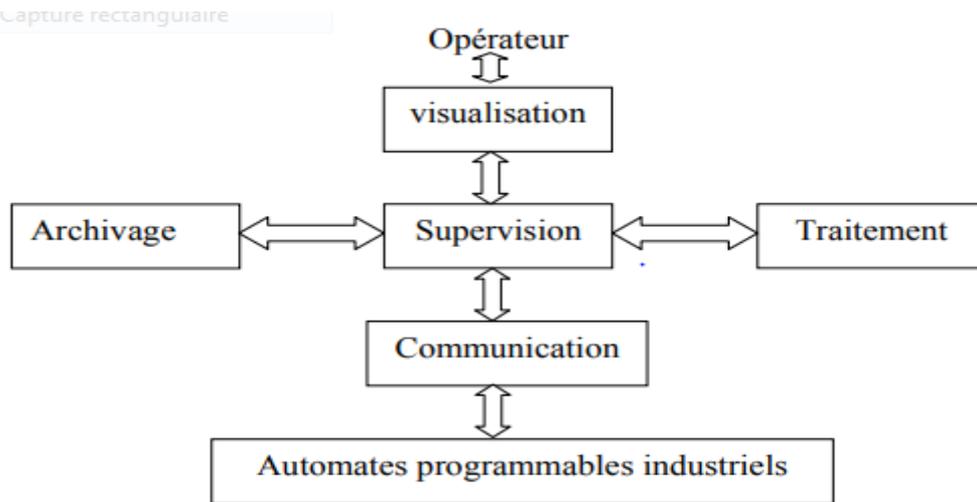
Il mémorise des données (alarme et événement) pendant une longue période, et permet l'exploitation des données pour des applications spécifiques à des fins de maintenance ou de gestion de production.

➤ **Module de traitement**

Il permet de mettre en forme les données, afin de les présenter via le module de visualisation, aux opérateurs sous une forme prédéfinie.

➤ **Module de communication**

Le module de communication assure l'acquisition et le transfert des données et gère la communication avec les automates programmable industriels et autres périphériques.



**Figure V. 1 :** Schéma synoptique d'un système de supervision.

### V.5. Logiciel de supervision WinCC

SIEMENS a développé WinCC (Windows Control Center), un logiciel de supervision. Il est caractérisé par sa flexibilité, c'est-à-dire qu'il peut être utilisé par un composant non fabriqué par SIEMENS. Ce logiciel est une Interface Homme Machine graphique (IHM) qui assure la visualisation et le diagnostic du procédé. Il permet la collecte, l'affichage et l'archivage des données tout en facilitant les tâches de conduite et de surveillance pour les opérateurs. Il offre une bonne solution de surveillance en mettant à la disposition de l'opérateur des fonctionnalités adaptées aux besoins d'un système industriel.



**Figure V. 2 :** Logiciel de supervision WinCC.

### V.5.1. Application disponible sous WinCC

WinCC se compose de plusieurs applications pour accomplir la fonction de supervision. Il dispose des modules suivants :

➤ **Graphic designer**

Il offre la possibilité de créer des vues de procédés, et de les configurer en leur affectant les variables correspondantes. A cet effet, il dispose d'une bibliothèque d'objets et permet de créer des objets selon le besoin. Il assure la fonction de visualisation grâce au graphic Runtime.

➤ **Tag logging**

On y définit les archives, les valeurs du processus à archiver et les temps de cycle de saisie et d'archivage. En outre on y configure la mémoire tampon sur le disque.

➤ **Alarm logging**

Il se charge de l'acquisition et de l'archivage des alarmes, en mettant à la disposition des utilisateurs. Les fonctions nécessaires à la prise des alarmes issues du procédé, à leur traitement, leur visualisation, leur acquittement et leur archivage

➤ **Report designer**

Il contient des informations avec lesquelles on peut lancer la visualisation d'une impression ou d'un ordre d'impression. On y trouve aussi des modules de mise en page du journal, qu'on peut adapter en fonction du besoin.

➤ **User administrator**

C'est là que s'effectue la gestion des utilisateurs et des automatisations. On y crée des nouveaux utilisateurs, on leur attribue des mots de passe et on leur affecte la liste des autorisations.

### V.5.2. Application développée sous WinCC [16]

La supervision du système a été élaborée à l'aide du logiciel WinCC, vu ses particularités. Les différentes étapes à suivre, pour créer notre application sont :

- Créer un projet.
- Sélectionner et installer L'API.
- Définir les variables dans l'éditeur de variables.
- Créer et éditer les vues (vue d'accueil, vue de tous les ouvrages) dans l'éditeur graphique designer.
- Paramétrer les propriétés de WinCC Runtime.
- Activer les vues dans le WinCC.
- Utiliser le simulateur pour tester les vues du processus.

### V.5.3. Notions sur les vues

Dans WinCC flexible, nous pouvons créer des vues pour le contrôle-commande de machines et d'installations. Nous disposons d'objets prédéfinis permettant de représenter notre installation, d'afficher des procédures et de définir des valeurs du procédé. Une vue peut être composée d'éléments statiques et d'éléments dynamiques.

### V.5.4. Création du projet WinCC

Un projet WinCC flexible contient toutes les données de configuration dont a besoin notre installation ou d'un pupitre opérateur. Les données de configuration sont par exemple :

- Des vues qui représentent le procédé
- Des variables qui transmettent au Runtime des données entre automate et pupitre opérateur.
- Des alarmes qui affichent au Runtime l'état de fonctionnement
- Des archives qui sauvegardent des valeurs du procédé et alarmes. Toutes les données d'un projet sont enregistrées dans la base de données intégrée à WinCC flexible.
- Les éléments statiques, par exemple le texte et le graphique, ne changent pas au Runtime.
- Les éléments dynamiques varient en fonction de la procédure. On peut visualiser les valeurs de procédé actuelles de la manière suivante :
  - A partir de la mémoire de l'automate programmable.
  - A partir de la mémoire du pupitre opérateur, sous forme d'affichages alphanumériques, de courbes et de paragraphes.

## V.6. Création de notre projet sous WinCC flexible 2008

Choisissez la commande de menu « projet » puis « Nouveau », on clique sur aperçu puis elle se fait cliquant sur l'icône « créer un projet avec l'assistant de projet », qui se trouve dans l'interface principale du WinCC flexible, là où on intègre notre projet STEP7. La dernière étape consiste à nommer le projet.



Figure V. 3 : Création d'un nouveau projet.

➤ Ensuite on passe à la sélection du pupitre operateur, chacun avec ses spécificités y compris des pupitres qui ne sont pas de constructeur SIEMENS, dans notre cas nous choisissons le basic panels « **10 ‘‘ KTP1000 BASIC DP** ».

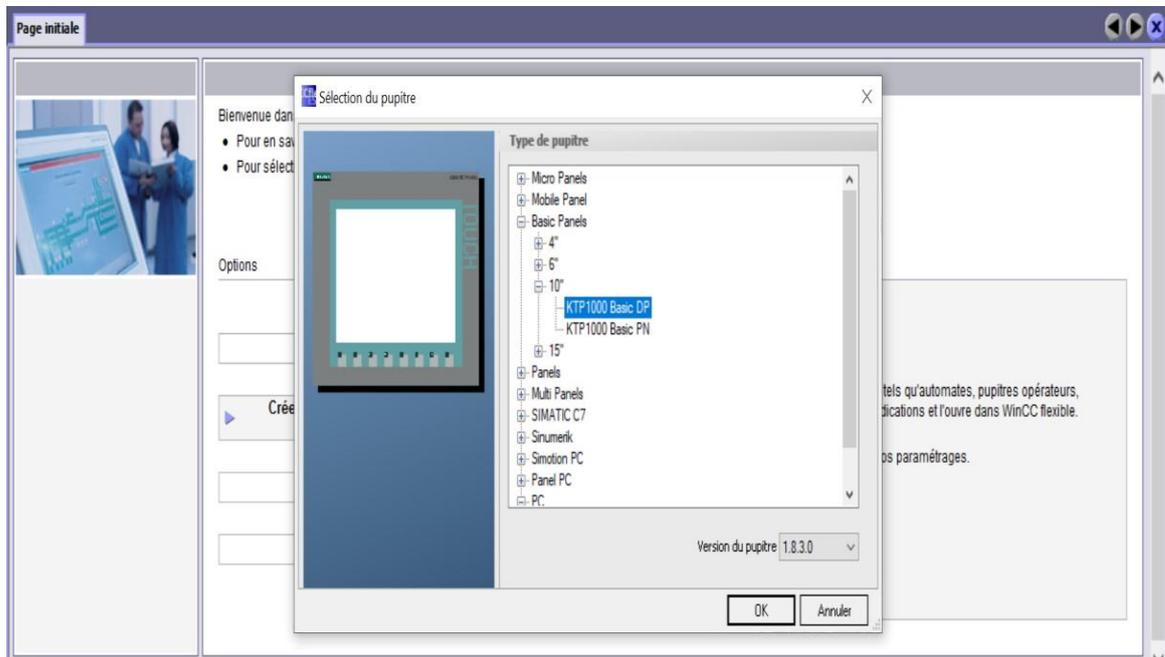


Figure V. 4 : choix de pupitre « **10 ‘‘ KTP1000 BASIC DP** ».

➤ A l'ouverture, trois fenêtres s'ouvrent : fenêtres de projet, fenêtres des propriétés, fenêtres des outils.

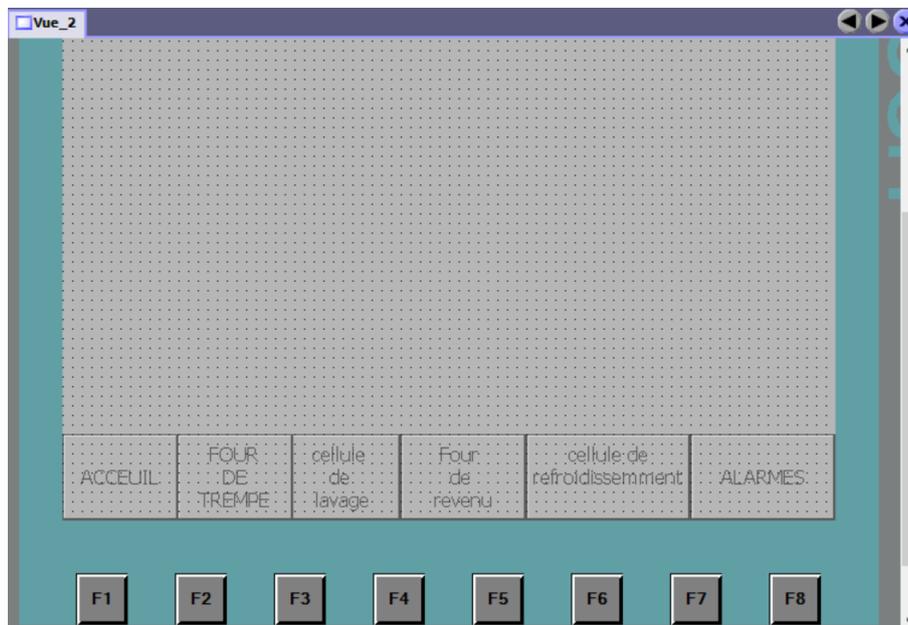


Figure V. 5 : Espace de travail.

## V.7. Création des vues

Cette étape consiste à créer des vues dans l'éditeur « Graphique Designer » qui nous permet d'insérer les différents objets dont nous avons besoin par la bibliothèque interne de WinCC.

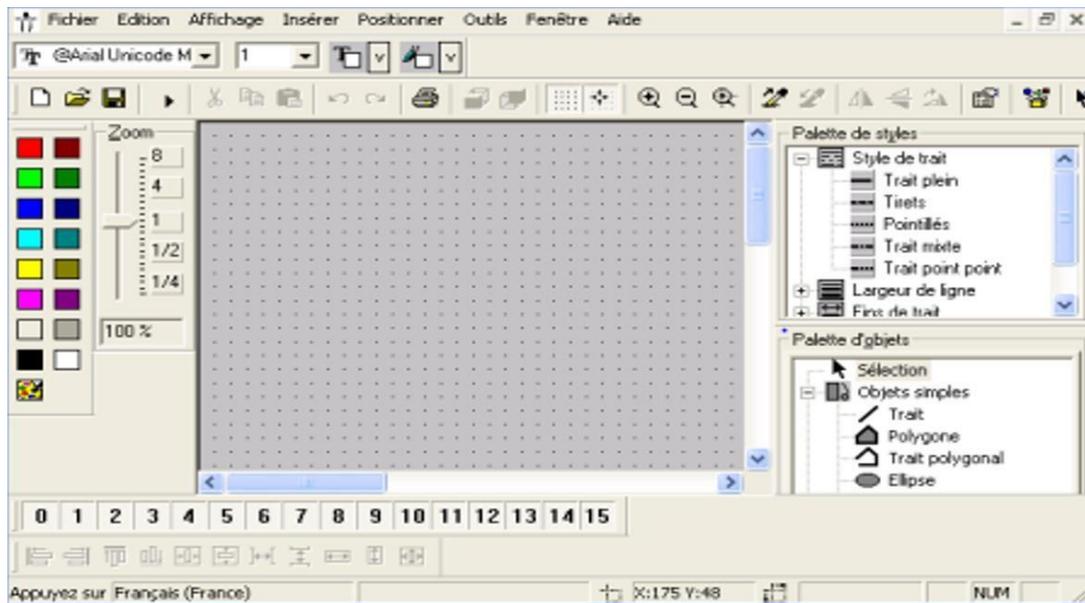


Figure V. 6 : Création des vues « Graphic Designer »

## V.8. Création de notre projet sur WinCC flexible Runtime avec les vues programmées

Dans WinCC flexible nous créons des vues pour le contrôle et commande des machines. Dans notre projet nous avons créé 6 vues qui présentent le fonctionnement de notre système ; nous avons séparés les vues de système pour faciliter la supervision.

Le projet contient :

1. Vue d'accueil.
2. Vue de modèle.
3. Vue de four trempe.
4. Vue de lavage.
5. Vue de four revenu.
6. Vue de refroidissement.

### V.8.1. Vue d'accueil

C'est la vue qui s'affiche au lancement, elle est générale et sert d'accueil. Depuis cette vue l'opérateur peut accéder à la vue globale. C'est comme la page de garde ; elle représente les symboles de l'entreprise **SNVI** et de notre université **UMMB** ; avec les noms d'encadreur et notre promoteur ; et nous montrons l'unité où nous avons fait notre stage.

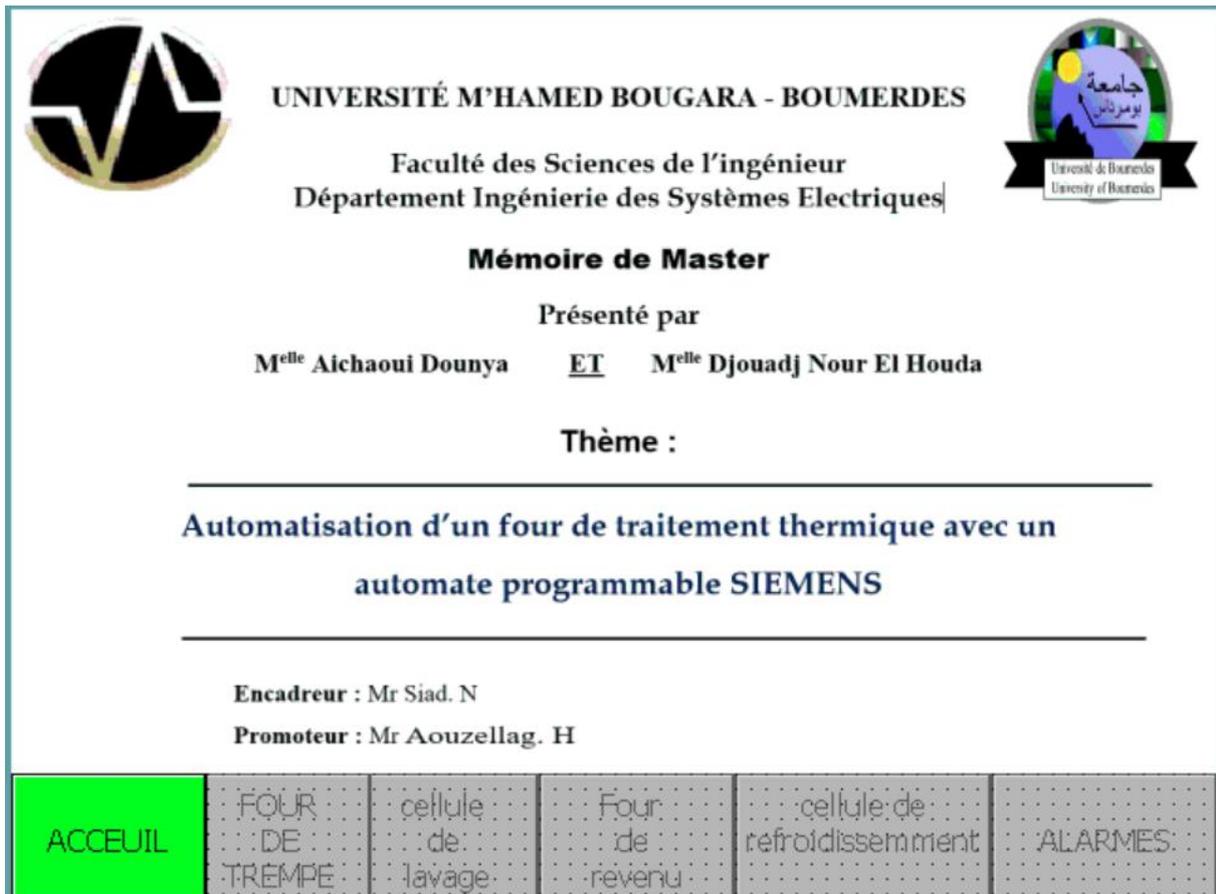


Figure V. 7 : Vue de d'accueil.

### V.8.2. Vue de modèle

La vue de modèle présente les boutons avec les noms des vues existantes sur lesystème.

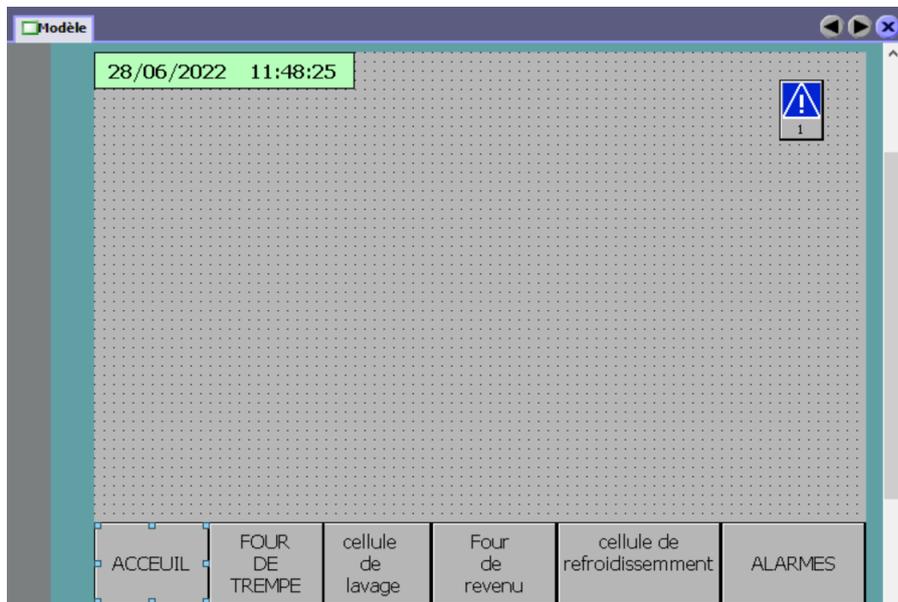


Figure V. 8 : Vue de modèle.

### V.8.3. Vue de Four Trempe

Elle représente tous les capteurs et les actionneurs de four avec les boutons « **Départ cycle** » de fonctionnement et le bouton « **reset** » qui permet de réinitialiserle cycle de fonctionnement à zéro. Les capteurs en verts sont actifs et les rouges sont désactivés.

Nous avons créé aussi les temporisateurs pour le chauffage des pièces et le temps d'huilage. Et pour le bouton « **étape en cours** » indique l'étape qui est en cours de fonctionnement.

C'est le même cas pour toutes les vues (lavage ; revenu et refroidissement).

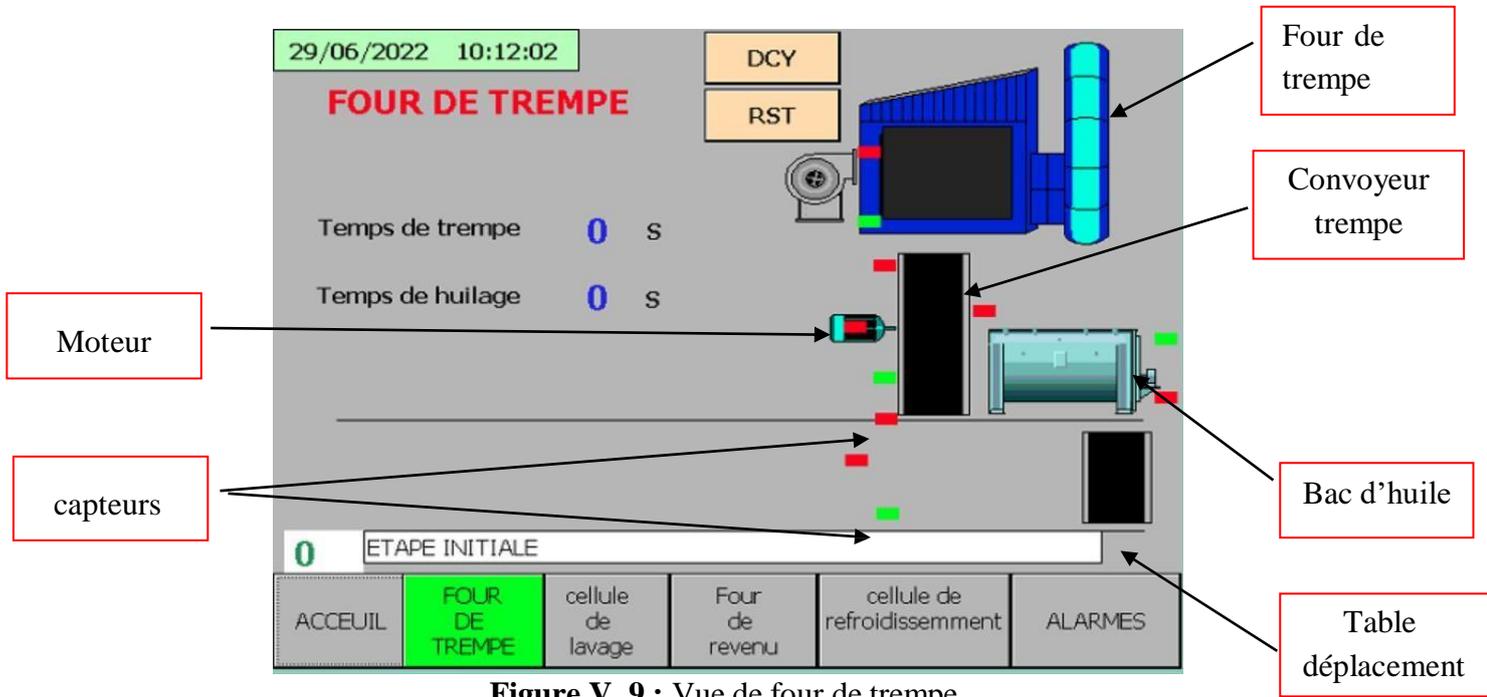


Figure V. 9 : Vue de four de trempe.

V.8.4. Vue de la cellule de lavage

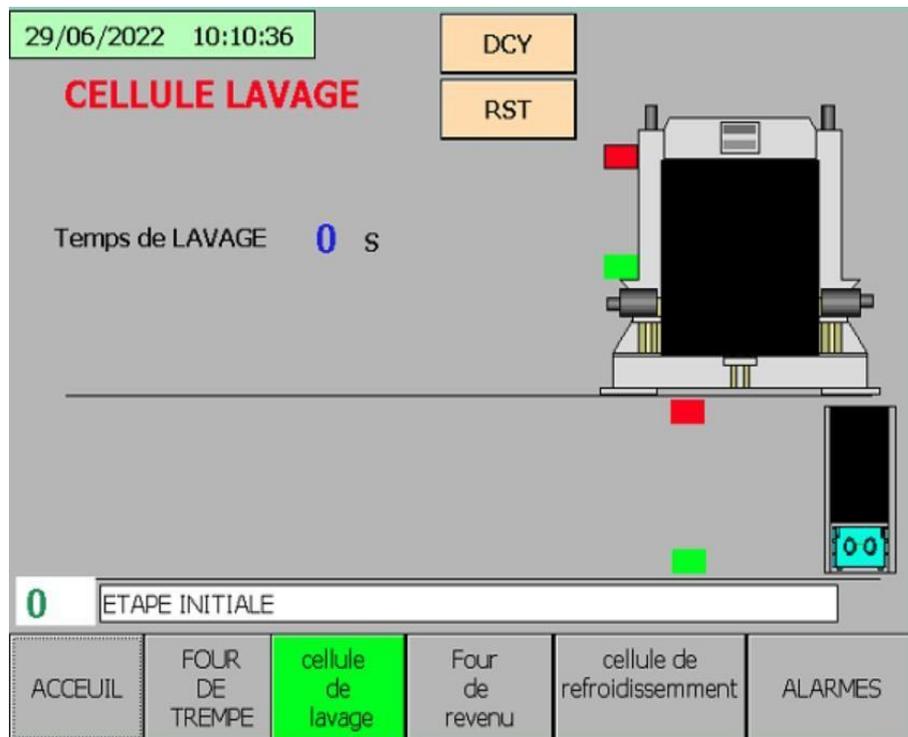


Figure V. 10 : Vue de la cellule lavage.

V.8.5. Vue de Four revenu

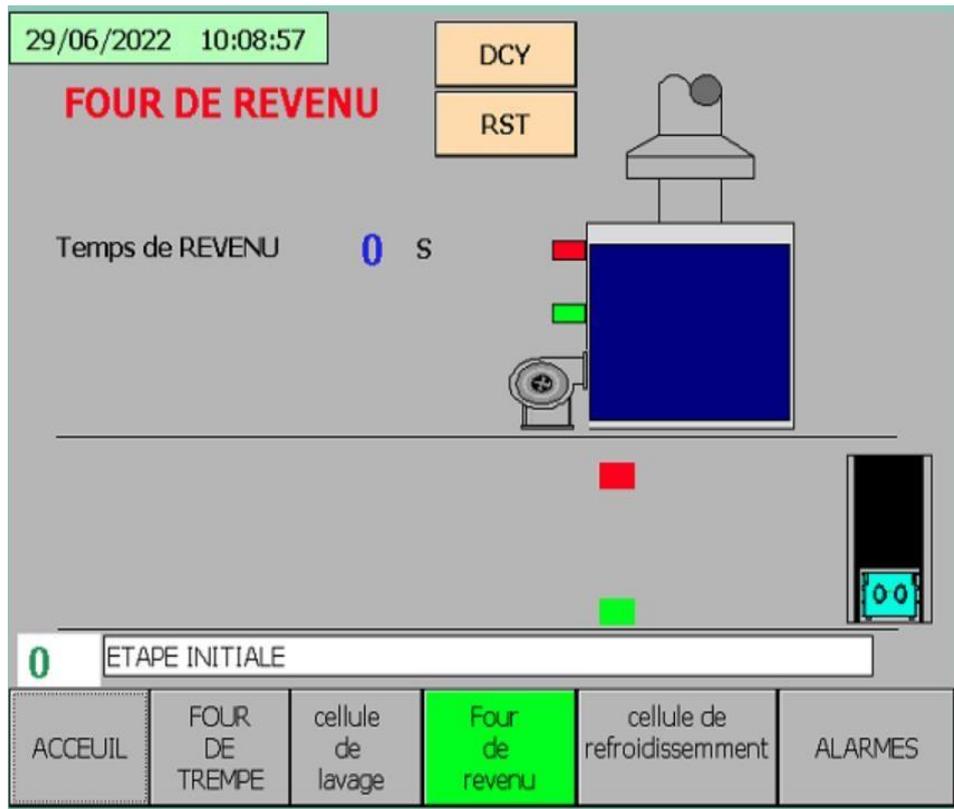


Figure V. 11 : Vue de four de revenu.

V.8.6. Vue de la cellule refroidissement

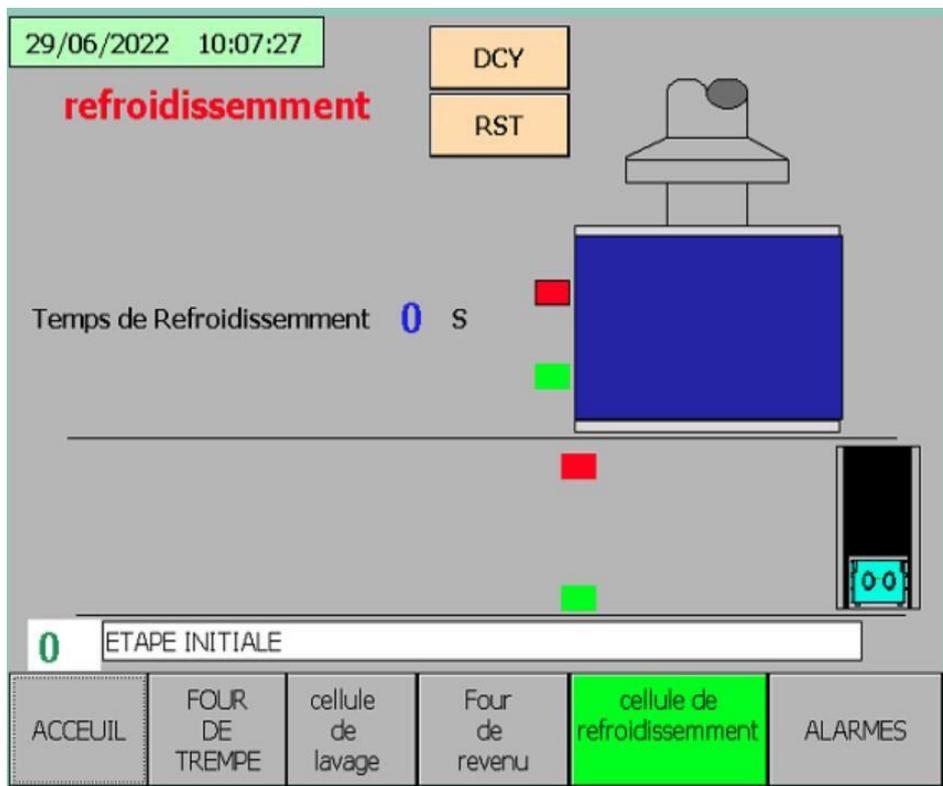


Figure V. 12 : Vue de refroidissement.

V.8.7. Vue de Régulation four de trempe et four de revenu

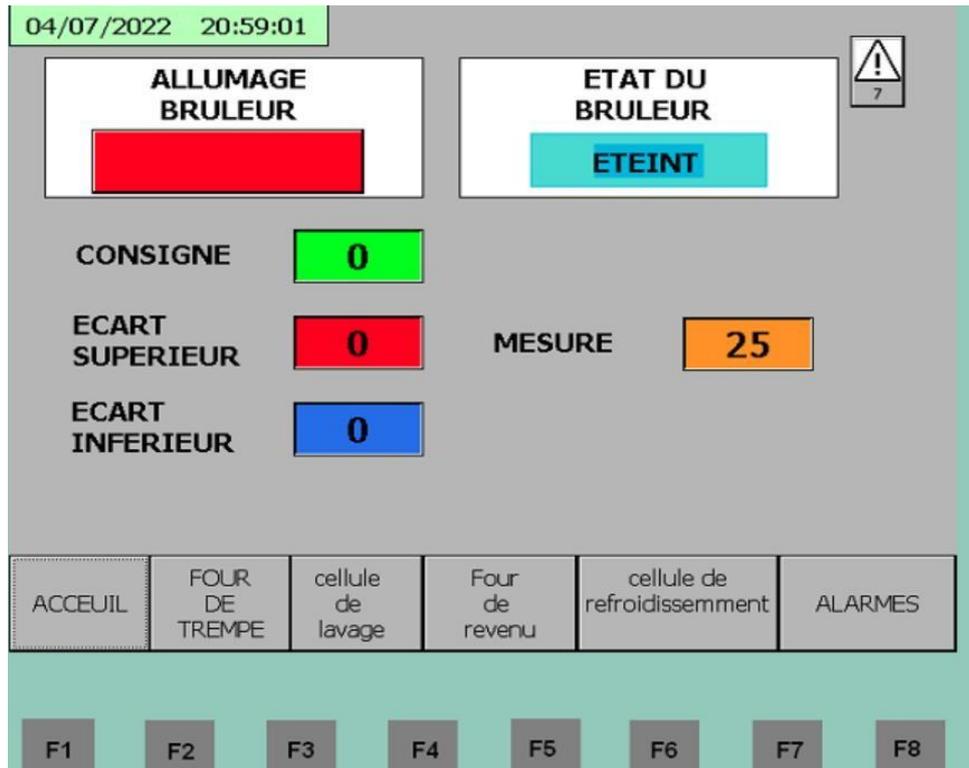


Figure V. 13 : Vue de Régulation four de trempe et four de revenu.

V.8.8. Vue d’alarmes

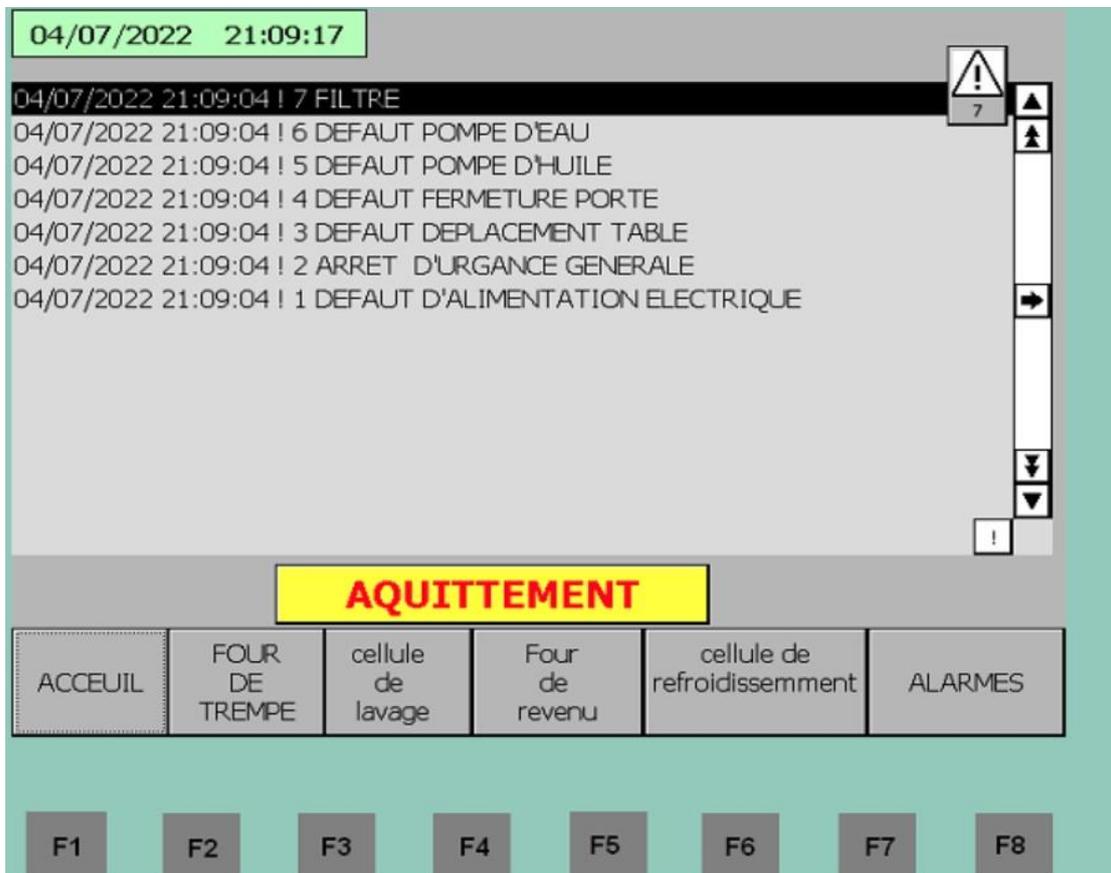


Figure V. 14 : Vue d’alarmes.

## V.9. Conclusion

Nous avons développé dans ce chapitre notre système de supervision pour les fours à l'aide du logiciel WinCC Runtime. Nous avons aussi fait des tests sur le simulateur de WinCC qui ont montré que le système de supervision répond au programme de l'automate.

A decorative graphic consisting of a blue line that starts from the left edge, goes horizontally, then diagonally up and right, then horizontally right, then diagonally down and left, and finally horizontally left to the left edge. A thick black horizontal bar is positioned below the blue line, overlapping the diagonal section.

## ***Conclusion Générale***

Au cours de cette étude, le travail que nous avons effectué au sein du centre mécanique de la filiale F.O.R de la société SNVI est d'automatiser le four de traitement thermique par un automate de nouvelle génération.

A l'origine les fours étaient complètement manuels et fonctionnent avec la logique câblée, notre but était de migrer vers une logique programmée et résoudre les problématiques existantes.

En premier lieu, nous avons procédé par une étude descriptive du four de traitement thermique, ainsi le cahier des charges de son fonctionnement, ensuite nous avons élaboré une modélisation cohérente du four à l'aide du GRAFCET, celui-ci nous a beaucoup aidé au passage vers la programmation en langage LADDER du STEP7 et l'élaboration d'une solution programmable dans l'automate S7-300 utilisé. Suite à la programmation, nous avons testé le programme de commande par le logiciel intégré S7-PLCSIM. Le panel utilisé sert à faciliter et performer la manipulation du four et informer l'utilisateur en cas de danger.

Dans ce projet, nous avons apporté des modifications techniques sur l'installation du four de traitement thermique, en contribuant à l'amélioration du taux de production, c'est le but recherché par toute automatisation. La communication et le transfert d'informations via un réseau, rendront un système automatisé plus simple et plus performant par la diminution du câblage.

Ce que nous retenons du travail effectué durant ces 3 mois à la SNVI est primordial dans notre vie d'ingénieur. Cette formation professionnelle nous a permis de découvrir le monde industriel et de mettre en application une partie de la théorie acquise le long de notre cursus et de tirer profit de l'expérience engrangé par les ingénieurs de la société en collaborant avec eux sur le terrain.

Cette réalisation met en lumière la possibilité de développer, en local, des entreprises d'installation des systèmes d'automatisation en vue de la politique de l'état envers L'encouragement du produit national, sachant que 90% des entreprises d'automatisation en Algérie sont étrangères.

Toutefois, nous espérons que ce modeste travail puisse apporter un plus et constituer un support supplémentaire aux promotions à venir.



# ***Bibliographie***

- [1] **T.CORTIER, V.PATELOUP** 'Hydraulique : de la mécanique des fluides et la transmission de puissance, (Coure en PDF).
- [2] **I.KAMEL, S.HAMADI**, «Automatisation de la commande d'un four thermique par migration de technologie ». Mémoire de fin d'études. Université Tizi-Ouzou. 2018.
- [3] Documentation SNVI .
- [4] **H. AMIROUCHE**, «Thermomètre électronique: Etude, analyse et réalisation », Mémoire de fin étude. Université GUELMA.2019.
- [5] **A. Simon**, « Automates Programmable », L'ELANE, 1983.
- [6] **A. MAIDI**, « Cours d'automatisme industriel », (cours en PDF), 2005/2006.
- [7] **S. SAIDANI, N.AGRI**, «Automatisation et Supervision de l'installation de préparation de l'acide citrique au niveau du complexe CEVITAL», mémoire Master. Université Bejaïa. 2011-2012.
- [8] **Michel BERTRAND**, Technique d'ingénieur, l'automate programmable industriel, 2017.
- [9] « Le GRAFCET et sa mise en œuvre », (cours en PDF), Université Biskra.
- [10] **M. Blanchard** : « **Comprendre** maitriser et appliquer le GRAFCET ». Édition **CEPAUDUES. 2017.**
- [11] « COURS GRAFCET», (cours en PDF), 2005. [http://www.est-usmba.ac.ma/GRAFCET/co/module\\_cours\\_grafcet\\_17.html](http://www.est-usmba.ac.ma/GRAFCET/co/module_cours_grafcet_17.html)
- [12] **A. OULD ALI**, « Etude et réalisation de l'automatisation d'un four de trempe », Mémoire de Fin d'Etudes. UNIVERSITE Tizi-Ouzou.2016
- [13] Manuel siemens logiciel SIMATIC STEP7-V5.5. 2017.
- [14] Manuel SIMATIC step7 « programmation avec STEP 7 », SIEMENS, 2017.
- [15] Manuel SIEMENS, «Langage CONT pour SIMATIC S7-300/400 », Réf. 6ES7810- 4CA06-8CR0, SIMATIC, 2002.

[16] **M.DERRAS, DJ.BOUZEMBRAK**, « Automatisation de deux fours de trempe et de revenu de marque surface division avec STEP 7 et supervision sous WINCC ». Mémoire Master. Université Tizi-Ouzou. 2021.

[17] **R. MAHJOUB**, Formation WINCC-Flexible-Runtime. (Coure en PDF). 2020.

[18] SIMATIC \_HMI\_ WINCC flexible « Getting Started »