
MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme de master
Systèmes Microélectroniques, de Télécommunications et de l'Informatique
Industrielle

Automatisation du système de dosage chimique du circuit eau-vapeur

Réalisé par :

✚ Mr OUARGUANE Amin

Encadré par :

✚ Pr M.E ABARKAN

Soutenu le : 21 Juin 2013

Devant le jury composé de :

✚ Pr. MECHQURANE Abdallah Pr (F.S.T.Fès)

✚ Pr .AHITOUF Ali Pr (F.S.T.Fès)

✚ Pr .ABARKAN El houssein Encadrant (F.S.T.Fès)

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2012/2013

Remerciements

Avant d'entamer ce travail, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé le long de mon séjour à la centrale thermo solaire ISCC d'Ain Béni Mathar :

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et ma profonde gratitude à l'encadrement de la Faculté des sciences et techniques de Fès (FSTF) représenté par Pr M. El houssein ABARKAN, pour sa disponibilité, son suivi, son aide et pour le temps qu'il a consacré pour mettre en ordre toutes mes idées contenues dans ce rapport.

Je tiens à remercier infiniment mon parrain de stage M. BERREHILI Mohammed, le directeur de la division d'exploitation thermique d'ABM, pour avoir bien voulu m'accueillir et m'avoir préparé les conditions favorables au bon déroulement de mon stage, et pour son encadrement fructueux et ses conseils qu'il m'a prodigué avec une disponibilité jamais démentie tout au long de mon stage.

Je tiens à remercier M. BELAZIZ Imad, mon encadrant technique pour son aide et son soutien durant la période du stage.

Mes remerciements vont à tout le personnel que j'ai contacté durant mon stage à la centrale thermo solaire ISCC d'ABM, auprès duquel j'ai trouvé l'accueil chaleureux, l'aide, la disponibilité, et l'assistance dont j'avais besoin.

Je ne peux pas laisser cette occasion passer sans témoigner de ma reconnaissance à tout le corps professoral du département Génie Electrique de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

Finalement, je remercie toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mon très cher père :

« Merci pour tes sacrifices le long de ces années. Merci pour tout l'amour que tu procures à notre petite famille. Tu es la lumière qui me guide dans les moments les plus obscures ».

A ma très chère mère :

« Je ne trouverai jamais de mots pour t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, la tendresse et surtout pour ta présence dans mes moments les plus difficiles, et si j'en suis arrivée là ce n'est que grâce à toi ma maman adorée ».

A mes chers frères et sœurs :

« Aucun mot ne saura exprimer tout l'amour que j'ai pour vous. Vous êtes les frères et sœurs idéals pour moi, vous avez énormément de qualités que je ne pourrais pas tous les citer. Même si la distance nous éloigne, vous étiez et vous resterez toujours dans mon cœur. Que dieu vous garde, et vous procure santé, bonheur et longue vie ».

A mes chers amis :

« Je vous dédie ce travail en témoignage de mon grand amour, mon grand respect et ma profonde estime, que dieu vous protège »

Tables des matières

Introduction générale :.....	7
<u>Chapitre 1 : Présentation de l'organisme d'accueil</u>	
I. Aperçu générale sur l'ONEE :.....	12
1) Historique :	12
2) Mission et objectifs :	12
3) Domaine d'activité :	12
4) Organisation de l'ONEE BE :.....	13
II. Présentation de la société ABENGOA :.....	14
1) Historique et répartition géographique :	14
2) Domaine d'activité :	15
3) Organisation d'ABENGOA Maroc- site d'Ain Béni Mathar:	16
<u>Chapitre 2: Présentation de la centrale ISCC d'ABM</u>	
I. Centrales solaires thermodynamiques :.....	17
a. Les centrales solaires à miroir de Fresnel :.....	17
b. Les centrales à tour :.....	17

c.	Les centrales à capteurs paraboliques :	18
d.	La tour solaire à effet de cheminée :	18
e.	Les centrales à collecteurs cylindro-paraboliques :	18
II.	Centrale ISCC d'Ain Béni Mathar :	18
1)	Présentation de la Centrale :	18
2)	Description de la centrale :	19
a)	Turbine à gaz :	20
b)	Chaudière de récupération de chaleur (HRSG) :	21
c)	Turbine à vapeur :	22
d)	Aérocondenseur :	22
e)	Système Solaire :	23
3)	Processus de production dans la centrale :	24
III.	Système de désignation pour les centrales électriques (KKS) :	24
1.	Définition de système de codification KKS :	24
2.	Types de désignations KKS :	25
3.	Structure et différents niveaux de code KKS :	25

Chapitre 3: Etude fonctionnelle du système de dosage chimique du circuit eau/vapeur

I.	Introduction :	26
II.	Cahier des charges fonctionnel :	27
1)	Présentation :	27
2)	Travail demandé :	27
3)	Equipe de projet :	28
III.	Présentation des unités de production de vapeur et du système de dosage chimique de la centrale ISCC d'ABM :	28
1)	Description de la chaudière de récupération de chaleur :	28
2)	Présentation du système de dosage chimique :	31
a)	Description du système d'analyse chimique :	31
b)	Circuit de préparation des échantillons :	31
c)	Système d'analyse :	32
d)	Dosage chimique :	33
3)	Recensement des équipements :	33
IV.	Analyse fonctionnelle :	35
1.	Introduction :	35

2.	L'objectif de l'analyse fonctionnelle :	36
3.	Démarche de l'analyse fonctionnelle :	36
i-	Recherche du besoin fondamental :	36
ii-	Méthode SADT (Analyse fonctionnelle descendante) :	37
iii-	Recherche des fonctions de services :	38
iv-	Recherche des solutions technologiques (FAST) :	39
V.	Procédure de dosage du circuit eau/vapeur de la centrale ISCC d'ABM:	40
1)	Contrôle de pH et dosage de l'ammoniac du HRSG 1&2 et du condensat:	41
2)	Dosage de carbohydrate du HRSG 1&2 et du condensat:	42
3)	Contrôle de conductivité et dosage de phosphate du HRSG 1&2 :	42
VI.	Conclusion :	43

Chapitre 4: organigrammes et logiques programmées

I.	Introduction :	44
II.	Logique générale de démarrage du dosage chimique :	44
1.	Démarrage de la chaudière :	44
2.	Fonctionnement normal de la chaudière :	45
3.	Procédure d'arrêt de la chaudière :	46
III.	Logique générale d'arrêt du dosage chimique :	47
1.	Démarrage de la chaudière :	47
2.	Fonctionnement normal de la chaudière :	48
3.	Procédure d'arrêt de la chaudière :	49
4.	Arrêt total de la chaudière :	49
IV.	Logique programmée du dosage chimique :	51
V.	Conclusion :	63
	Conclusion générale :	66
	Bibliographie :	
	
67	
	GLOSSAIRE DES	
	ACRONYMES.....	
68	
	ANNEXES :	
	
70	

Liste des figures :

Figure 1: Organigramme de l'ONEE-Branche d'Electricité.....	14
Figure 2: Répartition géographique d'ABENGOA.....	15
Figure 3: Principaux domaines d'activités d'ABENGOA	16
Figure 4: Organigramme d'ABENGOA- Site d'Ain Béni Mathar	16
Figure 5: Miroirs de Fresnel	17
Figure 6: Technologie de tour	17
Figure 7: Capteurs Paraboliques	18
Figure 8: Tour solaire à effet de cheminée	18
Figure 9: Collecteurs cylindro-paraboliques	18
Figure 10: Centrale thermo solaire ISCC d'Ain Béni Mathar.....	19
Figure 11: Schéma général de la centrale ISCC d'ABM	20
Figure 12: Représentation graphique de la turbine à gaz de la centrale ISCC d'ABM.....	21
Figure 13: Chaudière de récupération de chaleur	21
Figure 14: Turbine à vapeur de la centrale ISCC d'ABM	22
Figure 15: Représentation graphique des Aérocondenseurs	23
Figure 16: Collecteur Cylindro-parabolique	24
Figure 17: Représentation graphique du processus de fonctionnement de la centrale ISCC d'ABM ..	24
Figure 18: Représentation des éléments d'une chaudière de récupération de chaleur.....	29
Figure 19: Collecteurs de vapeur de la chaudière de récupération de chaleur.....	30
Figure 20: Ballon condensat et dégazeur.....	31
Figure 21: Représentation du circuit de préparation des échantillons	32
Figure 22: Système de dosage chimique des chaudières (pompes et électrovannes de dosage chimique).....	34
Figure 23: Conteneur de produits de dosage chimique.....	35
Figure 24: Les outils du niveau fonctionnel	36
Figure 25: le diagramme de bête à cornes.	37
Figure 26: Le diagramme «bête à cornes» du système de dosage chimique.....	37
Figure 27: Digramme SADT d'un produit	38
Figure 28: Digramme SADT du système de dosage chimique	38
Figure 29: Diagramme PIEUVRE d'un système	39
Figure 30: Diagramme PIEUVRE du système de dosage chimique	39
Figure 31: La méthode FAST.....	40
Figure 32: Le diagramme FAST du système de dosage chimique	40
Figure 33: Organigramme de démarrage du dosage chimique au démarrage de la chaudière.....	45
Figure 34: Organigramme de démarrage du dosage chimique au fonctionnement normal	45
Figure 35: Organigramme de démarrage du dosage chimique pendant la procédure d'arrêt de la chaudière.....	46
Figure 36: Organigramme général de démarrage du dosage chimique	47
Figure 37: Organigramme d'arrêt du dosage chimique au démarrage de la chaudière	48
Figure 38: Organigramme d'arrêt du dosage chimique au fonctionnement normal	48

Figure 39: Organigramme d'arrêt du dosage chimique pendant la procédure d'arrêt de la chaudière.	49
Figure 40: Organigramme d'arrêt du dosage chimique à l'arrêt de la chaudière.	49
Figure 41: Logique générale d'arrêt du dosage chimique	50
Figure 42: Logique programmée de démarrage du dosage d'ammoniac dans le ballon HP du HRSG153	
Figure 43: Logique programmée d'arrêt du dosage d'ammoniac dans le ballon HP du HRSG1	54
Figure 44: Logique programmée de démarrage du dosage d'ammoniac dans le condensat	55
Figure 45: Logique programmée d'arrêt du dosage d'ammoniac dans le condensat	56
Figure 46: Logique programmée de démarrage de dosage du carbohydrazide dans le ballon HP du HRSG1.....	57
Figure 47: Logique programmée d'arrêt de dosage du carbohydrazide dans le ballon HP du HRSG1	58
Figure 48: Logique programmée de démarrage de dosage du carbohydrazide dans le condensat	59
Figure 49: Logique programmée d'arrêt de dosage du carbohydrazide dans le condensat	60
Figure 50: Logique programmée du démarrage de dosage du phosphate dans le ballon HP du HRSG1	61
Figure 51: Logique programmée d'arrêt de dosage du phosphate dans le ballon HP du HRSG1	62

Liste des tableaux :

Tableau 1: Fiche signalétique de l'office Nationale d'Electricité et d'Eau Potable (ONEE) Branche Electricité (BE).	12
Tableau 2: Niveaux de code KKS	25
Tableau 3:Tableau de codification KKS	25
Tableau 4: Participants au projet	28
Tableau 5: Tableau de caractéristique de la chaudière de récupération de chaleur de la centrale ISCC d'ABM	31
Tableau 6: Les outils de l'analyse fonctionnelle	36
Tableau 7: Les différentes fonctions du système.	39
Tableau 8: Intervalles permis des paramètres chimiques	41
Tableau 9: Liste des entrées et sorties du programme de dosage chimique	52

Introduction générale :

L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de remplacer l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de surveillance et de contrôle.

Elle fait appel à des systèmes électroniques qui englobent toute la hiérarchie de contrôle commande depuis les capteurs de mesure, en passant par les automates programmables, les bus de communication, la visualisation, l'archivage jusqu'à la gestion de production et des ressources.

Dans le cadre de notre formation de Master en Systèmes Microélectronique, Télécommunication et Informatique Industrielle, un projet d'automatisation du système de dosage chimique du circuit eau/vapeur nous a été proposé par l'Office Nationale de l'Electricité et de l'Eau Potable-Branche Electricité.

Notre travail consiste à automatiser le dosage des produits chimiques au niveau de la centrale thermo solaire à cycle combiné à intégration solaire (ISCC) d'Ain Béni Mathar, et cela dans le but de maintenir les caractéristiques chimiques exigées de l'eau et de la vapeur des chaudières.

Ce projet permettra aussi de :

- Simplifier le travail de l'humain ;
- Eliminer les tâches répétitives ;
- Augmenter la sécurité ;
- Économiser les matières premières et l'énergie ;
- Maintenir la qualité.

Le déroulement de cette étude s'est structuré en quatre chapitres de la manière suivante :

- Le premier chapitre englobe une présentation de l'organisme d'accueil, où nous donnerons un aperçu générale de l'Office Nationale de l'Electricité et de l'Eau Potable-Branche Electricité en tant que responsable de notre stage, ainsi que la société ABENGOA qui est la société qui exploite le site d'ABM.
- Le deuxième chapitre comprend une présentation générale de la centrale ISCC d'ABM, ses principaux éléments, et son principe de fonctionnement.
- Afin de pouvoir assimiler le travail qui nous a été confié, le troisième chapitre fait l'objet d'une présentation du circuit eau/vapeur, du système de dosage chimique, ainsi qu'une analyse fonctionnelle.

- Le quatrième et dernier chapitre représente dans un premier volet les organigrammes fonctionnelles élaborés à partir de la procédure de dosage chimique dans la centrale d'ABM, et dans un second volet les logiques programmées du système de dosage chimique.

Chapitre 1 :

Présentation de l'organisme d'accueil

I. Aperçu générale sur l'ONEE :

L'Office National de l'Electricité et de l'Eau potable (ONEE), est un établissement public à caractère industriel et commercial qui a été créé en octobre 2012 par la loi 40-09 suite au regroupement de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) et de l'Office National d'Electricité (ONE).

1) Historique :

Connue aujourd'hui sous le nom de l'Office National de l'Electricité et de l'Eau potable Branche Electricité (ONEE-BE), L'Office National d'Electricité (ONE), a été créée après l'indépendance du Maroc le 1^{er} janvier 1963 par le dahir n° :163226 lui réservant l'exclusivité de la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique au niveau national.

Sa position au sein d'un domaine stratégique comme l'énergie et sa politique ambitieuse de développement en font un acteur majeur du développement économique et du progrès social de notre pays.

2) Mission et objectifs :

Acteur principal dans le secteur de l'électricité, les missions principales de l'ONEE Branche Electricité visent à satisfaire et répondre aux besoins du pays en énergie électrique, ainsi que le développement du réseau du transport. Planifier, intensifier et généraliser l'extension de l'électrification rurale, et œuvrer pour la promotion et le développement des énergies renouvelables. Et d'une façon générale, gérer la demande globale de l'énergie électrique nationale.

Fiche signalétique :

Raison Sociale	Office Nationale d'Electricité et d'Eau Potable (ONEE) Branche Electricité (BE).
Statut juridique	Entreprise Public
Date de création	Octobre 2012 « par loi no 40-09 »
Siege Sociale	65, Rue Othman Ben Affane-20000 Casablanca-Maroc.
Objet sociale	Production, Transport et distribution de l'énergie électrique.
Coordonnées	Tél:05 22 66 80 80 – Fax: 05 22 66 80 38/ Mail: one@one.org.ma

Tableau 1: Fiche signalétique de l'office Nationale d'Electricité et d'Eau Potable (ONEE) Branche Electricité (BE).

3) Domaine d'activité :

➤ La production :

En tant que producteur national, l'ONEE Branche Electricité a la responsabilité de fournir sur tout le territoire marocain et à tout instant une énergie de qualité.

Cette production est assurée par des moyens de production exploités directement par l'Office ou par des ouvrages confiés à des producteurs concessionnels.

Les sites de production :

Production thermique :

- ✓ Centrale thermo solaire d'Ain Béni Mather (thermique, 470 MW).
- ✓ Centrale à Groupe Diesel de TANTAN (116 MW).
- ✓ Centrale à Turbines à Gaz de Mohammedia (300 MW).
- ✓ Centrale à charbon à Safi (thermique, 2 x 660 MW).
- ✓ Centrale Turbines à gaz de Kenitra (thermique, 300 à 360 MW).

- ✓ Projet de Groupes Diesel à Agadir (thermique, 72 MW).
- ✓ Rénovation des deux tranches à charbon de la CTM.

Production hydraulique :

- ✓ Complexe hydro - électrique de Tanafnit El Borj (40 MW).
- ✓ Projet de réhabilitation et de télégestion des usines hydrauliques.
- ✓ STEP Abdelmoumen (hydraulique, 3 MW).

Production éolienne :

- ✓ Initiative 1000 MW (Projets de parcs éoliens).
- ✓ Parc éolien de TANGER 140MW.
- ✓ PARC EOLIEN DE TARFAYA.

➤ **Le transport :**

Par transport, on entend l'acheminement de l'électricité depuis les centrales de production jusqu'aux centres de consommations. Le réseau de transport comporte des lignes hautes et moyennes tensions qui assurent le transfert de la puissance électrique fournie par les centrales sur de grandes distances.

➤ **La distribution :**

Par distribution, on entend l'acheminement de l'énergie électrique jusqu'aux usagers à desservir. En règle générale, la distribution est assurée par les lignes moyennes et basses tension couvrant des distances relativement faibles, dans des zones habitées.

L'énergie parvient à la distribution sous une tension élevée. Cette tension en général abaissée dans des postes de transformation (HT/MT) à une valeur moyenne d'environ 22KV.

De ces postes 60/22KV partent des lignes auxquelles sont raccordées des postes de transformations, situés à proximité des lieux d'utilisation soit pour alimenter directement des abonnés en MT (poste d'abonné) soit des postes de distributions publiques (postes MT/BT) où la tension est abaissée à une valeur qui permet directement son utilisation par les abonnés pour les divers emplois de l'énergie électrique.

4) Organisation de l'ONEE BE :

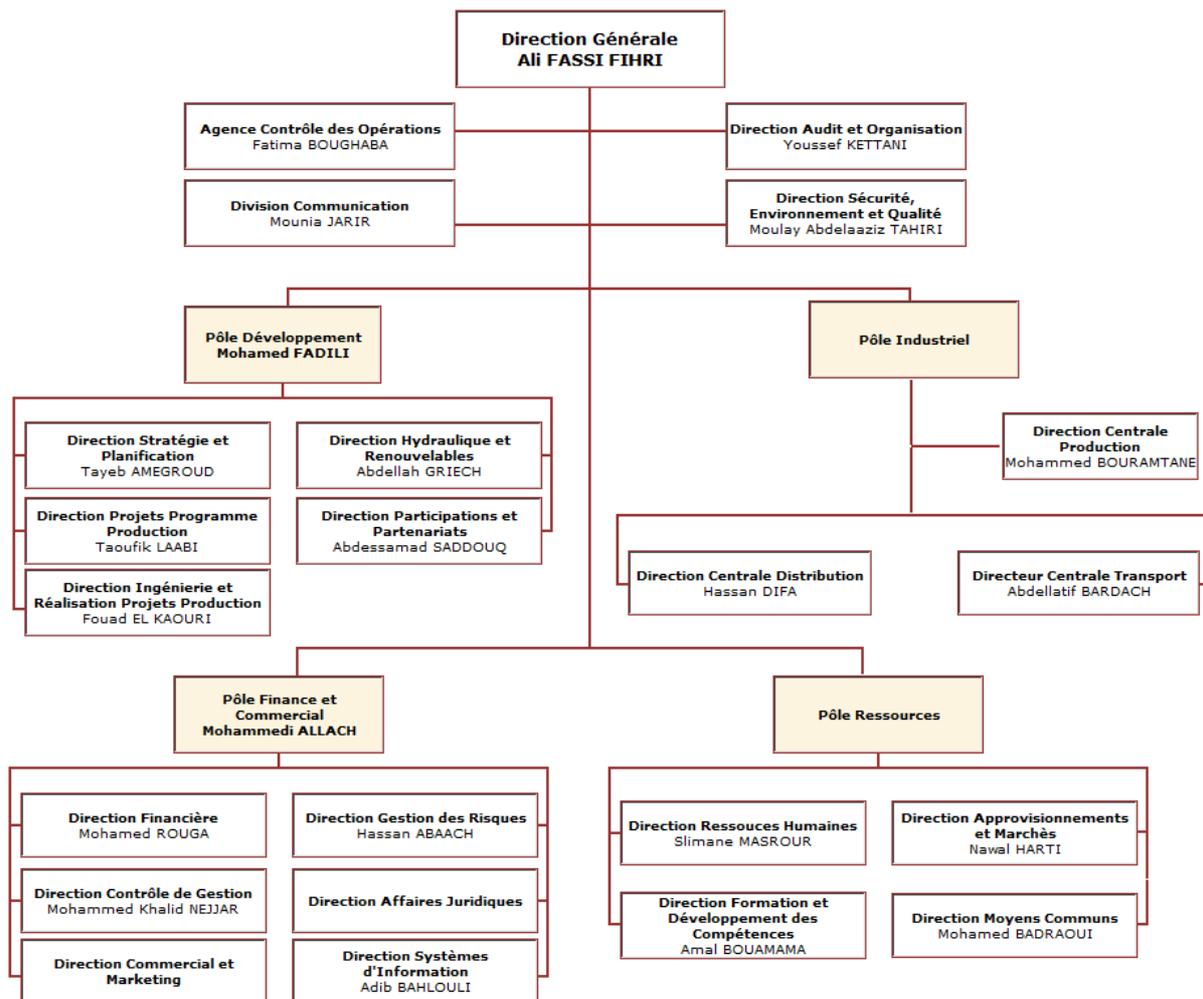


Figure 1: Organigramme de l'ONEE-Branche d'Electricité

II. Présentation de la société ABENGOA :

1) Historique et répartition géographique :

ABENGOA est un groupe industriel et technologique espagnol. Ses activités principales comprennent la conception, la promotion, le financement de la réalisation, la construction et l'exploitation de centrales électriques qui utilisent les technologies solaires thermiques.

La grande majorité des projets solaires développés par ABENGOA se situent sur la Plateforme Sollcar, en Seville, ils sont le résultat entre un processus propre qui combine les dernières technologies d'exploitation des ressources solaires et son compromis avec l'environnement. Tout comme la technologie ISCC (Integrated Solar Combined Cycle), symbole de l'innovation et du développement soutenable, employé par ABENGOA dans deux projets pionniers situés en Afrique du Nord, celui d'Ain Beni Mather au Maroc et de Hassi

R'mel en Algérie. Le groupe a connu une grande croissance ces dernières années, diversifié et étendu ses activités à travers quatre continents.



Figure 2: Répartition géographique d'ABENGOA

ABENGOA est un Leader dans le domaine de la construction des usines et des centrales thermo-solaire dans les quatre continents, surtout en Europe, en Amérique du sud, au Mexique, au Pirou, et en Afrique du nord, ainsi que des projets réalisés récemment ou en cours réalisation en Asie.

2) Domaine d'activité :

ABENGOA se spécialise dans deux secteurs en forte croissance: l'Énergie et l'Environnement, secteurs sur lesquels elle est leader mondial et dans lesquels elle exerce ses activités d'ingénierie et construction, d'infrastructures de type concessionnel et de production industrielle.

Le groupe opère principalement dans les secteurs du solaire et développe les projets des centrales à technologie CSP (Concentrated Solar Power) après le grand succès réalisé par les projets de PS 10 et PS 20 en Espagne. Il opère aussi dans le secteur de la bioénergie, des services liés à l'environnement, de la technologie de l'information ainsi que le secteur des installations industrielles. Il conçoit, construit et exploite les installations photovoltaïques et thermo solaires, les installations de désalinisation de l'eau de mer, les installations de traitement des eaux usées et des déchets industriels, et produit le bioéthanol biologique. Il intervient aussi dans le domaine de la mise au point des services informatiques et des services pour les industries pétrolière et gazière, l'électricité, les transports et la construction des installations industrielles.

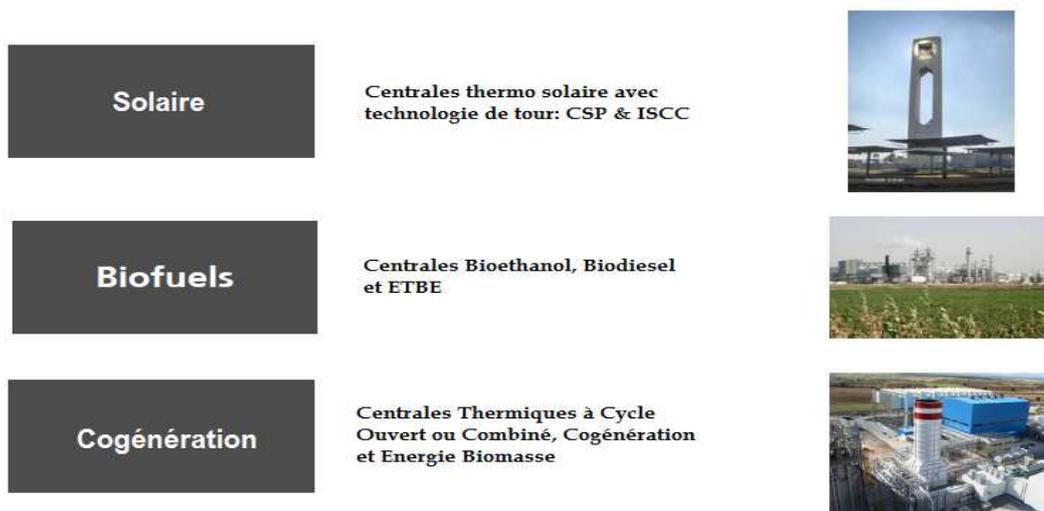


Figure 3: Principaux domaines d'activités d'ABENGOA

3) Organisation d'ABENGOA Maroc- site d'Ain Béni Mathar:

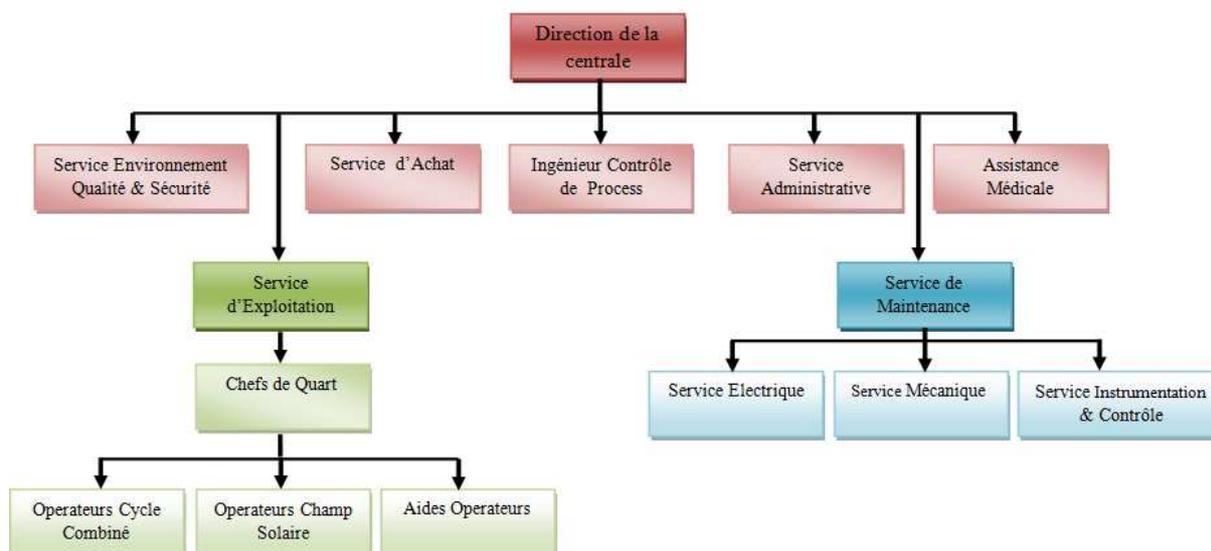


Figure 4: Organigramme d'ABENGOA- Site d'Ain Béni Mathar

Chapitre 2 : Présentation de la centrale ISCC d'ABM

I. Centrales solaires thermodynamiques :

D'une superficie pouvant atteindre plusieurs centaines de milliers de mètres carrés, les centrales solaires thermodynamiques recouvrent l'ensemble des techniques qui visent à transformer l'énergie rayonnée par le soleil en chaleur à température élevée, puis à convertir cette chaleur en énergie électrique. Selon le mode de concentration du rayonnement solaire, une grande variété de configurations différentes est possible pour les centrales solaires thermodynamiques. Les applications sont diverses : production d'électricité, production de vapeur pour procédés industriels ou encore appoint solaire pour des installations utilisant des combustibles biomasses ou fossiles.

a. Les centrales solaires à miroir de Fresnel :

Ce type de centrale se compose de rangées parallèles de longs miroirs cylindro-paraboliques qui tournent autour d'un axe horizontal pour suivre la course du soleil.

Les rayons solaires sont concentrés sur un tube récepteur horizontal, dans lequel circule un fluide caloporteur dont la température atteint en général 400 °C. Ce fluide est ensuite pompé à travers des échangeurs afin de produire de la vapeur surchauffée qui actionne une turbine ou un générateur électrique.

Un facteur de coût important dans la technologie des collecteurs cylindro-paraboliques repose sur la mise en forme du verre pour obtenir sa forme parabolique. Une alternative possible consiste à approximer la forme parabolique du collecteur par une succession de miroirs plans. C'est le principe du concentrateur de Fresnel. Chacun des miroirs peut pivoter en suivant la course du soleil pour rediriger et concentrer en permanence les rayons solaires vers un tube ou un ensemble de tubes récepteurs linéaires fixes.

En circulant dans ce récepteur horizontal, le fluide thermodynamique surchauffé jusqu'à 500 °C. La vapeur alors produite actionne une turbine qui produit de l'électricité. Le cycle thermodynamique est généralement direct, ce qui permet d'éviter les échangeurs de chaleur.

Figure 5: Miroirs de Fresnel

b. Les centrales à tour :

Les centrales solaires à tour sont constituées de nombreux miroirs concentrant les rayons solaires vers une chaudière située au sommet d'une tour. Les miroirs uniformément répartis sont appelés héliostats. Chaque héliostat est orientable, et suit le soleil individuellement et le réfléchit précisément en direction du receveur au sommet de la tour solaire.

Le facteur de concentration peut dépasser 1000, ce qui permet d'atteindre des températures importantes, de 600 °C à 1000 °C. L'énergie concentrée sur le receveur est ensuite soit directement transférée au fluide thermodynamique (génération directe de vapeur entraînant une turbine ou chauffage d'air

alimentant une turbine à gaz), soit utilisée pour chauffer un fluide caloporteur intermédiaire. Ce dernier est ensuite envoyé dans une chaudière et la vapeur générée actionne des turbines. Dans tous les cas, les turbines entraînent des alternateurs produisant de l'électricité.

c. Les centrales à capteurs paraboliques :

Ayant la même forme que les paraboles de réception satellite, les capteurs paraboliques fonctionnent d'une manière autonome. Ils s'orientent automatiquement et suivent le soleil sur deux axes afin de réfléchir et de concentrer les rayons du soleil vers un point de convergence appelé foyer. Ce foyer est le récepteur du système. Il s'agit le plus souvent d'une enceinte fermée contenant du gaz qui est monté en température sous l'effet de la concentration. Cela entraîne un moteur Stirling qui convertit l'énergie solaire thermique en énergie mécanique puis en électricité.

Figure 7: Capteurs Paraboliques

Le rapport de concentration de ce système est souvent supérieur à 2000 et le récepteur peut atteindre une température de 1000 °C.

d. La tour solaire à effet de cheminée :

Dans ce concept, les rayons solaires ne sont pas concentrés. L'air est chauffé par une surface de captage solaire formée d'une couverture transparente et agissant comme une serre. L'air chaud étant plus léger, il s'échappe par une grande cheminée centrale. La différence de température entre la partie basse et la partie haute de la cheminée donne lieu à un déplacement perpétuel de l'air (phénomène de la convection naturelle). Cette circulation d'air permet alors à des turbines situées à l'entrée de la cheminée de produire de l'électricité.

Figure 8 : Tour solaire à effet de cheminée

Le principal avantage de ce système est qu'il peut fonctionner sans intermittence en utilisant le rayonnement du soleil le jour et la chaleur emmagasinée dans le sol la nuit.

e. Les centrales à collecteurs cylindro-paraboliques :

Ce type de centrale se compose de rangées parallèles de longs miroirs cylindro-paraboliques qui tournent autour d'un axe horizontal pour suivre la course du soleil.

Les rayons solaires sont concentrés sur un tube récepteur horizontal, dans lequel circule un fluide caloporteur dont la température atteint en général 400 °C. Ce fluide est ensuite pompé à travers des échangeurs afin de produire de la vapeur surchauffée qui actionne une turbine ou un générateur électrique.

Figure 9 : Collecteurs cylindro-paraboliques

Figure 9: Collecteurs cylindro-paraboliques

II. Centrale ISCC d'Ain Béni Mathar :

1) Présentation de la Centrale :

La centrale thermo solaire ISCC (Integrated Solar Combined Cycle) d'Ain Béni Mathar est située dans la région orientale du Maroc à 88 Km au sud de la ville d'Oujda, à 15 Km de la localité d'Ain Béni Mathar, sur une superficie totale de 160 hectares dont le coup d'envoi des travaux a été donné le 28 mars 2008.

Les travaux de construction de cette centrale thermo-solaire à cycle combiné ont nécessité une enveloppe de l'ordre de 4,6 milliards de dirhams.

D'une puissance totale d'environ 472 mégawatts (MW), dont 20 MW proviennent de la composante solaire, la centrale d'Ain Béni Mathar s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale pour le développement des énergies renouvelables respectueuses de l'environnement et la mise en valeur des ressources énergétiques pour la production de l'électricité.

Ce projet à forte dimension environnementale et citoyenne et aux retombées socio-économiques significative, peut générer un productible annuel moyen de 3538 GWh.



Figure 10: Centrale thermo solaire ISCC d'Ain Béni Mathar

La mise en service de cette centrale a permis une économie de fioul de 12.000 tonnes par an et a contribué à éviter les émissions de 33.500 tonnes de CO₂ dans l'air par an. Il s'agit de la première centrale thermo solaire à cycle combiné dans le monde. Cette technologie combinant performance et efficacité, utilise le gaz naturel à partir du Gazoduc Maghreb Europe (GME) et dispose d'un champ solaire constitué de CCP (Collecteurs Cylindro-Paraboliques) orientés nord-sud qui renvoient les rayons solaires sur un seul axe est-ouest.

Le choix d'un tel site est dû aux facteurs suivants :

- Disposer d'une surface relativement plane suffisante à l'implantation de la centrale thermique et du champ solaire.
- Etre dans une zone apparemment de faible intérêt touristique, suffisamment éloigné des zones naturellement sensibles ou remarquables.
- Etre dans une zone bénéficiant d'un ensoleillement suffisant pour la production d'électricité.
- Proximité du gazoduc Maghreb-Europe.
- Disponibilité d'un débit d'eau suffisant.
- Proximité du réseau électrique haute tension pour l'évacuation de l'énergie produite et équilibre géographique du parc productif.
- Disponibilité et coût des terrains.
- Développement de l'emploi au niveau régional.
- Aspect social important dans la zone suite à la fermeture de la mine de Jerada.

2) Description de la centrale :

La Centrale thermo solaire d'Ain Béni Mathar est composée de deux turbines à gaz identiques fonctionnant au gaz naturel et de leurs alternateurs, de deux chaudières de récupération de chaleur (HRSG), d'une turbine à vapeur commune et de son alternateur, d'aérocondenseurs, d'une station gaz, de trois transformateurs principaux, de deux transformateurs de soutirage, d'un champ et un échangeur de chaleur solaire, et d'un poste d'évacuation 225KV. Ainsi que de différentes stations de traitement d'eau utilisé dans la centrale.

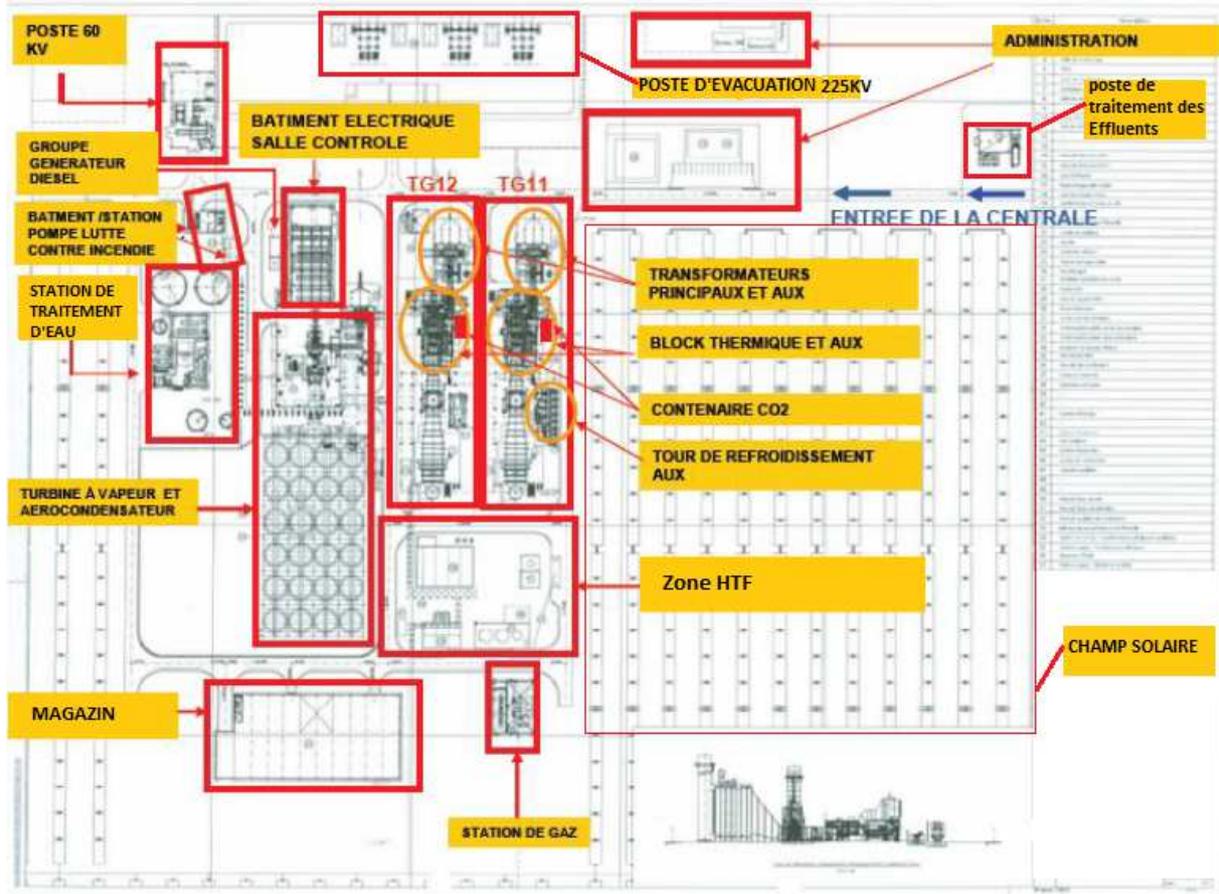


Figure 11: Schéma général de la centrale ISCC d'ABM

a) Turbine à gaz :

La turbine à gaz est un moteur à explosion interne qui transforme l'énergie chimique contenue dans le gaz (liaison chimique) en énergie thermique (combustion) qui est transformée en énergie mécanique (rotation du rotor) transformée ensuite en énergie électrique (champ magnétique).

La centrale dispose de deux turbines à gaz identiques de type GT13E conçues par le groupe suisse ALSTOM, d'une puissance maximale de 150,28 MW chacune et d'une consommation spécifique de 10080 kJ/kWh.

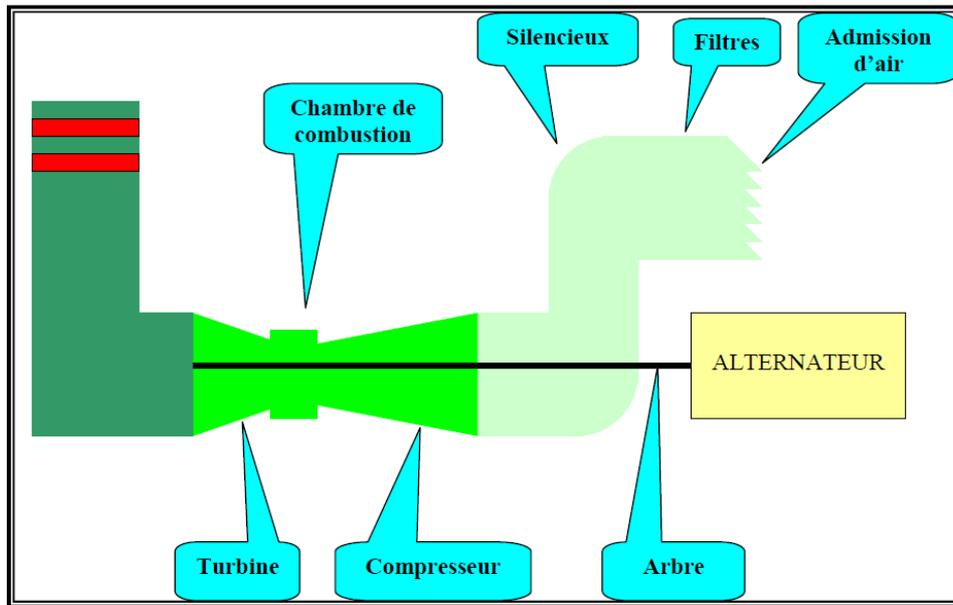


Figure 12: Représentation graphique de la turbine à gaz de la centrale ISCC d'ABM

b) Chaudière de récupération de chaleur (HRSG) :

Une chaudière de récupération de chaleur (**Heat Recovery Steam Generator**) est un échangeur de chaleur qui permet de récupérer l'énergie thermique d'un écoulement de gaz chaud. Elle produit de la vapeur qui peut être utilisée dans un procédé industriel ou pour alimenter une turbine à vapeur.

Elle est généralement constituée de plusieurs échangeurs thermiques dont on peut citer :

Economiseur: son rôle est d'élever la température de l'eau pour le préparer à la vaporisation.

Evaporateur: c'est l'échangeur où se produit la vaporisation d'eau, la vapeur produite dans cette étape n'est pas directement exploitable à la turbine.

Surchauffeur: c'est l'échangeur qui reçoit le plus de chaleur, il produit de la vapeur saturée (surchauffée) exploitable dans la turbine.



Figure 13: Chaudière de récupération de chaleur

c) Turbine à vapeur :

La turbine à vapeur est une machine qui convertit l'énergie contenue dans la vapeur en travail utile, pour faire tourner un alternateur afin de produire de l'énergie électrique.

La centrale ISCC d'ABM dispose d'une Turbine à vapeur de type DKYZ2-1N41B conçue par le groupe suisse ALSTOM, d'une puissance maximale de 172 MW. Elle est composée de trois étages, dont chaque étage fonctionne avec une vapeur d'une pression bien déterminée. Un premier étage avec une vapeur à haute pression "HP"(High Pression), le deuxième étage avec une vapeur moyenne pression "IP"(Intermediary Pression), et le troisième étage avec une vapeur basse pression "LP"(Low Pression). Chaque étage est alimenté par la vapeur venant des chaudières de récupération de chaleur "HRSG" en plus de celle détendue dans l'étage qui le précède.



Figure 14: Turbine à vapeur de la centrale ISCC d'ABM

d) Aérocondenseur :

C'est un refroidisseur à sec permettant la condensation de la vapeur en eau à l'aide d'air de ventilateur pour le stocker dans un réservoir appelé « condensat », cette eau est ensuite utilisée pour alimenter les chaudières HRSG ou les générateurs de vapeur solaire.

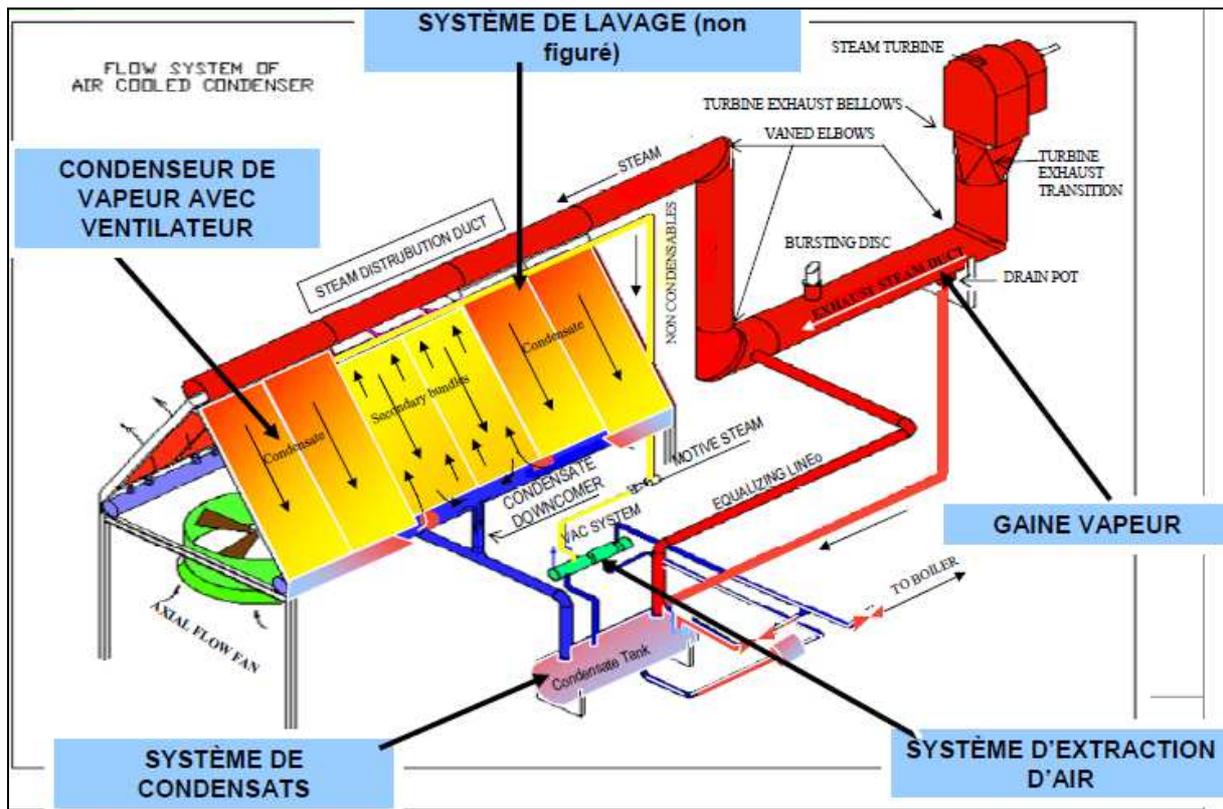
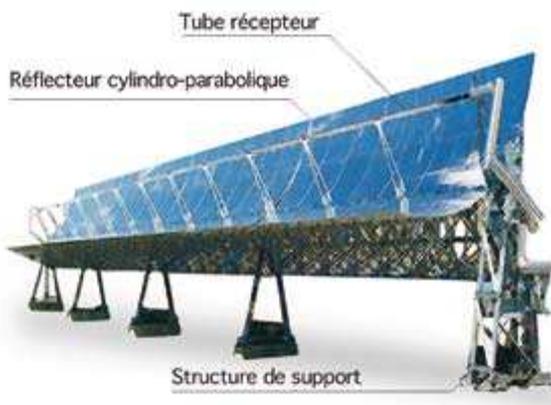


Figure 15: Représentation graphique des Aérocondenseurs

e) Système Solaire :

La centrale ISCC d'Ain Beni Mathar inclut la technologie du cycle combiné à intégration solaire (ISCC) qui est basée sur la production électrique par vapeur à haute pression produite depuis un système solaire qui est un circuit fermé contenant un fluide caloporteur (huile synthétique) pompé en continu depuis la **zone HTF** (Heat Transfert Fluid) vers le **champ solaire**. Ce dernier est composé de rangées parallèles de collecteurs à miroirs cylindro-paraboliques suivant individuellement la position du soleil de l'Est vers l'Ouest, avec un tube placé suivant la ligne focale servant comme récepteur.

Les miroirs réfléchissent le rayonnement solaire sur les tubes sous vide qui recueillent la chaleur et qui sont généralement couverts d'une couche absorbante. Dans ces tubes, le fluide caloporteur qui circule absorbe l'énergie thermo-solaire et la transporte à une unité de puissance conventionnelle. Ainsi, l'huile chaude est utilisée pour convertir de l'eau en vapeur dans des échangeurs de chaleur situés dans la zone HTF.



- Surface du champ solaire : 88 ha
- Surface totale de chauffe : 183 200 m²
- Nombre total de collecteur : 224 (56 boucle)
- Température d'huile entrée champ solaire : 293°C
- Température d'huile sortie champ solaire : 393°C
- Largeur du collecteur : 5,7 m
- Longueur focale : 1,71 m
- Longueur absorbeur : 150 m

Figure 16: Collecteur Cylindro-parabolique

3) Processus de production dans la centrale :

La production d'électricité dans la centrale thermo solaire ISCC d'Ain Béni Mathar se fait selon trois modes :

Le Cycle Ouvert : il consiste à la production de l'électricité à partir du gaz naturel de redevance moyennant deux turbines à gaz de 150 MW chacune.

Le Cycle Combiné : en plus des deux turbines à gaz, ce mode de fonctionnement consiste à faire valoriser l'énergie thermique des gaz d'échappement de ces turbines (température de sortie des gaz d'environ 500°C) pour produire de la vapeur dans les chaudières de récupération de chaleur (HRSG) pour actionner la turbine à vapeur.

Le Cycle Combiné à Intégration Solaire : il consiste à intégrer la vapeur produite dans le système de génération de vapeur solaire pour augmenter le débit de vapeur dans les chaudières HRSG. Les rayonnements solaires participent à l'augmentation de la puissance totale de la centrale à hauteur de 20 MW.

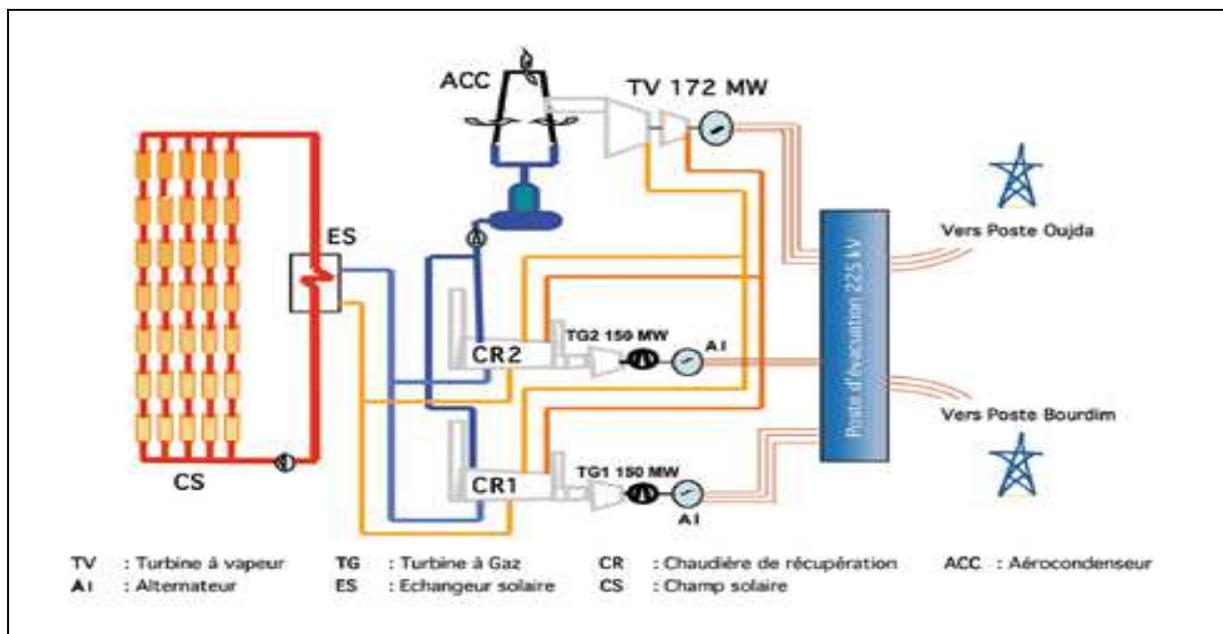


Figure 17: Représentation graphique du processus de fonctionnement de la centrale ISCC d'ABM

L'énergie produite dans la centrale est évacuée vers les postes d'interconnexion d'Oujda et de Bourdim via trois lignes 225 kV.

III. Système de désignation pour les centrales électriques (KKS) :

1. Définition de système de codification KKS :

Le système **KKS**, l'abréviation du « **K**raftwerk **K**ennzeichen **S**ystem », a été développé en Europe dans les années 70 par un comité technique de membres essentiellement germanophones (en allemand), c'est un système qui s'applique aux centrales électriques dont le but est d'identifier avec précision chaque composant, chaque système et emplacement au sein d'une centrale.

On voit des identifications KKS sur les labels d'équipements de la centrale, sur les schémas tuyauterie et instrumentation (P&ID) et autres dessins utilisés dans les travaux quotidiens, ainsi que dans les descriptions des manuels d'exploitation et des manuels d'entretien.

Le code se structure en quatre niveaux, qui contiennent des caractères alphanumériques, ceux-ci permettent l'identification de tous les éléments grâce à une classification, pour laquelle on utilise les caractères alphabétiques, et une distinction des différents types dans ce domaine, par les caractères numériques.

2. Types de désignations KKS :

Le système de codification KKS comprend trois types de désignations, liés aux processus, au point d'installation, et aux emplacements.

- Les désignations **liées aux processus** permettent d'identifier les installations et l'équipement en fonction de la tâche qu'ils exécutent au sein du processus de la centrale électrique.
- Les désignations concernant le **point d'installation** permettent d'identifier les points d'installation, tels que les logements, les consoles, les panneaux, etc...
- Les désignations concernant les **emplacements** permettent d'identifier les salles, les étages, ou autres endroits dans lesquels l'équipement et les systèmes sont installés.

3. Structure et différents niveaux de code KKS :

Pour chaque type de désignation (cités en dessus) on peut utiliser au maximum quatre niveaux allant de 0 à 3 dont le degré de précision augmente au fur et à mesure que l'on passe du niveau 0 au niveau 3.

Niveau	Désignation
0	Centrale Générale
1	Niveau de fonction
2	Unités d'équipement
3	Composant spécifique

Tableau 2: Niveaux de code KKS

Le processus de codification KKS est le suivant :

Niveau	0	1			2		3		
Dénomination du niveau	Centrale	Fonction			Equipement		Composants		
Désignation du caractère	G	F ₀	F ₁ F ₂ F ₃	F _N	E ₁ E ₂	E _N	C ₁	C ₂	C ₃
Type de caractère	N	N	AAA	NN	AA	NNN	AA	NN	(A)

Tableau 3: Tableau de codification KKS

Chapitre 3 :

Etude fonctionnelle du système de dosage chimique du circuit eau/vapeur

I. Introduction :

La centrale ISCC (Integrated Solar Combined Cycle) d'Ain Béni Mathar est une unité de production électrique d'une puissance de 472 MW constituée de deux turbines à gaz, et d'une turbine à vapeur fonctionnant par la vapeur produite dans deux chaudières de récupération de chaleur, et celle produite dans des échangeurs solaires où un fluide caloporteur est surchauffé par concentration de rayonnement solaire dans un champ solaire à collecteurs cylindro-paraboliques puis utilisé pour vaporiser l'eau.

Chaque jour de grandes quantités d'eau sont utilisées pour produire la vapeur utilisée pour alimenter la turbine à vapeur. La circulation permanente de l'eau et la vapeur dans les conduites métalliques et dans les ballons des chaudières génératrices de vapeur peut causer de nombreux phénomènes indésirables capables de les dégrader, et même peut conduire à des résultats qui diminueront la durée de vie des unités de productions (corrosion, formation de précipités.....), d'où la nécessité de faire un dosage chimique pour le circuit eau/vapeur.

Le dosage chimique du circuit eau/vapeur a pour but de maintenir et de contrôler plusieurs paramètres et caractéristiques de l'eau et la vapeur utilisées pour la production, et de les amener à des valeurs établies par le fabricant afin d'éviter des phénomènes indésirables qui peuvent dégrader les équipements de production et réduire la qualité d'eau utilisée (formation

de sels dans les ballons ou phénomène d'entartage, corrosion, oxydation,.....), en injectant des produits chimiques spéciales dans le circuit eau/vapeur des chaudières.

Ce dosage chimique est effectué par un système de dosage constitué de plusieurs stations de dosage dont chacune contient un produit spécifique utilisé pour un but précis (ammoniac, carbohydrazine, phosphate).

Le dosage chimique du circuit eau/vapeur est effectué manuellement de deux manières :

- Mode local : le démarrage et l'arrêt du dosage est effectué depuis un pupitre de commande situé dans le chantier.
- Mode à distance : la commande du dosage est effectuée depuis le DCS (Distributed Control system).

L'utilisation d'une commande manuelle pour un tel procédé présente plusieurs inconvénients qui se situent généralement dans la grande consommation des produits lors du dosage (faible précision), ainsi que le risque d'accident de travail dû aux produits chimiques lors de l'intervention de l'opérateur sur chantier.

D'où la nécessité de l'utilisation d'un système automatisé qui présentera des solutions efficaces pour les problèmes précédemment cités.

Donc l'automatisation du système de dosage chimique permettra de :

- Simplifier le travail de l'humain ;
- Eliminer les tâches répétitives ;
- Augmenter la sécurité ;
- Économiser les matières premières et l'énergie ;
- Maintenir la qualité du produit.

II. Cahier des charges fonctionnel :

1) Présentation :

Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) d'un projet est un document par lequel la maîtrise d'ouvrage exprime son besoin pour le projet. Ce besoin doit être formulé en termes de fonctions que le futur utilisateur aura à accomplir, ou que le système devra accomplir pour lui.

Le CdCF permet en outre :

- De provoquer chez le concepteur /réalisateur la conception et la réalisation du produit le plus efficient,
- De faciliter le dépouillement des propositions des prestataires,
- De favoriser le dialogue entre les partenaires.

2) Travail demandé :

- ✓ Description du système de dosage chimique et du circuit eau/vapeur.

- ✓ Déterminer les matériels existant dans le système.
- ✓ Effectuer une analyse fonctionnelle du système de dosage chimique du circuit eau/vapeur.
- ✓ Elaboration des organigrammes fonctionnels du système de dosage chimique.
- ✓ Elaboration du programme de fonctionnement.

3) Equipe de projet :

L'équipe de projet est constituée pour superviser le déroulement du projet. Elle a pour mission de suivre la progression du projet, de modifier, de prendre, proposer des décisions correctives ou mettre en place des ajustements.

L'organisation du projet est la suivante :

M.BERRHILI Mohammed	Encadrant de Stage(ONEE)
M.BELAZIZ Imad	Encadrant Technique (ABENGOA)
Pr M. ABARKAN El Hossein	Encadrant de Stage (FSTF)

Tableau 4: Participants au projet

III. Présentation des unités de production de vapeur et du système de dosage chimique de la centrale ISCC d'ABM :

1) Description de la chaudière de récupération de chaleur :

La chaudière de récupération de chaleur HRSG (Heat Recovery Steam Generator) est un échangeur de chaleur qui absorbe la chaleur du flux de gaz sortant d'une turbine à gaz afin de produire de la vapeur pour être utilisée dans la production d'électricité ou tous autres processus.

La centrale ISCC d'Ain Béni Mathar comprend deux trains HRSG (unité 11 & 12) identiques conçus par la société CERREY S.A DE.C.V, connecté chacune via un diffuseur à une turbine à gaz, fonctionnant à triple systèmes de pression, un système de haute pression (HP pour High Pressure), moyenne pression (IP pour Intermediary Pressure), et basse pression (LP pour Low Pressure). Un niveau de pression multiple de HRSG est généralement utilisé pour optimiser la récupération de l'énergie des échappements des turbines à gaz.

Chaque Système de pression travail indépendamment l'un de l'autre. Et ils sont généralement constitués de plusieurs échangeurs qui sont normalement fabriqués avec des tubes serpents en acier au carbone dont chacun a un rôle précis, à savoir :

L'économiseur : il préchauffe l'eau d'alimentation avant qu'elle ne soit introduite dans le collecteur à vapeur afin d'éviter le stress thermique dans l'étage suivant, à la suite du préchauffage de l'eau d'alimentation, la capacité de l'évaporateur à vaporiser sera augmentée.

Tout système de pression de service pourrait avoir un ou plusieurs économiseurs selon sa conception, normalement les systèmes à haute pression ont plus économiseurs que tout autre système.

L'évaporateur : Sa fonction principale est la production de vapeur. A l'intérieur du collecteur de vapeur, qui est un ballon en acier au carbone à pression bien déterminée, situé en haut de la chaudière HRSG et dehors des trajectoires du flux de gaz de combustion, le mélange eau-vapeur est séparée afin de permettre que de la vapeur saturée va dans les surchauffeurs.

Surchauffeur: c'est un échangeur qui reçoit le plus de chaleur car il est situé au début de chaque partie, sa fonction est de surchauffer et augmenter la température de la vapeur venant du collecteur de vapeur, car elle contient des gouttes d'eau, il produit de la vapeur sèche saturée (surchauffée) exploitable dans la turbine à vapeur.

Réchauffeur : Son objectif principal est d'augmenter la température du mélange eau-vapeur formé par la vapeur réchauffée à froid (décharge de l'étage HP de la turbine à vapeur) et la vapeur de moyenne pression entrante au surchauffeur à moyenne pression. La température du réchauffeur final est appelé « Température Réchauffée Chaude » et elle est précisée par le constructeur.

Le système de moyenne pression est normalement fourni avec le réchauffeur, afin de «réchauffer» la vapeur et atteindre la même température que dans le système à haute pression. C'est la plus grande efficacité du HRSG, car il y a trois enthalpies faibles (une par système), et elle absorbe la chaleur maximale.

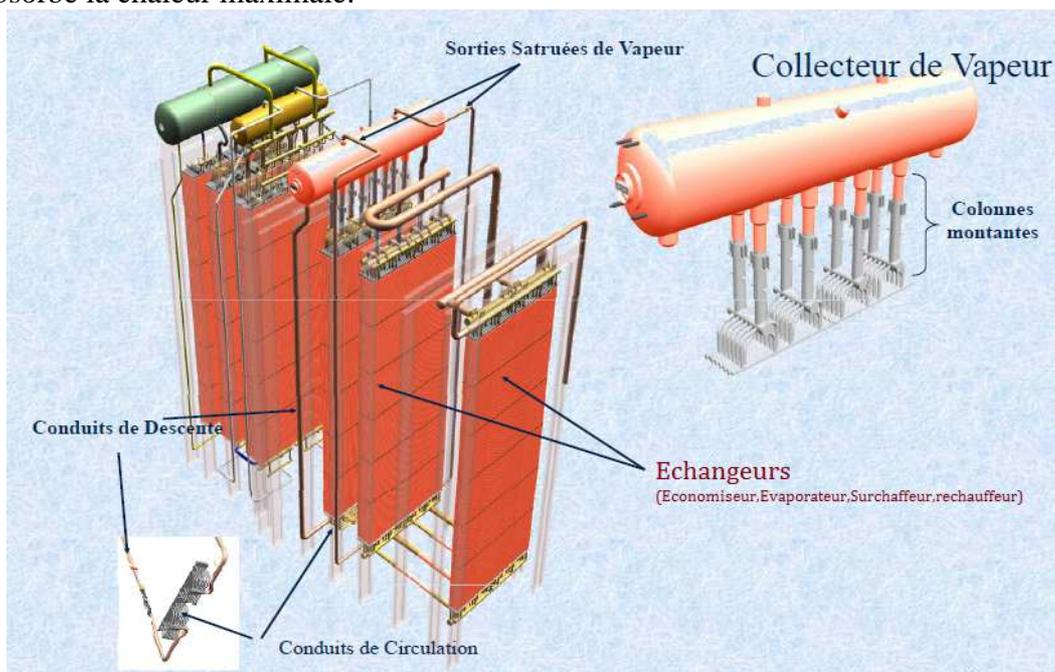


Figure 18: Représentation des éléments d'une chaudière de récupération de chaleur

Les unités de la centrale ISCC d'Ain Béni Mathar sont à triple pression dont chaque système de pression est constitué d'un certain nombre d'échangeurs précédemment définis à savoir :

- Système basse pression (LP) : comprend un économiseur, un évaporateur et un surchauffeur.
- Système moyenne pression (IP) : comprend un économiseur, un évaporateur et deux réchauffeurs et un surchauffeur.
- Système haute pression (HP) : comprend deux économiseurs, un évaporateur et trois surchauffeurs.

Chaque train est décomposé en sept modules dont chacun comprend un type précis d'échangeurs précédemment définis. Un premier module contient deux surchauffeurs du

système HP et un réchauffeur moyenne pression (IP), le second module comprend le troisième surchauffeur HP, et le deuxième réchauffeur IP, le troisième module est un « DUCT BURNER », le quatrième est l'évaporateur HP, le cinquième contient un économiseur HP, un surchauffeur IP, un surchauffeur LP, ainsi qu'un évaporateur IP, le sixième est constitué du second économiseur HP, d'un économiseur IP et d'un évaporateur LP, le septième et dernier module est un économiseur LP. A la fin de chaque unité on trouve une cheminé pour l'évacuation des échappements.

Chaque système de pression précédemment signalé comprend aussi un ballon de collection de vapeur contenant l'eau et la vapeur utilisée pour alimenter la turbine à vapeur.

Sur chaque chaudière on trouve trois collecteurs de vapeur, à savoir :

- Ballon Haute Pression (High Pressure Drum);
- Ballon Moyenne Pression (Intermediary Pressure Drum);
- Ballon Basse Pression (Low Pressure Drum);

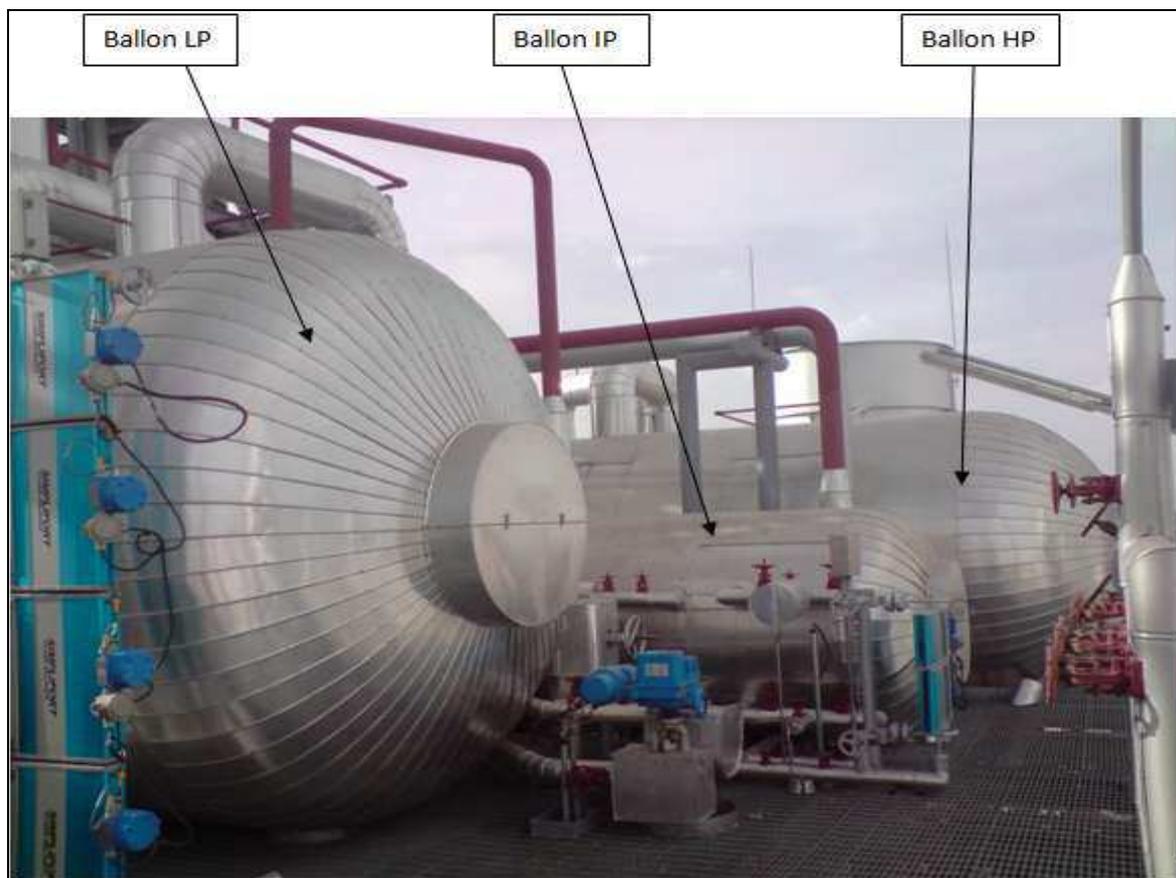


Figure 19: Collecteurs de vapeur de la chaudière de récupération de chaleur

En plus des trois ballons de vapeur des chaudières, la centrale contient un ballon appelé « condensat » qui alimente les ballons des chaudières par l'eau collecté des aérocondenseurs et de l'eau d'appoint qui vient du réservoir d'eau déminéralisé du poste de traitement de l'eau (PTA).

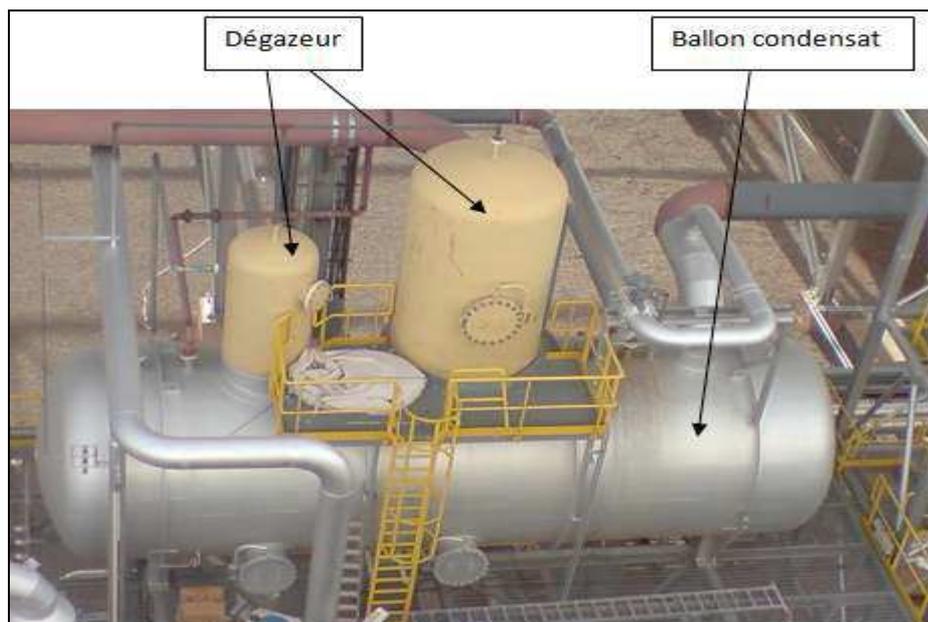


Figure 20: Ballon condensat et dégazeur

Fiche Technique :

Type de chaudière	Heat Recovery Steam Generator (HRSG)		
Constructeur	CERREY S.A DE.C.V		
	Pression (Bar)	H.S (Mt)	Capacité (Kg/h)
HP	119,97	63 768,647	269.406,65
IP	36,19	37 076,363	56.395,14
LP	8,27	-----	-----

Tableau 5: Tableau de caractéristique de la chaudière de récupération de chaleur de la centrale ISCC d'ABM

2) Présentation du système de dosage chimique :

a) Description du système d'analyse chimique :

La centrale ISCC d'Ain Béni Mathar dispose d'un système d'analyse chimique qui permet d'analyser les échantillons provenant des différents endroits du circuit eau/vapeur pour faire le suivi des paramètres chimiques.

b) Circuit de préparation des échantillons :

Avant d'atteindre le stade de mesure des paramètres chimiques, un circuit dit de préparation des échantillons est nécessaire, afin de remettre les échantillons dans des intervalles de température et de pression convenables à la bonne mesure.

Le circuit de préparation des échantillons comprend :

- Système de refroidissement des échantillons (Sample cooler): c'est un condenseur et refroidisseur d'échantillons qui permet d'abaisser la température de l'échantillon et de le condenser (transformation vapeur/liquide).
- Détendeur (Pressure Reducer) : il permet de régler la pression du circuit et de l'abaisser pour pouvoir l'analyser.

- Robinet d'arrêt thermique (thermal shut-off valve) : il est commandé par une unité de contrôle de température qui stoppe le flux des échantillons lorsqu'il dépasse la limite maximale de température.
- Soupape de contre-pression (Back-pressure/ Relief Valve): c'est un système de protection des équipements contre les retours de pression.
- Colonne de résine (Resin Column) : elle permet d'enlever les cations des échantillons et les prépare à la mesure de conductivité cationique.

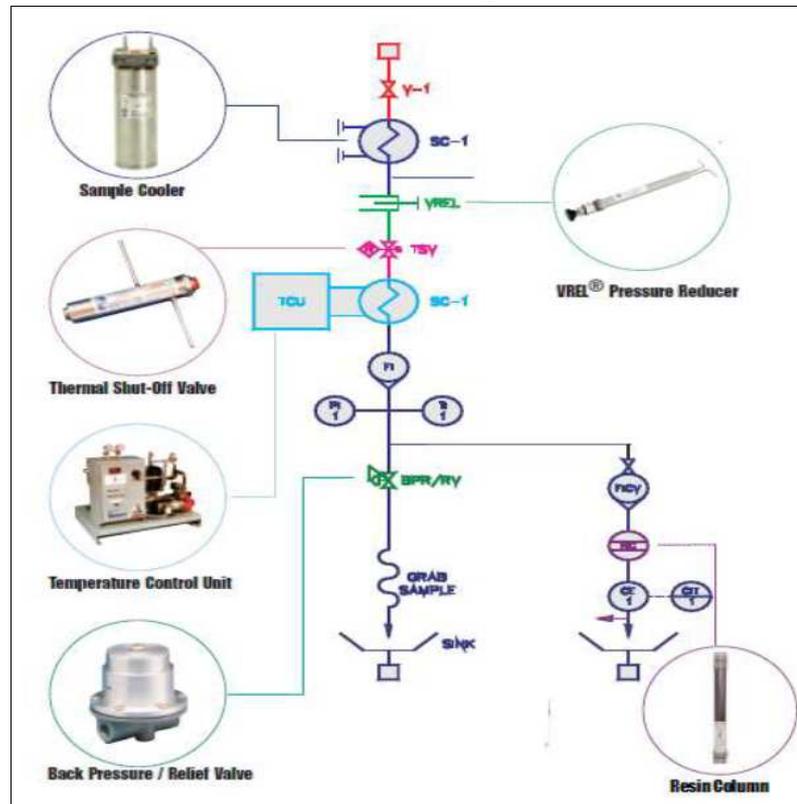


Figure 21: Représentation du circuit de préparation des échantillons

c) Système d'analyse :

Après la phase de préparation des échantillons vient la phase de mesure et d'analyse qui permettra d'avoir les résultats d'analyses chimiques de l'eau et de la vapeur du circuit.

Pour cela on dispose de :

- Capteur de conductivité spécifique : il permet de mesurer le taux de sels minéraux dans le circuit ;
- Capteur de conductivité cationique : pour détecter s'il y a une fuite au niveau du circuit de refroidissement fermé ;
- Capteur de pH : pour mesurer le pH de l'eau et la vapeur du circuit ;
- Capteur de taux d'oxygène: il permet de mesurer le taux d'oxygène dissous dans l'eau.
- Capteur de silice : il permet de mesurer la teneur en silice, ce dernier peut former des précipités qui sont difficile à enlever s'il n'est pas bien contrôlé ;
- Capteur de phosphate : il permet de mesurer le taux de phosphate injecté qui a pour rôle d'éliminer les sels dans les conduites et les ballons des chaudières.

- Capteur de sodium : il permet de détecter le taux de présence du sodium qui peut engendrer des précipités indésirables.

d) Dosage chimique :

Le dosage chimique à pour but de maintenir et de contrôler plusieurs paramètres et caractéristiques de l'eau et la vapeur utilisées pour la production, et de les amener à des valeurs établies par le fabricant afin d'éviter des phénomènes indésirables qui peuvent dégrader les équipements de production de vapeur, et réduire la qualité d'eau utilisée (formation de sels dans les ballons ou phénomène d'entartage, corrosion, oxydation,.....), en injectant des produits chimiques spéciales dans le circuit eau/vapeur des chaudières.

Les différents dosages chimiques utilisés sont :

- Dosage de l'ammoniac : il permet de maintenir le pH de l'eau d'alimentation et de la vapeur dans des valeurs établies pour la chaudière et la turbine, qui sont fixées par le constructeur.
- Dosage de carbohydrazine: il à pour but de maintenir le taux d'oxygène dissous dans l'eau dans les valeurs fixées par le constructeur au niveau des ballons des chaudières de récupération de chaleur.
- Dosage de phosphate trisodique : il permet d'éliminer le risque de formation des sels dans les ballons de la chaudière. Cette formation des sels risque de calaminer les ballons et réduire la qualité d'eau de la chaudière.

3) Recensement des équipements :

Pour effectuer le dosage chimique la centrale ISCC d'ABM dispose pour chacun des produits chimiques utilisés d'un système de dosage chimique composé de :

❖ Pompe de dosage chimique :

Elle permet l'injection et le transfert des produits chimiques depuis les réservoirs vers le circuit eau/vapeur, pour chaque circuit on dispose d'une pompe principale et une pompe de secours commune aux deux chaudières, Chacune de ces pompes dispose d'un disjoncteur de protection et d'un contacteur qui permet le contrôle de la pompe.

❖ Electrovanes :

Ce sont des vannes électriques pour le contrôle du transfert des produits chimiques, chaque circuit dispose d'une vanne principale et une autre de secours.

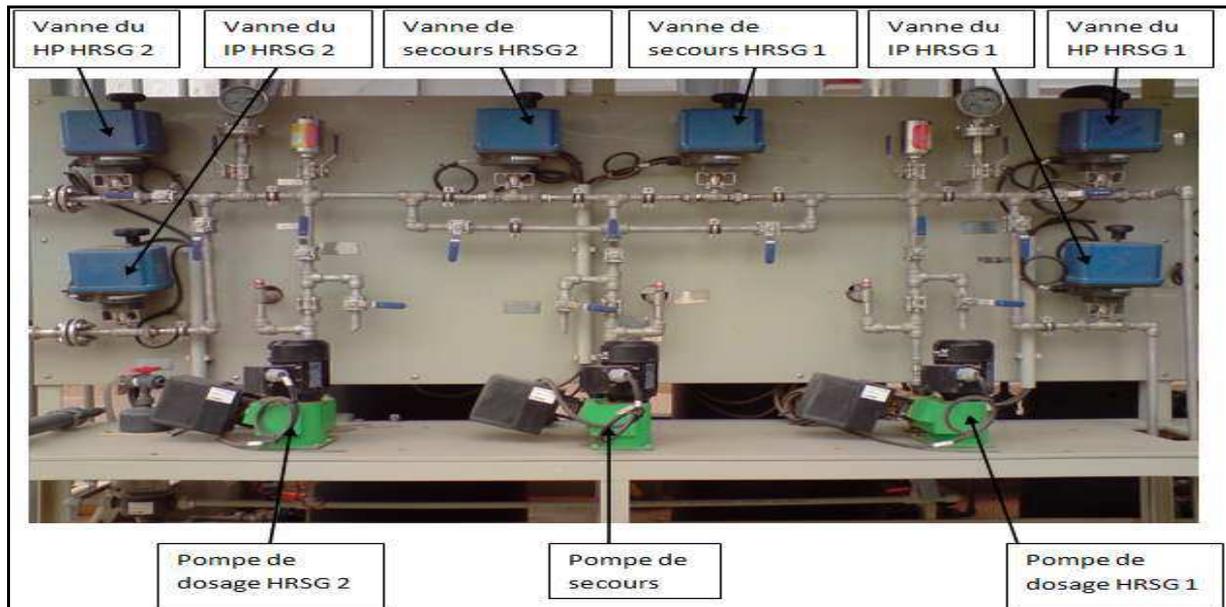


Figure 22: Système de dosage chimique des chaudières (pompes et électrovannes de dosage chimique)

❖ Réservoirs de produits chimiques :

Chaque système de dosage est équipé de deux réservoirs de 250l chacun, contenant les produits chimiques utilisés dans le dosage du circuit eau/vapeur.

❖ Pompes de transfert :

Elle permet de remplir les réservoirs en produits chimiques en cas de besoin.

❖ Capteurs de niveau des réservoirs :

Chaque réservoir dispose de trois capteurs qui permettent d'indiquer le niveau du produit chimique qu'il contient à savoir : un capteur niveau haut (LSH), un capteur de niveau bas (LSL), et un capteur de niveau très bas (LSLL).

❖ Moteur d'agitation :

Pour chaque réservoir, on trouve en dessus un moteur d'agitation qui sert à homogénéiser le produit contenu dedans.

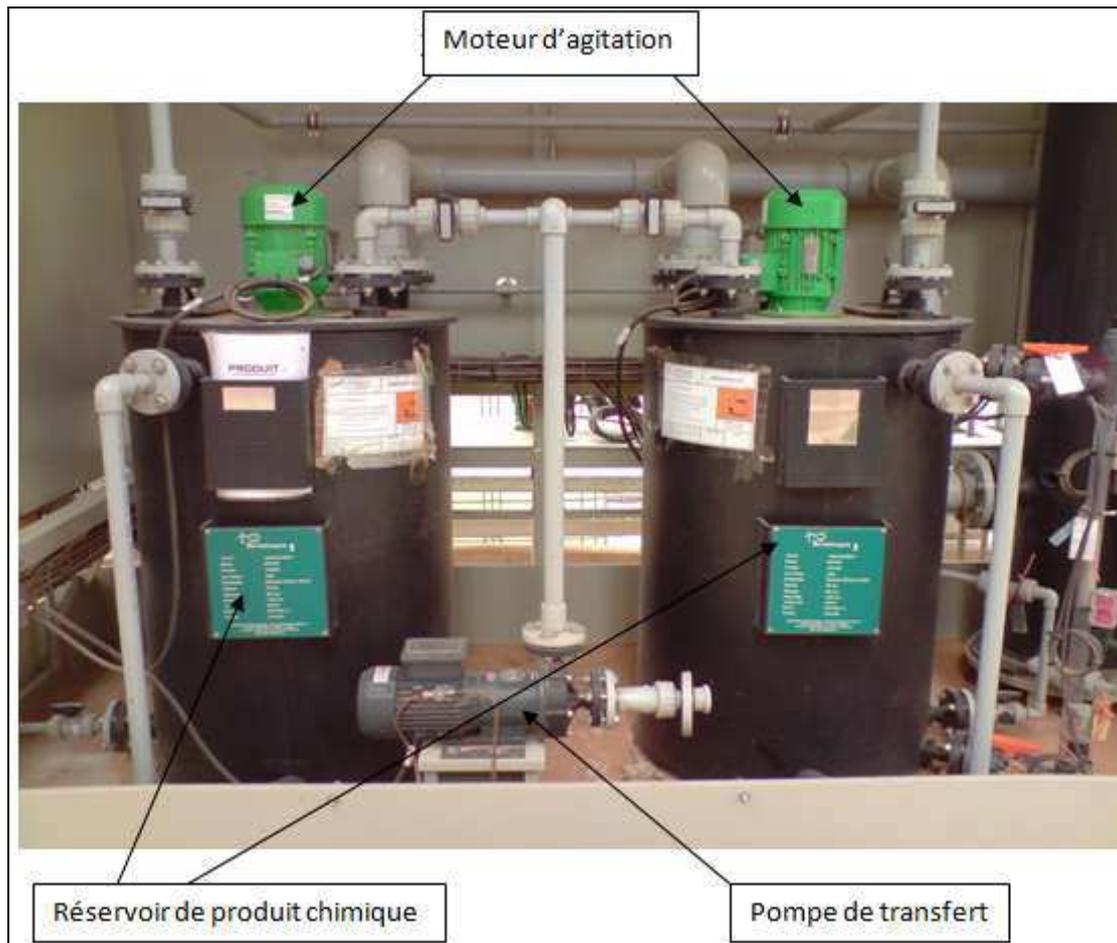


Figure 23: Conteneur de produits de dosage chimique

En plus des équipements de dosage précédemment définis, il y a les capteurs des différents paramètres mesurés depuis le circuit eau/vapeur. Ces capteurs ne transmettent pas leurs valeurs directement au système de contrôle commande, mais à partir des systèmes 'POLYMETRON'. Ces systèmes s'occupent du traitement et de la transmission des résultats et des erreurs des capteurs au système de contrôle commande DCS.

IV. Analyse fonctionnelle :

1. Introduction :

L'Analyse fonctionnelle est définie par la norme : NF X 50-150 - NF X 50-151, elle consiste à recenser, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions d'un produit.

L'analyse fonctionnelle présente le premier niveau d'un cahier de charge fonctionnelle, elle correspond en fait aux spécifications fonctionnelles qui décrivent l'automatisme par son fonctionnement couplé au processus, indépendamment de la technique utilisé.

Ces spécifications doivent permettre au concepteur de l'automatisme d'en comprendre le rôle (les fonctions), de définir les actions à effectuer et leur enchaînement séquentiel. Tous les échanges d'informations et d'énergie entre l'automatisme, le processus et le monde extérieur, toutes les sécurités fonctionnelles seront décrites à ce niveau.

Ainsi, cette analyse doit permettre au concepteur de comprendre et de prévoir ce que l'automatisme doit faire en présence de toutes les situations qui se présenteront, et cela sans préjuger des solutions techniques qui seront utilisées.

2. L'objectif de l'analyse fonctionnelle :

Pour permettre le dialogue entre le concepteur-fabriquant de l'automatisme et le client utilisateur de l'automatisme, pour arriver à une description claire du matériel, pour ne pas oublier aucune fonction ni aucune performance, pour tenir compte des limitations techniques et des contraintes opérationnelles, il faut rédiger un document spécifiant toutes les fonctions, toutes les valeurs des grandeurs physiques et tous les modes d'utilisation du matériel.

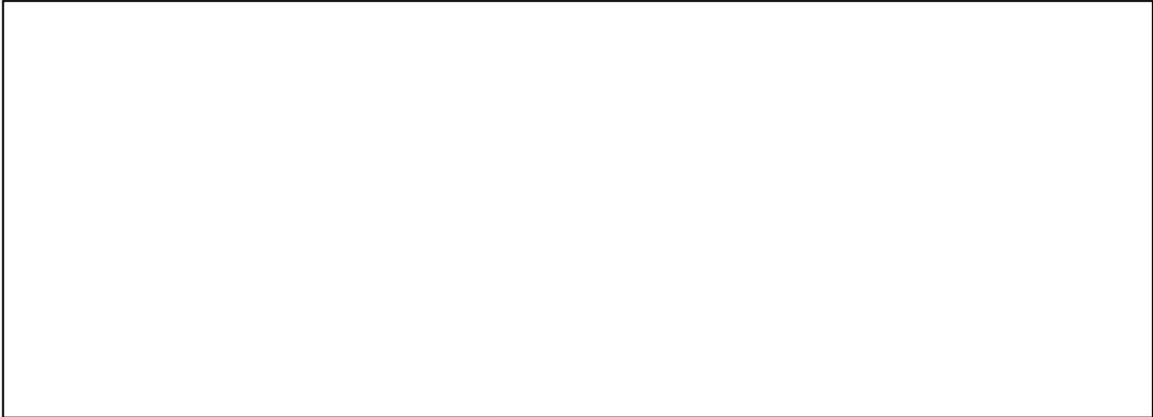
Quand on aborde un problème pour la première fois, tout n'est pas clair et une foule de détails risque de faire oublier des événements importants.

Il est recommandé de diviser et de répartir la description du matériel sur plusieurs niveaux, trois au moins, l'analyse fonctionnelle, l'analyse technique et le développement de la programmation. Cependant, la partie qui nous intéresse le plus dans ce projet est l'analyse fonctionnelle.

3. Démarche de l'analyse fonctionnelle :

La démarche consiste à concevoir, innover, créer et réaliser un produit à partir d'un besoin à satisfaire.

A chaque phase de création, on peut associer un outil d'expression de l'analyse fonctionnelle.



Recherche du besoin	Bête à cornes
Recherche des fonctions de services	Diagramme pieuvre
Recherche des fonctions technique	FAST
Analyse descendante	SADT

Les outils du niveau au fonctionnel

Tableau 6: Les outils de l'analyse fonctionnelle

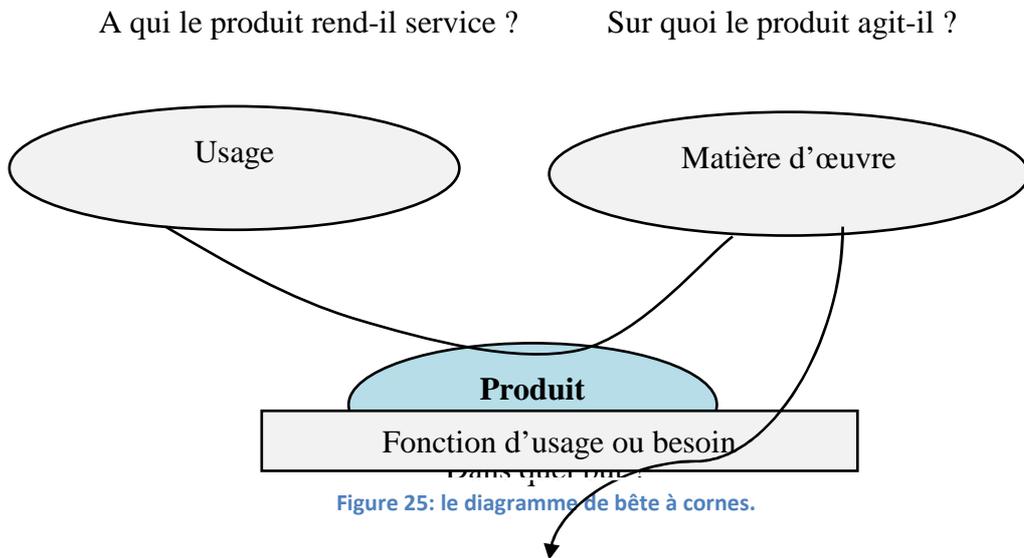
i- Recherche du besoin fondamental :

Bête à cornes :

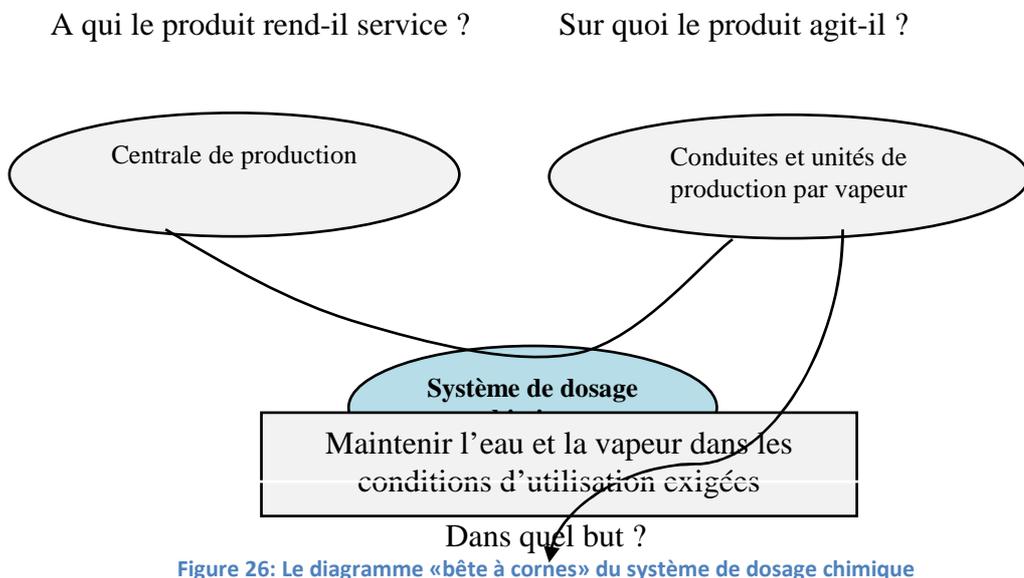
C'est un outil d'analyse fonctionnelle du besoin permettant de formuler le besoin sous forme de fonctions de bases que devra remplir le produit ou le service innovant. Elle permet :

- Définir des problèmes en termes d'objectifs à atteindre.

- L'obtention d'un cadre de réflexion consensuel entre les différents responsables sur les services à rendre.
- L'objectivité qui évite la comparaison entre solutions, en proposant au contraire le jugement d'une solution par rapport à l'objectif.



➤ **Application sur le système de dosage chimique:**

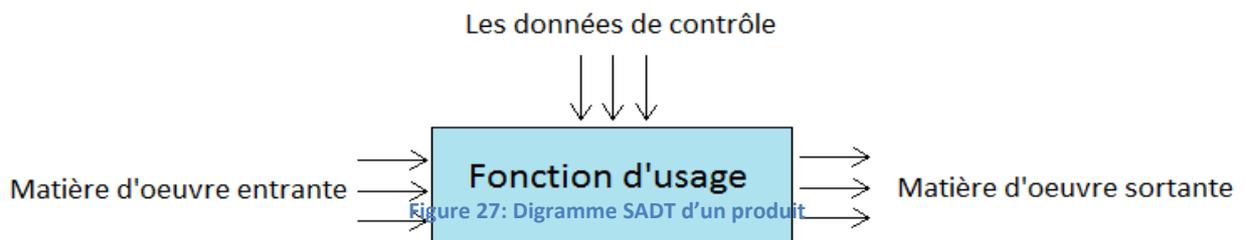


ii- Méthode SADT (Analyse fonctionnelle descendante) :

Le diagramme SADT : Structured - Analysis - Design - Technique.

C'est une méthode utilisée pour décrire la fonction globale d'un système. La méthode d'analyse descendante permet de comprendre pourquoi un système existe, ou doit être conçu, quelles fonctions il doit remplir.

Diagramme SADT : (Structured - Analysis - Design – Technique)



➤ **Application sur le système de dosage chimique :**

Nous avons appliqué la méthode SADT qui nous a permis de définir l'objectif final et de faire l'inventaire des entrées et des sorties.

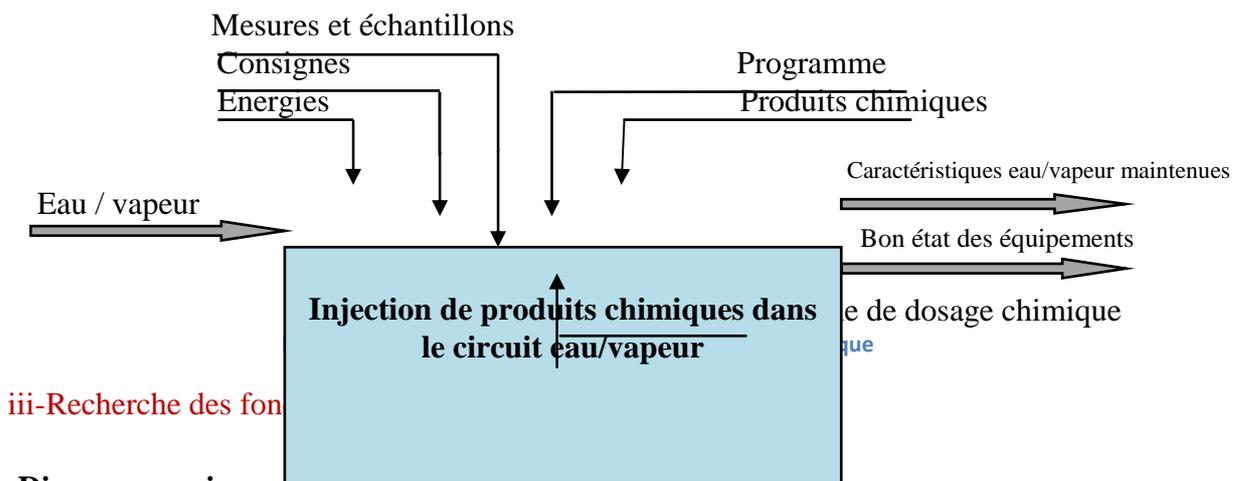


Diagramme pieuvre :

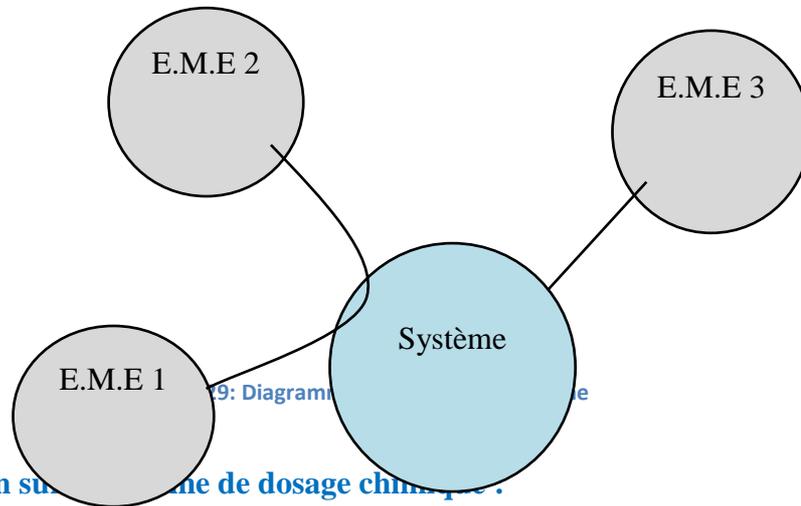
Le diagramme des interactions, ou le diagramme pieuvre est une représentation permettant de mettre en évidence et de recenser les différentes interactions entre le système et son environnement.

Les éléments de l'environnement sont appelés **éléments du milieu extérieur** (abrégié E.M.E.). Les E.M.E. représentent tous les éléments extérieurs au système ayant à un moment ou un autre du cycle de vie du produit une interaction avec celui-ci.

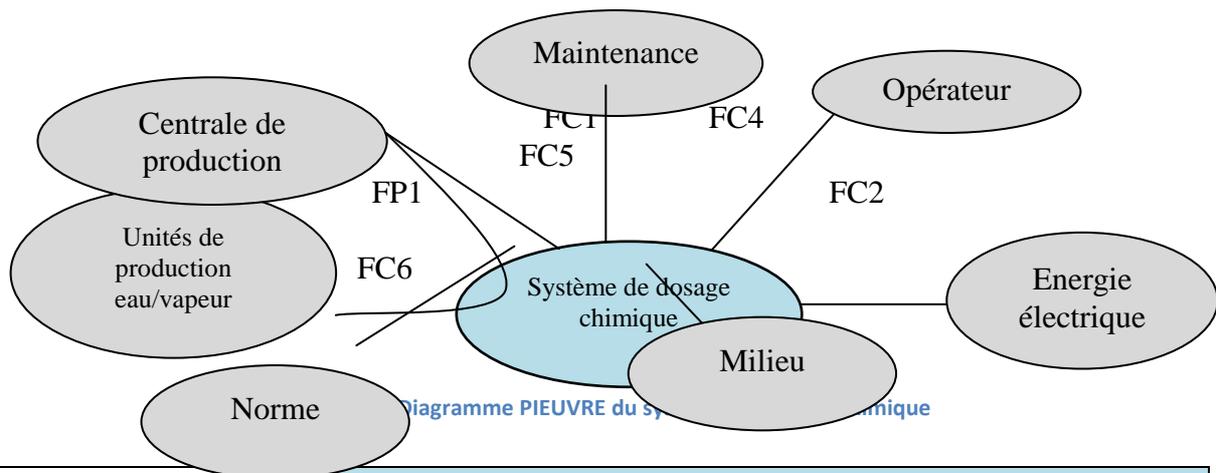
Il existe deux types d'interactions entre le système et les EME. Ces deux types d'interactions donnent naissance à deux catégories de fonctions de service :

- les fonctions principales notées FP représentent l'action d'un EME sur autre EME par l'intermédiaire du système.

- les fonctions contraintes notées FC (ou tout simplement *contrainte*) représente l'action d'un EME sur le système ou l'action du système sur un EME.



➤ Application sur le système de dosage chimique.



Repères	Fonctions
FP1	Injection de produits chimiques dans le circuit eau/vapeur
FC1	Etre réglable (programme)
FC2	Utiliser l'énergie électrique
FC3	S'adapter au milieu ambiant
FC4	Faciliter l'intervention de l'operateur
FC5	Utiliser de l'eau et de la vapeur de bonne qualité
FC6	Respecter les normes de sécurité

Tableau 7: Les différentes fonctions du système.

iv-Recherche des solutions technologiques (FAST) :

C'est une méthode permettant la description, sous la forme d'un diagramme, des fonctions de services et des fonctions techniques dans un enchaînement logique.

On peut adjoindre à la méthode FAST le descriptif des solutions techniques qu'elles réalisent.

Chaque fonction se situe par rapport à ses voisins en posant les 3 questions suivantes :

- **POURQUOI ?**

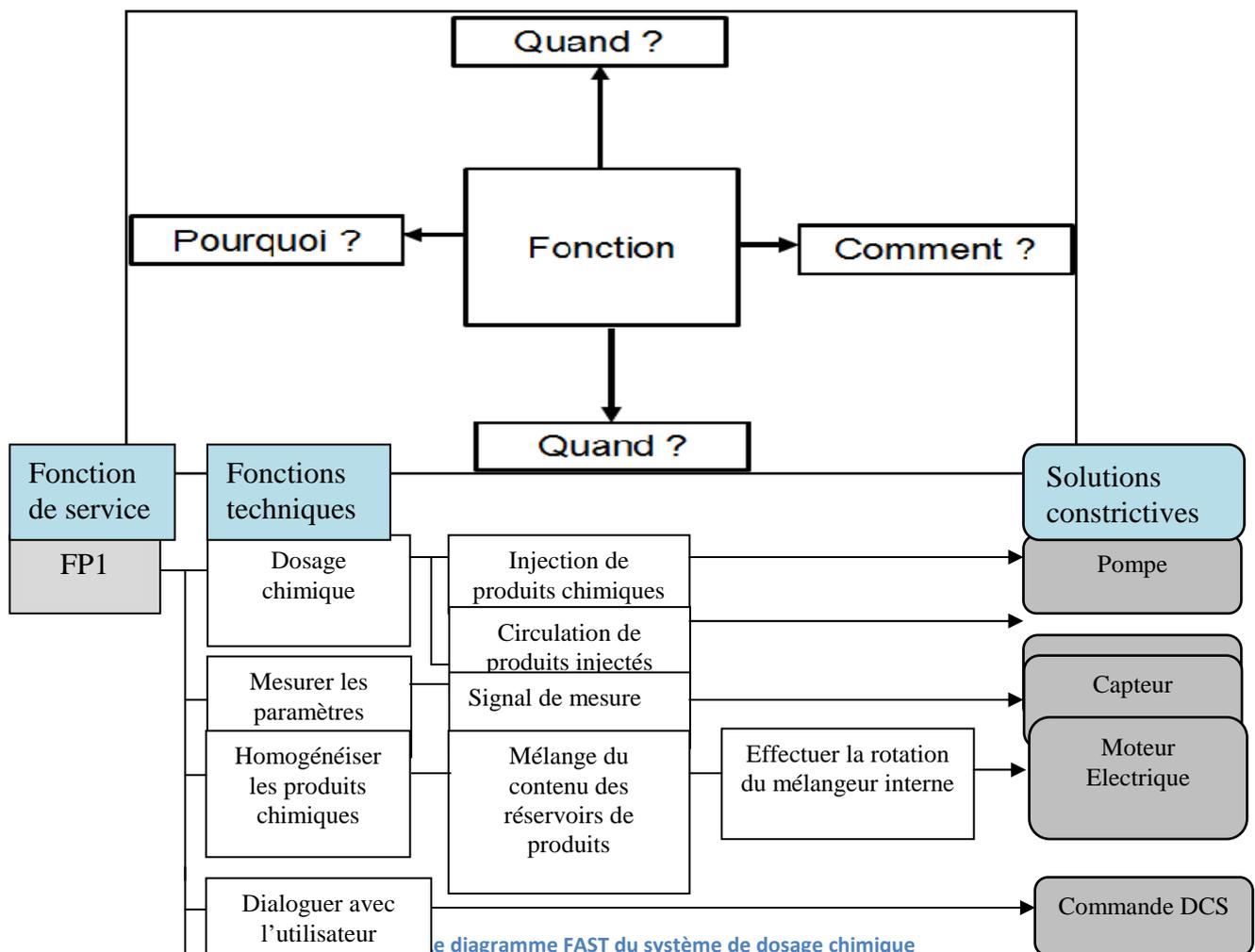
Cette question concerne la fonction précédente. La réponse commence par « POUR ».

- **QUAND ?**

Cette question s'applique à une ou des fonctions situées au même niveau. La réponse commence par « SI SIMULTANEMENT ».

- **COMMENT ?**

Cette question s'adresse à la fonction suivante. La réponse commence par « EN ».



V. Procédure de dosage du circuit eau/vapeur de la centrale ISCC d'ABM:

Pour garantir un fonctionnement normal des chaudières et de la turbine, le constructeur a fourni des tableaux dans lesquels il fixe les intervalles permis pour chaque paramètre chimique.

		Conductivité spécifique Cs : $\mu\text{S}/\text{cm}$	Conductivité cationique Cc : $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Teneur en Oxygène %O ₂ : ppm	La Silice SiO ₂ : ppb
	Feed Water	≤ 1	≤ 0.5	≥ 9.3 et ≤ 10	≤ 0.007	
HRSG Water	HP	≤ 60	≥ 4.5 et ≤ 17	≥ 9.4 et ≤ 10.2		≤ 800
	IP & LP	≤ 60	≤ 27	≥ 9.2 et ≤ 11.2		≤ 10000
Steam	HP	≤ 1	≤ 0.3			≤ 20
	IP & LP	≤ 2	≤ 0.3			≤ 20

Tableau 8: Intervalles permis des paramètres chimiques

A partir des exigences chimiques des constructeurs et après des longues discussions avec le chimiste de la centrale, nous avons pu élaborer des procédures de dosage chimique du circuit eau/vapeur de la centrale ISCC d'ABM, qui permettront de respecter les conditions chimiques exigées.

1) Contrôle de pH et dosage de l'ammoniac du HRSG 1&2 et du condensat:

Le dosage de l'ammoniac se fait dans le but de stabiliser le pH de l'eau et de la vapeur dans les intervalles déterminés ci dessus par le constructeur (**voir tableau 8**).

La procédure de dosage diffère selon la situation du circuit (démarrage, fonctionnement normal ou arrêt).

a. Démarrage du circuit eau/vapeur :

Au démarrage un dosage intense de l'ammoniac s'impose pour augmenter le pH de l'eau de la valeur 7 jusqu'à l'intervalle [9.3, 10]. Pour cela on ouvre les électrovannes et on démarre les pompes de dosage des ballons de la chaudière HRSG et du condensat. La quantité ou la durée du dosage est déterminée par le suivi des valeurs des capteurs de pH dans le circuit eau/vapeur.

Remarque : En pratique un dosage de 2h est suffisant pour atteindre le pH voulu.

b. Fonctionnement normal du circuit eau/vapeur :

Pendant le fonctionnement normal du circuit eau/vapeur, le dosage de l'ammoniac doit suivre l'évolution du pH de l'eau et de la vapeur pour les maintenir dans la marge fixée par le constructeur.

Dosage du circuit HP et condensat:

Dans le circuit HP et le ballon condensat les valeurs du pH doivent être comprises entre 9.3 et 9.6.

Dans le cas où le pH de l'eau du ballon et le pH de sa vapeur sont inférieurs à 9.3, le dosage des ballons HP et condensat démarre jusqu'à ce que les valeurs du pH se rétablissent. Cette opération est réalisée par la commande des électrovannes et le démarrage de la pompe de dosage de l'ammoniac du circuit.

Dosage du circuit IP :

Dans le circuit IP les valeurs du pH doivent être comprises entre 9.3 et 10, dans le cas où le pH du ballon IP est inférieur à 9.3, on commande l'ouverture de l'électrovanne, et on démarre la pompe de dosage de l'ammoniac correspondante au système, jusqu'à ce que les valeurs du pH se rétablissent.

Remarque :

- Dans les trois circuits nous devons tenir compte du retard qu'impose le système d'analyse chimique.
- En pratique un dosage de 20min est suffisant pour rétablir la valeur du pH.

2) Dosage de carbohydrazide du HRSG 1&2 et du condensat:

Le dosage du carbohydrazide a pour but de stabiliser le taux d'oxygène dissous dans l'eau.

a. Démarrage du circuit eau/vapeur :

Au démarrage du circuit eau/vapeur un dosage de carbohydrazide s'impose pour diminuer le taux d'oxygène jusqu'à ce qu'il atteigne une valeur comprise dans l'intervalle [0.002 ,0.007] ppm. Pour cela on ouvre les électrovannes et on démarre les pompes de dosage des ballons de la chaudière HRSG et du condensat.

La détermination de la quantité ou de la durée de dosage souhaitée est obtenue par le suivi des valeurs du taux d'oxygène des ballons de la chaudière et du condensat.

Remarque : En pratique un dosage de 1h est suffisant pour atteindre le taux d'oxygène dissous voulu.

b. Fonctionnement normal du circuit eau/vapeur :

Pendant le fonctionnement normal du circuit, le dosage du carbohydrazide suit l'évolution du taux d'oxygène de l'eau (%O₂) pour le maintenir dans la marge fixée par le constructeur.

Dans les circuits **HP, IP** et **condensat**, les valeurs d'oxygène dissous doivent être comprises entre 0.002 et 0.007 ppm (**voir tableau 8**). Dans le cas où le taux d'Oxygène d'un ballon s'approche de la valeur 0.007 ppm, un dosage de carbohydrazide devient nécessaire. Pour cela on ouvre les électrovannes correspondantes et on démarre les pompes de dosage de carbohydrazide, jusqu'à ce que la valeur d'oxygène dissous se rétablisse. Tout en prenant en considération le retard du système d'analyse chimique.

Remarque : En pratique un dosage de 10 min est suffisant pour rétablir le taux d'oxygène dissous.

c. Arrêt du circuit eau/vapeur :

Durant la phase de la procédure d'arrêt du circuit eau/vapeur, le dosage du carbohydrazide dans les circuits est obligatoire pour éliminer l'oxygène des conduites. Cette opération est nécessaire pour éliminer et éviter les risques de corrosion.

3) Contrôle de conductivité et dosage de phosphate du HRSG 1&2 :

Le dosage du phosphate dans les ballons a pour but de stabiliser la conductivité de l'eau et de la vapeur, éliminer le risque de formation des sels et maintenir la qualité de l'eau exigée par le constructeur des chaudières surtout dans le cas où la pression dépasse la valeur 68.94 bar.

Fonctionnement normal du circuit eau/vapeur :

Pendant le fonctionnement normal du circuit le dosage du phosphate suit l'évolution de la conductivité de l'eau pour la maintenir dans la marge fixée par le constructeur.

Dosage des circuits HP/LP/IP :

La valeur de :

- la conductivité spécifique de l'eau des ballons doit être inférieure à 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- la conductivité cationique doit être inférieure à 0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- la silice doit être inférieure à 20 ppb ;

Si la conductivité spécifique dépasse 60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la conductivité cationique dépasse 0.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alors un dosage de phosphate débute jusqu'à ce que les valeurs chimiques demandées se rétablissent.

VI. Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à la description du système d'analyse chimique, du circuit eau/vapeur et du système de dosage chimique. Les procédures de dosage des produits chimiques seront traduites par la suite en organigrammes fonctionnels et en logiques programmées.

Chapitre 4 :

Organigrammes et logiques programmées

I. Introduction :

Le démarrage et l'arrêt d'un dosage chimique des ballons des chaudières, dépendent de plusieurs paramètres reliés au produit chimique à doser, aux paramètres chimiques de l'eau et de la vapeur du circuit, au ballon à doser, et à l'état de fonctionnement de la chaudière.

Pour cela, nous avons conçu une logique générale de démarrage et d'arrêt du dosage chimique, qui par la suite sera spécifiée et programmée pour chaque produit chimique, et chaque ballon des deux chaudières de la centrale.

II. Logique générale de démarrage du dosage chimique :

Comme nous avons déjà précisé, le démarrage du dosage dépend du produit chimique, et de l'état de fonctionnement de la chaudière.

1. Démarrage de la chaudière :

Dans cette phase de fonctionnement de la chaudière, la logique de démarrage des pompes de dosage d'ammoniac et du carbohydrazide sont similaires, sauf au niveau de la durée de temporisation.

Cette logique commence par le démarrage des pompes de la chaudière qui active un temporisateur, qui actionne à son tour et maintient pendant toute la durée de temporisation le démarrage de la pompe de dosage et l'ouverture de la vanne de dosage (**figure 33**).

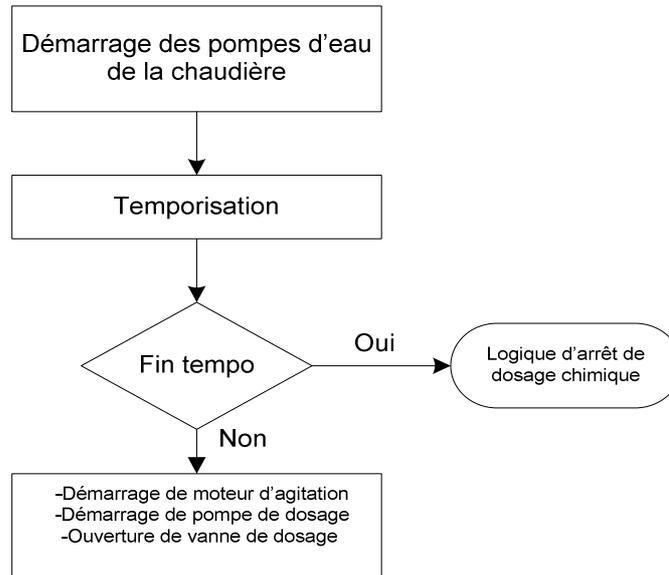


Figure 33: Organigramme de démarrage du dosage chimique au démarrage de la chaudière

2. Fonctionnement normal de la chaudière :

Au fonctionnement normal, la logique de démarrage est contrôlée par les capteurs des paramètres chimiques. Cette logique reste la même pour tous les produits chimiques, seul la consigne et le nombre des capteurs qui diffèrent entre les produits chimiques utilisés dans le dosage des ballons.

La logique reliée aux capteurs, est constituée par trois tâches qui conditionnent le démarrage (**figure 34**):

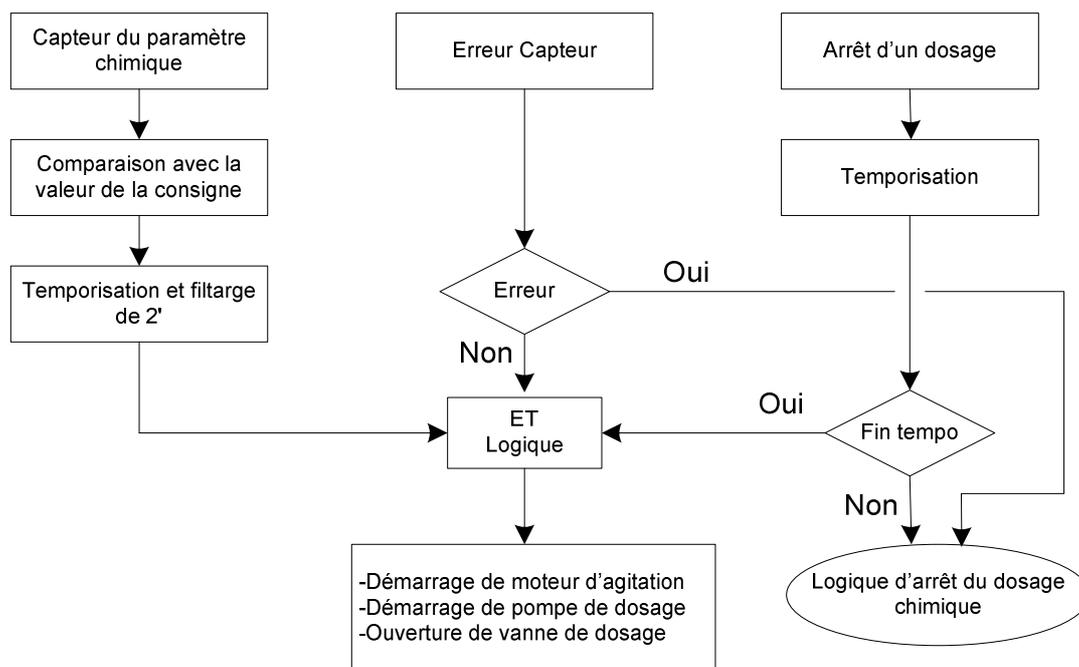


Figure 34: Organigramme de démarrage du dosage chimique au fonctionnement normal

Tâche 1 :

Cette tâche est constituée de :

- Capteur du paramètre chimique qui transmet en continu la valeur du paramètre chimique mesuré dans la salle d'analyse chimique.
- Un comparateur qui compare la valeur délivrée par le capteur avec la valeur de consigne.
- Une Temporisation et un filtrage de 2 minutes permet soit :
 - De transmettre la valeur de sortie du comparateur au système de démarrage de dosage chimique, si cette sortie reste égale à 1 pendant 2 minutes.
 - De bloquer la valeur si non.

Tâche 2 :

Activée par la fonction erreurs capteurs, cette tâche délivre les erreurs du système d'analyse chimique. Dans le cas où cette tâche détecte des erreurs, elle arrête toute demande de dosage chimique effectuée par le capteur erroné.

Tâche 3:

Cette tâche est activée par l'arrêt du dosage chimique précédent, elle réalise une temporisation de 30 minutes qui bloque pendant cette durée le démarrage du dosage.

Pour que le démarrage du dosage chimique soit effectué, il faut qu'il ait les 3 conditions suivantes :

- Le résultat de la comparaison entre la valeur du capteur chimique et la consigne soit vrai.
- Le capteur considéré ne présente pas d'erreur.
- Et que la temporisation de 30 minutes après le dosage soit terminée.

3. Procédure d'arrêt de la chaudière :

La fermeture de la porte d'isolation entre la turbine à gaz et la chaudière, déclenche la procédure d'arrêt de la chaudière, ce qui conduit à un démarrage de dosage (**figure 35**)

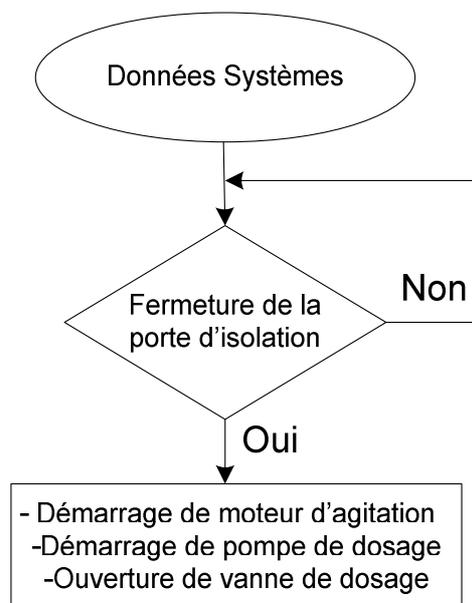


Figure 35: Organigramme de démarrage du dosage chimique pendant la procédure d'arrêt de la chaudière

Enfin et après avoir présenté la logique de démarrage du dosage pour chaque phase de fonctionnement de la chaudière, on présente dans la suivante (**figure 36**) la logique générale de démarrage du dosage chimique.

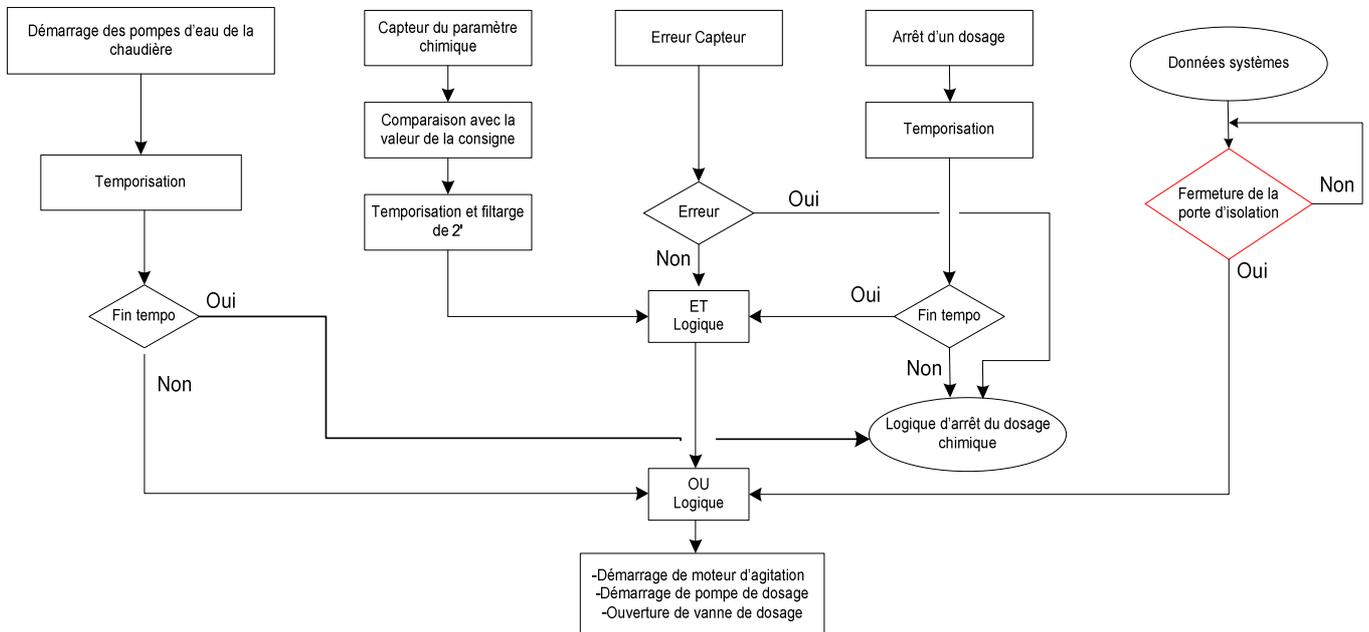


Figure 36: Organigramme général de démarrage du dosage chimique

III. Logique générale d'arrêt du dosage chimique :

L'arrêt du dosage chimique du "circuit eau/vapeur", dépend du produit chimique et de l'état de fonctionnement de la chaudière.

1. Démarrage de la chaudière :

Dans la phase du démarrage de la chaudière, la logique d'arrêt des pompes de dosage d'ammoniac et du carbonylazide est similaire.

L'arrêt des pompes de dosage et la fermeture de la vanne ainsi que l'arrêt de moteur d'agitation sont activés par :

✓ La fin de la temporisation de démarrage citée dans la 1^{ère} partie (logique de démarrage du dosage chimique).

Ou

✓ Le système d'analyse chimique, lorsque les critères chimiques sont atteints, ou lorsqu'une erreur du capteur de mesure chimique survient.

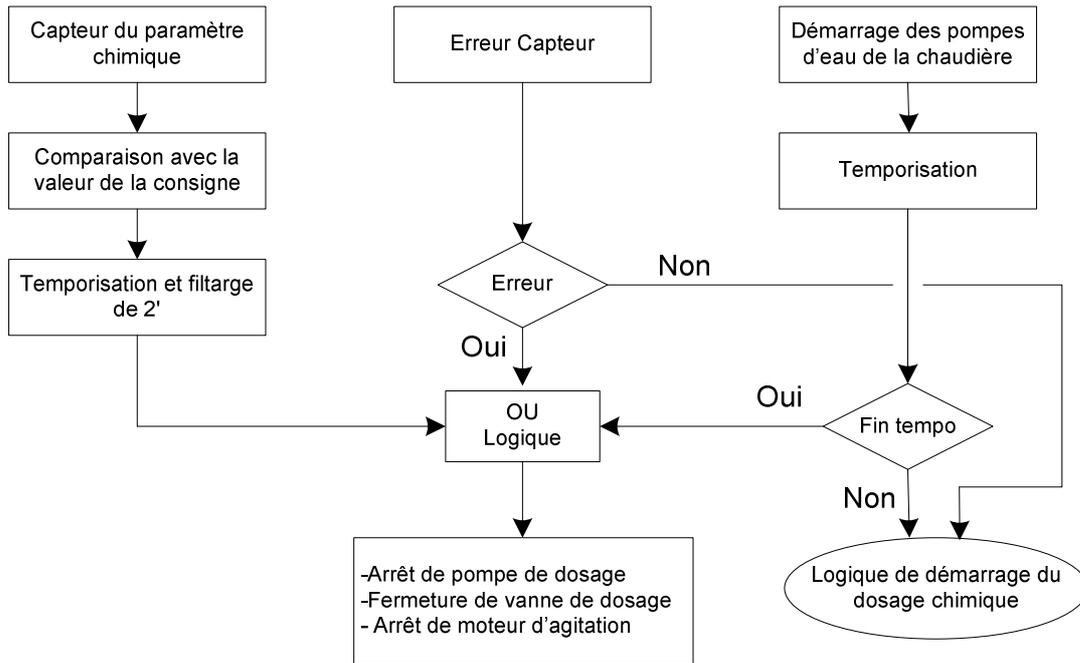


Figure 37: Organigramme d'arrêt du dosage chimique au démarrage de la chaudière

2. Fonctionnement normal de la chaudière :

L'arrêt du dosage chimique pendant le fonctionnement normal de la chaudière est régi par les capteurs des paramètres chimiques et par une temporisation activée par le démarrage de la pompe, qui actionne l'arrêt de la pompe de dosage à sa fin.

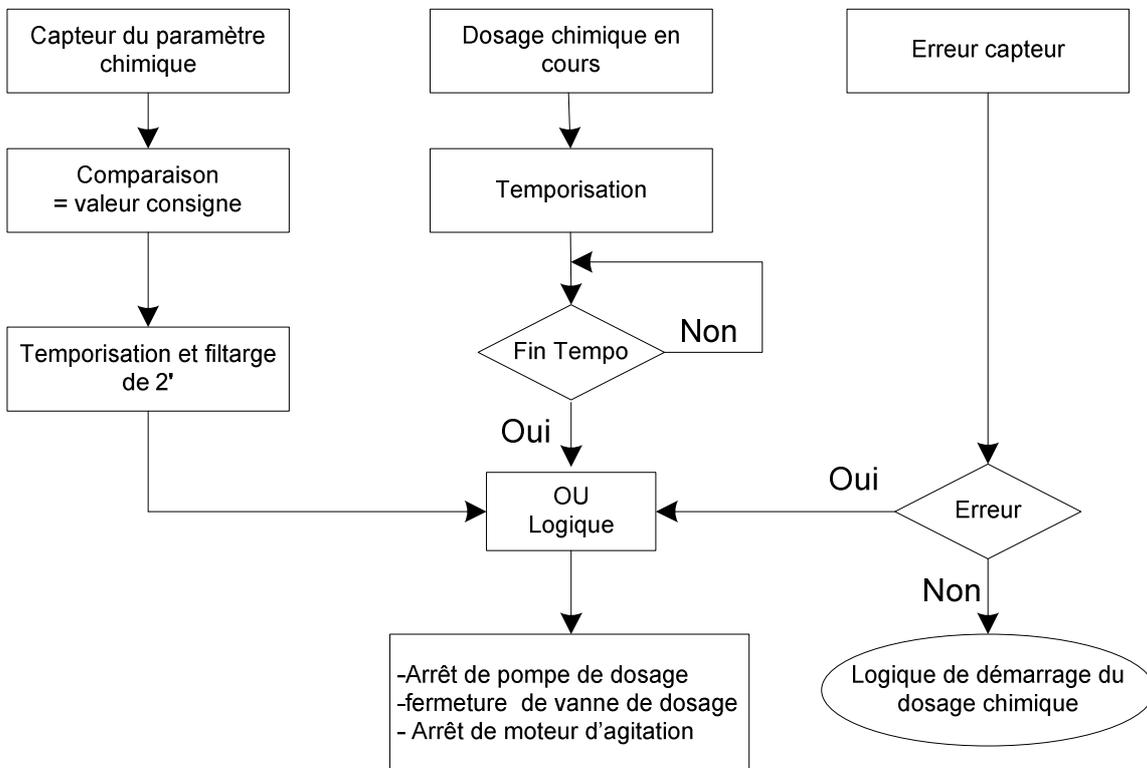


Figure 38: Organigramme d'arrêt du dosage chimique au fonctionnement normal

3. Procédure d'arrêt de la chaudière :

La procédure d'arrêt de la chaudière consiste à la fermeture de la porte d'isolation entre la turbine à gaz et la chaudière, durant cette phase aucun dosage de phosphate et d'ammoniac n'est effectué, ce qui conduit à la logique d'arrêt donnée par l'organigramme ci dessous:

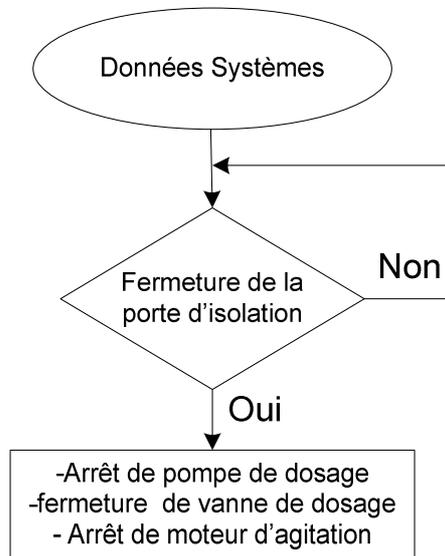


Figure 39: Organigramme d'arrêt du dosage chimique pendant la procédure d'arrêt de la chaudière.

4. Arrêt total de la chaudière :

La phase d'arrêt total de la chaudière consiste à arrêter les pompes de la chaudière, qui donne l'ordre d'arrêt du dosage du carbohydrazide comme la montre la figure :

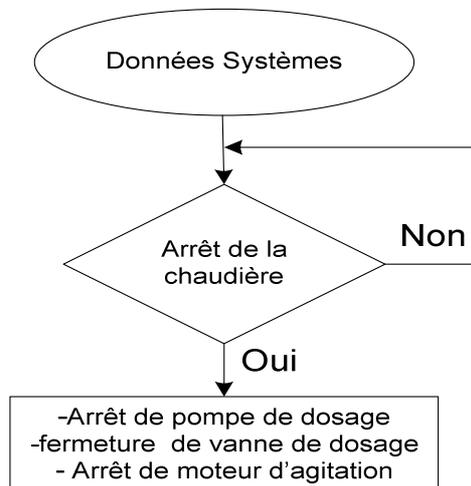


Figure 40: Organigramme d'arrêt du dosage chimique à l'arrêt de la chaudière.

Après avoir présenté la logique d'arrêt durant chaque phase de fonctionnement de la chaudière, nous présentons l'organigramme de la logique générale d'arrêt du dosage chimique comme il est indiqué dans la figure suivante (**figure 41**).

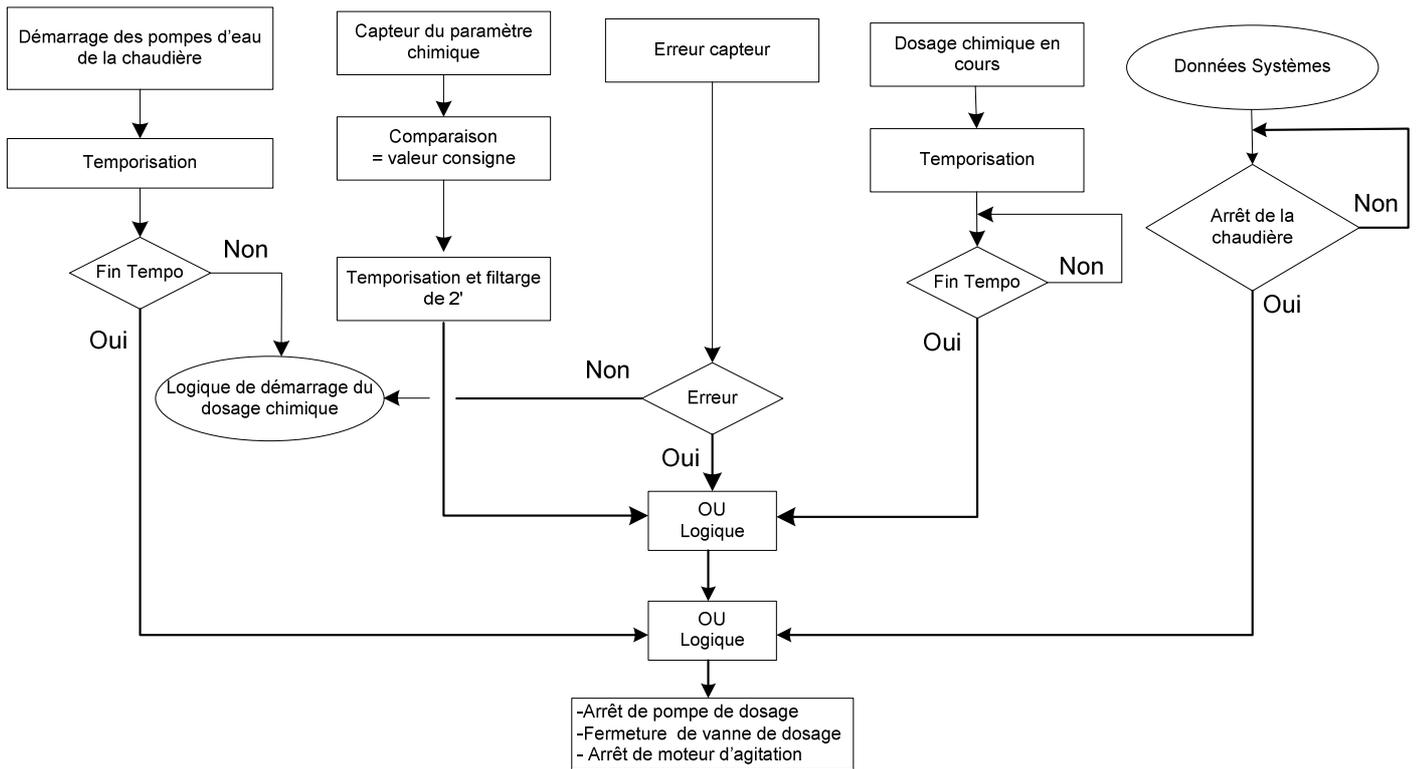


Figure 41: Logique générale d'arrêt du dosage chimique

IV. Logique programmée du dosage chimique :

Après avoir présenté la logique générale de démarrage et d'arrêt du dosage chimique, cette partie sera dédiée à la logique programmée spécifique de chaque produit chimique et chaque ballon, avec les protections des systèmes.

Le tableau suivant représente les différents équipements et signaux utilisés dans les programmes. On se contentera de faire que la logique programmée concernant le ballon HP de la chaudière HRSG1 ainsi que le ballon condensat.

Pour le reste, il suffit de changer les valeurs des capteurs, ainsi que les équipements correspondants (**voir tableau en annexe**).

Equipement	KKS
Dosage ammoniac HRSG 1	
Switch low low level LSSL	15QCA43CL103XC01
Moteur d'agitation 1	15QCA46AM001XC01
Pompe de dosage HRSG 1	11QCA42AP001XC01
Vanne de dosage HP HRSG1	11QCA42AA302XC01
Capteur pH HP Drum	11QU08CQ003JT01A
Capteur ph Steam HP	11QU10CQ001JT01A
Capteur Erreur	11QU08CQ003JH02A 11QU10CQ001JH02A
Fault pompe	11QCA42AP001XC02
Dosage ammoniac condensat	
Switch low low level LSSL	15QCB43CL103XC01
Moteur d'agitation 1	15QCB46AM001XC01
Pompe de dosage condensat	11QCB53AP001XC01
Capteur pH LP 1 Drum	11QU02CQ003JT01A
Capteur ph LP 2 Drum	12QU02CQ001JT01A
Fault pompe	11QCB53AP001XC02
Capteur Erreur	11QU02CQ003JH02A 12QU02CQ001JH02A
Dosage Carbohydrazide HRSG 1	
Switch low low level LSSL	15QCA13CL103XC01
Moteur d'agitation 1	15QCA16AM001XC01
Pompe de transfert	15QCA10AP001XC01
Pompe de dosage HRSG 1	11QCA12AP001XC01
Vanne de dosage HP HRSG1	11QCA12AA302XC01
Capteur O ₂ HP Drum	11QU02CQ003JT01A
Capteur Erreur	11QU02CQ003JH02A
Fault pompe	11QCA12AP001XC02
Dosage Carbohydrazide condensat	
Switch low low level	15QCB13CL103XC01
Moteur d'agitation 1	15QCB16AM001XC01
Pompe de dosage condensat	11QCB23AP001XC01

Capteur O ₂ HP Drum	11QU01CQ002JT01A
Capteur Erreur	11QU01CQ002JH02A
Fault pompe	11QCB22AP001XC02
Dosage phosphate HRSG 1	
Switch low low level LSL	15QCA63CL103XC01
Moteur d'agitation 1	15QCA66AM001XC01
Pompe de dosage HRSG 1	11QCA62AP001XC01
Vanne de dosage HP HRSG1	11QCA62AA302XC01
Capteur CC Drum HP	11QU05CQ002JT01
Capteur CS Drum HP	11QU08CQ001JT01
Capteur Erreur	11QU08CQ001JH02A 11QU08CQ002JH02A
Fault pompe	11QCA62AP001XC02
Commande et erreur DCS	
Remote	15QCA60GT001XC03
Fault panel	15QCA60GT001XC01
AUTO	15QCB10GT001XC04

Tableau 9: Liste des entrées et sorties du programme de dosage chimique

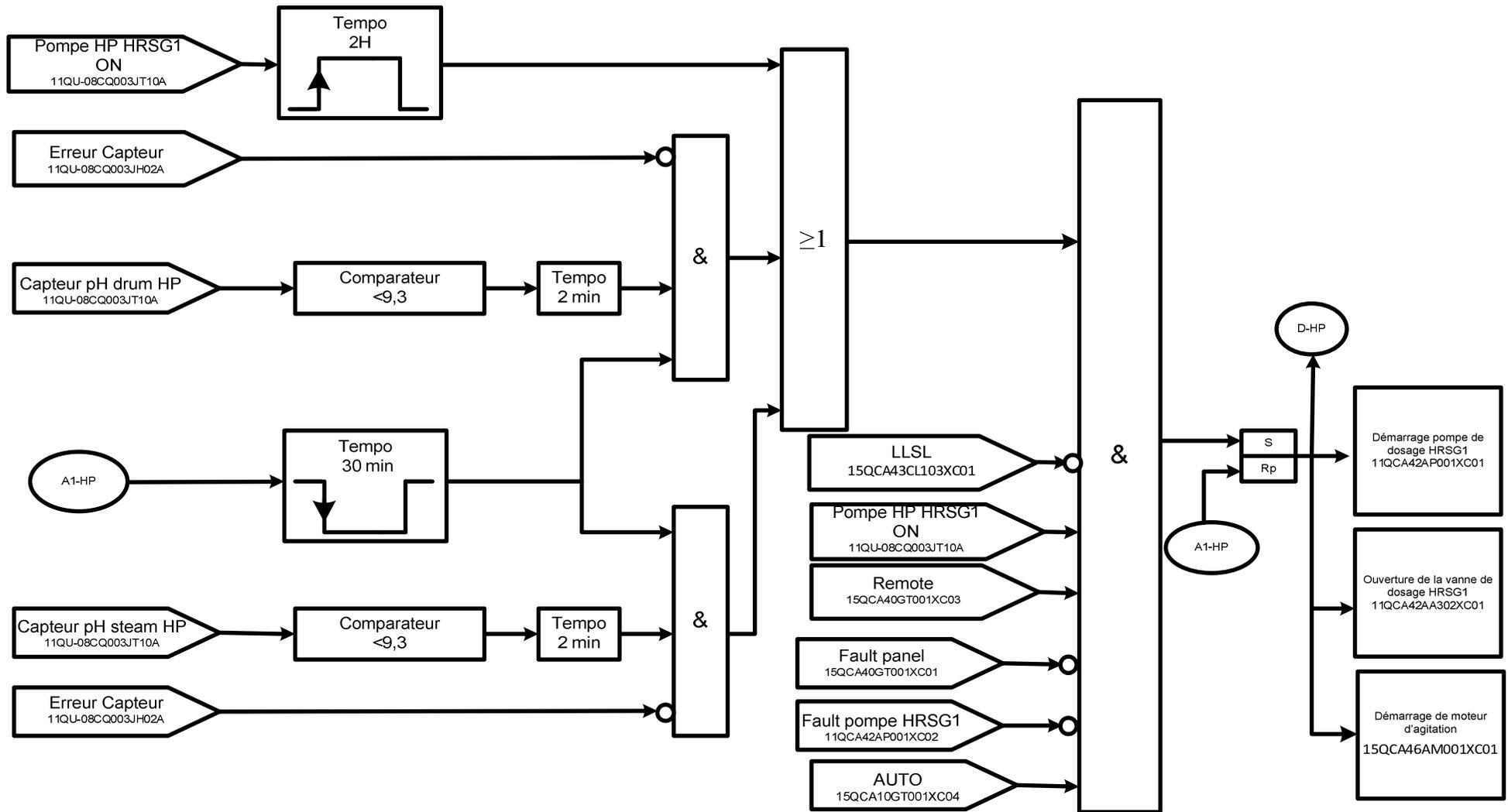


Figure 42: Logique programmée de démarrage du dosage d'ammoniac dans le ballon HP du HRSG1

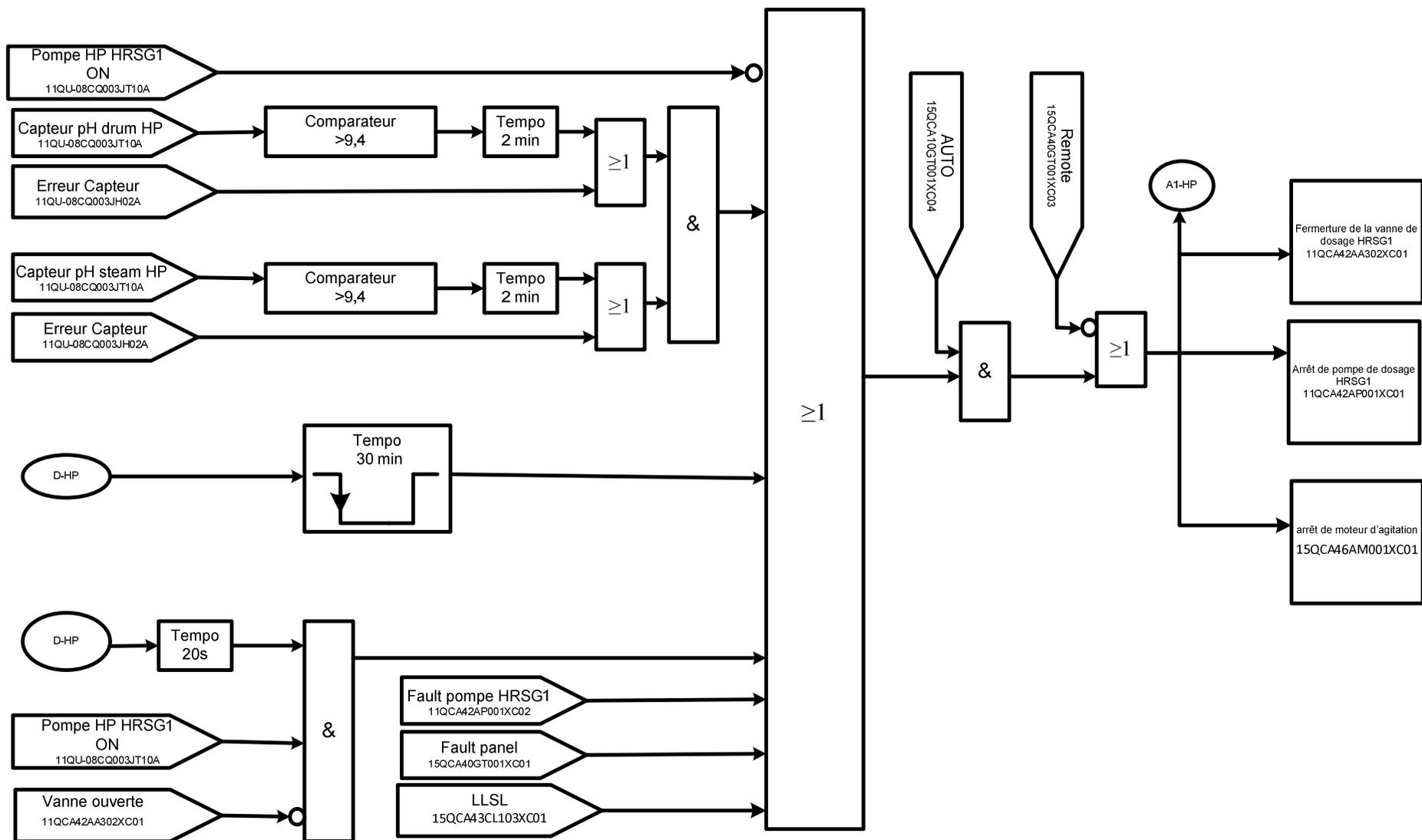


Figure 43: Logique programmée d'arrêt du dosage d'ammoniac dans le ballon HP du HRSG1

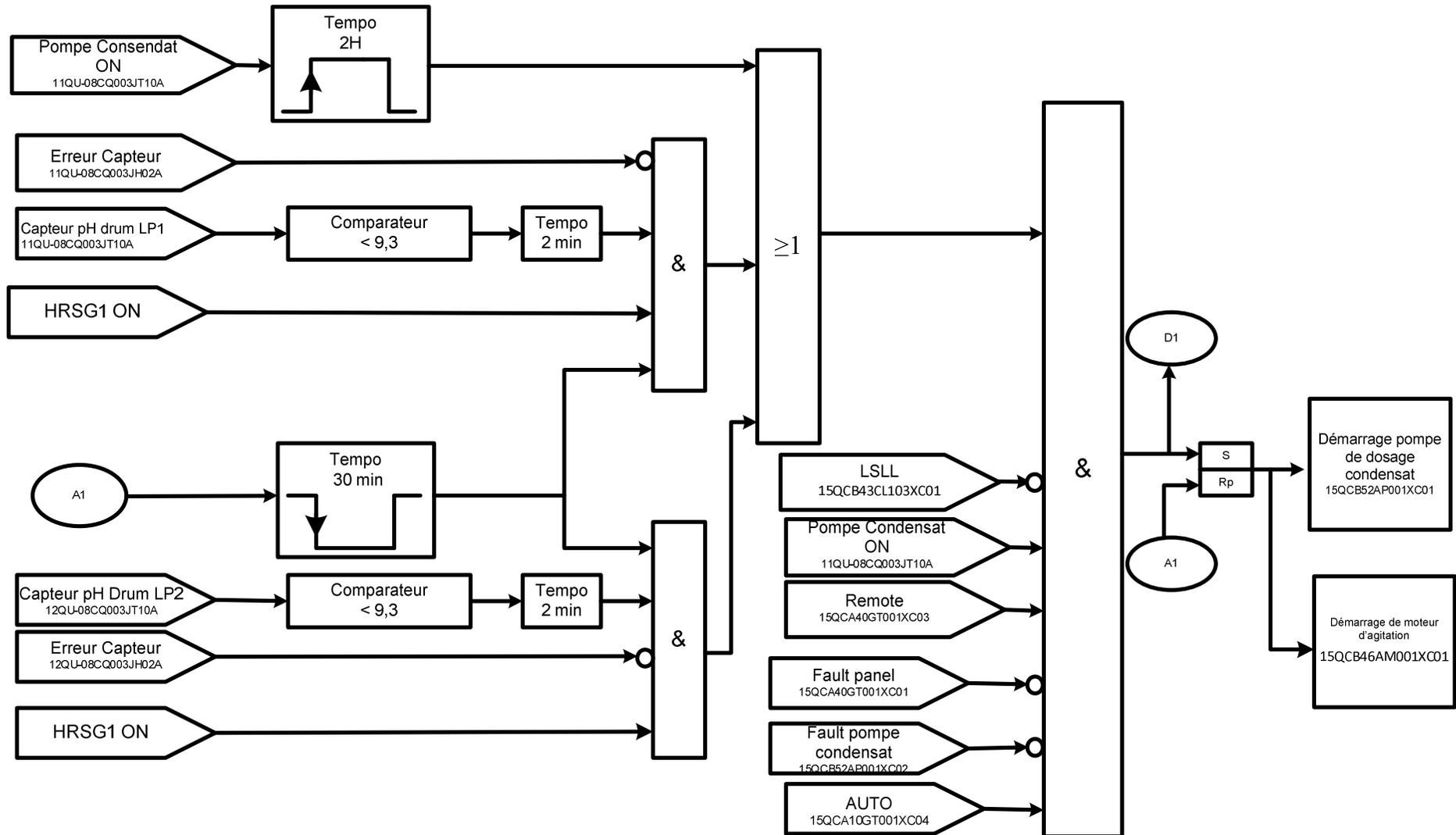


Figure 44: Logique programmée de démarrage du dosage d'ammoniac dans le condensat

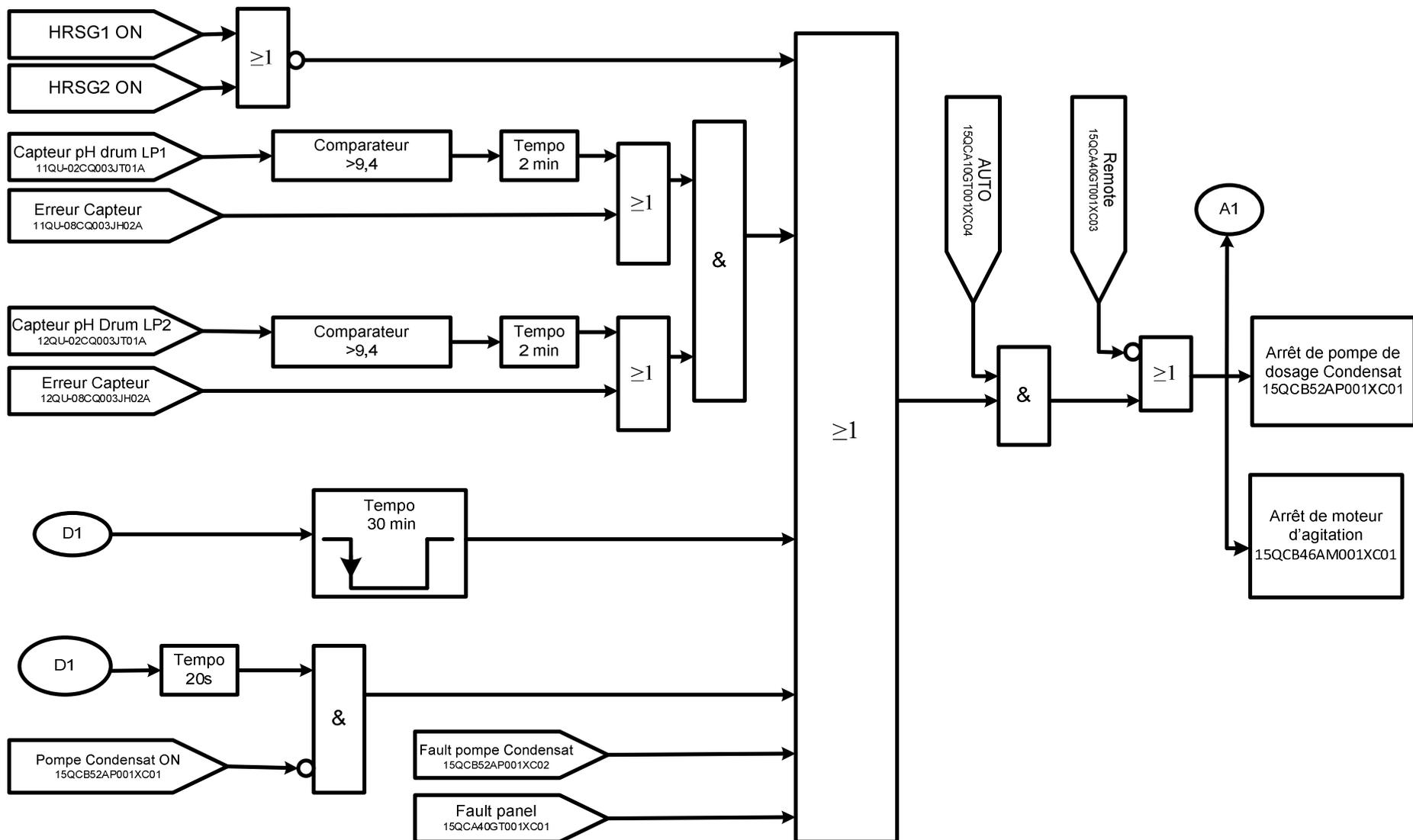


Figure 45: Logique programmée d'arrêt du dosage d'ammoniac dans le condensat

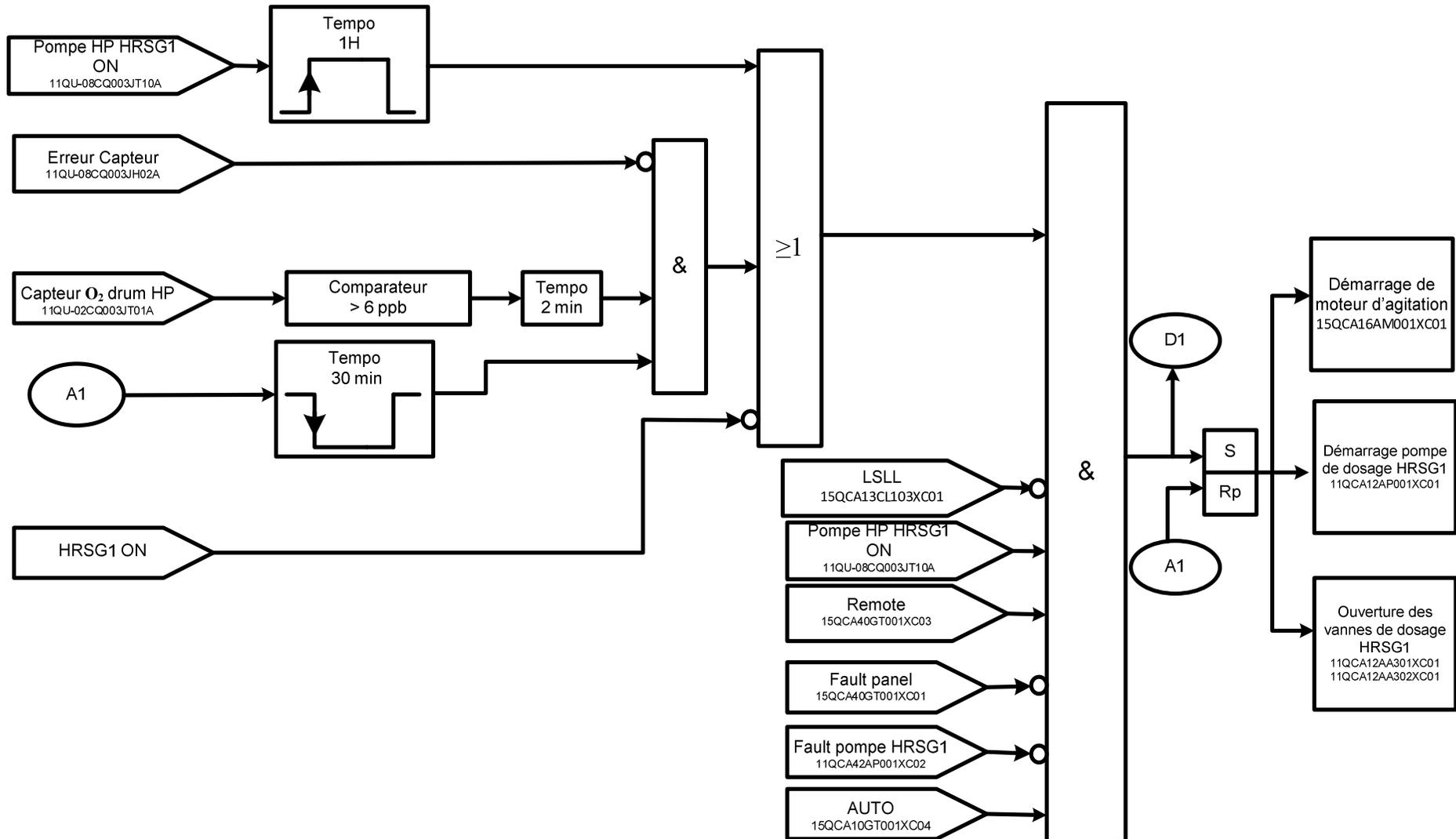


Figure 46: Logique programmée de démarrage de dosage du carbonylazide dans le ballon HP du HRSG1

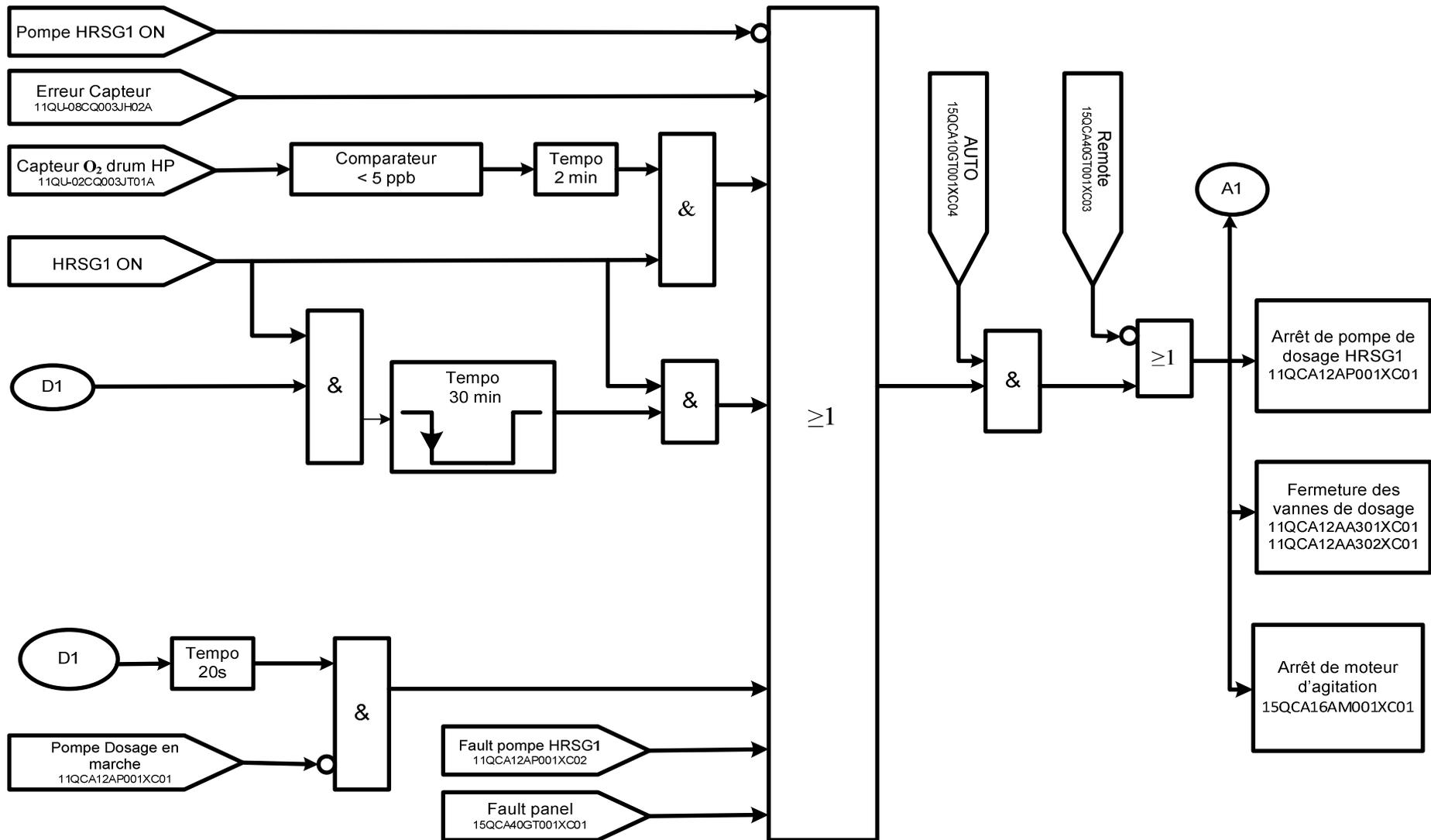


Figure 47: Logique programmée d'arrêt de dosage du carbohydrzide dans le ballon HP du HRSG1

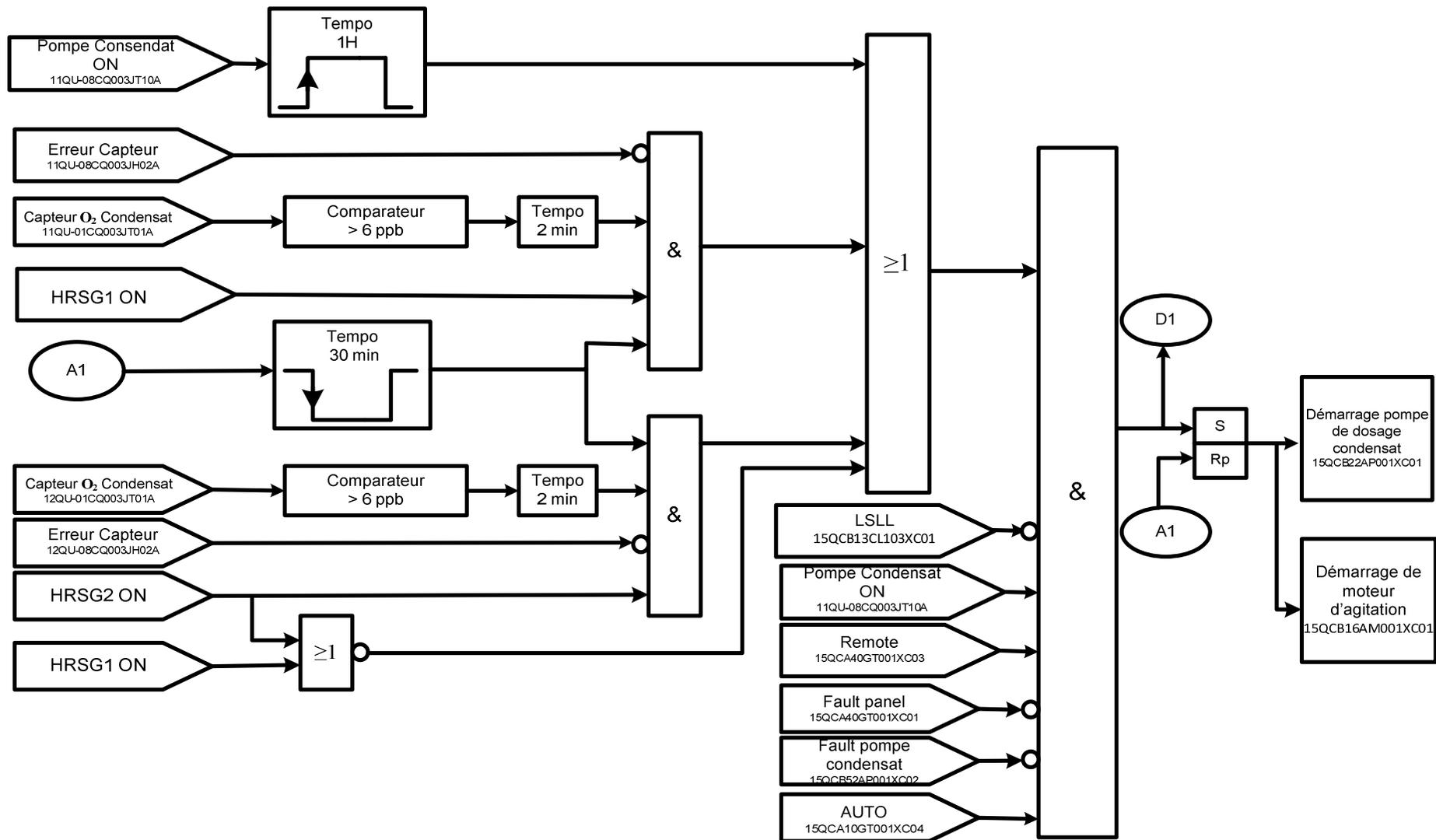


Figure 48: Logique programmée de démarrage de dosage du carbohydrazide dans le condensat

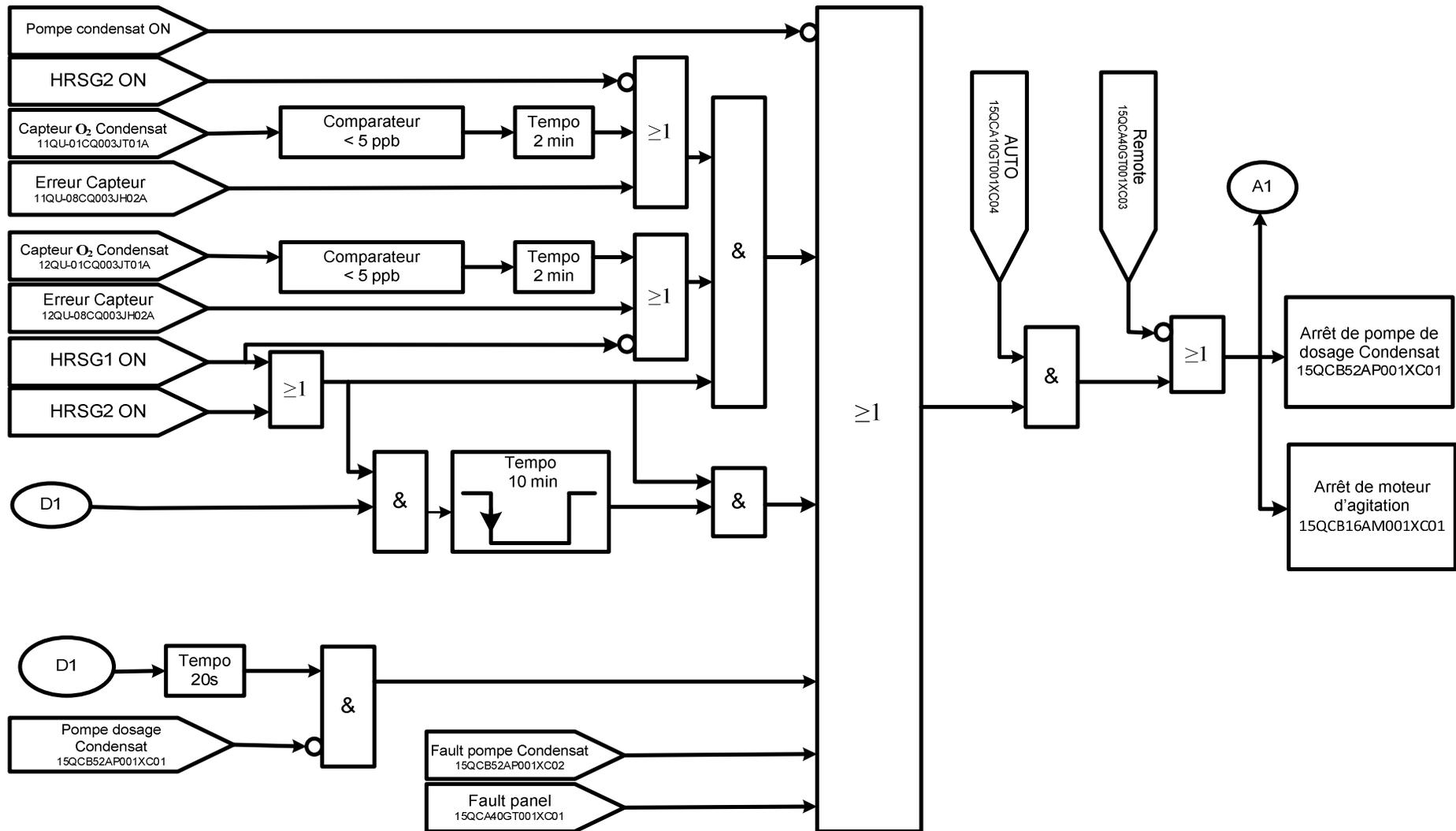


Figure 49: Logique programmée d'arrêt de dosage du carbohydrazide dans le condensat

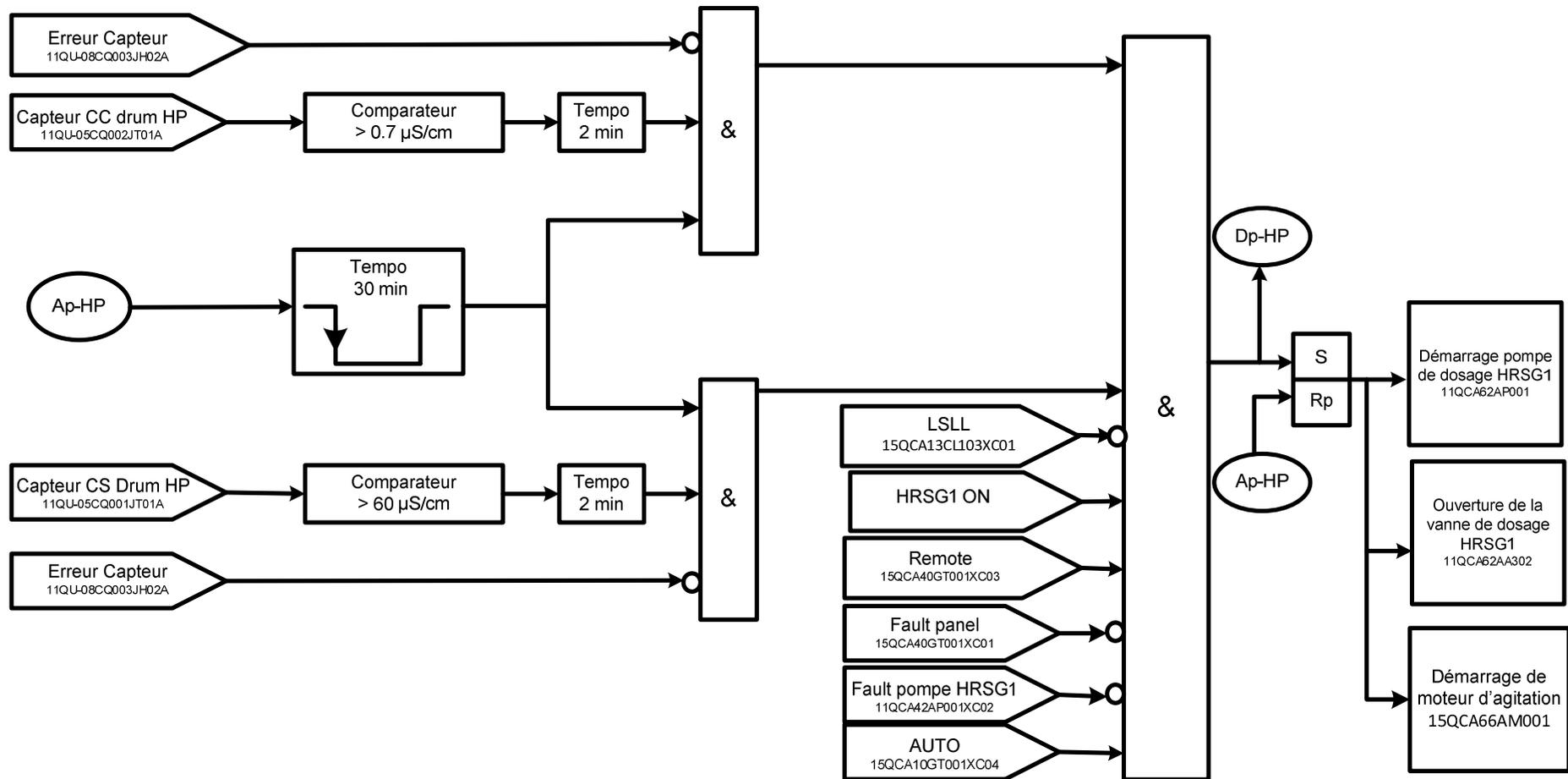


Figure 50: Logique programmée du démarrage de dosage du phosphate dans le ballon HP du HRSG1

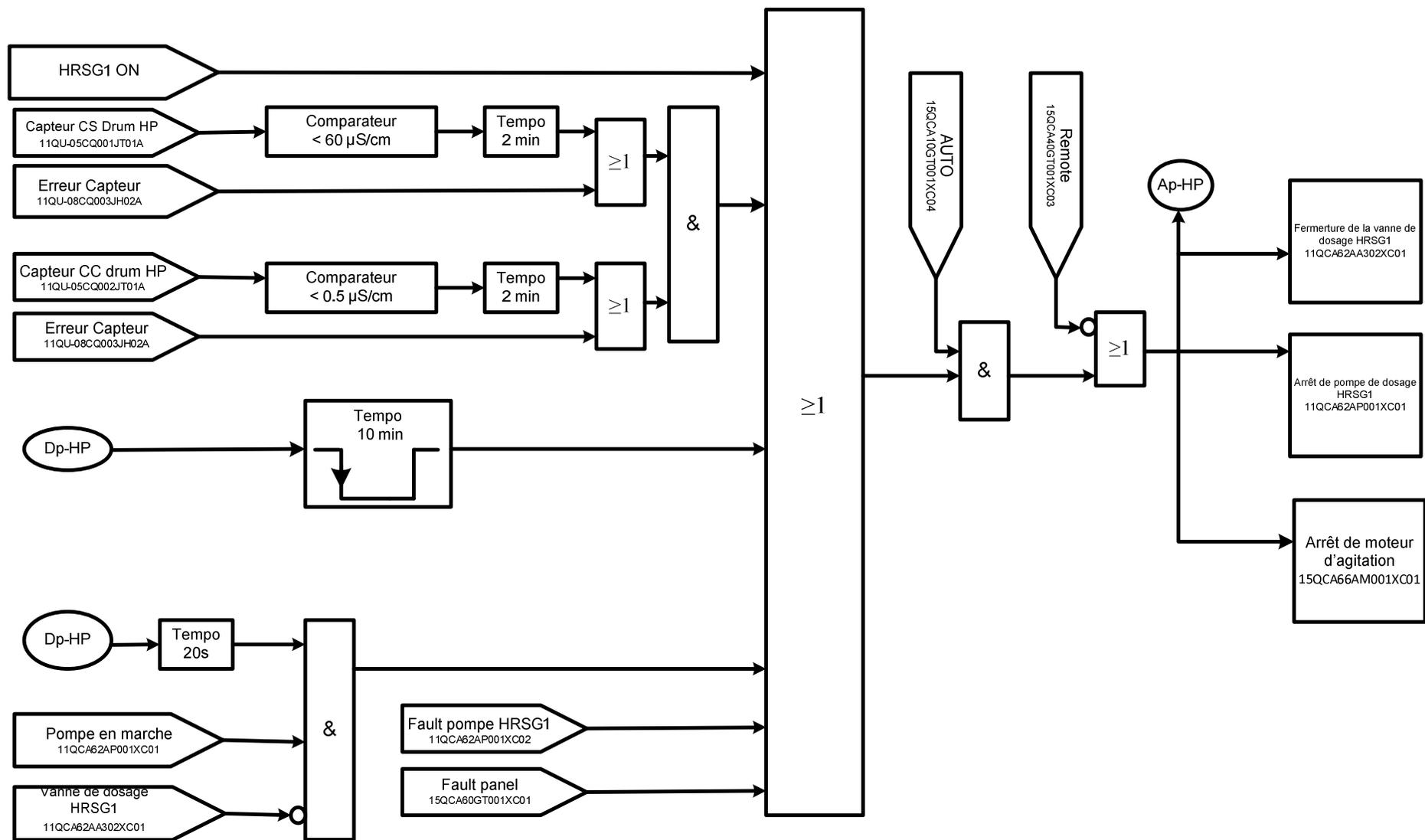


Figure 51: Logique programmée d'arrêt de dosage du phosphate dans le ballon HP du HRSG1



V. Conclusion :

Ce chapitre expose les différents organigrammes et logiques programmées des différents systèmes de dosage chimique du circuit eau/vapeur de la centrale d'Ain Béni Mathar. Ces logiques ont été élaborées à partir des procédures de dosage chimique présentées dans le chapitre précédant tout en respectant les contraintes de sécurités des systèmes.





Conclusion générale :

Pendant le déroulement de notre stage de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master Systèmes Microélectronique, Télécommunication et Informatique Industrielle à la centrale ISCC d'Ain Béni Mathar, nous avons pu mettre en pratique nos connaissances théoriques acquises durant notre formation.

Ce stage nous a permis aussi de connaître et d'apprendre des nouvelles technologies dans le domaine d'électronique et d'informatique industrielle et même d'acquérir de nouvelles connaissances dans le domaine des énergies renouvelables et des technologies à base d'énergie solaire.

En plus, ce stage s'est avéré très enrichissant pour notre expérience professionnelle aussi bien en ce qui concerne le domaine technique que les relations humaines.

Dans le but d'améliorer le fonctionnement de certains systèmes qui entre dans le cycle de production d'énergie électrique à la centrale thermo solaire d'Ain Béni Mathar, l'automatisation du système de dosage chimique du circuit eau/vapeur, est devenue une chose essentielle, afin de :

- Maintenir les aspects chimiques de l'eau et de la vapeur dans les critères établis par le constructeur du circuit.
- protéger tous les composants du cycle eau vapeur contre la corrosion et les dépôts des sels, de manière à ne pas affecter le rendement de la centrale.
- Réduire la tâche du chimiste et de l'opérateur, qui sont actuellement obligés de faire le dosage et le suivi des paramètres chimique d'une façon manuelle à partir de la salle de contrôle.
- Augmenter la sécurité.
- Diminuer la consommation des produits chimiques.

Pour réaliser ce travail, on a commencé d'abord par étudier les différents circuits de production de vapeur utilisés pour la production d'énergie électrique et les différentes méthodes de dosage des produits chimiques qui sont effectuées à la centrale thermo solaire ISCC d'ABM.

Ensuite pour automatiser ce système, on a élaboré les différents organigrammes et conçu les différentes logiques programmées qui permettent de le mettre au point.

Enfin, nous tenons à exprimer notre satisfaction d'avoir pu travailler dans un environnement agréable et dans des bonnes conditions.

Bibliographie





- [1] <http://www.one.org.ma/>
- [2] <http://www.abengoa.com>
- [3] Documentation technique-HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR-ISCC ABM I&C TOME-1
- [4] Grundfos ALLDOS-ISCC ABM- INPUTS / OUTPUTS SIGNAL LIST-Cesar Casasnovas
- [5] www.hach.com/polymetron
- [6] Documentation technique-DOSING SYSTEM- ISCC ABM I&C TOME-3
- [7] Procédure de dosage chimique des circuits PGA, condensat, HRSGS-ISCC ABM Qualité TOME 1
- [8] Design Training CERREY, S.A. DE C.V. ISCC ABM-57-P1208-1 / P1208-2

GLOSSAIRE DES ACRONYMES

ONEE : Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable

ONE : Office National de l'Electricité

ONEP : Office National de l'Eau Potable

BE: Branche d'Electricité

CTM: Centrale Thermique Mohammadia

STEP: Stations de Transfert d'Energie par Pompage

HT: Haute Tension

MT: Moyenne Tension

BT: Basse Tension

ISCC: Integrated Solar Combined Cycle

CSP: Concentration Solar Power

GME: Gazoduc Maghreb Europe

HRSG: Heat Recovery Steam Generator

ABM: Ain Béni Mathar

HP: High Pression

IP: Intermediary Pression

LP: Low Pression

HTF: Heat Transfert Fluid

KKS: Kraftwerk Kennzeichen System

DCS: Distributed Control System

CdCF: Cahier de Charge Fonctionnel

PTA: Poste Traitement Agua

LSH: Level Switch High





Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté Des Sciences et Techniques Fès
Département de Génie Electrique



LSL: Level Switch Low

LSLL: Level Switch Low Low

FAST: Function - Analysis - Design - Technique

SADT: Structured - Analysis - Design - Technique

EME: Eléments du Milieu Extérieur

FP: Fonction Principale

FC: Fonction Contrainte

Ppb: part per billion

Ppm: Part per million





Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté Des Sciences et Techniques Fès
Département de Génie Electrique



ANNEXES





Liste des entrées et sorties du programme de dosage chimique :

Equipement	KKS
Dosage ammoniac HRSG 1 & 2	
Réservoir	15QCA46BB001 & 15QCA48BB001
Switch high level	15QCA43CL101 & 15QCA47CL101
Switch low level	15QCA43CL102 & 15QCA47CL102
Switch low low level	15QCA43CL103 & 15QCA47CL103
Moteur d'agitation 1	15QCA46AM001XC01
Moteur d'agitation 2	15QCA48AM001XC01
Pompe de transfert	15QCA40AP001XC01
Pompe de dosage HRSG 1	11QCA42AP001XC01
Pompe de dosage HRSG 2	12QCA42AP001XC01
Pompe de secours	15QCA52AP001XC01
Vanne de dosage IP HRSG 1	11QCA42AA301XC01
Vanne de dosage HP HRSG1	11QCA42AA302XC01
Vanne de dosage IP HRSG 2	12QCA42AA301XC01
Vanne de dosage HP HRSG 2	12QCA42AA302XC01
Vanne de secours HRSG 1	15QCA52AA302XC01
Vanne de secours HRSG 2	15QCA52AA301XC01
Capteur pH HP Drum	11QU08CQ003JT01A
Capteur ph Steam HP	11QU10CQ001JT01A
Capteur Erreur	11QU08CQ003JH02A 11QU10CQ001JH02A
Fault pompe	11QCA42AP001XC02
Dosage ammoniac condensat	
Réservoir	15QCB46BB001 & 15QCB48BB001
Switch high level	15QCB43CL101 & 15QCB47CL101
Switch low level	15QCB43CL102 & 15QCB43CL102
Switch low low level	15QCB43CL103 & 15QCB43CL103
Moteur d'agitation 1	15QCB46AM001XC01
Moteur d'agitation 2	15QCB48AM001XC01
Pompe de transfert	15QCB40AP001XC01
Pompe de dosage condensat	11QCB53AP001XC01
Pompe de secours	15QCB52AP001XC01
Capteur pH LP 1 Drum	11QU02CQ003JT01A
Capteur ph LP 2 Drum	12QU02CQ001JT01A
Fault pompe	11QCB53AP001XC02
Capteur Erreur	11QU02CQ003JH02A 12QU02CQ001JH02A
Dosage Carbohydricide HRSG 1 & 2	
Réservoir	15QCA16BB001 & 15QCA18BB001
Switch high level	15QCA13CL101 & 15QCA17CL101
Switch low level	15QCA13CL102 & 15QCA17CL102
Switch low low level	15QCA13CL103 & 15QCA17CL103
Moteur d'agitation 1	15QCA16AM001XC01
Moteur d'agitation 2	15QCA18AM001XC01
Pompe de transfert	15QCA10AP001XC01



Pompe de dosage HRSG 1	11QCA12AP001XC01
Pompe de dosage HRSG 2	12QCA12AP001XC01
Pompe de secours	15QCA22AP001XC01
Vanne de dosage IP HRSG 1	11QCA12AA301XC01
Vanne de dosage HP HRSG1	11QCA12AA302XC01
Vanne de dosage IP HRSG 2	12QCA12AA301XC01
Vanne de dosage HP HRSG 2	12QCA12AA302XC01
Vanne de secours HRSG 1	15QCA22AA302XC01
Vanne de secours HRSG 2	15QCA22AA301XC01
Capteur O ₂ HP Drum	11QU02CQ003JT01A
Capteur Erreur	11QU02CQ003JH02A
Fault pompe	11QCA12AP001XC02
Dosage Carbohydracide condensat	
Réservoir	15QCB16BB001 & 15QCB18BB001
Switch high level	15QCB13CL101 & 15QCB17CL101
Switch low level	15QCB13CL102 & 15QCB13CL102
Switch low low level	15QCB13CL103 & 15QCB13CL103
Moteur d'agitation 1	15QCB16AM001XC01
Moteur d'agitation 2	15QCB18AM001XC01
Pompe de transfert	15QCB10AP001XC01
Pompe de dosage condensat	11QCB23AP001XC01
Pompe de secours	15QCB22AP001XC01
Capteur O ₂ HP Drum	11QU01CQ002JT01A
Capteur Erreur	11QU01CQ002JH02A
Fault pompe	11QCB22AP001XC02
Dosage phosphate HRSG 1 & 2	
Réservoir	15QCA66BB001 & 15QCA68BB001
Switch high level	15QCA63CL101 & 15QCA67CL101
Switch low level	15QCA63CL102 & 15QCA63CL102
Switch low low level	15QCA63CL103 & 15QCA63CL103
Moteur d'agitation 1	15QCA66AM001XC01
Moteur d'agitation 2	15QCA68AM001XC01
Pompe de transfert	15QCA60AP001XC01
Pompe de dosage HRSG 1	11QCA62AP001XC01
Pompe de dosage HRSG 2	12QCA62AP001XC01
Pompe de secours	15QCA72AP001XC01
Vanne de dosage IP HRSG 1	11QCA62AA301XC01
Vanne de dosage HP HRSG1	11QCA62AA302XC01
Vanne de dosage IP HRSG 2	12QCA62AA301XC01
Vanne de dosage HP HRSG 2	12QCA62AA302XC01
Vanne de secours HRSG 1	15QCA72AA302XC01
Vanne de secours HRSG 2	15QCA72AA301XC01
Vanne de rinçage	15QCA80AA301XC01
Capteur CC Drum HP	11QU05CQ002JT01
Capteur CS Drum HP	11QU08CQ001JT01
Capteur Erreur	11QU08CQ001JH02A 11QU08CQ002JH02A



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté Des Sciences et Techniques Fès
Département de Génie Electrique



Fault pompe	11QCA62AP001XC02
Commande et erreur DCS	
Remote	15QCA60GT001XC03
Fault panel	15QCA60GT001XC01

