

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Polytechnique



QHSE-GRI
Mémoire de master
pour l'obtention du diplôme de master en QHSE-GRI

Intitulé

Établissement d'un Plan de Maintenance pour les Chaudières à
Vapeur de l'Entreprise HAMOUD BOUALEM

Etudié par : GHERBI SABRINA
Proposé par : BELAID Mohamed Manager HSE (HB)
Encadré par : BENMOKHTAR AMIN Maître-Assistant (ENP)
 OUADJAOUT MOHAMED Maître-Assistant (ENP)

Présenté et soutenu publiquement le (22/06/2016)

Composition du jury :

Présidente	Mme D.HARIK	Professeur	ENP
Examinateur	Mr F.LEGUEBEDJ	Maître-Assistant	ENP
Examinateur	Mr B.TOUAHER	Maître-Assistant	ENP
Encadreur	Mr A.BENMOKHTAR	Maître-Assistant	ENP
Encadreur	Mr M.OUADJAOUT	Maître-Assistant	ENP

Promotion Juin 2016

DÉDICACE

À mes chers parents

À mes deux frères Anis et Assil

À mes grands parents

À mon fiancé

Et à tous ceux que je garde dans mon cœur

Sabrina

REMERCIEMENTS

Le présent rapport n'aurait pas pu voir le jour sans la contribution de nombreuses personnes à qui j'aimerais adresser mes vifs remerciements :

En premier lieu, je tiens à remercier très vivement mes encadreurs, Monsieur A. BENMOKHTAR, Maître- Assistant à l'Ecole Nationale Polytechnique, et Monsieur M. OUADJAOUT Enseignant Chercheur à l'ENP, Chef de Département et Directeur du Cycle Préparatoire-ENP, pour leur disponibilité constante, leur suivi et leurs conseils si utiles, qui ont contribué à l'exceptionnel encadrement dont j'ai eu l'occasion de bénéficier. Leur patience, leur réactivité m'ont permis de mener à terme ce travail

Je tiens aussi à adresser mes remerciement à Monsieur M.BELAID, Manager HSE à Hamoud Boualem, pour avoir partagé son temps et son expertise, et pour m'avoir accompagné tout au long du déroulement de mon projet.

À Madame M.KEMMOUCHE, Responsable de Formation, au sein de l'Entreprise Hamoud Boualem, pour m'avoir donné la chance d'effectuer mon projet au sein de cette entreprise, et m'avoir fourni toutes les informations nécessaires.

À Madame D.HARIK, Professeur à l'ENP, qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

À Messieurs F.LEGUEBEDJ et B.TOUAHER, Enseignants à l'ENP en tant qu'examinateurs pour l'effort fourni en jugeant mon travail.

Je tiens aussi à remercier à Madame S.ZEBOUDJ, Responsable de la filière QHSE-GRI, Professeur au sein de l'ENP, ainsi que toute l'équipe pédagogique qui m'a accompagnée tout le long de ma formation.

Enfin, mes remerciements vont à tous ceux et à toute celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تطوير برنامج صيانة وقائية للمراجل البخارية لمؤسسة حمود بوعلام ، وذلك لضمان موثوقية و صيانة هذين الجهازين .

ان التحليل الوظيفي والنتائج التي تم الحصول عليها من خلال تطبيق طريقة AMDEC سمح لنا بالتعرف على مكونات المرجل البخاري واحتياجاتهم من حيث الصيانة الوقائية . و هذا مكننا أيضا من وضع سياسة الصيانة. مما قادنا إلى تحديد كافة العمليات التي يجب تأديتها للحفاظ على كل مكون من مكونات المراجل البخارية. وفي الأخير ، قمنا بوضع بطاقات العمل المنهجي .

الكلمات المفتاحية : الموثوقية ، الصيانة ، الصيانة الوقائية ، بطاقات العمل المنهجي .

Abstract

The aim of this work is to develop a preventative maintenance program for the two steam boilers of Hamoud Boualem Enterprise, to ensure the reliability and maintainability of these two devices.

A functional decomposition and the results obtained during the course of our analysis of Their Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMEA) allowed us to identify components and their needs in terms of preventive maintenance. This has also enabled us to develop a maintenance policy. This bring us to determine all the operations and the spots to perform to maintain each component of the steam boiler.

Finally, systematic visit cards have been developed.

Key words : Reliability , Maintainability , Preventive maintenance, systematic visit cards.

Résumé

Le but de ce travail est d'élaborer un programme de maintenance préventive pour les deux chaudières à vapeur de l'Entreprise Hamoud Boualem, afin d'assurer la fiabilité et la maintenabilité de ces deux équipements.

Une décomposition fonctionnelle et les résultats obtenus lors du déroulement de notre Analyse des Modes de Défaillance de Leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) nous ont permis d'identifier les composants, ainsi que leurs besoins en terme de maintenance préventive. Ceci nous a aussi permis d'élaborer une politique de maintenance. Celle-ci nous a amener à déterminer toutes les opérations ainsi que les tâches à effectuer pour entretenir chaque composants de la chaudière à vapeur.

Enfin, des fiches de visite systématique ont été élaborées.

Mots clé : Fiabilité, Maintenabilité, Maintenance préventive, fiche de visite systématique.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des sigles et abréviations

INTRODUCTION	10
1 Concepts Liés à la maintenance	11
1.1 Notions de la maintenance	11
1.1.1 Fiabilité (<i>Reliability</i>)	11
1.1.1.1 Disponibilité (<i>Availability</i>)	11
1.1.1.2 Maintenabilité (<i>Maintenability</i>)	11
1.1.1.3 Sécurité (<i>Safety</i>)	11
1.1.1.4 Sécurité Fonctionnelle	11
1.1.1.5 Fonction de sécurité	12
1.1.1.6 Intégrité de sécurité	12
1.1.1.7 Prévention des risques majeurs	12
1.1.1.8 Action curative	12
1.2 La maintenance industrielle	12
1.2.1 Types de maintenance	13
1.2.1.1 La maintenance corrective	13
1.2.1.2 La maintenance préventive	14
1.2.1.3 La maintenance améliorative	15
1.2.2 Différents niveaux de maintenance	15
1.3 Fiabilité et maintenance préventive	16
1.3.1 Les outils de maintenance préventive	16
1.3.1.1 Fiche de visite	16
1.3.1.2 Le planning des interventions	16
1.3.1.3 L'ordre de travail	16
1.3.2 Les plans de maintenance préventive	17
1.3.2.1 Les travaux de maintenance préventive systématique	17
1.3.2.2 Plan de maintenance préventive systématique	17
1.3.2.3 Processus de préparation du plan de maintenance préventive systématique	17
1.3.2.4 Établissement des fiches de visite (ou de tournée)	19

2 Proposition de plan de maintenance pour les deux chaudières à vapeur de l'Entreprise HB	20
2.1 Système : chaudières à vapeur	20
2.2 Décomposition fonctionnelle du système	21
2.3 Schéma de fonctionnement des chaudières à vapeur	21
2.4 Interprétation des résultats de l'AMEDC	24
2.5 Proposition d'une politique de maintenance pour la chaudière à vapeur	24
2.5.1 La codification des équipements	24
2.5.2 Spécification de maintenance de la chaudière	24
2.5.3 Entretien des composants	24
2.5.4 Le lancement et la réalisation les opérations préventives systématiques	26
2.5.5 Proposition de fiches de maintenance préventive systématique pour la chaudière à vapeur	26
Conclusion	33
Bibliographie	34

Liste des tableaux

2.1	Éléments constitutifs de la chaudière à vapeur	22
2.2	Décomposition fonctionnelle de la chaudière à vapeur	23

Table des figures

1.1	Types de maintenance	13
1.2	Processus de préparation du plan de maintenance préventive systématique . . .	18
2.1	Chaudière à vapeur de [Source exclusive]	20
2.2	Décomposition fonctionnelle de la chaudière	21
2.3	Schéma technique de la chaudière à vapeur	21

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AFNOR	Association Française de NORmalisation
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets et Criticité
BARPI	Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
BTS	Barrière Technique de Sécurité
E	Électronique
EP	Électronique Programmable
HB	HAMOUD Boualem
HMI	<i>Human machine interface</i>
R	<i>Reability</i>
RM	Ronde en Marche
RS	Remplacements Systématiques
VS	Visites Systématiques

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, la plupart des entreprises, et notamment les industries agroalimentaires, ayant une activité de production sont fortement soumises à la concurrence du marché. Dans un tel contexte, rester toujours performant, passe obligatoirement par le maintien en état de fonctionnement de l'outil de production. De par son action directe sur les équipements de production, la maintenance est devenue un levier de performance incontournable qui conditionne les résultats d'une organisation. Même si les coûts des actions de maintenance ne sont pas négligeables, ceux liés aux arrêts de production ont un impact encore plus fort sur la production, les produits ou services proposés par l'entreprise et clone sur les clients.

La mise en place d'un plan de maintenance préventive permet d'optimiser les opérations de maintenance et surtout de les effectuer au bon moment, l'objectif final étant d'assurer la qualité du produit et d'améliorer le taux de disponibilité des équipements pour augmenter la productivité. Ainsi, lors du choix de la méthode de maintenance, il faut arbitrer entre les performances que l'on souhaite obtenir du système de production et les coûts que l'on est prêt à assumer pour le maintenir.

Les deux chaudières à vapeur sont des équipement très importants. En effet, la vapeur produite par les deux chaudières est principalement utilisée dans la laveuse des bouteilles, et pour la pasteurisation des aliments. Étant des étapes indispensables au procédé industriel, l'arrêt de ces dernières entrainerait l'arrêt complet de la production.

Pour cela, nous avons proposé un plan de maintenance des deux chaudières à vapeur. Celui-ci s'avère d'autant plus pertinent pour le maintien de ces deux équipements fiables, et pour la prévention des éventuelles pannes capables de survenir.

Dans le déroulement de notre travail, nous nous sommes appuyés sur les recommandations de l'Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et Criticité (AMDEC) rélaissée dans notre projet de fin d'étude[1]. Ceci nous a permis d'élaborer les fiches de maintenance pour chaque sous-système voir composant des chaudières à vapeur.

Chapitre 1

Concepts Liés à la maintenance

Ce chapitre a pour but d'éclaircir les notions de base liées à la maintenance, ainsi que la maintenance industrielle avec ces différents types, à savoir, la maintenance corrective, la maintenance préventive et la maintenance améliorative. Nous expliquerons par la suite la relations entre la Fiabilité et la maintenance préventive dans laquelle nous parlerons des outils de maintenance préventive et des plans de maintenance préventive.

1.1 Notions de la maintenance

1.1.1 Fiabilité (*Reliability*)

Aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans les conditions données, pendant un intervalle de temps donné [2].

1.1.1.1 Disponibilité (*Availability*)

aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée [2].

1.1.1.2 Maintenabilité (*Maintenability*)

Dans les conditions données d'utilisation, aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits [3].

1.1.1.3 Sécurité (*Safety*)

souvent définie par son contraire : elle serait l'absence de danger, de risque, d'accident ou de sinistre [4].

1.1.1.4 Sécurité Fonctionnelle

"Sous-ensemble de la sécurité globale, relatif aux équipements et aux systèmes de contrôle-commande associés, qui dépend du fonctionnement correct de systèmes électriques, électroniques, programmables électroniques (E/E/PE) concernés par la sécurité". Ex : systèmes d'auto déclenchement, système de signalisation d'un réseau électrique interconnecté [5].

1.1.1.5 Fonction de sécurité

Fonction devant être implémentée dans un système électriques, électroniques, programmables électroniques (E/E/PE) concerné par la sécurité dont le but est d'atteindre ou de maintenir un état sûr les équipements contrôlés, dans le cadre d'un évènement dangereux particulier [5].

1.1.1.6 Intégrité de sécurité

Probabilité qu'un système concerné par la sécurité exécute de manière satisfaisante les fonctions de sécurité requises dans toutes les conditions spécifiées et dans une période de temps donnée [5].

1.1.1.7 Prévention des risques majeurs

La définition et la mise en œuvre de procédures et de règles visant à limiter la vulnérabilité des Hommes et des biens aux aléas naturels et technologiques (JORADP n° 04-20) [6].

1.1.1.8 Action curative

Une action curative est définie dans les référentiels ISO 9001 comme étant toute action visant à éliminer un défaut.

Il s'agit donc des réparations, des retouches, voire même les mises au rebut [7].

1.2 La maintenance industrielle

Le but de la maintenance industrielle est de maintenir un équipement en état pour qu'il puisse effectuer la fonction pour laquelle il est destiné. Il est nécessaire d'avoir une vision globale de ce qu'apporte la maintenance, se limiter aux coûts directs de la maintenance n'est pas correct. Une bonne maintenance coûte de l'argent, mais c'est souvent un investissement nécessaire qui doit se traduire par un gain en production supérieur au surcoût de la maintenance [7].

De cette manière, lors de l'achat ou de la conception d'un nouvel équipement, il est fortement recommandé de prendre en compte l'avis de la maintenance dans la mesure où celle-ci peut apporter des remarques judicieuses qui augmenteraient la maintenabilité de l'équipement et permettraient de réduire les coûts de maintenance si ces recommandations étaient appliquées.

Selon l'AFNOR, en 1994, la maintenance est :

« l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».

Elle a été remplacée en 2001 par une définition européenne :

« Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ».

1.2.1 Types de maintenance

Il existe trois types de maintenance : la maintenance corrective, la maintenance préventive et la maintenance améliorative. La terminologie peut varier d'une entreprise à l'autre [2].

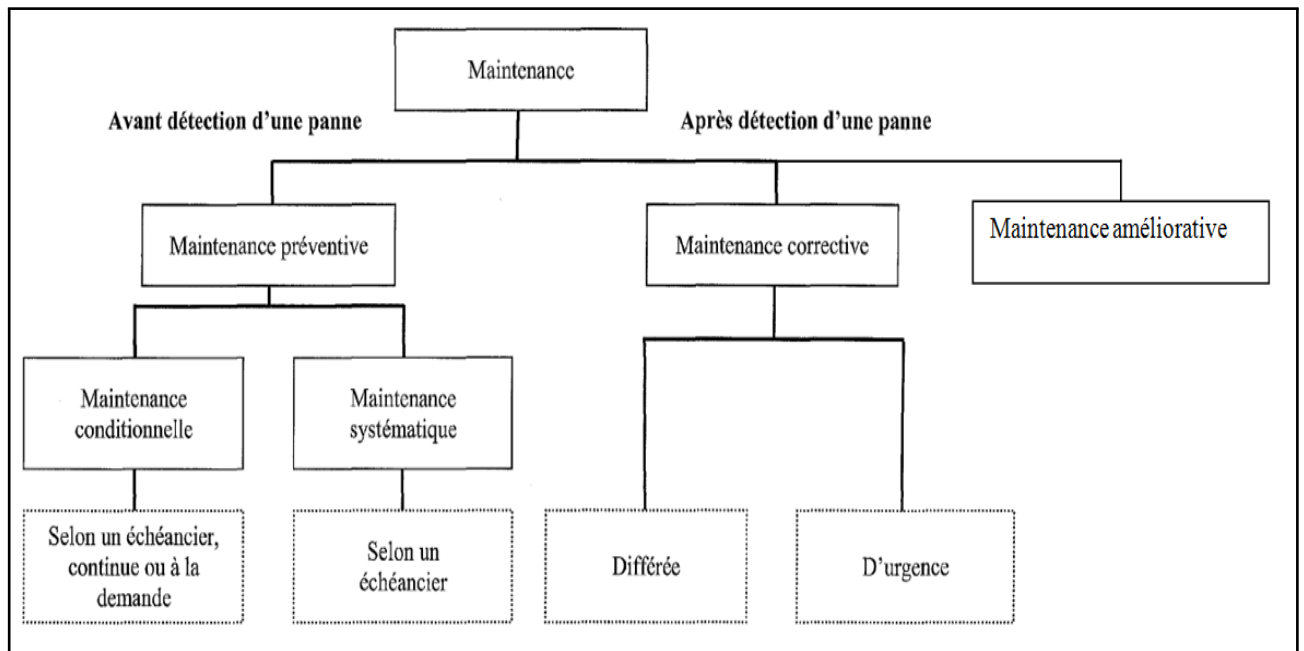


FIGURE 1.1 – Types de maintenance

1.2.1.1 La maintenance corrective

La maintenance corrective est l'ensemble des tâches effectuées suite à un dysfonctionnement d'un équipement, c'est l'équipement qui "dirige" la maintenance. Ces dysfonctionnements induisent une perte mineure ou majeure de sécurité, de respect de l'environnement ou de production (arrêt ou ralentissement de l'installation, perte de matière première, mobilisation de plus de personnel)[2].

Il faut généralement remettre en état l'installation le plus rapidement possible, parfois de manière improvisée, nous distinguerons donc deux types de maintenance corrective : le correctif urgent et le correctif planifié [2].

- **Le correctif urgent** : C'est la tâche de remise en état effectuée d'urgence. Si c'est davantage du dépannage provisoire que de la réelle remise en état, on dira donc que c'est du correctif palliatif. Si la remise en état est faite dans les règles de l'art, on dira que c'est du correctif curatif. Dans certains cas, on ne créera même pas d'ordre de travail avant l'intervention. Le technicien de maintenance établira juste un rapport d'intervention après la tâche. Toute action palliative doit être suivie par une action curative.

- **Le correctif planifié** : C'est la remise à l'état initial de l'équipement, ceci de manière durable et préparé plus méticuleusement.

Lorsqu'on ne maîtrise pas sa maintenance, on se tourne irrémédiablement vers le correctif. Cependant, ce type de maintenance risque de provoquer des arrêts impromptus et des coûts d'arrêt de production élevés. Il y a aussi un risque que le composant qui cède entraîne une série de dégâts sur l'équipement, d'où un coût supplémentaire, voire même un risque de sécurité pour

l'utilisateur ou l'environnement.

Mais si la criticité de l'équipement est faible et que la défaillance n'engendre pas un impact important (sécurité, production, environnement), alors le choix de s'orienter vers du correctif est faisable[2].

1.2.1.2 La maintenance préventive

La maintenance préventive reprend toutes les actions menées afin d'anticiper et d'éviter tout dysfonctionnement sur l'équipement[2].

Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons l'ensemble des contrôles, visites et interventions de maintenance effectuées préventivement.

La maintenance préventive s'oppose en cela à la maintenance corrective déclenchée par des perturbations ou par les évènements, et donc subie par la maintenance.

La maintenance préventive peut inclure les actions suivantes [2] :

- ✓ les contrôles ou visites systématiques ;
- ✓ les expertises, les actions et les remplacements effectués à la suite de contrôles ou de visites ;
- ✓ les remplacements systématiques ;
- ✓ la maintenance conditionnelle ou les contrôles non destructifs.

- Différents types de maintenance préventive

• Maintenances préventives systématiques

- **Visites systématiques (VS)** : Les visites systématiques sont des opérations qui peuvent commencer par un démontage afin de faire un examen visuel de certaines parties d'un process. Des expertises telles que des inspections boroscopiques, par caméras thermiques...etc. le compte rendu d'expertises peut être sans aspect particulier, au cas contraire, on serait dans l'obligation de programmer une intervention à temps avant l'apparition de panne [2].

- **Remplacements systématiques (RS)** : Selon un échéancier standard, on remplace systématiquement un composant ou un organe. Ce remplacement ne peut être conditionné par une visite dans les cas suivants :

- ✓ lorsque des raisons de sécurité s'imposent ;
- ✓ lorsque la durée de vie est connue avec exactitude par l'expérience ;
- ✓ lorsque le coût de l'arrêt de production est disproportionné par rapport au coût de remplacement [1].

- **Rondes ou visites en marche (RM)** : cet exercice interpelle les sens de l'homme. On peut suivre les effets d'éventuelles dégradations ou usures pour éviter le démontage indésirable. Les paramètres de fonctionnement normaux sont prescrits dans les consignes d'exploitation. Les efforts conjugués d'exploitants et maintenanciers s'imposent dans ce genre d'exercices [2].

- **Maintenance préventive conditionnelle**

La maintenance préventive conditionnelle est subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (autodiagnostic, mesure, information de capteur...). On prévient généralement des phénomènes pouvant mener à des défaillances ou dégradation par plusieurs stades de signalisation [2].

- **La télémaintenance**

Les systèmes de supervision tels que les HMI (*human machine interface*) et les tableaux synoptiques permettent à la fois la conduite de process et la détection d'aléas de fonctionnement [2].

1.2.1.3 La maintenance améliorative

L'amélioratif reprend toutes les actions de maintenance qui visent à modifier et à adapter l'équipement. Ceci afin d'améliorer la productivité, la qualité, la sécurité, la fiabilité, la maintenabilité, la mise en conformité, la durabilité, ... de cet équipement [2].

Cette maintenance ne reprend pas les actions effectuées par le service de maintenance dans le cadre de l'installation d'un équipement neuf (montage, mise en route, réglages, ...). Il en va de même pour tout ce qui est réglage pour un changement de produit, on ne peut pas dire qu'adapter un équipement à un des produits qu'il peut fabriquer apporte une amélioration quelconque, c'est simplement une fonction de l'équipement qui demande de la main d'œuvre plus qualifiée, on se tourne alors généralement vers le service de maintenance [2].

1.2.2 Différents niveaux de maintenance

Il existe cinq niveaux de maintenance, à savoir :

- **1er niveau de maintenance** : Qui se limite à des relevés de paramètres de fonctionnement du process, des contrôles auditifs et visuels. En bref, on parle ici de manœuvres intégrées à la conduite des machines [3].
- **2ème niveau de maintenance** : Il s'agit d'opérations de maintenance préventive effectuées sur les équipements. Exemple : remplacement de consommables, prises d'échantillons d'huile pour analyse. Le risque de défaillance est toujours négligeable mais peut prendre de l'ampleur au cas où l'action est trop reportée [3].
- **3ème niveau de maintenance** : Il est sujet d'actions de maintenance préventive, curative, de réglage et de réparation et qui peuvent nécessiter un diagnostic de panne. Ex : réglage de vannes thermostatiques de réfrigérant d'huile de lubrification ligne d'arbre turbo-alternateur, inspections boroscopiques, remplacement d'un disjoncteur, contrôle d'isolement. La défaillance dans ce cas est majeure et peut devenir catastrophique en cas de report de l'intervention [3].
- **4ème niveau de maintenance** : Inclus toute intervention à l'exception de la reconstitution de l'équipement. Exemple : révision moteur à combustion interne, changement de pôles d'un disjoncteur Haute Tension(HT). La défaillance est critique et ne peut devenir catastrophique puisque l'équipement est retiré de l'exploitation pour maintenance [3].

- **5ème niveau de maintenance** : C'est le cas de grandes révisions voire réhabilitations. C'est des opérations spécifiques au constructeur, elles peuvent intervenir suites à des défaillances critiques ou catastrophiques [3].

1.3 Fiabilité et maintenance préventive

En terme statistique, la fiabilité est une fonction de temps $R(t)$, qui représente la probabilité de bon fonctionnement du matériel donc en absence de toutes formes de défaillance. On distingue deux aspects de la fiabilité [2] :

- **La fiabilité intrinsèque** : qui dépend de la qualité du matériel lui-même.
- **La fiabilité extrinsèque** : qui est relative aux actions humaines d'exploitation et de maintenance.

1.3.1 Les outils de maintenance préventive

Les outils de la maintenance préventive systématique sont nombreux pour tenir compte de la nature de l'intervention et du degré d'analyse qui la définit. Ces outils sont établis à partir des informations des documents de suivi des matériels : dossier machine, historiques des pannes, guides d'entretien [2].

1.3.1.1 Fiche de visite

C'est le document le plus important dans la maintenance préventive systématique. Il doit toujours comporter, avec plus ou moins de détails, les familles d'information relatives à [2] :

- l'identification du matériel ;
- l'identification de l'intervention ;
- la description du mode opératoire ;
- les résultats de visite.

1.3.1.2 Le planning des interventions

Le planning d'intervention récapitule l'ensemble des visites relatives à un même matériel ou une famille de matériels, ou à l'ensemble des matériels d'un même secteur de production.

La connaissance préalable de la nature des visites, de leur périodicité, de leur durée, est indispensable pour une recherche optimale de leur programmation afin de :

- réduire les durées d'indisponibilité des matériels ;
- équilibrer dans une même période (semaine, mois, ...) la charge des activités de maintenance, ce qui permet une meilleure gestion du personnel concerné.

1.3.1.3 L'ordre de travail

C'est le document qui déclenche l'intervention de maintenance. Il précise à un intervenant ou à une équipe d'intervenants la nature des travaux. Il accompagne d'autres documents de service méthodes qui apporte l'ensemble des informations techniques [2].

1.3.2 Les plans de maintenance préventive

1.3.2.1 Les travaux de maintenance préventive systématique

Ce sont des opérations dont les modalités d'exécution sont fixées à l'avance et qui sont exécutées à des moments prévus à l'avance [1] :

- à périodicité calendaire prévue ;
- à nombre prédéterminé d'heures de fonctionnement ;
- à nombre fixe de kilomètres ;
- à nombre évalué de manœuvres ou de pièces fabriquées.

L'établissement d'un plan de maintenance préventive systématique permet une programmation facile des travaux (essentiellement lorsqu'il s'agit de périodicité calendaire).

Les actions préventives systématiques comprennent :

- le nettoyage ;
- la lubrification ;
- les inspections ou activités de surveillance du fonctionnement des équipements ;
- les contrôles ou vérifications de la conformité à des données préétablies ;
- les visites ou opérations de maintenance préventive consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) d'un équipement et pouvant impliquer des réglages ou des échanges d'éléments consommables ;
- les remplacements de pièces ou échange standard ;

Généralement les travaux de maintenance systématique combineront ces différents types d'action. Ces derniers peuvent être désigné sous le vocable « VISITE ». L'observation à travers ces divers travaux de l'état de l'équipement déclenchera le moment opportun d'une révision partielle ou générale.

1.3.2.2 Plan de maintenance préventive systématique

La mise en œuvre d'un plan de maintenance préventive systématique comporte les étapes suivantes passées successivement en revue :

✓ **PREPARER**

- connaître les équipements ;
- analyser les actions préventives systématiques ;
- établir les fiches de visite ;
- élaborer le programme de maintenance préventive .

✓ **EXECUTER**

- lancer l'opération préventive ;
- réaliser l'intervention préventive.

1.3.2.3 Processus de préparation du plan de maintenance préventive systématique

Le processus de préparation du plan de maintenance préventive systématique se présente ainsi [1] :

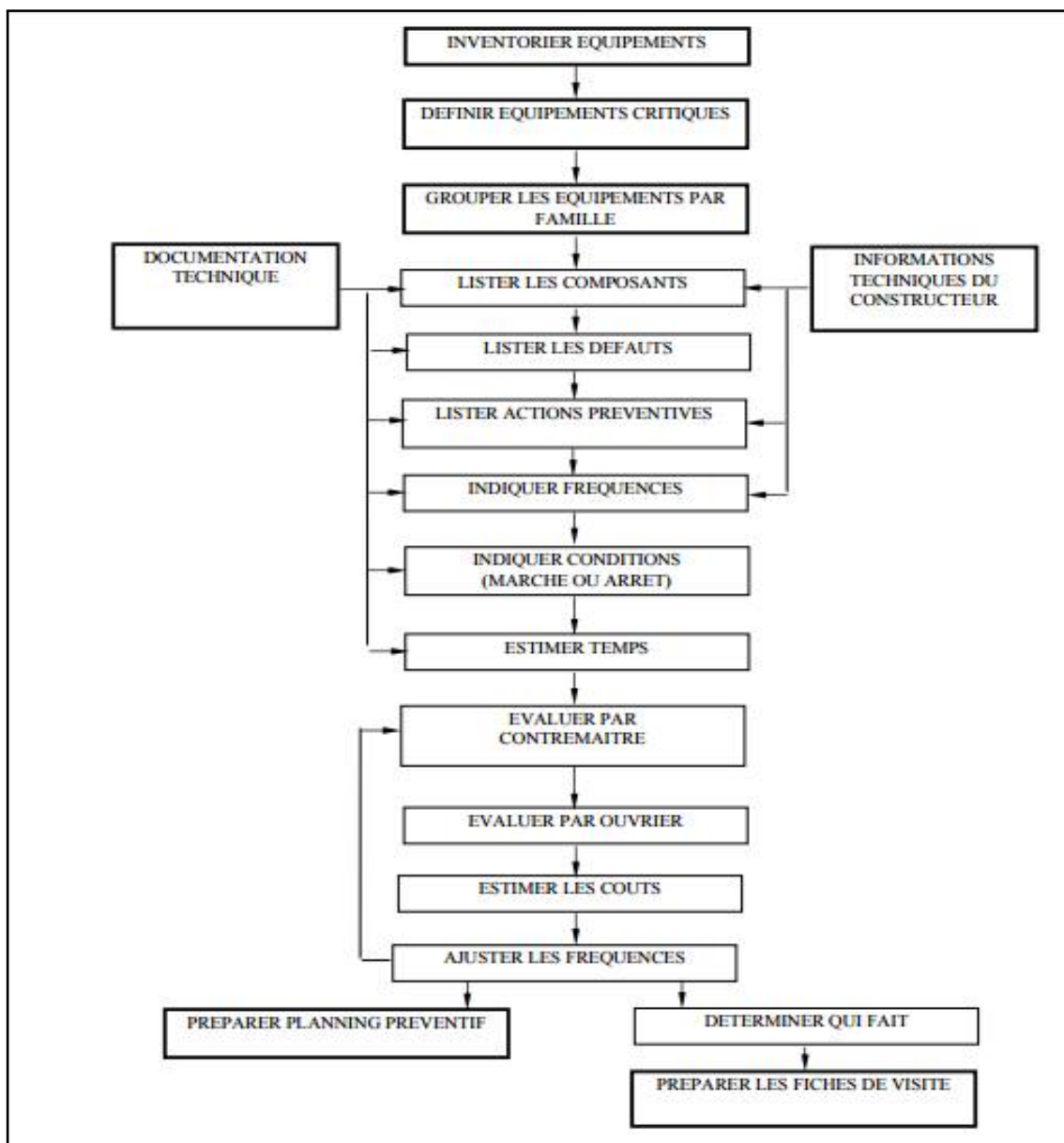


FIGURE 1.2 – Processus de préparation du plan de maintenance préventive systématique

Analyser les actions préventives à mener systématiquement Pour effectuer cette analyse, le technicien a recours à une fiche d'analyse.

Il décompose l'équipement en organes ou composants, qu'il examine successivement tant au point de vue des origines des pannes susceptibles de se produire (ou s'étant produites) que des symptômes annonciateurs. Cet examen se fait au vu de la documentation technique. Il se rend ensuite sur place successivement auprès de chaque machine (de la famille analysée) pour noter :

- la liste des opérations à faire ;
- les points à surveiller ;
- les questions auxquelles le visiteur doit répondre ;
- la fréquence envisagée.

Pour ne rien oublier, il prend les organes ou composants un à un et peut utiliser une liste d'opérations clés identiques à celle présentée dans les pages suivantes. Il relève en même temps les outillages ou pièces nécessaires.

Il complète alors la fiche d'analyse en indiquant :

- les conditions d'exécution de l'opération (en marche ou à l'arrêt) ;
- le corps de métier impliqué ;
- le temps moyen d'opération par organe ou composant avec l'indication de variabilité (V) selon la machine ou l'équipement concerné.

Une fois ces deux documents établis, ils sont présentés successivement aux contremaîtres et ouvriers concernés pour l'évaluation et l'accord. A cette occasion, et en fonction des coûts engendrés, les fréquences sont ajustées .

1.3.2.4 Établissement des fiches de visite (ou de tournée)

Nous distinguerons deux types de visite :

- Les visites courtes et fréquentes sans outillage particulier seront généralement intégrées dans des tournées de visite. Une fiche de tournée sera établie, éventuellement intégrée dans un guide. Le temps de déplacement prime sur celui d'exécution, (recherche d'optimisation du parcours du visiteur).

- Les visites longues et espacées feront l'objet d'une fiche par point d'intervention et par périodicité. Le visiteur aura l'initiative du parcours en fonction de la nature des visites à faire, (recherche d'optimisation de la fréquence des visites).

La fiche de visite, canevas guide ou check-list des opérations à faire se justifie pour plusieurs raisons :

- ✓ elle permet de guider le visiteur dans les opérations qu'il a à exécuter et d'éviter les oublis ;
- ✓ elle assure une certaine homogénéité d'une visite à l'autre, d'un visiteur à l'autre ;
- ✓ elle facilite le rapprochement des actions préventives aux dysfonctionnements relevés sur la fiche historique ;
- ✓ elle constitue la mémoire écrite du plan d'actions préventives ; l'absence d'un visiteur ne perturbera pas le fonctionnement du service ;
- ✓ elle rend plus aisée la transmission des instructions au visiteur ;
- ✓ elle constitue le document support au rapport de visite où seront consignés tous les résultats.

Une fiche de visite est établie par périodicité et par corps de métier . Pour cela, on dressera la liste des organes concernés par la visite et pour chacun d'eux on indiquera les opérations à réaliser :

- Les consignes de sécurité et les outillages à emporter sont mentionnés en tête de la fiche.
- La colonne observations servira tant à la préparation pour indiquer toute information utile ou les caractéristiques des pièces, consommables et ingrédients à utiliser, qu'au visiteur pour formuler les remarques complémentaires à son rapport.

- Le contenu de cette fiche ne sera pas immuable comme nous le verrons par ailleurs.
Chaque fois que cela sera utile (essentiellement pour les matériels complexes), on établira un schéma où les points à visiter seront repérés en accord avec la numérotation des opérations sur fiche. Ce schéma, établi généralement à partir de la notice constructeur, accompagnera la fiche de visite.

Chapitre 2

Proposition de plan de maintenance pour les deux chaudières à vapeur de l'Entreprise HB

2.1 Système : chaudières à vapeur

L'Entreprise HB dispose de deux chaudières à vapeur. La chaudière fournit la vapeur nécessaire à l'activité de l'usine. Les chaudières à vapeur sont un élément sensible du site. En effet, les chaudières à vapeur sont des équipements indispensables pour l'activité de l'Entreprise.

- Présentation de l'équipement

- ✓ Volume des deux chaudières : $2 \times 10 \text{ m}^3$;
- ✓ Vapeur générée : 3T/h de vapeur.

La chaudière SKG est un générateur de type horizontal à trois parcours :

- ✓ Premier parcours : Tube foyer ;
- ✓ Deuxième et troisième parcours : Tube fumée.



FIGURE 2.1 – Chaudière à vapeur de [Source exclusive]

- Le corps de la chaudière est du type horizontal à foyer intérieur et tubes de fumée. À l'arrière, le départ de fumées se trouve dans la position horizontale.

À l'avant, une boîte à fumée équipée d'une partie amovible permet un accès aisé pour une inspection côté gaz. Le corps de la chaudière est calorifugé au moyen de laine de roche d'épaisseur 100mm, et de densité élevée.

L'ensemble corps de chaudière-boîtes à fumée repose sur un châssis qui reçoit le ou les groupes électropompes d'alimentation.

2.2 Décomposition fonctionnelle du système

La chaudière à vapeur peut-être décomposée, à un premier niveau, en 7 grands sous- systèmes (Figure 2.2).

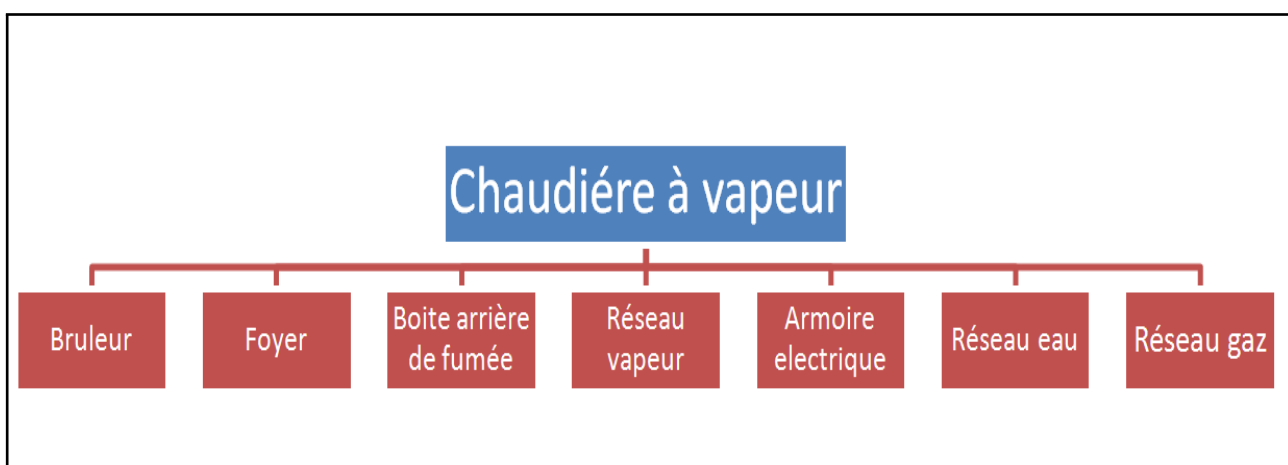


FIGURE 2.2 – Décomposition fonctionnelle de la chaudière

2.3 Schéma de fonctionnement des chaudières à vapeur

Le schéma de fonctionnement de la chaudière à vapeur se présente ainsi (Figure 2.3) :

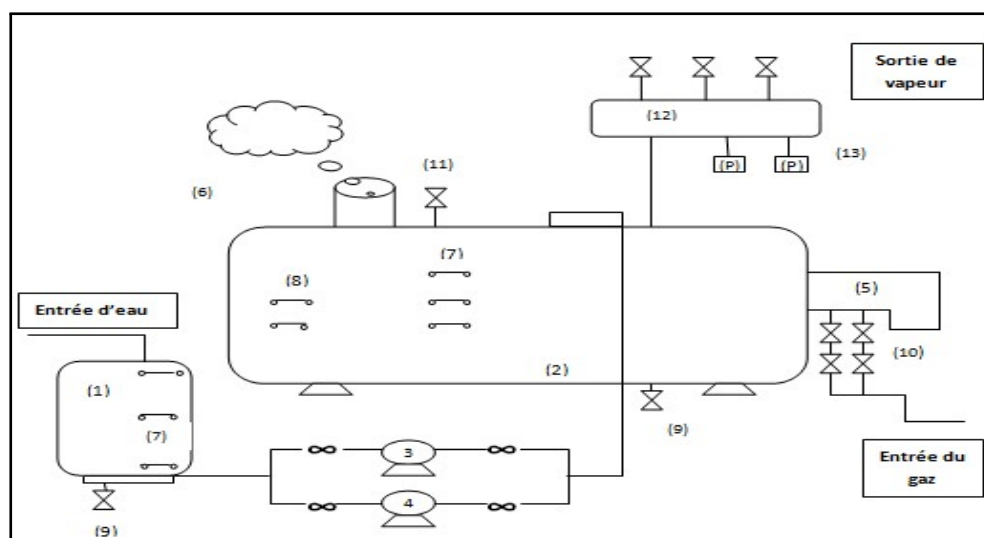


FIGURE 2.3 – Schéma technique de la chaudière à vapeur

Tableau 2.1 – Éléments constitutifs de la chaudière à vapeur

N°	Nom de l'élément	7	Sonde de niveau
1	Réservoir d'eau	8	Sonde de niveau sécurité
2	Chaudière	9	Vidange
3	Vanne et pompe	10	Soupape GAZ
4	Vanne et pompes(secours)	11	Soupape sécurité
5	Bruleur	12	Distributeur
6	Échappement	13	Pressostat

Nous avons identifié en suite, les flux d'entrées et de sorties de chaque sous –système, ainsi que les équipements qu'ils comportent. Le tableau 2.2 résume la décomposition du système chaudière en sous-systèmes

Tableau 2.2 – Décomposition fonctionnelle de la chaudière à vapeur

Systèmes				Sous-systèmes				
S-N°	Noms	Entrées	Sorties	Ss-N°	Noms	Entrées	Sorties	Équipements
1	Chaudière à vapeur	-Eau chaude 60°C -Gaz naturel - Air	-vapeur saturée -Vapeur condensée	1	Bruleur	-Gaz naturel -Air	-Flamme	-Electrovanne gaz -Electrovanne air - Tete de combustion - Ventilateur - Filtre - Pompe - Moteur - Transformateur - Pressostats - Régulateur de pression - Capteur - Électrodes
				2	Foyer	-Flamme -Eau chaude 60°C	-Vapeur saturée -Vapeur condensée	-Tube foyer -Tube fumée
				3	Boite arrièrè de fumée	-Fumée	-Fumée	-Cheminée
				4	Réseau vapeur	-Vapeur saturée	-Vapeur saturée	-Vannes - Clapet - Soupapes de surtété - Pressostats
				5	Armoire électrique	-Tension électrique	commandes de fonctionnement de la chaudière	-Réseau électrique -Table de commande
				6	Réseau eau	-Eau adoucie et préchauffée à 60°C	-Vapeur condensée	-Vannes -Sondes à niveau -Thermomètres -Pompes -Canalisation
				7	Réseau gaz	-Gaz	-Gaz	-Vannes -Pressostats gaz -Canalisation

2.4 Interprétation des résultats de l'AMEDC

L'AMDEC réalisée dans notre projet de fin d'étude nous a amenée à la proposition d'un programme de maintenance, et de contrôle pour l'ensemble des composants des chaudières à vapeur afin de prévenir des défaillances peuvent survenir.

Une politique de maintenance a été proposée et validée par l'équipe de l'usine et l'encadrement pédagogique, ainsi que des fiches de maintenance et d'analyse préventive.

2.5 Proposition d'une politique de maintenance pour la chaudière à vapeur

L'Entreprise HB ne dispose pas d'une équipe de maintenance qualifiée, cependant, la première chose que nous proposons à ce niveau est la création d'un service de maintenance proprement dit et bien organisée, avec un personnel qualifié et bien formé.

2.5.1 La codification des équipements

La codification de l'ensemble des composants de la chaudière est un moyen qui permet le bon repérage du matériel. En vue d'une standardisation de la nomenclature de tous les composants, nous proposons d'adopter une codification pour les deux chaudières à vapeur de l'usine.

2.5.2 Spécification de maintenance de la chaudière

L'application d'une maintenance préventive permet de mieux exploiter la chaudière à vapeur, en réduisant l'effet des pannes voir même supprimer l'occurrence de certaines d'entre elles. Cependant ce choix peut coûter cher pour l'entreprise. Ainsi, nous proposons une maintenance préventive pour les composants de l'équipement en question, qui sont :

- le bruleur ;
- le foyer ;
- la boîte arrière de fumée ;
- l'armoire électrique ;
- la canalisation ;
- les pompes ;
- les vannes ;
- les dispositifs de sécurité.

2.5.3 Entretien des composants

L'entretien d'une chaudière proprement dit passe par l'entretien de ses composants précédemment cités.

- Entretien du bruleur

- ✓ Démontez et nettoyez complètement le brûleur.
- ✓ Vérifier le bon placement des électrodes.
- ✓ Vérifier et régler les organes de régulation : pressostat air, pressostat gaz, capteurs et régulateur de débit de gaz.
- ✓ Dépoussiérer les électrodes d'allumage et les vérifier périodiquement.

- ✓ Vérifier le bon fonctionnement des pompes.
- ✓ Nettoyer ou changer le filtre à air périodiquement.
- ✓ Démarrer le moteur de combustion et laisser tourner pendant une bonne période pour le Vérifier.
- ✓ Changer l'huile du moteur de combustion.
- ✓ Bien nettoyer la buse d'air, les ailettes de refroidissement les culasses et le refroidisseur du moteur.
- ✓ Vérifier la courroie du ventilateur et ses ailettes.

- Entretien du tube foyer

- ✓ Nettoyer le corps de chauffe ; un nettoyage manuel est toujours nécessaire même après un pré-nettoyage chimique .
- ✓ Vérifier et remplacer, si besoin, les joints des raccords mécaniques.
- ✓ Nettoyer le siphon d'évacuation des condensats et l'échangeur avec de l'eau.
- ✓ Vider la chaudière et l'inspecter .
- ✓ Traiter la corrosion du corps de la chaudière.

- Entretien de la boîte arrière de fumée

- ✓ Nettoyer la cheminé pour se débarrasser des impuretés.
- ✓ Traiter la corrosion du corps de la cheminée

- Entretien de l'armoire électrique

- ✓ Vérifier la continuité du circuit de mise à la terre de la chaudières par un examen visuel. En cas de doute, lorsque l'examen visuel n'est pas réalisable, un essai de continuité doit être effectué.
- ✓ Dépoussiérer du haut en bas l'armoire.
- ✓ Manœuvrer les disjoncteurs.
- ✓ Nettoyer le jeu de barres et les isolateurs.
- ✓ Resserrer les connexions.
- ✓ Vérifier les organes de commande.
- ✓ Vérifier l'absence de court-circuit.
- ✓ Vérifier les lampes de signalisation (voyants).

- Entretien de la canalisation

L'intervention sur les canalisations se fait soit par la détection des défauts de continuité en cas de coupure, soit par mesure de l'isolement.

- ✓ Traiter la corrosion de la canalisation.
- ✓ Changer la canalisation en cas de détection de défauts.

- Entretien des pompes

Un entretien tous les ans est obligatoire si une charge en fluide frigorigène de la Pompe diminue. L'entretien peut être sous forme d'un contrat annuel avec un installateur.

Il est aussi recommandé de nettoyer les filtres des pompes pour se débarrasser de l'accumulation des impuretés.

- **Entretien des vannes**

Il est important d'inspecter régulièrement la membrane, les guides et les surfaces du siège des vannes afin de s'assurer que la vanne puisse s'ouvrir librement.

Il est aussi important de tester les vannes en les ouvrant et les fermant afin d'éviter leur coincement et blocage.

- **Entretien des dispositifs de sécurité**

✓ Vérifier le clapet anti-retour, vérification possible : boucher le conduit à la buse pour faire refouler la vapeur vers le foyer et vérifier la mise à l'arrêt ou en sécurité de la chaudière.

✓ Vérifier le bon fonctionnement du thermomètre, des sondes de niveau, des électrovannes des soupapes de sureté.

✓ Changer périodiquement les sondes de niveau et au cas de corrosion.

2.5.4 Le lancement et la réalisation les opérations préventives systématiques

Le lancement peut s'effectuer de la manière suivante :

- Le visiteur (ou le responsable du lancement) consulte le planning ;
- Il vérifie, la disponibilité des équipements ;
- Le visiteur prend les fiches de visite de la période concernée, les consulte et se procure les pièces ou outillage nécessaire ;
- Il exécute la visite en complétant sur la fiche la partie rapport ;
- Il reporte les résultats de la visite sur le planning ;
- Il classe (ou remet au responsable) la fiche pour compléter le dossier machine et fait le nécessaire si un travail particulier doit être envisagé.

2.5.5 Proposition de fiches de maintenance préventive systématique pour la chaudière à vapeur

A fin de préserver la fiabilité de l'équipement, nous proposons des fiches de visite systématique.

Celles-ci permettront d'effectuer des inspections et contrôles périodiques pour l'ensemble des composants de la chaudière.

Les fiches de visite systématique sont données ci-dessous .

FICHE DE VISITE SYSTEMATIQUE

ENTREPRISE : HAMOUD BOUALEM

INSTALLATION : CHAUDIERE A VAPEUR

ANNEE : 2016

N° et identification équipement		Visite systématique			Temps	Page 1/6
Bruleur		Périodicité	Corps de métier			
		6 mois	Mécanique	Marche	Arrêt	
Consignes de sécurité :		Outillages nécessaires :				
		Résultats de visite				
composant	Opération à exécuter	Bon	Fait	relevé	Observations	
Corps du bruleur	Démonter et nettoyer le bruleur					
Electrodes d'allumage	Vérifier le bon placement des électrodes					
	Dépoussiérer les électrodes d'allumage					
Pressostat air	Vérifier le contact					
	Nettoyer les sondes					
	Vérifier les réglages					
Pressostat gaz	Vérifier le contact					
	Nettoyer les sondes					
	Vérifier les réglages					
Capteur	Vérifier et régler le capteur					
Régulateur de débit de gaz	Vérifier et régler le régulateur de débit de gaz.					
Pompes	Vérifier le bon fonctionnement					
	Nettoyer les filtres					
Filtre à air	Nettoyer le filtre					
Moteur de combustion	Essayer le moteur de combustion et vérifier l'absence de bruit inhabituel					
	vérifier la courroie du ventilateur et ses ailettes					
	changer l'huile du moteur de combustion					
	Bien nettoyer la buse d'air, les ailettes du ventilateur Les culasses et le refroidisseur du moteur					
Observations générale :						

FICHE DE VISITE SYSTEMATIQUE

ENTREPRISE : HAMOUD BOUALEM

INSTALLATION : CHAUDIERE A VAPEUR

ANNEE : 2016

N° et identification équipement		Visite systématique			Temps	Page 2/6
		périodicité	Corps de métier			
		Annuel	Mécanique	Marche		
Consignes de sécurité :		Outillages nécessaires :				
		Résultats de visite				
Composant	Opérations à exécuter	Bon	fait	relevé	Observations	
Tube foyer	Nettoyer le corps de chauffe					
	Vider et inspecter la chaudière					
	Vérifier et remplacer, si besoin, les joints des raccords mécaniques.					
Siphon d'évacuation des condensats	Nettoyer le siphon					
Echanger d'eau	Nettoyer l'échangeur					
Boite arrière de fumée	nettoyer la cheminé des impuretés					
	traiter la corrosion de la cheminée					

Visite effectuée par :

le :

FICHE DE VISITE SYSTEMATIQUE

ENTREPRISE : HAMOUD BOUALEM

INSTALLATION : CHAUDIERE A VAPEUR

ANNEE : 2016

N° et identification équipement		Visite systématique			Temps	Page 3/6
Réseau électrique		Périodicité	Corps de métier			
		6 mois	Electrique	Marche	Arrêt	
Consignes de sécurité :		Outillages nécessaires :				
		Résultats de visite				
Composant	Opérations à exécuter	Bon	fait	relevé	Observations	
Armoire électrique	Dépoussiérer du haut en bas l'armoire					
	Vérifier les organes de commande					
	Resserrer les connexions					
	Vérifier les lampes de signalisation (voyants)					
disjoncteurs	Manœuvrer les disjoncteurs					
	Vérifier le contacte de disjoncteur					
Circuits électriques	Nettoyer le jeu de barres et les isolateurs					
	vérifier l'absence de court-circuit					

Visite effectuée par :

le :

FICHE DE VISITE SYSTEMATIQUE

ENTREPRISE : HAMOUD BOUALEM

INSTALLATION : CHAUDIERE A VAPEUR

ANNEE : 2016

N° et identification équipement		Visite systématique			Temps	Page 4/6
Réseau gaz naturel		Périodicité	Corps de métier			
		6 mois	Mécanique	Marche	Arrêt	
Consignes de sécurité :		Outillages nécessaires :				
		Résultats de visite				
Composant	Opérations à exécuter	Bon	fait	relevé	Observations	
Canalisation	Vérifier l'absence de corrosion					
	Vérifier l'absence de fuite					
	Vérifier d'absence de fissures					
	Vérifier l'absence de fuite					
Vanne	Vérifier les ressorts					
	Vérifier les joints					
	Manœuvrer les vannes					
Pressostats gaz	Vérifier le contact					
	Nettoyer les sondes					
	Vérifier les réglages					

Visite effectuée par :

le :

FICHE DE VISITE SYSTEMATIQUE

ENTREPRISE : HAMOUD BOUALEM

INSTALLATION : CHAUDIERE A VAPEUR

ANNEE : 2016

N° et identification équipement		Visite systématique			Temps	Page 5/6
Réseau eau		Périodicité	Corps de métier			
		6 mois	Mécanique		Marche	Arrêt
Consignes de sécurité :		Outillages nécessaires :				
		Résultats de visite				
Composant	Opérations à exécuter	Bon	fait	relevé	Observations	
Canalisation	Vérifier l'absence de corrosion					
	Vérifier l'absence de fuite					
	Vérifier d'absence de fissures					
	Vérifier l'absence de fuite					
Vanne	Vérifier les ressorts					
	Vérifier les joints					
	Manœuvrer les vannes					
Thermostats	Vérifier le contact					
	Nettoyer les sondes					
	Vérifier les réglages					
Pompes	Nettoyer les filtres					
	Vérifier le bon fonctionnement					
Sondes à niveau	Vérifier les sondes					
	Vérifier le contact					

Visite effectuée par :

le :

FICHE DE VISITE SYSTEMATIQUE

ENTREPRISE : HAMOUD BOUALEM

INSTALLATION : CHAUDIERE A VAPEUR

ANNEE : 2016

N° et identification équipement		Visite systématique			Temps	Page 6/6
Réseau vapeur		Périodicité	Corps de métier			
		6 mois	Mécanique	Marche	Arrêt	
Consignes de sécurité :		Outillages nécessaires :				
		Résultats de visite				
Composant	Opérations à exécuter	Bon	fait	relevé	Observations	
Canalisation	Vérifier l'absence de corrosion					
	Vérifier l'absence de fuite					
	Vérifier d'absence de fissures					
	Vérifier l'absence de fuite					
Vanne	Vérifier les ressorts					
	Vérifier les joints					
	Manœuvrer les vannes					
Clapet	Vérifier l'étanchéité					
	Remplacer les joints dégrappés					
Soupapes de sureté	Vérifier contacts					
Pressostats	Vérifier le contact					
	Nettoyer les sondes					
	Vérifier les réglages					

Visite effectuée par :

le :

Conclusion

Le présent travail a abordé les différentes étapes de mise en place d'un plan de maintenance préventive, depuis l'analyse des composants des chaudières à vapeur jusqu'à la rédaction de la documentation.

Pour se faire, nous avons abordé les différents paramètres permettant de suivre et d'optimiser un plan de maintenance préventive, des deux chaudières à vapeur de l'Entreprise HB. Ces paramètres sont généralement regroupés dans une fiche de maintenance. Une telle fiche permet de traiter et de mettre en forme un ensemble d'informations, de façon à caractériser l'état et l'évolution d'une situation donnée. Ainsi appliquée à la maintenance, l'utilisation de fiches de maintenance permet de conduire vers une disponibilité maîtrisée des équipements, et/ou vers une réduction des coûts par la connaissance des événements et des activités du service. Ces événements et activités étant paramétrés et mesurés à un instant t_1 , la fiche de maintenance doit permettre au responsable d'effectuer l'analyse à la situation t_1 , d'en déduire des axes d'action puis de vérifier à t_2 s'ils ont été efficaces ou non.

De ce fait la fiche de maintenance est un outil d'aide à l'analyse objective des résultats obtenus dans la situation de la période t_1 , autorisant à cibler les objectifs à atteindre à l'horizon t_2 , puis de vérification à l'instant t_2 des résultats liés à ces objectifs.

La fiche de maintenance caractérise donc l'état et l'évolution des matériels et du service maintenance, elle doit pouvoir mesurer l'efficacité de la politique de maintenance et justifier ainsi la mise en place de la maintenance préventive.

En fin, il est difficilement concevable qu'un plan de maintenance soit parfait dès sa mise en place. Le suivi, la prise en compte des remarques des uns et des autres, les vérifications sur place et l'analyse des retours d'appréciation permettent d'améliorer ce plan. Cette adaptation doit être permanente et doit évoluer avec le vieillissement des composants et la mise à jour obligatoire des procédures (tous les trois à cinq ans).

Bibliographie

1. ABAD F. et GHERBI S., Maîtrise des risques majeurs par l'application de la méthode LOPA, ENP, 2016.
2. NF-EN-13306-X-60-319. Terminologie de la maintenance. Norme AFNOR. 2009.
3. NF X-60-020. Indicateurs de maintenance. Norme AFNOR. 1995.
4. Guide ISO/CEI73, vocabulaire du management du risque. ISO, 2009.
5. MONCHY F. La fonction maintenance, formation à la gestion de la maintenance industrielle. Edition Masson. 1991.
6. Journal officiel de la république algérienne, no 84. JORDAP, no 04/20, 2006.
7. DIEBOLT D. Diagnostic de la maintenance - Mesure de performance et interprétation. Techniques de l'Ingénieur, Référence MT9130. 2007.