



## Département de Maintenance en Electromécanique

# MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière** : Electromécanique

**Spécialité** : Electromécanique Industrielle

## Thème

Etude de la chaine de régulation de la  
chaudière l'UPCA

Présenté et soutenu par :

MADENE Amal

LAHLALI Naima

Devant le jury composé de :

Mm HEMMAMI ZINEB

MCB

Univ .Oran 2-IMSI

Encadreur

Mr GHOUARI ADEL

MCB

Univ .Oran 2-IMSI

Co encadreur

Mr ABDALLAH BELABBES

MAA

Univ.Oran2-IMSI

Examineur

Mr TITAH MOULOUD

MCB

Univ .Oran-IMSI

Président

Septembre 2021

## ***Remerciements***

*Nos premiers remerciements vont tout naturellement à dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a données durant ces années d'étude afin que nous puissions arriver à ce travail*

*Nous tenons à adresser nos chaleureux remerciements à*

*Tous les ingénieurs et les travailleurs pour son aide durant toute la période de nos stages et pour le soutien afin de réaliser ce modeste travail*

*Nous remercions aussi notre encadreur Mm: HEMMAMI*

*Anis, de nous avoir encadré, suivi et orienté par ses conseils*

*Nous remercions aussi notre Co encadreur Mr. GHOUARI,*

*De nous avoir suivis et orientés par ses conseils.*

*Notre remerciement est mérité aussi par SOMIZ et ses ingénieurs qui ont nous donné leur temps, conseils et expériences*

*On ne peut pas oublier de remercier le club scientifique BASMAT-MUHANDIS pour la chance d'avoir découvert l'UPCA avec tous les avantages que nous avons obtenu après*

*Nos remerciements vont également aux membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de Juger notre travail.*

*Enfin nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.*

## إهداء

اخترت أن اكتب إهدائي بأحب اللغات إلى قلبي اللغة  
العربية وكيف لا تكون الأحب و أنا لم أرى في غيرها أكثر منها جمالا ولا غنا ولا بلاغة  
ويكفيها شرفا أنها اللغة التي اختارها الله للقرءان  
اهدي كلمات هذا العمل المتواضع  
إلى والدي الكريمين حفظهما الله وبارك في عمريهما وإلى باقي عائلتي  
إلى رفقاء دربي الجامعي اللذين خففوا بوجودهم ثقل الدراسة وطول سنينها  
إلى كل من صادفت في حياتي فتعلمت منه ولو حرفا نافعا لي فساهم عن قصد أو غير قصد  
فيما أنا عليه اليوم  
واهدها خاصا إلى من جعلن الختام مسكا إلى بابو أميرة بركان فرح هلة زهرة الخلود ياسمين  
و مواز رانيا

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail*

*À mes chers parents, en témoignage de notre gratitude, si grande qu'elle puisse être, pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon bien être et le soutien qu'ils m'ont prodigué tout le long de mon éducation, Que dieu, le tout Puissant, les préserve et leur procure santé et longue vie.*

*À mes très chers frères et sœurs*

*A mon bon exemple dans la vie l'ingénieur d'électromécanique Fares*

*À ma famille.*

*À tous mes collègues.*

*Qu'ils trouvent ici l'hommage de notre gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera à la hauteur de leurs sacrifices et leurs prières pour nous.*

*Je dédie ce travail, expression de mon grand amour avec tous mes vœux de Bonheur et de prospérité.*

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

*Madene amal* 

## ***Résumé :***

*Le sujet traité dans ce mémoire de fin d'étude de chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA a nous permis de creuser nos connaissances dans ce domaine .le travail présent é constitue une description des types des chaudières et leur chaînes de régulation .on a pu de mod éis é un cahier des charge de la chaudière STEAMBLOC traverse des outils de mod éisation graphique (grafcet, ladder interface graphique) dans le cadre de projet de rénovation de l'unité pédagogique UPCA.*

***Mots clé:** STEAMBLOC, chaudière, UPCA, régulation, automatisation, gtrafcet, ladder, supervision, interface graphique.*

# ***Sommaire***

---

<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : GENERALITES ET LES TYPES DES CHAUDIERES A VAPEUR</b> .....	3
I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition .....	3
I.3. Historique.....	4
I.4. Description des chaufferies .....	4
I.5 Types de Chaudières à vapeur.....	5
I.5.1. Chaudière à tube d'eau.....	5
I.5.2. Chaudière à tube de fumée .....	7
I.6. Etude et analyse du bilan thermique d'une chaudière industrielle.....	10
I.6.1 Energie entrante : .....	11
I.6.2 Energie sortante : .....	11
I.6.3. Calculs des pertes dans une chaudière industrielle .....	12
I.6.2. Calcul du rendement .....	13
I.7 .Conclusion .....	13
<b>CHAPITRE II : INVESTIGATION DES BOUCLES DE REGULATION DES CHAUDIERES INDUSTRIELLES</b> .....	14
II.1. Introduction.....	14
II.2. Régulation.....	14
II.2.1. Objectifs de la régulation .....	14
II.2.2- Principe de fonctionnement .....	15
II.2.3. Les boucle de régulation .....	16
II.3. Formes des régulateurs .....	17
II.3.1. Formes générale .....	17
II.3.2. Correcteur proportionnel.....	17
II.3.3. Correcteur intégral .....	18
II.3.4. Correcteur dérivateur .....	18
II.3.5. Différentes structures d'un PID .....	19
II.3.6. Régulateur tout ou rien .....	19
II.4. Le système de régulation dans la chaudière.....	20
II.4.1. Régulation du niveau dans le ballon .....	21
II.4.2. Régulation de la température de vapeur surchauffée .....	21

## ***Etude de la chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA***

---

II.4.3. Régulation de pression.....	22
II.4.4. Régulation de la température de d' surchauffé .....	22
II.4.5. Contrôle de l'eau d'alimentation .....	22
II.4.6. Contrôle de la combustion .....	22
II.4.7. Les problèmes dans la chaudière .....	23
II.5. Conclusion .....	27
<b>CHAPITRE III : DESCRIPTION DE L'UPCA ET LA CHAUDIERE STEAMBLOC .....</b>	<b>28</b>
III.1.Introduction .....	28
III.1. Présentation de l'UPCA .....	28
III.2. Situation géographique du L'UPCA .....	29
III.3.Organigramme de L'UPCA.....	30
III.4. Unité 500.....	31
III.5. Equipements stratégiques .....	33
III.5.1. La chaudière STEAMBLOC WANSON TYPE 500.....	33
III.5.2. Circuit eau vapeur.....	40
III.5.3. Condensation de la vapeur.....	42
III.5.4. Traitement des eaux.....	42
III.5.5. Circuit de refroidissement .....	44
III.5.6. Production d'air .....	45
III.6.Conclusion.....	45
<b>CHAPITRE IV : AUTOMATISATION DE LA CHAUDIERE STEAMBLOC.....</b>	<b>46</b>
IV.1.Introduction .....	46
IV.2. besoin d'un système de monitoring.....	46
IV. 3. Structure du système de monitoring.....	47
IV.4 Automatisation par un API et choix de l'automate .....	47
IV.4.1 Automate programmable industriel.....	47
IV.4.2 Choix de l'automate.....	48
IV.4.3.Le SIMATIC S7-300.....	48
IV.5 Automatisation de la STEAMBLOC .....	49
IV.5.1. Traduction le cahier de charge en Grafset.....	49
IV.5.1.1 Représentation du fonctionnement en Grafset .....	49
IV.5.2 .Extraction des équations.....	52
IV.5.3.Traduction en réseaux .....	53
IV.5.3.1. Le langage ladder .....	53
IV.5.3.6.Réseau de ventilateur : .....	56
IV.5.4. Simulation .....	59

## ***Etude de la chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA***

---

IV.6 Conclusion.....	64
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>65</b>
Annexe A : Les tableaux des symboles .....	67
Annexe B : Les Réseaux de temporisation .....	69



# *Liste des figures*

## *Chapitre I*

<b>Figure 1:</b> Vue d'une chaudière industrielle .....	3
<b>Figure 2:</b> Représentation schématique d'un système de chaufferie.....	5
<b>Figure 3:</b> Schéma d'une chaudière à tube d'eau.....	6
<b>Figure 4 :</b> Vue d'une chaudière à tubes fumés à trois passages.....	7
<b>Figure 5:</b> Vue de l'ensemble des Composants d'une chaudière industrielle .....	8
<b>Figure 6:</b> Bilan d'énergie du système chaudière .....	10
<b>Figure 7:</b> Cycle de modifications de temp ératures dans une chaudi ère industrielle.....	11

## *Chapitre II*

<b>Figure 8:</b> Sch éma de principe de fonctionnement d'une r égulation.....	15
<b>Figure 9:</b> Syst ème en boucle ouvert .....	16
<b>Figure 10:</b> Syst ème en boucle ferm ée .....	17
<b>Figure 11:</b> Forme des r égulateurs P, PI et PID .....	17
<b>Figure 12:</b> Schémas d'un régulateur tout ou rien .....	20
<b>Figure 13:</b> Etat de la pompe en fonction de l'état du liquide .....	20
<b>Figure 14 :</b> Exemples d'explosion des chaudières à vapeur.....	23

## *Chapitre III*

<b>Figure 15:</b> Vue globale de l'Unité Pédagogique.....	28
<b>Figure 16:</b> Plan de mass UPCA .....	29
<b>Figure 17:</b> Vue de l'UPCA sur Google Earth.....	30
<b>Figure 18:</b> Organigramme du centre de formation de l'ex-IAP .....	31
<b>Figure 19:</b> Fiche technique de la chaudière STEAMBLOC d'UPCA .....	33
<b>Figure 20:</b> Vue de la chaudière STEAMBLOC d'UPCA : Unit ép édagogique Contr ôles et Applications.....	34
<b>Figure 21:</b> La pompe d'alimentation SIHI .....	错误!未定义书签。
<b>Figure 22:</b> Vue de schéma d'allumeur à gaz .....	37
<b>Figure 23:</b> Sch éma de la chaudi ère STEAMBLOC.....	40
<b>Figure 24:</b> Vue du turboalternateur d'UPCA : AUBRY & SIMONIN .....	42
<b>Figure 25:</b> Vue du condenseur d'UPCA : Unit ép édagogique Contr ôles et Applications.....	42
<b>Figure 26:</b> Vue des systèmes de traitement des eaux à l'UPCA : Unit ép édagogique Contr ôles et Applications.....	43
<b>Figure 27:</b> Sch éma de condenseur et tour de refroidissement d'UPCA.....	44
<b>Figure 28:</b> Vue de la tour de refroidissement à l'UPCA : Unit ép édagogique Contr ôles et Applications .....	44
<b>Figure 29:</b> Vue des compresseurs BURTON et CREPELLE à l'UPCA : Unit ép édagogique Contr ôles et Applications.....	45

**Chapitre IV**

<b>Figure 30</b> : schéma d'un automatisme industriel.....	47
<b>Figure 31</b> : les modules de l'automate programmable S7 300 .....	49
<b>Figure 32</b> : 1 <sup>er</sup> Grafjets représentent le remplissage de Bach de stockage à l'AUTOMGEN .....	50
<b>Figure 33</b> : 2 <sup>em</sup> Grafjet repr ésepte le fonctionnement des deux pompes .....	51
<b>Figure 34</b> :3 <sup>em</sup> Grafjet repr ésepte le Fonctionnement du brûleur .....	51
<b>Figure 35</b> : 4 <sup>em</sup> Grafjet repr ésepte l'ouverture et la fermeture de vanne de distribution.....	52
<b>Figure 36</b> : r éseau repr ésepte marche de motopompe à logiciel step7 .....	54
<b>Figure 37</b> : Ce r éseau repr ésepte la marche de la POMPE1 a logiciel step7 .....	55
<b>Figure 38</b> : Ce r éseau repr ésepte marche de la pompe 2 à logiciel step7 .....	56
<b>Figure 39</b> : Ce r éseau repr ésepte marche du ventilateur à logiciel step7 .....	57
<b>Figure 40</b> : R éseau de temps T3 .....	57
<b>Figure 41</b> : Ce r éseau repr ésepte marche d'étincelle à logiciel step7.....	58
<b>Figure 42</b> : Ce r éseau repr ésepte marche de vanne de distribution à logiciel step7 .....	59
<b>Figure 43</b> : La simulation de motopompe MT A logiciel WinCC.....	60
<b>Figure 44</b> : La simulation de la pompe 1 A logiciel WinCC .....	61
<b>Figure 45</b> : La simulation de la pompe 2 a logiciel WinCC .....	61
<b>Figure 46</b> : La simulation de ventilateur VN a logiciel WinCC .....	62
<b>Figure 47</b> : La simulation de ouvert et fermer la vanne de distribution a logiciel WinCC .....	63
<b>Figure 48</b> :Table des symbol du 1 <sup>er</sup> Grafjet.....	67
<b>Figure 49</b> : Table des symboles du 2em Grafjet .....	67
<b>Figure 50</b> : Table des symbol du 3 <sup>em</sup> _Grafjet .....	68
<b>Figure 51</b> :Table des symbol du 4 <sup>em</sup> Grafjete .....	68
<b>Figure 52</b> : les R éseaux des temporisations.....	69

## *Liste des Tableaux*

<b>Tableau 1:</b> présent les différentes structures d'un régulateur PID .....	19
<b>Tableau 2:</b> Caractéristiques chimiques de l'eau utilisée pour l'alimentation de la chaudière STEAMBLOC.....	38
<b>Tableau 3:</b> Caractéristiques chimiques de l'eau utilisée pour l'alimentation de la chaudière STEAMBLOC.....	39
<b>Tableau 4:</b> table des équations (exemplaire) .....	52

# ***Introduction générale***

*Les chaudières à vapeur sont des éléments cruciaux dans les industries, elles sont des échangeurs destinés à générer une quantité de vapeur à une pression et à une température déterminées en fonction de son usage. Ces chaudières sont des appareils sous pression dont la construction et l'exploitation sont ajustées. En revanche, durant leurs fonctionnements il est nécessaire de contrôler la régulation des grandeurs physiques (température, pression, débit et niveau d'eau) afin d'assurer la fiabilité du circuit à vapeur et accroître son rendement.*

*On s'intéresse dans le présent travail à l'étude de la régulation du niveau d'eau, débit du gaz, la sécurité et la pression du vapeur dans la chaudière STEAMBLOC. Cette dernière a été installée dans l'unité de production de vapeur UPCA (Unité Pédagogique Contrôle et Applications) et de l'air comprimé ainsi que l'air instruments. Il s'agit de réaliser un système de monitoring via l'environnement WinCC qui commande la marche et l'arrêt des pompes de manière à automatiser les opérations de pompage et de remplissage. Également cette étude s'intéresse aussi à la commande du brûleur et les vannes*

*L'UPCA contient une mini centrale à vapeur qui se constitue d'une chaudière STEAMBLOC de 17 bars avec une surface de chauffe de 150 m<sup>2</sup>, une Production de vapeur de 5000 kg/h, son brûleur est alimenté avec du gaz naturel. Ainsi, son corps cylindrique entièrement soudé (soudure sous flux UNIONMELT) muni des éléments nécessaires à la pose des garnitures et constituant avec les plaques tubulaires embouties à la passe, le corps de chaudière. Le tube foyer, supporté entre les deux plaques tubulaires, est conçu et dimensionné pour l'adaptation du brûleur automatique WANSON.*

*Ce travail est très important pour les travaux de rénovation de l'unité pédagogique UPCA. car il étudie la possibilité d'utiliser le système DCS pour remplacer les anciens technologies de monitoring existents à la salle de contrôle de l'UPCA. notre travail consiste à répondre au cahier de charge de la STEAMBLOC ; ce dernier assure l'automatisation comme étant l'exécution d'étape technique par des machines qui fonctionnent sans intervention humaine. Ainsi, le système est dit automatisé lorsqu'elle peut gérer d'une manière autonome un cycle de travail prédéterminé*

### **Objectifs :**

*La réalisation de nouvelles documentations de l'UPCA.*

*La création d'un cahier de charge pour connaître le fonctionnement de mini centrale de l'UPCA.*

*L'identification de la chaîne de régulation de la STEAMBLOC.*

*Le développement d'un système de monitoring utilisant des approches et des logiciels professionnels*

*Dans le premier chapitre ; on présente les différents types de chaudières, prenant en considération leur fonctionnement et les différents éléments constituant ces chaudières. On se base sur l'étude des chaudières à tube de fumée pour bien illustrer le fonctionnement de la STEAMBLOC.*

*Le deuxième chapitre repose sur l'étude de la régulation des grandeurs physiques et les différents éléments associés à une boucle de régulation dans une chaudière à tube de fumée en plus, dans ce chapitre nous allons présenter les défauts liés au fonctionnement des chaudières.*

*Ensuite, le troisième chapitre est consacré à la présentation de l'Unité Pédagogique Contrôle et Application UPCA. On mettra l'accent sur la description du fonctionnement de mini central thermique (unité 500) et en plus sur l'équipement stratégique STEAMBLOC.*

*Enfin, dans le quatrième chapitre nous avons présenté une démarche pour la réalisation d'un système de monitoring, pour contrôler à distance le fonctionnement de la chaudière STEAMBLOC. La réalisation de ce système est possible via l'utilisation des logiciels utiles tels que AUTOMGEN, STAP7 et le WinCC*

**Chapitre I : Généralités et les types des chaudières à vapeur**

---

**I.1. Introduction**

Dans l'industrie moderne, les chaudières occupent un rôle essentiel dans la plupart des applications industrielles et sont devenues un critère important dans l'investissement des centrales thermiques. Elles font l'objet d'une évolution technologique considérable. Dans de ce chapitre, nous allons d'abord présenter les différents types de chaudières et leurs différents composants.

**I.2. Définition**

La Chaudière est un grand vaisseau en métal où l'on fait chauffer (un liquide transporteur de chaleur ou de production de vapeur énergétique) bouillir ou cuire. Autrement dit c'est un appareil dont le rôle est de transmettre à un fluide thermique, les calories dégagées par une combustion. Cette combustion peut se faire dans la chaudière (foyer) ou bien à l'extérieur (c'est le cas des chaudières de récupération). Cet apport de chaleur a pour effet soit uniquement de réchauffer le fluide thermique, soit de le réchauffer et le vaporiser. Parfois elle est dénommée groupe évaporateur, terme qui prend en compte toutes les composantes d'une chaudière.



**Figure 1:** Vue d'une chaudière industrielle

### **I.3. Historique**

L'idée d'utiliser la vapeur comme force motrice remonte au 1er siècle Apr JC avec l'invention de l'éolipile par Héron d'Alexandrie. Mais ce n'est véritablement qu'à partir de la fin du 17<sup>ème</sup> siècle que les ingénieurs ont développé les machines à vapeur modernes. En 1800, l'ingénieur américain Evans mis au point la première chaudière à tubes de fumée qui servit dans les premières locomotives. La nécessité d'avoir des débits et pressions de vapeur importants aboutit en 1867 à la mise au point de la chaudière à tubes d'eau par les ingénieurs américains Babcock et Wilcox. Depuis, celles-ci se sont sans cesse perfectionner permettant d'avoir notamment des rendements de 90,0 %

**Années 1955-1970** : apparition des foyers au fuel avec les premières chaudières à éléments en fonte, et l'apparition de nouvelles chaudières plus performantes après crise du pétrole de 1973. Après 1973 : chaudières chauffage central avec rendements plus élevés et réductions des pertes par les gaz brûlés par rayonnement ainsi qu'à l'arrêt du brûleur.

**Années 1980** : Amélioration des rendements avec les lois d'eau soit des chaudières dont la température d'eau varie progressivement en fonction de la température extérieure. Apparition des chaudières basse température (chaudière dont la température d'eau chaude ne dépasse pas 75 °C et qui peut descendre à 40 °C)

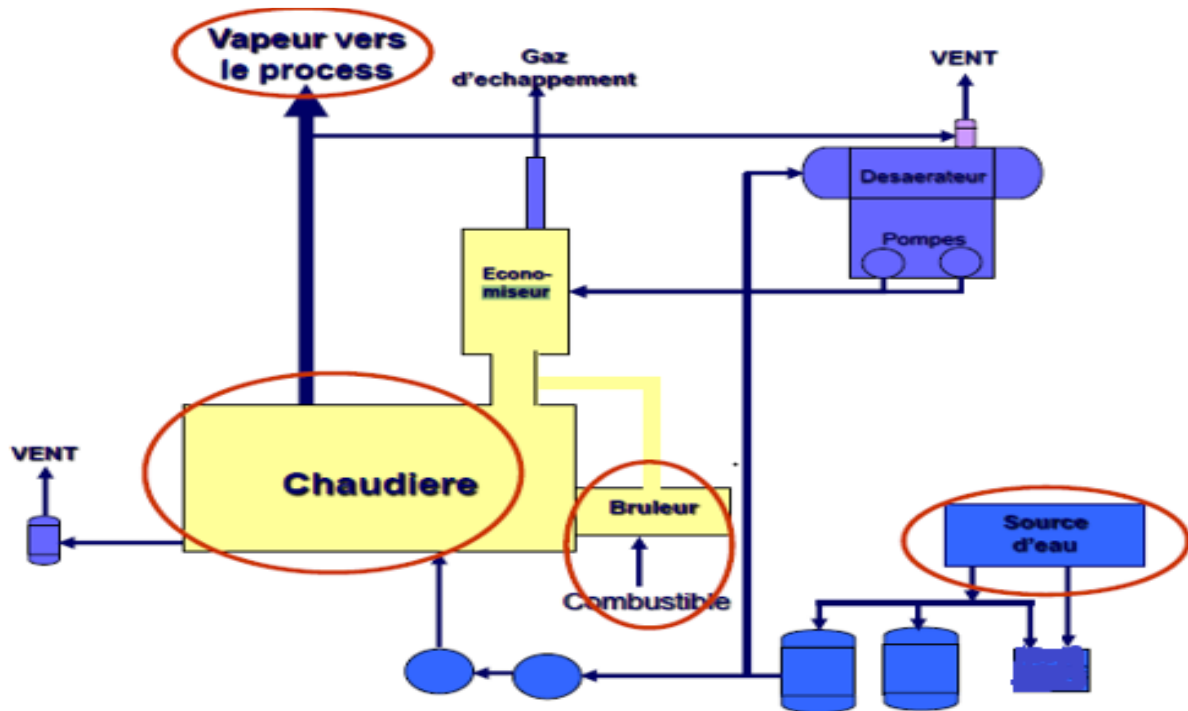
**Années 1990** : montée en puissance de la chaudière à condensation qui récupère la chaleur latente des fumées. Les rendements dépassent les 100% sur PCI.

**Années 2000** : mixage des énergies avec pompes à chaleur et solaire. Apparition de l'éco-générateur, de la chaudière hybride (avec pompe à chaleur). [R 1]

### **I.4. Description des chaufferies**

Le système de chaudière comprend un système d'alimentation en eau, un système de vapeur et un système de carburation. Le système d'alimentation en eau fournit de l'eau à la chaudière et règle sa quantité automatiquement pour répondre à la demande de vapeur. Différentes vannes offrent un accès pour l'entretien et la réparation. L'eau fournie à la chaudière est convertie en vapeur d'eau.

Le système de vapeur collecte et contrôle la vapeur produite dans la chaudière. La vapeur produite est dirigée à travers un système de tuyauterie vers le point d'utilisation. A travers l'ensemble du système de chaufferie, la pression de vapeur est réglée à l'aide des vannes et vérifiée avec des cubes de pression de vapeur. Le circuit d'alimentation en combustible comprend tout le matériel utilisé pour fournir du combustible pour générer la chaleur nécessaire. Le matériel nécessaire dans le système de carburant est fonction du type de combustible utilisé dans le système.



**Figure 2:** Représentation schématique d'un système de chaufferie

## **I.5 Types de Chaudières à vapeur**

La chaudière à vapeur est un ensemble d'échangeurs de chaleurs conçus pour transformer de l'eau en vapeur sous pression aux dépens de la combustion d'un combustible solide, liquide ou gazeux.

Les chaudières peuvent être classées suivant leur mode de construction. On distingue les chaudières à tubes d'eau et à tubes de fumée et Chaudières compactes et Chaudières à retour de flamme

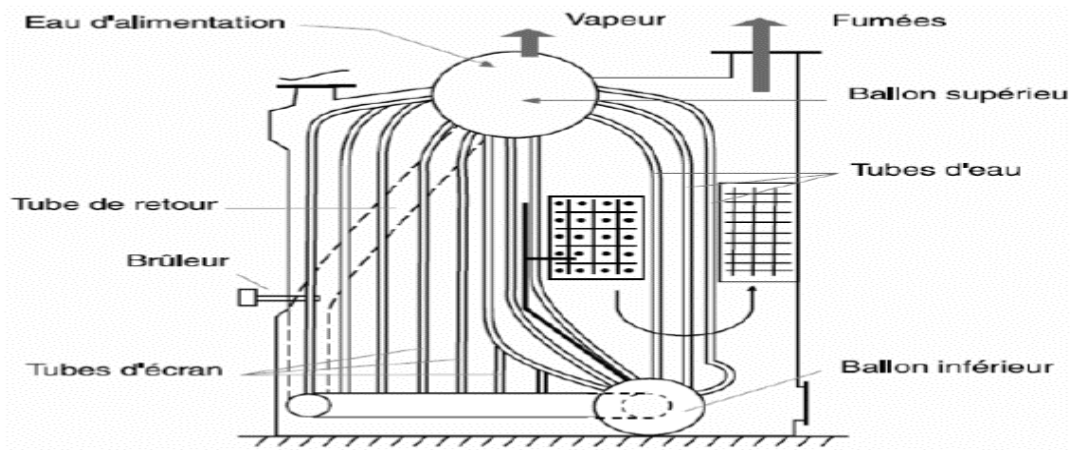
### **I.5.1. Chaudière à tube d'eau**

Dans cette construction, c'est le fluide caloporteur qui circule dans des tubes, les gaz chauds circulant à l'extérieur de ceux-ci. L'avantage de cette formule est surtout la sécurité de ne pas avoir de grandes quantités d'eau dans la chaudière même, qui pourraient en cas de rupture mécanique, entraîner une création explosive de vapeur. Elles ont également l'avantage d'avoir une plus faible inertie. Dans ce type de chaudière, le foyer a toujours un volume très important. De plus, le foyer a la possibilité d'être ouvert dans sa partie inférieure. Ce sont ces deux caractéristiques qui font qu'elles sont souvent utilisées avec des combustibles solides même pour des puissances de quelques MW seulement. [réf[2]]

#### **I.5.1.1. Fonctionnement**

Ce type de chaudière possède deux réservoirs appelés ballon distributeur, dans la partie inférieure et ballon collecteur ou vaporisation dans la partie supérieure. Ces ballons sont reliés par un faisceau de tubes vaporisateurs où circule l'eau qui se transforme en vapeur.





**Figure 3:** Schéma d'une chaudière à tube d'eau

Les gaz chauds produits par le brûleur sont directement en contact avec les tubes vaporisateurs. La vapeur ainsi générée est collectée dans le ballon supérieur. L'eau excédentaire est ramenée vers le ballon inférieur par des tubes de chute non soumis à la chaleur.

La chaudière à tube d'eau est classée en trois catégories :

- Chaudière à circulation forcée,
- Chaudière à circulation contrôlée,
- Chaudière à circulation naturelle.

**a. Chaudière à circulation forcée,**

Dans ce type de chaudière la circulation de l'eau dans les tubes est assurée à l'aide d'une pompe quand la hauteur des tubes est faible ou la pression est très élevée.

**b. Chaudière à circulation contrôlée**

La circulation de l'eau peut se faire en forcée circuit fermé ou en circuit ouvert.

**c. Chaudière à circulation naturelle**

Les chaudières à tubes d'eau à circulation naturelle comportent un ballon supérieur dont partent de gros tubes placés hors du feu. Ces tubes convoient par gravité l'eau vers un ballon inférieur. Les tubes du foyer sont raccordés à ce ballon inférieur. L'eau remonte vers le ballon (supérieur) par ces tubes en recevant donc la chaleur du feu.

## **I.5.2. Chaudière à tube de fumée**

### **I.5.2.1. Définition**

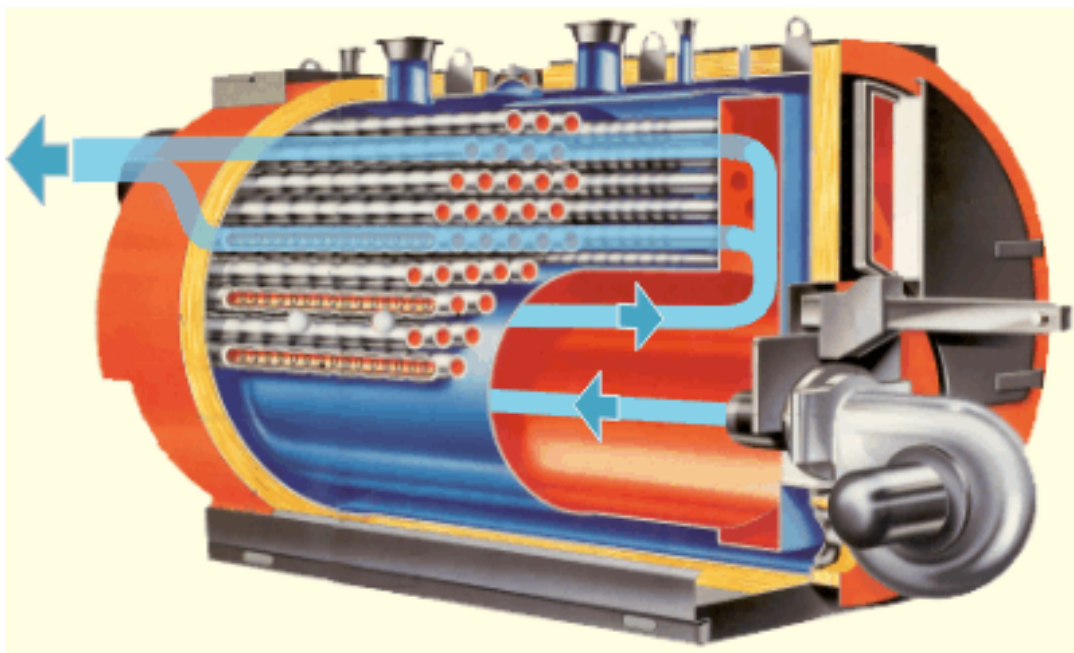
Les chaudières à tubes de fumée (appelées aussi à foyer intérieur), la flamme et les fumées qui résultent de la combustion circulent du brûleur jusqu'à la cheminée dans un faisceau de tubes immergés dans une calandre formant le réservoir d'eau. La circulation des fumées est en plusieurs passes dont la première est généralement constituée d'un seul tube de gros diamètre.

Ces chaudières peuvent être équipées d'un ou de plusieurs brûleurs. Elles produisent généralement de la vapeur saturante, directement issue de l'ébullition dans le réservoir d'eau.

### **I.5.2.2. Principe de fonctionnement**

Les tubes de fumée sont disposés à l'intérieur du récipient d'eau. La vapeur est générée en chauffant un important volume d'eau, au moyen de fumées produites par combustion de fioul et circulant dans des tubes immergés. Les faisceaux tubulaires sont conçus pour assurer une circulation optimale des gaz à l'intérieur du corps de chauffe. Elle se détermine par deux modes [réf[2]]

- ✚ Les chaudières tubes de fumée à deux passes
- ✚ Les chaudières tubes de fumée à trois passes



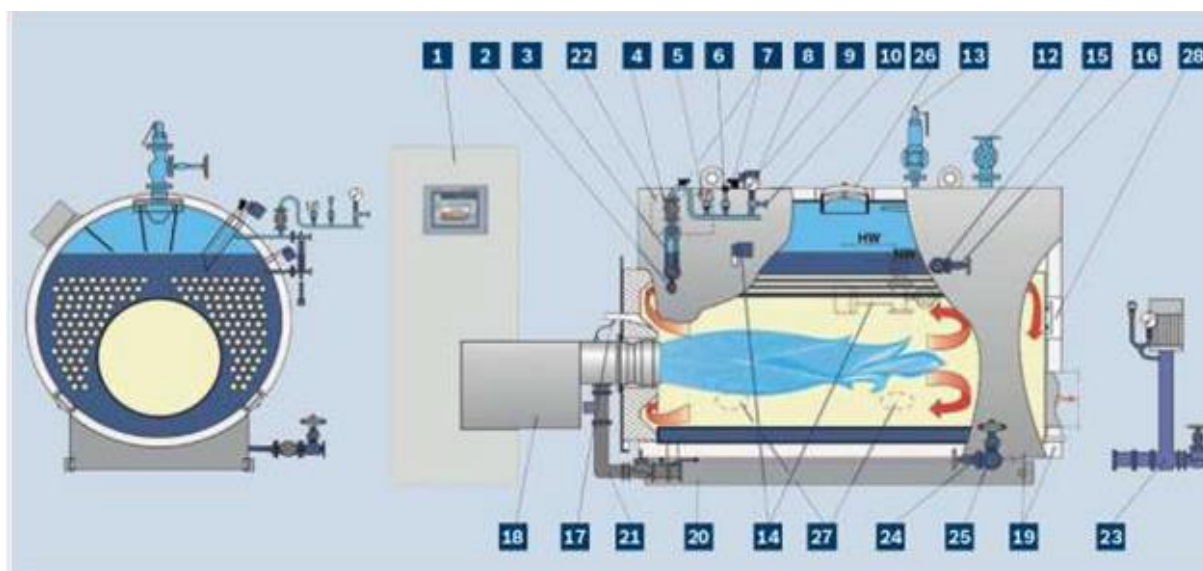
**Figure 4** : Vue d'une chaudière à tubes fumés à trois passages

## Etude de la chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA

Quel que soit le modèle que vous avez, le principe de fonctionnement d'une chaudière repose sur des éléments qui varient peu :

- ✚ Pour les chaudières à combustion, le carburant est brûlé, et c'est cette action qui produit de la chaleur.
- ✚ Pour les modèles électrique ou thermodynamique, il n'y a pas de combustion, mais l'utilisation d'une source d'énergie "invisible"
- ✚ Dans tous les cas, l'énergie utilisée ou dégagée par la combustion sert à produire de la chaleur, qui se transmet ensuite à des circuits reliés à des émetteurs de chaleur (radiateurs, planchers chauffants) et/ou au dispositif d'alimentation en eau chaude.
- ✚ Les vapeurs dégagées et résidus de combustion sont évacués, sauf dans les modèles à condensation, dans lesquels la vapeur est réutilisée en circuit interne. [réf[3]]

### I.5.2.3. Les composants d'une chaudière à tube de fumées



1. Armoire électrique de commande avec commande	15. Clapet anti-retour eau d'alimentation
2. Robinet de vidange	16. Robinet de remplissage
3. Indicateur de niveau d'eau	17. Regard de flamme
4. Rampe manostat	18. Bruleur
5. Limiteur de pression	19. Isolation avec enveloppe de protection
6. Transmetteur de pression (4-20 mA)	20. Châssis porteur
7. Electrode de sécurité niveau bas	21. Module de régulation du gaz
8. Manomètre	22. Boîtier de raccordement
9. Transmetteur de niveau (4-20 mA)	23. Module de pompe d'alimentation
10. Soupape de fermeture du manomètre avec bride de contrôle	24. Robinet de vidange
12. Vanne d'extraction de vapeur	25. Robinet de purge à fermeture rapide
13. Soupape de sécurité à course complète	26. Trappe de visite, côté vapeur
14. Mesure de la conductivité et purge automatiques	27. Trappe de visite, côté eau
	28. Trappe de visite, côté fumée

Figure 5: Vue de l'ensemble des Composants d'une chaudière industrielle [réf[3]]

### I.5.2.3.1. Le foyer ou chambre de combustion

C'est la partie principale du générateur de vapeur son rôle est d'assurer l'échange thermique de la chaudière en dégageant une quantité de chaleur nécessaire à la vaporisation de l'eau.

### I.5.2.3.2. Le brûleur

Appareil qui met en présence un combustible et un comburant, afin d'introduire le gaz dans la chambre de combustion, d'adapter la flamme à l'usage à laquelle elle est destinée (longueur, volume, température, dureté) et de permettre de régler la combustion à sa sortie

Mais le rôle fondamental du brûleur est de changer l'état physique du combustible de telle façon qu'il passe de l'état liquide à l'état de vapeur ou à l'état de très fines gouttelettes afin qu'il puisse s'enflammer. Il existe deux types de brûleurs selon le combustible utilisé: à fuel ou à gaz.

### I.5.2.3.3. Faisceau vaporisation

C'est un ensemble de tubes entourant la chambre de combustible où l'émulsion eau-vapeur y circule. Cette dernière est recueillie dans un réservoir où a lieu la séparation entre la vapeur et l'eau cette vapeur sera ensuite surchauffée.

Pour éviter les pertes importantes qui résulteraient de leur envoi à la cheminée, d'autres genres de surface de chauffe sont encore prévues, constituant les réchauffeurs d'eau ou économiseurs et les réchauffeurs d'air.

### I.5.2.3.4. Ventilateur

Il assure la circulation des gaz dans le générateur de vapeur y compris les fumées, et l'air de combustion.

### I.5.2.3.5. Cheminée

La chaudière est équipée d'une cheminée métallique c'est par là que les fumées sont évacuées après avoir été refroidies.

### I.5.2.3.6. Armatures (Robinetterie)

Les chaudières comprennent les divers registres, soupapes de Sécurité, voyant de flamme, robinets qui servent à l'ouverture et la fermeture des conduits et divers instruments de mesure de vapeur. L'utilisation de ses équipements améliore la sécurité et le bon fonctionnement de l'ensemble.

### I.5.2.3.7. Isolation

Les parois extérieures des chaudières sont recouvertes d'un isolant soit de la laine de verre ou de la réfractaire.

### I.5.2.3.8. Le Ballon

C'est un réservoir où se trouvent les deux phases liquide-vapeur, son rôle est de séparer l'eau de sa vapeur et d'assurer la circulation naturelle de la vapeur.

### I.5.2.3.9. Armoire électrique :

L'armoire électrique est un boîtier qui contient un réseau de distributions électriques, fonctionnant avec des résistances chauffantes et éventuellement, à différentes fréquences. Son rôle essentiel est de protéger ce réseau de tout incident dangereux et elle nous assure le fonctionnement automatique de la chaudière

## I.6. Etude et analyse du bilan thermique d'une chaudière industrielle

La chaleur apportée par un combustible qui brûle dans la chaudière n'est pas totalement récupérée par le fluide que l'on veut chauffer, on opère une partie par différents mécanismes. La chaleur apportée par unité de masse (ou de volume) est également le pouvoir calorifique du combustible. La chaleur qui sert à chauffer est appelée la chaleur utile, les pertes qui sont de différents natures ne peuvent être éliminées cependant, les règles de conduite et d'entretien permettent de produire ces pertes au minimum et augmenter l'efficacité de la chaudière, cette efficacité est exprimée par le rapport entre l'énergie utile est l'énergie introduite apportée par le combustible.

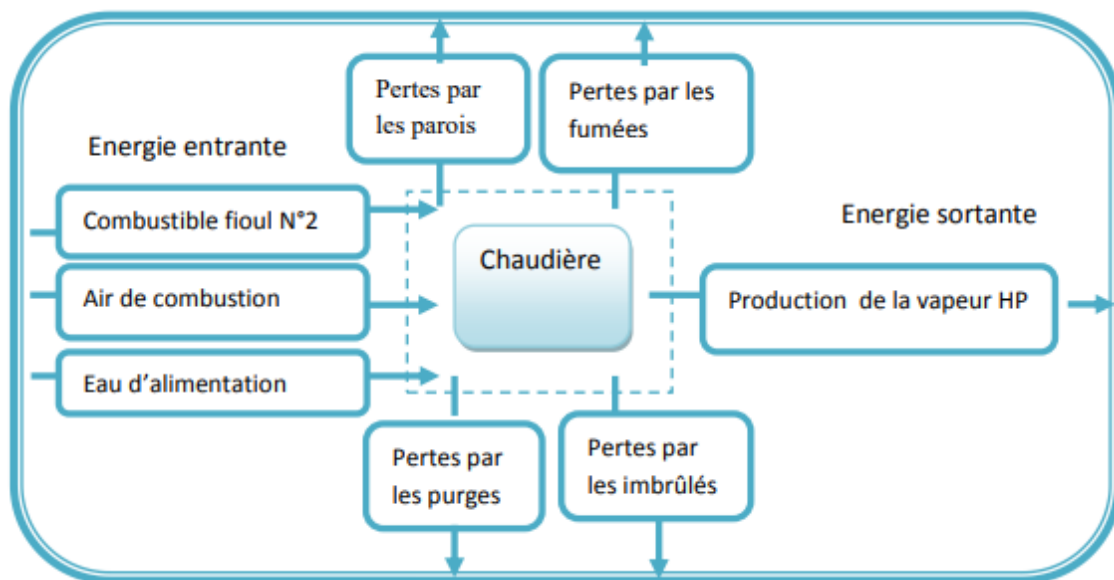


Figure 6: Bilan d'énergie du système chaudière [R 4]

*Energie entrante = énergie sortante*

Sachant que :

*Energie entrante = combustible + air préchauffé + eau préchauffée*

Ainsi on peut écrire que :

*Energie sortante*

*= vapeur + pertes par les fumées + pertes par parois  
+ pertes par imbrulés + pertes par les purges*

### I.6.1 Energie entrante :

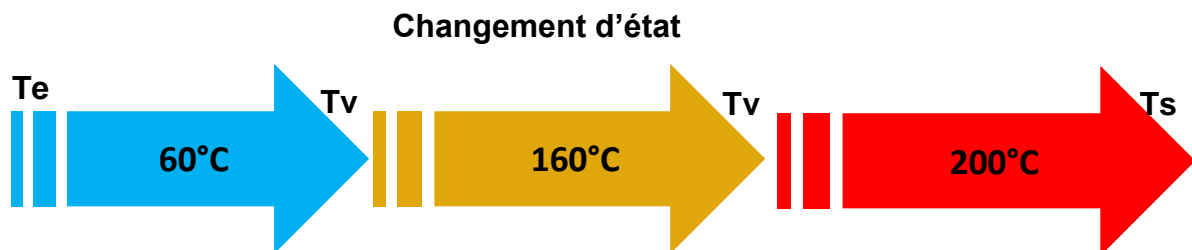
Puissance donnée par la combustion de fioul :  $P_{app}$

$P_{app} = \text{débit du fioul} \times \text{pouvoir calorifique du fioul}$  en W.

Avec : D débit du fioul en kg/h et Pouvoir calorifique du fioul en Wh/kg

### I.6.2 Energie sortante :

L'eau entre dans la chaudière avec une température de 60 °C puis il commence à se vaporiser à une température de 164.96 °C puis il subit une augmentation de température jusqu'à environ 200 °C.



**Figure 7:** Cycle de modifications de températures dans une chaudière industrielle

La puissance utile de la chaudière peut être calculée via le modèle mathématique suivant :

$$P_{util} = D_e \times C \times (T_v - T_e) + D_e \times L_v + D_e \times C_p \times (T_s - T_v) \quad (I.1)$$

Avec :

$D_e$  : Débit d'eau d'entrée en kg/h,

$C$  : Chaleur spécifique de l'eau liquide en kJ/kg

$T_v$  : Température de vaporisation de l'eau à 7 baren °C

$T_e$  : Température d'entrée de l'eau en °C,

$T_s$  : Température de sortie de vapeur en °C,

$L_v$  : Chaleur latente de vaporisation à 8 bars en kJ/kg

$C_p$  : Vapeur d'eau considérée comme un gaz parfait en kJ/kg.

### **I.6.3. Calculs des pertes dans une chaudière industrielle**

#### ***I.6.3.1. Pertes par les purges***

Les pertes proviennent de la chaleur sensible des purges. Elles peuvent être réduites par un traitement adéquat d'alimentation et un bon système de retour de condensats. Ces pertes dépendent de la température et du débit des purges. Généralement les pertes par les purges en W sont estimées à 2.5% de la puissance d'entrée.

$$P_u = \frac{P_{app} \times 2.5}{100} \quad (I. 2)$$

#### ***I.6.3.2. Pertes par les parois***

Leur calcul est difficile, elles dépendent de la géométrie de la chaudière, de composition des parois, de l'état du calorifugeage et son entretien. Les pertes par les parois en W sont estimées généralement à 4% .

$$P_a = \frac{P_{app} \times 04}{100} \quad (I. 3)$$

#### ***I.6.3.3. Pertes par les fumées***

Elles représentent la chaleur emportée par les gaz chauds, ces quantités de chaleur sont proportionnelles au volume de fumée pour les calculer on utilise la relation semi-empirique suivante :

$$Q_f (\%) \text{ du PC} = m * (T_{fu} - T_a) / a \quad (I.4)$$

$Q_f$  : Quantités de chaleur correspondante au pouvoir calorifique du combustible consommé

$m$  : coefficient variant avec le combustible on a pour le fioul  $m=0.6$ ,

$T_{fu}-T_a$  : écart de température entre les fumées ( $T_{fu}$ ) et l'air comburant ( $T_a$ ) ;

$a = (CO_2) \%$  : teneur (%) en  $CO_2$  des fumées (14%).

Suite à ce calcul de quantité de chaleur perdue dans les fumées on peut calculer les pertes par les fumées via la relation ci-dessous, avec  $P_f$  en W.

$$P_a = \frac{P_{app} \times Q_f(\%) \text{ du PC}}{100} \quad (I.5)$$

### **I.6.2. Calcul du rendement**

Le rendement d'une chaudière est le rapport de la puissance utile et la puissance donnée par la combustion de combustible, il exprime sa capacité à récupérer l'énergie de son combustible pour la restituer au circuit de chauffage, et il permet de prévenir la performance de la chaudière.

$$\eta = \frac{P_{util}}{P_{app}} \quad (I.6)$$

## **I.7 .Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude sur les chaudières, ou elles ont été définies en termes généraux, puis nous l'avons traitée en invoquant leur histoire et leurs types, le principe de fonctionnement de la chaudière et tous les composants de cet appareil industriel.



#### **II.1. Introduction**

Dans l'industrie moderne, les chaudières occupent un rôle primordial dans la plupart des processus industriels et sont devenues un critère important dans l'investissement des centrales thermiques. Elles font l'objet d'une évolution technologique considérable. En effet, les processus de fonctionnement et de monitoring des chaudières sont devenus très faciles à contrôler. Ceci est dû à la simplicité des circuits de commande et de régulations. Via des moyens matériels capteurs ou actionnaires, les chaudières sont devenues un laboratoire pour minimiser les risques, d'explosions, d'incendies, etc. Ainsi, pour optimiser la consommation d'énergie, et d'optimiser leurs bilan énergétique.

En revanche, l'étude des circuits de régulations des chaudières est devenue un sujet très vaste dans divers domaines industriels, tel que, les centrales de production d'énergie électrique, les usines de textiles, de laiteries, etc. Dans ce chapitre, nous allons étudier ces circuits pour découvrir le fonctionnement de la régulation, particulièrement les circuits de régulations des chaudières industrielles. Alors, ce chapitre comportera une étude détaillée sur les différents types de régulation des chaudières, montrons les chaînes de mesures et le principe de fonctionnement de chaque type. Ainsi, nous allons présenter les objectifs, de la régulation et des scénarios de dégâts en cas de dysfonctionnements.

#### **II.2. Régulation**

Le principe de régulation est simple, il s'agit d'une traduction d'une grandeur en une autre grandeur, on fait appel au capteur. Ce dernier est un organe sensible transformant la grandeur à mesurer en un signal électrique ou numérique. Les grandeurs à mesurer dans la chaudière, en dehors du brûleur, sont la température, la pression et le niveau d'eau. Une fois on a reçu le signal ceci doit déclencher toute une chaîne qu'on l'appelle régulation. En effet, C'est l'ensemble des techniques utilisées visant à contrôler une grandeur physique. Pendant une régulation, on s'attachera à maintenir constante la grandeur réglée d'un système soumis à des perturbations. Dans un circuit de régulation, l'ensemble régulateur et système réglé doivent former une boucle fermée.

##### **II.2.1. Objectifs de la régulation**

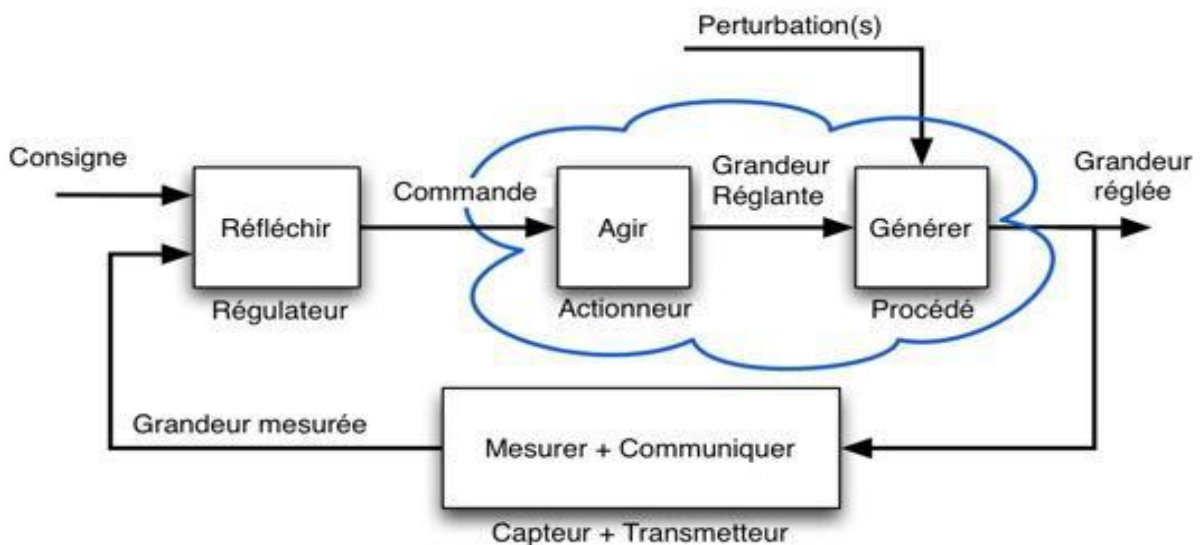
Les objectifs de la régulation sont multiples, La régulation consiste à maintenir une grandeur physique constante telle que le niveau d'eau d'un réservoir percé, la température et / ou l'humidité d'une chaudière, etc. Pour cela, la régulation adapte la puissance ou le combustible à apporter en fonction des besoins. En effet pour maintenir la consigne, il faut compenser les perturbations telles que les fuites du réservoir, les variations de la température extérieure ou de l'ensoleillement dans les procédés solaires, etc. On note que, La valeur de la grandeur que l'on souhaite à maintenir constante est appelé consigne. Pour la mise en œuvre d'une chaîne de régulation, il est nécessaire de disposer des moyens hardwares et softwares

qui peuvent répondre à nos besoins, on cite ci-dessous les moyens nécessaires pour établir une régulation adéquate :

- ✓ Instrumentation du système : choisir les capteurs et actionneurs en fonction des besoins physiques, de coût et de performances demandés au système.
- ✓ Détermination des relations entrées-sorties du système,
- ✓ Modélisation pour la détermination de la structure mathématique des relations.
- ✓ Identification pour le calcul des coefficients du modèle.
- ✓ des utilitaires logiciels performants et faciles à utiliser

### II.2.2- Principe de fonctionnement

Résumant, pour réguler un système physique, il faut mesurer la grandeur réglée avec un capteur où le régulateur compare la grandeur réglée avec la consigne et élabore le signal de commande. En agissant sur la grandeur réglant par l'intermédiaire d'un organe de réglage, on peut représenter une chaîne de régulation en appuyant sur le schéma ci-dessous. En plus de le signal de commande le schéma montre les éléments essentiels dans une chaîne de régulation. Si on admet que le signal de sortie se caractérise par un écart important avec la consigne, grandeur mesurée, donc ça nécessite une correction. Cette correction peut être réalisée via l'organe responsable de la réflexion (régulateur). Ceci va générer un nouveau signal de commande pour corriger l'écart.



**Figure 8:** Schéma de principe de fonctionnement d'une régulation [R 42]

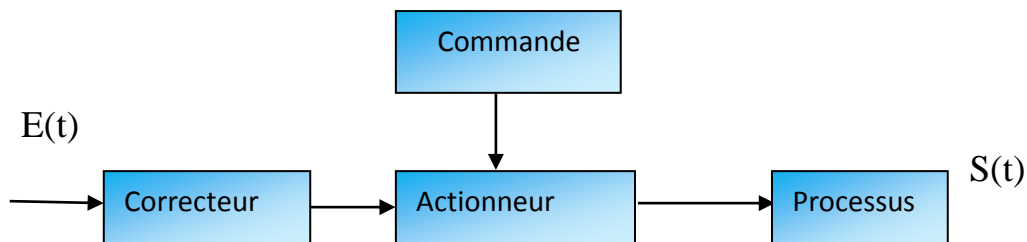
### II.2.3. Les boucles de régulation

#### II.2.3.1- Régulation en boucle ouverte

Dans un asservissement en boucle ouverte, l'organe de contrôle ne réagit pas à travers le processus sur la grandeur mesurée. Ce type de régulation ne peut être mis en œuvre que si l'on connaît la loi régissant le fonctionnement du processus. Autrement dit, il faut connaître la corrélation entre la valeur mesurée et la grandeur réglant.

Contrairement à un asservissement en boucle fermée, un asservissement en boucle ouverte permet d'anticiper les phénomènes et d'obtenir des temps de réponse très courts. De plus, il n'y a pas d'oscillation à craindre car il s'agit d'un système dynamiquement stable. Enfin, l'asservissement en boucle ouverte est la seule solution envisageable lorsqu'il n'y a pas de contrôle final possible.

Au niveau des inconvénients, cette régulation impose de connaître la loi régissant le fonctionnement du processus. Autre inconvénient sérieux, il n'y a aucun moyen de contrôler et de compenser les erreurs, les dérives et les accidents qui peuvent intervenir à l'intérieur de la boucle. Enfin, la régulation en boucle ouverte ne compense pas les facteurs perturbateurs [R&F[5]].



**Figure 9:** Système en boucle ouverte [R&F[5]]

#### II.2.3.2- Régulation en boucle fermée

Dans une régulation en boucle fermée, une partie essentielle des éléments perturbateurs sont automatiquement compensés par la contre-réaction (correcteurs). Il n'est pas obligatoire de connaître avec exactitude les lois, le comportement des différents composants et le processus. La régulation en boucle fermée n'anticipe pas. Pour que la régulation envoie une commande à l'élément de contrôle, il faut que les perturbations ou les éventuelles variations de la valeur de consigne se manifestent sur la sortie du processus : ceci peut exiger un délai parfois gênant [R&F[5]].

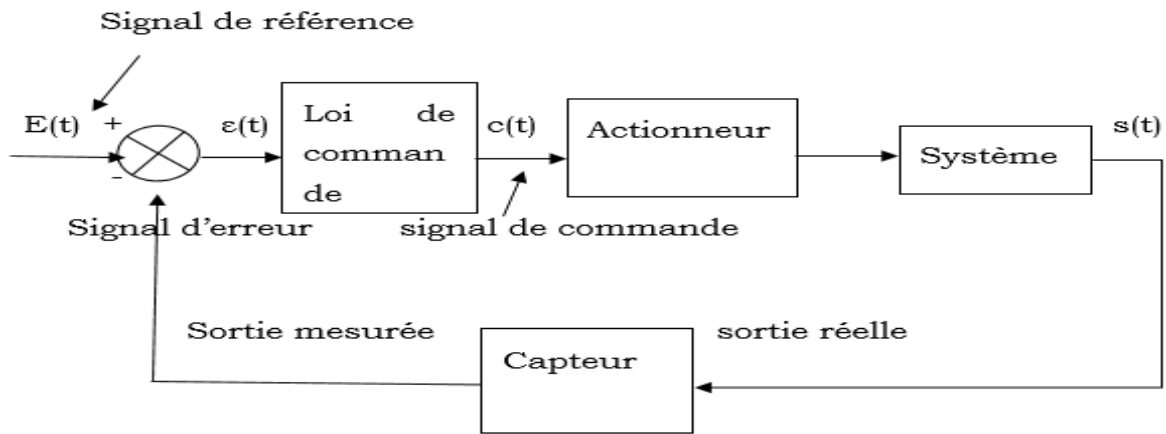


Figure II.3. Système en boucle fermée

Figure 10: Système en boucle fermée [Raf2]

### II.3. Formes des régulateurs

#### II.3.1. Formes générale

Le régulateur PID (proportionnel, intégrateur, dérivateur) est un système de contrôle, permettant d'effectuer un asservissement en boucle fermée d'un système industriel. C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie, et il permet de régler un grand nombre de grandeurs physiques.

Le régulateur est un appareil qui a pour rôle de contrôler le procédé en garantissant les comportements dynamique et statique du procédé conformément au cahier des charges. Ceci est réalisé par le réglage d'adaptation des paramètres de sa fonction de transfert au procédé à contrôler. Il comprend un dispositif amplificateur de l'erreur, qui fonctionne avec un apport de l'énergie extérieure, et un organe de contrôle qui modifie la quantité à contrôler pour la faire tendre vers la consigne (Figure II.4).

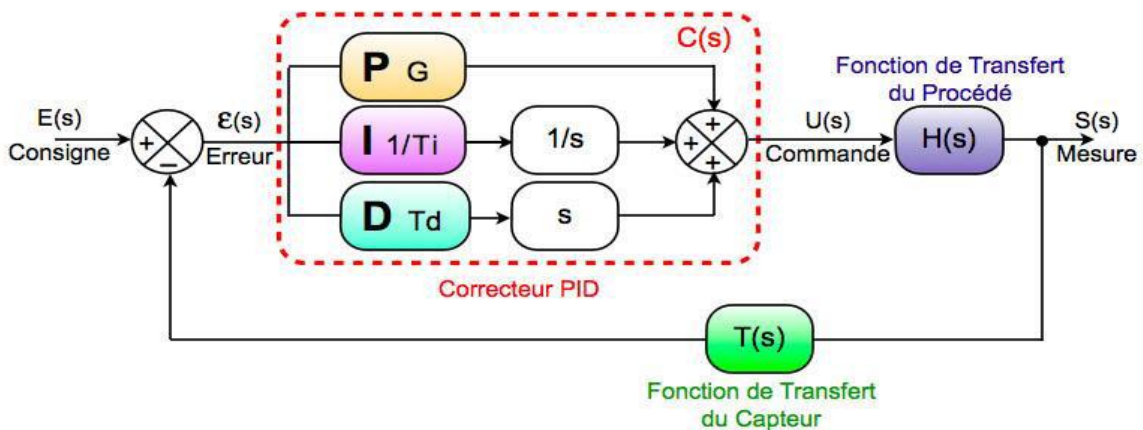


Figure 11: Forme des régulateurs P, PI et PID [Raf2]

### **II.3.2. Correcteur proportionnel**

On utilise un régulateur lorsque la précision n'est pas importante. Le réglage par exemple du niveau d'eau dans un réservoir de stockage. L'action P est souvent suffisante pour régler plusieurs systèmes dans l'industrie. Son grand avantage réside dans sa simplicité de réalisation. L'action du correcteur proportionnelle est de multiplier l'erreur par un gain (constante), soit :

$$U_p = K(t).e(t) \quad (II.1)$$

### **II.3.3. Correcteur intégral**

Pour un régulateur intégral pur, le régime dynamique est relativement long. Il réagit immédiatement aux écarts de réglage mais il n'est pas mesure de supprimer totalement l'erreur statique. La combinaison des actions proportionnel et intégrale permet de remédier à cet inconvénient. La composante intégrale se traduit par l'équation suivante :

$$U_i = K_i. \int_0^t e(t) \quad (II.2)$$

### **II.3.4. Correcteur dérivateur**

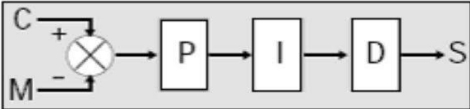
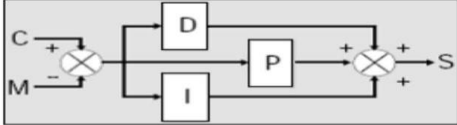
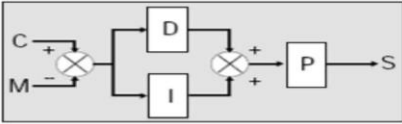
Un régulateur dérivateur pur, permet d'agir lorsque la variation de la perturbation est rapide et ne prend pas en compte les perturbations constantes.

La composante dérivée se traduit par l'équation suivante :

$$U_d = K_d. \frac{de(t)}{dt} \quad (II.3)$$

**II.3.5. Différentes structures d'un PID**

**Tableau 1:** présent les différentes structures d'un régulateur PID

Structure du régulateur	Schémas de fonction de transfert
Série	 $K_p \left( \frac{T_i - T_e}{T_i} + \frac{1}{pT_i} + pT_d \right)$
Parallèle	 $K_p + \frac{1}{pT_i} + pT_d$
Mixte	 $K_p \left( 1 + \frac{1}{pT_i} + pT_d \right)$

**II.3.6. Régulateur tout ou rien**

La régulation est l'adaptation de niveau d'eau aux besoins. Si le niveau d'eau descend au-dessous de la valeur de consigne (Min), le régulateur le détecte et ferme l'interrupteur. La pompe est enclenchée et le niveau d'eau remonte. Si une valeur Min suffisait pour arrêter le pompage, un risque de pompage apparaîtrait. La pompe passerait de marche à arrêt, puis arrêt et marche avec une telle fréquence le matériel risque de se détériorer. On prévoit dès lors le placement d'une autre sonde à une position maximale dont le est réglable.

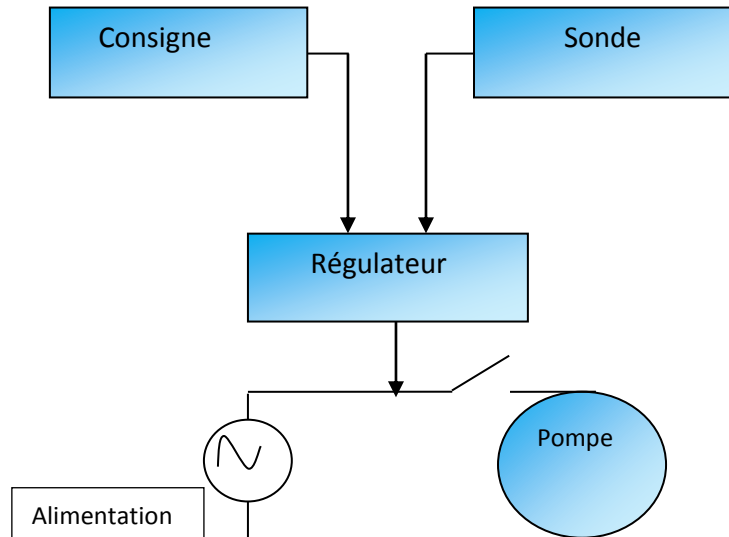


Figure 12: Schémas d'un régulateur tout ou rien [R 42]

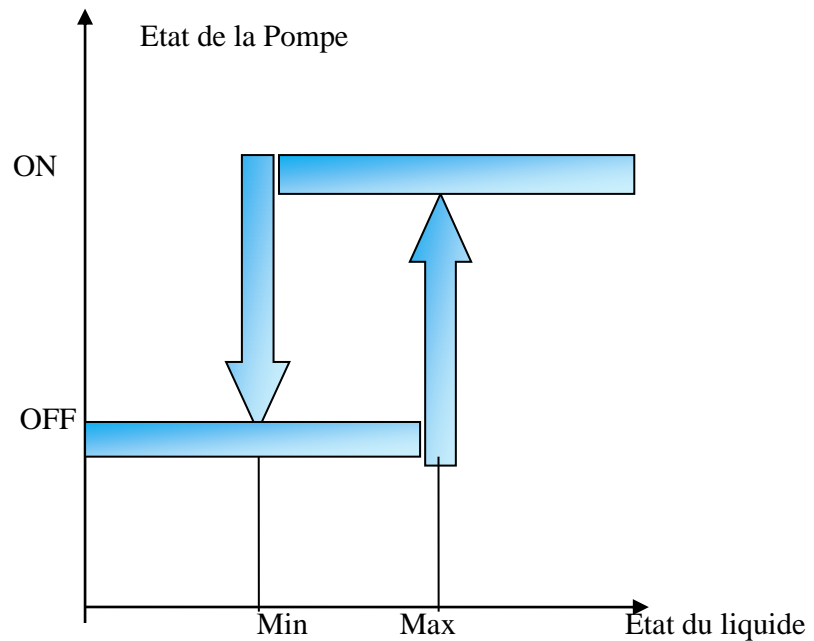


Figure 13: Etat de la pompe en fonction de l'état du liquide [R 42]

#### II.4. Le système de régulation dans la chaudière

Le bon fonctionnement et la prévention des installations industrielles reposent nécessairement sur la régulation. Ainsi pour maintenir la stabilité d'un système énergétique, il est nécessaire de recourir à une chaîne de régulation automatique dont la fonction principale est d'assurer le suivi, la surveillance et maîtrise de l'équipement. Cette surveillance s'effectue par l'acquisition des mesures sur le site et la transmission de celles-ci jusqu'à la salle de contrôle où elles seront visualisées par l'opérateur.

Le flux de données mesurées dépend fortement de celle du capteur-transmetteur. Les capteurs doivent être régulièrement étalonnés. Il faut veiller que l'information fournie correspond à la mesure effectuée, cette vérification est d'autant plus fréquente que la mesure (température, débit et niveau). Ainsi, elle est sensible pour la qualité de la production ou la sécurité de l'installation. Le choix du type de chaîne de régulation dépend des variations de charge, importantes et rapides, auxquelles sont soumis ces systèmes [R 6] .

### **II.4.1. Régulation du niveau dans le ballon**

Quel que soit la circulation de vapeur, il est indispensable de maintenir le plan d'eau du ballon supérieur à une position prédéterminée, généralement il est fixé à 80% du ballon. Pour cela la régulation du niveau est nécessaire afin de maîtriser les phénomènes de gonflement et de tassement résultants d'une variation importante de la charge. Il faut noter que le processus de régulation est difficile à établir du fait de l'existence des deux phases liquide et vapeur. Parmi les causes principales qui peuvent conduire à des fluctuations de niveau

- ✓ Variation dans la pression de vapeur
- ✓ Variation soudain de la demande de vapeur
- ✓ Variation soudaine dans le régime de chauffage
- ✓ Rentrée d'eau par suite d'une concentration excessive d'impuretés
- ✓ Extraction par les soupapes de sécurité

Le niveau d'eau dans le réservoir est mesuré à l'aide de transmetteur de niveau, reposant sur le principe de la mesure de la différence de pression entre une colonne de référence et la hauteur d'eau dans le réservoir. Le plan d'eau doit toujours se situer au milieu, entre deux valeurs limites (le niveau bas et le niveau haut de l'eau) qui provoquent le déclenchement de la chaudière. La régulation est de type un élément (niveau) dans les périodes de démarrage, et à trois éléments (niveau, débit vapeur, débit d'eau) pour un débit de vapeur élevé. Il y a deux vannes de régulation placées sur le collecteur d'eau d'alimentation permettent de régler le niveau. L'une d'elle est utilisée en phase de démarrage quand une grande différence de pression entre l'eau alimentaire et la chaudière existe.

### **II.4.2. Régulation de la température de vapeur surchauffée**

Les tubes des surchauffeurs étant soumis à des flux importants, il est nécessaire de maintenir la température de vapeur surchauffée constante à la sortie de la chaudière afin d'assurer le bon fonctionnement de cette dernière. Pour cela, de l'eau de désurchauffe et injectée au niveau des collecteurs inter surchauffeurs. Deux vannes de désurchauffe parfaitement identiques travaillant en cascades sont utilisées pour la régulation de la température de la vapeur surchauffée. La fermeture des vannes

- ✓ Non ouverture de la vanne motorisée d'isolement
- ✓ A l'arrêt de la Chaudière
- ✓ Un débit de vapeur < 10%



Les vannes sont en régulation avec la présence de toutes les conditions suivantes :

- ✓ Vannes motorisées ouverte
- ✓ Chaudière en marche
- ✓ Débit vapeur > 10%

### **II.4.3. Régulation de pression**

La régulation de décharge est utilisée en cas de montée en pression de la chaudière (la pression maximale) pour évacuer l'excédent de vapeur et pour assurer le balayage de la surchauffeur pendant les phases de démarrage.

### **II.4.4. Régulation de la température de désurchauffé**

La régulation de température de désurchauffe permet de maintenir la température de vapeur en sortie de surchauffeur à une valeur proche de son point de consigne. Le maintien de cette température se fait par le mélange de la vapeur en sortie de surchauffeur avec de l'eau alimentaire à travers la vanne d'injection d'eau de désurchauffe

Deux boucles de régulation interviennent dans cet asservissement : une première indexée sur la température de vapeur surchauffé en limite de fourniture et une seconde dont l'objectif est de réguler le débit d'eau de désurchauffe en fonction de la charge de la chaudière

### **II.4.5. Contrôle de l'eau d'alimentation**

Le niveau de l'eau dans la chaudière doit être surveillé. Un niveau trop haut peut être la cause d'entraînement d'eau dans la vapeur. La concentration dans la chaudière, l'alcalinité, le PH, la teneur en oxygène etc. doivent être vérifiés périodiquement pour éviter les incidents d'exploitation :

- ✓ - L'entartrage
- ✓ - La corrosion
- ✓ - L'entraînement de solides dans la vapeur
- ✓ - Le primage excessif

S'il y a entraînement d'eau, la température de la vapeur baissera brusquement, puis se rétablira. Les fluctuations de température augmenteront en fréquence et importance, avec l'accroissement du taux des matières solides et de l'alcalinité de l'eau.

### **II.4.6. Contrôle de la combustion**

Il faut vérifier périodiquement les bonnes conditions de marche de la combustion. L'examen des pertes est à effectuer périodiquement ce qui permettra de prendre en temps utile toutes les mesures propres à rétablir la bonne marche de la combustion. Les pertes contrôlables

- ✚ Pertes par chaleur sensible à la cheminée. Elles dépendent de la température et du volume des fumées évacués. Pour maintenir la perte sensible au minimum, il est nécessaire de réduire au minimum le volume des fumées évacués à la cheminée en utilisant un excès d'air aussi peu élevé que possible pour la combustion et de réduire le plus possible la température des fumées à la sortie.
- ✚ Pertes par imbrûlés gazeux. La formation de CO est due à un manque d'air ou à un mauvais mélange de l'air et le combustible. Toutes les précautions devront donc être prises pour réduire à zéro la teneur en CO.

### II.4.7. Les problèmes dans la chaudière

Dans la chaudière, plusieurs problèmes peuvent survenir durant son service, du fait qu'elle travaille dans des conditions sévères, haute température (487 °C), haute pression (73 bars), environnement corrosif et fonctionnement continu (parfois des jours sans arrêt).

Ces problèmes ont une influence sur le bon fonctionnement de la chaudière, et parfois des conséquences graves, telles que des explosions. Généralement, les explosions des générateurs de vapeur sont de deux sortes :

- ✓ 1. Explosion des parties sous pression (côté eau).
- ✓ 2. Explosion de la chambre de combustion (côté feu). [R 7]



BOILER EXPLOSION AT BEAVER MILLS, KEENE, N. H., MAY 22, 1893.  
New-Hampshire, 22 Mai 1893



Singapour, 9 Décembre 2000

**Figure 14** : Exemples d'explosion des chaudières à vapeur [R 7]

Les causes qui conduisent à l'explosion d'une chaudière sont diverses. Les plus importantes et les plus fréquentes étant :

### **II.4.7.1. Manque d'eau**

Pour une chaudière, le manque d'eau est sans doute l'incident le plus sérieux qui puisse survenir, car, le niveau d'eau dans le ballon diminue rapidement et les parois des tubes sont surchauffées. Cet incident peut être provoqué par un mauvais fonctionnement de l'alimentation, causé par la défaillance d'une pompe d'eau alimentaire, la carence de la commande automatique, ou par une rupture dans un tube, etc. Cet accident menace l'intégrité structurale du système et provoque l'explosion des parties sous pression du générateur de vapeur [Rf 8] .

En revanche, pour faire face à ce problème il existe certaines opérations à effectuer, la première est d'arrêter les feux immédiatement c'est-à-dire ils seront coupés automatiquement si le niveau de l'eau est très bas. Ainsi, Prendre l'alimentation en manuelle et procéder à:

- ✓ a) Si le débit d'eau d'alimentation, bien qu'insuffisant, s'est maintenu il faut le réduire progressivement sans toutefois l'annuler.
- ✓ b) Si l'eau d'alimentation, après disparition temporaire, redevient disponible, il faut reprendre l'alimentation à un débit très nettement inférieur à celui enregistré au moment de l'incident, pour le stabiliser à une valeur faible correspondant à celle de la dernière phase du cas précédent. [Rf 9]

Le but de la mise en commande de l'alimentation et de la réduction graduelle du débit d'eau est d'éviter de baigner brutalement certaines parties sous pressions où le métal aurait pu être surchauffé

- ✓ • A faible débit, et feux stoppés, le niveau doit se refaire très lentement. Il faut donc suivre la montée pour la mise à niveau normale, puis fermer l'alimentation pour contrôler la tenue de ce niveau. S'il se maintient, (preuve que la chaudière n'a pas souffert) l'unité pourra être normalement remise à feu.
- ✓ • Si le niveau ne se maintient pas, il faut réduire la pression de la vapeur graduellement en ouvrant la purge à la sortie de la surchauffeur. La chaudière se refroidit peu à peu, et le débit d'air est réduit. Dès que la chaudière est refroidie et sa pression abaissée à la pression atmosphérique, le ventilateur sera arrêté
- ✓ • Ne jamais vider la chaudière jusqu'à ce que le foyer soit assez froid. Avant la vidange de la chaudière, examiner l'unité pour y déceler les effets possibles d'une surchauffe localisée tels que fuites ou déformation de certaines parties sous pression.

### **II.4.7.2. Rupture des tubes**

Plusieurs paramètres peuvent produire une rupture dans les tubes vaporisateurs, on peut citer la défaillance ou la corrosion des tubes. Quand l'incident se produit, le ballon supérieur (réservoir) se vide rapidement. L'eau d'alimentation qui entre dans le réservoir vient directement en contact avec les parois du ballon, ce qui entraîne des tensions dangereuses du fait de la grande différence de température entre l'eau d'alimentation et celle des tôles.

Les opérations qu'on peut effectuer dans le cas de cet incident sont multiples telles que, Si la fuite dont la conséquence est une perte d'eau peu importante, le niveau doit être maintenu et la chaudière mise hors service de manière normale. En cas de rupture créant une perte d'eau tel que le niveau ne peut être maintenu avec le débit maximum des pompes alimentaires, il faut procéder sans délai aux opérations successives suivantes : [R 49]

- Stopper les feux immédiatement et complètement.
- Réduire les ventilateurs de soufflage dès la disparition de la flamme
- Couper l'alimentation de la chaudière.
- Régler le soufflage pour assurer l'échappement à la cheminée de la vapeur formée dans le foyer.
- Isoler la chaudière à la vapeur.
- Pendant la chute de la pression à la chaudière, réduire progressivement le soufflage et assurer l'échappement de la vapeur à la cheminée.
- Laisser en service le soufflage pendant 2 à 3 heures après la chute de la pression effective de la chaudière à zéro.

### **II.4.7.3. Mauvaise combustion**

Si la combustion est élevée plus que la moyenne de fonctionnement, le niveau d'eau diminue rapidement dans la chaudière et la pompe d'alimentation travaille beaucoup ce qui peut causer une surchauffe et par la suite son endommagement. Un autre incident peut se produire tel que l'arrêt d'urgence du combustible, dans ce cas il faut exécuter les opérations suivantes :

- Maintenir le débit d'air à 30% environ pour purger le circuit des fumées pendant au moins 5 minutes
- S'assurer que toutes les vannes individuelles gaz aux brûleurs sont fermées

### **II.4.7.4. Explosion du foyer**

Les explosions de foyer sont généralement le résultat des causes suivantes :

- L'existence de combustible imbrûlé dans le foyer résultant d'une combustion
- Incomplète ou d'un manque d'allumage
- Le mélange de ce combustible imbrûlé avec l'air en proportion explosive

Les explosions de foyer peuvent être évitées en prenant quelques précautions telles que :  
[[R 9]]

- ✓ - Maintenir un débit d'air de combustion minimum de 30% de la pleine charge pendant l'allumage pour prévenir toute accumulation de mélanges explosifs.
- ✓ - S'assurer que les vannes d'entrée du combustible sur les brûleurs non utilisés sont étanches lorsqu'elles sont fermées.
- ✓ - Porter attention aux feux afin que le combustible puisse être coupé sans délai s'il y a extinction. Purger immédiatement le foyer pendant plusieurs minutes avec le ventilateur maintenu en service, avant de rallumer.
- ✓ - En démarrage, si l'allumage n'est pas établi en quelques secondes, purger le foyer, comme indiqué ci-dessus, avant d'essayer à nouveau d'allumer.
- ✓ - Ne pas maintenir la pression des combustibles dans le circuit alimentant les brûleurs si cela n'est pas nécessaire.

### **II.4.7.5. Fatigue et fragilisation du métal**

Les chocs thermiques provoquent des cycles de dilatation restreinte, engendrant des gradients de contraintes qui s'initieront généralement sur les défauts géométriques des surfaces [R 10]. La fatigue à chaud traduit une évolution en fonction du temps et sous l'effet des contraintes de service qui ont tendance à accélérer des phénomènes de précipitation [R 11].

### **II.4.7.6. Qualité de l'eau**

La qualité de l'eau influe fortement et peut conduire à la destruction des surfaces internes des tubes vaporisateurs. Il est donc impératif de traiter l'eau de la chaudière afin d'éviter le dépôt de tartre à l'extérieur du tube foyer. En effet, le tartre provoquerait un mauvais échange thermique, un temps de mise en pression-température plus long, un risque de surchauffe au niveau du tube foyer, une surconsommation de combustible, une augmentation de la température des fumées au niveau de la cheminée. L'expérience a montré qu'il est nécessaire de maintenir à une valeur convenable les caractéristiques chimiques de l'eau des différents circuits afin d'éviter la corrosion définie comme étant l'ensemble des processus destructifs que subit un corps solide sous l'action de certains paramètres extérieurs (agent atmosphérique ou produit chimique). [R 12]

Également, L'entartrage ou dépôt qui est localisé directement sur les parois externes des tubes de la chaudière. Le tartre joue le rôle d'un isolant thermique au transfert de chaleur. Les chaleurs 'accumule dans la paroi ce qui engendre des points chauds.

## **II.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, présenté les notions de base de la régulation ainsi que nous avons pu déterminer les différents concepts des boucles de régulation. Nous avons ainsi donné un aperçu détaillé sur le principe de fonctionnement de chaque type de régulation. Via ce chapitre nous pouvons déterminer les types et les méthodes de régulation utilisées dans une chaudière industrielle.

Ainsi, nous avons décrit les différentes grandeurs physiques à réguler dans une chaudière avec les opérations de surveillance de la chaudière ainsi nous avons présenté tous les problèmes et Les causes qui conduisent à l'explosion d'une chaudière.

#### **III.1.Introduction**

Ce chapitre présente l'unité pédagogique de contrôle et application située à notre institut de maintenance et sécurité industriel IMSI Ex IAP qui nous avons eu la chance et l'initiative de consulter ses documentations trouvées après les classer et lancer un projet de rénovation de cette unité.

#### **III.1. Présentation de l'UPCA**

L'unité Pédagogique est constituée de six unités, ces unités forment un train qui comporte une unité 000, elle s'agit d'une unité commune qui alimente les autres unités en eau. Mais aussi pour la régulation de niveau d'eau. À côté de cette unité il existe une unité appelée 100, c'est une unité conçue spécialement pour la régulation du niveau de débit d'eau. Pas loin de cette unité il y a une autre unité appelée 200, elle s'agit d'une unité de régulation de débit et de pression. Aussi, il y a une autre unité appelée 300 qui est destinée pour la régulation de la température. Sur la même ligne l'unité pédagogique contient une unité 400 qui est destinée pour la tâche de séparation entre, l'eau, l'huile et l'air comprimé de 15 bars.

Ainsi, cette unité se compose d'une unité très importante, celle-ci est une mini centrale thermique, elle s'agit d'une unité pour la production d'électricité via une turbine à vapeur et aussi pour la production de l'air comprimé de 15 bars qui doit être utilisé pour l'alimentation de l'unité 400 et de produire de l'air comprimé pour les laboratoires et la salle de contrôle. Ainsi, elle produit de l'air instrument de 8 bars pour alimenter les différents instruments utilisés dans la salle de contrôle et les vannes pneumatiques utilisés dans les autres unités.



**Figure 15:** Vue globale de l'Unité Pédagogique

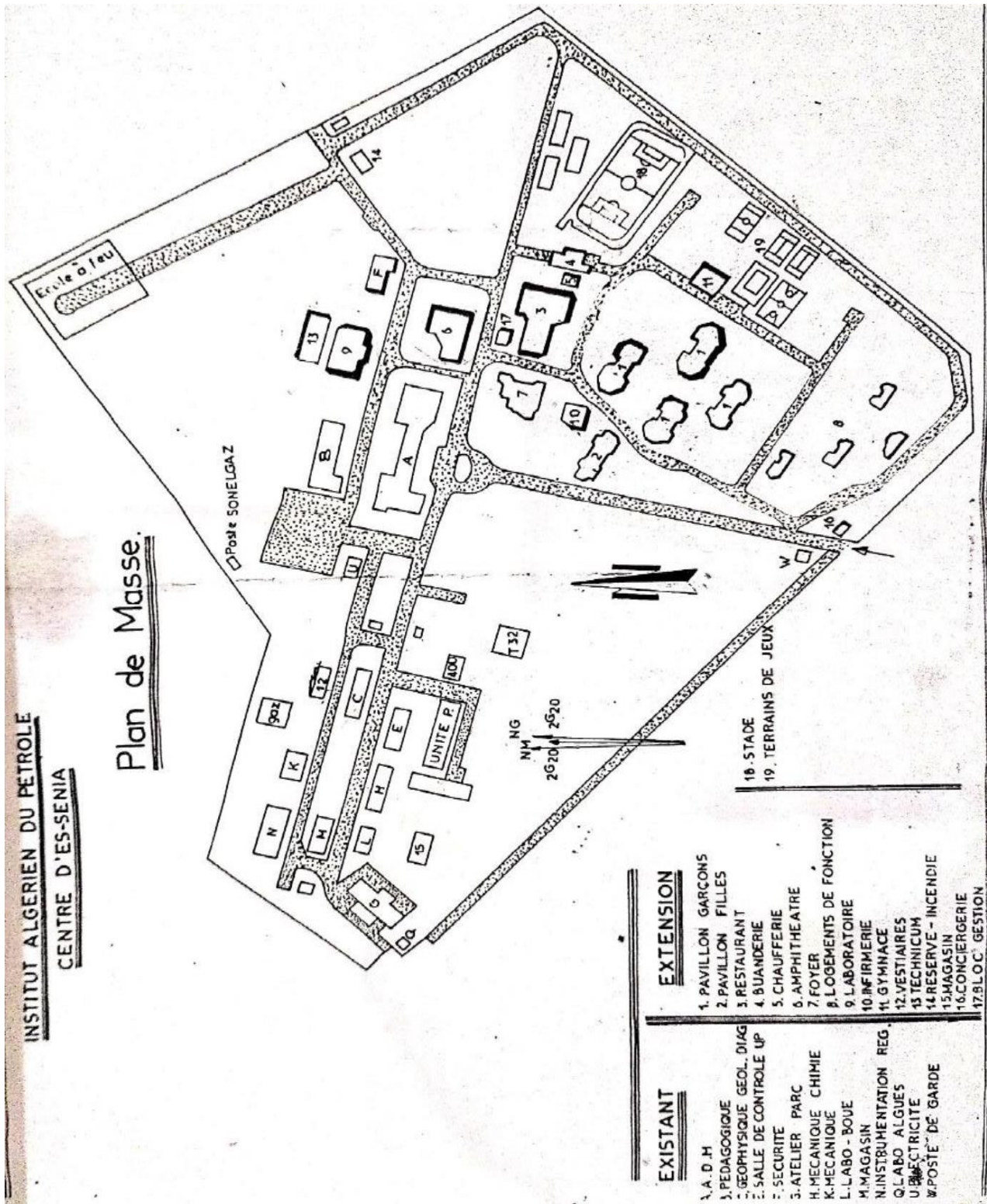
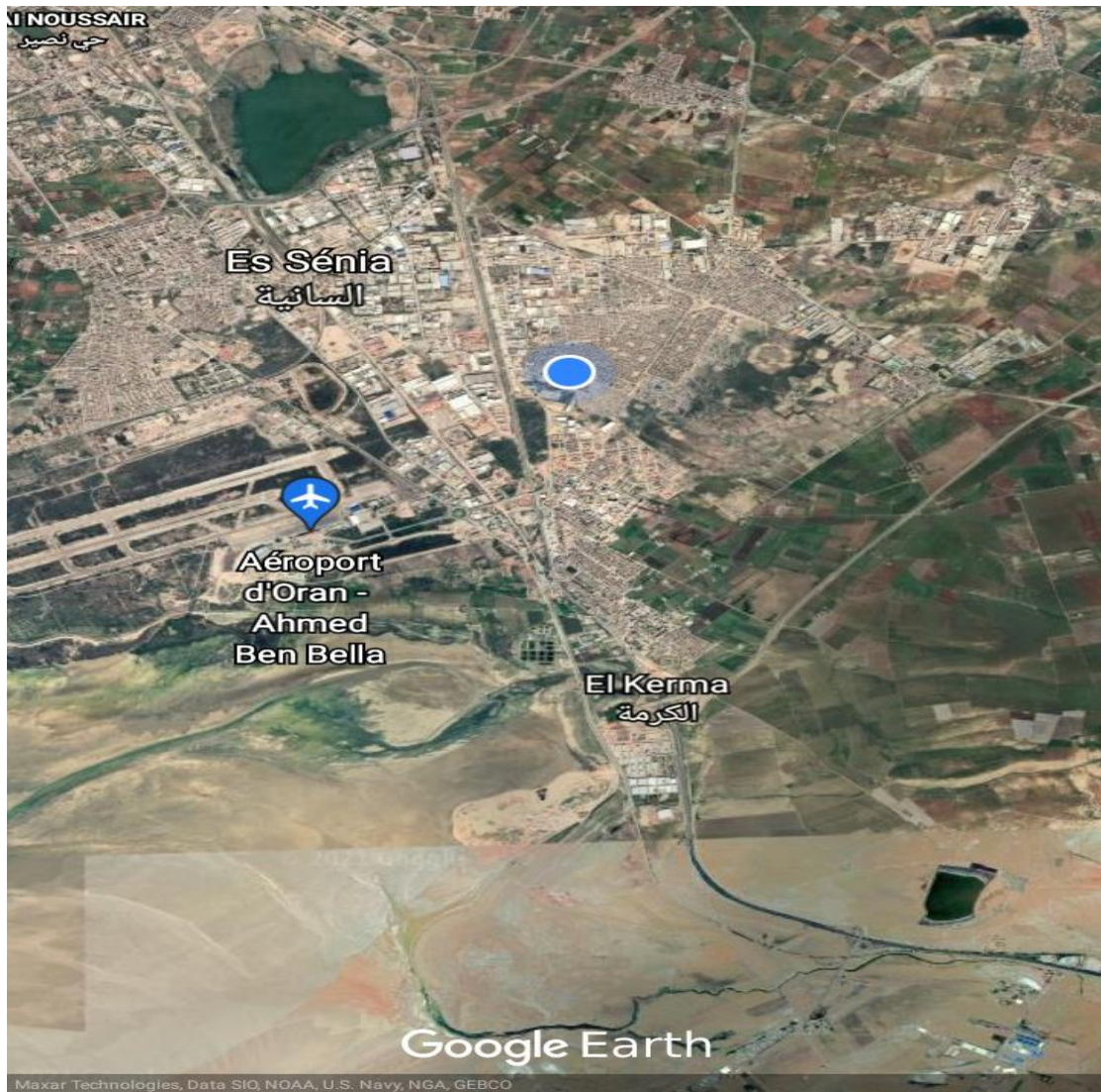


Figure 16: Plan de mass UPCA



### **III.2. Situation géographique du L'UPCA**

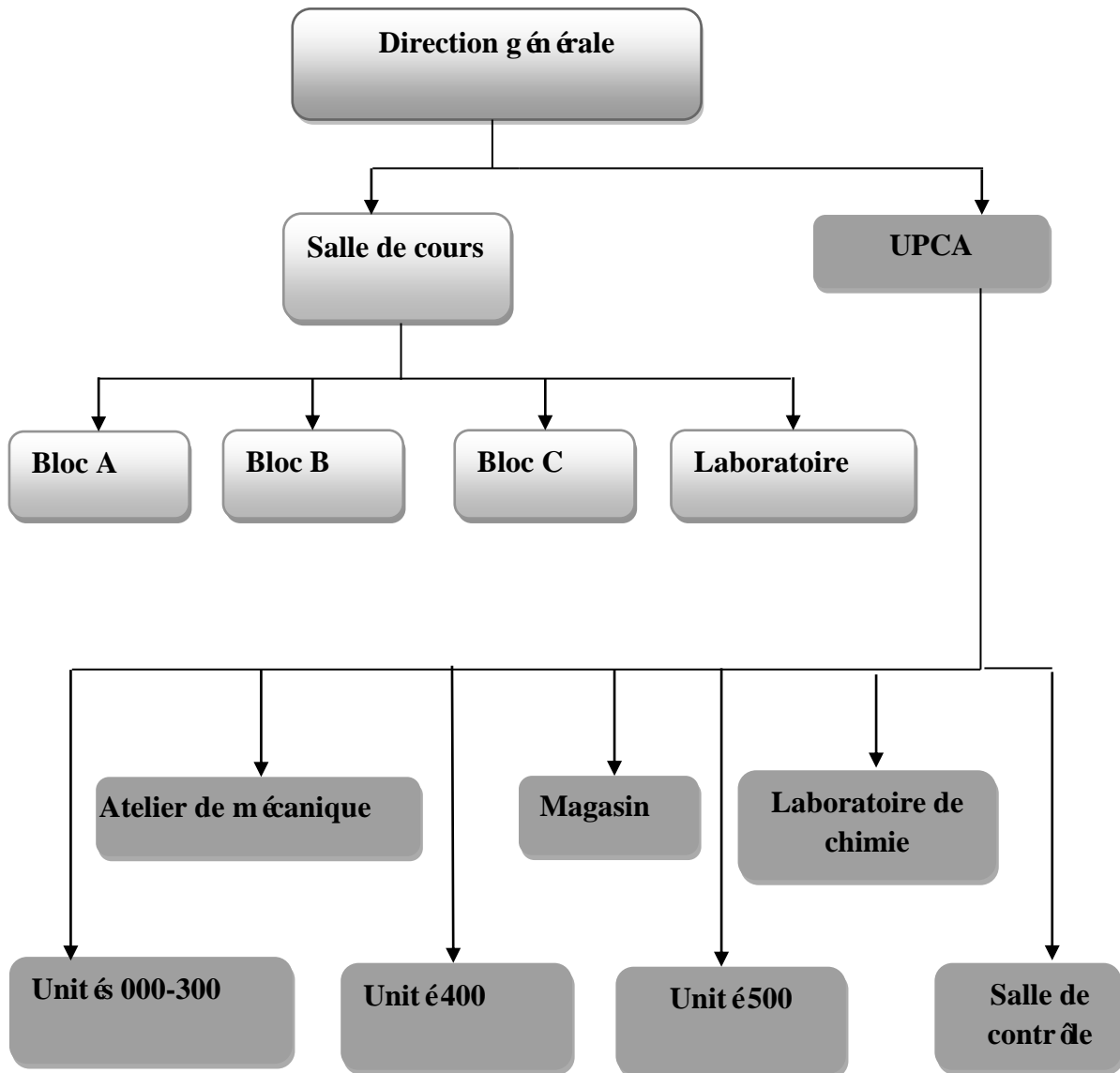
UPCA située à BP N°5, route de l'aéroport ES-Sénia Oran. La wilaya d'Oran couvre une superficie de 2 144 km<sup>2</sup> et s'étend le long du littoral méditerranéen qui forme sa limite naturelle Nord. Elle se compose de 26 communes chapotées par 09 daïra, suite au découpage administratif de 1985. L'UPCA c'est une unité pédagogique existe au sein de l'institut de maintenance et sécurité industrielle –université Oran 2 Ahmed Ben Mohamed.



**Figure 17:** Vue de l'UPCA sur Google Earth

### III.3. Organigramme de L'UPCA

L'UPCA ex centre de formation des techniciens de l'IAP se constitue de plusieurs bâtiments, bloc pédagogique "B", bloc admiratif "A", laboratoire d'instrumentation "C", une salle polyvalente, un terrain de sports etc. ainsi, une unité pédagogique qu'on l'appelle dans ce mémoire UPCA (Unité Pédagogique Contrôle et Applications). L'organigramme du centre de formation, se présente ainsi de la façon suivante (Figure 18)



**Figure 18:** Organigramme du centre de formation de l'ex-IAP

### **III.4. Unité 500**

L'unité 500 est une centrale thermique à vapeur installée à l'extérieur de tout bâtiment elle est destinée pour produire de l'électricité à partir d'une turbine à vapeur. Le principe de base de cette unité est de changer l'état de l'énergie calorifique à une énergie mécanique, via deux équipements stratégiques essentiels, une chaudière STEAMBLOC qui va produire de la vapeur. Cette dernière est transportée via des tuyauteries industrielles de hautes pressions, pour faire tourner les aubes d'une turbine qui se trouve dans un local protégé. La turbine à vapeur entraîne un alternateur qui produit l'énergie électrique. Cette énergie est utilisée pour alimenter la chaudière électrique de l'unité 300.

Aussi, dans l'unité 500 il existe deux compresseurs pour la production de l'air comprimé de 15 bars, ceci doit être utilisé pour l'alimentation de l'unité 400 et de produire de l'air comprimé pour alimenter les laboratoires et la salle contrôle. Ainsi, ils produisent de l'air comprimé de 8 bars afin d'alimenter les différents régulateurs dans la salle de contrôle et les vannes pneumatiques utilisés dans les autres unités.



**Figure III.5.** Vue de la centrale thermique d'UPCA : Unité pédagogique Contrôles et Applications

### III.5. Equipements stratégiques

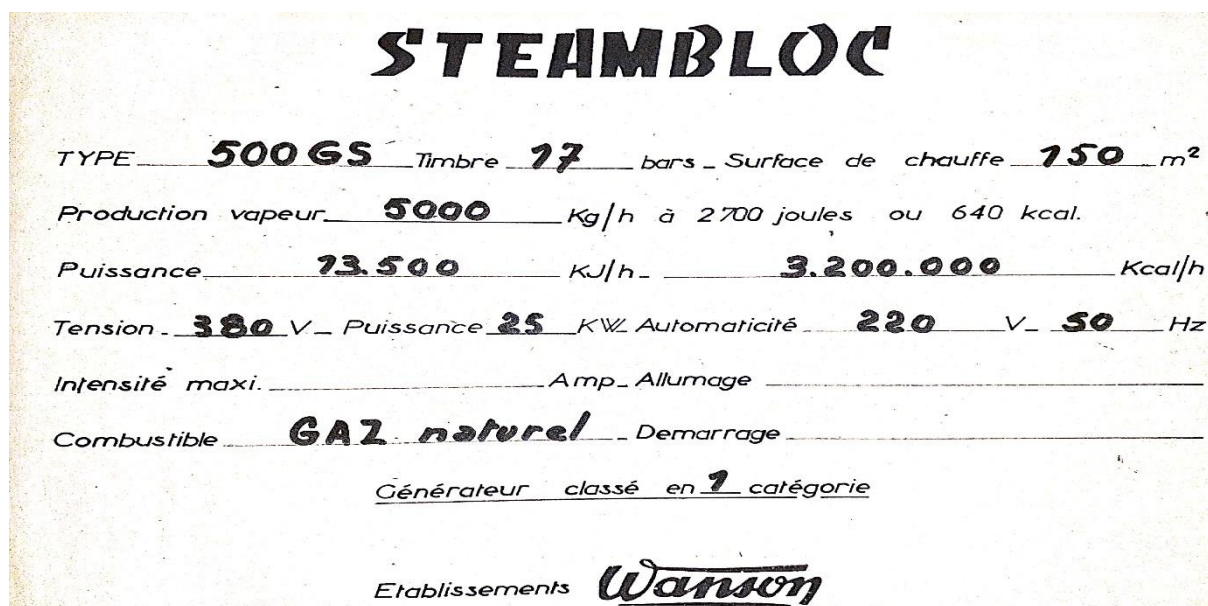


Figure 19: Fiche technique de la chaudière STEAMBLOC d'UPCA

#### III.5.1. La chaudière STEAMBLOC WANSON TYPE 500

La chaudière STEAMBLOC WANSON (figure ci-dessus) est une chaudière automatique à foyer intérieur et tubes de fumées formant 3 parcours de gaz, et double retour de flamme alimentée par deux pompes centrifuges multicellulaires SIHI tous les auxiliaires sont installés sur un châssis donnant un ensemble compact. La STEAMBLOC se caractérise par une pression de 17 bars, une surface de chauffe de 150 m<sup>2</sup>, une Production de vapeur de 5000 kg/h, son bruleur est alimenté avec du gaz naturel.

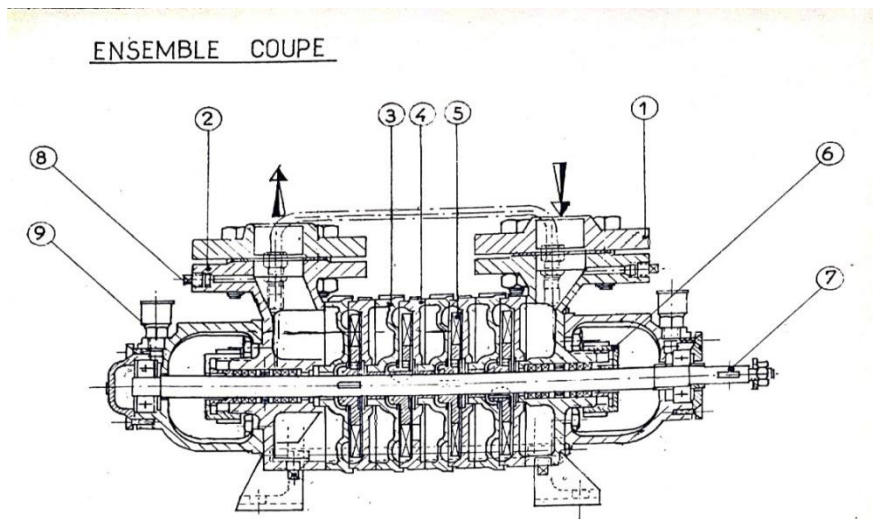
Un corps cylindrique entièrement soudé (soudure sous flux UNIONMELT) muni des piétements nécessaires à la pose des garnitures et constituant avec les plaques tubulaires embouties à la passe, le corps de chaudière. Le tube foyer, supporté entre les deux plaques tubulaires, est conçu et dimensionné pour l'adaptation du bruleur automatique WANSON.

Les faisceaux tubulaires formant les 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> parcours de fumée sont constitués de tubes sans soudure et sont dudgeonnés. Sur les plaques tubulaires à leurs extrémités, un cordon de soudure assure une étanchéité parfaite et durable. Le corps sous pression ainsi assemblé est soumis à un recuit de stabilisation ayant pour effet d'annuler les contraintes résiduelles engendrées par les soudures. Un trou d'homme et plusieurs trous de poing sont judicieusement disposés afin de faciliter les inspections et nettoyage éventuels.

En revanche, le châssis peut supporter le générateur et ses auxiliaires. Constitué par des profilés HN de grande dimension, il offre une excellente répartition de la charge statique. Cette charge ne dépasse pas 1 kg/cm<sup>2</sup>. Ainsi, Le générateur est isolé par un matelas calorifuge de 80 mm comprimé à 80 mm et recouvert par une enveloppe de tôle inaltérable



**Figure 20:** Vue de la chaudière STEAMBLOC d'UPCA : Unité pédagogique Contrôles et Applications



**LEGENDE**

- |                                   |                      |
|-----------------------------------|----------------------|
| 1 Flasque aspiration              | 6 Presse étoupe      |
| 2 Flasque refoulement             | 7 Arbre              |
| 3 Corps intermédiaire refoulement | 8 Bouchon gaz        |
| 4 Corps intermédiaire aspiration  | 9 Graisseur Stauffer |
| 5 Turbine                         |                      |

**Figure 21:** La pompe d'alimentation SIHI

### **III.5.1.1. Pupitre de commande**

Il rassemble toutes les commandes automatiques et manuelles des auxiliaires et des appareillages de sécurité assurent le fonctionnement automatique de la STEAMBLOC, en particulier le programmeur qui assure l'ordre et la durée des opérations lors des séquences de démarrage et d'arrêt.

La tension d'alimentation des circuits d'automatisme est normalement prévue en 220 V 50 Hz.

### **III.5.1.2. Régulation de charge**

L'utilisation d'un générateur de vapeur ne se fait pas, dans le cas général, à débit constant, si bien qu'il y a lieu de faire varier en conséquence les éléments d'admission (débit, gaz et débit d'air), en s'efforçant de suivre les variations de la demande en vapeur. Le critère de cette action de poursuite sera donné par l'observation de la pression en chaudière, dont les écarts devront rester impérativement à l'intérieur de la bande proportionnelle du régulateur, quelle que soit la variation de débit vapeur.

La régulation de charge dans la STEAMBLOC a pour objectif de maintenir le niveau de pression constant, ou encore de maintenir la pression de la vapeur au réglage choisie, c'est-à-dire la pression de vapeur ou la température de l'eau à la sortie du générateur quelle que soit la charge imposée par le réseau. Cet objectif est assuré via la régulation de la pression de vapeur (ou température d'eau) et la régulation de débit de combustible admis dans la chaudière.

Lorsque le STEAMBLOC est équipé d'un brûleur "tout ou rien" la régulation de charge se fait également par "tout ou rien", elle est placée sous la dépendance d'un ou deux manostats du MARCHE pour les générateurs d'eau chaude.

### **III.5.1.3. La chaîne de régulation**

La chaîne de régulation se compose des éléments suivants :

- ✚ Le manostat potentiométrique convertit la pression de vapeur en un signal électrique proportionnel à la charge demandée par le réseau.
- ✚ En fonction de ce signal, un servo-moteur positionne simultanément la vanne de régulation du gaz et le registre de façon à conserver un rapport constant gaz/air sur toute la plage de régulation.

Lorsque la demande du réseau devient inférieure aux possibilités de modulation, du brûleur, celui-ci fonctionne alors en "tout ou rien", en d'autres termes, il passe sous la dépendance du manostat de sécurité qui le stoppe en pression maxi et autorise son redémarrage automatique pour une valeur réglable de la pression vapeur.

### **III.5.1.4. Sécurité**

#### **III.5.1.4.1. Election flamme**

Elaboré par une cellule photo-électrique ou photo-résistance, elle stoppe l'alimentation de combustible. En régime établi, cette cellule contrôle la permanence de la flamme entraîne en moins d'une seconde, le coupure du circuit d'alimentation gaz. Pendant la séquence d'allumage, la même cellule contrôle la torche gaz et par l'intermédiaire du programmeur elle autorise l'alimentation du brûleur lorsque la flamme pilote est bien établie.

En revanche, Un manostat détecte la pression d'air du caisson du brûleur. De ce fait, Une pression insuffisante interdit l'allumage de la flamme. En marche établie, toute chute de pression entraîne l'arrêt du brûleur.

#### **III.5.1.4.2. Pression maximale en chaudière**

Pour éviter l'ouverture intempestive des soupapes, un manostat stoppe le brûleur pour une pression vapeur légèrement inférieure au timbre du générateur. Ce manostat assure également la régulation de charge tout ou rien comme il a été expliqué précédemment.

Il existe trois niveaux de Sécurité pour protéger en cascade le générateur contre le manque d'eau :

1. La première du type à flotteur stoppe le brûleur et donne une alarme pour tout niveau inférieur au niveau minimum normal, le niveau établi le brûleur peut redémarrer.
2. La deuxième sécurité du type "à protection" stoppe et verrouille le brûleur pour un niveau atteignant 50mm au-dessus des premières surfaces et chauffe, en conséquence, le brûleur ne pourra démarrer qu'après un réarmement manuel. Il est indispensable de noter que cette sécurité donne également une alarme.
3. La troisième sécurité sans action électrique est constitué par un sifflet d'alarme elle intervient pour le même niveau que la sécurité précédente.

#### **III.5.1.4.3. Sécurité particuliers aux brûleurs gaz**

##### **a- Sécurité pression gaz maxi :**

Lorsque la pression de gaz dépasse la consigne du détendeur régulateur de pression, un régulateur de pression, un manostat stoppe le brûleur. Ainsi, lorsque la pression redevient normale, le brûleur redémarre automatiquement.

### b- Sécurité pression gaz mini :

Lorsque la pression de gaz est insuffisante, un manostat stoppe le bruleur de la même façon que la sécurité maxi.

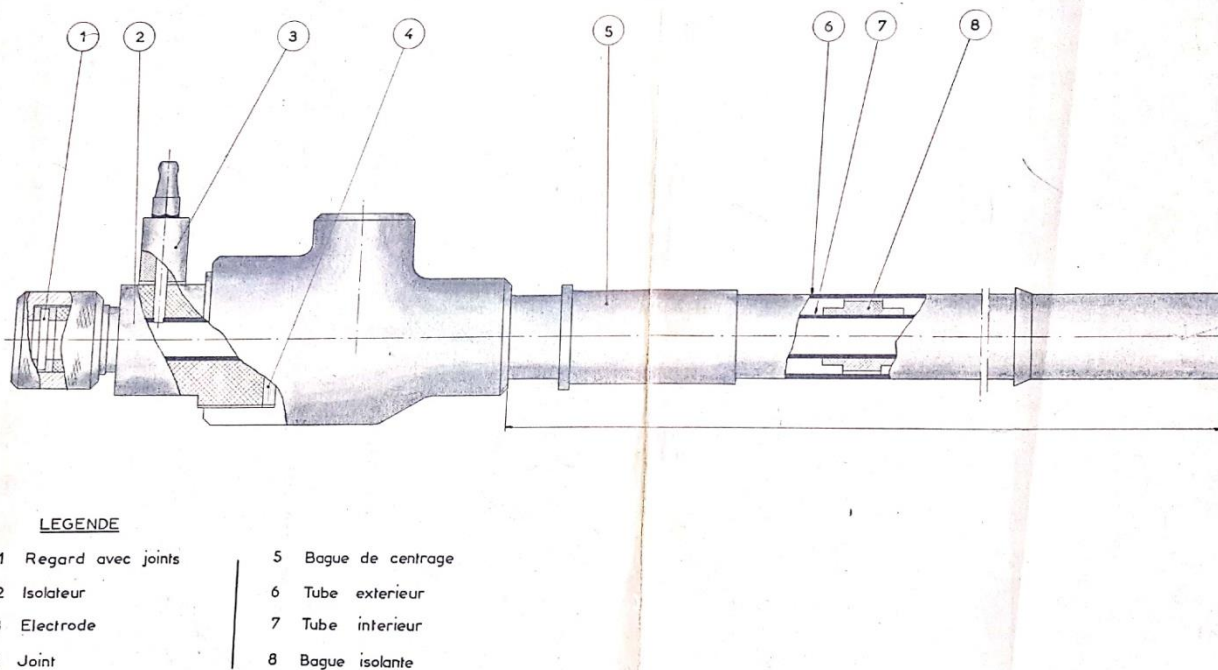


Figure 22: Vue de schéma d'allumeur à gaz

### III.5.1.5. Mise en marche de la STEAMBLOC

Le pupitre compte a minimum des interrupteurs et commutateurs suivants :

#### a- Commutateur A.

Le commutateur A à deux positions pour la STEAMBLOC

✚ Marche départ

✚ marche régime.

La marche départ " réglable par l'intermédiaire d'un potentiomètre permet la montée en pression dans un temps déterminé Il convient, en effet d'éviter la formation de contraintes thermiques préjudiciables à la longévité du matériel.

La "marche régime" correspond à libération de la modulation du bruleur, dans le cas d'un besoin rapide de vapeur elle peut être adopté dès que la température de l'eau on chaudière atteint environ 100 °C.


Ce qui est concrétisé par le découlement du manomètre principal de vapeur.



### ***b- Commutateur B.***

Le commutateur B a trois positions :

 - marche

 - arrêt

 -manuel.

La première position correspond à la marche automatique - c'est la position normale,

La deuxième position correspond à une mise en disponibilité de la STEAMBLOC, le brûleur est volontairement arrêté de telle sorte qu'il soit possible de démarrer la chaudière sans délai par la seule commutation sur marche.

La troisième position marche manuelle autorise le fonctionnement de la STEAMBLOC alors que le programmeur FIREYE est hors service, tous les auxiliaires automatiques restent disponibles. Cette marche manuelle implique une surveillance permanente.

### ***c- Interrupteur V***

Commande manuelle de la pompe alimentaire de la chaudière STEAMBLOC en eau. Il est important de noter que le niveau d'eau en chaudière est maintenu par un régulateur "tout OU rien", qui arrête la pompe alimentaire au niveau haut et la démarre au niveau bas.

## **III.5.1.6. Caractéristique de l'eau pour chaudière STEAMBLOC**

### III.5.1.6.1. Eau d'alimentation

**Tableau 2:** Caractéristiques chimiques de l'eau utilisée pour l'alimentation de la chaudière STEAMBLOC.

<b>PH</b>	9.5 à 8.5
<b>Dureté totale</b>	0 °
<b>TAC (titre alcalimétrique complet)</b>	Maximum 10 °f
<b>Phosphate</b>	1 à 2 f
<b>Chlorure en Cl</b>	Maximum 75mg/litre
<b>Sulfate en SO4</b>	Maximum 200mg/litre
<b>Silice en SIO2</b>	Faible que possible
<b>oxygène</b>	//

### III.5.1.6.2. Eau de chaudière

**Tableau 3:** Caractéristiques chimiques de l'eau utilisée pour l'alimentation de la chaudière STEAMBLOC

	<b>Timbre maxi 15bar</b>	<b>Timbre supérieur à 15bar</b>
<b>dureté</b>	0 °f	0 °f
<b>TAC</b>	40 à 80 °f	40 à 80 °f
<b>Salinité totale</b>	4g/litre max	3g/litre max
<b>Sulfate en SO<sub>4</sub></b>	2g/litre max	1.5g/litre max
<b>Chlorure en Cl<sub>2</sub></b>	0.5g/litre max	0.3g/litre max
<b>Phosphate en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	20 à 40mg/litre	20 à 40mg/litre

### **III.5.1.7. Purges de déconcentration**

On obtient avec l'abaque la durée des extractions permettant de ne pas dépasser les concentrations limites de l'eau en chaudière indiquées précédemment

N.B : Lorsque les condensats sont récupérés, la valeur S (concentration à la sortie du poste de traitement d'eau) doit être corrigée en conséquence :

Ex : TAC (sortie épurateur)=20

Pourcentage des retours condensats=75%

TAC (entrée du générateur) à prendre en considération dans l'application de la formule  
TAC = 5.

# Etude de la chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA

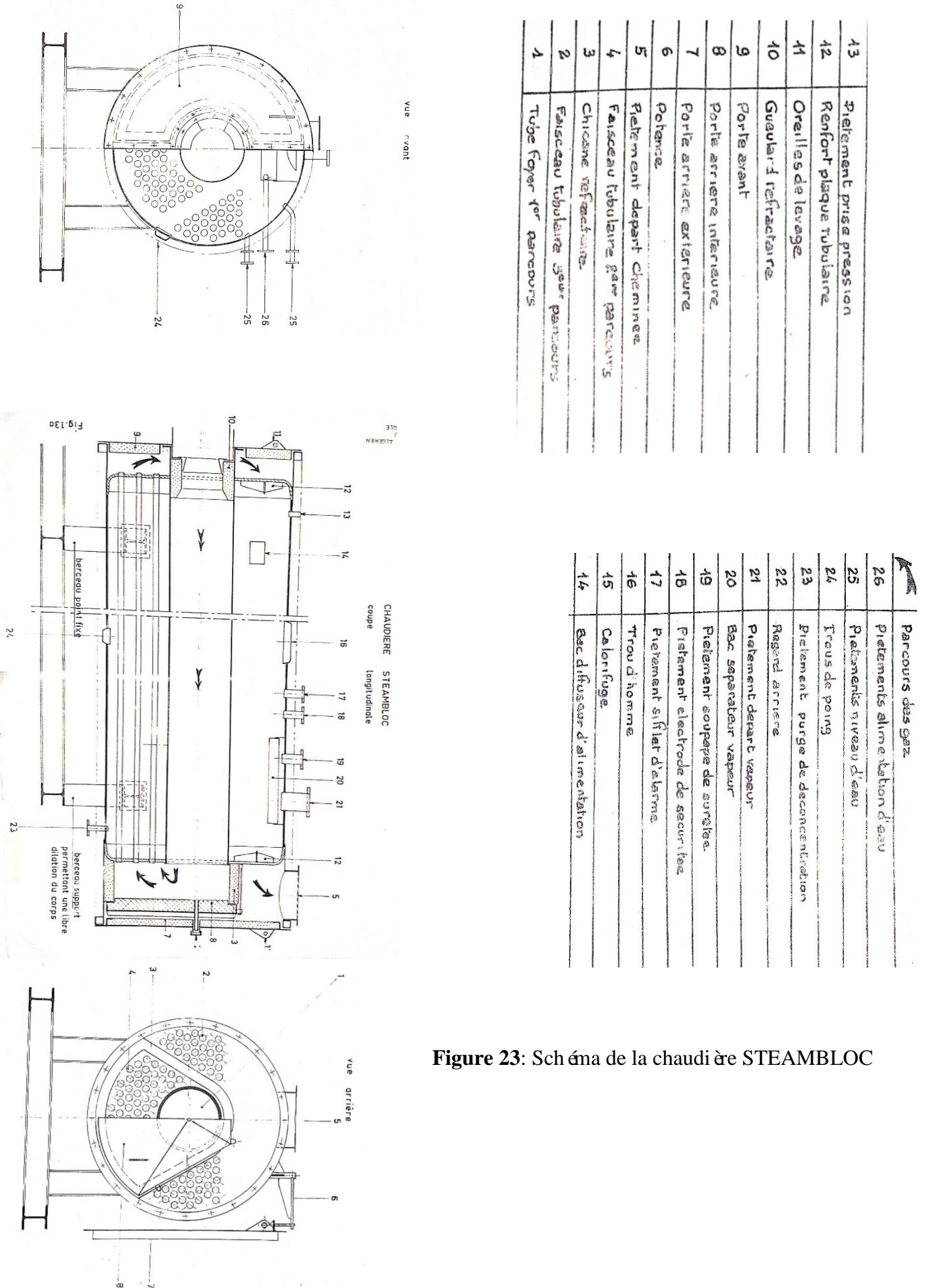


Figure 23: Schéma de la chaudière STEAMBLOC

### **III.5.2. Circuit eau vapeur**

Ce circuit contient essentiellement la chaudière STEAMBLOC à partir de cette chaudière on obtient de la vapeur qui alimente les laboratoires et essentiellement le groupe turbo-alternateur AUBRY & SIMONIN qui est à l'intérieur de bâtiment E. En effet, La vapeur sortante de la chaudière STEAMBLOC est à l'état saturé, elle contient de l'humidité la vapeur humide c'est la forme de vapeur la plus communément vue en usine .la vapeur produite par une chaudière contient normalement un certain degré d'humidité à cause de fines gouttelette d'eau qui sont emporté avec la vapeur .même les meilleur chaudières produisent souvent de la vapeur avec un degré d'humidité de 3% à 5% les différents états de l'eau et de la vapeur [R 16] Cette vapeur est évacuée d'une conduite principale qui donne vers de différentes unités.

La première piquage effectué sur la conduite principale donne vers une capacité de séparation qui a pour rôle de séparer les première condensat se trouvant dans la vapeur et essentiellement de vérifier la température de la vapeur à l'aide d'une TT transmetteur de température qui donne un signal vers le TI indicateur de température se trouvent en salle de contrôle .

Pour la mesure de la température de la vapeur on cloue avant tout effectuer une purge manuelle jusqu'à a punction de la vapeur à ce moment-là on doit agir sur la vanne donnant vers le TT indicateur de température .Le deuxième piquage effectué sur la conduite principale donne vers laboratoire pour l'utilisation, mais avant on a placés un purgeur automatique pour éliminer les gouttelettes d'eaux de la vapeur.

Un purgeur contient des lames en contact avec l'humidité dite elles doivent récupérer les gouttelettes et puis envoyer vers la bêche alimentaire à travers. Le collecteur de retour et la vapeur est évacue vers l'unité suivante pour l'installation. Le piquage suivant du collecteur principale mène vers la turbine AUBRY & SIMONIN, mais avant qu'elle soit transfère dans la turbine, la vapeur doit d'abord passer par un ballon sécheur séparateur d'eau définitif.

Les condensats sont récupérer et envoyer vers la bêche alimentaire à travers le collecteur de retour et les vapeurs sont envoyer à la turbine. À ce même séparateur définitif, il existe un purgeur automatique à travers lequel les condensats sont récupérer.



**Figure 24:** Vue du turboalternateur d'UPCA : AUBRY & SIMONIN

### **III.5.3. Condensation de la vapeur**

La vapeur sortante de la turbine soit elle est évacuée à l'atmosphère soit envoyée vers le condenseur pour condenseur, elle est envoyée à l'atmosphère quand le condenseur est en régénération à l'échappement on a utilisé une soupape à contre poids pour la sécurité des équipements un plaçant une conduite d'échappement vers l'atmosphère et cette soupape s'ouvre uniquement pour t'elle existe une suppression des vapeurs sortantes de la turbine.

La vapeur envoyer vers le condenseur passe par la coté calandre et dans les faisceaux d'eau on fait passe de l'eau de refroidissement injecté par une pompe centrifuge. Cette eau est refroidie à partir de l'eau réfrigérant, après l'utilisation du condenseur elle soit à l'état chaud et envoyée directement vers l'aéroréfrigérant pour être refroidie et servie une autre fois en circuit fermé



**Figure 25:** Vue du condenseur d'UPCA : Unité pédagogique Contrôles et Applications

### **III.5.4. Traitement des eaux**

Pour protéger les équipements et le réseau un traitement chimique fait sur l'eau brute qui arrive du château d'eau. L'eau brute contient du calcaire (riche en calcium  $\text{Ca}^{++}$  et magnésium  $\text{Mg}^{++}$ ) : l'eau est traitée dans un adoucisseur qui fonctionne avec une résine échangeuse chargée en sel (chlorure de sodium  $\text{Na}^{++}$ ) lors de passage de l'eau dans la résine celle-ci échange le calcium et le magnésium responsable de calcaire contre sodium contenu dans le sel

Entrée de résine : l'eau + riche en calcium et magnésium → eau dure

Sortie de résine : l'eau riche en sodium → eau douce

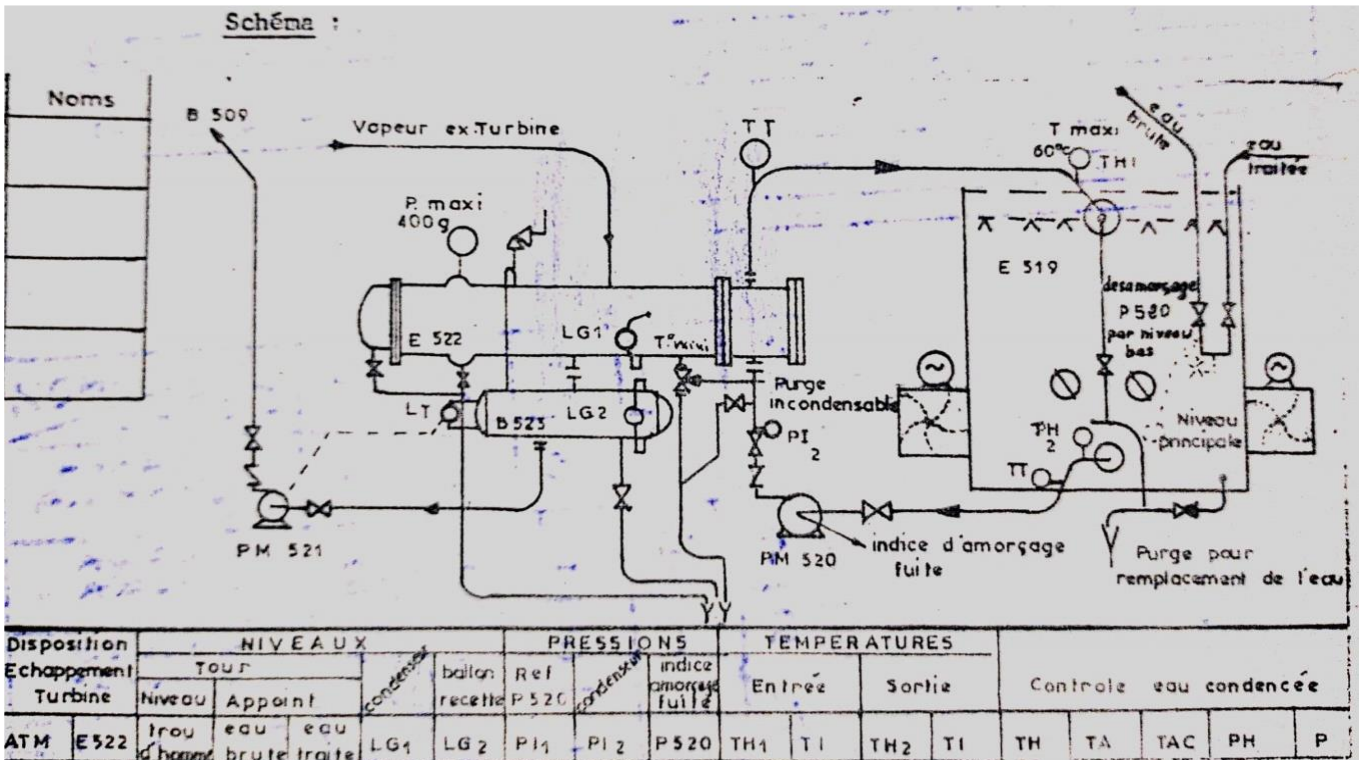
L'eau traitée alimente le ballon d'alimentation de chaudière et le circuit de refroidissement du condenseur et des compresseurs. Le ballon d'alimentation de la chaudière est alimenté par l'eau arrivée de la résine échangeuse à côté et l'eau arrivée du ballon de traitement qui a probablement réalisé des micro-injections de  $\text{CO}_2$  dans l'eau qui font baisser son pH instantanément pour combattre le calcaire ou peut être un autre échangeur d'ions. On trouve aussi le retour d'eau du condenseur et du ballon de séparation des condensats.



**Figure 26:** Vue des systèmes de traitement des eaux à l'UPCA : Unité pédagogique Contrôles et Applications

**III.5.5. Circuit de refroidissement**

La circulation de l'eau refroidissante forme un circuit entre le condenseur et la tour de refroidissement. A l'entrée du condenseur de l'eau froide se trouve un TI indicateur de température sert à vérifier la température de l'eau venant du tour de refroidissement et à la sortie du condenseur .Il existe un PI indicateur de pression, ce PI indicateur la pression de l'eau réfrigérant circulant dans les faisceaux d'eau de condenseur, il nous renseigne sur l'état des faisceaux de condenseur. Les vapeurs condensées sont récupérées à travers un ballon. A partir d'une pompe centrifuge on aspire cette vapeur condensée et puis refoulée vers la bêche alimentaire à travers le collecteur



**Figure 27:** Schéma de condenseur et tour de refroidissement d'UPCA



**Figure 28:** Vue de la tour de refroidissement à l'UPCA : Unit pédagogique Contrôles et Applications

### **III.5.6. Production d'air**

L'air comprimé est destiné vers le réseau ; les laboratoires et les instruments de mesure d'UPCA .Son production se fait au niveau de l'unité formé de deux compresseurs : un compresseur à pistons vertical BURTON : 15bars, et un compresseur horizontal CREPELLE : 8barsfonctionnants alternativement, et un appareil GOHINPOULENC (filtre sècheur et déshuileur). L'air atmosphérique est d'abord filtré, puis comprimé par les deux compresseurs, cette compression produit un échauffement notable de l'air (180 c), d'où nécessite son refroidissement, ce dernier provoque la condensation d'une partie de l'eau contenue dans l'air comprimé ensuite il traverse un ballon qui sert de volume tampon pour la régulation de pression,, la qualité obtenu est requise par l'air service dont le réseau de distribution est connectédirectement sur ce ballon, pour obtenir de l'air instrument il faut ensuit sécher cet air. Apres avoir passer à un d'étendeur à pression variable installé avant le sècheur déshuileur afin de pouvoir distribuer ce fluide à n'importe quelle pression de 1 à 8 bars



**Figure 29:** Vue des compresseurs BURTON et CREPELLE à l'UPCA : Unité pédagogique Contrôles et Applications

### **III.6. Conclusion**

Après la description du l'UPCA et de la chaudière à vapeur STEAMBLOC tout en précisant ses différents composants et l'analyse fonctionnelle d'elle. Le chapitre suivant sera consacré à la phase d'automatisation et simulation et dans le but d'assurer un résultat satisfaisant au cahier des charges proposé



## **Chapitre IV : Automatisation de la chaudière STEAMBLOC**

---

---

### **IV.1.Introduction**

Dans ce dernier chapitre nous allons découvrir les étapes effectuées pour élaborer un système de monitoring, utilisant l'environnement de développement WinCC et le langage LADDER. Ce système a pour objectif de visualiser et de contrôler le fonctionnement de la STEAMBLOC. Cependant, nous avons limité la partie de programmation à des points essentiels, tels que, la régulation de niveau d'eau et le contrôle des pompes, ces derniers ont une fonction d'approvisionnement de la STEAMBLOC en eau. Cette partie est consacrée à la maîtrise du principe de fonctionnement de la régulation dans une chaudière industrielle, notamment le fonctionnement de la chaîne de régulation de STEAMBLOC. Aussi, les outils de programmation utilisés dans notre travail vont nous permettre de connaître le fonctionnement des API, et des interfaces informatique Homme-machine, en effet, l'automate programmable a été choisi pour sa flexibilité et sa multitude en entrées/ sorties. L'automate programmable S7-300 de la marque Siemens c'est l'élément essentiel dans le système de monitoring développé dans cette étude.

### **IV.2. besoin d'un système de monitoring**

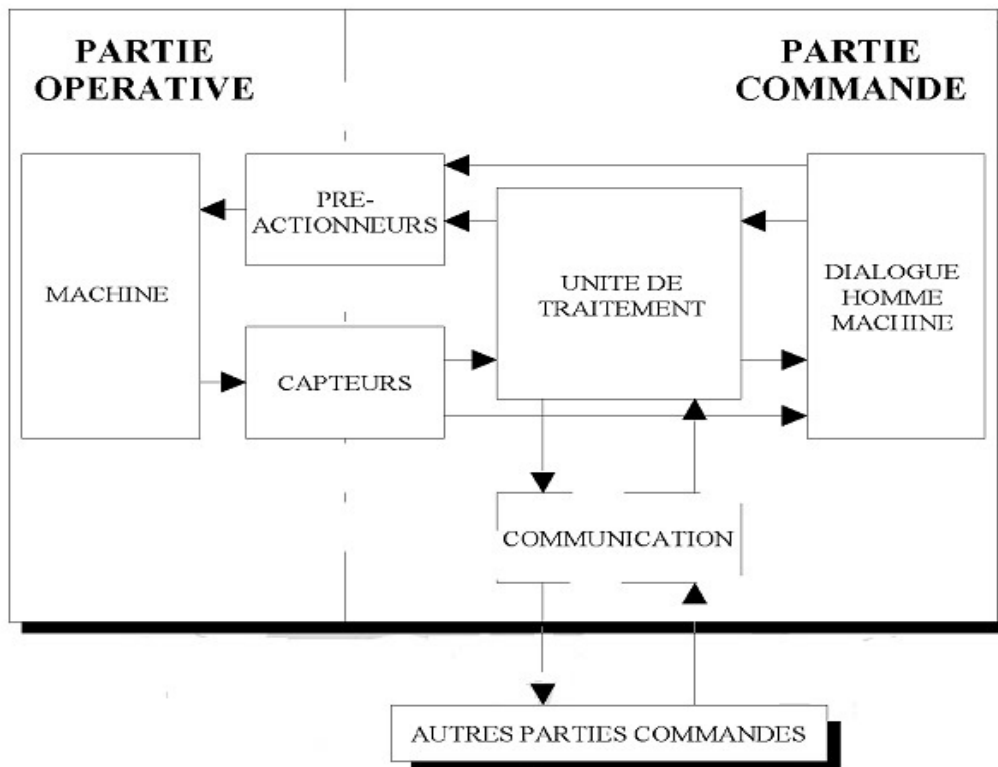
Pour la vision technique, L'automatisation consiste à « rendre automatique » les opérations qui exigeaient au paravent l'intervention humaine. Pour nous, l'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle.

En revanche, Les buts fixés pour notre système de monitoring sont :

L'automatisation de la STEAMBLOC permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. -L'accroissement de la sécurité du système de la chaudière et de la zone de production. L'amélioration de la flexibilité de la STEAMBLOC et celui de l'UPCA. L'amélioration de la puissance et la pression grâce à une meilleure respectabilité de la valeur ajoutée. L'adaptation à de la salle de contrôle avec les TIC. Ainsi, l'adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallèles...).

### **IV. 3. Structure du système de monitoring**

Notre système automatisé comporte une partie opérative, dans notre cas soit la chaudière STEAMBLOC, d'autres éléments parcourus le circuit eau-vapeur, procédant au traitement des données acquises des capteurs afin d'élaborer la valeur ajoutée. Le système comporte aussi une partie commande coordonnant la succession des actions sur la partie opérative avec la finalité d'obtenir cette valeur ajoutée.



**Figure 30** : schéma d'un automatisme industriel

### **IV.4 Automatisation par un API et choix de l'automate**

#### **IV.4.1 Automate programmable industriel**

Un API est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriel par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les pré actionneurs, de la partie opérative, à partir de données d'entrée, de consignes (en provenance des capteurs) et d'un programme informatique.

Dans un système automatisé l'automate programmable constitue le système de traitement des données, c'est le cerveau de l'installation (la partie commande). C'est lui qui va décider et effectuer les actions à entreprendre en fonction des informations qui lui sont fournies.

### **IV.4.2 Choix de l'automate**

Le choix d'un automate programmable est, en premier lieu, le choix d'une société ou d'un groupe. Les contacts commerciaux et expériences vécues par l'entreprise constituent un point de départ.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels. Une très grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions sur le fonctionnement de l'entreprise. Un automate utilisant des langages de programmation de type LADDER est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions.

La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économie (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

Il faut ensuite quantifier les besoins :

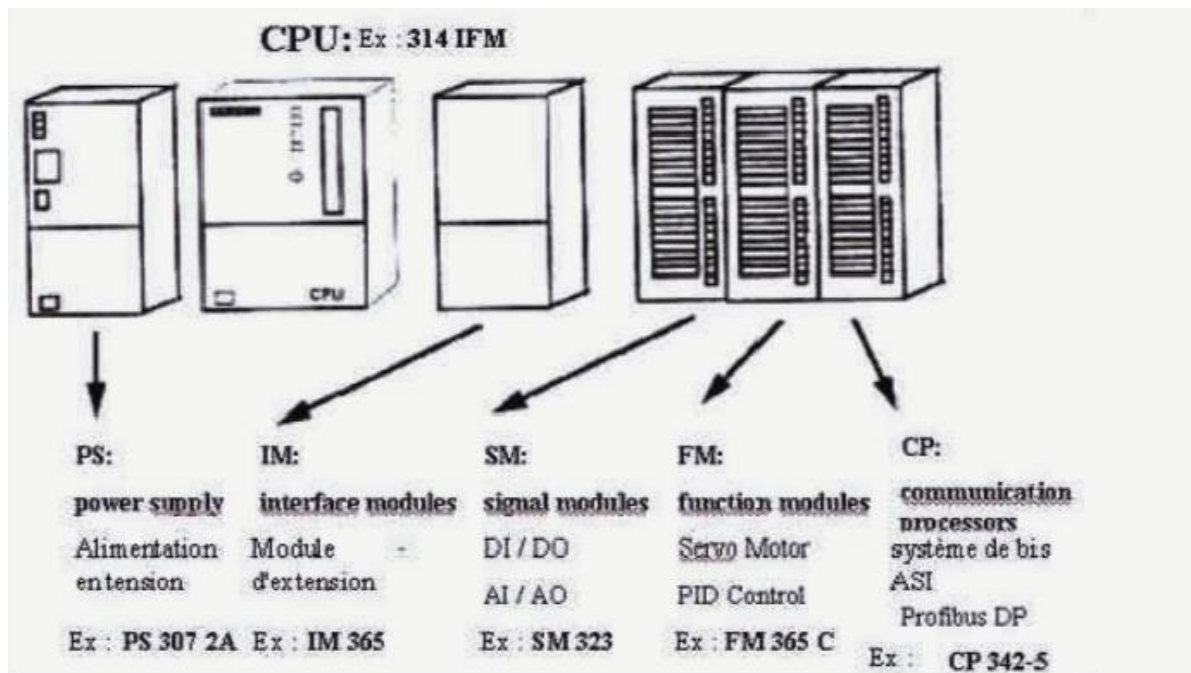
- Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé
- Type de processeur : la taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans la gamme souvent très étendue
- Fonctions ou modules spéciaux : certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).
- Fonctions de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).
- Pour réaliser l'automatisation de la chaudière STEAMBLOC on a choisie de travailler sur l'automate programmable SIEMENS S7-300. [R 13]

### **IV.4.3. Le SIMATIC S7-300**

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

- Unités centrales (CPU) de capacités différentes, certaines avec d'entrées/sorties intégrées (ex : CPU 314C) ou avec interface PROFIBUS intégrée (ex : CPU315-2DP)
- Modules d'alimentation PS avec 2A, 5A ou 10A
- Modules d'extension IM pour configuration de plusieurs lignes du SIMATIC S7-300
- Modules de signaux SM pour entrées et sorties numériques et analogiques
- Modules de fonction FM pour fonctions spéciales (ex : pilotage d'un moteur pas à pas)

- Processeurs de communication CP pour la connexion au réseau



**Figure 31:** les modules de l'automate programmable S7 300[Réf[17]]

## **IV.5 Automatisation de la STEAMBLOC**

Afin de concevoir un programme d'automatisation on suivra les étapes suivantes :

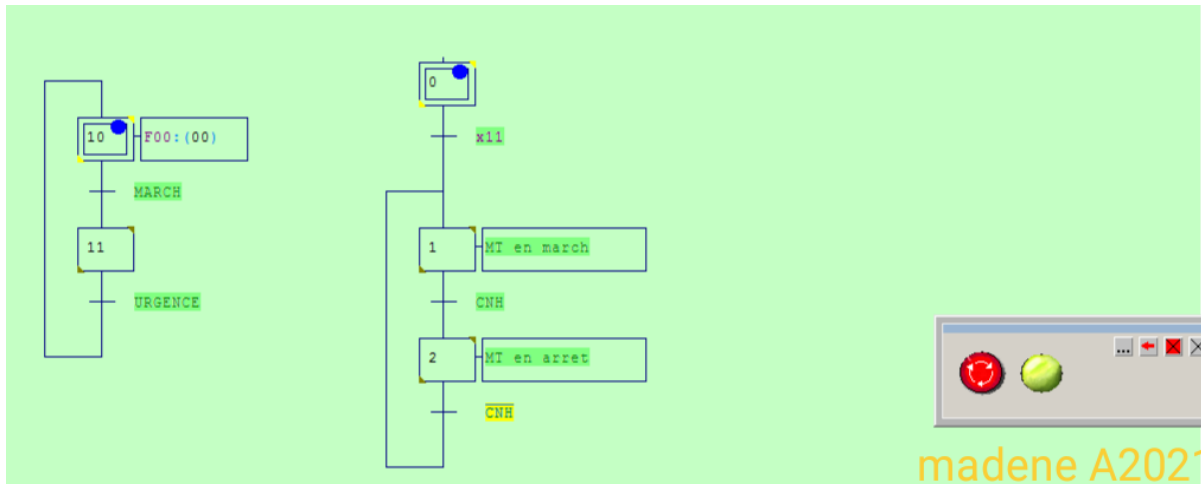
1. traduction du cahier de charge en Grafcet en utilisant le logiciel AUTOMGEN.
2. extraction des équations du Grafcet.
3. traduction des équations à un réseau en langage Ladder au moyen de logiciel Step7.
4. simulation sous S7-300 avec le logiciel Win cc.

### **IV.5.1. Traduction le cahier de charge en Grafcet**

#### **IV.5.1.1 Représentation du fonctionnement en Grafcet**

Le fonctionnement normal de la chaudière implique le niveau d'eau dans la chaudière et le réservoir de stockage ne soit pas au niveau critique, les deux vannes manuelles et la pompe d'admission soit en état de marche, la photocellule du bruleur, l'admission d'air ainsi que la soupape de gaz soit ouvertes toutes ses condition soit dispensables pour la bonne marche de la simulation. Mais avant de représenter les Grafcets il faut déclarer sur les symboles

-Le Grafcet ci-dessous représente la fonction de couple motopompe pour le remplissage de Bach de stockage ceci est possible via la mise en marche ou la mise en arrêt de ce couple, cependant faut prendre en compte l'état de capteur du niveau haut d'eau CNH qui se trouve au serre du Bach de stockage.



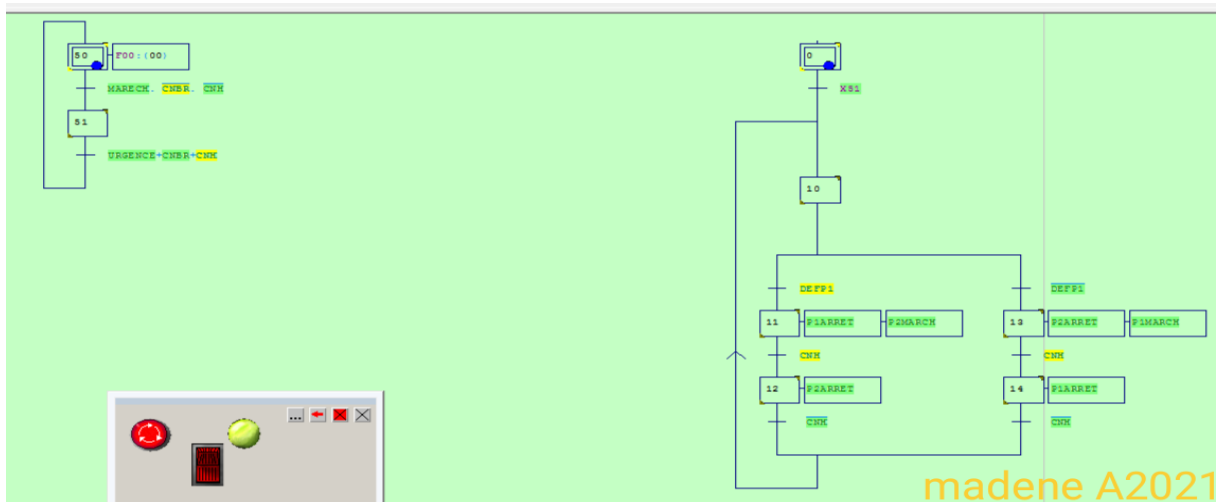
**Figure 32:** 1<sup>er</sup>Grafcets représentent le remplissage de Bach de stockage à l'AUTOMGEN

Alors, généralement les niveaux hauts d'eau dans les réservoirs sont fixés à 80% de leurs volumes, cette limite est pour répandre aux normes de sécurité. En revanche, le Grafcet associé est pour objectif d'activer l'option de marche et arrêt d'urgence de cycle principal.

-Le fonctionnement des pompes d'alimentation de la chaudière est représenté dans la figure ci-dessous, avec son circuit de marche et arrêt d'urgence.

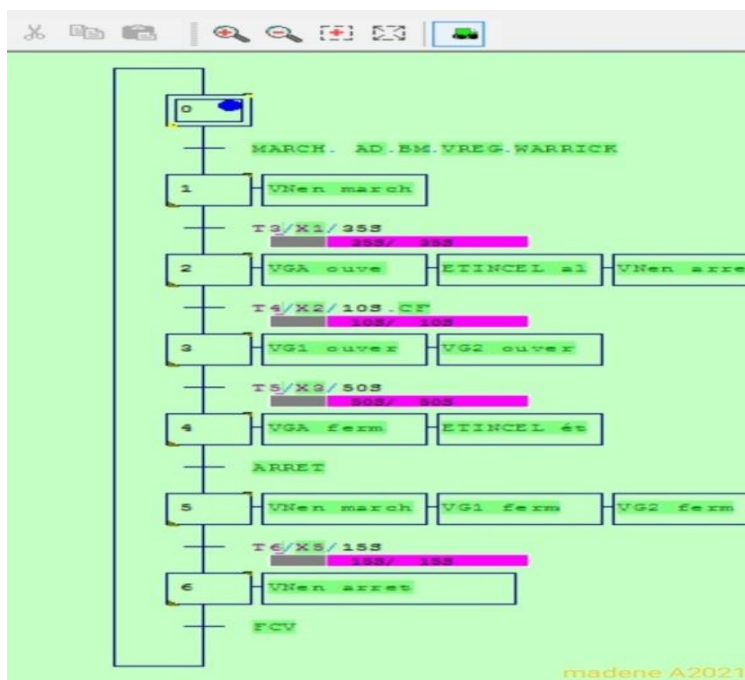
Les pompes d'alimentation fonctionnent selon un basculement ou l'un sécurise l'autre en cas de défaut et selon l'interaction entre ces pompes et les capteurs de niveaux dans la chaudière et le Bach de stockage (CNH et CNBR) qui ont été focalisés dans notre étude.

Les capteurs CNH et CNBR donnent une information au circuit de commande des pompes pour changer leur états. L'activation d'une des deux dépend que le niveau d'eau dans la chaudière n'atteint pas le niveau haut critique, elle dépend aussi que le niveau d'eau dans le Bach de stockage n'atteint pas le niveau bas critique.



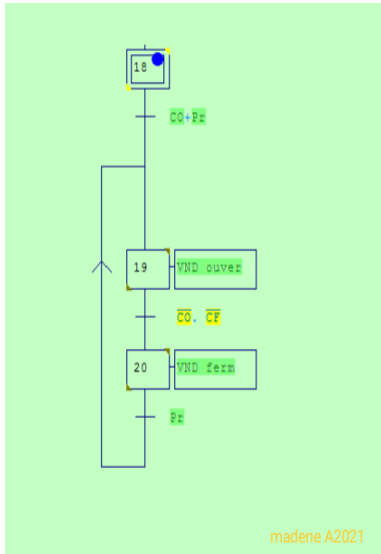
**Figure 33:** Grafcet représente le fonctionnement des deux pompes

-Le bruleur est un élément très important dans la chaudière, pour cela nous avons accordé au fonctionnement du bruleur une attention particulière. Alors, la mise en marche de bruleur consiste six étapes, la première est d'allumer le ventilateur pendant une durée de 35s. La fin de cette durée de temps excite l'allumage et notamment l'arrêt du ventilateur (étape 2).cette étape dura 10s avant l'ouverture des vannes principales d'alimentation en gaz (étape 3).ensuit, l'éteindre d'allumeur prendre 50s après l'étape précédente. Cependant l'arrêt de bruleur est possible quand on appuis sur le bouton arrêt, qui mettra le ventilateur en marche pendant 15s.sumultanimement, le bouton arrêt va permettre la fermeture des de vannes principales.



**Figure 34:** Grafcet représente le Fonctionnement du brûleur

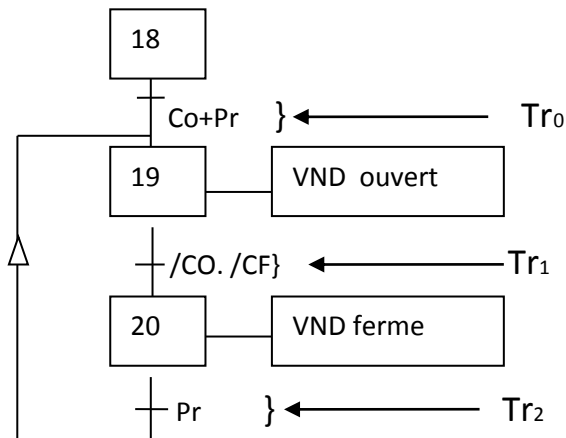
-Pour assurer une pression constante a l'arrivé de la turbine, au moment de démarrage de la chaudière, un Grafcet qui représente l'ouverture et la fermeture de vanne de distribution de la vapeur, il a été développé pour assurer la stabilité des paramètres (débit, pression, niveau, etc) dans le circuit vapeur



**Figure 35:** 4<sup>em</sup> Grafcet représente l'ouverture et la fermeture de vanne de distribution

## IV.5.2 .Extraction des équations

### IV.5.2.1.Exemple (la vanne de distribution)



**Tableau 4:** table des équations (exemplaire)

Transition	étape	Equation
$Tr_0 = (Co+Pr)X_{18}$	$X_{19} = pr.X_{20} + (Co+Pr)X_{18} + X_{19} / (/Co./CF)X_{19}$ $X_{20} = (/Co./CF)X_{19} + X_{20} / (Pr X_{20})$	$X_{19} = prX_{20} + (Co+Pr)X_{18} + X_{19}(Co+CF)$ $X_{20} = (Co.CF) X_{19} + X_{20}pr$ Pour l'arrêt / $X_{19}$ OU / $Pr$
$Tr_1 = (/Co+/Pr)X_{19}$		
$Tr_2 = prX_{20}$		

### **V.5.2.2 Les équations :**

- $MT = (dcy1. Urgence\ reservoir) + (X1.CNHR) + (X2./CNHR) + (X11.Urgence\ reservoir)$

**Pour l'arrêt CNHR ou Urgence r éservoir ou X10 active**

- $P1 = (/Def\ p1.X10) + (X13./CNH) + (March\ X15)$

**Pour l'arrêt CNH ou Def p1 ou urgence ou X14 active**

- $P2 = (Def.X10) + (X11./CNH) + (X11.March)$

**Pour l'arrêt CNH ou /Def p1 ou X50 ou urgence ou X12 active**

- $VN = (X10.March.AD.BM.WARRICK.VR) + (/X1\ .March\ ./T3) + (X4.Arret) + /T6.X5$

**Pour l'arrêt X2 ou X6 active**

- $l'étincelle = T3.X1 + /T4.X2$

**Pour l'arrêt X4 ou T5 active**

### **IV.5.3. Traduction en réseaux**

#### **IV.5.3.1. Le langage ladder**

**Ladder Diagramme (LD)** ou **langage ladder** ou **schéma à contacts** est un langage graphique très populaire auprès des automaticiens pour programmer les automates programmables industriels, c'est le langage qu'on va utiliser pour concevoir un programme servira à l'automatisation, il ressemble un peu au schéma électrique, et est facilement compréhensible [R 4[14]]

#### **IV.5.3.2. Le logiciel step7**

**Step7** est le logiciel d'ingénierie de **siemens** qui permet de programmer des automates de la gamme siemens, c'est le logiciel de base pour la configuration et la programmation de système d'automatisation SIMATIC, le plus connu et le plus utilisé dans le monde pour l'automatisation industrielle basé sur 3 langages CONT (langage à contacts) LIST (liste d'instructions) et LOG (logigramme)[R 4[15]]

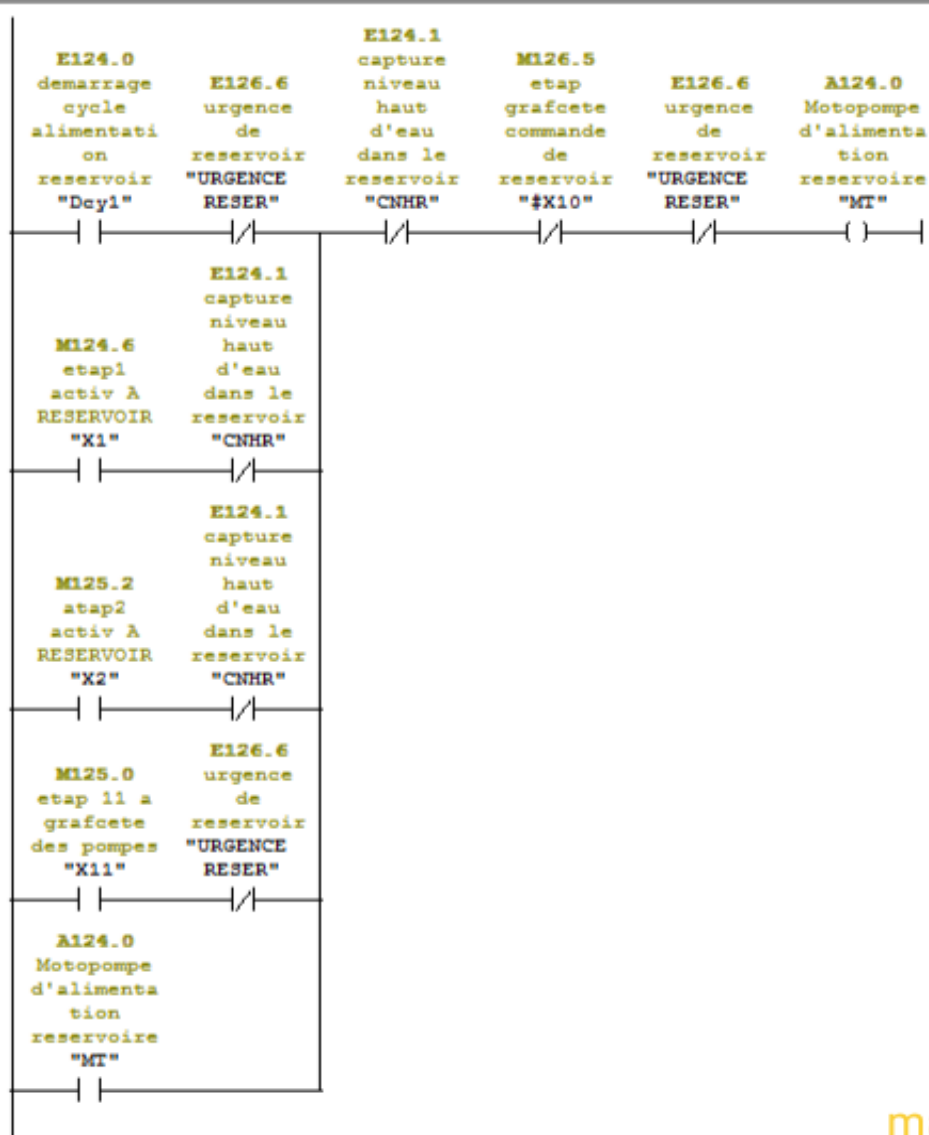
#### **IV.5.3.3. Réseau de motopompe :**

Il remplir l'eau dans le réservoir après pressé sur le bouton de March MT et c'est si on veut contrôler manuellement.

Les conditions suivantes doivent être trouvées :

- Le niveau de l'eau ne pas être haut
- elle n'a pas d'arrêt d'urgence





madene A2021

**Figure 36 :** réseau représente marche de motopompe à logiciel step7

#### IV.5.3.4 Réseau de la POMPE1

Si il n'ya pas aucune défaut dans la pompe1 pressé sur le bouton de March p1 si on veut contrôler manuellement.

Les conditions suivantes sont remplies la pompe 1 elle March pas

- le niveau de l'eau est haut dans la chaudière
- il ya un défaut dans la pompe 1
- si il existe un arrêt d'urgence

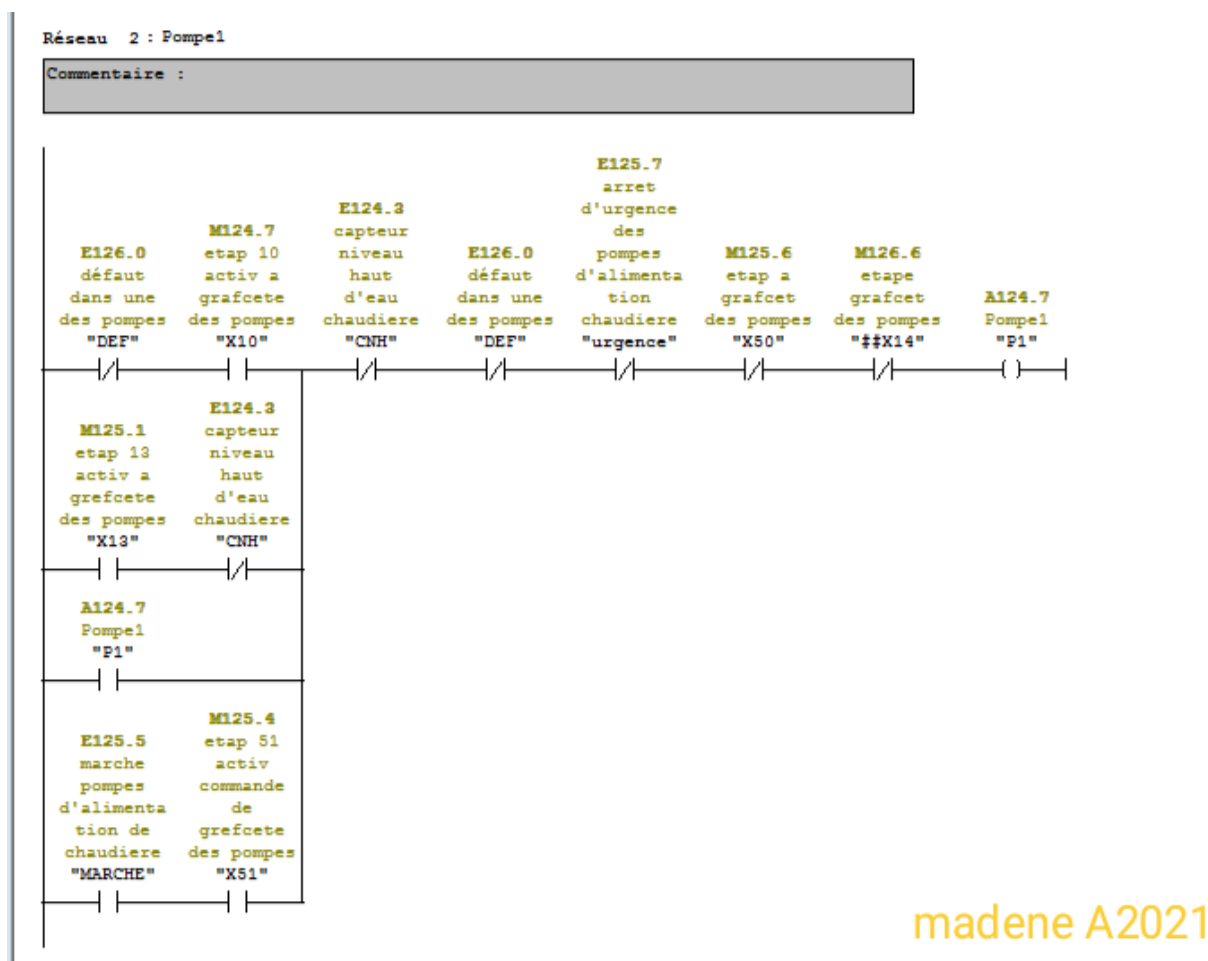


Figure 37 : Ce Réseau représente la marche de la POMPE1 à logiciel step7

#### IV.5.3.5 Réseau de la POMPE 2 :

Si il ya un défaut dans la pompe1, pressé sur le bouton Marche p2 si on veut contrôler manuellement.

Si d'une des conductions suivants est remplie, cela ne Marche pas la pompe 2

-si le niveau de L'eau de chaudière haut

- si il existe arrêt d'urgence

#### Le principe de travaille des deux pompes :

La deuxième pompe est considéré comme un remplacement pour la première pompe lorsqu'elle est en défaut

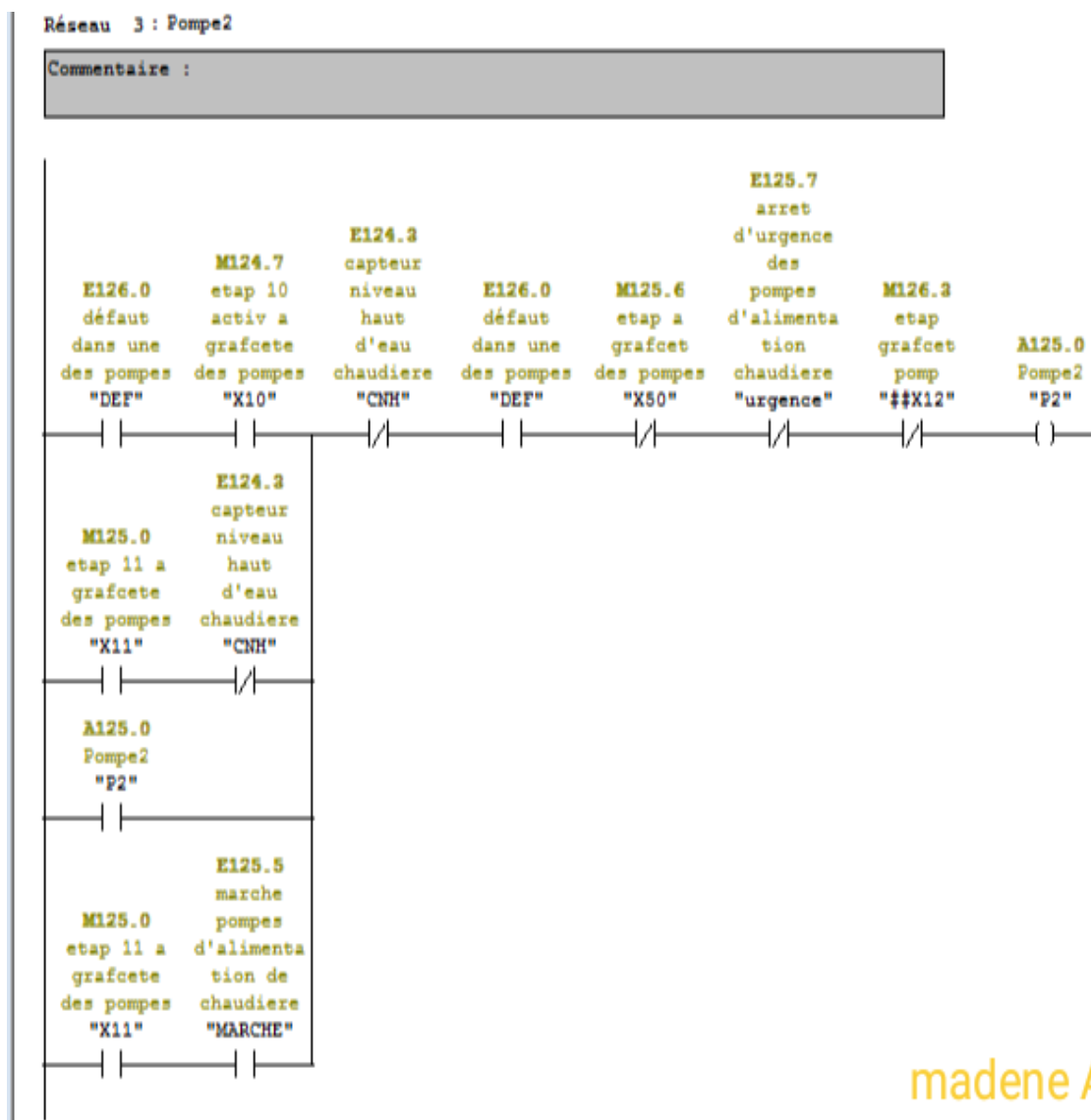


Figure 38 : Ce réseau représente marche de la pompe 2 à logiciel step7

#### IV.5.3.6.Réseau de ventilateur :

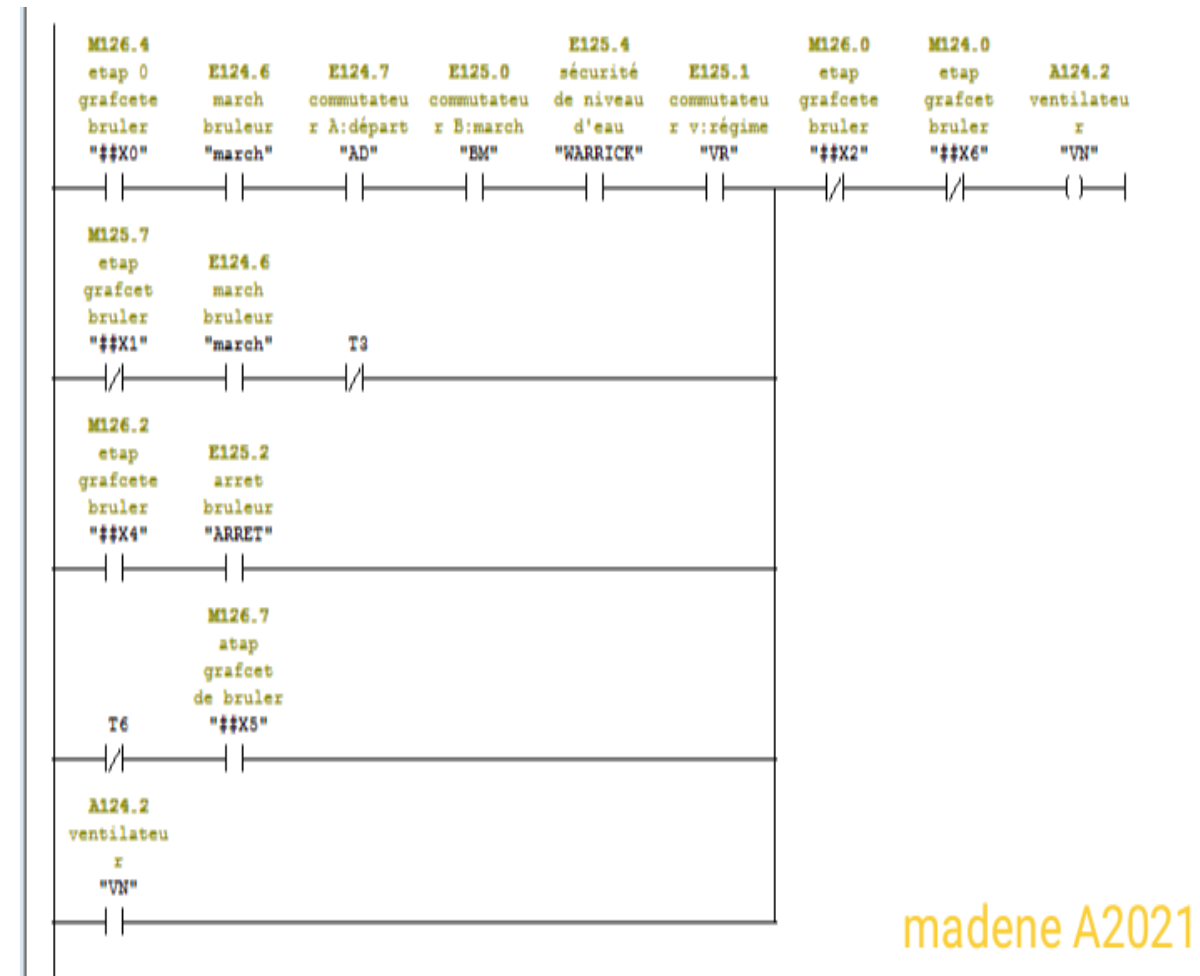
Si les conditions suivant sont remplies cela marche

- Si il le commutateur A en état d'épave et le commutateur B en état marche et pore la sécurité de niveau de l'eau WARRICK détecté et le commutateur V en état régime

**Si no il ya d'autre condition pour travailler :**

-la marche de bruler il existe, et puis le T3en état comptage

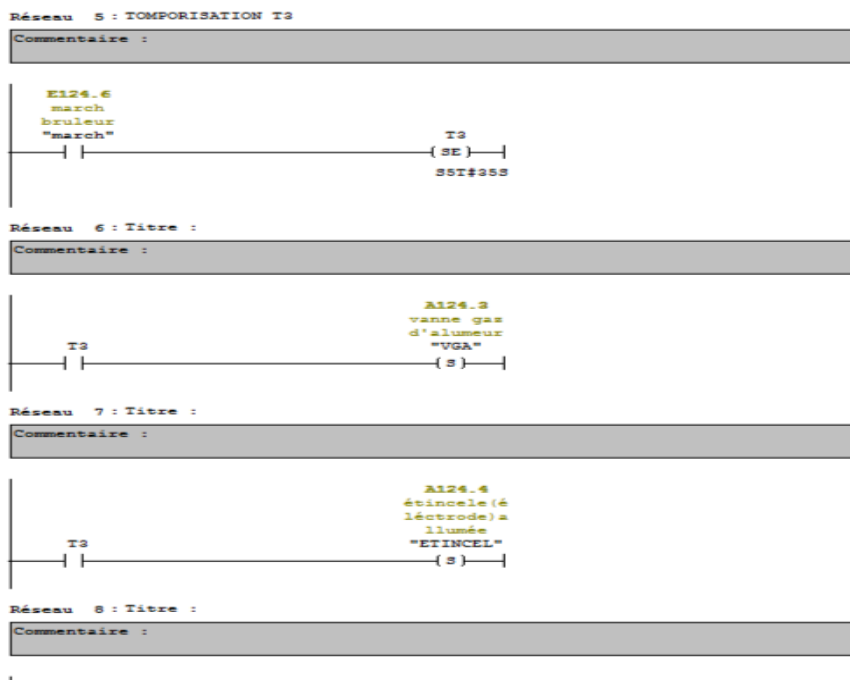
-si le temps T6 en état de comptage et étape X5 active dans le grafcet de brule



madene A2021

Figure 39 : Ce réseau représente marche du ventilateur à logiciel step7

IV.5.3.7. Réseaux de temporisation :



madene A2021

Figure 40: Réseau de temps T3

**IV.5.3.8. Réseau d'étincelle :**

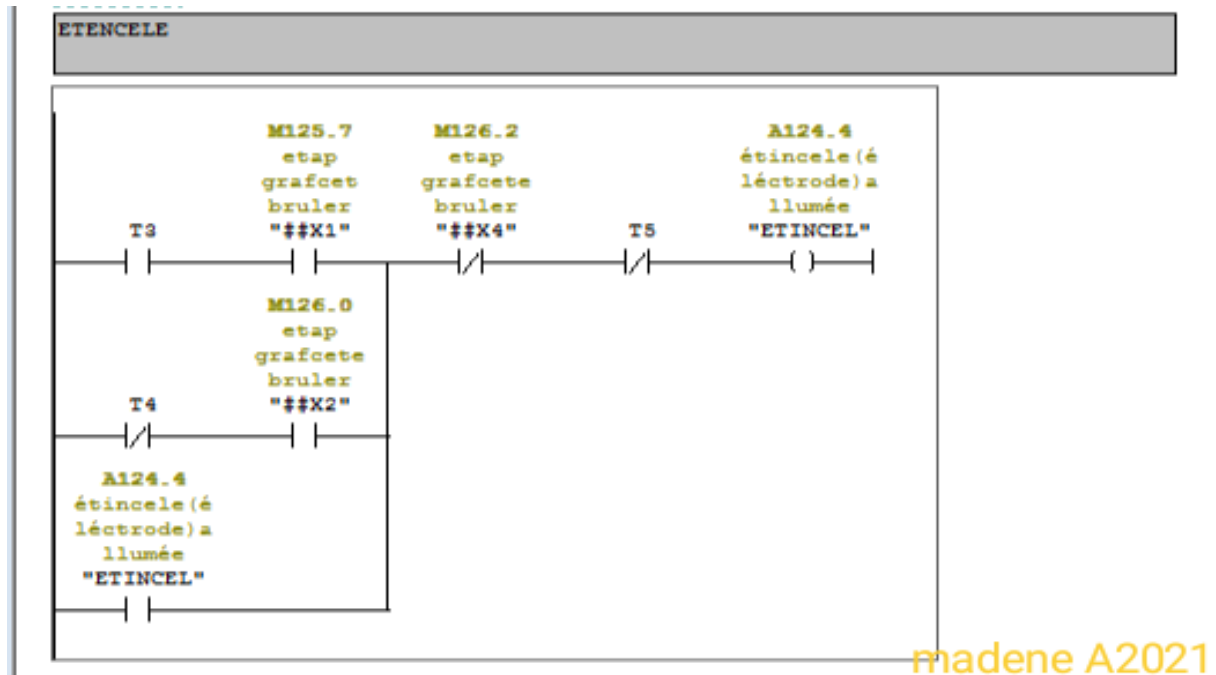
Les conditions sauvent son remplies ce la marche de étincelle

-si le temps T3 en état de comptage et l'étape X1 active dans le grafcet de bruler

-si le temps T4 pas dans l'état de comptage et l'étape X2 active dans le grafcet de bruler

**Etincelle en état d'arrêt :**

Arrêt d'étincelle si le temps T5 en état de comptage et l'étape X4 active dans le grafcet de bruler



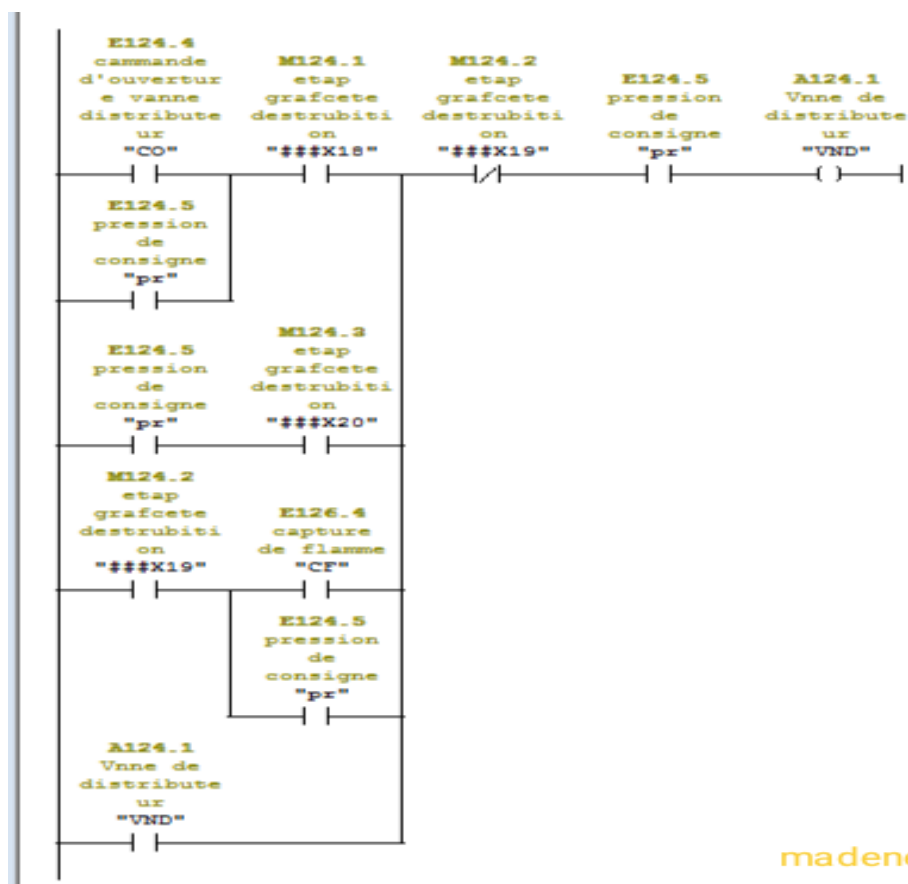
**Figure 41:** Ce réseau représente marche d'étincelle à logiciel step7

**IV.5.3.9 Réseau de vanne de distribution :**

Il faut Press é sur le bouton de marche de VND si on veut contr ôler manuellement

La vanne de distribution s'ouvre si la pression est haut et une étape dans le grafcet de vanne de distribution est réalis ée (soit X20 ou X18)

Si le capteur de flamme a été actif (qui montre la présence du feu et la flamme)



madene A 2021

**Figure 42:** Ce réseau représente marche de vanne de distribution à logiciel step7

#### IV.5.4. Simulation

La simulation est l'un des outils d'aide à la décision les plus efficaces à la disposition des concepteurs et des gestionnaires des systèmes complexes. Elle consiste à construire un modèle d'un système réel et à conduire des expériences sur ce modèle afin de comprendre le comportement de ce système et d'en améliorer les performances

**IV.5.4.1. Le logiciel WinCC :** SIMATIC WinCC est un système de contrôle et d'acquisition de données ainsi qu'une interface homme machine développés par Siemens. Les SCADA sont particulièrement utilisés dans la surveillance des processus industriels et des infrastructures. SIMATIC WinCC peut être utilisé avec SiemensPCS7 et Teleperm.

#### IV.5.4.2. La simulation de fonctionnement de la STEAMBLOC

La bonne analyse du système à automatiser et sa mise sous forme de GRAFCET, nous ont permis à l'aide du logiciel de programmation STEP 7 et l'environnement orienté objets WinCC d'établir un programme en faisant appel aux fonctions et aux blocs fonctionnels

# Etude de la chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA

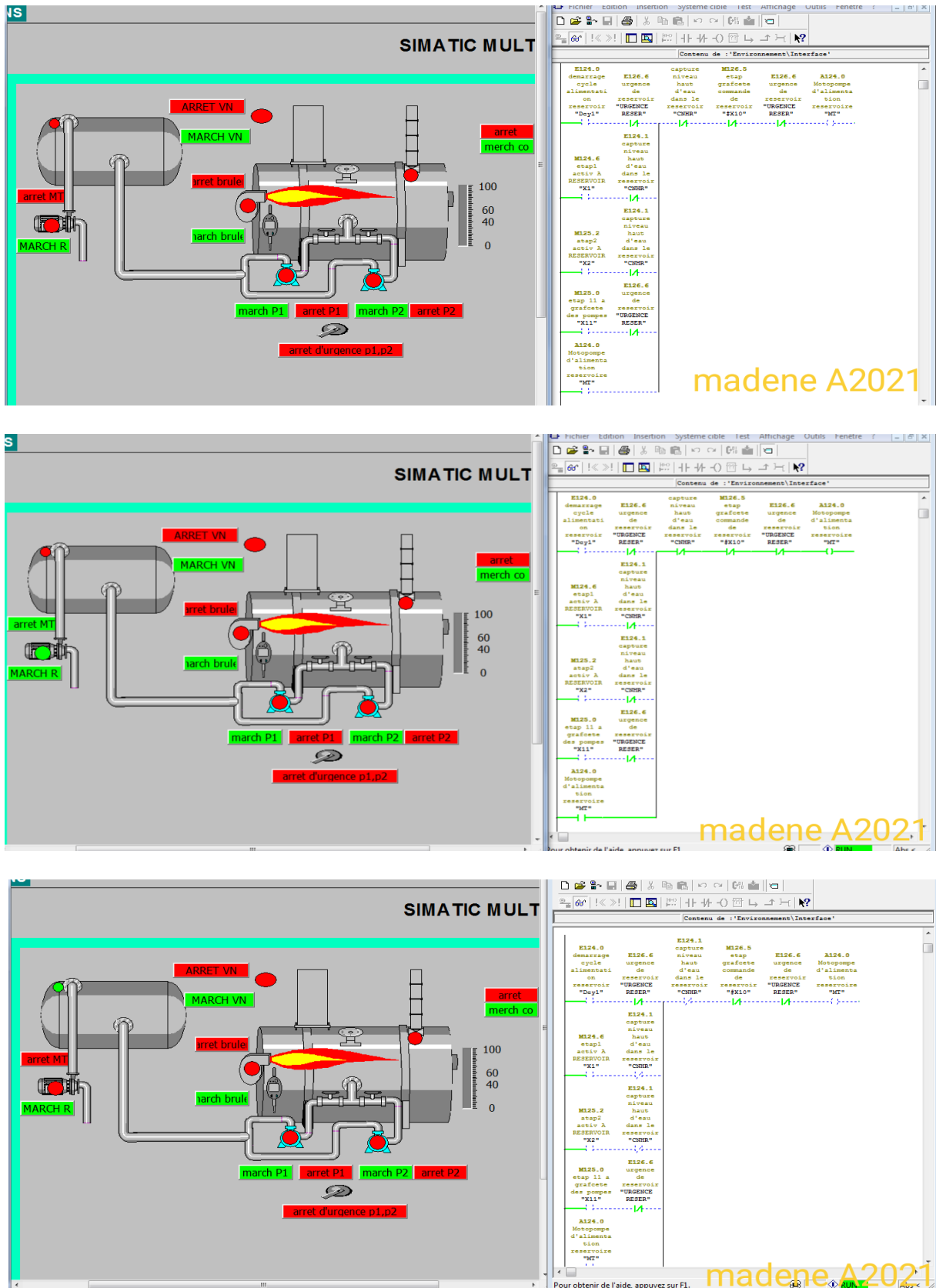


Figure 43: La simulation de motopompe MT A logiciel WinCC

# Etude de la chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA

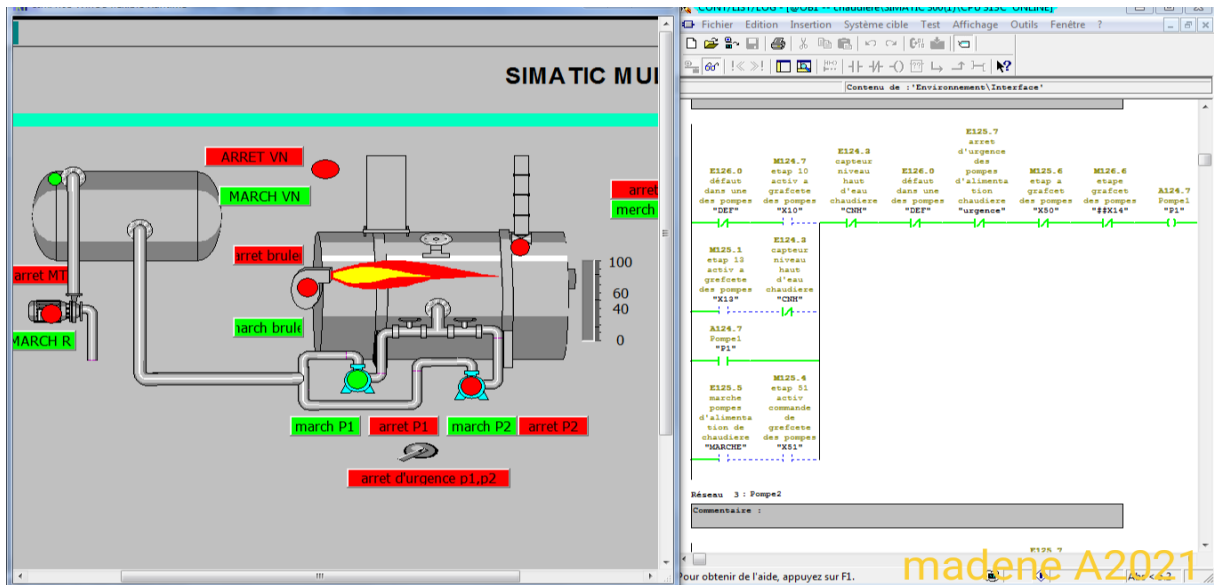


Figure 44: La simulation de la pompe 1 A logiciel WinCC

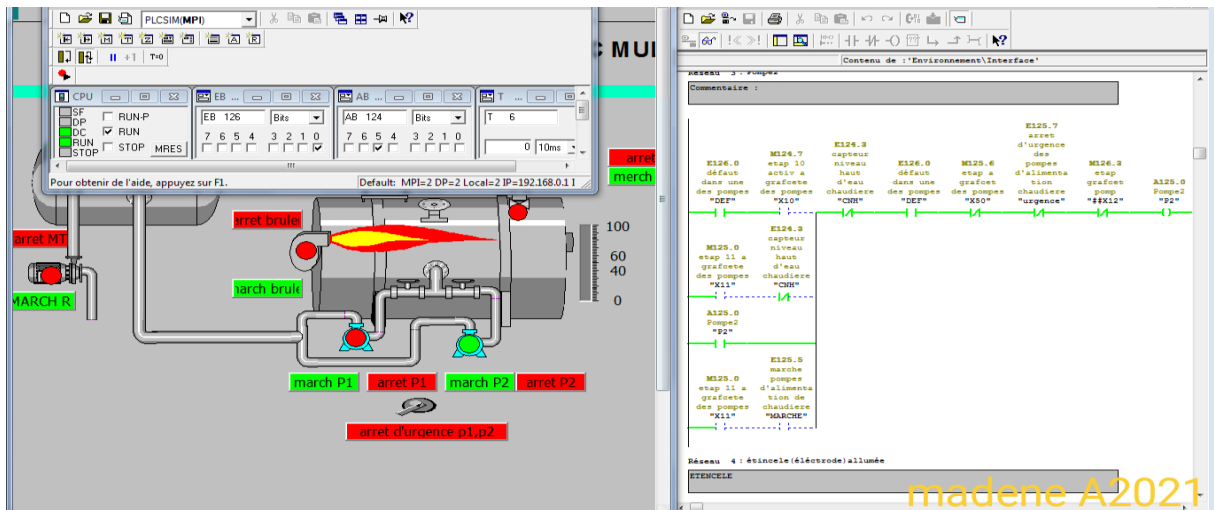


Figure 45: La simulation de la pompe 2 a logiciel WinCC



## Etude de la chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA

Après simulation, les résultats obtenus montrent une cohérence entre l'état des sorties en fonction des entrées et le principe de fonctionnement de notre chaudière STEAMBLOC

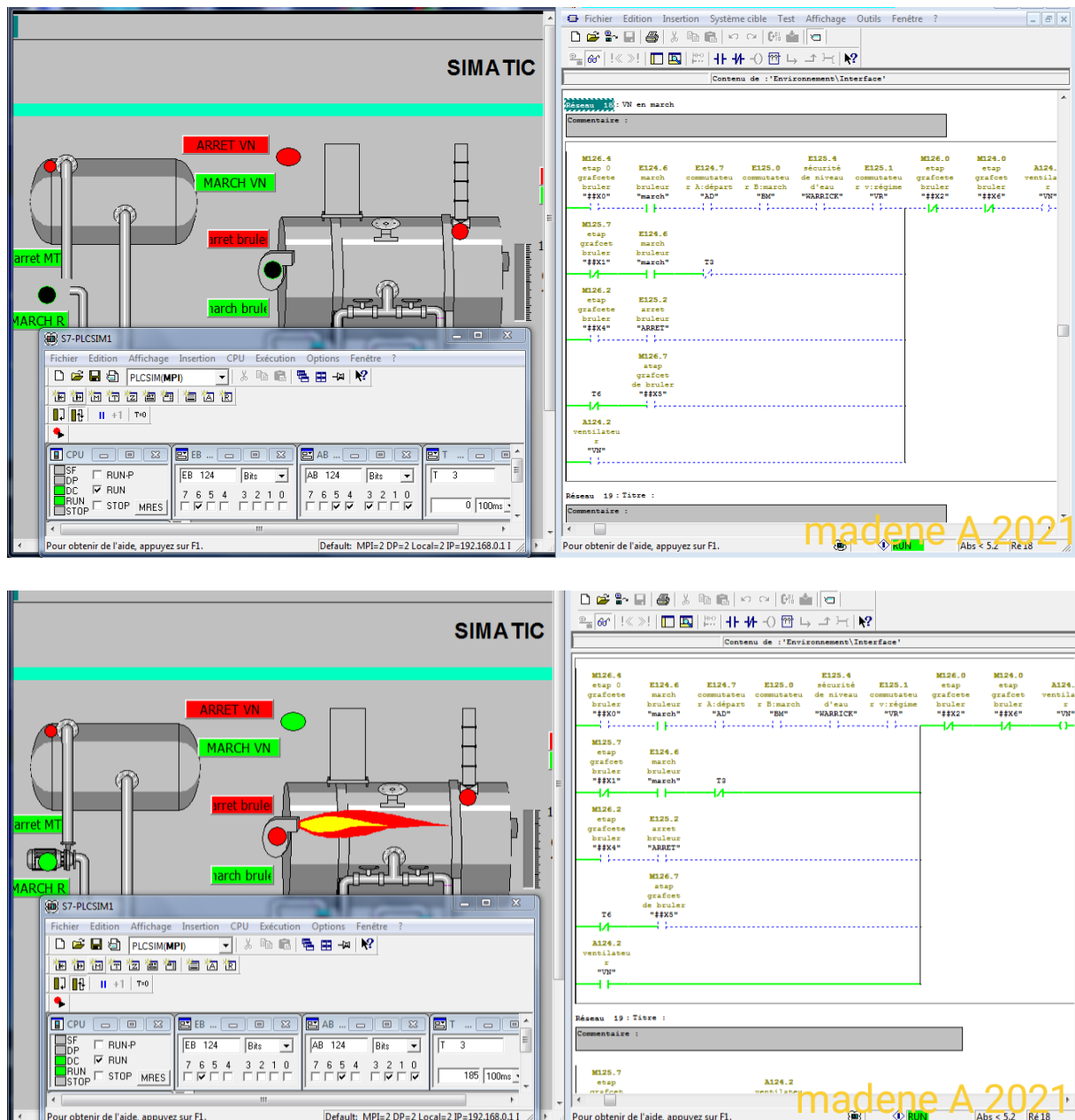


Figure 46: La simulation de ventilateur VN a logiciel WinCC

Une fois le programme chargé dans la CPU, on peut l'exécuter. Il faut s'assurer préalablement que le cycle continu est sélectionné comme mode d'exécution. Pour sélectionner le mode d'exécution continu du programme, on choisit la commande Exécution mode Cycle continu ou on peut cliquer sur le bouton correspondant dans la barre d'outils. Ceci va nous permettre de visualiser l'exécution de notre programme réseau par réseau. Afin de vérifier les programmes de chaque éléments de la chaudière STEAMBLOC et visualiser leurs

# Etude de la chaîne de régulation de la chaudière de l'UPCA

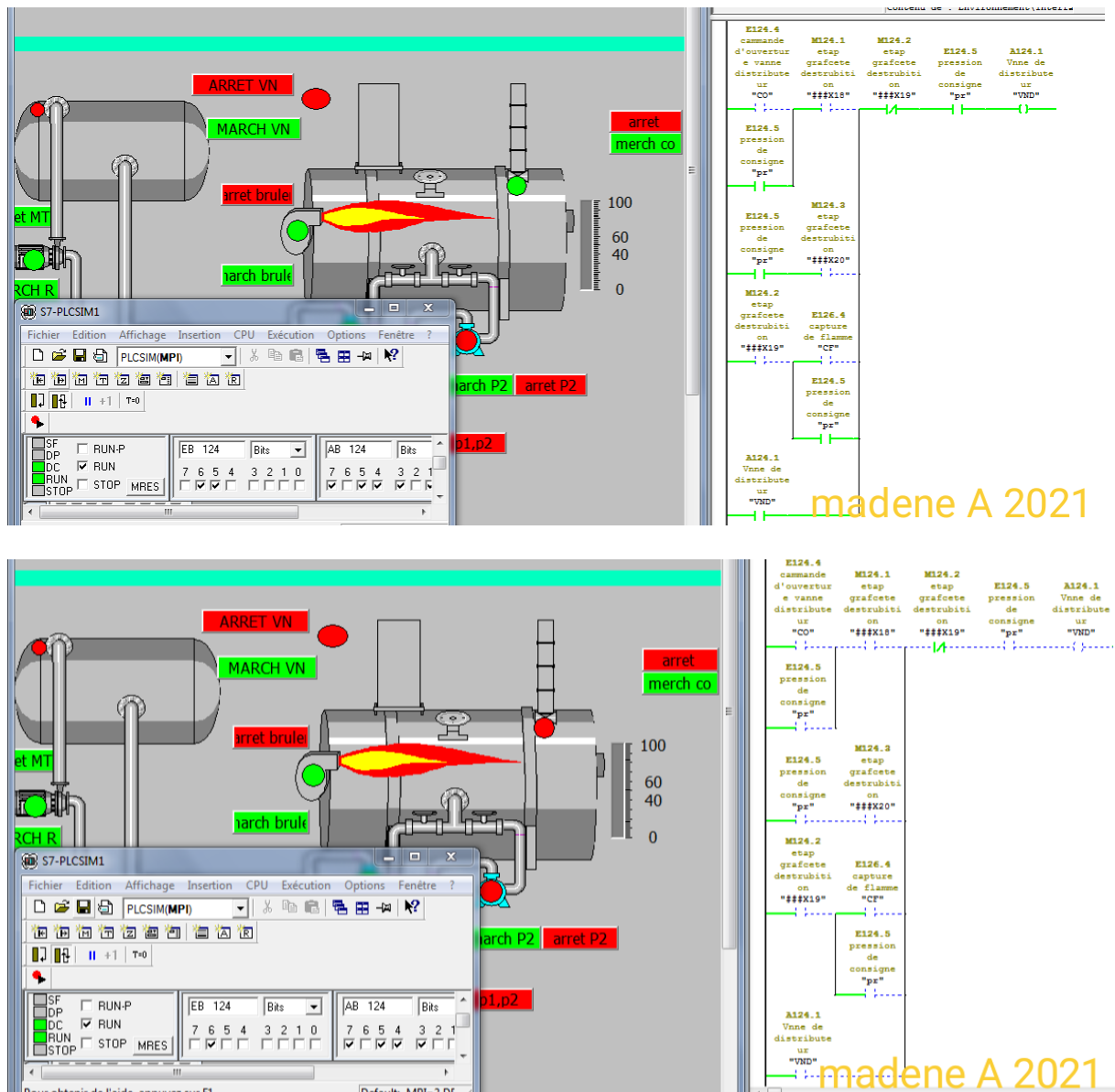


Figure 47: La simulation de ouvrir et fermer la vanne de distribution a logiciel WinCC

## **IV.6 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons pu développer un simulateur dynamique d'une chaudière industrielle. Ceci grâce à notre maîtrise de l'outil logiciel disponible sur internet. Il est important de mentionner la réalisation de cette interface nous permis d'apprendre l'AUTOMGEN pour la conception de notre Grafcet, la méthodologie de la méthode GRAFCET, le STEP7 qui est l'éditeur du langage LADDER. Ainsi, on a maîtrisé le WinCC qui est un environnement de développement très répandu dans les milieux industriels.

En plus, Les résultats de la simulation montrent une cohérence entre le comportement de l'automate S7-300, c'est-à-dire l'état des sorties en fonction des entrées et les exigences du cahier des charges de la STEAMBLOC.

# ***Conclusion générale***

*Dans un processus thermique ou plus exactement dans des appareils qui fonctionnent avec l'énergie thermique, il est primordial de maintenir leurs grandeurs physiques à des valeurs désirées. Il est clair que le niveau d'eau, la température, le débit et la pression sont des grandeurs variables particulièrement dans une chaudière industrielle, ils doivent d'être réglés via des actions convenables selon le processus considéré.*

*Le projet de rénovation de l'UPCA, qui se trouve à l'Institut de maintenance et de Sécurité Industrielle, Université d'Oran<sup>2</sup>, nécessite une adaptation des chaînes de régulation à la nouvelle technologie, notamment ceux de la chaudière STEAMBLOC. Cette chaudière est contrôlée à distance via des chaînes de régulations de l'année 1969.*

*Notre contribution dans ce travail consiste à concevoir et réaliser un système de monitoring pour la chaudière STEAMBLOC, utilisant des environnements de développement professionnels. Le WinCC, Step7 sont des logiciels très répandus dans le milieu industriel. Ainsi, notre travail consiste à réaliser une base de données théorique pour l'utiliser comme documentation pour les prochaines généralisations.*

*Dans la première partie de ce travail, nous avons étudié le fonctionnement des chaudières industrielles, particulièrement celui des chaudières de type tube de fumée. Ensuite, nous avons présenté les bases théoriques de régulation et particulièrement la régulation de niveau d'eau, pression, température et le débit. La dernière partie a été consacrée pour la présentation de l'unité pédagogique UPCA et la chaudière STEAMBLOC. Également, dans cette partie nous avons présenté notre système de monitoring. Ce dernier contrôle le fonctionnement de la chaudière STEAMBLOC.*

*Ce travail nous a permis de maîtriser les outils logiciels et des langages de programmation, comme le Step7, WinCC, AUTOMGEN et LADDER. Il nous a aussi, entant que des étudiantes de IMSI, permis de participer au projet de rénovation de l'unité pédagogique UPCA. Sur le plan formation il nous a permis d'enrichir nos connaissances dans notre domaine d'étude, L'électromécanique. Ceci via l'étude des différents éléments de la chaudière STEAMBLOC et les unités de l'UPCA. On doit noter que pour l'unité pédagogique c'est un champ très vaste pour l'application de nos connaissances.*

## ***Perspectives***

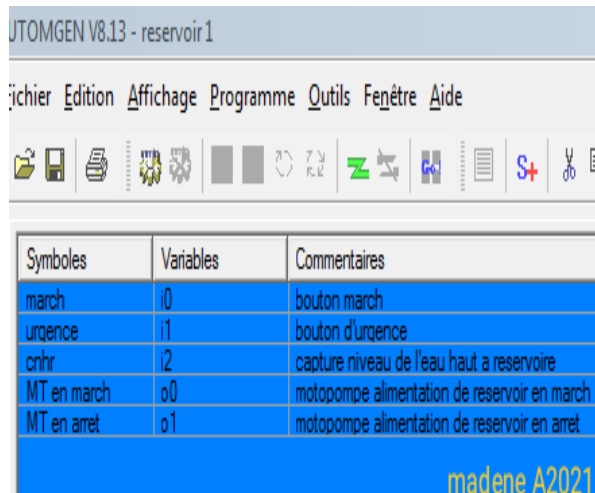
*Ce travail doit être complété dans un article scientifique, qui vise l'identification et le remplacement de tous les équipements de l'ancienne technologie, pour intégrer les TIC (Technologie d'Information et de Communication) au processus de l'UPCA. Nous invitons les prochains étudiants d'IMSI de continuer l'amélioration du système de monitoring. Il est indispensable de compléter la modélisation et la programmation de tout le circuit vapeur et celui d'eau, de l'unité 500.*

## **Références Bibliographiques**

- [1] : Azzoug Mohamed Abdel Hakim «Modélisation d'une chaudière a l'aide d'un outil graphique » Université Ferhat Abbas –Setif-2013-2014
- [2] : Fourar Meriem Et Kemouche Meriem «étude et réalisation d'un système de régulation de niveau d'eau dans les chaudières a vapeur » Université Abderrahmane Mira –\_Bejaia 2016, 2017
- [3] : Abderrahmane Chabi, Lila MEKZINE «Etude thermique d'une chaudière à vapeur » Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou 2013 ,2014
- [4] : Essalih Safaa - Hadad Hajar « Le bilan thermique de la chaudière à vapeur de la chaîne de production » Faculté Des Sciences Et Techniques De Fès Département de Génie Industriel 2014 ,2015
- [5] : M.RABI ; «cour de régulation industrielle» 2010 ,2011.
- [6] : G.Livois, « Régulation des générateur de vapeur et des centrales thermique », Dunod Technique, Paris 1979.
- [7] : M<sup>me</sup> DEGHAL Née CHERIDI Amina Lyria « étude numérique du transitoire accidentel d'une chaudière industrielle » Université Constantine1 2012 ,2013
- [8] : Boiler Design, « Maintenance and Safety Study Guide, Boiler Design and Construction », American Trainco Inc., SGB0001 306, 2006.
- [9] : abb alstom power combustion, Formation Chaudière, Complexe GNL Skikda 2000
- [10] :M.F.Asahby « Matériaux-Microstructure et mise en œuvre »Vol.2, Edition Dunod 1991
- [11] : Choix des alliages métalliques réfractaires pour four de traitement thermique, Centre des Industries mécaniques (CETIM199), 1998.
- [12] :F.Armanet, J.H.Davidson, « Résistance à la corrosion à haute température des aciers inoxydables et alliages réfractaires », Thèse de Doctorat, Université de Paris, 2001.
- [13] : Belghiti nistrine « Automatisation de la chaudière a vapeur » université farhat abbas setif 2014, 2015
- [14] : [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Langage\\_Ladder](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Langage_Ladder) 15/08/21
- [15] : <http://suport.industry.siemens.com> 15/08/21
- [16] : <https://www.tlv.com/global/FR/steam-theory/types-of-steam.html> 07/05/21
- [17] : document de formation pur une solution complète d'automatisation totally Integrated Automation (T I A) « initiation a la programmation d'API avec STEP 7 »

## Les Annexes

### Annexe A : Les tableaux des symboles



The screenshot shows the 'JTOMGEN V8.13 - reservoir 1' window. The menu bar includes 'Fichier', 'Edition', 'Affichage', 'Programme', 'Outils', 'Fenêtre', and 'Aide'. The toolbar contains various icons for file operations and editing. Below the toolbar is a table with three columns: 'Symboles', 'Variables', and 'Commentaires'. The table lists five entries related to a reservoir. A 'madene A2021' watermark is visible in the bottom right corner of the table area.

Symboles	Variables	Commentaires
march	i0	bouton march
urgence	i1	bouton d'urgence
cnhr	i2	capture niveau de l'eau haut a reservoir
MT en march	o0	motopompe alimentation de reservoir en march
MT en arret	o1	motopompe alimentation de reservoir en arret

Figure 48 : table des symboles du 1<sup>er</sup> Grafcet



The screenshot shows the 'TOMGEN V8.13 - partie 1 basculement deux pmpe charge chaudiere' window. The menu bar includes 'Fichier', 'Edition', 'Affichage', 'Programme', 'Outils', 'Fenêtre', and 'Aide'. The toolbar contains various icons, including a 'Go!' button. Below the toolbar is a table with three columns: 'Symboles', 'Variables', and 'Commentaires'. The table lists nine entries related to boiler pump switching. A 'madene A2021' watermark is visible in the bottom right corner of the table area.

Symboles	Variables	Commentaires
march	i0	bouton march
urgence	i1	bouton d'urgence
P1MARCH	o0	pomp 1 march
P2MARCH	o1	pomp 2 arret
o1ARRET	o3	pomp 1 en arret
defp1	i3	defaut a pomp1
P2ARRET	o6	pomp 2 arret
cnh	i7	capture niveau de l'eau a chaudiere
cnbr	i9	capture niveau de l'eau a reservoir

Figure 49 : Table des symboles du 2em Grafcet

The screenshot shows the TOMGEN V8.13 software interface for the 'bruler' (burning) control system. The window title is 'TOMGEN V8.13 - bruler'. The menu bar includes 'Fichier', 'Edition', 'Affichage', 'Programme', 'Outils', 'Fenêtre', and 'Aide'. The toolbar contains various icons for file operations and control functions. Below the toolbar is a table with three columns: 'Symboles', 'Variables', and 'Commentaires'. The table lists 17 entries, each with a symbol, a variable name, and a description. The text 'madene A2021' is visible in the bottom right corner of the table area.

Symboles	Variables	Commentaires
ad	i0	commutateur A de depart
bm	i1	commutateur B de march
vreg	i2	commutateur régime
wamick	i3	sécurité wamick
fcv	i4	fin de course ventilateur
march	i5	bouton march
cf	i7	capteur de flamme
arret	i8	arret bruleur
VNen march	o0	ventilateur en march
VGA ouve	o1	vanne qaz allumeur ouverte
ETINCEL al	o2	etincele (electrode) allumee
VNen arret	o3	ventilateur en arret
VG1 ouver	o4	vanne qaze principale 1 ouverte
VG2 ouver	o5	vanne qaz principale 2 ouverte
VGA fem	o6	vanne qaze allumeur ferme
ETINCEL ét	o7	etincel éteinte
VG1 fem	o8	vanne qaz principale 1 ferme
VG2 fem	o9	vanne qaz principale 2 ferme

**Figure 50:**Table des symboles du 3<sup>em</sup>\_Grafctete

The screenshot shows the TOMGEN V8.13 software interface for the 'destrubition' (distribution) control system. The window title is 'TOMGEN V8.13 - destrubition'. The menu bar includes 'Fichier', 'Edition', 'Affichage', 'Programme', 'Outils', 'Fenêtre', and 'Aide'. The toolbar contains various icons for file operations and control functions. Below the toolbar is a table with three columns: 'Symboles', 'Variables', and 'Commentaires'. The table lists 5 entries, each with a symbol, a variable name, and a description. The text 'madene A2021' is visible in the bottom right corner of the table area.

Symboles	Variables	Commentaires
pr	i0	pression de consigne
co	i1	commande manuele
cf	i2	capteur de flamme
VND ouver	o0	vanne distribution vapeur ouverte
VND fem	o1	vanne distributeur vapeur ferme

**Figure 51 :** Table des symboles du 4<sup>em</sup> Grafctete

## Annexe B : Les Réseaux de temporisation

Réseau 5 : TEMPORISATION T3

Commentaire :



Réseau 6 : Titre :

Commentaire :



Réseau 7 : Titre :

Commentaire :



Réseau 8 : Titre :

Commentaire :

madene A2021

Réseau 8 : Titre :

Commentaire :



Réseau 9 : TEMPORISATION T4

Commentaire :



Réseau 10 : vanne gas principale1

Commentaire :



Réseau 11 : vanne gas principale2

Commentaire :

madene A2021

Pour obtenir de l'aide, appuyez sur F1.

Figure 52: les Réseaux des temporisations