



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

**CHAAIRA Mouad**

Pour l'obtention du diplôme

*Master Sciences et Techniques*

*Electronique, Signaux et Systèmes Automatisés*

*(E.S.S.A)*

Intitulé

**LA RENOVATION DU SYSTEME DE RAMONAGE DE  
LA TRANCHE FIOUL**

Encadré par :

**Pr. EL MARKHI Hassan**

**M. BAGHLAL Said (ONEE-BE/Direction Exploitation Mohammedia)**

Soutenu le **13 Juin 2017**, devant le jury composé de :

**Pr. EL MARKHI Hassan: Encadrant**

**Pr. GHENNIOUI Hicham : Examineur**

**Pr. LAMHAMDI Tijani: Examineur**

# Dédicace

*Je dédie ce travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à :*

*A mes chers parents.*

*A mes chers frères.*

*A tous ceux que nous aimons.*

*Que Dieu le tout puissant vous préserve tous et vous procure sagesse et bonheur.*

## REMERCIEMENTS

Premièrement nous remercions **Dieu** source de toute connaissance.

Au terme de ce stage je tiens à exprimer mes profondes gratitude et mes sincères remerciements à **M. Ben Youssef FADILI** directeur de la centrale thermique de Mohammedia pour l'opportunité qui m'a offert pour effectuer mon stage.

Mes remerciements vont aussi à **M. LALAOUI HASSANI YOUSSEF**, chef du service électrique et contrôle commande qui m'a permis d'effectuer mon stage au sein de son service.

Je remercie également **M.EL MAAZI Abdelmadjid** chef atelier contrôle commande pour le soutien qui m'accordé, et tout le personnel appartenant à la section contrôle-commande.

Très grands sont les sentiments de gratitude et de considération que j'exprime à l'égard de mon encadrant **M. BAGHLAL Said**, contremaitre en instrumentation, régulation et automatisme qui m'a recueilli avec amabilité et bienveillance, qui m'a fait bénéficier de son savoir-faire, de sa disponibilité et qui sans ses ingénieurs et appréciables conseils et judicieuses directives, ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

Mes profonds remerciements vont à **M.EL MARKHI Hassan** mon encadrant académique, qui a accepté d'encadrer mon travail, pour son soutien et son apport sur le projet.

Mes plus vifs remerciements s'adressent aussi aux **membres de jury** pour l'honneur d'accepter de juger ce travail, et à tout le cadre professoral du département génie électrique de La FST de Fès.

Mes remerciements vont enfin à toutes personnes qui ont contribué de loin ou de près à la concrétisation et l'élaboration de ce travail.

## ***Résumé***

Le présent rapport constitue un travail qui s'inscrit dans le cadre de projet de fin d'étude effectué au sein de la centrale thermique de Mohammedia, relevant de l'office national d'électricité et de l'eau potable, branche électricité (ONEE-BE).

Ce projet rentre dans le cadre d'une stratégie de rénovation partielle programmée par la DXM pour améliorer la performance de ces tranches fonctionnant en fuel-oil, en particulier le système de ramonage des chaudières, c'est un système auxiliaire spécifique pour le nettoyage des éléments constitutifs de la chaudière, notamment les tubes dans lesquelles circulent l'eau/vapeur, les surchauffeurs et les resurchauffeurs.

Le but de ramonage est d'éliminer les dépôts des résidus et les cendres des gaz de combustion qui causent en effet une isolation thermique, afin d'augmenter le transfert thermique et en conséquence améliorer le rendement de la tranche. Le système de ramonage est aussi destiné au nettoyage des deux réchauffeurs d'air rotatifs, ces derniers réchauffent l'air de combustion par la température des gaz d'échappement.

A cause des problèmes enregistrés sur la logique du système, la rénovation, objet de ce rapport sera effectuée sur la partie contrôle commande et supervision.

Pour faire face à cette problématique, nous allons concevoir un nouvel automatisme autour d'un automate programmable, dans le but de garantir à la fois une meilleure disponibilité et fiabilité du système.

## Table des matières

Résumé.....	3
Table des matières.....	4
Liste des figures.....	7
Liste des tableaux.....	8
Abréviations et glossaire.....	8
Introduction générale.....	9
<b>Chapitre I : présentation de l'ONEE-BE &amp; la DXM</b> .....	10
I. Présentation de l'ONEE'BE .....	11
1. Présentation.....	11
1.1. La production.....	11
1.2. Le transport .....	11
1.3 La distribution .....	12
1.4. Les énergies renouvelables .....	12
2. Missions et objectifs.....	13
II. Présentation de la CTM.....	13
1. Historique de la CTM .....	13
2. Fiche signalétique.....	15
<b>Chapitre II : La production de l'énergie électrique par les centrales thermiques à flammes</b> .....	16
I. Principe de fonctionnement d'une centrale thermique .....	17
1. Généralité .....	17
2. Combustible liquide.....	18
3. Principe de fonctionnement .....	18
II. Description de La centrale thermique de Mohammedia.....	21
1. Introduction.....	21
2. Principe de fonctionnement .....	22
3. Principe de fonctionnement d'une tranche de la DXM.....	23
III. Conclusion.....	26
<b>Chapitre III : Le système de ramonage des chaudières à fioul-oil de la CTM.....</b>	27
I. Cadre du projet.....	28
1. Cadre du projet.....	28
2. Cahier de charge.....	28
II. Le système de ramonage actuel.....	29
1. Introduction.....	29
2. Nécessité de ramonage.....	29
3. Principe de fonctionnement.....	30

## Mémoire de projet de fin d'étude

3.1. Les Types des ramoneurs.....	30
3.2. Ramoneurs rétractiles (Type IK) .....	30
4. Analyse fonctionnelle.....	32
4.1. Bête à corne.....	32
4.2. SADT.....	33
4.3. Pieuvre.....	36
5. Description technique .....	36
5.1 Partie mécanique .....	37
5.2. Partie électrique.....	38
5.3. Principe de nettoyage.....	38
5.4. Condition pour la mise en œuvre .....	39
6. Dysfonctionnement du système actuel.....	40
6.1. Les différentes anomalies.....	40
6.2. Conséquences du dysfonctionnement sur le système.....	41
III. Conclusion .....	41
<b>Chapitre IV : L'automatisme actuel du système de ramonage.....</b>	<b>42</b>
I. Généralité.....	43
II. Fonctionnement du système .....	43
1. Les interrupteurs et boutons poussoir .....	43
1.1. Dispositif général de prédisposition « CF » .....	43
1.2. Les sélecteurs de marche individuels(C1àC7) .....	43
1.3. L'interrupteur « Start » (Début de séquence) .....	44
1.4. Interrupteur « recul » .....	44
1.5. Interrupteur « Arrêt de séquence » .....	44
1.6. Bouton poussoir de mise en marche local « LPF » .....	45
1.7. Bouton poussoir de recul «LPR» .....	45
1.8. Fin de course d'interbloc de la portière «LSP ».....	45
1.9. Les contacteurs des moteurs des ramoneurs « KS » .....	45
2. Cycle de fonctionnement .....	46
2.1. Fonctionnement automatique .....	46
2.2. Fonctionnement manuel .....	47
2.3. Fonctionnement local .....	47
III. Conclusion.....	48
<b>Chapitre V : Rénovation de l'automatisme du système de ramonage.....</b>	<b>49</b>
I. Généralité.....	50

## Mémoire de projet de fin d'étude

1. Automate programmable industriel.....	50
2. Types d'automate.....	51
3. La gamme simatic S7.....	52
4. Choix final de l'automate.....	53
4.1. Caractéristique S7-400H.....	53
4.2. Constitution.....	54
4.3. Principe de redondance .....	54
4.4. Périphérie.....	54
5. logiciel de configuration .....	55
5.1. Généralité sur STEP7.....	55
5.2. Editeur de programme .....	55
II. Rénovation du système de ramonage.....	56
1. Architecture hardware.....	56
1.1 Présentation.....	56
1.2 Réalisation sur STEP7 .....	56
2. Programmation du nouvel automatisme du système de ramonage.....	58
2.1. Présentation de la solution .....	58
2.2. Réalisation de l'automatisme sous STEP7.....	63
3. La supervision .....	76
3.1. Aperçu sur le logiciel Wincc flexible.....	76
3.2. Configuration du panel de supervision .....	77
3.3. Le système runtime .....	81
III. Etude technico-économique .....	82
IV. Conclusion .....	85
Conclusion générale .....	86
Bibliothèque et webographie .....	87
Annexe .....	88

## Liste des figures

Figure 1: Organigramme de la DXM .....	15
Figure 2: Cycle charbon .....	17
Figure 3: Prototype d'une centrale thermique .....	20
Figure 4: centrale thermique Mohammedia .....	21
Figure 5: cycle de transformation de l'énergie .....	22
Figure 6: Schéma de principe d'une tranche DXM .....	23
Figure 7: Poste de traitement des eaux. ....	25
Figure 8: Ramoneur IK .....	31
Figure 9: Ramoneur IR .....	31
Figure 14: Diagramme bête à corne .....	32
Figure 15: Datagramme de la fonction A0 .....	33
Figure 16: Datagramme de la fonction A1 .....	34
<b>Figure 17: Datagramme de la fonction A2 .....</b>	<b>34</b>
Figure 18: Datagramme de la fonction A3 .....	35
Figure 19: Datagramme de la fonction A4 .....	35
Figure 21: Diagramme pieuvre .....	36
Figure 10: Ensemble chariot .....	38
Figure 11: Lance de ramonage .....	39
Figure 12: Barillet vapeur .....	39
Figure 13: Indicateur sur la pression ramonage .....	40
Figure 22: Platine de commande et supervision .....	48
Figure 23: Architecture d'un API .....	51
Figure 24: La gamme SIMATIC S7 .....	52
Figure 25: Station SIMATIC S7 400-H .....	53
Figure 26: Raccordement de périphérie unilatéral (à gauche) ou commuté (à droite) via PROFIBUS .....	54
Figure 27: Langage de base STEP7 .....	55
Figure 28: Architecture Hardware .....	56
Figure 29: Configuration Hardware sous STEP7 .....	57
Figure 30: Rack ET200 pour les cartes entrées .....	57
Figure 31: Rack ET200 pour les cartes sorties .....	58
Figure 32: Vue générale sur le système de ramonage .....	59
Figure 33: circuit de commande de la vanne PCV22 .....	60
Figure 34: grafcet de la séquence de ramonage .....	62
Figure 35: Organisation fonctionnelle .....	63
Figure 36: Intégration de pupitre opérateur dans STEP7 .....	77
Figure 37: Vue d'accueil .....	78
Figure 38: Vue pour lance séquence .....	79

## Mémoire de projet de fin d'étude

Figure 39: Configuration des alarmes analogiques.....	79
Figure 40: configuration des alarmes TOR .....	80
Figure 41: Vue pour les alarmes .....	80
Figure 42: Système runtime .....	81

### Liste des Tableaux

Tableau 1: Fiche signalétique.....	14
Tableau 2: Faits marquants .....	14
Tableau 3: Bordereau des prix de fourniture .....	82
Tableau 4: Liste des pièces de rechange .....	83
Tableau 5: bordereau des prix total .....	84

### Les abréviations et glossaire

**ONEE-BE:** Office National d'Electricité et de l'Eau potable- Branche Electricité.

**CTM :** Centrale Thermique de Mohammedia.

**DXM :** Direction d'exploitation de Mohammedia.

**F.O :** Fioul-oil.

**SH :** surchauffeur.

**RH :** resurchauffeur.

**RALJ :** Réchauffeur d'air rotatif (*Ljungstrom*).

**FP :** Fonction Principale

**FC :** Fonction Contrainte

**Corps HP :** Corps Haute Pression.

**Corps MP :** Corps Moyen Pression.

**Corps BP :** Corps Basse Pression

**IK300 :** la désignation des ramoneurs rétractiles, du constructeur **BREDA – DIAMOND**.

**RA1 et RA2 :** Les ramoneurs pour le nettoyage du RALJ.

**PSI :** (pound per square inch) unité de pression avec **1psi=0,7bar**.

**API :** Automate Programmable Industriel

**CPU :** Central Processing Unit ou unité centrale de traitement.

**Profibus:** Process Field Bus, bus de terrain propriétaire, c'est une norme de communication dans le monde de l'industrie.

**NB :** Dans quelques contextes nous utilisons le terme DXM pour la CTM. Un ramoneur est parfois désigné par un souffleur de suie. Alors ne mettez pas de confusion entre les termes.

## ***Introduction générale***

La production de la vapeur pour faire fonctionner la turbine couplé à un alternateur, nécessite la combustion du charbon ou du fioul dans le foyer des chaudières, cette combustion dégage des résidus et des cendres qui selon leurs natures, légères ou lourdes couvrent les surfaces d'échanges thermiques des chaudières en constituant une couche qui représente une résistance thermique et par conséquence une baisse du rendement des chaudières.

Le système de ramonage est un système auxiliaire pour l'exploitation des chaudières, son rôle est alors le nettoyage pour éliminer efficacement les résidus de la combustion sur les surfaces d'échanges thermiques des chaudières.

Le système existant est un système automatisé à relais, qui représente au fil du temps de nombreuses anomalies qui empêchent d'une part l'exploitation optimale des chaudières et d'autre part les charges liées à sa maintenance deviennent de plus en plus couteuse.

Notre projet consiste à une rénovation de l'automatisme actuel par une solution programmée faisant appel à un système de contrôle commande à base d'un automate programmable permettant de réunir les fonctions de commandes, de contrôle et de la supervision.

Pour ce faire, notre travail sera détaillé comme suit:

- ***Chapitre I : Présentation de l'ONEE-BE & la DXM***, dans lequel nous allons donner un aperçu sur l'organisme
- ***Chapitre II : La production de l'énergie électrique par les centrales thermiques à flammes***, dans ce chapitre nous allons effectuer une recherche sur le cycle de production dans les centrales thermiques
- ***Chapitre III : Le système de ramonage des chaudières à fioul-oil de la CTM***, au cours de ce chapitre nous allons mener une étude technique et critique sur le système de ramonage, qui fera l'objet de notre étude.
- ***Chapitre IV : L'automatisme actuel du système de ramonage***, c'est un chapitre dans lequel on va s'intéresser à la logique câblée et identifier son dysfonctionnement.
- ***Chapitre V : Rénovation de l'automatisme du système de ramonage***, dans ce chapitre nous allons répondre aux exigences du cahier de charge par la mise en place d'un automate programmable pour le contrôle commande du système, et nous allons aussi révéler le budget pour le financement du projet.

# CHAPITRE I

---

---

## ***Présentation d'ONEE-BE & la Direction d'Exploitation Mohammedia (DXM)***

---

---

### **INTRODUCTION**

---

*Au cours de ce chapitre, nous allons présenter ONEE-BE, l'entreprise d'accueil et la politique menée par cet organisme pour satisfaire le besoin du Maroc en énergie électrique, ensuite nous allons présenter la direction d'exploitation de Mohammedia comme étant lieu de stage. Là où nous allons préciser les événements marquants depuis sa création.*

## I. Présentation de l'ONEE-BE

### 1. Présentation

*L'Office National de l'Électricité et de l'eau potable (O.N.E.E) branche électricité* est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière et a été investi depuis sa création de l'exclusivité de la production et le transport de l'énergie électrique ; il assure également sa distribution dans plusieurs provinces du Royaume notamment en milieu rural.

Les droits et obligations de l'O.N.E.E-BE sont définis dans un cahier de charge approuvé par décret en 1947, dans lequel sont définies les conditions techniques, administratives et financières relatives à l'exploitation des ouvrages de production, transport et distribution de l'électricité.

L'ONEE-BE opère dans les quatre métiers-clés du secteur de l'électricité: la production, le transport, la distribution et les énergies renouvelables.

#### 1.1. La production

L'ONEE-BE assume la responsabilité de fournir, sur tout le territoire national et à tout instant, une énergie électrique de qualité dans les meilleures conditions économiques.

En fait, elle assure la fourniture de l'énergie par l'exploitation directe d'unité de production ainsi par les ouvrages qu'elle a confié à des opérateurs privés dans le cadre de contrat de la production. Au-delà de la gestion technique et de l'amélioration des ouvrages de son parc de production, l'ONEE-BE développe de nouveaux moyens de production et de nouvelles technologies en conciliant performance économique, expertise technique et préservation de l'environnement.

#### 1.2. Le transport

Ayant pour mission d'assurer le transport de l'énergie électrique et la sécurité d'alimentation du pays, l'ONEE-BE développe et renforce son réseau de transport qui couvre la quasi-totalité du territoire national.

D'une longueur totale de 20 350 km en 2009, le réseau de transport national est interconnecté aux réseaux électriques espagnol et algérien, dans l'objectif de :

- Renforcer la fiabilité et la sécurité d'alimentation.
- Bénéficier de l'économie potentielle sur le prix de revient du kWh.
- Intégrer le marché électrique national dans un vaste marché euromaghrébin.

Il a été procédé en 2006 au doublement de la capacité de transit de l'interconnexion électrique entre le **Maroc et l'Espagne de 700 à 1400 MW**. L'ONEE-BE a également mis sous tension en septembre 2009, le renforcement de l'interconnexion **Maroc-Algérie** augmentant ainsi la capacité de transit de **700 à 1400 MW**. Avec le renforcement des interconnexions, le Maroc est devenu un carrefour énergétique entre les deux rives de la Méditerranée et offre l'infrastructure de base à l'émergence d'un véritable marché de l'électricité. Pour répondre aux besoins du pays en énergie électrique, l'ONE a lancé un vaste programme de développement du réseau national de transport et de mise en place de véritables " autoroutes de l'électricité " vers les pays voisins. Ce programme comprend :

- L'extension et le renforcement des lignes **400 kV, 225 kV et 60 kV**.
- Un nouveau dispatching national pour assurer une meilleure gestion technico-économique des moyens de production et de transport.

### **1.3. La distribution**

La distribution de l'énergie électrique sur le territoire marocain est assurée :

- Soit directement par l'ONEE-BE, notamment en zone rurale et dans plusieurs centres urbains.
- Soit par des régies de distribution.
- Soit en gestion déléguée dans les villes de Rabat, Casablanca, Tanger et Tétouan, dans lesquelles elle est assurée respectivement par les opérateurs **Rédal, Lydec, Amendis Tanger et Amendis Tétouan**.

### **1.4. Les énergies renouvelables**

Le Maroc dispose de gisements importants en énergies renouvelables, notamment pour le solaire et l'éolien:

- Solaire : un rayonnement moyen de **5KWh/m<sup>2</sup>/j**.
- Éolien : un potentiel éolien de plus de **6000MW**.
- Petite Hydraulique : Un potentiel significatif pour les microcentrales hydrauliques plus de **200 sites** exploitables.

## **2. Missions et objectif**

Sa mission est de satisfaire la demande en électricité au Maroc aux meilleures conditions de coût et de qualité de service.

Avec plus de 9000 collaborateurs et plus de 3,5 millions de clients, l'ONEE-BE exerce des activités centrées sur les métiers de l'énergie électrique: Production, Transport, Distribution et Énergies Renouvelables. Sa politique ambitieuse de développement est un acteur majeur du développement économique et du progrès social du pays.

Les principales missions de l'ONEE-BE consistent à :

- Répondre aux besoins du pays en énergie électrique.
- Gérer et développer le réseau du transport de l'énergie.
- Planifier, intensifier et généraliser l'extension de l'électrification rurale.
- Et d'une façon plus générale, gérer la demande globale de l'énergie Électrique.

## **II. Présentation de la CTM**

### **1. Historique de la CTM**

Pour satisfaire les besoins constamment en croissance en énergie électrique, ONEE-BE a mis en place, depuis 1972 un plan d'action, qui avait pour but la construction des usines hydroélectriques pour subvenir aux besoins en énergie électrique en heures de pleines et de pointes, et des centrales thermiques dans le but d'assurer le besoin en énergie de base.

Parmi les objectifs du plan thermique de ONEE-BE figurait le projet de construction de la Centrale Thermique de Mohammedia en quatre tranches de 150 MW chacune. Les premières études du projet ont été lancées en 1973, traitant simultanément trois axes :

- La centrale thermique proprement dite.
- Les ouvrages de prise d'eau.
- Le poste électrique d'interconnexion et d'évacuation de l'énergie.

## Mémoire de projet de fin d'étude

<b>Dénomination</b>	<b>Direction Exploitation Mohammedia</b>
<b>Siège social</b>	Mohammedia
<b>Forme juridique</b>	Division de l'Office National d'Électricité.
<b>Début des travaux de construction</b>	1987
<b>Date de mise en service</b>	Octobre 1981
<b>Objet social</b>	la production de l'énergie électrique.
<b>Capacité de production</b>	4 tranches de puissance unitaire de 150 MW

**Tableau 1: Fiche signalétique**

<b>Février 1976</b>	<b>Lancement de l'appel d'offres international pour la construction de la centrale proprement dite.</b>
<b>Juin 1977</b>	Signature du marché de construction de la centrale proprement dite.
<b>Septembre 1977</b>	Lancement de l'appel d'offres international pour la construction des ouvrages en mer.
<b>Août 1978</b>	Signature du marché de la construction des ouvrages en mer.
<b>Octobre 1981</b>	Mise en service de la première tranche.
<b>Février 1982</b>	mise en service de la deuxième tranche. (Ces deux tranches ont été construites pour fonctionner en fuel-oil.
<b>Avril 1986</b>	Mise en service de la troisième tranche.
<b>Juillet 1986</b>	Mise en service de la quatrième tranche.

**Tableau 2:Faits marquants**

## 2. Fiche signalétique

Comme dans toutes les grandes entreprises, la direction de l'ONEE-BE joue un rôle très important dans la gestion et le bon fonctionnement de l'entreprise, la figure suivante représente une fiche hiérarchique de la DXM.

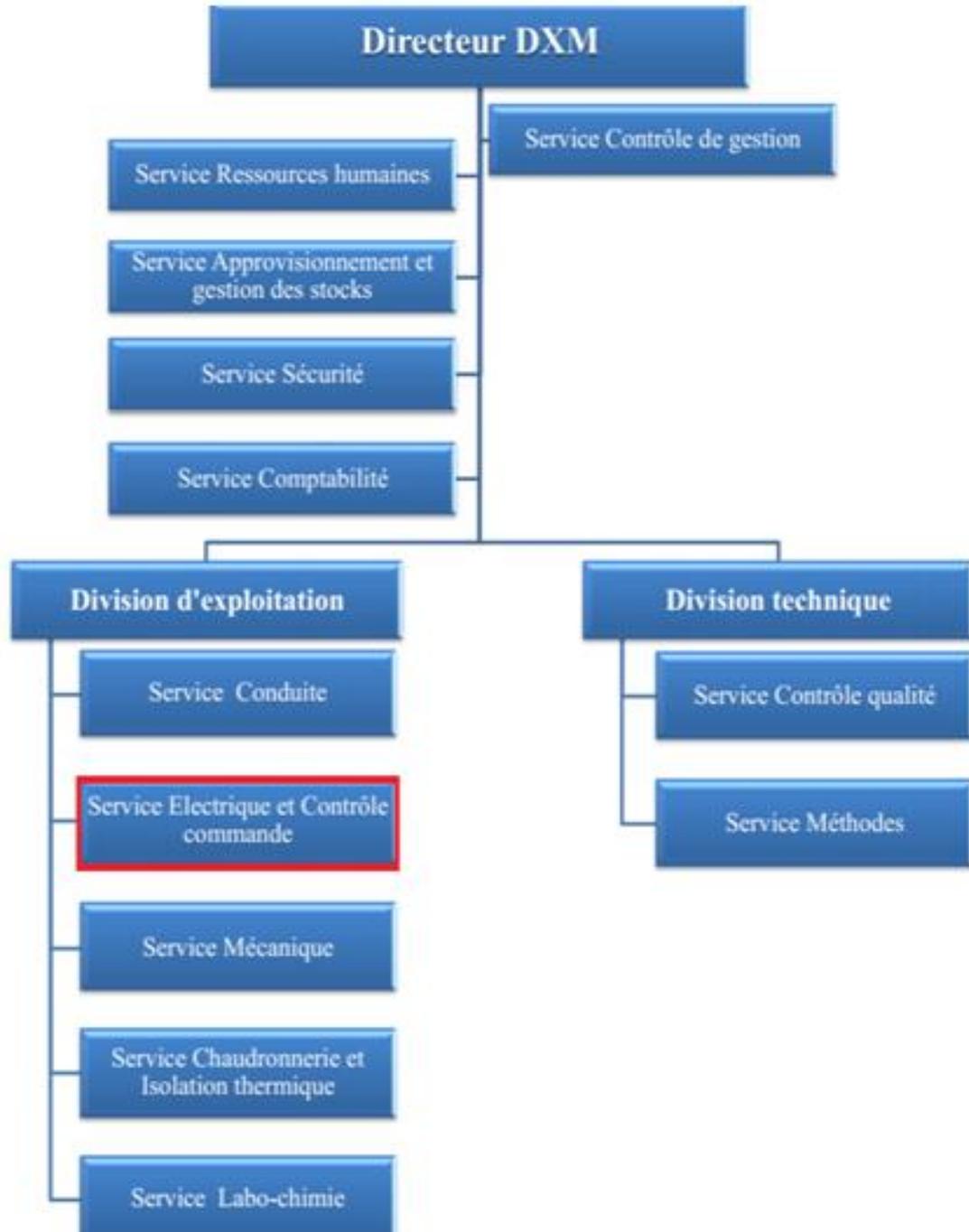


Figure 1: Organigramme de la DXM

## CHAPITRE II

---

---

### *La production de l'énergie électrique par les centrales thermiques à flammes*

---

---

#### **INTRODUCTION**

*Ce chapitre sera consacré à l'étude du cycle de production dans les centrales thermiques à flammes utilisant le charbon et le fioul comme combustibles, ensuite nous allons se focaliser sur la centrale thermique Mohammedia pour y faire une description générale, et notamment la description des installations et équipements qui y constituent.*

## I. Principe de fonctionnement d'une centrale thermique

### 1. Généralité

Les centrales thermiques à flamme constituent l'un des moyens les plus efficaces pour faire face aux variations de consommation d'électricité, et notamment aux augmentations fortes et soudaines de la demande.

Un combustible (gaz naturel, charbon, fioul) dégage de la chaleur en brûlant. La chaleur transforme l'eau liquide en vapeur d'eau. La vapeur fait tourner une turbine qui entraîne l'alternateur qui produit l'électricité.

**Le charbon** est une roche fossile provenant de la décomposition d'une végétation ayant pris un développement considérable à certaines époques géologiques grâce à des conditions favorables de température et d'humidité.

La variation de l'analyse du cycle charbon est caractérisée par la qualité en abstraction des cendres en fonction de l'ancienneté géologique :

- Les lignites.
- Les charbons flambants riches en matière volatiles, souvent assez riches en humidité.
- Les charbons gras, demi- gras, progressivement moins riches en matières volatiles, pauvres en humidité.
- Les charbons maigres, faible en matières volatiles,
- Enfin les anthracites, qui ne sont presque plus constitués que de carbone fixe.

La figure suivante représente le cycle charbon :



**Figure 2: Cycle charbon**

### **Pollution**

La production d'électricité à partir du charbon est grande émettrice de CO<sub>2</sub>. Ainsi en **France**, en 2012, le charbon **3,3% de l'électricité** produite est responsable à lui seul de près de **60% des émissions de CO<sub>2</sub>** de l'ensemble de la production électrique. La combustion du charbon émet d'autres polluants :

- Oxydes de soufre (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>),
- Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), cendres et fumées chargées en dioxines, métaux lourds (mercure, arsenic) ou éléments radioactifs (uranium, thorium, radium, radon...). L'extraction du charbon cause des fuites de méthane, gaz à effet de serre plus
- puissant que le CO<sub>2</sub>.

### **Impacts socio-économiques**

Les centrales à charbon sont actuellement très compétitives, notamment :

- A cause de l'abondance et du faible coût du combustible
- A cause du rendement important de la production de l'énergie électrique.

Selon le niveau de prix du CO<sub>2</sub>, investir dans les technologies permettant de limiter les émissions de CO<sub>2</sub> n'est donc pas forcément plus économique que de payer les pénalités d'émissions. A l'avenir, une taxe carbone plus élevée devrait rendre les centrales au charbon moins compétitif face aux centrales moins émettrices de CO<sub>2</sub>.

## **2. Les combustibles liquides**

Les combustibles liquides utilisés dans les centrales sont essentiellement certains produits appelés **fuel oil** obtenu lors du raffinage du pétrole brut.

**Le pétrole brute** résulte d'un processus assez analogue, mais affectant une matière organique constituée par des amas de micro-organismes principalement du règne animal, et, dans une moindre mesure, du règne végétal, venu se sédimenter en des fosses marines en même temps que les dépôts purement minéraux (vases).

La formation du pétrole à besoin de millions d'années, alors cette énergie est considérée non renouvelable à l'échelle humain. Après sa formation le pétrole brut suit un procédé d'extraction et de distribution pour être à la fin exploité dans des raffineries pour en extraire ces dérivés. **Les fiouls lourds** (abrégiés en FOL) sont des combustibles à haute viscosité souvent utilisés pour alimenter **les centrales thermiques**. Ils sont issus des coupes lourdes de la distillation du pétrole brut, s'ensuit une phase de distillation sous vide, une phase de viscoréduction et une phase de mélange et d'apports d'additifs.

**Traitement avant utilisation:**

Pour ces raisons, plusieurs traitements sont nécessaires avant d'introduire des fuels lourds dans des chaudières :

- Décantation permettant d'éliminer la boue et l'eau par gravité ;
- Réchauffage (jusqu'à 90 °C) pour faciliter la centrifugation ;
- Centrifugation afin d'éliminer les impuretés solides et l'eau, complétée par une filtration, par des filtres du type duplex ;
- Réchauffage final (piloté par un contrôleur de viscosité) afin d'obtenir la viscosité nécessaire pour l'injection.

**Pollution:**

L'impact environnemental le plus inquiétant de la combustion du **fioul** est l'émission de quantités importantes de **CO<sub>2</sub>, gaz à effet de serre** responsable du dérèglement climatique. Utilisé pour la production électrique, le fioul est plus polluant que le gaz naturel, et moins que le charbon.

La combustion du fioul émet également des dioxydes de soufre (SO<sub>2</sub>), responsables de pluies acides, et des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>).

### 3. Principe de fonctionnement

La centrale à flamme produit de la vapeur pour faire tourner un alternateur, qui est une machine rotative convertissant en énergie électrique l'énergie mécanique fournie par une turbine. Quel que soit le combustible, celui-ci brûle dans une chaudière pouvant atteindre **90 mètres** de hauteur et un poids de **9000 tonnes** tapissée de tubes à l'intérieur desquels circule l'eau à chauffer.

Sous l'effet de la chaleur, l'eau se transforme en vapeur, laquelle est alors envoyée sous pression vers les turbines. Les turbines tournent grâce à la vapeur.

Elles entraînent un alternateur qui produit de l'électricité à une tension de 20000 volts. L'électricité est injectée sur le réseau après avoir été portée à **225000 volts**, ou à **400000 volts**, à l'aide d'un transformateur de puissance. La vapeur qui a été utilisée est envoyée vers un condenseur, dans lequel circule de l'eau froide. Au contact de celle-ci, elle se transforme en eau, qui est récupérée et envoyée à nouveau dans la chaudière. L'eau utilisée pour le refroidissement est restituée au milieu naturel ou renvoyée dans le condenseur.

La figure suivante donne un aperçu pour une installation de production dans une centrale thermique.

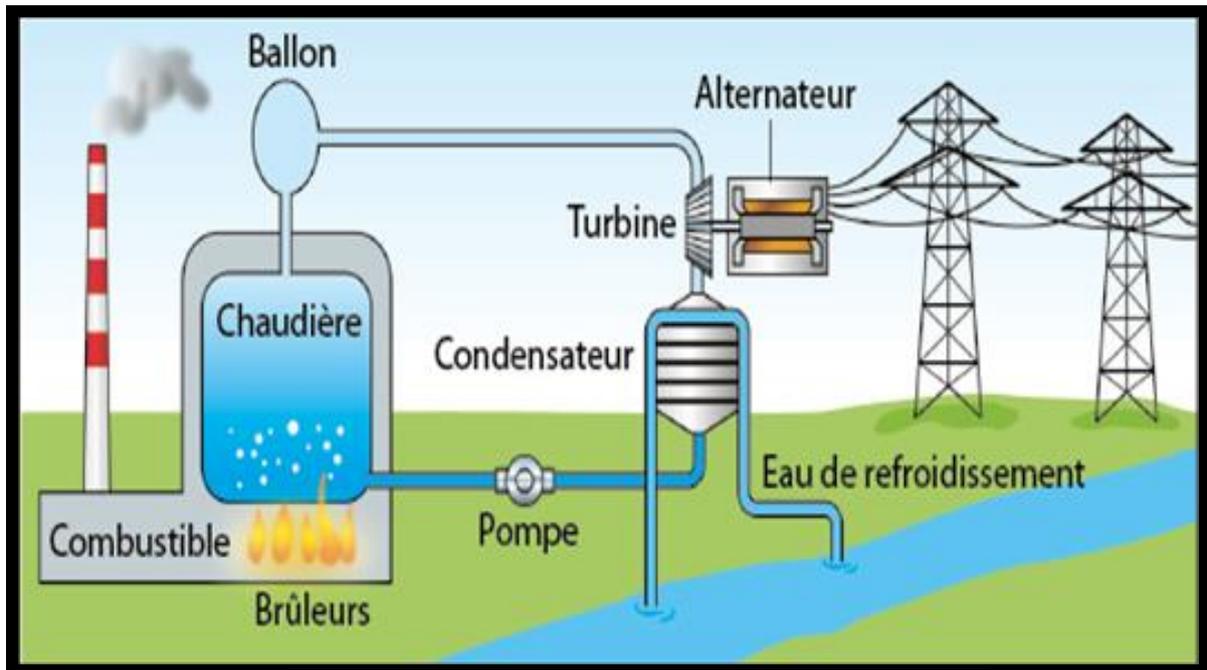


Figure 3: Prototypé d'une centrale thermique

### **LE COMBUSTIBLE**

Dans les centrales à charbon, celui-ci est broyé et pulvérisé afin d'être brûlé.

Dans les centrales au fioul, le combustible est injecté par des brûleurs, en très fines gouttelettes, dans la chambre de combustion.

Le fioul provient sans traitement particulier.

### **L'ÉVACUATION DES FUMÉES**

Les fumées issues de la combustion passent à travers des filtres capables de retenir 99 % des cendres en suspension.

Les fumées sont ensuite évacuées par de grandes cheminées pouvant atteindre 240 mètres de haut.

## II. Description de La centrale thermique de Mohammedia

### 1. Introduction

**La centrale thermique de Mohammedia (CTM)** est classée la deuxième après celle de Jorf Lasfar. Elle se situe près de la mer pour les besoins d'eau et de réfrigération.



Figure 4: centrale thermique Mohammedia

La CTM se compose de **4 tranches** principales, chacune est de **150MW** de puissance en pleine charge. Deux tranches fonctionnent au fuel-oil et les deux autres au charbon.

**Le fuel** est stocké dans deux citernes de stockage de **30 000m<sup>3</sup>** chacune, c'est un fuel de second degré et il ne subit pas de traitements avant la combustion, il est tiré par la pompe de gavage de la citerne vers le foyer.

**Le charbon** est stocké dans un parc d'une capacité de **240 000tonnes**, avant son utilisation, il est conduit du parc vers la tranche par un convoyeur, puis passe dans un silo avant d'être concassé dans un broyeur verticale à bille qui le raffine, puis il est injecté dans le foyer.

Chaque tranche est constituée de ces fameux auxiliaires:

- **Chaudière (générateur de vapeur):** système permettant d'augmenter la température d'un fluide, Sa consommation du **fuel-oil n°2** est de **32 t/h** pour un débit de vapeur surchauffée de **450 t/h à 543°C et 144 bar** et un débit de vapeur resurchauffée de **403 t/h à 542 °C et 32 bar**. La chaudière est composée des éléments principaux suivants :
  - **Une chambre à combustion.**
  - **Un économiseur.**
  - **Ballon.**
  - **Trois surchauffeurs (SH1, SH2 et SH3).**

- **Une turbine:** à six soutirages tournant à **3000 t/min**, et comportant un **corps HP-MP** à flux opposé et un **corps BP** à double flux.
- **Un alternateur:** de **187,5MVA** à **15KV** à excitation statique à thyristor alimenté par un transformateur placé en soutirage à la borne de l'alternateur et refroidi par l'hydrogène.
- **Un transformateur:** Au sein de la centrale thermique on distingue deux types de transformateurs:
  - Transformateur principale** qui transforme **15 KV** à **225KV** servant à l'évacuation de l'énergie vers le réseau national.
  - Transformateur de soutirage** qui transforme **15KV** à **6,6KV** afin d'alimenter les auxiliaires de la tranche.

## 2. Principe de fonctionnement

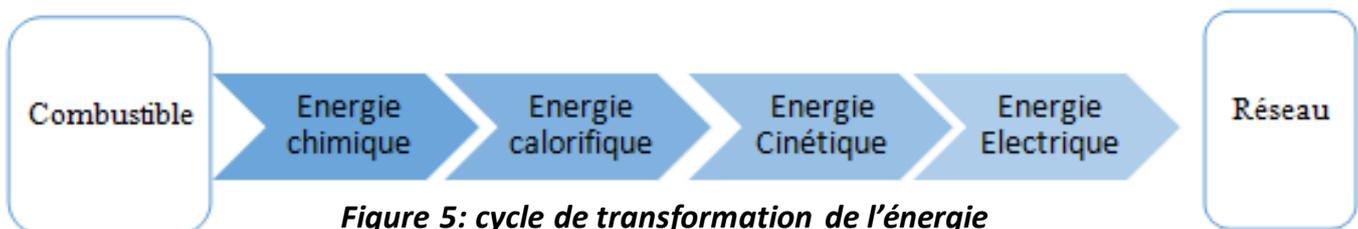
### Cycle de transformation des énergies :

**1ère transformation:** l'énergie chimique contenue dans le combustible se transforme en énergie calorifique dans la chaudière.

**2ème transformation :** l'énergie calorifique produite par la chaudière se transforme en énergie mécanique dans la turbine.

**3ème transformation:** l'énergie mécanique produite par la turbine se transforme en énergie électrique dans l'alternateur que l'on excite, celle-ci est ensuite évacuée au réseau à travers un transformateur élévateur.

La figure ci-dessus représente le cycle de production



**Figure 5: cycle de transformation de l'énergie**

3. Principe de fonctionnement d'une tranche de la DXM

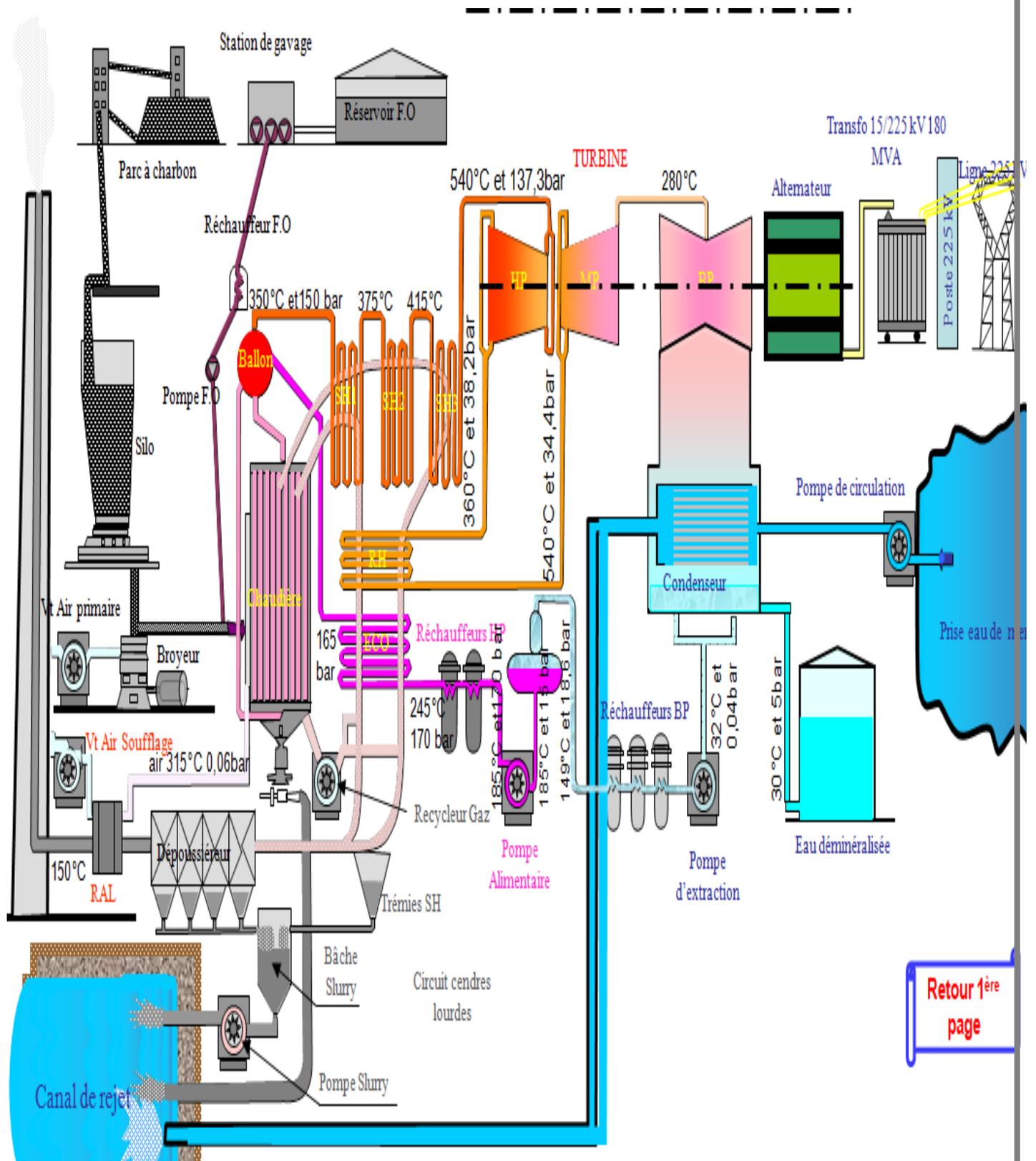


Figure 6: Schéma de principe d'une tranche DXM

[Retour 1ère page](#)

## Mémoire de projet de fin d'étude

[1] Pour son fonctionnement La **CTM** utilise deux combustibles qui sont le **fuel** et le **charbon**.

Le fuel est stocké dans deux bâches de stockage de **30 000 m<sup>3</sup>** chacune, c'est un fuel de second degré et il ne subit pas de traitements avant la combustion, il est tiré par la pompe de gavage de la bâche vers le foyer.

Le foyer est la partie de la chaudière où se passe la combustion, il reçoit en entrée l'air de combustion en provenance du ventilateur souffleur, qui injecte l'air dans le foyer en le faisant passer par un **RALJ (Réchauffeur d'air Ljungstrom)** qui joue le rôle d'économiseur d'énergie (il récupère la chaleur des gaz d'échappement pour réchauffer l'air entrant au foyer).

L'autre entrée du foyer est l'entrée du combustible, le Fuel par exemple entre par un pulvérisateur (un déflecteur pour le Charbon) qui l'injecte dans le foyer sous forme de vapeur. Pendant le démarrage, les tranches à Fuel consomment d'abord le Propane puisqu'il a un point d'inflammation moins élevé avant d'atteindre la phase de fonctionnement au Fuel (de même pour les tranches à Charbon où on démarre avec le Gasoil, puis le Fuel avant d'utiliser le Charbon) le Fuel entre avec un débit de **34 T/h (le Charbon à 54T/h)**. Le combustible est brûlé à l'aide de **9 brûleurs** pour les tranches à Fuel (**16 pour les tranches à Charbon**), constitués d'un allumeur électrique.

La combustion génère des gaz chauds qui sont conduits pour céder leur énergie calorifique au générateur de vapeur rempli d'eau déminéralisée.

Avant leur expulsion dans l'atmosphère ils passent d'abord dans les surchauffeurs SH1, SH2 et SH3, le resurchauffeur, l'économiseur et le RALJ pour en récupérer le maximum de chaleur et l'exploiter dans le cycle.

### **Poste d'eau déminéralisé**

Ce poste est constitué de 3 chaînes de traitement, une en production, une en régénération et la troisième en attente. Les éléments constitutifs d'une chaîne de production sont représentés dans la figure suivante.



Figure 7: Poste de traitement des eaux.

Après la déminéralisation l'eau est stocké dans une bache qui alimente le condenseur quand il atteint un niveau bas. L'eau contenu dans le condenseur est extraite à l'aide de la **pompe d'extraction**, passe dans des réchauffeurs BP (Basse Pression, l'origine de leur nom vient du fait qu'ils utilisent des soutirages de vapeur de la partie basse pression de la turbine pour réchauffer l'eau) pour arriver à la bache alimentaire, puis à l'aide de la **pompe alimentaire** l'eau passe par les réchauffeurs HP (Haute Pression), et par l'économiseur pour arriver à une pression de **165 bar** qui lui permettra d'accéder au ballon de la chaudière.

Le contenu du ballon est une émulsion d'eau et de vapeur sous une pression de **155 bars**, ce ballon contient des chicanes et des cyclones qui aident à la séparation de l'eau et de la vapeur, l'eau passe à la chaudière pour être réchauffée puis retourne au ballon sous forme de vapeur, la circulation de l'eau-vapeur entre la chaudière et le ballon est donc une circulation naturelle.

La vapeur contenu dans le ballon est **une vapeur humide**, elle contient une grande quantité de gouttelettes d'eau qui peuvent endommager les ailettes de la turbine, donc avant son accès à la turbine, elle passe par les surchauffeurs **SH1, SH2 et SH3** qui utilisent l'énergie calorifique collecter des gaz d'échappement pour réchauffer la vapeur jusqu'à atteindre une température de **540°C** et une pression de **137 bar**, dans ces conditions de température et de pression la vapeur devient **une vapeur sèche**, puis elle accède avec un débit de **460T/h** au corps HP (Haute Pression) de la turbine.

A la sortie du corps HP la vapeur est caractérisée par une température de **340°C** et une pression de **38 bars**, elle passe par le **resurchauffeur RSH** pour atteindre **540°C** et **34 bars** grâce à l'énergie des gaz d'échappement, puis cette vapeur accède au corps MP (Moyenne Pression). La sortie du corps MP est directement bouclée avec le corps BP (Basse Pression).

## Mémoire de projet de fin d'étude

Après sa détente dans les différents corps de la turbine, la vapeur atteint une pression de **0,04 bar**, elle passe ensuite au **condenseur sous vide** (le vide est créé pour faciliter la condensation de la vapeur et la descente des gouttes d'eau) dans lequel elle se refroidit pour atteindre une température de **38°C**, et repart au ballon créant ainsi un circuit fermé d'eau-vapeur qui constitue **le circuit primaire**.

**Le circuit secondaire** joue un rôle de refroidissement d'eau dans le condenseur, ceci est effectué par l'extraction de l'eau de mer à l'aide **d'une pompe de circulation**, cette eau passe dans le condenseur puis elle est rejetée dans la mer.

La détente de la vapeur dans les corps de la turbine entraîne son arbre dans un mouvement de rotation avec une vitesse de **3 000 tr/min**. cette rotation est transmise à l'arbre de **l'alternateur** qui transforme cette énergie mécanique en énergie électrique. Sa sortie est donc le lieu d'une **tension de 15 KV** et une **puissance apparente de 180 MVA**, qui passe par **un transformateur** élévateur/abaisseur qui la transforme en **225 KV** pour l'injecter au réseau.

### **III. Conclusion**

La production de l'énergie électrique par les centrales thermiques est une solution énergétique optimale et plus économique.

La centrale thermique de Mohammedia a connu dernièrement une rénovation particulière sur les tranches à charbon visant l'optimisation de la production et l'amélioration des installations de traitement des résidus de combustions de charbon, dans les perspectives de répondre aux exigences énergétiques et économiques et notamment pour faire face aux défis environnementaux qui constituent un souci majeur dans la stratégie du développement du Maroc dont l'énergie reste en préoccupation.

## CHAPITRE III

---

# *Le système de ramonage des chaudières à fioul-oil de la CTM*

---

### **INTRODUCTION**

---

*Ce chapitre sera consacré tout d'abord à la présentation du projet ainsi que l'élaboration du cahier de charge. Ensuite, nous allons s'intéresser au système de ramonage qui est l'objet de notre étude, en commençant par une définition générale, puis nous allons établir une étude technique et critique sur le système et finalement identifier son dysfonctionnement.*

## I. Cadre du projet

### 1. Cadre du projet

Dans le cadre d'une politique générale adoptée par l'ONEE et édictée sur la satisfaction de la tendance haussière de la demande globale d'énergie électrique, dans les meilleures conditions de coûts et de qualité de service, la DXM s'inscrit dans la perspective d'assurer ce produit et couvrir la demande.

Parmi les projets les plus importants qui ont été lancés dans le sens d'opérer cette politique à long et moyen terme, vient le maintien de la production de façon permanente. Ceci nécessitera une meilleure organisation du milieu de travail et une rapidité de détection de pannes, bien évidemment, la facilité d'intervention.

Afin de bien mener cette croissance, la rénovation de plusieurs systèmes de la DXM était nécessaire notamment **le système de ramonage des tranches 1 et 2** qui présente l'objet de ce projet.

Après la réalisation du projet, il est prévu de :

- Maintenir la production de l'énergie électrique.
- Augmenter le rendement des tranches.
- Optimiser le temps de détection des pannes.

La séquence de commande pour le système des ramoneurs a été conçue autour d'une logique câblée fondée principalement sur des relais, notre tâche consiste à rénover le système existant par un système automatisé à base d'un automate programmable industriel.

### 2. Cahier de charge

Il est demandé de :

- **Faire une étude du système existant et identifier ses défaillances.**
- **Proposer et concevoir la solution la plus adéquate.**
- **Elaborer l'automatisation du système selon les critères proposés.**

Afin d'optimiser le fonctionnement du système ramonage qui a un rôle primordial dans la continuité de la production.

## II. Le système de ramonage actuel

### 1. Introduction

Une chaudière d'une centrale thermique est un échangeur généralement conçu pour transformer de l'eau en vapeur et délivrer celle-ci à une pression et une température déterminées en utilisant une source de chaleur définie pour fournir de la vapeur nécessaire à la production électrique avec le meilleur rendement possible.

**Les dépôts** qui se forment sur les surfaces de chauffe des chaudières doivent être régulièrement éliminés ou tout au moins réduits de façon que leur épaisseur ne perturbe pas le fonctionnement de la chaudière.

**En effet, ces dépôts provoquent les inconvénients suivants :**

- Ils diminuent les coefficients de transmission de chaleur donc une baisse de rendement du générateur de vapeur.
- Ils diminuent la section de passage des gaz dans les surchauffeurs en augmentant les pertes de charge dans le circuit.
- Ils diminuent les échanges thermiques qui peuvent apporter rapidement des limitations aux conditions d'exploitation.

Si par exemple, on laisse se former des dépôts importants sur les parois du foyer, la quantité de chaleur absorbée par les tubes écrans de la chaudière pour un même régime de chauffe diminue, la température des gaz de combustion à la sortie du foyer augmente car les cendres jouent le rôle d'isolant thermique et la température de vapeur surchauffée et resurchauffée ne peut plus être ramenée à la valeur nominale **il faut alors limiter la charge.**

Enfin, un encrassement trop important du foyer, tel qu'il peut s'en produire avec du charbon qui contient des cendres facilement fusibles peut entraîner la formation de blocs de mâchefers de grandes dimensions, qui en se déposant entre les tubes des surchauffeurs peuvent limiter, d'une façon inadmissible, les sections de passage disponibles pour les gaz de combustion. Il faut donc arrêter la chaudière pour enlever ces dépôts manuellement.

### 2. Nécessité de ramonage

Le système de ramonage est l'un des systèmes auxiliaires essentiels pour l'exploitation des chaudières au fuel ou à charbon.

En effet, la quantité de charbon ou fuel envoyé dans la chaudière contient à peu près de **10** à **12 %** de cendres et environ de **85 %** de cendres sont acheminées par les fumées qui ne participent pas à la combustion et les **15%** qui reste se dépose dans le foyer sous forme de mâchefers qui sont évacués et qui ne posent pas de grands problèmes.

C'est pour cela que les deux chaudières à fuel ont besoin **d'un système de ramonage** efficace pour les parois du foyer, des surchauffeurs et resurchauffeurs et pour le RAR (Réchauffeur d'air rotatif).

Cette opération de ramonage est assurée par l'action mécanique d'un jet de fluide à haute pression, par des appareils appelés : **RAMONEURS** ou **SOUFFLEURS**.

Le fluide utilisé à la centrale thermique de MOHAMMEDIA est la vapeur prélevée d'un circuit auxiliaire à **20 bars** en **360°C**.

### **3. Principe de fonctionnement**

#### **3.1. Les Types des ramoneurs**

**Rétractile:** Usés principalement dans les zones des générateurs ou existent des fumées à haute température. Le mouvement rotatif d'un moteur est transmis à la lance qui a une seule tuyère.

**Rotatifs:** Caractérisées par une lance à tuyères multiples fixé dans l'intérieur pendant la période d'inactivité est refroidie avec l'air.

**Pour les types rotatifs et rétractiles il est possible de prévoir un système automatique avec séquence de commande.**

#### **3.2. Ramoneurs rétractiles (Type IK)**

Cet appareil est utilisé pour nettoyer les faisceaux des surchauffeurs et resurchauffeurs, et le RALJ. Il comporte une lance mobile dont la longueur est égale à la demi-largeur de la chaudière, c'est pour cela que ce type de ramoneur est installé sur les deux faces latérales de la chaudière. Les deux figures suivantes représentent les deux types de ramoneurs installées à la CTM.



Figure 8: Ramoneur IK



Figure 9: Ramoneur IR

#### 4. Analyse fonctionnelle

Afin de mener une **étude critique** sur le système, nous allons établir **une analyse fonctionnelle**

L'analyse fonctionnelle est un outil pour l'étude critique sur un système, décrivant une démarche de l'analyse de besoin jusqu'à la conception du système.

La pratique de l'analyse de besoin repose sur une méthode dont les étapes sont les suivants :

- **Enoncer le besoin fondamental.**
- **Rechercher les fonctions de service.**
- **Valider les fonctions.**
- **Déterminer les critères, niveaux et flexibilités.**
- **Hiérarchiser les fonctions.**

##### 4.1. Diagramme Bête à cornes :

Nous utilisons le diagramme bête à corne comme outil de représentation de besoin du système permettant de répondre à trois questions fondamentales :

**A qui le système rend-il service?**

**Sur quoi agit-il ?**

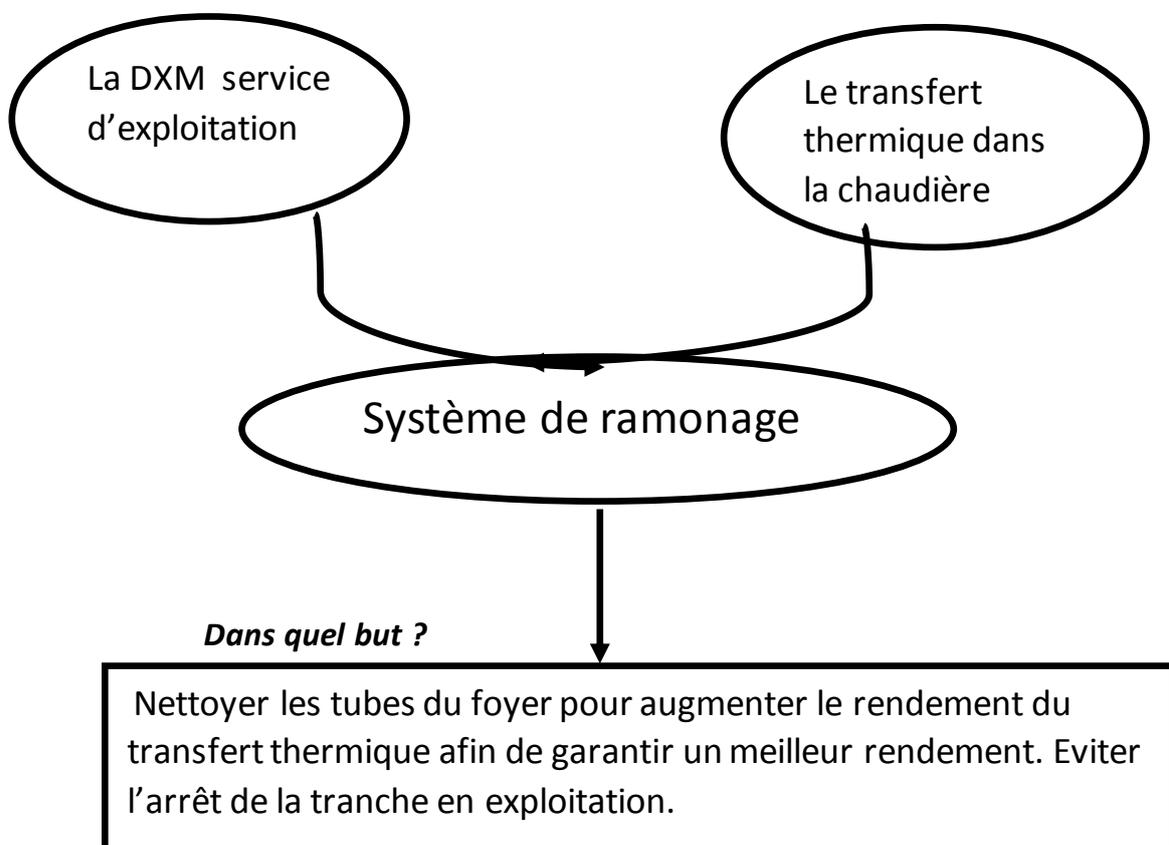


Figure 10:Diagramme bête à corne

#### 4.2. Diagramme S.A.D.T :

La méthode **SADT (Structured Analysis and Design Technique)** est une démarche systématique de modélisation d'un système complexe au d'un processus opératoire.

Le système de ramonage est décrit par une **fonction principale A0** qui démontre l'utilité du système, et des autres **fonctions particulières** qui décrivent l'ensemble des sous systèmes qui constituent la fonction principale A0.

##### **La fonction A0 : Nettoyer les tubes de la chaudière**

La fonction A0 est la fonction principale du système de ramonage, ce dernier est essentiellement exploité pour le nettoyage des tubes de foyer de la chaudière, et pour ce faire le système doit être alimenté en énergie électrique et soumis à la vapeur.

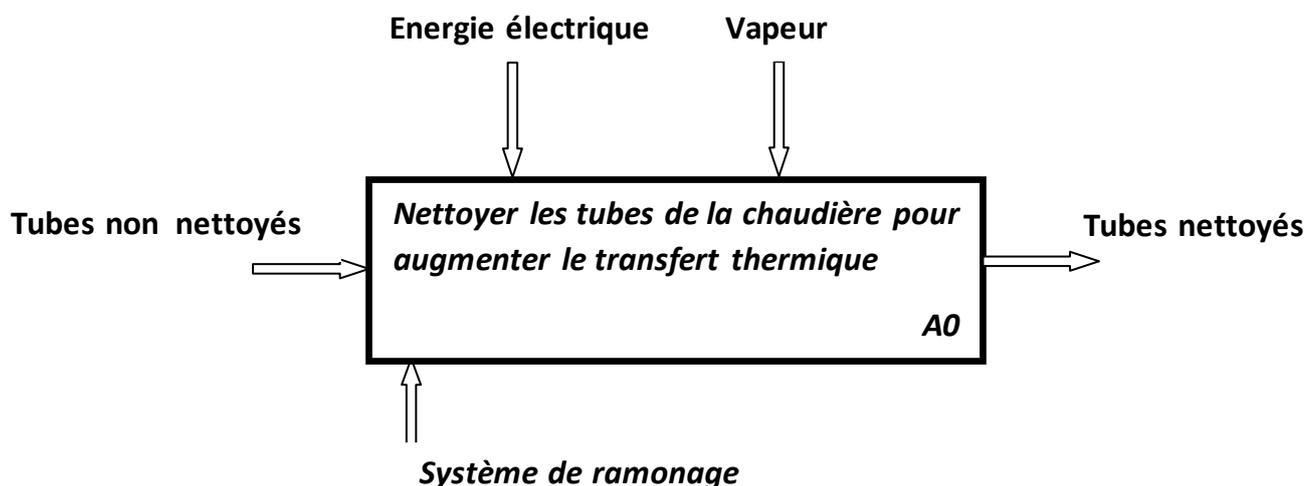


Figure 11: Datagramme de la fonction A0

##### **La fonction A1 : Préchauffer et alimenter en vapeur**

Cette fonction est assurée par **une vanne générale PCV22**, cet équipement répond aux deux exigences essentielles pour le système de ramonage, le préchauffage du circuit en premier lieu, l'alimentation de la tuyauterie de la lance de chaque ramoneur en vapeur pour le nettoyage de la chaudière.

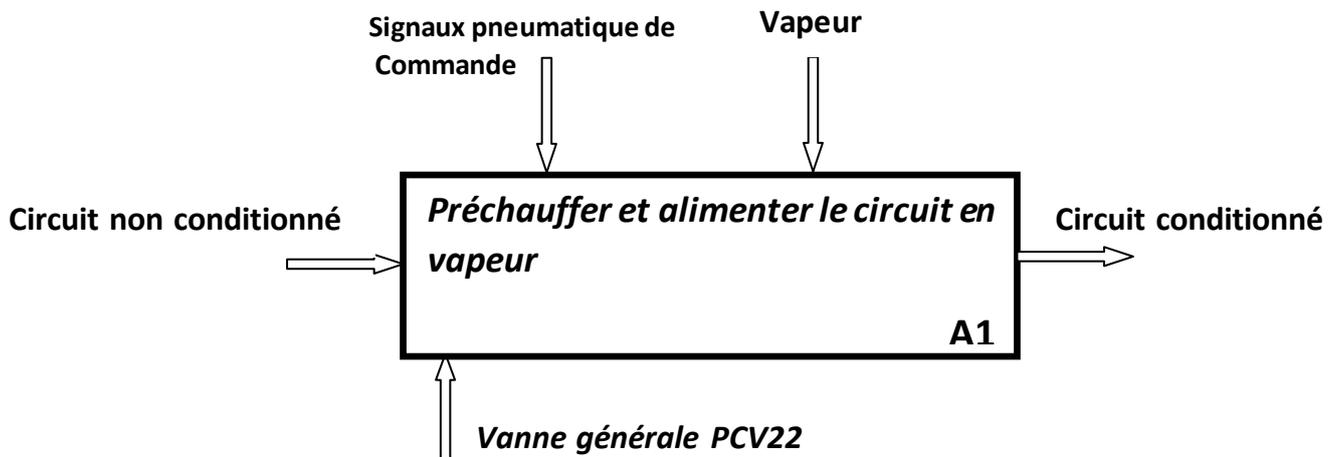


Figure 12: Datagramme de la fonction A1

**La fonction A2 : Commander les lances des ramoneurs**

Cette fonction est destinée à la commande de l'ensemble des séquences mis en œuvre pour optimiser le fonctionnement du système, pour cela le système est doté d'un automate séquentiel conformément à la séquence choisit.

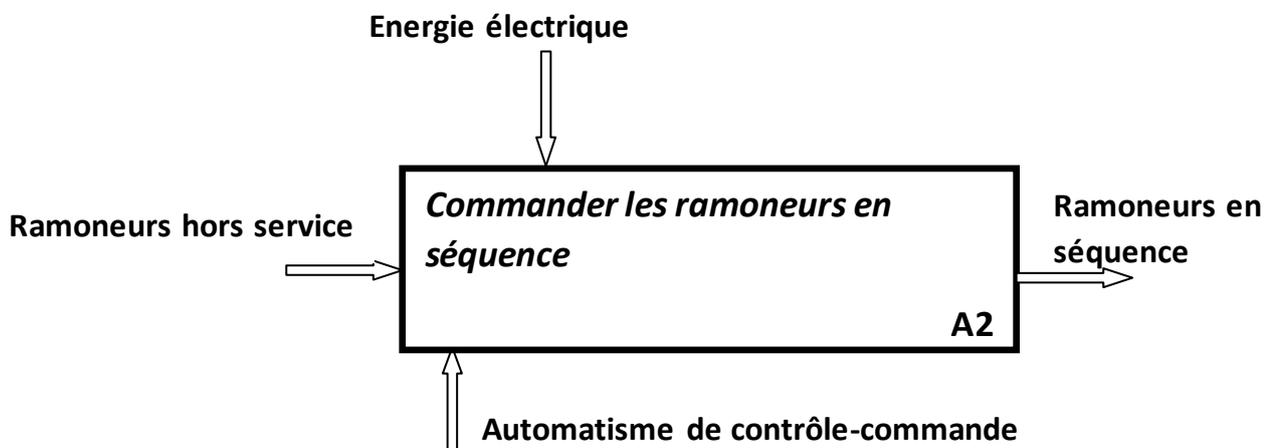


Figure 13: Datagramme de la fonction A2

**La fonction A3 : Transmettre le mouvement :**

La transmission du mouvement nécessite un mécanisme rigide, dans le but de faire pénétrer les lances de vapeur des ramoneurs dans la chaudière en provoquant la rotation et la translation simultanément, tout en permettant un mouvement hélicoïdal aux lances, ceci est assurée par un ensemble chariot qui exploite le couple du motoréducteur.

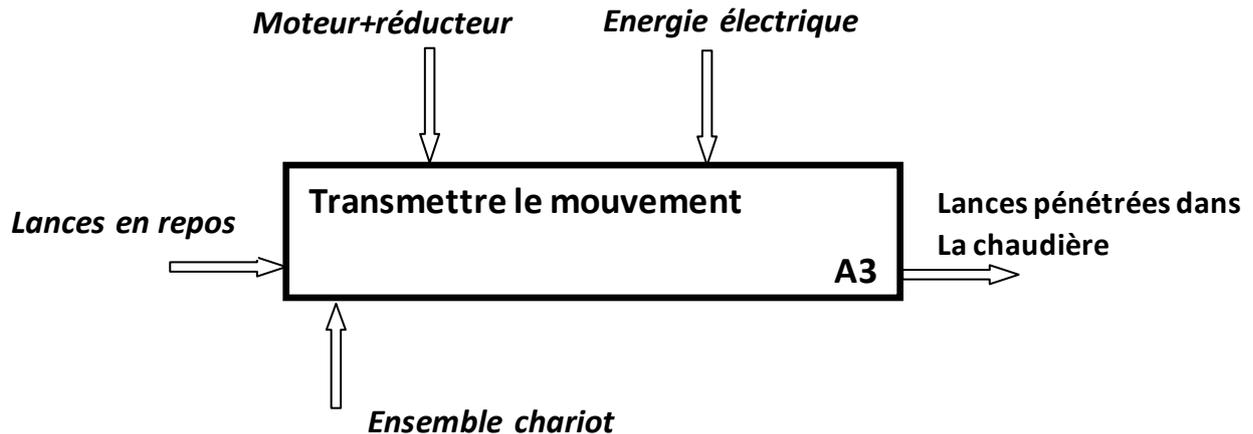


Figure 14: Datagramme de la fonction A3

**La fonction A4 : superviser et gérer le système :**

La gestion et la supervision du système sont assurées par une platine de contrôle commande installée dans la salle de commande, permettant à l'intervenant sur le système de choisir une séquence convenable de fonctionnement et d'avoir des informations sur les états et les alarmes signalées par le système.

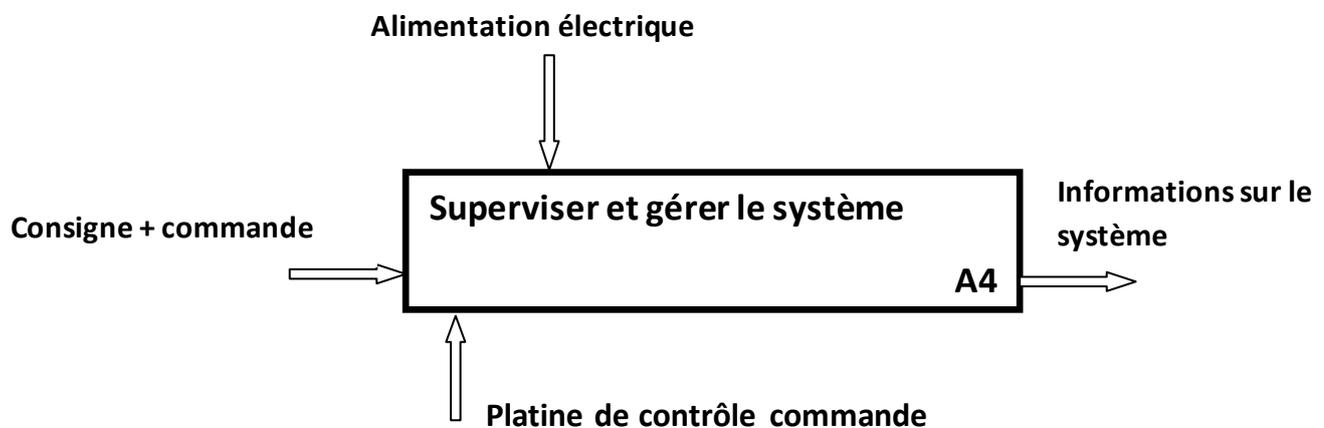


Figure 15: Datagramme de la fonction A4

### 4.3. Diagramme pieuvre

Grâce à cet outil, on identifie les fonctions de service du produit en décrivant son environnement (milieu extérieur). Il existe deux types de fonction : Principale et Contrainte.

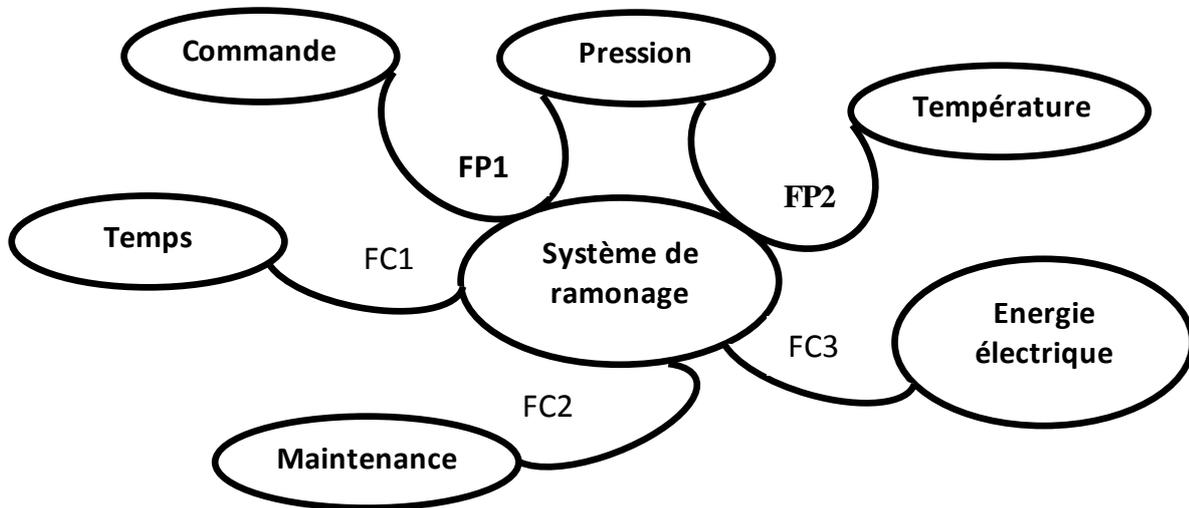


Figure 16:Diagramme pieuvre

**FP1** : Le déroulement du cycle dépend de la pression de la vapeur, elle doit être supérieure ou égale à une d'étalonnage.

**FP2** : La valeur de la pression dépend d'une façon critique de la valeur de température.

**FC 1** : Le temps du cycle est réglé.

**FC 2** : Assurer une bonne maintenance en détectant facilement les défauts.

**FC 3** : Avoir l'énergie nécessaire pour l'alimentation des moteurs.

## 5. Description technique

Les sept ramoneurs installés dans les chaudières de la CTM notamment pour les tranches fuel sont de type "IK 300", de la société **BREDA - DIAMOND** c'est un souffleur rétractile roulant avec lance longue. Quand on met en marche le moteur, la lance du souffleur est pénétrée dans la chaudière, puis le mouvement est automatiquement inversé et la lance retourne à sa position de repos.

Pendant la course le mécanisme de commande fait tourner aussi la lance grâce à une transmission par chaîne.

La lance tourne à **360** degré et souffle avec un pas de **100mm**.

### 5.1. Partie mécanique

En position repos, la lance mobile se trouve entièrement à l'extérieur de la chaudière.

En fonctionnement, la lance alimentée par la vapeur est actionnée par un moto- réducteur, qui donne un couple à un arbre carré transmettant le mouvement à une chaîne qui commande un chariot fixé sur la lance en translation, permettant le mouvement d'avance et de rotation de la lance mobile.

La lance mobile porte à son extrémité des buses de soufflage, l'alimentation par la vapeur est réalisée par une soupape d'admission vapeur qui s'ouvre par un dispositif mécanique monté sur le chariot.

Le jet de vapeur de nettoyage pendant sa rotation et son avancement donne lieu à une hélice couvrant un champ cylindrique.

#### **Soupape de conduite:**

Le ramoneur possède une soupape commandée mécaniquement adapté pour air comprimé ou la vapeur selon le moyen de soufflage.

L'ouverture de la soupape est commandée automatiquement par le mouvement du chariot de souffleur, **un pivot réglable** en position, montée sur le chariot opère la came et le levier qui ouvre automatiquement la soupape introduisant le moyen de soufflage quand la lance atteint la position de commencement soufflage.

La soupape se fermera automatiquement quand le souffleur sera rétracté en position de soufflage fini.

#### **Ensemble chariot :**

Le chariot commande la lance mobile du souffleur soit en marche avant, soit en marche arrière.

Le moteur électrique et le réducteur transmet leur puissance à travers un arbre carré, creux.

Le chariot possède deux chaînes de transmission :

Une chaîne de commande fait tourner la lance mobile du souffleur, l'autre chaîne fait tourner une roue hélicoïdale et la vis sans fin qui a leur tour agit sur un pignon qui engrène avec une crémaillère en faisant translater le chariot.

Le chariot possède 4 roues et 4 galets qui le supportent et la guide sur le plateau de glissement.

L'ensemble chariot est illustré sur la figure ci-après



Figure 17: Ensemble chariot

### 5.2. Partie électrique :

Le système de ramonage présente une partie électrique pour la commande et la mise en marche du système.

La commande du ramoneur est effectuée, par un moteur asynchrone alimenté par un réseau **220/380 V** dont sa puissance mécanique est **375W**, tournant à une vitesse de **1500tr/min**

Les ramoneurs sont commandés par un pupitre opérateur qui permet un fonctionnement soit par une séquence automatique soit en manuelle depuis la salle de contrôle ou une commande locale près de chaque ramoneur.

### 5.3. Principe de nettoyage

La lance du souffleur est équipée par deux tuyères opposées de haute performance pour acheminer la vapeur.

Le processus de soufflage commence donc peu de temps après que les deux tuyères aient traversé la paroi de la chaudière.

Au cours du processus de soufflage, la lance continue à se déplacer de façon hélicoïdale à l'intérieur de la Chaudière.

Lorsqu'il atteint la fin de sa course, en position frontale, la lance change de direction et regagne sa position initiale.

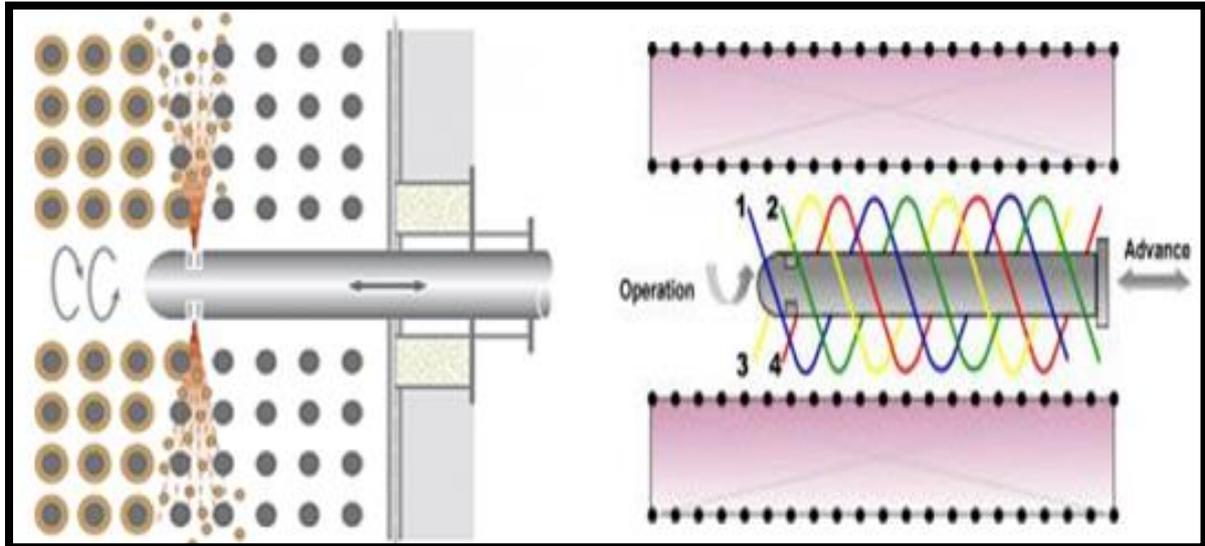


Figure 18:Lance de ramonage

#### 5.4. Condition pour la mise en oeuvre

Avant la mise en œuvre des ramoneurs dans la chaudière il faut préalablement s'assurer des conditions suivantes permettant leurs exploitations :

La vidange du circuit est la première chose, elle s'effectue par l'ouverture de la purge pour le séchage.

***Avoir les bonnes conditions sur la vapeur notamment sa pression et sa température.***

La vapeur exploitée par les ramoneurs provient d'une conduite acheminée depuis un **barillet**, ce dernier est un élément sphérique de canalisation qui porte des piquages pour la distribution de la vapeur



Figure 19: Barillet vapeur

## Mémoire de projet de fin d'étude

Le barillet est alimenté par la vapeur par une liaison directe à la sortie de surchauffeur **SH3** de la chaudière, la température de la vapeur à ce moment est **542°C** dont la pression de **150 bars**.

Selon les notices de fonctionnement, la température de la vapeur dans les ramoneurs doit dépasser **360°C** et la pression doit satisfaire la valeur de **13 bars** et plus.

La conduite depuis le barillet vers les ramoneurs est équipée par un **désurchauffeur** qui baisse la température, de **542°** à **360°C**.

La pression est détendue par un détendeur de pression à **20 bars**.



Figure 20: Indicateur sur la pression ramonage

### 6. Dysfonctionnement du système actuel:

#### 6.1. Les différentes anomalies

Vu sa fonctionnalité, le système de ramonage présente un élément indispensable pour le bon fonctionnement de la chaudière. Son dysfonctionnement affecte fortement le rendement de la production.

Durant les dernières années, le système commençait à présenter plusieurs défaillances. Afin de pouvoir trouver des solutions compatibles aux problèmes existants, il faut tout d'abord déterminer et analyser les anomalies présentées par le système.

Les problèmes détectés sont réparties sur plusieurs niveaux :

#### **Au niveau des instruments du système:**

- Obsolescence des **pièces de rechange**.
- **Les fins de course** utilisées sont pneumatiques. Elles se bloquent souvent durant le ramonage et par conséquent, on ne peut pas toujours déterminer le positionnement exact du ramoneur.

## Mémoire de projet de fin d'étude

- **Un relais cyclique** pilote le ramonage. Parfois ce dernier se dérègle et cause le blocage du système entier.
- Dégradation de l'état de l'armoire.

### **Au niveau de la supervision :**

- Difficulté de détection des problèmes.
- Les alarmes sont regroupées (tous les ramoneurs possèdent la même alarme).
- Manque des indicateurs nécessaires de température et de pression.

### **6.2. Conséquences du dysfonctionnement du système :**

Les différentes anomalies citées précédemment ont plusieurs conséquences sur le système de ramonage en lui même et sur les autres systèmes qui dépendent de son bon fonctionnement.

Parmi les principales conséquences, nous citons :

- En cas de panne, retard de démarrage de la chaudière et par conséquent, le retard du démarrage de la tranche.
- Diminution du rendement de la chaudière.
- Augmentation de l'indisponibilité du système de ramonage.

## **III. Conclusion**

Le système de ramonage est l'un des principaux systèmes auxiliaires pour l'exploitation des chaudières de la centrale.

Pour comprendre le fonctionnement général du système nous l'avons détaillé par une description technique sur tous les équipements qui y constituent, puis nous avons établi une étude critique par une analyse fonctionnelle pour exprimer le besoin et l'utilité de prévoir un système de ramonage et par conséquent son influence sur le rendement de la production.

## ***CHAPITRE IV***

---

# ***L'automatisme existant du système de ramonage***

---

### ***INTRODUCTION***

---

***Dans ce chapitre nous allons faire l'étude sur l'automatisme actuel du système de ramonage, et dont nous allons essayer de comprendre les différentes séquences de son fonctionnement.***

## **I. Aperçu général**

Le fonctionnement de l'automatisme du système actuel est réalisé par une logique câblée conçue par des relais, dans cette partie nous allons spécifier le fonctionnement des trois séquences principales du système en agissant sur des sélecteurs et interrupteurs de la mise en marche.

## **II. Fonctionnement du système.**

### **1. Les interrupteurs et boutons poussoirs**

#### **1.1. Dispositif général de prédisposition « CF »**

Le mode de fonctionnement est déterminé par une position sur le dispositif de prédisposition « **CF** ». Ce dispositif est équipé de 3 sections à 3 contacts chacune. Les 3 positions fournies sont les suivantes :

##### **Position « AUTO »**

C'est la position qu'il faut choisir chaque fois que l'on désire effectuer une séquence automatique comprenant la programmation de deux ou plusieurs ramoneurs.

##### **Position « Locale »**

Le dispositif de prédisposition **CF** étant en position **locale**. Cette position permet le démarrage sur place de chaque ramoneur à l'aide du **bouton-poussoir local** approprié, à condition que tous les ramoneurs soient en position de repos.

##### **Position « Manuelle »**

Elle sert au démarrage de chaque ramoneur à partir du tableau de commande, et ceci toujours à condition que tous les ramoneurs soient en position de repos.

Dans ce cas, la tâche du dispositif est de fournir une impulsion momentanée. En effet, dès que la poignée du dispositif est relâchée, ce dernier revient en position "locale" grâce à l'emploi d'un ressort de retour.

#### **1.2. Les sélecteurs de fonctionnement Individuel (C1 à C7)**

Ils servent à inclure ou exclure les ramoneurs, ils ont 3 positions : **Auto, Zéro et Manuel**.

##### **Position « AUTO »**

Elle sert à prédisposer le ramoneur correspondant pour le cycle automatique de soufflage.

**Position « Locale » :**

Le sélecteur étant dans cette position, le ramoneur correspondant est exclu de la séquence.

**Position « Manuel » :** Le contact établi avec le sélecteur dans cette position sert à fournir une impulsion momentanée au moment du démarrage manuel du tableau de chacun des ramoneurs. Dans ce cas, dès que le bouton est relâché, il se remet sur la position **Zéro** grâce à l'action du ressort de retour.

**1.3. L'interrupteur « Start » (Début de séquence)**

Cet interrupteur équipé d'un retour à ressort, sert à fournir l'impulsion à un relais retardé TIC pour la commande automatique du début de cycle.

Le 'Start' s'effectue en amenant l'interrupteur en question de '0' à 'Start'. Le retour se fait automatiquement dès le relâchement du bouton.

**1.4. Interrupteur « recul »**

Dans le cas de certains ramoneurs équipés de moteur réversible, on a prévu la possibilité de retour en arrière anticipé de chacun des ramoneurs (à partir du tableau de commande), Cette commande est incorporée dans l'interrupteur 'Start' .

**1.5. Interrupteur « Arrêt de séquence »**

Cet interrupteur est situé dans les circuits d'avance de cycle. Il est bon à ce moment là d'exposer une conception fondamentale qui rendra plus facile la définition du but de cet interrupteur.

La conception en question est la suivante :

- Indépendamment du mode de fonctionnement employé après avoir fait démarrer un souffleur, ce dernier doit porter à terme son cycle de façon à revenir en position repos.
- Tant que cela n'a pas eu lieu, le système empêche tout autre démarrage qu'ils soient manuels, automatiques ou locaux.

Il est évident qu'aucune opération accomplie par l'opérateur ne doit se trouver en contraste avec cette conception fondamentale. En effet, le devoir de l'interrupteur d'arrêt de séquence est d'interrompre la séquence automatique tout en permettant au souffleur actuellement en fonction de compléter son propre cycle, revenant ainsi en position de

repos. La séquence s'arrête à cet endroit-là en évitant ainsi le démarrage du souffleur suivant.

D'après ce qui a été dit plus haut, il est clair que cet interrupteur sera utilisé uniquement pendant le déroulement d'un cycle en « **automatique** ».

Pour résumer, l'ouverture de **l'interrupteur d'arrêt de séquence** n'arrêtera pas le souffleur en fonction au moment de l'ouverture, mais évitera que le souffleur successif n'entre en fonction, en interrompant ainsi le déroulement du cycle automatique.

La fermeture de l'interrupteur permettra au cycle de reprendre au moment du démarrage du souffleur sélectionné suivant.

### **1.6. Bouton poussoir de mise en marche local «LPF »**

Ces boutons sont montés près de chacun des ramoneurs qui commandent et servent au démarrage local des différents ramoneurs. Le démarrage d'un certain souffleur ne s'effectue au cas où le cycle d'un autre ramoneur serait en cours.

### **1.7. Bouton poussoir de recul «LPR »**

Chaque ramoneur réversible est accordé d'un bouton poussoir de recul 'LPR' dont le fonctionnement est analogue à celui de l'interrupteur de retour en arrière, monté sur le tableau en salle de commande.

### **1.8. Fin de course d'interbloc de la portière «LSP »**

La portière du tableau de commande étant ouverte, ce dispositif monté sur la portière du tableau du souffleur provoque l'ouverture de l'interrupteur automatique à l'aide du relais de décrochement 'BA'.

Le dispositif en question sert à imposer la fermeture du tableau de commande d'un côté et à éviter que le personnel non autorisé ou non qualifié ne risque un accident par suite des différents organes sous tension.

### **1.9. Les contacteurs des moteurs des ramoneurs « KS »**

Ces contacteurs sont identifiés par deux composants :

- Le premier est la lettre générique KS,
- Le deuxième est le numéro qui indique le numéro chronologique du ramoneur (1= premier, 2 = deuxième, .....).

Les bobines de ces contacteurs sont branchées sur les circuits auxiliaires de commande des moteurs tandis que les contacts le sont sur les circuits principaux des moteurs.

## 2. Cycle de fonctionnement

[2]Avant de commencer le cycle de ramonage :

- Tous les ramoneurs doivent être en position de repos (position en arrière),
- La vanne générale est fermée.

Le déroulement du cycle de fonctionnement se fait en trois modes :

- 1- Fonctionnement Automatique.
- 2- Fonctionnement Local.
- 3- Fonctionnement Manuel.

### 2.1. Fonctionnement Automatique

Ce mode de fonctionnement prévoit le cycle programmé de tous les ramoneurs par ordre chronologique, si bien que le cycle commence au moment du démarrage du premier ramoneur et termine avec l'arrêt automatique du dernier ramoneur.

Le pré dispositif de prédisposition générale **CF** se trouve sur la position **Auto** et chaque sélecteur **C1** à **C7** est également prédisposé de façon analogue. Ces sélecteurs, employés dans les circuits auxiliaires de commande des moteurs sont identifiés par le sigle général 'C' suivi par une seconde lettre qui sert à identifier le type du souffleur et en dernier par un numéro qui indique l'ordre chronologique de séquence (C1 : première, C2 = seconde etc..).

#### **Période de préchauffage**

On donne le départ cycle par l'interrupteur **Start**. Ceci permet d'actionner une électrovanne qui commande l'ouverture de la vanne générale à 20%. C'est ainsi que commence la période de préchauffage et de pressurisation du collecteur des ramoneurs afin d'éviter la condensation de la vapeur pendant 700s.

A la fin de la phase de préchauffage, la vanne générale s'ouvre à 100%. A condition que la pression et la température soient stabilisées à des valeurs égales ou supérieures aux valeurs d'étalonnage du pressostat et du thermostat de basse pression et de basse température,

Le premier ramoneur sélectionné se mettra en marche. Ce cycle de ramonage commence par l'avance de ce ramoneur, lorsqu'il est complètement avancé, le contact de fin de course **LSF** commute, et par conséquent le moteur intervertit le sens de rotation en provoquant le recul. Ce dernier continue à reculer jusqu'à ce qu'il atteigne sa position de repos (complètement en arrière). A ce moment, la fin de course **LSR** commute une autre fois, ceci provoque le démarrage du second ramoneur sélectionné et ainsi de suite jusqu'au 5ème ramoneur.

## Mémoire de projet de fin d'étude

Dès que le dernier ramoneur atteint sa position de repos, le 6ème moteur du ramoneur est mis en route en provoquant ainsi le déplacement de la came et la commutation de la fin de course de position de repos **LS1**. A la fin du cycle, la came actionne de nouveau la fin de course **LS1** provoquant l'arrêt du ramoneur en question et le départ du 7ème ramoneur dont le cycle se répète comme celui décrit ci-dessus.

A la fin de la séquence de ramonage, la vanne générale se ferme.

L'apparition de n'importe quelle alarme interrompra la séquence du cycle. Ces alarmes peuvent être :

- Chute de pression.
- Blocage du ramoneur.
- L'intervention de la protection thermique des moteurs.
- Basse température.

Il faudra donc éliminer la cause d'alarme et ramener le ramoneur actuellement «en séquence» à sa position de repos pour reprendre son cycle.

Il faut remarquer l'existence d'une alarme pour le non-recul dans les systèmes qui comprennent les ramoneurs rétractiles.

### **2.2. Fonctionnement Manuel**

Le mode de ce contrôle permet le démarrage manuel du tableau de commande de chacun des ramoneurs au choix, ainsi que l'arrêt automatique des ramoneurs en question en fin de cycle.

Cette opération n'est possible que si :

- Tout le système est prédisposé pour le fonctionnement manuel (par le pré dispositif CF).
- Le sélecteur du ramoneur choisi est prédisposé pour le fonctionnement manuel.
- Aucun autre cycle de soufflage n'est en cours.

### **2.3. Fonctionnement Local**

A la fin de la phase de préchauffage, on peut démarrer chaque ramoneur à l'aide des boutons locaux situés sur le ramoneur même.

Dans ce cas également, l'arrêt sera automatiquement et le démarrage ne pourra se faire que si :

- Le dispositif général de prédisposition CF est prédisposé pour le démarrage local.
- Aucun ramoneur n'est en cycle.
- Chacun des sélecteurs est prédisposé sur la position Zéro.

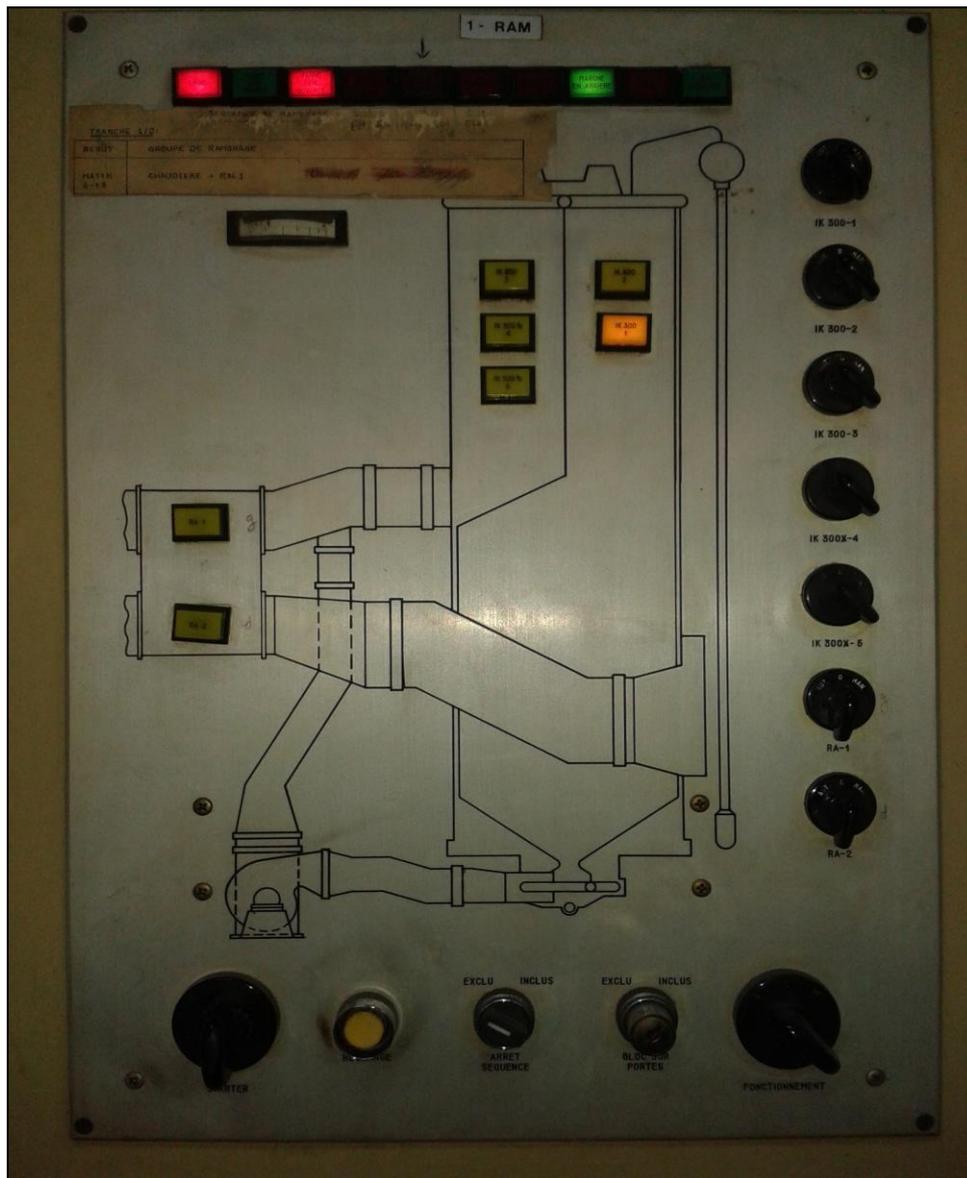


Figure 21:Platine de commande et supervision

### III. Conclusion

Pour mener une rénovation sur la partie contrôle commande du système de ramonage, nous sommes censé de comprendre le fonctionnement de son automatisme actuel, dans ce chapitre, nous avons détaillé les trois séquences de fonctionnement et nous avons spécifié les conditions de la mise en marche pour chaque séquences.

## CHAPITRE V

---

# *Rénovation de l'automatisme du système de ramonage*

---

### INTRODUCTION

*D'après le chapitre précédent dans lequel nous avons détaillé toutes les séquences de fonctionnement actuelles qui représentent de nombreuses anomalies, nous nous sommes penchés dans la rénovation de la partie contrôle commande qui va faire appel évidemment à un automate programmable.*

## I. Généralité

### 1. Automate programmable industriel

[3]D'après la norme **CEI 61131 (voir annexe)** un automate programmable est définie comme un système électronique fonctionnant de manière numérique, destiné à être utilisé dans un environnement industriel, il utilise une mémoire programmable pour le stockage interne des instructions orientées utilisateur à fin de mettre en œuvre des fonctions spécifiques, telles que des fonctions de logique, de mise en séquence, de temporisation, de comptage et de calcul arithmétique, pour commander au moyen d'entrées et de sorties Tout-ou-Rien ou analogiques divers types de machines ou de processus. L'automate programmable et ses périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utilisés dans toutes leurs fonctions prévues. À partir de ces définitions, nous distinguerons dans les fonctions que l'automate doit remplir:

- **Un rôle de commande** où il est un composant d'automatisme, élaborant des actions, suivant une algorithmique appropriée, à partir des informations que lui fournissent des détecteurs (Tout ou Rien) ou des capteurs (analogiques ou numériques) ;
- **un rôle de communication** dans le cadre de la production :
  - Avec des opérateurs humains : c'est le dialogue d'exploitation,
  - D'autres processeurs, hiérarchiquement supérieurs (calculateur de gestion de production), égaux (autres automates intervenant dans la même chaîne) ou inférieurs (instrumentation intelligente).

Se poseront aussi, pour le rendre ou le faire demeurer opérationnel, les problèmes de la programmation et de la maintenance.

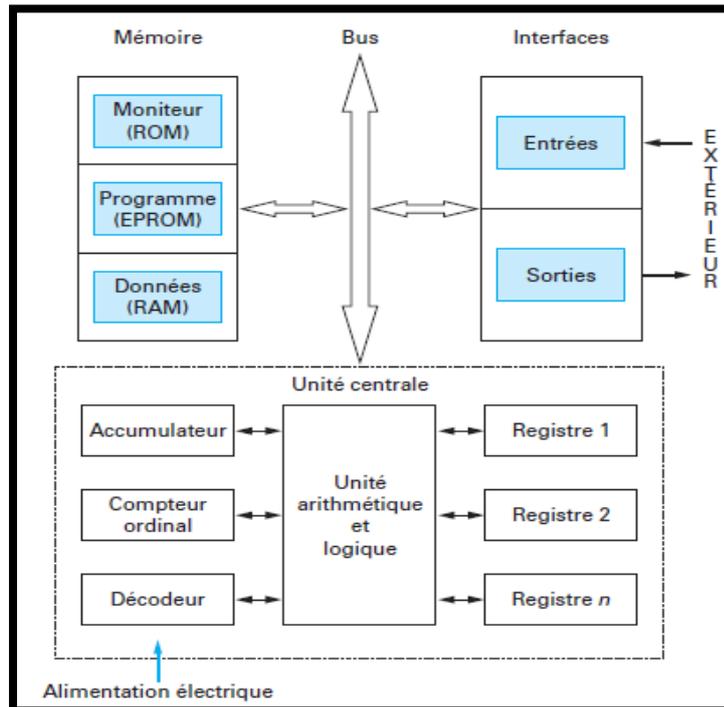


Figure 22: Architecture d'un API

## 2. Types d'automates

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

- De type **compact**, on distinguera les modules de programmation (LOGO de Siemens,..) des micro-automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité, ils sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.
- De type **modulaire**, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks. Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes.

### 3. La gamme SIMATIC S7



**Figure 23: La gamme SIMATIC S7**

La plate forme **SIMATIC** répond aux exigences d'une **automatisation entièrement intégrée**, elle réunit tous les appareils et systèmes c'est-à-dire aussi bien que le matériel que le logiciel pour en former un système homogène et performant.

Par conséquent, finir les anciennes limites opérationnelles entre l'ordinateur, l'automate et la commande des processus, c'est-à-dire les tâches de contrôle-commande et d'asservissement et entre l'automatisation centralisée et celle décentralisée.

**Avantage :**

Voici quelques un des avantages de l'automatisation entièrement intégrée dont profite l'utilisateur :

- La gamme de matériel est évolutive, ce qui permet de trouver la solution optimale (prix/prestations) et adaptée (API ou ordinateur) à la tâche à résoudre.
- Le système d'automatisation entièrement intégré est ouvert, c'est-à-dire qu'il sera possible d'étendre une installation existante ou d'intégrer des solutions d'automatisation existantes ou futures.
- SIMATIC se base sur les standards de Windows et profite donc de ses applications (logiciel standard) ou ses mécanismes de communication.

#### 4. Choix final de l'automate

Pour le choix de l'API, d'abord d'après l'inventaire, nous sommes devant un choix d'un automate **siemens** de type **S7-400H**, ce choix est aussi justifié par une meilleur adaptabilité par rapport au personnel du service contrôle commande en particulier et le personnel de l'exploitation en général de la centrale thermique. En outre la plupart des instrumentations et équipements pour le contrôle commande des procédés au sein de la centrale appartiennent au constructeur **siemens** dont principalement les automates **S7-400**.

##### 4.1. Caractéristiques S7-400H

Le SIMATIC **S7-400H** est une station doté de deux CPU de type **S7 400**. En cas de défaut du sous-système maître, il commute sur le sous-système réserve. Il est dédié aux processus à haute disponibilité posant des exigences de Hot-Standby (processus avec des temps de commutation inférieurs à 100 ms).

La figure suivante illustre une station S7 400-H.

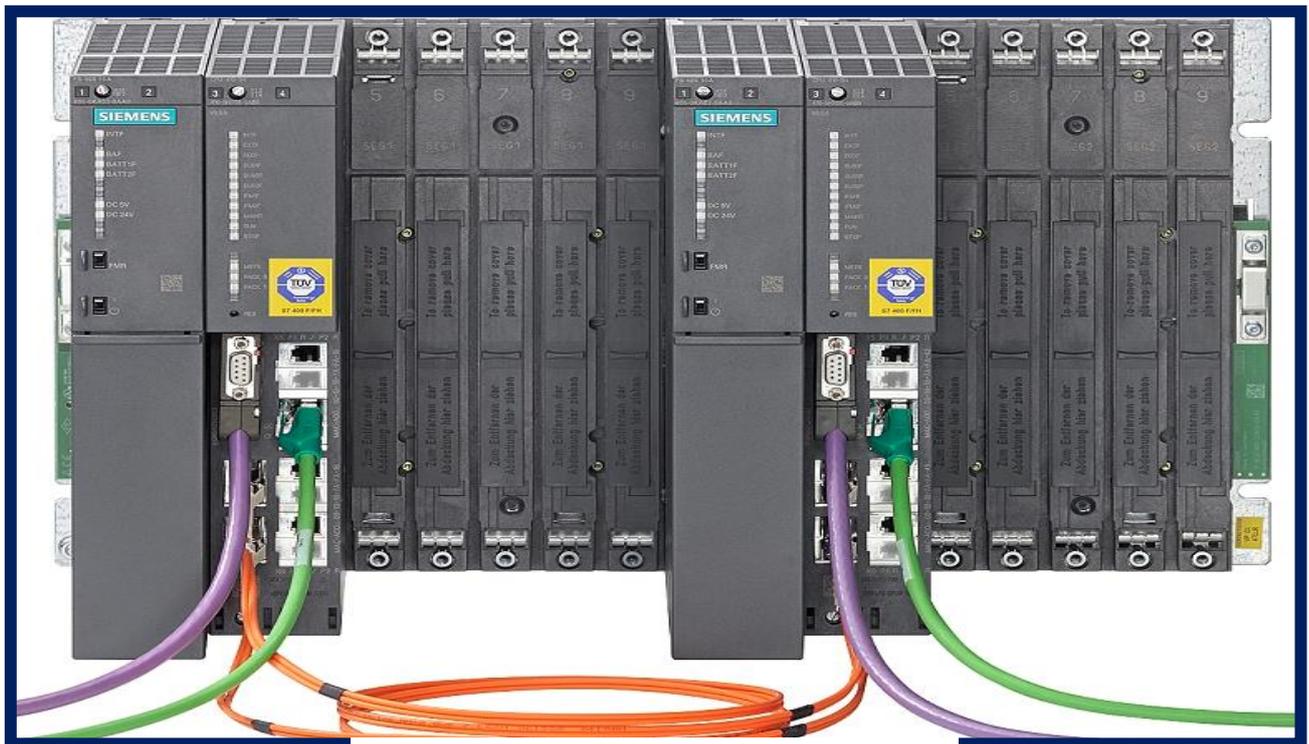


Figure 24: Station SIMATIC S7 400-H

#### 4.2. Constitution

Le S7-400H est constitué des composants suivants :

- châssis de base : Soit deux châssis de base séparés UR1/UR2, soit 2 zones sur un châssis de base en deux parties (UR2-H).
- Deux modules de Synchronisation par châssis de base pour le couplage des deux appareils via fibre optique.
- Un bloc d'alimentation pour chaque CPU avec une pile de sauvegarde pour la mémoire programme.

#### 4.3. Principe de redondance

Le **S7-400H** fonctionne selon le principe de la redondance active en mode **Hot-Stand-by (commutation automatique sans réaction sur le système en cas de défaut)**. Avec ce principe, deux sous-systèmes sont actifs en fonctionnement non perturbé. En cas de défaut, l'appareil en bonne santé assure à lui seul la commande du processus.

#### 4.4. Périphérie

La périphérie peut être raccordée de manière flexible sous **PROFIBUS** et **PROFINET**. Il est possible de combiner des configurations **PROFIBUS** et **PROFINET**. Dans le cas de **PROFIBUS**, il est possible d'opter pour un raccordement unilatéral (disponibilité normale) ou pour un raccordement commuté (disponibilité accrue).

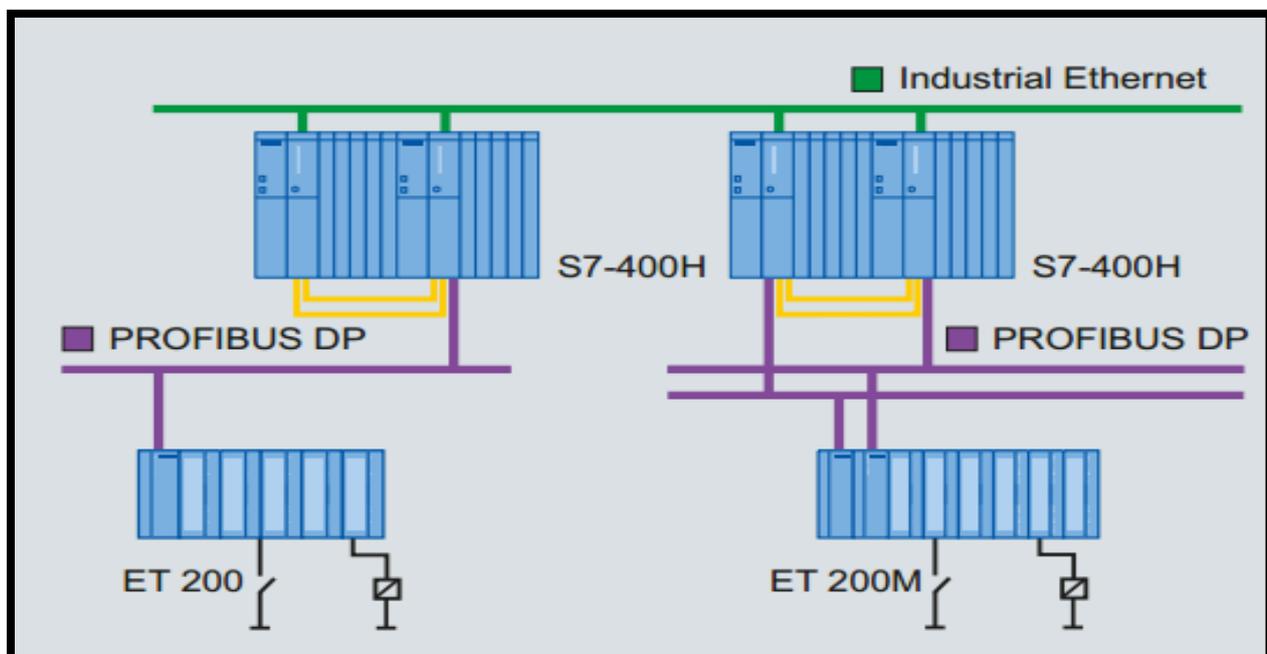


Figure 25: Raccordement de périphérie unilatéral (à gauche) ou commuté (à droite) via PROFIBUS

## 5. Logiciel de configuration.

### 5.1. Généralité sur STEP7

[4] **Step7** fait partie de l'industrie logiciel **SIMATIC STEP7**. Il représente le logiciel de base pour la configuration et la programmation de système d'automatisation.

Les tâches de bases qu'il offre à son utilisateur lors de la création d'une solution d'automatisation sont:

- La création et la gestion d'un projet.
- La configuration du matériel et de la communication.
- La gestion des mnémoniques.
- La création des programmes.
- Le chargement des programmes dans les systèmes cibles.
- La simulation virtuelle du fonctionnement de l'automatisme sur l'outil intégré **PLCSIM**.
- Le diagnostic lors des perturbations dans l'installation automatisée.

### 5.2. Editeur de programme

Les langages de programmation proposée par STEP7 sont :

- Le schéma à contact (**CONT**), langage graphique similaire aux schémas de circuit à relais, il permet de suivre facilement le trajet du courant.
- Liste d'instruction (**LIST**), langage textuel de bas niveau, à une instruction par ligne, similaire au langage assembleur.
- Le logigramme (**LOG**), langage de programmation graphique qui utilise les portes logiques de l'algèbre de Boole pour représenter les opérations logiques.

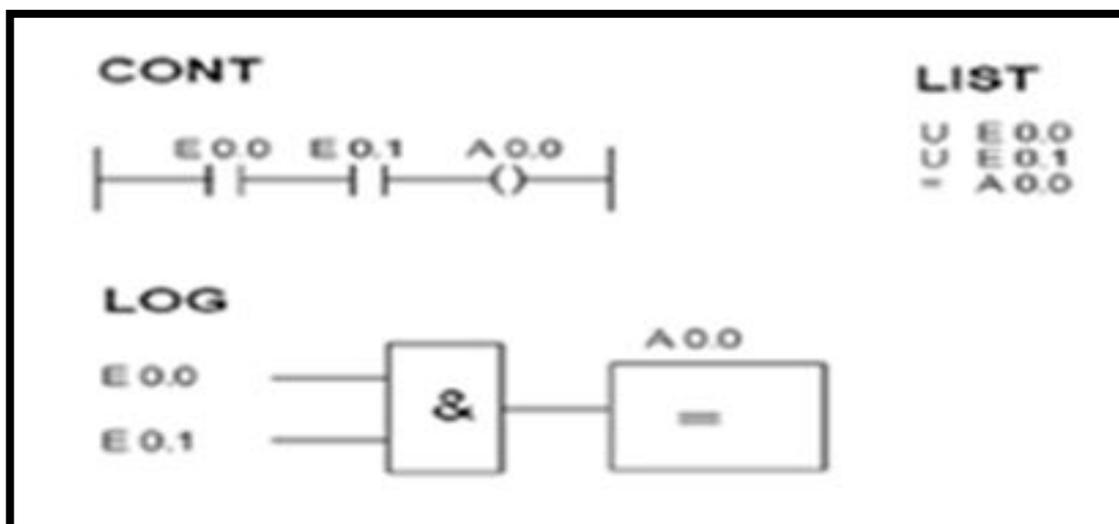


Figure 26: Langage de base STEP7

## II. Rénovation du système de ramonage

### 1. Architecture Hardware

#### 1.1. Présentation

L'architecture matérielle de notre solution proposée est réalisée autour d'un automate programmable **S7-400H** redondant de **siemens** lié aux éléments suivants:

- 2 racks déportés **ET200M** redondant, le premier est dédié pour les entrées étant donné que le deuxième est dédié aux sorties. Raccordés à l'API par le biais d'une liaison **Profibus DP**.
- Pupitre de supervision (**HMI**) dans lequel sont représentés tous les synoptiques, les commandes ainsi que les alarmes liées au système. De même que les racks ET200M la communication avec l'API est assurée par une connexion **Profibus DP**.

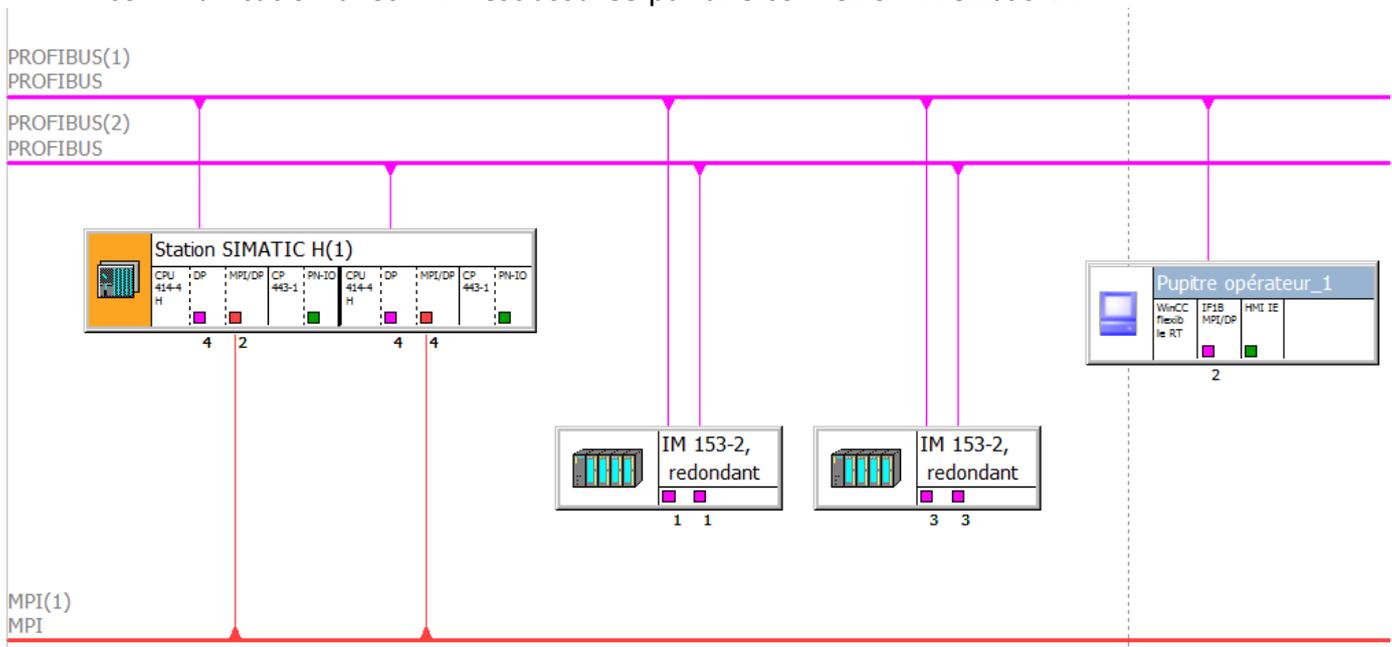


Figure 27: Architecture Hardware

#### 1.2. Réalisation sur STEP7

Pour réaliser ce système, sous STEP7 nous allons créer un projet nommé par « **Ramonage** », dans lequel nous allons réaliser l'architecture hardware par le matériel suivant:

- Carte d'alimentation PS 407 4A **REF:** 6ES7 407 -0D102 -0AA0.
- CPU 414 -4H **REF:** 6ES7 414 -4HM14 -0AB0.
- H-Sync-Modul **REF:** 6ES7 960 -1AA04- 0XA0.
- Carte de communication CP 443-1 **REF:** 6GK7 443 -1EX20 -0XE0/ V2.0
- Rack déporté IM 153-2 redondant **REF:** 6ES7 153 -2BA02- 0XB0.

## Mémoire de projet de fin d'étude

- 3 cartes d'entrées TOR DI16xDC24V REF: 6ES7 321 -1BH02 -0AA0.
- 1 carte d'entrée analogique AI8x14Bit REF: 6ES7 331 -7HF01 -0AB0.
- 2 cartes de sorties TOR DO16xDC24V/0.5A REF: 6ES7 322 -1BH01 -0AA0.

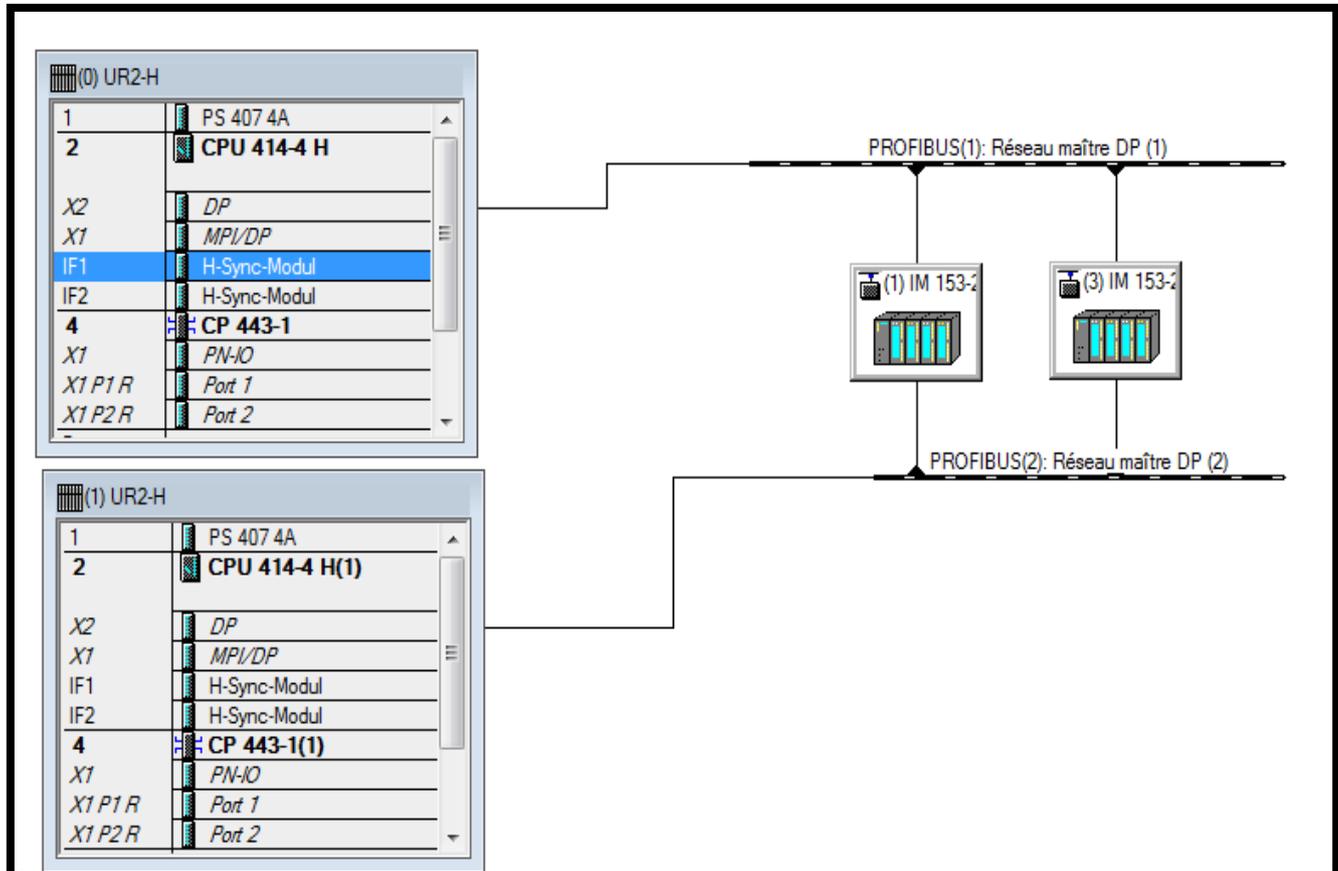


Figure 28: Configuration Hardware sous STEP7

(1) IM 153-2, redondant

Emplacement	Module	Référence	Entrée	Sortie	Commentaire
1					
2	IM 153-2	6ES7 153-2BA02-0XB0	8184"		
3					
4	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0	0...1		
5	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0	2...3		
6	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0	4...5		
7	AI8x14Bit	6ES7 331-7HF01-0AB0	300...315		
8					

Figure 29: Rack ET200 pour les cartes entrées

← → (3) IM 153-2, redondant

Emplacement	Module	Référence	Entrée	Sortie
1				
2	IM 153-2	6ES7 153-2BA02-0AB0	8162"	
3				
4	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0		0..1
5	DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0		2..3
6				
7				

Figure 30: Rack ET200 pour les cartes sorties

## 2. Programmation de nouvel automatisme du système de ramonage

### 2.1.Présentation de la solution

Après la configuration hardware de notre solution, nous allons réaliser une architecture software dans laquelle nous allons programmer un automatisme pour commander une vanne générale de distribution de la vapeur de ramonage, et un automatisme pour commander la séquence des cinq ramoneurs de la chaudière (IK300-1, IK300-2, IK300-3, IK300 1/2-4, IK300 1/2-5) et les deux ramoneurs des réchauffeurs d'air (RA1,RA2), et enfin un programme de la mise à l'échelle analogique, pour afficher sur un panel de supervision, les indications en temps réel des transmetteurs de mesure de pression et de température de la vapeur.

La schématisation de la solution est représentée sur la figure suivante

SIEMENS

SIMATIC MULTI PANEL

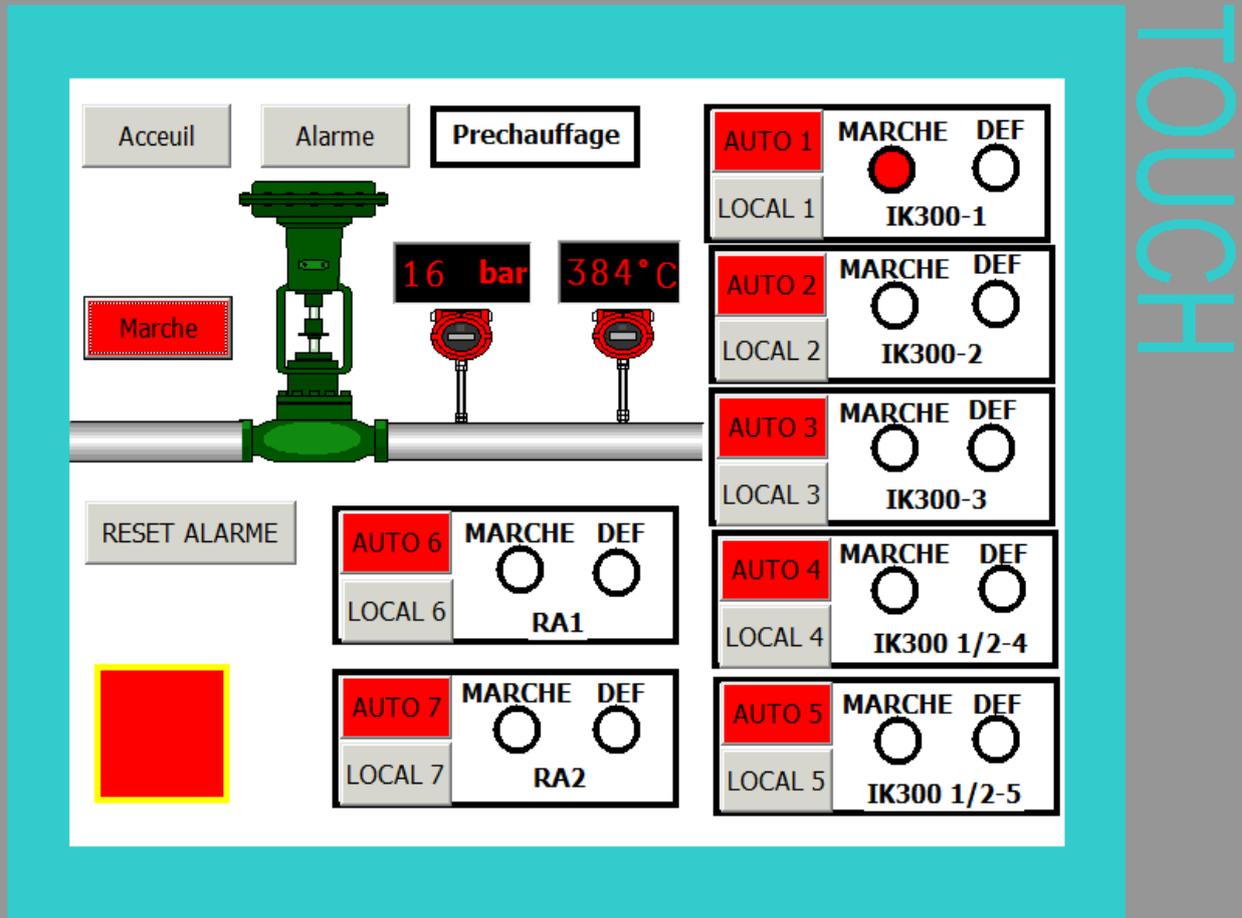


Figure 31: Vue générale sur le système de ramonage

#### A)-Vanne général PCV22

La vanne générale PCV22 réalise deux fonctions pour le système de ramonage, le préchauffage du système, et l'alimentation des ramoneurs par la vapeur.

- Pour le préchauffage la vanne doit s'ouvrir à 50% pendant une durée de 700s.
- Après le préchauffage la vanne doit s'ouvrir complètement (100%) pour commencer la séquence de ramonage

Le schéma de commande de la vanne est donné sur la figure suivante :

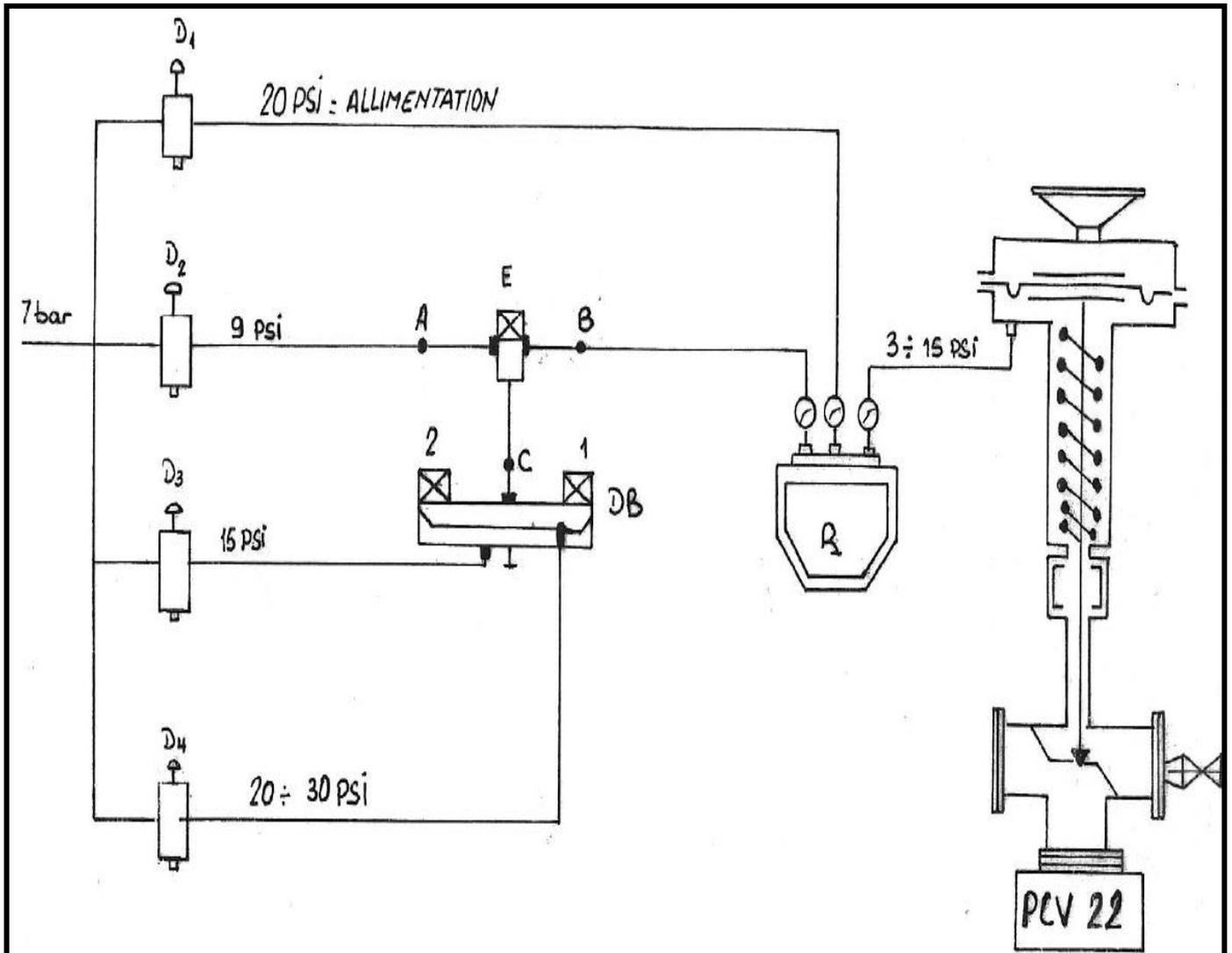


Figure 32:circuit de commande de la vanne PCV22

**-Ouverture pour préchauffage**

Pour ouvrir la vanne à 50% il faut envoyer au positionneur un signal pneumatique de **9psi** par une commande sur *l'électrovanne E* pour débloquent le passage **A** vers **B**.

**-Ouverture après préchauffage**

Après la fin de préchauffage la vanne PCV22 s'ouvrira à 100%, par une commande sur la **bobine BD1** de distributeur pneumatique permettant le passage du signal **15 psi** de **C** vers **B** vers le positionneur, et le blocage du passage **A** vers **B** par l'électrovanne.

### -Etat de la vanne prête pour le ramonage

L'état de **vanne prête** est un état dans lequel la vanne doit acheminer une vapeur sous la pression de 13 bars et plus, à la température de 360°C et plus, Après la validation de cet état la séquence de ramonage commence.

### -Fermeture de la vanne

La fermeture de la vanne vient après la fin séquence du ramonage, le positionneur dans ce cas reçoit **0 psi** de **C** vers **B** pour permettre l'échappement de l'air de commande.

### B)-Les ramoneurs (IK300-1, IK300-2, IK300-3, IK300 1/2-4, IK300 1/2-5, RA1, RA2)

Les ramoneurs sont commandés par une séquence automatique effectuée de manière séquentielle. Au début de la séquence, le premier ramoneur qui va faire le ramonage c'est le IK300-1 après vient le IK300-2 et ainsi de suite jusqu'au ramoneur RA2.

Chaque ramoneur accepte trois positions:

- **AUTO:** Dans cette position les ramoneurs sont commandés automatiquement depuis la salle de commande par (**AUTO1, AUTO2,..., AUTO7**) sur le pupitre opérateur
- **Local :** Dans ce cas, nous donnons accès à la commande manuelle du ramoneur par des boutons locale à proximité du ramoneur, pour ce faire il faut mettre sur le pupitre (**LOCAL1, LOCAL2,..., LOCAL7**)
- **Exclu :** le ramoneur est exclu veut dire qu'il n'est pas commandé ni en automatique ni en manuel.

En cas de défaut sur un ramoneur en fonctionnement, ce dernier va bloquer la séquence parce-que le système suie une évolution séquentielle, il faut qu'il retourne à sa position de repos pour que la commande passe au ramoneur suivant. Alors pour poursuivre la séquence nous avons proposé de positionner le ramoneur en défaut sur **local**.

Notre solution nous donne aussi la possibilité de ramoner par n'importe quel nombre de ramoneurs désirés ce qui est parfois sollicité par les exploitants de la chaudière.

Pour bien optimiser la séquence de commande des ramoneurs, nous l'avons organisé par le **GRAF CET** représenté sur la figure suivante :

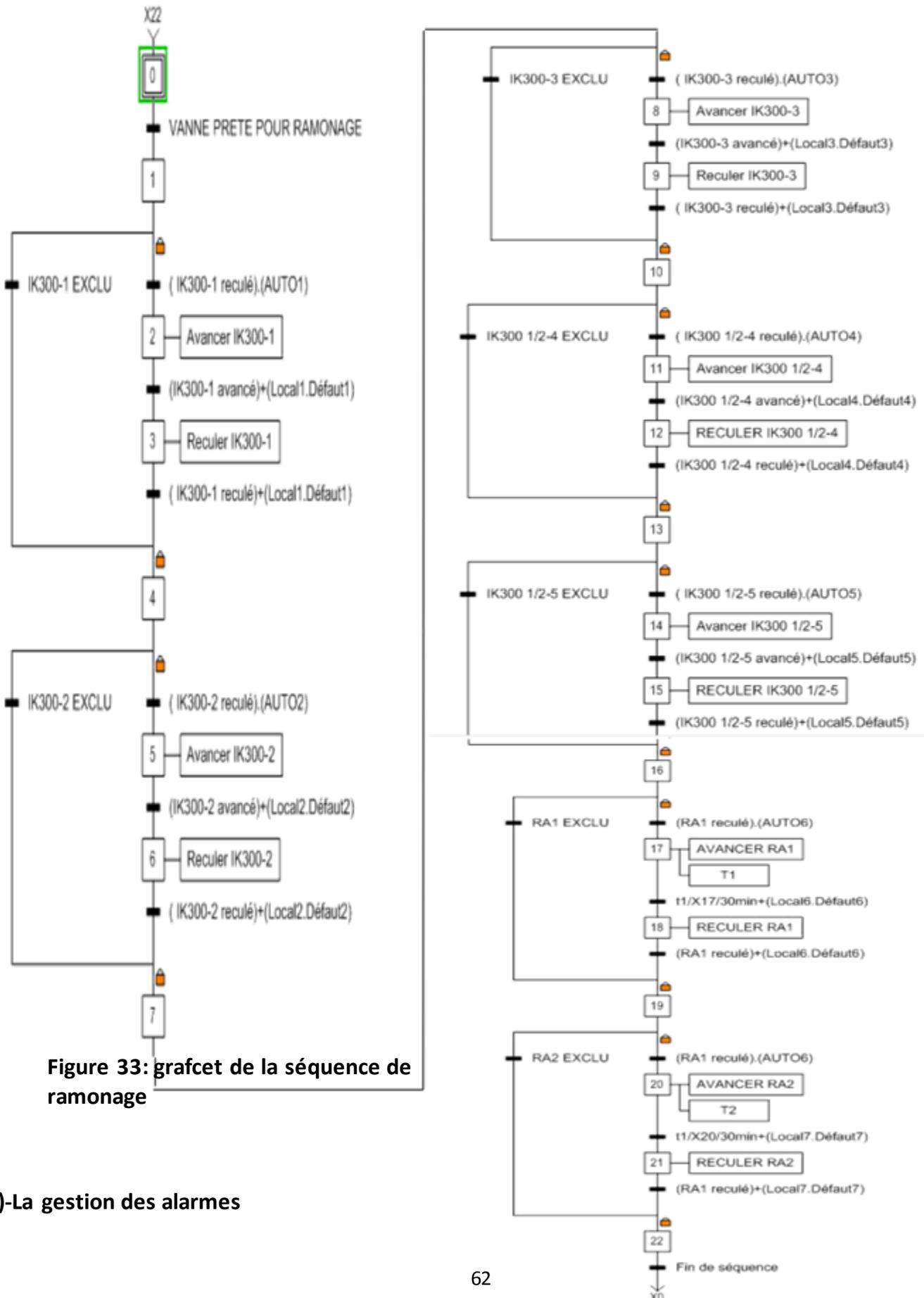


Figure 33: grafcet de la séquence de ramonage

C)-La gestion des alarmes

## Mémoire de projet de fin d'étude

Le système de ramonage est susceptible au différent défaut, chaque défaut est lié à une alarme.

Les alarmes sont regroupées comme suit:

- Alarme d'un défaut de blocage mécanique du ramoneur
- Alarme d'un défaut électrique sur le moteur du ramoneur.
- Alarme d'un défaut de basse pression de la vapeur.
- Alarme d'un défaut de basse température de la vapeur.

L'apparition d'un défaut doit déclencher une alarme sonore, pour attirer l'attention de l'opérateur.

### 2.2.Réalisation de l'automatisme sous STEP7

#### Organisation des blocs fonctionnels

Pour optimiser le fonctionnement du système il est préférable d'organiser les blocs fonctionnels sous STEP7: **(Voir la table de mnémonique dans l'annexe)**

Nom de l'objet	Nom symbolique	Langage de création
Données système	---	---
DB1		CONT
FB1	Séquence automatique	GRAPH
FC1	Vanne PCV22	CONT
FC2	Ramoneur IK300-1	CONT
FC3	Ramoneur IK300-2	CONT
FC4	Ramoneur IK300-3	CONT
FC5	Ramoneur IK300 1/2-4	CONT
FC6	Ramoneur IK300 1/2-5	CONT
FC7	Ramoneur RA1	CONT
FC8	Ramoneur RA2	CONT
FC9	La mise à l'échelle	CONT
FC10	Alarme sonore	CONT
FC72	G7_STD_3	LIST
FC105	SCALE	LIST
FC106	Read Analog Value 464-2	LIST
DB1		DB
SFC64	TIME_TCK	LIST
SFC105	READ_SI	LIST

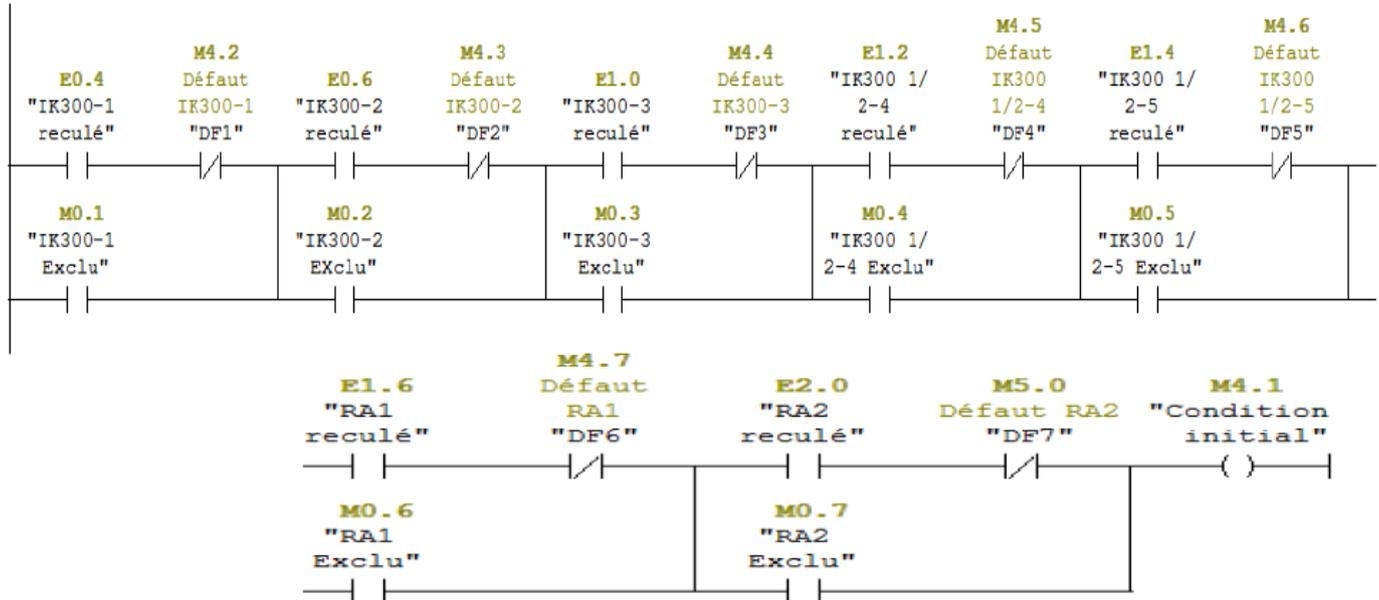
Figure 34: Organisation fonctionnelle

## Mémoire de projet de fin d'étude

### FC1: La vanne PCV22

Dans la fonction **FC1** nous allons réaliser un programme en *langage ladder* pour la commande de la vanne.

#### Réseau 1: Condition initiale



#### Réseau 2 : Ouvrir la vanne à 50% pour le préchauffage

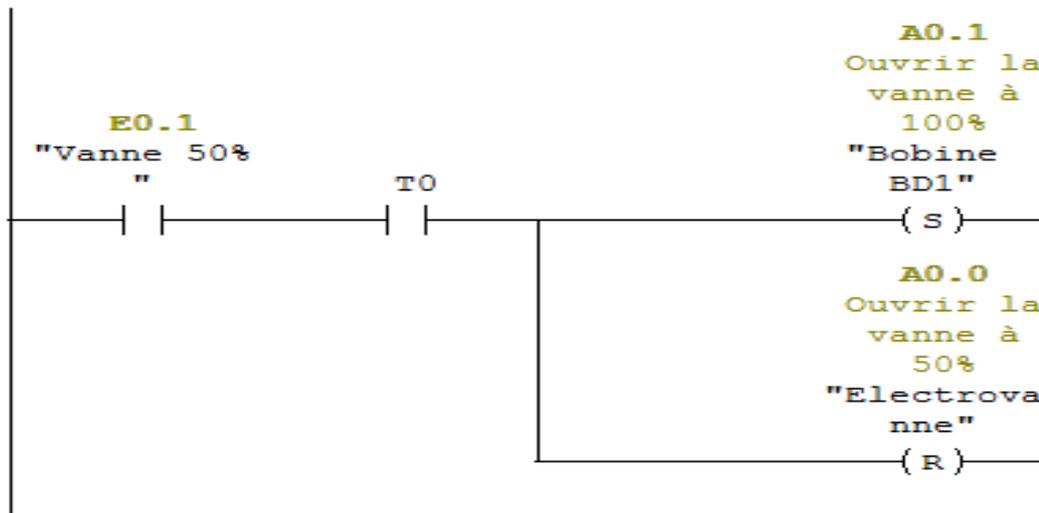


#### Réseau 3: Période de préchauffage

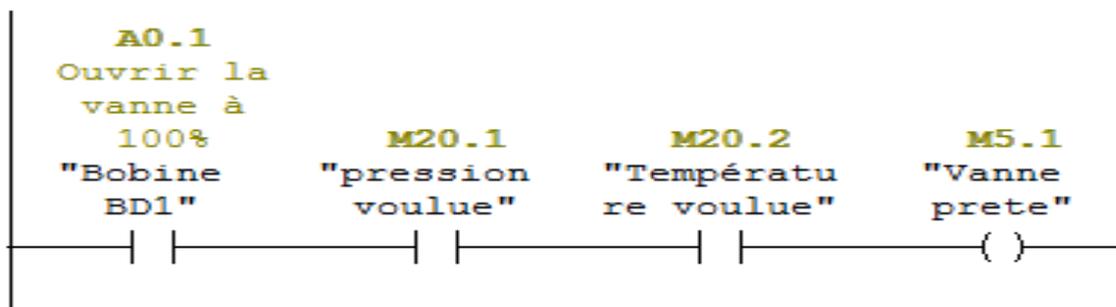


## Mémoire de projet de fin d'étude

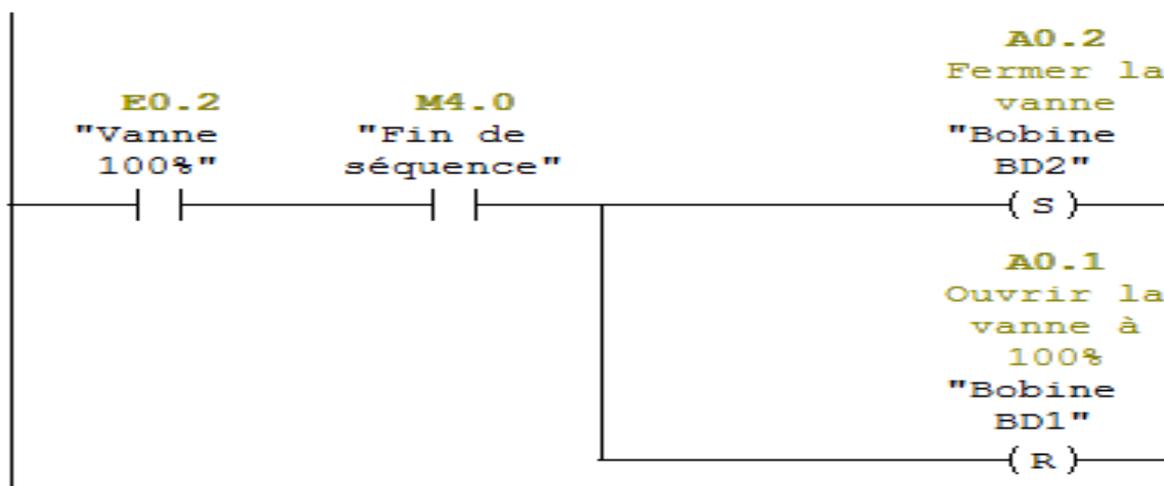
Réseau 4 : Fin du préchauffage ouverture de la vanne 100%



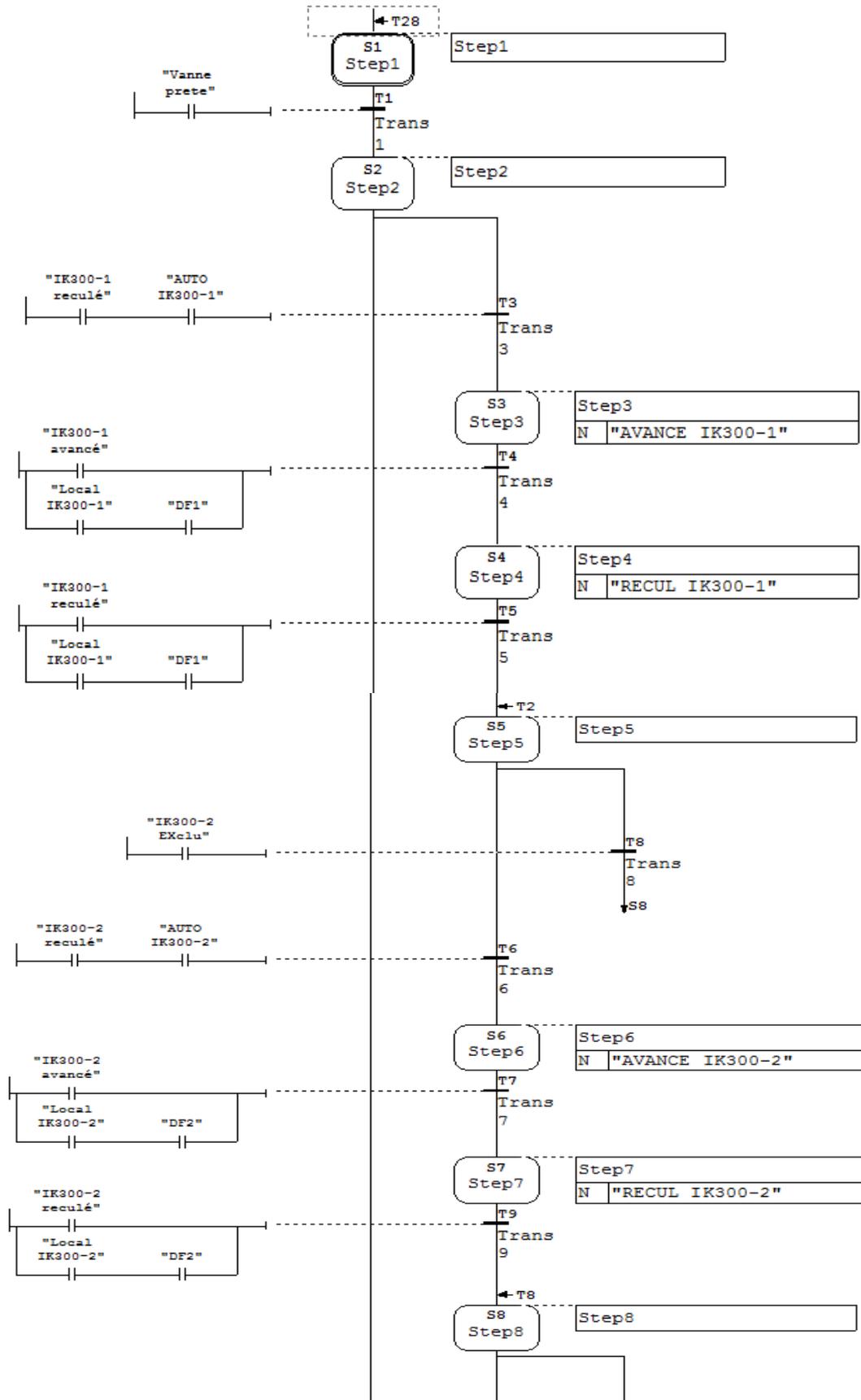
Réseau 5 : Vanne prete pour ramonage



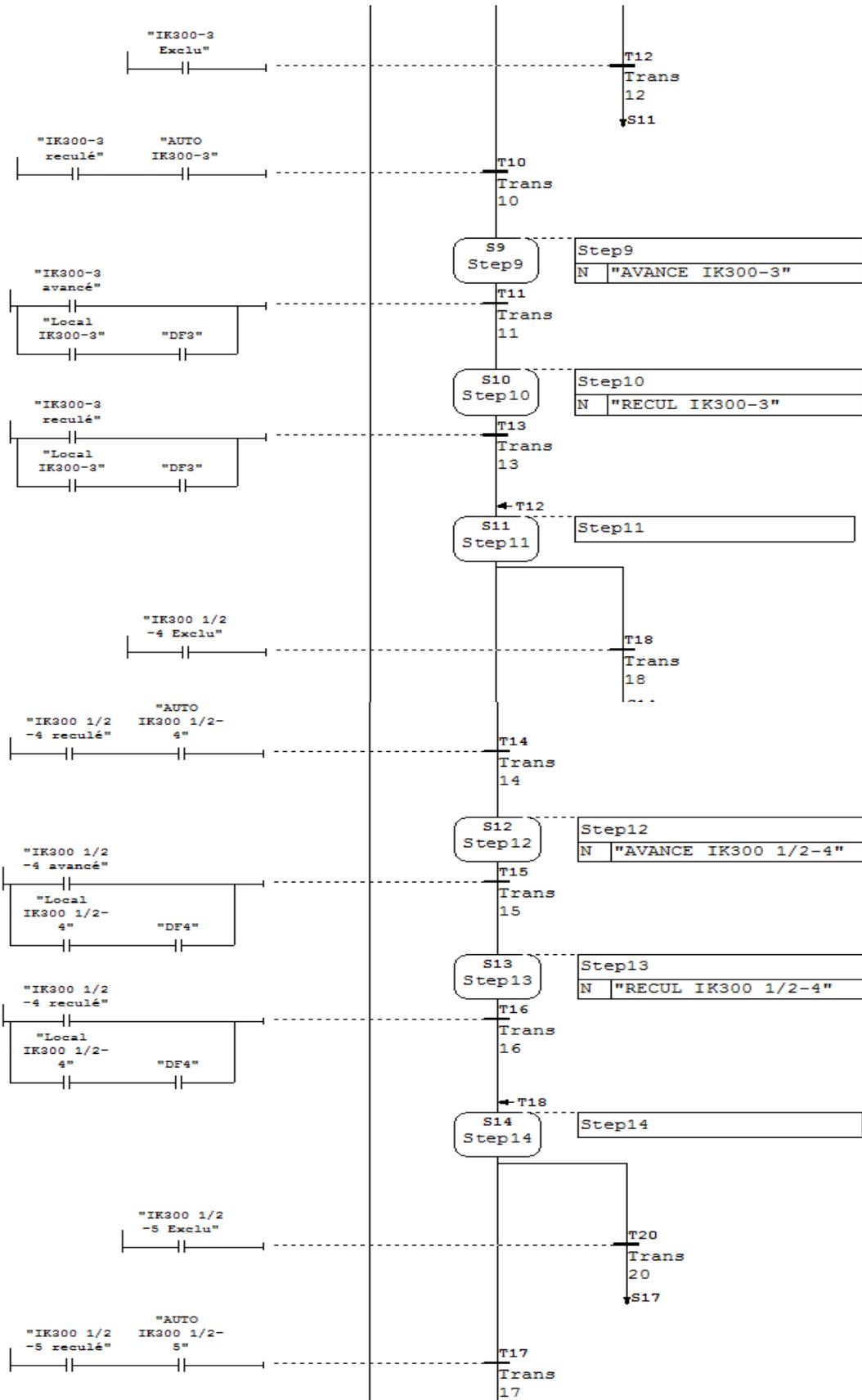
Réseau 6 : Fermer la vanne



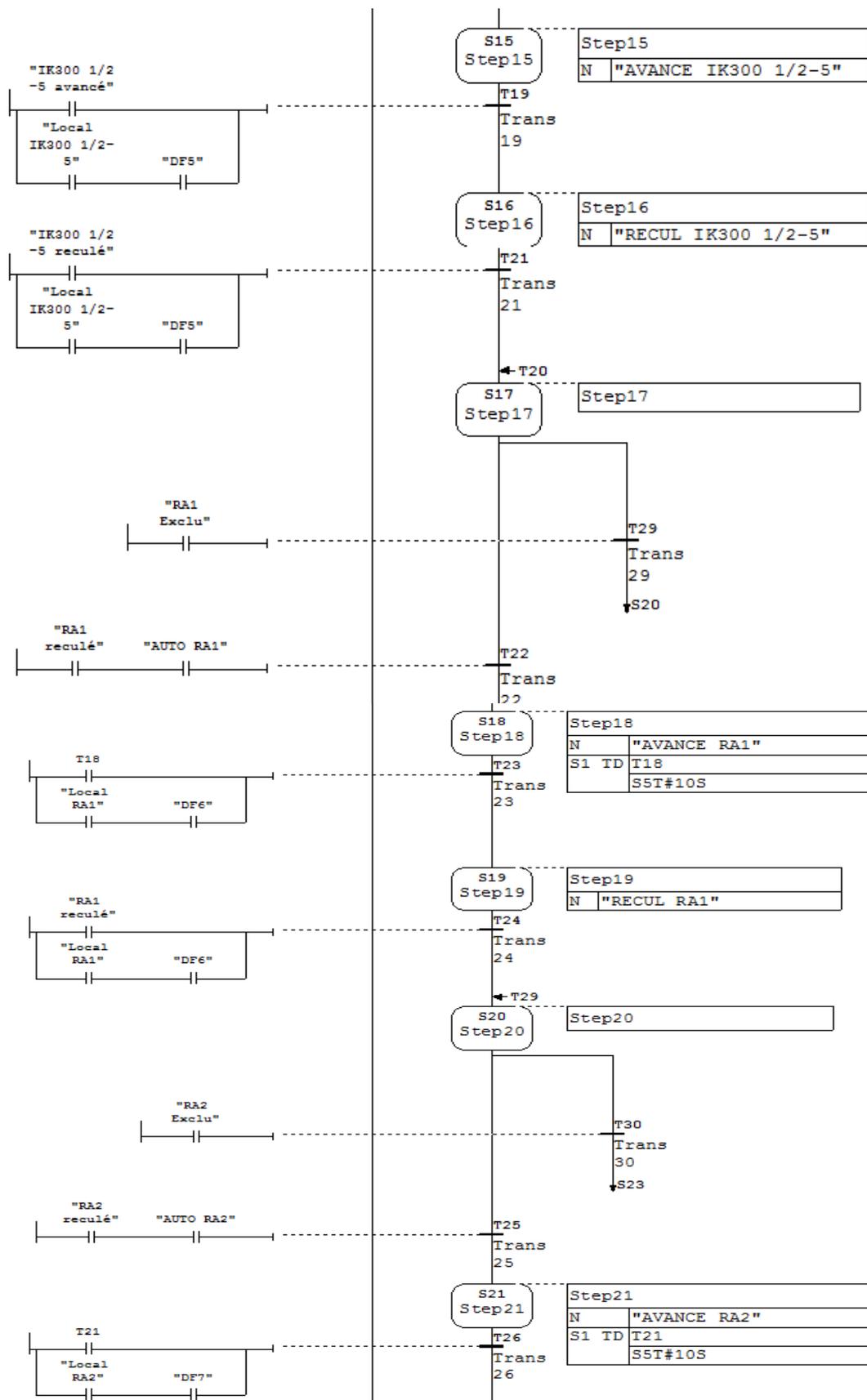
FB1: La séquence automatique



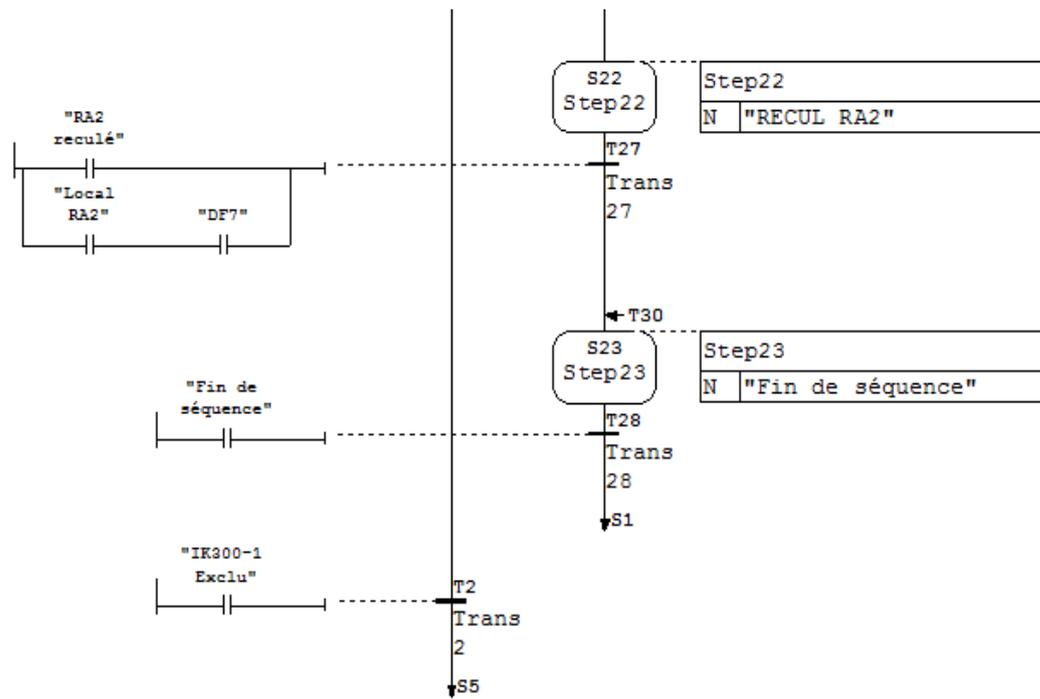
# Mémoire de projet de fin d'étude



# Mémoire de projet de fin d'étude

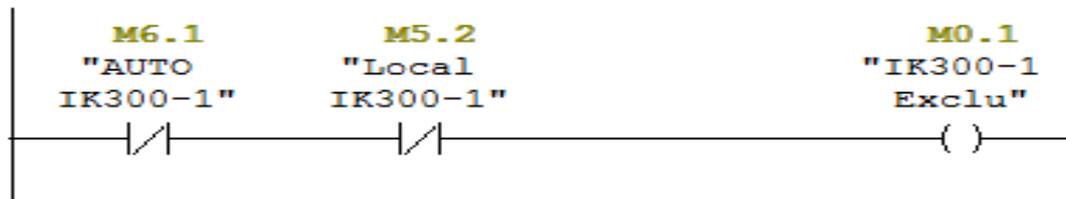


## Mémoire de projet de fin d'étude

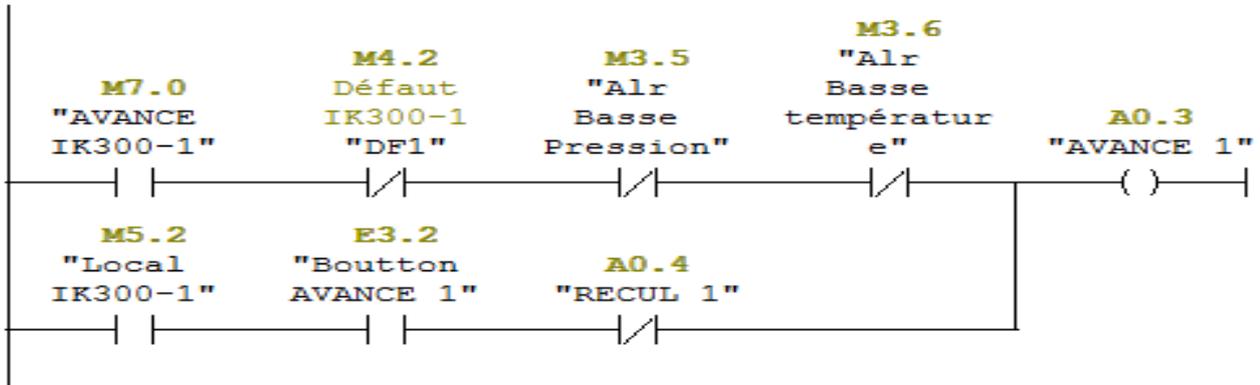


### FC2 : Ramoneur IK300-1

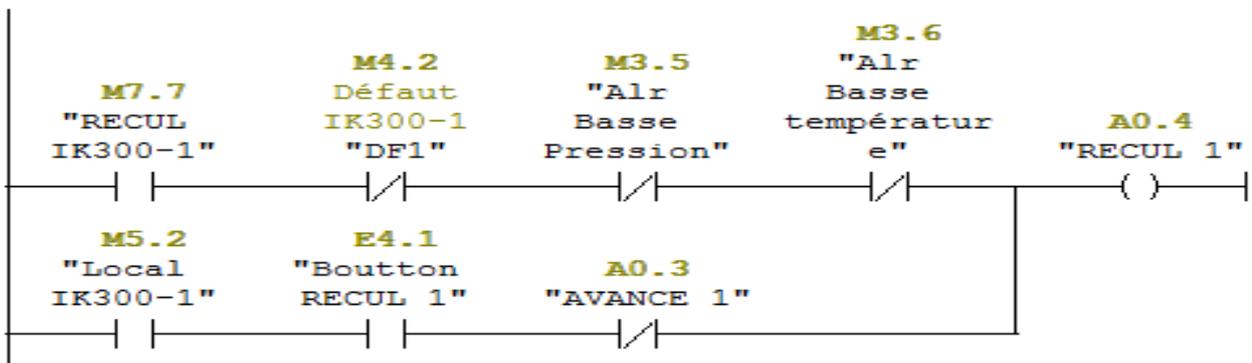
#### Réseau 1 : Logique d'exclusion



Réseau 2 : Logique d'avance IK300-1



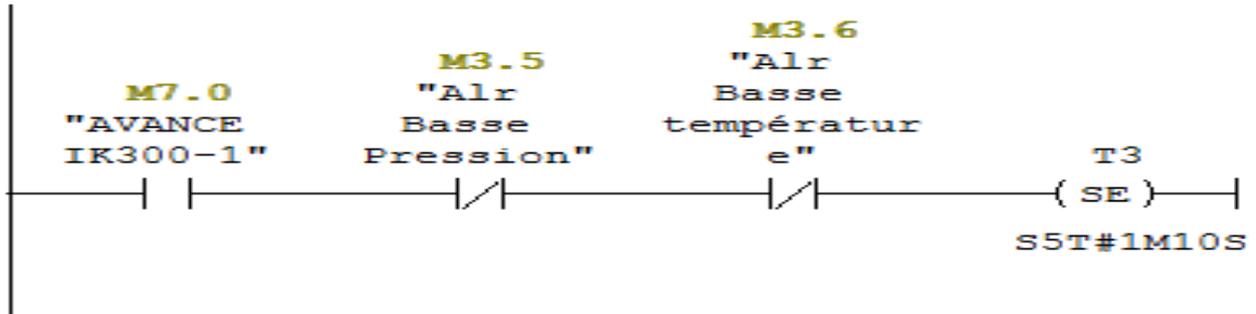
Réseau 3 : Logique de recul IK300-1



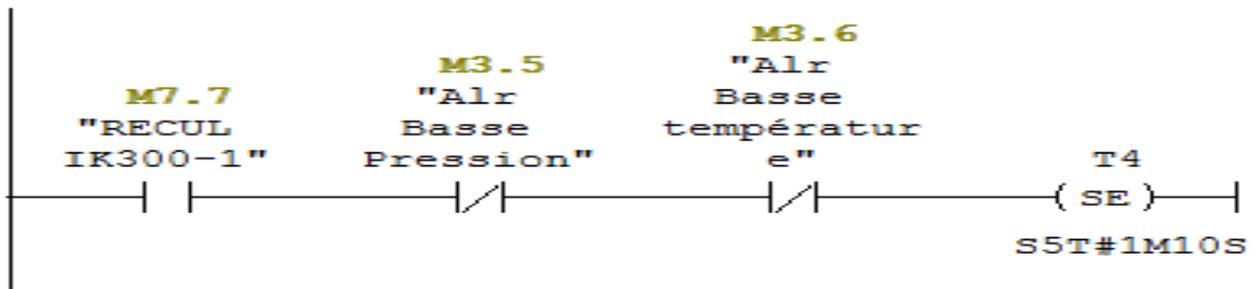
Réseau 4 : EN MARCHE



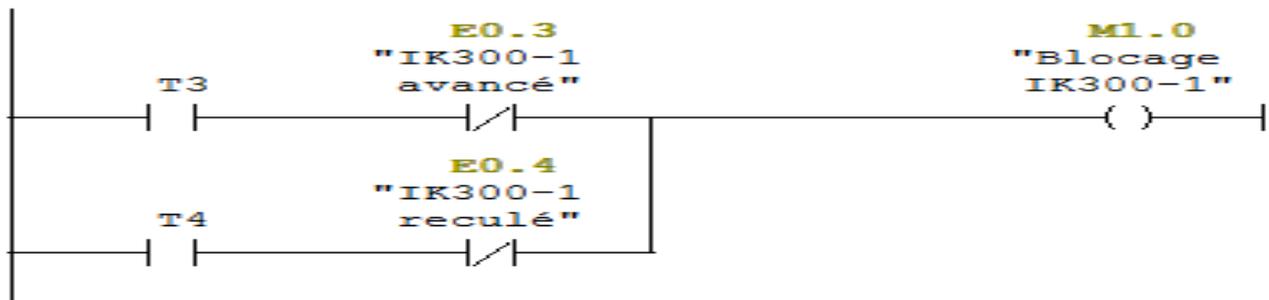
Réseau 5 : Durée max pour l'avance



Réseau 6 : Durée max pour le recul



Réseau 7 : Blocage ramoneur IK300-1



Réseau 10 : Défaut IK300-1



Réseau 8 : Alarme blocage IK300-1



Réseau 9 : Alarme défaut moteur IK300-1



**NB :** Les blocs fonctionnels FC3, FC4, FC5, FC6, FC7, FC8 pour les autres ramoneurs sont similaires à la fonction FC2 du ramoneur IK300-1.

### FC9 : La mise à l'échelle

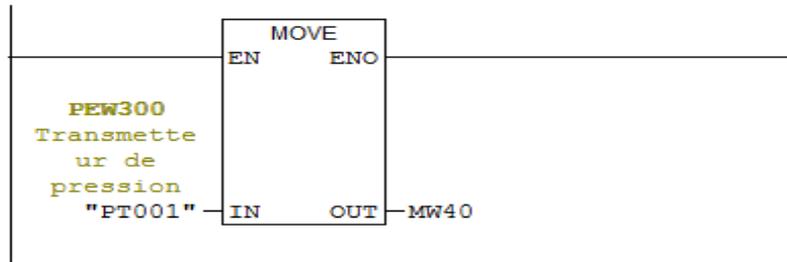
Dans ce bloc nous faisons appel à la fonction **SCALE** spécifique pour l'adaptation à l'échelle des entrées analogiques.

Notre cas consiste à faire une lecture sur les valeurs analogiques de la pression et la température de la vapeur de ramonage, l'acquisition et la transmission de ces valeurs à l'automate se fait par l'intermédiaire des deux transmetteurs installés à proximité de la vanne générale l'un est spécifique pour la pression et l'autre pour la température.

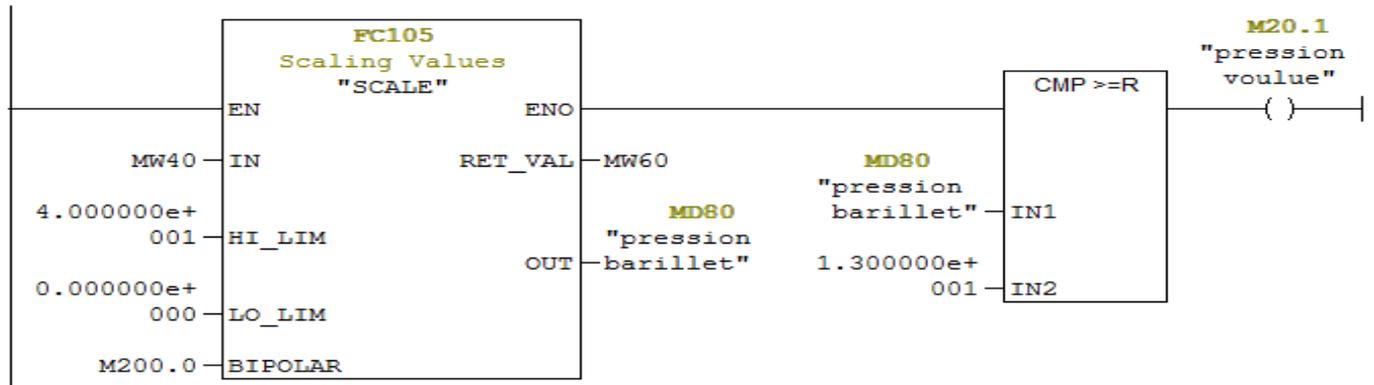
La vapeur de ramonage qui provient de collecteur barillet doit être distribuée vers les lances des ramoneurs avec une pression de **13 bars** et plus, sous la température de **360°C** au moins.

**Mise à l'échelle de la pression**

Réseau 1: Titre :

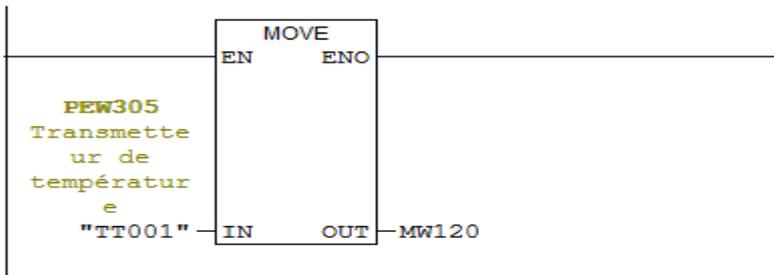


Réseau 2: Mise à la l'échelle de la pression

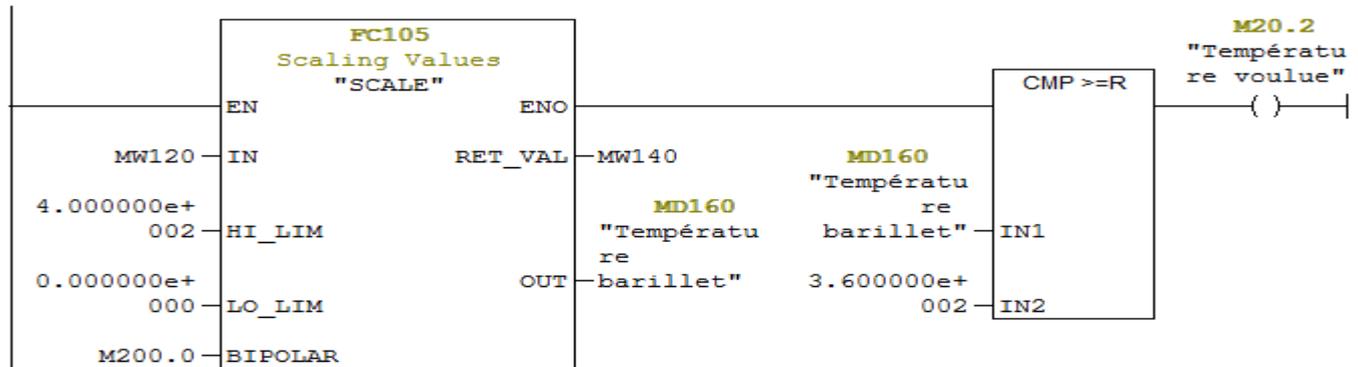


**Mise à l'échelle de la température**

Réseau 3: Titre :



Réseau 4: Mise à la l'échelle de la température



Réseau 5 : Alarme basse pression



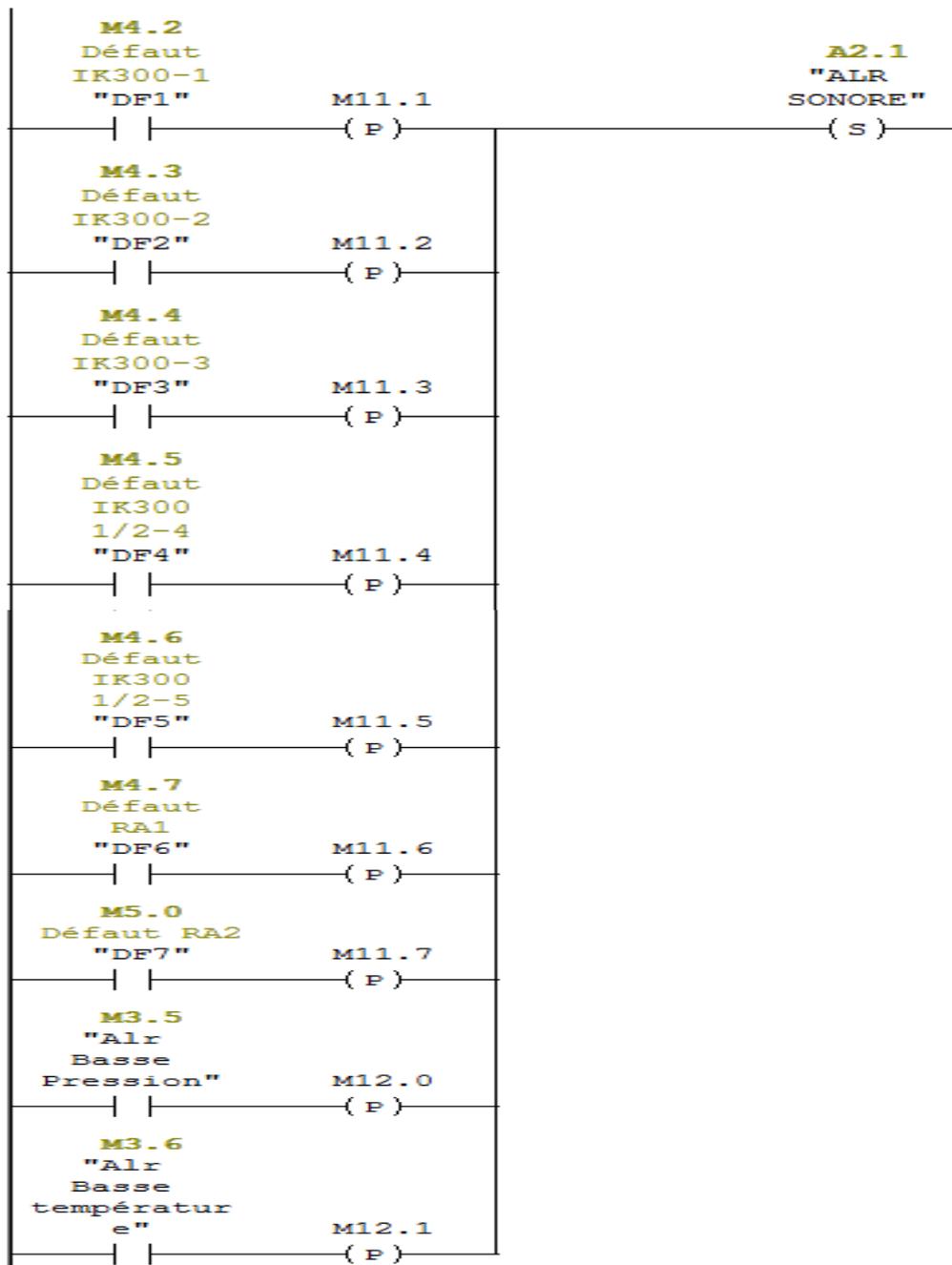
Réseau 6 : Alarme basse température



## Mémoire de projet de fin d'étude

### FC10 : Alarme sonore

#### Réseau 1 : Déclenchement alarme sonore



#### Réseau 2 : Acquitter l'alarme sonore



### 3. La supervision

#### 3.1. Aperçu sur le logiciel Wincc flexible

**WinCC flexible** est le logiciel de **Siemens** permettant de créer des interfaces homme-machine sur pupitre tactile (**IHM**) ou sur écran.

WinCC flexible est le logiciel IHM pour la réalisation, par des moyens d'ingénierie simples et efficaces, de concepts d'automatisation évolutifs, au niveau machine. WinCC flexible réunit les avantages suivants:

- Simplicité ;
- Ouverture ;
- Flexibilité.

Un système IHM constitue l'interface entre l'homme (opérateur) et le processus (machine/installation). Le contrôle proprement dit du processus est assuré par le système d'automatisation. Il existe par conséquent une interface entre l'opérateur et WinCC flexible (sur le pupitre opérateur) et une interface entre WinCC flexible et le système d'automatisation. Un système IHM se charge des tâches suivantes:

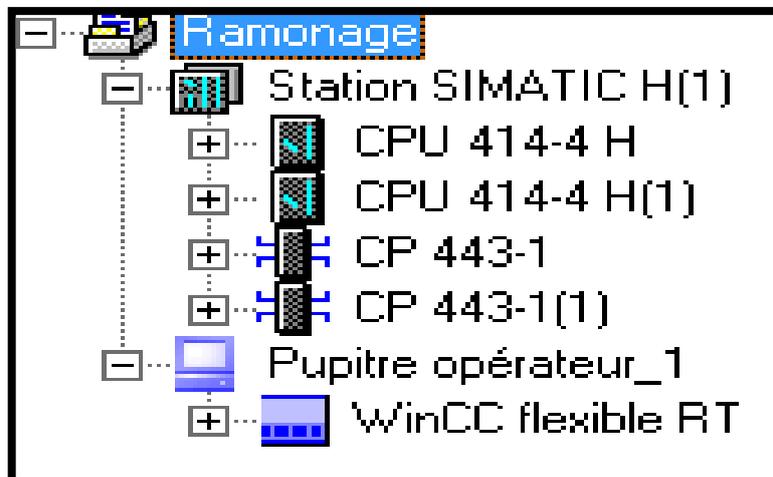
- **Représentation du process** : Le processus est représenté sur le pupitre opérateur. Lorsqu'un état du processus évolue p. ex, l'affichage du pupitre opérateur est mis à jour.
- **Commande du processus** : l'opérateur peut commander le processus via l'interface utilisateur graphique. Il peut p. ex, définir une valeur de consigne pour un automate ou démarrer un moteur.
- **Vue des alarmes** : Lorsque surviennent des états critiques dans le processus, une alarme est immédiatement déclenchée, p. ex. lorsqu'une valeur limite est franchie.
- **Archivage de valeurs processus et d'alarmes** : Les alarmes et valeurs processus peuvent être archivées par le système IHM. Vous pouvez ainsi documenter la marche du processus et accéder ultérieurement aux données de la production écoulée.
- **Documentation de valeurs processus et d'alarmes** : Les alarmes et valeurs processus peuvent être éditées par le système IHM sous forme de journal. Vous pouvez ainsi consulter les données de production à la fin d'une équipe p. ex.
- **Gestion des paramètres de processus et de machine** : Les paramètres du processus 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 p. ex.

### 3.2. Configuration du panel de supervision

Pour configurer l'IHM du système de ramonage nous avons mis le choix sur un pupitre opérateur de type **MP 277 10 TOUCH** c'est un panel pour les tâches de contrôle commande et pour la supervision, doté par un écran tactile de 10 pouces.

Après que nous avons choisit le pupitre opérateur, nous devons impérativement l'intégrer dans le projet **ramonage** dans **STEP7**, pour ce faire, sous **wincc flexible** il faut aller dans **projet** en haut dans lequel nous choisissons « **intégrer dans le projet step7** », après ceci nous devons apercevoir l'ajout du pupitre opérateur dans le projet STEP7



**Figure 35: Intégration de pupitre opérateur dans STEP7**

L'IHM va être organisée par trois vues :

**La première vue** est configurée sous forme d'interface d'accueil ou overview, comme présenté ci-après, elle donne l'accès aux autres vues.

**La deuxième vue** est consacrée à la commande du système, elle possède tous les boutons nécessaires pour la mise en marche du système et permet aussi à l'opérateur de superviser à la fois l'état actuel de la vanne générale et l'état de chaque ramoneur, si il est en marche ou en défaut, plus les boutons qui permettent la navigation dans les autres vues.

**La troisième vue** est spécifique pour les alarmes, dans cette vue nous devons gérer toutes les alarmes selon leur nature, alors nous avons regroupé toutes les alarmes TOR dans la rubrique gestion des alarmes TOR, et dans la rubrique gestion des alarmes analogiques

## Mémoire de projet de fin d'étude

toutes les alarmes de natures analogiques qui sont liées aux alarmes de basse pression et de basse température.

Pour acquitter l'alarme on doit agir sur le bouton acquittement :



La figure suivante représente la vue d'accueil.



Figure 36: Vue d'accueil

La figure ci après illustre la vue de la commande du système

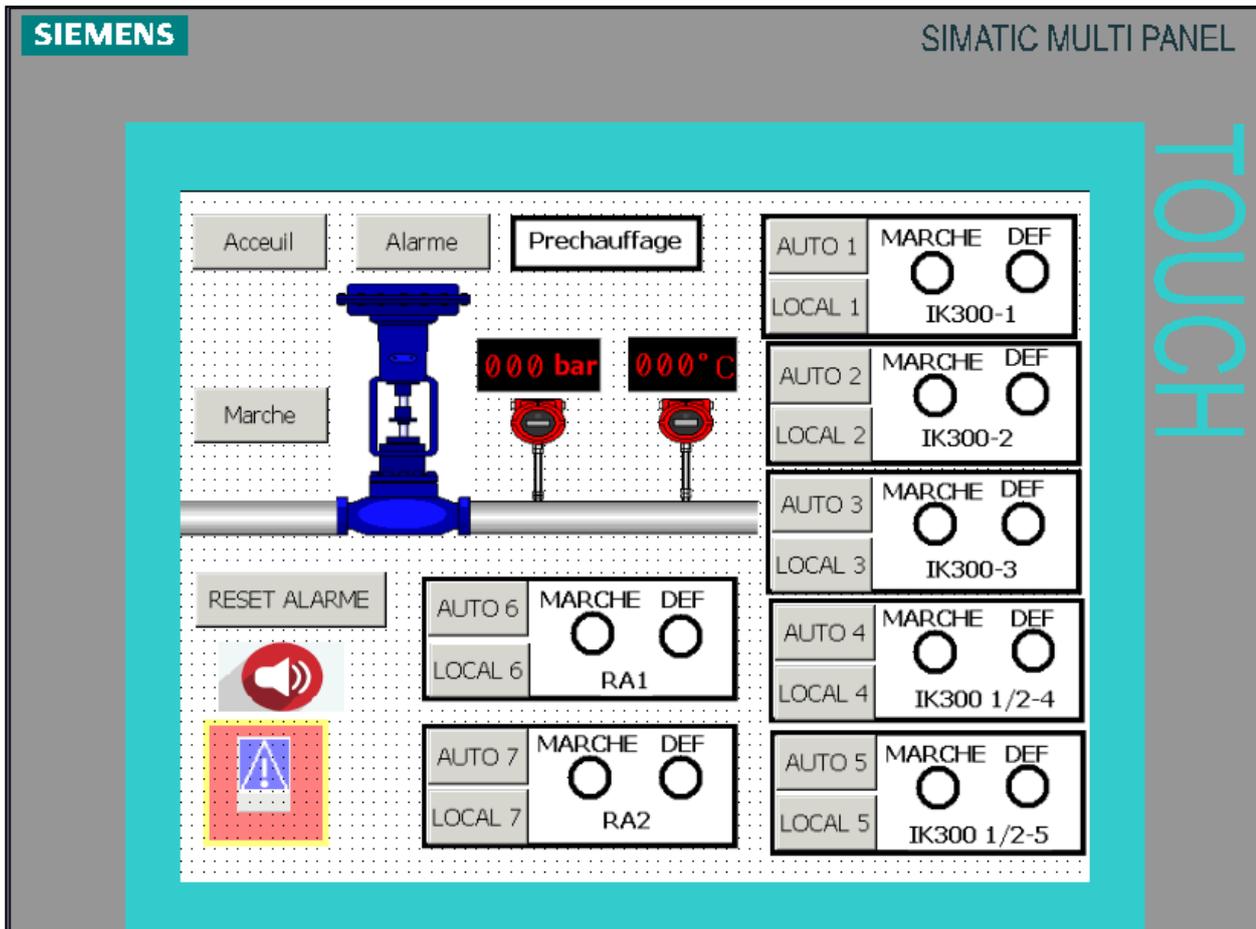


Figure 37: Vue pour lance séquence

Les deux figures suivantes montrent la configuration des alarmes sous Wincc flexible.

Acceuil Lance sequence Alarme  Alarmes analogiques  Alarmes TOR

## ALARMES ANALOGIQUES

Texte	▲ Numéro	Classe	Variable surveillée	Valeur limite s...	Déclencheur
Basse pression	1	Erreurs	pression barillet	13	Si front descendant
Basse température	2	Erreurs	Température barillet	360	Si front descendant

Figure 38: Configuration des alarmes analogiques

## Mémoire de projet de fin d'étude

Accueil Lance sequence Alarme Alarmes analogiques **Alarmes TOR**

# ALARMES TOR

Texte	Numéro	Classe	Variable de déclenchement	Numéro de bit	Adresse de décl...
Défaut moteur IK300-1	16	Erreurs	ALARME 1	15	M 1.7
Défaut moteur IK300-2	1	Erreurs	ALARME 1	0	M 2.0
Défaut moteur IK300-3	2	Erreurs	ALARME 1	1	M 2.1
Défaut moteur IK300-1/2 4	3	Erreurs	ALARME 1	2	M 2.2
Défaut moteur IK300-1/2 5	4	Erreurs	ALARME 1	3	M 2.3
Défaut moteur RA1	5	Erreurs	ALARME 1	4	M 2.4
Défaut moteur RA2	6	Erreurs	ALARME 1	5	M 2.5
Blocage IK300-1	7	Erreurs	ALARME 1	6	M 2.6
Blocage IK300-2	8	Erreurs	ALARME 1	7	M 2.7
Blocage IK300-3	17	Erreurs	ALARME 2	0	M 3.0
Blocage IK300 1/2 4	18	Erreurs	ALARME 2	1	M 3.1
Blocage IK300 1/2 5	19	Erreurs	ALARME 2	2	M 3.2
Blocage RA1	20	Erreurs	ALARME 2	3	M 3.3
Blocage RA2	21	Erreurs	ALARME 2	4	M 3.4

Figure 39: configuration des alarmes TOR

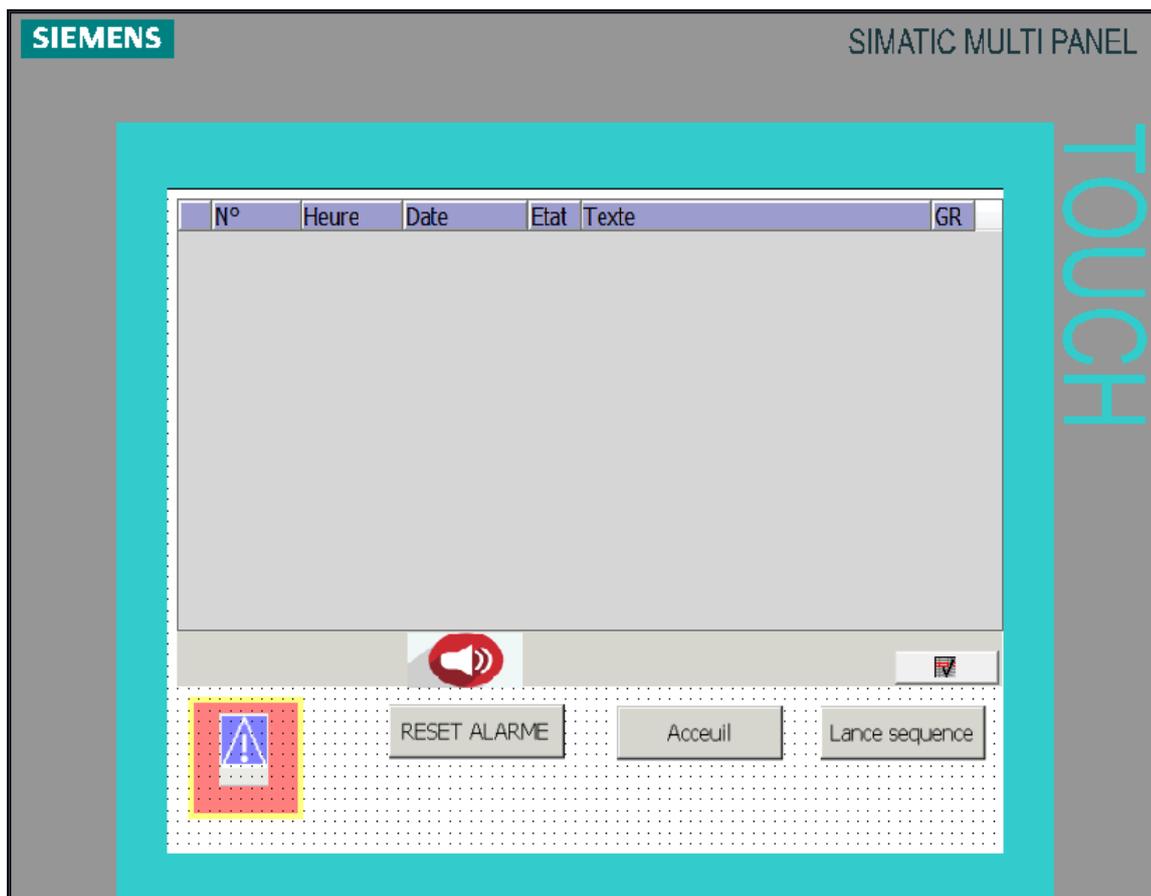


Figure 40: Vue pour les alarmes

### 3.3. Système runtime

Wincc flexible intègre dans son interface un simulateur *runtime* similaire à un pupitre réel sur lequel on peut agir pour commander le système.

Au *runtime*, l'opérateur peut réaliser le contrôle-commande du processus. Les tâches suivantes sont alors exécutées:

- Communication avec les automates.
- Affichage des vues à l'écran.
- Commande du processus, p. ex. spécification de consignes ou ouverture et fermeture de vannes.
- Archivage des données de runtime actuelles, des valeurs processus et événements d'alarme p. ex.

La simulation sur le runtime est représentée par la figure ci-dessous :

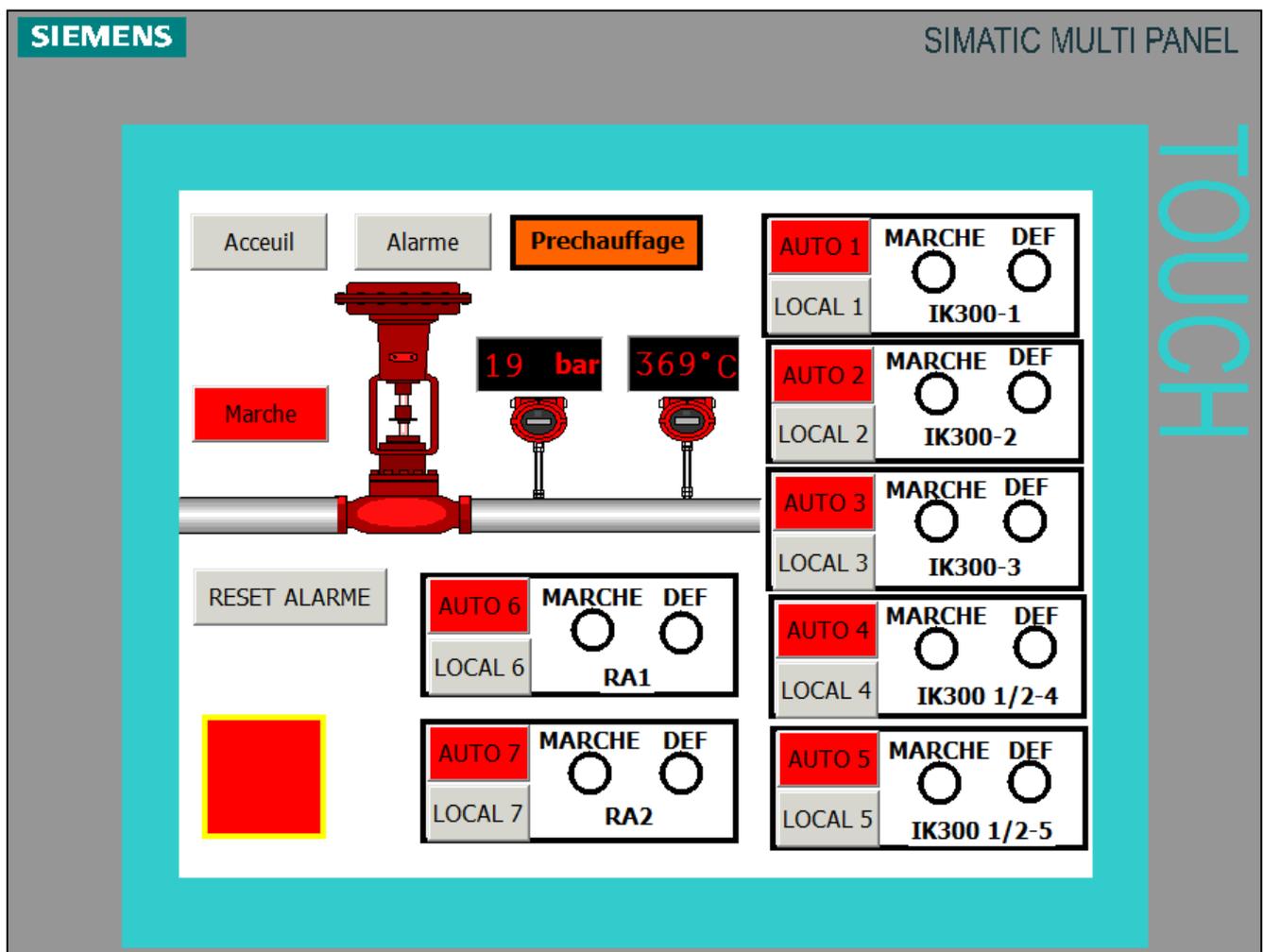


Figure 41: Système runtime

### III. Etude technico-économique

Ce projet de rénovation nécessite un financement pour la fourniture de matériel nécessaire et l'installation et la mise en service du système.

Poste	Désignation	Quantité	Prix unitaire DH/HT	Prix total DH/HT
<b>Fourniture du système d'automatisme</b>	Carte CPU 414H	2	45 800	<b>91 600</b>
	Module d'alimentation 4A S7-400	2	2 500	<b>5 000</b>
	Carte CP 443	2	6 000	<b>12 000</b>
	Module de synchronisation	2	6 000	<b>12 000</b>
	Module de couplage IM 153-2	2	10 000	<b>20 000</b>
	Carte d'entrée TOR	3	3 000	<b>9 000</b>
	Carte de sortie TOR	2	3 000	<b>6 000</b>
	Carte d'entrée analogique	1	5 000	<b>5 000</b>
	Rack ou châssis	3	3 000	<b>9 000</b>
	Pile de maintien de programme	2	800	<b>1 600</b>
<b>Fournitures de l'instrumentation</b>	Relais d'interface	7	100	<b>700</b>
	Transmetteur de pression	1	6 000	<b>6000</b>
	Transmetteur de température	1	8000	<b>8000</b>
	Sonde de mesure de température	1	800	<b>800</b>
	Fin de course	15	400	<b>6 000</b>
	Electrovanne	1	1 000	<b>1 000</b>
	Distributeur	1	600	<b>600</b>
<b>Fourniture du système de supervision et commande</b>	Panel de supervision et commande MP 277 10 TOUCH	1	30 000	<b>30 000</b>

**Tableau 3: Bordereau des prix de fourniture**

*Mémoire de projet de fin d'étude*

<b>Désignation</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire DH/HT</b>	<b>Prix total DH/HT</b>
<b>Carte CPU 414H</b>	1	45 800	<b>45 800</b>
<b>Module d'alimentation 4A S7-400</b>	1	2 500	<b>2 500</b>
<b>Carte CP 443</b>	1	6 000	<b>6 000</b>
<b>Module de synchronisation</b>	1	6 000	<b>6 000</b>
<b>Module de couplage IM 153- 2</b>	1	10 000	<b>10 000</b>
<b>Carte d'entrée TOR</b>	1	3 000	<b>3 000</b>
<b>Carte de sortie TOR</b>	1	3 000	<b>3 000</b>
<b>Carte d'entrée analogique</b>	1	5 000	<b>5 000</b>
<b>Rack ou châssis</b>	1	3 000	<b>3 000</b>
<b>Pile de maintien de programme</b>	1	800	<b>800</b>
<b>Relais d'interface</b>	7	100	<b>700</b>
<b>Transmetteur de pression</b>	1	6 000	<b>6000</b>
<b>Transmetteur de température</b>	1	8000	<b>8000</b>
<b>Sonde de mesure de température</b>	1	800	<b>800</b>
<b>Fin de course</b>	15	400	<b>6 000</b>
<b>Electrovanne</b>	1	1 000	<b>1 000</b>
<b>Distributeur</b>	1	600	<b>600</b>

*Tableau 4: Liste des pièces de rechange*

Mémoire de projet de fin d'étude

Désignation	Quantité	Prix unitaire DH/HT	Prix total DH/HT
Fourniture du système d'automatisation	1	171 200	171 200
Fourniture du système de supervision et commande	1	30 000	30 000
Fournitures de l'instrumentation	1	23 100	23 100
Fourniture des pièces de rechanges	1	108200	108200
Installation : Installation et mise en service du système complet de l'automatisation, de supervision de commande et de l'instrumentation (y compris l'ensemble de fourniture et la pose de l'armoire, des câbles et chemin des câbles, des réseaux de communication, des tuyaux de commande de commande pneumatique, système de climatisation)	1	500 000	500 000

Tableau 5: bordereau des prix total

- Montant total en DH/HT : 832 500,00
- Montant de la TVA : 166 500,00
- Montant total en DH/TTC : 999 000,00

#### **IV. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons commencé par le choix du matériel de la gamme simatic S7 de siemens pour permettre les taches de contrôle commande et de la supervision.

Pour garantir une meilleure disponibilité de notre système on a opté à une configuration matérielle redondante.

Pour la conduite du système nous avons configuré le pupitre opérateur par les synoptiques nécessaires pour l'exploitation et la gestion des alarmes du système

Finalement nous avons mené une étude économique dans le but de chiffrer les couts qui devront être engagé pour la rénovation du système.

## ***Conclusion générale***

En conclusion, je tiens à témoigner de l'importance de ce stage qui s'est étalé sur une période de quatre mois, ce projet de fin d'étude m'a permis de connaître de près l'organisme étatique ONEE-BE et sa politique menée pour approvisionner notre pays en énergie électrique comme étant une composante fondamentale pour le développement du Maroc. Ce stage m'a permis aussi d'élargir mes connaissances sur le cycle de production de l'énergie électrique dans les centrales thermiques, et sur les nouvelles technologies dans le domaine de l'automatisme et l'informatique industrielle.

Dans le cadre de notre projet, nous nous sommes chargée de rénover l'automatisme de contrôle commande d'un système de ramonage des chaudières à fioul de la tranche 1 et 2, par un automatisme basé sur un automate programmable.

Avant d'entamer cette rénovation, nous avons mené une étude technique et critique sur le système ou en général sur le processus de ramonage et son utilité dans l'exploitation des chaudières, pour arriver à la partie automatisme qui faisait l'objet de notre étude dans laquelle nous avons mis le point sur les contraintes de la logique câblée permettant la commande du système actuel, et en se basant sur ces contraintes nous avons adopté une solution programmée que nous l'avons détaillée par des spécifications techniques et économiques.

## **Bibliographie**

- [1] Manuel **ANSALDO** pour l'exploitation des tanches de la CTM disponible chez le service conduite de la CTM.
- [1] **GIE** : GRUPPO INDUSTRIE ELETTRICO MECCANICHE PER IMPIANTI ALL'ESTERO, NOTES SUR LES CENTRALES THERMIQUES. disponible chez le service contrôle commande de la CTM.
- [2] **BREDA TERMOMECCANICA spa MILANO** Fonctionnement de générateur de vapeur BREDA Type « EL PASO » centrale thermique Mohammedia comm.13009-12/Tome1 disponible chez le service contrôle commande de la CTM.
- [2] **BREDA TERMOMECCANICA spa MILANO** : Contrôle en séquence des souffleurs de suie centrale thermique Mohammedia comm.13009-12/Tome8 disponible chez le service contrôle commande de la CTM.
- [3] Cour d'automates programmables industriels du **Pr. Michel BERTRAND** Docteur-Ingénieur École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers ENSAM, Centre d'Enseignement et de Recherche de Lille.
- [4] Manuel **Siemens** disponible chez le service contrôle commande de la CTM.

## **Webographie**

- <http://www.one.org.ma/> consulté le 10/02/2017
- <https://www.siemens.com/global/en/home/products/automation.html> consulté le 01/04/2017
- [https://www.automation.siemens.com/salesmaterialas/brochure/fr/brochure\\_simatic-et200\\_fr.pdf](https://www.automation.siemens.com/salesmaterialas/brochure/fr/brochure_simatic-et200_fr.pdf). consulté le 10/04/2017
- <http://www.automation-sense.com/> consulté le 10/04/2017
- <https://www.youtube.com/channel/UCDPyemOA45rX-O5cC6rVjSA> 20/03/2017
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/CEI\\_61131](https://fr.wikipedia.org/wiki/CEI_61131) consulté le 01/06/2017

## Annexes

Editeur de mnémoniques - [Programme S7(1) (Mnémoniques) -- Ramonage\Station SIMATIC H(1)\CPU 414-4 H]					
Table Edition Insertion Affichage Outils Fenêtre ?					
Mnémoniques univoques					
	Etat	Mnémonique	Opéra /	Type de d	Commentaire
1		Electrovanne	A 0.0	BOOL	Ouvrir la vanne à 50%
2		Bobine BD1	A 0.1	BOOL	Ouvrir la vanne à 100%
3		Bobine BD2	A 0.2	BOOL	Fermer la vanne
4		AVANCE 1	A 0.3	BOOL	
5		REcul 1	A 0.4	BOOL	
6		AVANCE 2	A 0.5	BOOL	
7		REcul 2	A 0.6	BOOL	
8		AVANCE 3	A 0.7	BOOL	
9		REcul 3	A 1.0	BOOL	
10		AVANCE 4	A 1.1	BOOL	
11		REcul 4	A 1.2	BOOL	
12		AVANCE 5	A 1.3	BOOL	
13		REcul 5	A 1.4	BOOL	
14		AVANCE 6	A 1.5	BOOL	
15		REcul 6	A 1.6	BOOL	
16		AVANCE 7	A 1.7	BOOL	
17		REcul 7	A 2.0	BOOL	
18		ALR SONORE	A 2.1	BOOL	
19		Vanne fermée	E 0.0	BOOL	
20		Vanne 50%	E 0.1	BOOL	
21		Vanne 100%	E 0.2	BOOL	
22		IK300-1 avancé	E 0.3	BOOL	
23		IK300-1 reculé	E 0.4	BOOL	
24		IK300-2 avancé	E 0.5	BOOL	
25		IK300-2 reculé	E 0.6	BOOL	
26		IK300-3 avancé	E 0.7	BOOL	
27		IK300-3 reculé	E 1.0	BOOL	
28		IK300 1/2-4 avancé	E 1.1	BOOL	
29		IK300 1/2-4 reculé	E 1.2	BOOL	
30		IK300 1/2-5 avancé	E 1.3	BOOL	
31		IK300 1/2-5 reculé	E 1.4	BOOL	
32		RA1 reculé	E 1.6	BOOL	
33		RA2 reculé	E 2.0	BOOL	
34		PS	E 3.0	BOOL	Pression switch
35		TS	E 3.1	BOOL	Température switch

## Mémoire de projet de fin d'étude

36		Boutton AVANCE 1	E	3.2	BOOL	
37		Boutton AVANCE 2	E	3.3	BOOL	
38		Boutton AVANCE 3	E	3.4	BOOL	
39		Boutton AVANCE 4	E	3.5	BOOL	
40		Boutton AVANCE 5	E	3.6	BOOL	
41		Boutton AVANCE 6	E	3.7	BOOL	
42		Boutton AVANCE 7	E	4.0	BOOL	
43		Boutton REcul 1	E	4.1	BOOL	
44		Boutton REcul 2	E	4.2	BOOL	
45		Boutton REcul 3	E	4.3	BOOL	
46		Boutton REcul 4	E	4.4	BOOL	
47		Boutton REcul 5	E	4.5	BOOL	
48		Boutton REcul 6	E	4.6	BOOL	
49		Boutton REcul 7	E	4.7	BOOL	
50		Séquence autom...	FB	1	FB 1	
51		Vanne PCV22	FC	1	FC 1	
52		Ramoneur IK300-1	FC	2	FC 2	
53		Ramoneur IK300-2	FC	3	FC 3	
54		Ramoneur IK300-3	FC	4	FC 4	
55		Ramoneur IK300 ...	FC	5	FC 5	
56		Ramoneur IK300 ...	FC	6	FC 6	
57		Ramoneur RA1	FC	7	FC 7	
58		Ramoneur RA2	FC	8	FC 8	
59		La mise à l'échelle	FC	9	FC 9	
60		Alarme sonore	FC	10	FC 10	
61		acquiescement déf...	FC	11	FC 11	
62		G7_STD_1	FC	70	FC 70	
63		G7_STD_3	FC	72	FC 72	
64		SCALE	FC	105	FC 105	Scaling Values
65		Read Analog Val...	FC	106	FC 106	Read Analog Value 464-2
66		Marche	M	0.0	BOOL	
67		IK300-1 Exclu	M	0.1	BOOL	
68		IK300-2 EXclu	M	0.2	BOOL	
69		IK300-3 Exclu	M	0.3	BOOL	
70		IK300 1/2-4 Exclu	M	0.4	BOOL	
71		IK300 1/2-5 Exclu	M	0.5	BOOL	

## Mémoire de projet de fin d'étude

72		RA1 Exclu	M	0.6	BOOL	
73		RA2 Exclu	M	0.7	BOOL	
74		Blocage IK300-1	M	1.0	BOOL	
75		Blocage IK300-2	M	1.1	BOOL	
76		Blocage IK300-3	M	1.2	BOOL	
77		Blocage IK300 1/...	M	1.3	BOOL	
78		Blocage IK300 1/...	M	1.4	BOOL	
79		Blocage RA1	M	1.5	BOOL	
80		Blocage RA2	M	1.6	BOOL	
81		Alr Moteur IK300-1	M	1.7	BOOL	
82		Alr Moteur IK300-2	M	2.0	BOOL	
83		Alr Moteur IK300-3	M	2.1	BOOL	
84		Alr Moteur IK30...	M	2.2	BOOL	
85		Alr Moteur IK30...	M	2.3	BOOL	
86		Alr Moteur RA1	M	2.4	BOOL	
87		Alr Moteur RA2	M	2.5	BOOL	
88		Alr Blocage IK300-1	M	2.6	BOOL	
89		Alr Blocage IK300-2	M	2.7	BOOL	
90		Alr Blocage IK300-3	M	3.0	BOOL	
91		Alr Blocage IK30...	M	3.1	BOOL	
92		Alr Blocage IK30...	M	3.2	BOOL	
93		Alr Blocage RA1	M	3.3	BOOL	
94		Alr Blocage RA2	M	3.4	BOOL	
95		Alr Basse Pression	M	3.5	BOOL	
96		Alr Basse tempér...	M	3.6	BOOL	
97		Alr vanne PCV22	M	3.7	BOOL	
98		Fin de séquence	M	4.0	BOOL	
99		Condition initial	M	4.1	BOOL	
100		DF1	M	4.2	BOOL	Défaut IK300-1
101		DF2	M	4.3	BOOL	Défaut IK300-2
102		DF3	M	4.4	BOOL	Défaut IK300-3
103		DF4	M	4.5	BOOL	Défaut IK300 1/2-4
104		DF5	M	4.6	BOOL	Défaut IK300 1/2-5
105		DF6	M	4.7	BOOL	Défaut RA1
106		DF7	M	5.0	BOOL	Défaut RA2

## Mémoire de projet de fin d'étude

107		Vanne prete	M	5.1	BOOL	
108		Local IK300-1	M	5.2	BOOL	
109		Local IK300-2	M	5.3	BOOL	
110		Local IK300-3	M	5.4	BOOL	
111		Local IK300 1/2-4	M	5.5	BOOL	
112		Local IK300 1/2-5	M	5.6	BOOL	
113		Local RA1	M	5.7	BOOL	
114		Local RA2	M	6.0	BOOL	
115		AUTO IK300-1	M	6.1	BOOL	
116		AUTO IK300-2	M	6.2	BOOL	
117		AUTO IK300-3	M	6.3	BOOL	
118		AUTO IK300 1/2-4	M	6.4	BOOL	
119		AUTO IK300 1/2-5	M	6.5	BOOL	
120		AUTO RA1	M	6.6	BOOL	
121		AUTO RA2	M	6.7	BOOL	
122		AVANCE IK300-1	M	7.0	BOOL	
123		AVANCE IK300-2	M	7.1	BOOL	
124		AVANCE IK300-3	M	7.2	BOOL	
125		AVANCE IK300 1/...	M	7.3	BOOL	
126		AVANCE IK300 1/...	M	7.4	BOOL	
127		AVANCE RA1	M	7.5	BOOL	
128		AVANCE RA2	M	7.6	BOOL	
129		RECUK IK300-1	M	7.7	BOOL	
130		RECUK IK300-2	M	8.0	BOOL	
131		RECUK IK300-3	M	8.1	BOOL	
132		RECUK IK300 1/2-4	M	8.2	BOOL	
133		RECUK IK300 1/2-5	M	8.3	BOOL	
134		RECUK RA1	M	8.4	BOOL	
135		RECUK RA2	M	8.5	BOOL	
136		Protection IK300-1	M	8.6	BOOL	
137		Protection IK300-2	M	8.7	BOOL	
138		Protection IK300-3	M	9.0	BOOL	
139		Protection IK300 ...	M	9.1	BOOL	
140		Protection IK300 ...	M	9.2	BOOL	
141		Protection RA1	M	9.3	BOOL	
142		Protection RA2	M	9.4	BOOL	

## Mémoire de projet de fin d'étude

143		MARCHE IK300-1	M	10.0	BOOL	
144		MARCHE IK300-2	M	10.1	BOOL	
145		MARCHE IK300-3	M	10.2	BOOL	
146		MARCHE IK300 1...	M	10.3	BOOL	
147		MARCHE IK300 1...	M	10.4	BOOL	
148		MARCHE RA1	M	10.5	BOOL	
149		MARCHE RA2	M	10.6	BOOL	
150		RESET ALR Sonore	M	11.0	BOOL	
151		pression voulue	M	20.1	BOOL	
152		Température vou...	M	20.2	BOOL	
153		pression barillet	MD	80	REAL	
154		Température bar...	MD	160	REAL	
155		ALARME 1	MW	1	WORD	
156		ALARME 2	MW	2	WORD	
157		PT001	PEW	300	WORD	Transmetteur de pression
158		TT001	PEW	305	WORD	Transmetteur de température
159		TIME_TCK	SFC	64	SFC 64	Read the System Time
160		READ_SI	SFC	105	SFC 105	Reading Dynamically Assigned System Instances

### La norme CEI 61131

**CEI 61131** est une norme de la Commission électrotechnique internationale (CEI) destinée à réglementer plusieurs aspects de la programmation, équipements et communication des automates programmables industriels. Cette norme était nommée CEI 1131 auparavant.

La norme CEI 61131 est divisée en plusieurs parties

- **Part 1:** Informations générales
- **Part 2:** Exigences et essais des équipements
- **Part 3:** Langages de programmation
- **Part 4:** Mode d'emploi
- **Part 5:** Communications
- **Part 6:** Sécurité Fonctionnelle
- **Part 7:** Programmation en logique floue
- **Part 8:** Mode d'emploi pour l'implémentation et l'application des langages de programmation
- **Part 9:** Interface de communication numérique point à point pour les petits capteurs et actionneurs (SDCI)