

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane MIRA-Béjaïa

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique.

Mémoire :

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Electrotechnique

Option : Electromécanique.

Thème :

*Application de l'AMDEC pour définir
une politique de maintenance
d'une centrale hydraulique.*

Présenté par :

M^r : CHIMALIZENE
Joaquim David

suivi par :

M^r : A. AMRI
M^r : B. BENDAHMANE

Soutenu le : 30/ 06/ 2013

Devant le jury composé de :

M^r :Maouche
M^r : Mebarki

Président
Examineur

Université Abderrahmane MIRA-Béjaïa
Université Abderrahmane MIRA-Béjaïa

**La sagesse se révèle juste
par ses œuvres**

Remerciements

Il m'a été très difficile d'écrire cette page par souci de n'oublier les nombreuses personnes qu'il me faut citer pour leur aide, leur accueil, leur soutien... ! Qu'elles soient toutes assurées de ma plus profonde reconnaissance même si leur nom n'y figure pas !

Je tiens, tout d'abord, à remercier Mr AMRI pour la qualité de son encadrement et sa disponibilité. Merci, pour m'avoir fait confiance, guidé, encouragé et conseillé.

Je remercie aussi mon deuxième encadreur : Mr BENDAHDJANE pour son aide et son soutien.

Je désire aussi remercier toute l'équipe de central Hydroélectrique de Dargina pour leur entière collaboration et aide pendant mon stage.

Je tiens également à remercier le couple DAVID et KENZA pour leur soutien et aide qu'on porte pour la réalisation de cette Mémoire.

Tout ceci ne serait rien sans ma famille et mes amis. Un énorme merci à mes parents pour m'avoir toujours laissé libre de faire ce qui me plaisait et pour m'avoir encouragé dans mes choix. Merci Papa pour m'avoir appris à me dépasser et à faire toutes choses à fond.

Je remercie ACHOUR, MOUNIR, LOTFI, EDUARDO F .SANDE, HORACIO PITA ET SABAO pour leur aide, encouragement et conseil.

Mes derniers remerciements sont pour mon grand ami et frère Frilège EBUKA, pour avoir su mener une part essentielle à l'aboutissement de ce travail : me remonter le moral, me supporter et m'encourager. Je tenais à ce que les derniers mots de cette page soient pour lui.

I. INTRODUCTION GENERALE.....	1
--------------------------------------	----------

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LA MAINTENANCE

I .1. INTRODUCTION.....	3
--------------------------------	----------

I.2. TERMOLOGIE.....	3
-----------------------------	----------

I.3. Différents types de maintenance.....	4
--	----------

I.3.1. Maintenance corrective.....	5
---	----------

I.3.2. Maintenance préventive.....	6
---	----------

I.3.2.a) But de la maintenance préventive.....	6
---	----------

I.3.2.b) La maintenance préventive systématique.....	6
---	----------

I.3.2.c) Maintenance préventive conditionnelle.....	7
--	----------

I.3.2.d) Conditions d'applications.....	7
--	----------

I.3.2.e) Paramètres mesurés.....	7
---	----------

I.4. Les différents niveaux de la Maintenance.....	8
---	----------

I.4.1. Maintenance du premier niveau.....	8
--	----------

I.4.2. Maintenance de deuxième niveau.....	9
---	----------

I.4.3 Maintenance de troisième niveau.....	10
---	-----------

I.4.4. Maintenance de quatrième niveau.....	11
--	-----------

I.4.5. Maintenance de cinquième niveau.....	11
--	-----------

CHAPITRE II : OUTILS D'AIDE A LA MAINTENANCE

II. INTRODUCTION	12
-------------------------------	-----------

II.2. Fiabilité.....	12
-----------------------------	-----------

II.3. Fiabilité de système.....	15
--	-----------

II.3.1. Les différentes lois lie à la fiabilité.....	16
---	-----------

II.3.1.1. Loi exponentielle.....	16
---	-----------

II.3.1.2. Loi de Weibull.....	17
--------------------------------------	-----------

II.3.1.3. Estimation	17
-----------------------------------	-----------

II.4. Maintenabilité	18
II.4.1. Le critère de la maintenabilité.....	19
II.4.2. Le taux de réparation.....	19
II.4.3. Etude de la maintenabilité	20
II.4.4. Conception de l'équipement	20
II.5. Disponibilité.....	20
II.5.1 Type de disponibilité.....	21
II.6. Les arbres de défaillances	21
II.7. L'AMDEC.....	22
II.8. Conclusion	22

CHAPITRE III : Constitution d'une centrale hydraulique

III.1. Introduction.....	24
III.1.1. Avantages d'hydroélectricité	24
III.1.2. Inconvénients de l'hydroélectricité.....	24
III.1.3. Parties principales d'une centrale hydraulique.....	25
III.2. Types de centrales hydrauliques.....	25
III.2.1. centrale à haute chute	26
III.2.2. Centrale à moyenne chute.....	27
III.2.3. Centrale à basse chute	27
III.3. Description des éléments d'une centrale hydraulique	28
III.3.1. Barrage.....	28
III.3.2. Conduite d'amenée.....	29

III.3.3. Conduite d'échappement.....	29
III.3.4. Aspirateur	29
III.3.5. Les turbine.....	29
III.3.6. Composition de la turbine	30
III.3.7. Alternateurs.....	32
III.3.7.1. Stator.....	32
III.3.7.2. Circuit magnétique du stator.....	32
III.3.7.3. Carcasse. Enroulements.....	33
III.3.7.4. Isolation et calage.....	34
III.3.7.5. Noyaux polaires	35
III.3.7.6. Bobines inductrices. Amortisseurs.....	35
III.3.7.7. Rotor.....	36
III.3.7.8. Rotor à pôles saillants.....	36
III.3.7.9. Jante.....	37
III.3.7.10. Croisillon du rotor.....	40
III.4. Arbre, paliers et pivot.....	40
III.5. Excitatrice.....	42
III.6. Dispositif de régulation du système d'excitation.....	43
III.7. Refroidissement interne par air ou d'eau.....	43
III.8. Transformateur.....	44
III.9. Organisation actuelle du niveau de maintenance	44
III.9.1. Maintenance préventive conditionnel	45
III.9.2. Maintenance corrective.....	45
III.10. Critique.....	45

CHAPITRE IV : Application de l'AMDEC

IV.1 Introduction	46
-------------------------	----

IV.2 L'AMDEC	46
IV .2.1 Type d'AMDEC et définitions.....	46
IV .3. L'ANALYSE DES DEFAILLANCES.....	47
IV.3.1. La cause.....	47
IV .3.2. L'effet.....	49
IV .4. Les aspects de la méthode de l'AMDEC.....	49
IV .4.1. L'étude quantitative.....	50
IV .4.2. La recherche des actions préventives /correctives.....	50
IV .5. DÉFINITION DES ÉVÉNEMENTS.....	51
IV .5.1. Événement redouté.....	51
IV .5.2. Événements intermédiaires.....	51
IV .5.3. Événements élémentaires.....	51
IV .6. MÉTHODOLOGIE DE LA RÉALISATION D'UNE AMDEC.....	52
IV .6.1. Choix du sous-système à étudier et des objectifs à atteindre.....	52
IV .6.2. Constitution du groupe de travail.....	52
IV .6.3. Mise au point de la fiche d'analyse.....	52
IV .7. LES ACTIONS.....	55
IV .7.1 Actions préventives.....	55
IV .7.2. Actions correctives	55
IV .7.3. Actions amélioratives.....	55
IV .7. LES MODES DE DÉFAILLANCE GÉNÉRIQUES.....	56
IV.8. L'AMDEC pour la turbine.....	58
IV.9. L'AMDEC pour l'Alternateur	60
IV.10. L'AMDEC pour l'Auxiliaires.....	65
IV. 11 Conclusion	69

CHAPITRE V: Proposition d'une politique de maintenance

V .1. Introduction.....	70
V .2. La Méthodologie.....	70
V.2.1. Les objectifs.....	71
V .2.2. Importance des objectifs.....	72
V.2.3. Choix de méthode de maintenance	72
V.2.3.a) situation sans données	73
V .2.3.b) Situation avec données historiques	73
V.3. Application	74
V.3.1. Système de graissage.....	74
V.3.1.a) Recommandations journalières.....	74
V .3.1.b) Recommandations hebdomadaires.....	75
V .3.1.c) Recommandations mensuelles.....	76
V .3.1.d) Recommandations semestrielles	76
V.3.2. Turbine	76
V.3.2.a) Maintenance préventive systématique au niveau de la turbine.....	76
V.3.1.b) Maintenance préventive conditionnelle d'une turbine hydraulique	77
V.3.2. Les moyens de détection.....	77
V.3.3. Les Auxiliaires.....	79
V.3.3.a. Maintenance préventif systématique des auxiliaires	79
V.3.3.a. Maintenance préventive conditionnelle pour les Auxiliaires	80
V.4. Politique de remplacements..... ;.....	80
V.5. La gestion des approvisionnements.....	81

V.6. Optimisation du niveau de la maintenance systématique	82
V.7. Conclusion	82
Conclusion générale	83
Bibliographie	84

INTRODUCTION GENERALE

La filière hydroélectrique constitue non seulement une des filières renouvelables de production d'électricité, mais la première à être exploitée par l'homme. Elle valorise les fleuves et rivières existants moyennant des aménagements allant du simple au plus complexe. L'énergie hydraulique était, il y a encore quelques décennies, l'une des principales sources d'énergie des pays industrialisés.

L'hydroélectricité est la plus importante et la plus économique des énergies renouvelables. Elle offre une densité de puissance élevée (kilowatt par kilogramme d'installation), un très bon rendement de transformation et un excellent facteur de rendement (nombre de kilowattheures produit pendant la durée de vie en comparaison de l'énergie investie dans construction de l'installation). Aussi, elle est favorable à la protection de l'environnement, car elle ne produit pas de gaz à effet de serre, susceptible de provoquer de profonds changements climatiques. Le coût de kilowattheures ne dépend pas, comme pour les énergies fossiles, des prix de combustibles, soumis aux fluctuations du marché mondial. L'hydroélectricité est donc un facteur de dépendance énergétique pour le pays qui l'exploite.

La planification de la maintenance préventive systématique ou conditionnelle est un sujet d'importance pour toute entreprise exploitant un parc d'équipements quand elle possède une grande quantité d'équipements stratégiques et de natures différentes.

L'identification et la modélisation des taux de défaillance opérationnels (et pas théoriques) des composants électromécaniques s'avère être une étape incontournable dans la planification de la maintenance. Des inspections ont lieu à différentes périodes préétablies selon le type d'équipement examiné.

Si un remplacement d'équipement est requis, il est effectué sur les lieux et l'équipement est mis au rebut ou transféré à un atelier où une remise à neuf est effectuée.

L'analyse de l'AMDEC d'une centrale hydraulique va aider à la mise en place d'une politique de maintenance.

Le présent mémoire est structuré comme suit :

Dans le chapitre 1, on parlera des généralités sur la maintenance, différents types et niveaux de maintenance.

Dans le deuxième chapitre, on exposés les différents outils d'aide à la maintenance, entre les paramètres quantitatifs (fiabilité, maintenabilité et disponibilité), on y trouve aussi les arbres de défaillances, et la méthode AMDEC.

INTRODUCTION GENERAL

Le troisième chapitre on présente les différents composants d'une centrale hydraulique.

Le quatrième chapitre on concerne à l'application de la méthode AMDEC pour différents composants.

On terminera cette étude par la proposition d'une politique de maintenance.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA MAINTENANCE

I.1. INTRODUCTION

Tous les systèmes susceptibles de servir de façon continue ou répétée doivent faire l'objet de la maintenance.

La fonction maintenance conditionne fortement le niveau de performance d'une installation. Son optimisation est complexe car elle doit prendre en compte différents critères, parfois antagonistes comme par exemple la disponibilité et les coûts.

Par ailleurs, il y a une multitude de façons de maintenir une installation. On peut jouer sur le type de maintenance, sur les types de tâches, sur leur fréquence, sur le niveau d'intervention, etc.

Dans certains secteurs industriels, tels que l'énergie, les transports et l'aéronautique, les performances d'un système ou d'une installation considèrent non seulement les coûts relatifs à l'exploitation mais également par nature des activités, la sûreté de fonctionnement au sens large. La notion de sûreté de fonctionnement couvre les aspects de fiabilité, la sécurité, la maintenabilité et la disponibilité.

Pour faire ce choix de stratégie, il est nécessaire d'utiliser des méthodes qui permettent d'optimiser les performances des systèmes. Parmi celles qui sont appliquées, il y a l'optimisation de la maintenance basée sur la fiabilité. Les responsables de la maintenance peuvent aussi envisager de véritables stratégies et ne se contenteront plus de surveiller et de réparer. Ils chercheront à prévoir les événements et à évoluer les différentes alternatives qui s'offrent à eux pour les exploiter et mieux les installer en fonction des contraintes techniques et budgétaires imposées.

I.2. TERMOLOGIE

Maintenance : Ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. (L'AFNOR norme NF× 60-010).

Dépannage: Action sur un équipement en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement provisoire.

Entretien : Ensemble de travaux ayant pour but de maintenir dans leur état initial des ouvrages ou des équipements existants, sans changer leur usage ou leur fonction. L'entretien peut s'avérer nécessaire plusieurs fois pendant la durée de vie du matériel.

Défaillance: Altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir sa fonction requise.

Maintenabilité: Aptitude d'un bien à être maintenu dans des conditions données d'utilisation, c'est l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans l'état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans la condition donnée avec les procédures et les moyens prescrits.

Fiabilité: Probabilité qu'un appareil a afin d'accomplir une fonction dans une condition normale d'utilisation pendant une période déterminée. (NFX 06-501)

Disponibilité: C'est la probabilité selon laquelle le système ou l'équipement utilisé dans des conditions prévues est en état d'accomplir une fonction requise à un instant donné.

Danger: Caractérisation d'une situation potentiellement nuisible, pouvant porter préjudice aux hommes, aux biens ou à l'environnement.

Procédure: Ensemble des opérations permettant d'accomplir une mission ou une tâche.

Sûreté de fonctionnement: Propriété d'un système qui permet à cet utilisateur de placer une confiance justifiée dans ces comportements.

Risque: Éventualité d'un événement indésirable ou redouté, ses effets et ses conséquences.

I.3. Différents type de maintenance:

On distingue différents types de maintenances caractérisées par leurs conditions d'activation et leurs objectifs:

- Maintenance corrective
- Maintenance préventive

I.3.1. Maintenance corrective

Regroupe l'ensemble des actions exécutées après détection d'une panne et destinées à remettre un bien dans l'état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

Les remises en état suite à défaillances sont ici organisées ; les pièces de rechange sont disponibles en magasin, les méthodes d'intervention sont définies ainsi que les temps correspondants. Elle est directement fonction de défaillance des composants constituant l'équipement que provoque la défaillance en service. Ces travaux sont réalisés à partir des études préalables de fiabilité (probabilité de défaillances, connaissance de mode de défaillances et de conséquences sur le fonctionnement du matériel).

Cette étude conduit à des informations précises concernant :

- la localisation rapide des défaillances,
- la façon d'effectuer la remise en état du matériel industriel,
- le contrôle du bon fonctionnement remise en service,
- l'installation d'éléments de secours.

La différence par rapport à la maintenance curative, la maintenance corrective assure le maintien du niveau de la fiabilité initiale et dans certains cas peut contribuer à l'amélioration de cette fiabilité. La maintenance corrective devra s'appliquer aux défaillances complètes et soudaines.

Operations de maintenance corrective :

Ces opérations peuvent être classées en trois groupes d'actions.

- Le premier groupe concerne la localisation de la défaillance ; il comprend les opérations suivantes : le test, la détection, le dépistage et le diagnostic.
- Le deuxième groupe concerne les opérations de la remise en état ; il comprend les opérations suivantes : le dépannage, la réparation et la modification soit du matériel ou du logiciel.
- Le troisième groupe concerne la durabilité ; il comprend les opérations suivantes : la rénovation, la reconstitution et la modernisation.

I.3.2. Maintenance préventive

Elle est exécutée à des intervalles de temps préétablies ou selon un nombre d'unités d'usage (ou cycles d'utilisation) quel que soit l'état du bien. Elle vise à rajeunir le matériel (on parle alors de *remplacement systématique*), ou bien à ralentir les dégradations (au travers des tâches *graissage et entretien courant*). C'est une politique qui s'adresse aux éléments provoquant une perte de production, où des coûts d'arrêts sont imprévisibles, mais importants.

Ce type de maintenance est fiable quand le coût des pannes est très élevé (20 % des pannes représentant 80 % des coûts). La période de visite s'établit par l'étude des lois statistique de la durée de vie du matériel.

La marge d'entretien est élaborée de façon à préciser le travail à effectuer. Un rapport mettant en relief diverses mesures et observations est rédigé. Ce rapport constituera une base de données pour des entretiens futurs.

I.3.2.a) But de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie des matériels ;
- Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions
- Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiants, etc.;
- Diminuer le budget de la maintenance ;
- Supprimer les causes d'accidents graves.

On distingue trois types de maintenance préventive:

I.3.2.b) La maintenance préventive systématique:

Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision partielle ou complète.

Remarque : Même si les temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués ; la longueur de produits fabriqués ; la distance parcourue ; la masse de produits fabriqués ; le nombre de cycle effectué ; etc.

I.3.2.c) Maintenance préventive conditionnelle:

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'événements prédéterminant, (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), révélateur de l'état de dégradation du bien. Cette méthode nécessite de connaître : le comportement du matériel ; les usures ; les modes de dégradations ; le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries (MTBF).

I.3.2.d) Conditions d'applications:

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant les cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là, nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

I.3.2.e) Paramètres mesurés :

Ils peuvent porter par exemple sur :

- Le niveau et la qualité d'une huile ;
- Les températures et les pressions ;
- La tension et l'intensité du matériel électrique ;
- Les vibrations et les jeux mécaniques ;
- Etc.

De tous les paramètres énumérés, l'analyse vibratoire est de loin la plus riche quant aux informations recueillies. Sa compréhension autorise la prise de bonne et pleine connaissance de cause des décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle. La surveillance peut être soit périodique, soit continue.

La maintenance préventive s'applique à des phénomènes de vieillissement. Pour ce type de phénomènes, la fiabilité $R(t)$ diminue avec l'âge du composant et donc, d'une vitesse à une autre.

Si la visite de maintenance conditionnelle est programmée suivant une fréquence f , la probabilité d'arriver en T_1 à la première visite est égale à $R(T_1)$.

Opération de maintenance préventive:

Ces opérations peuvent être classées en quatre groupes d'actions.

- Le premier groupe concerne l'entretien ; il comprend les opérations suivantes : le nettoyage, la dépollution et le traitement de surface.

- Le deuxième groupe concerne la surveillance ; il comprend les opérations suivantes : l'inspection, le contrôle et la visite.

- Le troisième groupe concerne la révision ; il comprend les opérations suivantes : la révision partielle et la révision générale.

- Le quatrième groupe concerne la préservation ; il comprend les opérations suivantes : la mise en conservation, la mise en survie et la mise en service.

I.4. Les différents niveaux de la Maintenance

Pour organiser le travail de maintenance et de coordonner les moyens utilisés, on distingue cinq niveaux de maintenance qui sont classés selon :

- la nature des tâches à effectuer,
- le lieu d'intervention,
- le personnel d'exécution,
- l'ensemble des moyens nécessaires,
- les instructions utiles.

Les définitions qui sont ici proposées résultent d'une étude faite par un groupe de travail dans le cadre des travaux de la commission interministérielle « "Maintenabilité" » du Comité de Coordination des Télécommunication (C.C.T) ;

I.4.1. Maintenance du premier niveau

Personnel intervenant:

- L'exploitant du bien sur place.

Nature de l'intervention:

-Réglages simples, généralement prévues par le constructeur, au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage ou aucune ouverture de l'équipement, ou échange d'éléments consommables en toute sécurité tels que voyants ou certains fusibles, etc.

Moyens requis:

Sans outillage ou outillage léger et à l'aide des instructions d'utilisation et de conduite. Les stocks des pièces consommables nécessaires dans ce cas est très faible.

Intervention et opération:

- Niveau d'huile moteur ; niveau d'eau ; indicateur de colmatage ; niveau de la réserve de combustible ; niveau de la réserve d'huile ; régime du moteur ; température de l'eau de refroidissement ; température d'échappement ; test des voyants et indicateurs ; purge de

circuit d'échappement ; nettoyage des filtres ; contrôle visuel de l'état des organes ; contrôle auditif des bruits de marche.

I.4.2. Maintenance de deuxième niveau :

-Personnel intervenant:

Un technicien habilité de qualification moyenne ou un ouvrier qualifié de maintenance (dépanneur) sur place. Ce dernier suit les instructions de maintenance qui définissent les tâches, la manière et les outillages spéciaux.

-Nature de l'intervention:

Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet. Opération d'entretien mineur (graissage par Exemple, Contrôle de bon fonctionnement.

-Moyens requis:

Outillage standard ou spécial, les pièces de rechanges situés à proximité immédiate sont du type consommable ; filtres, joints, huile, liquide de refroidissement. Suivant les instructions de maintenance.

-Intervention et opération:

- Remplacement des filtres à gazole ; Remplacement des filtres à huile moteur
- Remplacement des filtres à air; Prélèvement d'huile pour analyse ;
- Vidange de l'huile de moteur ; Analyse de liquide de refroidissement
- Contrôle des points signalés pour le 1^{er} niveau ; Graissage de tous les points en fonction de la périodicité ; Contrôle des batteries.

I.4.3 Maintenance de troisième niveau :

-personnel intervenant:

Un technicien spécialisé ou un ouvrier spécialisé de maintenance sur place ou en atelier de maintenance, avec l'aide d'instructions de maintenance et d'outils spécifiques.

-Nature de l'intervention:

Identification et diagnostic des pannes Réparation par échange de composants ou d'éléments fonctionnels

Réparations mécaniques mineures, et toutes opérations courantes de maintenance préventive

-Moyens requis:

Outillage plus appareils de mesure et de réglage ou de calibrage prévus dans les instructions de maintenance, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant.

-Outillage nécessaire

Outillage prévu par le manuel de maintenance. Appareil de mesure et de réglage tel que générateurs, oscilloscopes, etc. Bancs d'essai et de contrôle des équipements (mais pas de bac de mesure)

Intervention et opération:

- Réglage des jeux des soupapes ;
- Réglages des injecteurs ;
- Contrôle des sécurités du moteur ;
- Contrôle et réglage des protections électriques ;
- Contrôle des refroidisseurs ;
- Contrôle du démarreur ;
- Remplacement d'un injecteur ;
- Contrôle et réglage de la régulation de puissance ;
- Contrôle et révision de la pompe ;
- Contrôle des turbocompresseurs ;
- Remplacement d'une résistance de chauffe ;
- Contrôle de l'isolement électrique ;
- Remplacement des sondes et capteurs ;
- Remplacement d'une bobine de commande, remplacement d'un disjoncteur

I.4.4. Maintenance de quatrième niveau :

-personnel intervenant:

Des techniciens bénéficiant d'un encadrement Technique très spécialisé, ou une équipe comprenant un encadrement très spécialisé, ou une équipe très spécialisé, ou très spécialisé, dans des ateliers spécialisés (rectification, ré usinage)

-Nature de l'intervention:

Tous les travaux importants de la maintenance préventive ou corrective à l'exception de la reconstruction et de la rénovation. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance et, éventuellement, la vérification des étalons de travail par des organismes spécialisés.

-Moyens requis:

Outillage général complet et outillage spécifique (moyens mécaniques, de câblage et de nettoyage).Éventuellement, des bancs de mesures et des étalons de travail nécessaires, à l'aide de toutes documentations générales ou particulière Intervention et opération: Déculasse (révision, rectification) ; révision de la cylindrée ;

- Contrôle d'alignement du moteur / alternateur ;
- Changement des pôles d'un disjoncteur Haute Tension

I.4.5. Maintenance de cinquième niveau*-personnel intervenant:*

Une équipe complète polyvalente en atelier spécialisé ou par le constructeur lui même

Nature de l'intervention:

Travaux de rénovation, de reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier spécialisé ou une unité extérieure de maintenance.

Moyens requis:

Moyens proches de ceux de fabrication définis par le constructeur.

Intervention et opération:

Il s'agit d'opérations lourdes de rénovation ou de reconstitution d'un équipement.

CHAPITRE II :OUTILS D'AIDE A LA MAINTENANCE

Introduction

L'ingénierie de la sécurité et de la fiabilité n'est pas une discipline en soi. Elle est la somme et le résultat de l'intégration d'activités très diverses relevant de la compétence de l'ingénieur.

Dans un contexte où le «risque zéro» n'existe pas plus que le «zéro défaillance», on a progressivement mis au point des techniques et technologies de la fiabilité afin d'optimiser le risque, c'est-à-dire, de trouver un équilibre satisfaisant entre le gain apporté par la réduction de risque et le coût des moyens nécessaires pour le réduire. La phase préliminaire de l'ingénierie de la FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité) vise le meilleur compromis entre les gains que permettent les dispositifs de réduction des défaillances et coût de leur mise en place.

Dans une approche sûreté de fonctionnement et FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, sécurité) les qualités d'un équipement sont évaluées par rapport à :

- sa productivité et à la qualité des produits fabriqués,
- sa Disponibilité (pas de pannes, réparations rapides, arrêts faibles pour entretien et maintenance).
- sa maintenabilité qui est le déterminant de la disponibilité: rapidité des réparations, facilité des opérations d'entretien courantes et de maintenance préventive.
- sécurité.

II.2. Fiabilité :

La fiabilité est la probabilité qu'un système a pour accomplir les fonctions pour lesquelles il a été conçu dans des conditions d'utilisation données et du temps. Par extension, le mot fiabilité s'applique à la science qui s'intéresse au comportement du matériel dans le temps.

La fiabilité est par définition la probabilité de bon fonctionnement à l'instant t . A cet instant, le dispositif est, ou n'est pas, en état de fonctionnement, d'où :

$$R(t) + F(t) = 1$$

Avec $F(t)$: probabilité de défaillance à l'instant t .

$R(t)$ = probabilité {S non défaillant sur $[0, t]$ }

Ceci revient à dire que pour approcher la fonction fiabilité $R(t)$, on passera par la fonction de défaillance $F(t)$ sachant que $R(t)=1- F(t)$ comme l'illustrent les figures suivantes

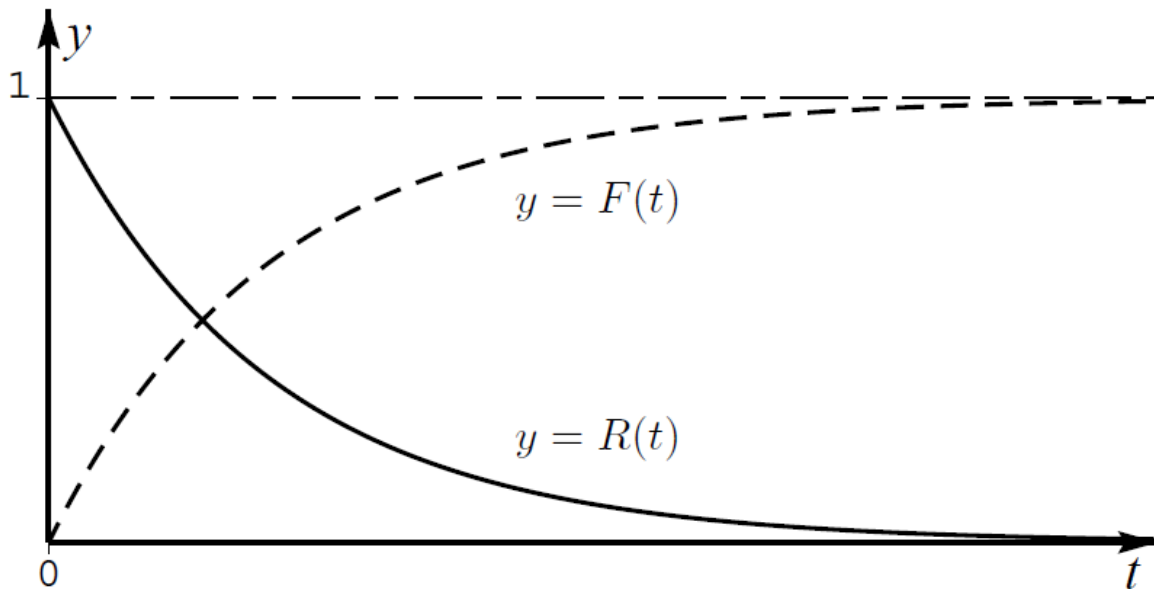


Fig.1 : les fonctions fiabilité et défaillance en fonction du temps

Densité de probabilité: c'est une fonction dérivée de la fonction $F(t)$:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{-dR(t)}{dt}$$

C'est la probabilité de défaillance d'un élément à l'instant t .

Taux de défaillance:

Pour un ensemble de systèmes, le taux de défaillance représente une proportion ramenée à l'unité de temps d'éléments qui, survécu à un instant arbitraire t , ne sont plus en vie à l'instant $t + dt$. [8]

Le taux de défaillance $\lambda(t)$ s'exprime en *pannes/heurs*. En quelque sorte, il quantifie la rapidité de survenue des pannes.

Le taux moyen de défaillance s'obtient également par la relation :

$$\lambda(t) = \frac{1}{MTBF}$$

Et dans le cas où $\lambda(t)$ est constant, la fonction de fiabilité $R(t) = e^{-\lambda t}$

Pour un système encore en fonctionnement, le taux instantané de défaillance représente la probabilité de l'apparition d'une défaillance à l'instant t . [8]

La variation du taux de défaillance des composants sur leur dure de vie est représentée par la courbe «**en baignoire**». L'exemple de la **figure2** correspond à l'application de cette relation généralisée aux composants électroniques.

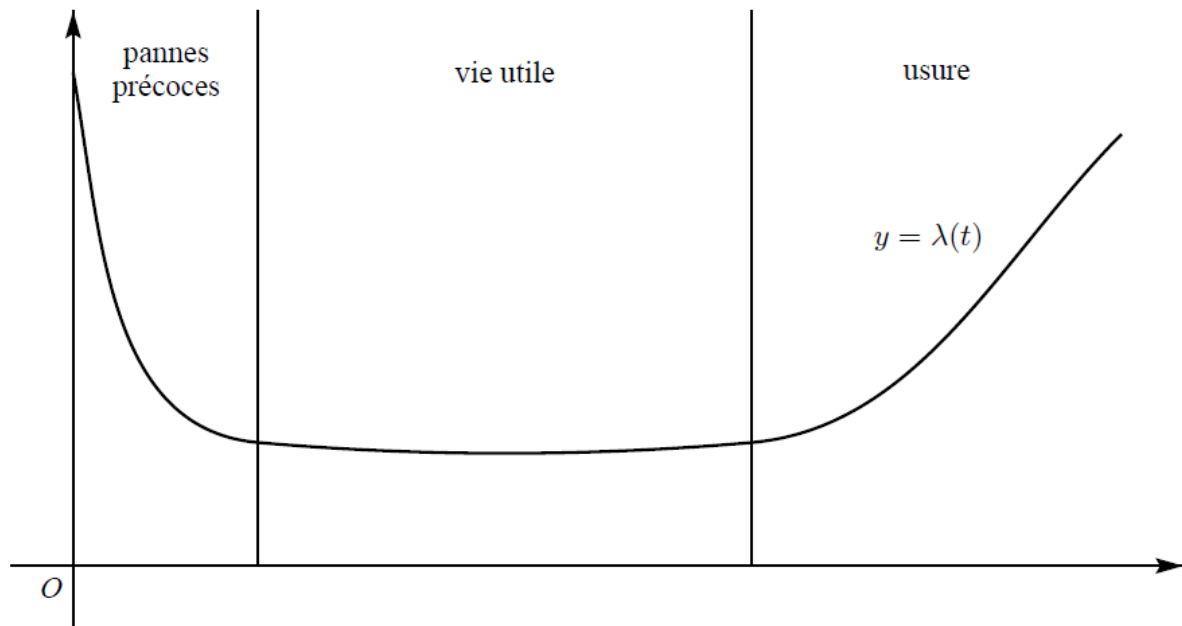


Fig. 2 : La variation du taux de défaillance des composants sur leur dure de vie par la courbe «**en baignoire**».

Les défaillances représentées dans la première partie de la courbe (taux de défaillance décroissant) sont appelées défaillances de jeunesse (on parle ici de période de mortalité infantile).

La partie médiane est appelée vie utile (on suppose un taux de défaillance constant, avec des défaillances survenant de manière aléatoire). La dernière partie représente les défaillances par usure (on suppose que le taux de défaillance croît à mesure que l'usure s'accélère).

La courbe traite divers types de défaillances comme s'ils relevaient d'une même classification.

La MTBF:

On appelle Moyenne des temps de Bon Fonctionnement (MTBF) l'espérance mathématique de la variable aléatoire T. On a donc:

$$MTBF = E(T) = \int_0^{+\infty} tf(t)$$

Remarque: A l'origine, le signe MTBF provient de l'expression Mean Time Between Failures que signifie temps moyen entre défaillances.

II.3. Fiabilité de système:

Pour un système que contient n composants **monte en série** (le bon fonctionnement de chacun étant indépendant du bon fonctionnement des autres), on montre que:

$$R(t) = R_1(t) \times R_2(t) \times R_3(t) \times \dots \times R_n(t)$$

D'où

$$R = \prod_{i=1}^n R_i$$

D'où $R_1, R_2, \dots, R_n$ sont les fonctions de fiabilité de n composants (c'est système sera considérer défaillant dès qu'un seul composant est défaillant).

Remarque:

Si les fiabilités de chaque sous-ensemble suivent une loi exponentielle

$$R_i = e^{-\lambda_i t}$$

Alors

$$R = e^{-\sum \lambda_i t}$$

Le taux de défaillance du système est égal à la somme des taux de défaillance des sous-ensembles.

Par contre pour un système constitué de n composants **monter en parallèles** (le bon fonctionnement de chacun étant indépendant du bon fonctionnement des autres) on montre que :

$$F(t) = F_1(t) \times F_2(t) \times F_3(t) \times \dots \times F_n(t)$$

D'où $F_1, F_2, \dots, F_n$ sont les fonctions de défaillance respectives de n composants (ce système fonctionne dès qu'un seul composant est fonctionnel.) [20]

II.3.1. Les différentes lois liées à la fiabilité:

Pour évaluer la fiabilité, il est donc nécessaire de recourir à certains outils mathématiques de calcul de probabilité. L'objet n'est pas ici de présenter de façon détaillée les différentes lois. Retenons simplement que l'utilisation de quelques-unes peut être nécessaire pour la détermination de la fiabilité. [7]

II.3.1.1. Loi exponentielle:

Les fonctions:

La loi exponentielle est la loi suivie par la variable aléatoire T lorsque le taux d'avarie est constant. Autrement dit, pour tout $t \geq 0$, on a:

$$\lambda(t) = \lambda$$

Où λ est une constante réelle strictement positive.

Cette loi concerne tous les matériels pendant une durée de leur vie (vie utile) et les matériels électroniques pendant presque toute leur vie.

La fonction de fiabilité est définie pour tout $t \geq 0$ par:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

La fonction de défaillance est définie pour tout $t \geq 0$ par:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

La densité de probabilité de la variable aléatoire T est définie pour tout $t \geq 0$ par:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Remarque – Si la variable aléatoire T suit une loi exponentielle de paramètre λ , alors on aura $\ln R(t) = -\lambda t$ et la représentation graphique de la courbe $y = R(t)$ sur un papier semi logarithmique sera une droite. [20]

II.3.1.2. Loi de Weibull:

La fonction de réparation de la loi de Weibull est

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{n}\right)^\beta}$$

Cette loi à trois paramètres est très souple d'utilisation car elle permet de s'adapter à la majorité des situations.

II.3.1.3) Estimation :

Les théories d'estimation conduisent à la recherche de meilleurs estimateurs des paramètres de fiabilité.

La solution peut être envisagée de deux manières:

- a) Soit par la recherche d'estimations ponctuelles des quantités concernées,
- b) Soit par la recherche d'intervalles dans lesquels les quantités concernées auront une probabilité donnée d'appartenance. C'est la méthode des intervalles de confiance.

En ce qui concerne la loi exponentielle citée précédemment, on montre qu'un bon estimateur de la M.T.B.F. est θ avec:

$$\theta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$$

Où n est le nombre de dispositifs

T_i Le temps de fonctionnement jusqu'à la défaillance du dispositif i .

Cette formule devient inefficace dans de cas d'essais incomplets.

II.4. Maintenabilité :

La fiabilité seule ne suffit pas à définir l'efficacité d'un système, il faut en mesurer la disponibilité lorsque que le système est multi-composant et réparable.

La maintenabilité est la probabilité qu'un matériel a de vouloir une intervention de maintenance, soit remis dans un état de fonctionnement donné, dans des limites de temps spécifiées, lorsque le travail est effectué selon des procédures prescrites et des conditions données (AFNOR (1991), norme NF x 60-010).

Une autre définition, complémentaire, fournie par le Military Hamdbook -470A(1997) est la suivante : la **maintenabilité** est la relative facilitée, économise le temps et les ressources avec lesquelles le système peut être maintenu ou remis dans un état de fonctionnement spécifique, lorsque la maintenance est exécutée par un personnel ayant les compétences requises et utilisant les procédures et les ressources matérielles prescrites, à chaque niveau de maintenance spécifié.

Cette dernière définition indique que la maintenabilité est une caractéristique ou aptitude d'un système et que sa mesure se base essentiellement sur l'appréciation du déroulement des activités de maintenance.

Comme la durée de vie pour la fiabilité, la durée de réparation lors de la maintenance d'un système est une variable aléatoire.

II.4.1. Le critère de la maintenabilité:

Les normes NF X 60-300 et X 60-301 spécifient cinq types de critères de maintenabilité :

Le premier critère est relatif à la surveillance de la maintenance préventive. Il est important de connaître à ce niveau l'accessibilité de la composante, de sa démontrabilité, et son interchangeabilité.

Le deuxième critère est relatif à la maintenance corrective, plus particulièrement le temps de recherche de panne ou de défaillance, et le temps de diagnostic.

Le troisième critère est relatif à l'organisation de la maintenance, pris en compte avec par la périodicité du préventif, le regroupement de période identique, l'homogénéité de la

fiabilité des composant, la présence de l'indicateur et de capteurs et de complexité des interventions.

Le quatrième critère est lié à la qualité de documentation technique. Celui-ci comporte la valeur du contenu, la disponibilité de documentation, la mode de transmission, et les principes généraux de rédaction de la documentation technique.

Le cinquième critère de la maintenabilité est lie au suivi du bien par le fabricant. Il sera question de l'évolution du fabricant, de la qualité du service après-vente et de l'obtention de pièce de rechange. [10]

II.4.2. Le taux de réparation $\mu(t)$:

Le taux de défaillance ou taux instantané de remise en service $\mu(t)$ d'un dispositif est la densité pour qu'il soit remis en service entre t et dt , sachant qu'il était en panne sur l'instant $[0, t]$.

$$\mu(t) = \frac{1}{MTTR}$$

Tel que

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N}$$

TTR (Time To Repair) temps de réparation

N Nombre de panne

Dans le cas où $\mu(t)$ est constante, la fonction maintenabilité : $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$.

Il est à la fois un indicateur de l'aptitude d'un bien à être dépanné et /ou réparé et de l'efficacité de la maintenance durant la phase active d'une intervention. Il introduit ainsi la notion de maintenabilité d'un système.

II.4.3. Etude de la maintenabilité :

Selon la norme AFNOR X 60-010 donne la définition suivant :

« dans de conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits .

Elle présente plusieurs aspects :

-conception de l'équipement qui doit être réalisé avec le souci de faciliter les opérations de maintenance.

-Prédiction de la maintenabilité de l'équipement et estimation de la MTTR

-Etablissement de procédure de maintenance préventif et corrective et des moyens de mettre en œuvre.

II.4.4. Conception de l'équipement :

La conception de l'équipement, du point de vue de sa maintenabilité au stade du Project, doit respecter certaines règles :

-Diminution du temps de vérification du point de vue de bon fonctionnement ou de détection de défaillances.

-Diminution de temps pour le diagnostic.

-Diminution de temps de remise en état.

-Diminution de temps nécessaires au contrôle.

-Élément contribuant à réduire les moyens de maintenance.

II.5. Disponibilité:

La disponibilité peut se définir comme la probabilité selon laquelle le système ou l'équipement utilisé dans des conditions prévues est en état d'accomplir une fonction requise à l'instant donné.

La disponibilité dépend à la fois de la fiabilité (MTBF / nombre de défaillances), de maintenabilité (MTTR / rapidité pour réparer ou remettre en état) et de la logistique de maintenance (procédures d'entretien et de réparation, moyens en personnel, stock de composants ...).

Il existe plusieurs types de disponibilité. Communément, on en utilise deux : la disponibilité intrinsèque (Di) et la disponibilité opérationnelle (Do).

II.5.1 Type de disponibilité:

II.5.1.1. Disponibilité intrinsèque:

Probabilité qu'un système ou un équipement fonctionne de manière satisfaisante à tout instant durant le temps de «fonctionnement» et réparation dans des conditions données.

La disponibilité intrinsèque exclut ainsi tout temps libre, la maintenance préventive, les délais logistiques, les délais administratifs et les délais de stockage.

Elle peut s'exprimer de façon suivante pour l'équipement qui fonctionne à de façons continues (régime stable):

$$Di = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{ou} \quad Di = \frac{\mu}{\mu+\lambda}$$

Avec

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \text{et} \quad \lambda = \frac{1}{MTBF}$$

II.5.1.2. Disponibilité opérationnelle:

Probabilité qu'un système ou équipement fonctionne de façon satisfaisante à tout instant durant les temps d'opérationnelle, dans de conditions déterminées ou le temps comprend le temps de fonctionnement, le temps de maintenance corrective ou préventive et aussi bien administratif que logistique.

$$Do = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR+MTL}$$

MTL: Moyenne des Temps Logistiques (transport...)

I.6. Les Arbres de défaillances

L'arbre de défaillances est une méthode déductive (déductif : procédant d'un raisonnement logique rigoureux). Elle permet de savoir comment un système peut être indisponible. Il s'agit d'une méthode optimisée qui permet la détermination des chemins critiques dans un système. Cette méthode a pour objet les diverses combinaisons possibles d'événements qui entraînent la réalisation d'un événement indésirable unique. Elle permet d'identifier les points faibles de la conception.

Le principe consiste à partir d'un événement élémentaire susceptible d'être à l'origine d'une séquence accidentelle puis déduire les conséquences possibles de cet événement. L'arbre se développe à partir d'un événement initiateur et progresse surtout dans le cas où des systèmes de sécurité sont mis en place pour enrayer le déroulement des événements menant à l'accident. On part d'un événement initiateur considéré comme un événement conduisant à un événement indésirable.

II.7. Méthode d'AMDEC

Pour schématiser, il existe deux sortes de défaillances : les défaillances qui se sont déjà produites et celles que l'on ignore encore. Si la première catégorie justifie à elle seule le rôle de la maintenance, la seconde doit être une préoccupation permanente.

Maintenir c'est aussi prévenir et prévenir peut se faire avec efficacité par des soins réguliers et une attention soutenue mais l'idéal est encore de connaître à l'avance où (sur quoi) et quand une défaillance peut se produire. L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité), méthode d'analyse inductive et quantitative permet de réduire ces incertitudes.

L'idée fondatrice de l'AMDEC est que la fonction globale d'un système est la résultante de toutes les fonctions composantes assurées par les différents composants. Qu'une de ces fonctions composantes vienne à être modifiée (absence, arrêt, dégradation ou déclenchement intempestif) et le fonctionnement globale en est automatiquement altérée. L'application, le type d'AMDEC, la méthodologie de réalisation seront détaillés dans le chapitre III.

II.8. Conclusion

Au cours de ces deux premiers chapitres, nous avons défini la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité d'un système. Il est important de connaître les grandeurs et les mécanismes qui en résultent pour pouvoir implanter un système de maintenance efficace et rentable.

La fiabilité et la disponibilité sont les principaux indicateurs utilisés en maintenance industrielle. Leur estimation requiert l'emploi d'outils mathématique qui apporte rigueur et précision.

Fiabilité et disponibilité font l'objet d'approches différentes en fonction des diverses formes de maintenance. C'est essentiellement l'exploitation des historiques qui permet la détermination de ces caractéristiques. Ils sont construits en fonction des informations nécessaires à l'objectif de son exploitation. Dans le prochain chapitre, nous parlerons de différents composants d'une centrale hydraulique.

CHAPITRE III :
CONSTITUTION D'UNE
CENTRALE
HYDRAULIQUE

CHAPITRE III : Constitution d'une centrale hydraulique

III.1. Introduction :

L'hydraulique est basée sur les principes de la mécanique des fluides, bien que beaucoup de relations empiriques soient utilisées dans la pratique. A ce jour, il n'existe pas de méthodologie générale pour l'analyse mathématiques du mouvement des fluides. Si on se base sur la longue expérience accumulée, il existe certainement des solutions particulières à des problèmes spécifiques. L'expérience hydraulique remonte à 2500 ans lorsqu'un système d'irrigation important, qui est toujours en fonctionnement, fut construit à Sichuan, en chine, et aux constructeurs d'aqueducs de l'Empire Romain [1].

Les centrales hydroélectriques sont des énergies renouvelables plus importantes actuellement. En collectant de l'eau dans un barrage, c'est possible d'extraire l'énergie potentielle stockée pour produire l'électricité. En effet l'énergie primaire est « gratuite » et constamment renouvelable. Les charges de fonctionnement des centrales hydrauliques sont en général moins élevées que celles des centrales thermiques.

L'hydroélectricité est l'énergie renouvelable la plus anciennement utilisée pour la production d'électricité mais son développement a connu une phase de stagnation ces dernières années.

III.1.a) Avantages d'hydroélectricité :

- Energie renouvelable ;
- Rejet infime de dioxyde de carbone.
- Débit d'eau (et donc d'électricité) contrôlable.
- Production élevée d'électricité possible.
- Faible coût d'exploitation

III.1 .b) Inconvénients de l'hydroélectricité:

- Centrale constructible uniquement sur un cours d'eau le permettant.
- Dégâts environnementaux.
- Frais de construction importants.
- Délai de mise en exploitation long. [3]

III.1.c) Parties principales d'une centrale hydraulique :

Une centrale hydro-électrique comporte essentiellement:

1. le barrage de retenue et le déversoir
2. la conduite d'amenée
3. la conduite d'échappement
4. l'usine proprement dite

La Fig. Représente une vue en coupe d'une centrale Hydro-électrique dont l'usine est contiguë au barrage

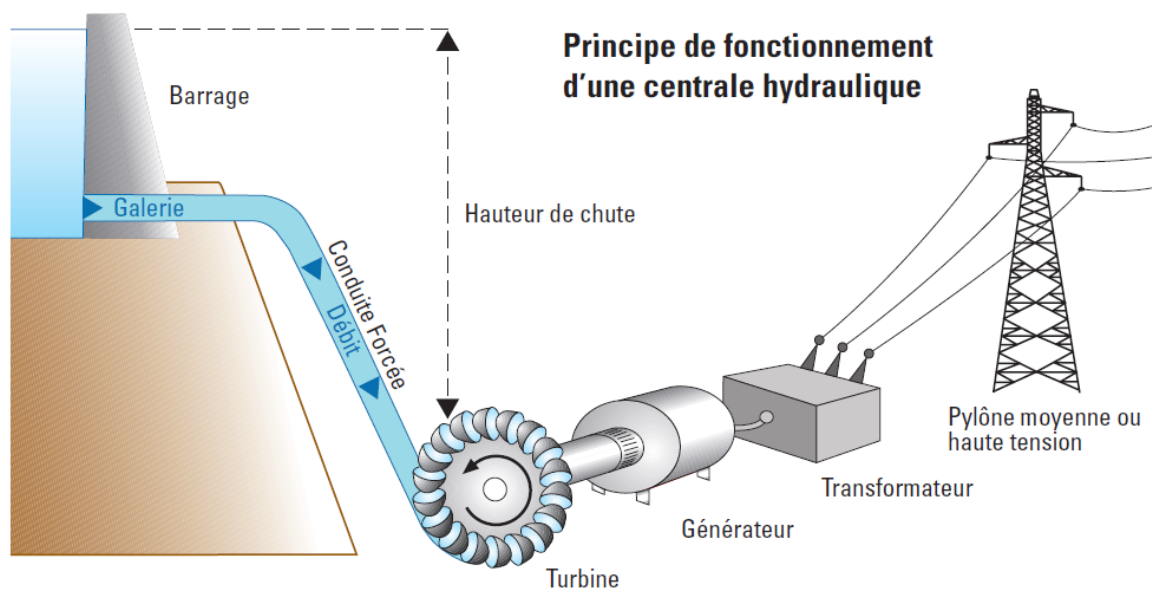


Figure II.1: Vue d'une centrale hydro-électrique. [5]

III.2. Types de centrales hydrauliques :

Suivant la hauteur de chute, on distingue :

- 1) les centrales de haute chute,
- 2) les centrales de moyenne chute,
- 3) les centrales de basse chute.

III.2.1. centrales à haute chute :

La hauteur de chute est supérieure à 300m. Il s'agit d'une centrale située en montagne (fort dénivelé sur de courtes distances). L'eau est retenue par des barrages et est évacuée par des conduites forcées vers la turbine. L'unité de production est éloignée du barrage.

La turbine est de type PELTON. L'alternateur est en prolongement de la turbine, sa vitesse est donc celle de la turbine (solidarité mécanique). L'alternateur est couplé sur le réseau 50Hz avec d'autres alternateurs. Il est donc nécessaire d'adapter constamment la vitesse de rotation de telle façon que la fréquence des FEM induites soit 50Hz.

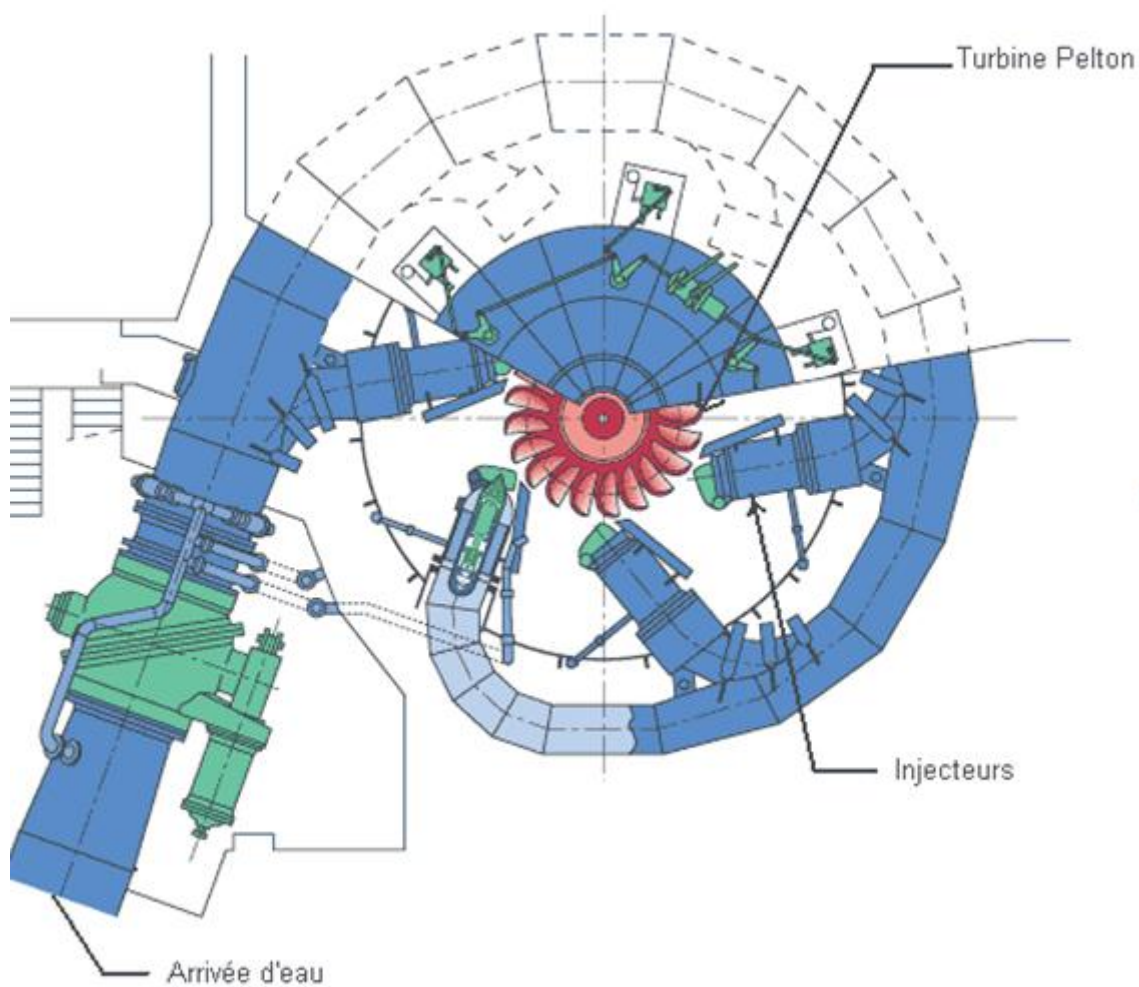


Figure III.2 : turbine Pelton

III.2.2. Centrales à moyenne chute :

La hauteur de chute est comprise entre 30m et 300m. L'unité de production est à la proximité de la retenue.

La turbine est de type FRANCIS. Le groupe turbine-alternateur est généralement disposé sur un axe vertical. La turbine Francis est une machine à réaction. Sa roue est immergée et elle exploite aussi bien la vitesse de l'eau (énergie cinétique) qu'une différence de pression.

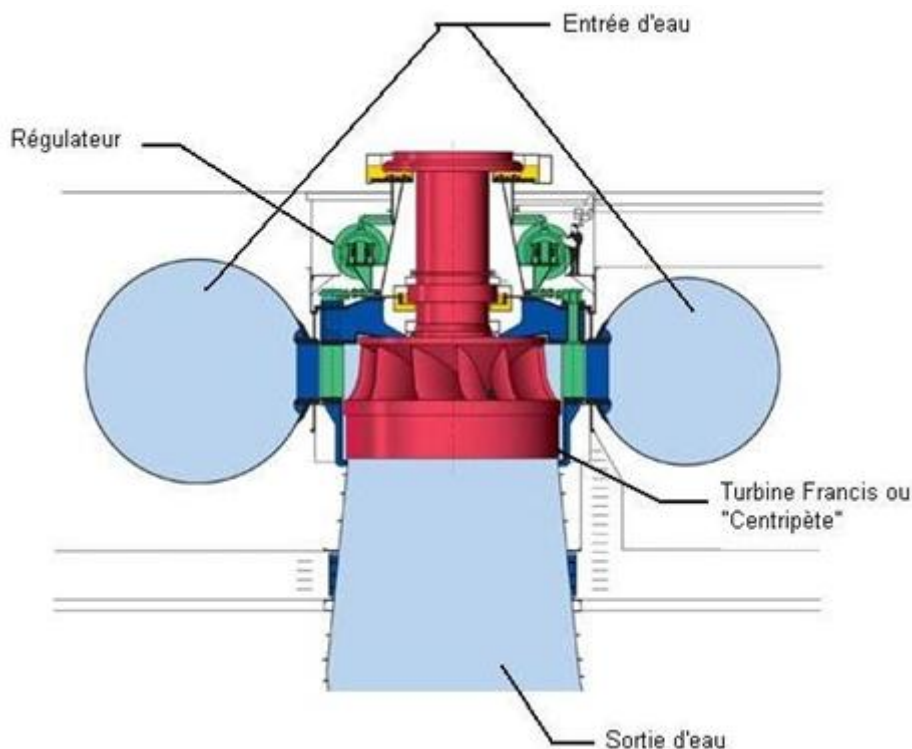


Figure : Turbines Francis

III.2.3. Centrales à basse chute :

La hauteur de chute est inférieure à 30m. On les appelle aussi centrales à un fil d'eau. Elles sont caractérisées par une hauteur très faible et un très fort débit.

La turbine est de type KAPLAN. La turbine Kaplan est une turbine hélice à pales mobiles. Cela permet un meilleur fonctionnement de la turbine sur une plus grande gamme de débits.

De multiples possibilités d'installations existent en fonction de l'aménagement, ces machines sont peu sensibles aux variations de débit. Leur niveau de rendement mécanique est de l'ordre de 92 % en petite hydraulique.



Figure III. 9 : Turbine Kaplan

II.3. Description des éléments d'une centrale hydraulique :

III.3.1. Barrage :

Les barrages de retenue sont établis en travers du lit des rivières. Ils servent à concentrer les chutes près des usines et à former des réservoirs d'emmagasiner. On peut ainsi créer des réserves d'eau pour compenser l'insuffisance de débit pendant les périodes de sécheresse et assurer à l'usine une alimentation en eau plus uniforme.

Les déversoirs (ou évacuateurs de crue), installés près des barrages sont destinés à laisser passer l'eau lorsque son niveau dépasse une certaine hauteur. Ils permettent d'évacuer

sans dégâts les débits considérables résultant de la fonte des neiges ou provoqués par des pluies de longue durée.

La charge d'un réseau varie considérablement au cours d'une journée ; elle est très faible la nuit. Il en résulte que, durant la période des fortes crues du printemps, le débit d'une rivière ne peut être entièrement employé pour produire de l'énergie à certaines heures du jour, car la demande est trop basse.[3].

III.3.2. Conduite d'amenée :

La conduite d'amenée conduit l'eau du barrage jusqu'aux turbines. À l'extérieur de l'usine, elle est constituée par un canal, un tunnel ou un tuyau. La partie intérieure, appelée **conduite forcée**, est en béton, en acier ou en fonte. On dispose, à l'entrée de la conduite forcée, des vannes qui permettent de contrôler l'admission de l'eau.

À la sortie de la conduite forcée des aménagements à de mise en charge d'où elle est distribuée aux différentes turbines. Une couronne fixe (bâche spirale) entoure chaque turbine et assure une répartition uniforme de l'eau sur son pourtour. Une série de portes, ou **vannes** mobiles (disposées autour de la turbine permettent de régler « admission de l'eau » dans celle-ci. Ces vannes sont actionnées par des vérins hydrauliques commandées par le régulateur de vitesse.

III.3.3. Conduite d'échappement :

Après être passée dans les turbines, l'eau retourne dans la rivière par la conduite d'échappement. La conduite d'échappement comporte une cheminée de succion et un canal de fuite qui peut être le lit même de la rivière.

III.3.4. Aspirateur :

Conduit conique divergent servant à ralentir la vitesse de sortie de la turbine, ce qui permet de réduire l'énergie cinétique perdue à la sortie de la turbine et à récupérer l'énergie hydraulique statique à l'aval de celle-ci (hauteur d'aspiration)

III.3.5. Les turbine :

Une turbine est un dispositif constitué d'une roue munie d'ailettes (aubes) dont la forme est étudiée pour que le passage d'un fluide (gaz ou liquide) provoque sa rotation. Dans

les centrales hydrauliques (barrages et les centrales marémotrices (mer), c'est le mouvement de l'eau que fait tourner la turbine.

Nous pouvons distinguer deux grandes familles de turbines hydrauliques de grande puissance, les turbines à impulsion et celles à réaction.

Les turbines à impulsion sont préférentiellement utilisées sur des cours d'eau ayant une chute d'eau (énergie potentielle de l'eau) supérieure à 60 mètres (destinées aux moyennes et hautes chutes). Elles peuvent générer de l'énergie avec des hauteurs d'eau importantes voir même phénoménales. Elles transforment l'énergie cinétique d'un jet d'eau à très haute vitesse et la transmettent à une turbine. Dans cette famille, nous trouvons entre autres la turbine Pelton.

Le choix de la turbine est selon la hauteur de chute d'eau comme on a vu précédemment.

III.3.6. Composition de la turbine : La turbine , dans sa forme moderne, est composée des éléments suivants selon na figure II.4 :

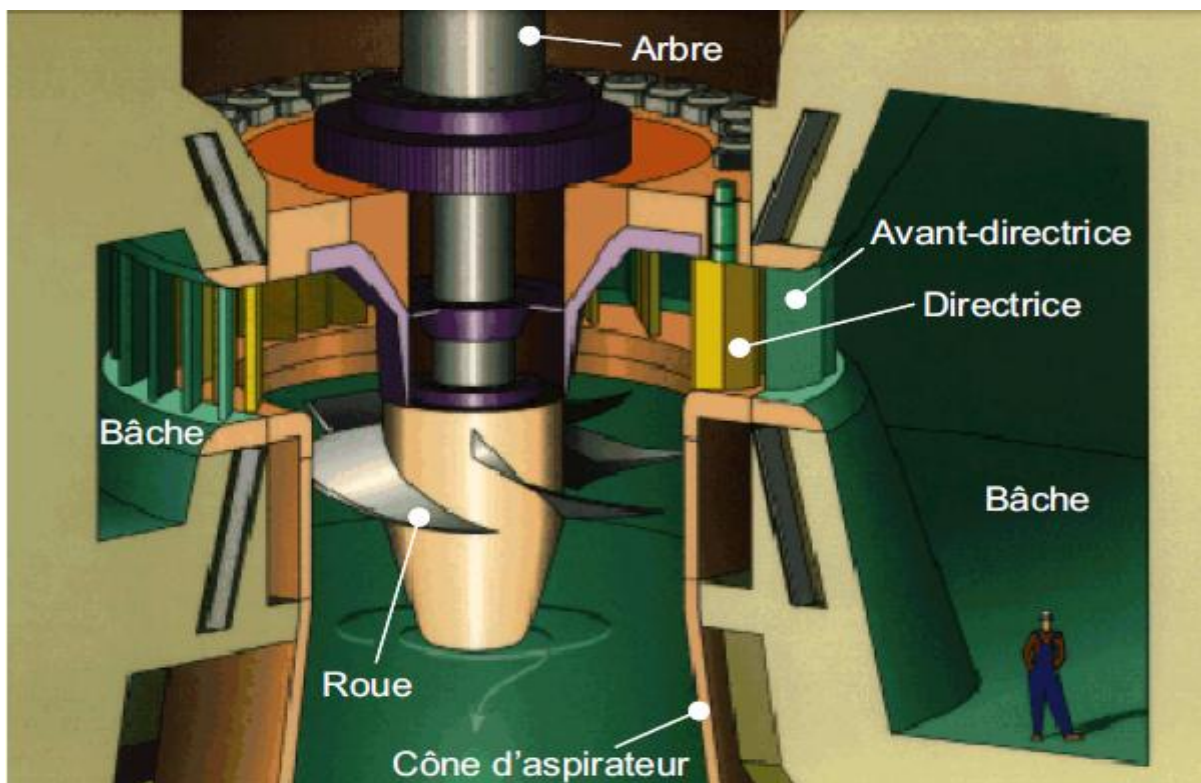


Figure III.4 : Détail des composantes de la turbine.

1. Une **bâche spirale** reçoit l'eau sous pression de la conduite forcée et la distribue vers l'intérieur de l'anneau qu'elle forme. Sa tenue mécanique est assurée par un cercle d'entretoises profilées.

2. Le **distributeur** est placé au milieu de l'anneau de la bâche spirale. Ses vingt à trente aubes orientables, placées dans le prolongement des entretoises, permettent d'ajuster le débit-volume turbiné.

3. Une **roue à admission radiale centripète**, à sortie axiale forme le cœur de la turbine. C'est la seule pièce tournante. Elle compte dix à vingt aubes non orientables, de géométrie tridimensionnelle non développable. Les aubes de la roue reçoivent l'écoulement en rotation à la sortie du distributeur et le dévient pour ne lui laisser qu'une rotation minime. Le moment cinétique ainsi absorbé produit le couple transmis à l'arbre de la turbine.[5]

4. Le **diffuseur** reçoit l'eau à la sortie de la roue et la conduit à la sortie de la turbine. Comme son nom l'indique, il permet d'abaisser la pression en sortie de roue, sous l'effet du dénoyage éventuel de la machine et grâce à une augmentation progressive de sa section de passage [3].

5. Un collecteur général des injecteurs

6. Un fond supérieur en deux pièces formant réservoir d'huile

7. Un palier guide auto-graisseur supporté par le fond supérieur

8. corps d'injecteur d'acier moulé

9. aiguilles en acier spécial

10. servomoteurs de commande d'aiguille

11. un arbre en acier avec plateau pour accouplement rigide avec l'alternateur

12. Un volant d'inertie

III.3.7. Alternateurs :

Un alternateur est une machine synchrone à courant alternatif sans balai. Un alternateur permet d'obtenir du courant électrique, en faisant varier un flux d'induction magnétique à travers une bobine, le flux d'induction représentant l'ensemble des lignes de champ magnétique qui traversent la bobine. Un alternateur possède deux éléments distincts essentiels : **LE STATOR** et **LE ROTOR** (voir la figure ci-après).[1]

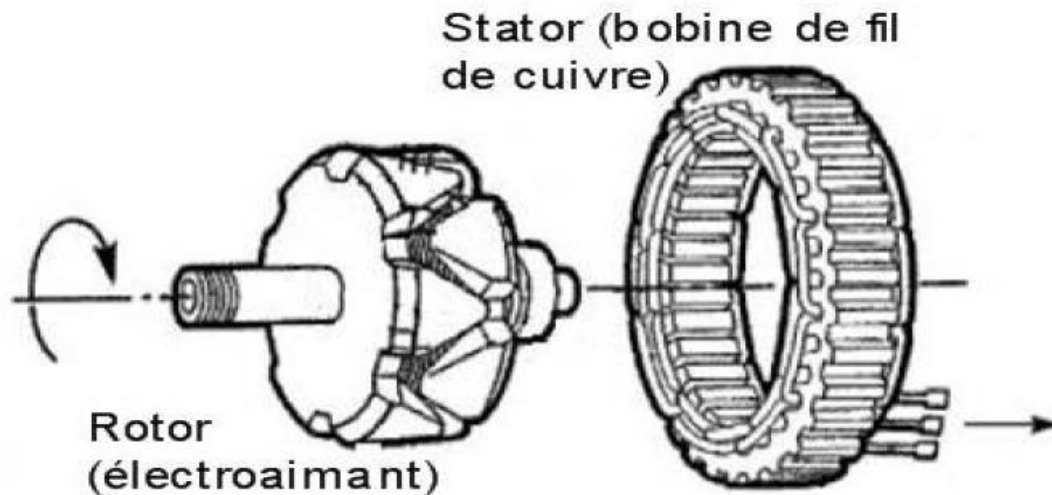


Figure II.5 : LE STATOR et LE ROTOR

III.3.7.1. Stator :

Le STATOR (pièce statique c'est à dire qui ne tourne pas dans l'alternateur (STATOR provient de STATIQUE qui veut dire immobile)) est une bobine de cuivre donc conductrice et sensible aux phénomènes ELECTROMAGNETIQUES.

Le stator de l'alternateur est constitué de tôles magnétiques à faibles pertes, assemblées sous pression. Les bobines stator sont insérées et calées dans les encoches, puis imprégnées, et polymérisées, pour assurer une résistance maximum aux moisissures, une rigidité diélectrique excellente et une parfaite qualité de liaison mécanique.

III.3.7.2. Circuit magnétique du stator :

Pour les alternateurs hydrauliques, le circuit magnétique se présente comme une couronne de grand diamètre (de 10 à 20 m dans les plus grandes unités), d'une hauteur de 1 à 3 m environ, la plupart du temps à axe vertical. Cette couronne est constituée par un empilage

enchevêtré de segments de tôles magnétiques isolées et serrées sous une pression de 0,7 à 1,5 MPa entre des plateaux d'extrémité.

Le diamètre du circuit magnétique étant généralement élevé, entre l'état froid et le fonctionnement en charge à chaud, la dilatation radiale atteint couramment plusieurs millimètres ; pour éviter que cette dilatation ne crée des déformations ou contraintes locales préjudiciables au bon comportement dans le temps, la technique d'empilage, de serrage, de liaison entre circuit magnétique et carcasse et entre carcasse et assises vise à constituer un ensemble symétrique à dilatation isotrope à faibles contraintes.

III.3.7.3. Carcasse. Enroulements :

Celle des alternateurs hydrauliques remplit un nombre important de fonctions :

- elle assure la reprise des efforts exercés sur le circuit magnétique (serrage, poids des parties actives, couples normaux et accidentels, efforts d'attraction magnétique tournants ou unidirectionnels, efforts de dilatation) ;
- elle guide l'air vers les réfrigérants ;
- elle permet la manutention du stator ;
- elle participe à la rigidité du support du palier supérieur lorsqu'il existe, et, par là même, à la stabilité de la ligne d'arbre.

Actuellement, les grandes carcasses sont des pièces mécano soudées constituées de flasques plans annulaires entretoisés par des caissons verticaux (figure 11) ; les éléments sont préparés en ateliers et les différentes parties, de grandeur maximale compatible avec les moyens de transport, sont assemblées sur le site par boulonnage ou par soudure.

À cause de la vitesse réduite des alternateurs hydrauliques, donc du nombre de pôles élevé, leur enroulement présente, par rapport à celui des turboalternateurs, la particularité d'avoir un nombre d'encoches par pôle et par phase faible et rarement entier, généralement fractionnaire

La condition d'équilibre des phases impose que :

- le nombre d'encoches soit divisible par le nombre de phases et par le nombre de parties en parallèle ;
- le dénominateur de la fraction ne soit pas divisible par le nombre de phases.

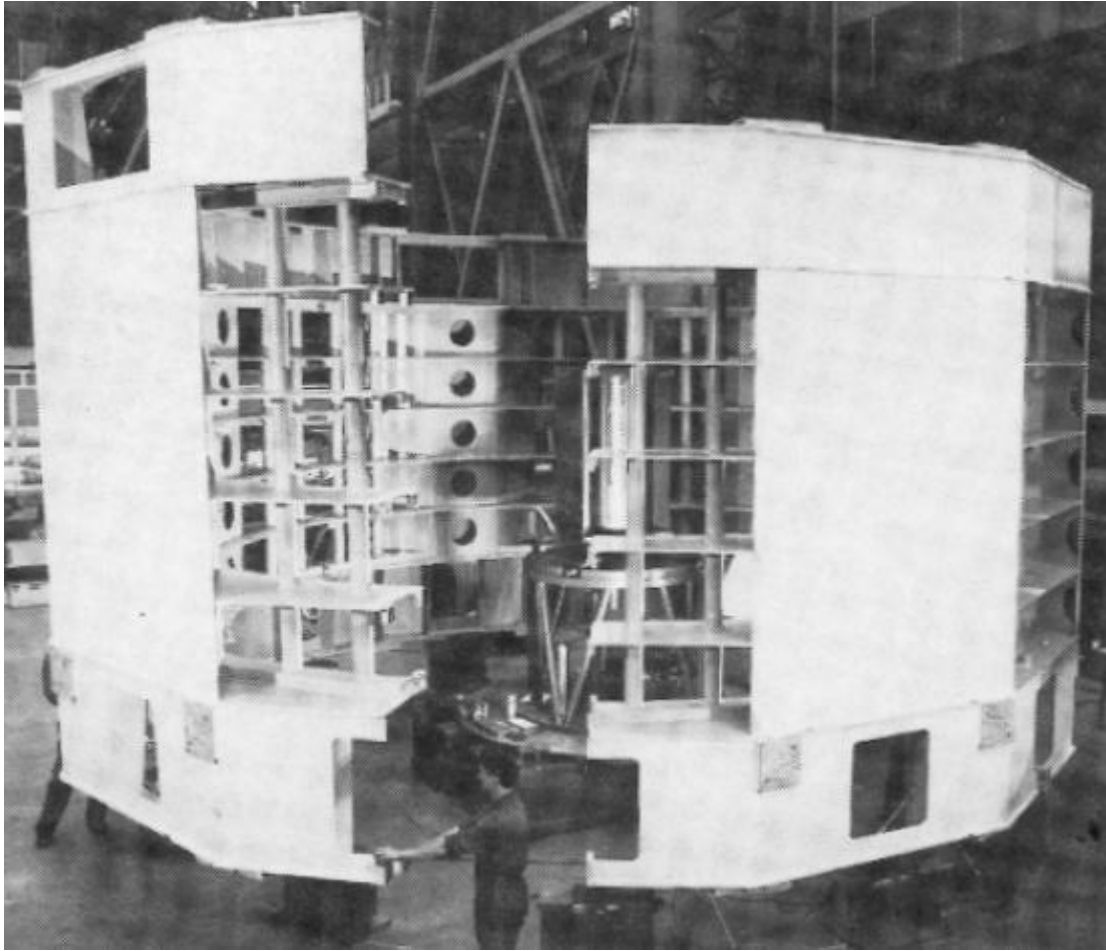


Figure III.6 : Carcasse d'alternateur de 300 MVA à 300 tr/min

III.3.7.4. Isolation et calage :

Les isolations actuelles sont constituées par un enrubannage continu, le ruban comportant un support généralement en soie de verre et portant une couche de mica, soit en *splittings*, soit en *microsplittings*, agglomérés par une résine synthétique généralement époxyde ou époxyde-novolaque ; la résine peut pré imprégner le ruban ou être injectée dans l'isolation, posée sèche sur la barre. L'isolation subit un traitement de polymérisation approprié au type de résine utilisé.

La **classe d'isolation** définit la température maximale à laquelle l'alternateur peut fonctionner sans risque de dégradation thermique (classe B : 130 °C, classe F : 155 °C) ; la plupart des isolations synthétiques modernes sont de la classe F, mais utilisées généralement en température de classe B par les exploitants qui gardent, ainsi, une marge de sécurité importante.

Le **calage** de l'enroulement des alternateurs hydrauliques est plus simple que celui des turboalternateurs car, d'une part, les efforts électrodynamiques sont beaucoup plus réduits, d'autre part, la longueur de l'enroulement hors du fer est nettement plus courte : les têtes de bobines sont ligaturées sur un ou deux anneaux d'appui fixés sur la carcasse. La tenue au court-circuit de l'enroulement est souvent vérifiée au cours de la mise en service d'un nouvel alternateur.

III.3.7.5. Noyaux polaires :

Les pôles doivent créer l'induction magnétique et canaliser les lignes de champ en lui assurant une distribution convenable dans l'entrefer. Ils doivent aussi :

- étouffer les ondes de champ non synchrones et amortir les oscillations (amortisseur) ;
- présenter le moins de fuites magnétiques possible ;²
- respecter, sur les bobines, l'échauffement garanti ;
- soutenir les bobines contre les composantes radiale et tangentielle de la force centrifuge ;
- résister, par leurs attaches, à leur propre force centrifuge ;
- présenter une rigidité propre, suffisante pour transmettre le couple moteur depuis la jante jusqu'au niveau de l'entrefer.

III.3.7.6. Bobines inductrices. Amortisseurs :

L'inducteur des alternateurs hydrauliques n'est pas constitué par un enroulement à distribution spatiale de la force magnétomotrice (fmm) voisine de la sinusoïde comme ceux des turboalternateurs, mais par de simples solénoïdes massés sur chaque pôle (puisque la modulation de l'induction est réalisée par la modulation de la réluctance d'entrefer, créée par le profil des pôles).

La bobine polaire est constituée par un solénoïde à spires jointives, formé de conducteurs de cuivre méplats enroulés sur chant, soit par roulage direct, soit par brasage aux angles. L'isolation entre spires est faite au moyen de bandes isolantes collées au cuivre, à base de stratifiés de verre ou polyamide, imprégnées pour permettre l'agglomération sous pression ; l'isolation entre bobine et corps polaire est réalisée par deux cadres en stratifié de tissu de verre imprégné et par une chemise, en isolant stratifié de verre ou *Nomex*, moulée sur le noyau polaire.

Le refroidissement des bobines polaires est généralement assuré uniquement par la ventilation de leur face externe dans l'espace interpolaire. Cette face a souvent sa surface développée par un profil spécial du cuivre ou par le décalage de certaines spires afin d'améliorer le

refroidissement. Quelquefois, la bobine est ventilée également sur sa face interne par aménagement d'un canal d'air entre bobine et pôle. D'autres systèmes plus perfectionnés encore existent sur certains alternateurs spéciaux, permettant d'accroître considérablement la surface de contact avec l'air, par exemple la ventilation axiale sur les quatre faces dans les groupes bubbles) ou la ventilation interne par cuivre fraisé à écoulement transversal où la surface peut être multipliée par plus de dix (figure II.7) dans certains alternateurs ou compensateurs synchrones.

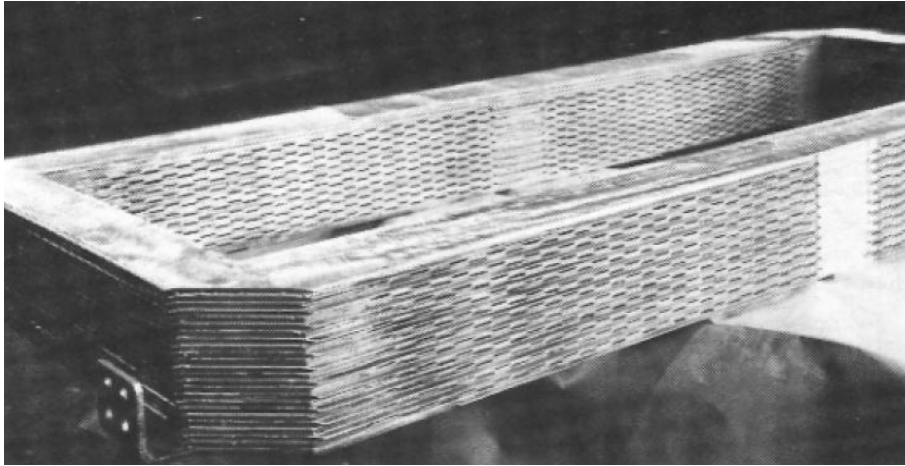


Figure II.7 : Pôles avec ventilation interne des bobines par cuivre fraisé

II.3.7.7. Rotor

Si l'on fait tourner le rotor, les lignes de flux produites par les pôles inducteurs balaient les trois enroulements du stator et induisent dans ceux-ci des tensions triphasées. Les rotors sont à pôles saillants ou à pôles lisses selon qu'ils sont entraînés à basse vitesse par des turbines hydrauliques ou à haute vitesse par des turbines à vapeur.

III.3.7.8. Rotor à pôles saillants:

Afin d'extraire la puissance maximale de la chute d'eau, les turbines hydrauliques des centrales à basse et à moyenne chutes d'eau tournent toujours à basse vitesse: entre 50 et 300 r/min.

Comme les alternateurs sont raccordés directement aux turbines et puisqu'une fréquence de 60 Hz (ou 50 Hz) est imposée, on doit placer un grand nombre de pôles sur le rotor. Les alternateurs à basse vitesse ont donc toujours un grand diamètre, de façon à donner l'espace nécessaire pour loger le nombre de pôles requis.

Dans ces machines, le rotor est constitué d'une roue en acier montée sur un arbre vertical et sur laquelle sont fixées les pièces polaires (Fig. II.8). Les bobinages d'excitation placés sur les pièces polaires sont constitués de barres de cuivre ordinairement nues, mais isolées entre elles par des bandes de mica

L'emploi de conducteurs nus favorise leur refroidissement. Les bobines sont reliées en série de façon que deux pôles voisins soient de polarités contraires.



Figure III.8: Rotor à 36 pôles prêt à être placé à l'intérieur du stator; masse: 600 t ; moment d'inertie : $4140 \text{ t} \cdot \text{m}^2$; entrefer : 33 mm, L'excitation de 2400

III.3.7.9. Jante :

C'est la partie du rotor résistant à l'éclatement ; les fonctions et contraintes imposées à la jante sont :

- résister à la force centrifuge des pôles et à sa propre force centrifuge, à la vitesse d'emballement, en respectant une contrainte acceptable dans le métal ;
- assurer la fermeture du champ magnétique d'un pôle à l'autre sans introduire de saturation;

- participer si possible à la ventilation radiale de la partie active de l'alternateur ;
- transmettre le couple moteur normal et résister par inertie aux couples alternatifs accidentels de court-circuit ou de couplage hors synchronisme ;
- fournir lorsque nécessaire le complément d'inertie pour assurer les garanties relatives au fonctionnement du groupe.

La technologie de la jante est fonction de la vitesse de rotation et des dimensions du rotor.

Pour les **vitesse élevées** (428 à 1 500 tr/min), l'acier forgé est souvent utilisé soit sous forme d'un simple renflement de l'arbre comme pour les turboalternateurs, dans lequel on taille les logements des attaches de pôles (1 500 tr/min), soit sous forme d'anneaux montés à chaud sur l'arbre (428 à 1 000 tr/min). La figure II.8 montre un rotor à jante en disques forgés de diamètre 3,43 m d'un alternateur de la centrale de Grand Maison (8 alternateurs de 170 MVA à 600 tr/min). On peut difficilement dépasser un diamètre de 4 m dans cette technique [3]

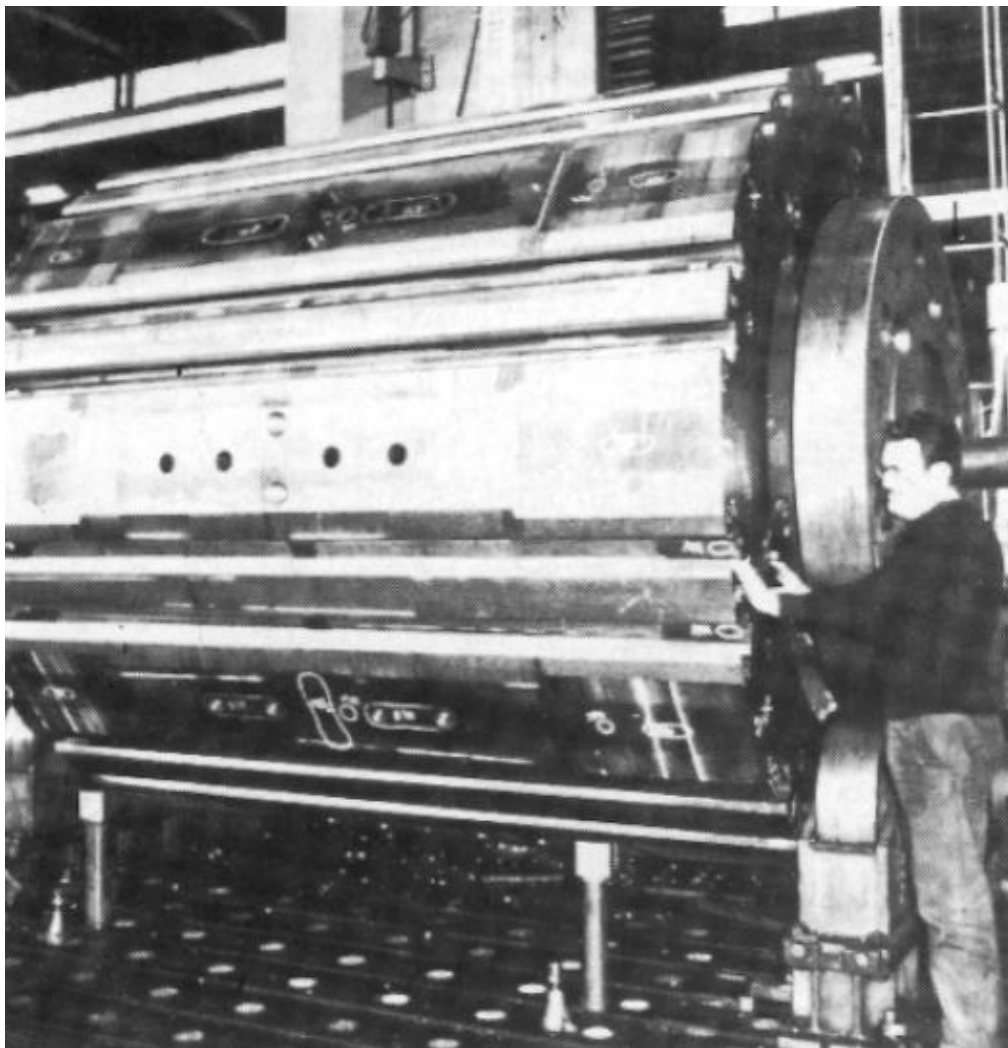


Figure II.9. – Rotor à jante en disques forgés

Pour les **basses et moyennes vitesses** conduisant à des diamètres plus importants, la jante est constituée par des segments de tôle de 1 à 3 mm d'épaisseur, couvrant plusieurs pas polaires (2 à 6), empilés avec chevauchement de un ou un demi-pas polaire d'une couche à l'autre et reliés entre eux par des goujons traversant, formant ainsi une chaîne continue résistant à l'éclatement par transmission des efforts d'une tôle à l'autre

Deux théories coexistent au sujet de la transmission de ces efforts :

Lorsque les tôles utilisées sont suffisamment minces (1 mm), et si aucun évent de ventilation n'est prévu dans la jante, le passage de la force d'éclatement d'une tôle à l'autre peut être assuré par le frottement si les tôles sont suffisamment serrées entre elles par les goujons et si l'on est assuré de la bonne conservation de ce serrage dans le temps ; dans ce cas, les goujons ne sont pas dimensionnés par l'effort de cisaillement exercé par les tôles, mais seulement par l'effort de serrage nécessaire.

Lorsque les tôles sont plus épaisses (2 à 3 mm), et surtout si l'on prévoit des évents de ventilation, le passage de l'effort d'éclatement d'une tôle à l'autre excède l'effort transmissible par frottement ; on est alors conduit à négliger le frottement et à dimensionner les goujons pour transmettre par cisaillement les efforts d'une tôle à l'autre ; le serrage n'a plus en ce cas qu'un rôle secondaire. Cette deuxième théorie est celle employée le plus généralement. Le schéma d'empilage est alors choisi de manière à annuler la résultante des moments de flexion sur les goujons, pour éviter le vrillage de la jante.

Il est intéressant de prévoir le découpage et le chevauchement des tôles de jante, de manière à ménager dans les espaces inter polaires des évents périodiques permettant de distribuer uniformément le débit d'air dans l'alternateur. Cette construction est impossible avec des jantes à anneaux massifs en acier forgé, mais, grâce aux progrès réalisés dans la métallurgie des tôles minces, nous disposons actuellement de tôles à haute résistance (limite élastique supérieure ou égale 600 à 700 MPa, par exemple), qui permettent de réaliser des alternateurs de grande vitesse périphérique et de mordre sur le domaine anciennement réservé à l'acier forgé. Ainsi, ces jantes en tôles minces empilées, dont l'usage était anciennement réservé aux alternateurs à basse vitesse, sont aujourd'hui indifféremment utilisées pour des alternateurs de 800 MVA à 90 tr /min et de 200 MVA à 375 tr /min et même pour des compensateurs synchrones de 300 Mvar à 900 tr/min, apportant leurs avantages de refroidissement uniforme. Il en résulte une telle amélioration du débit d'air et de sa répartition que les ventilateurs d'extrémité sont supprimés dans beaucoup de cas, la jante se comportant elle-même comme

un grand ventilateur centrifuge à action répartie, atténuant considérablement le gradient axial de la température.

La jante est montée sur le centre du rotor par un clavetage radial et tangentiel ; le clavetage radial était, jusqu'aux années 70, souvent effectué par enfoncement de clavettes biaises après chauffage de la jante par induction, la précontrainte ainsi obtenue permettant de maintenir le serrage à la vitesse de fonctionnement normale, mais l'utilisation de plus en plus fréquente d'un croisillon de rotor à disques, donc de forte rigidité tangentielle, permet de ne compter que sur le calage tangentiel et de laisser la jante sans serrage radial (jante flottante).

III.3.7.10. Croisillon du rotor :

Cette pièce, qui constitue la partie centrale du rotor, relie la jante à l'arbre. Dans les alternateurs rapides où la jante est constituée par l'arbre lui-même ou bien est frettée directement sur l'arbre, le croisillon n'existe pas ; dans les alternateurs de puissance et de vitesse moyennes, il n'est souvent constitué que par des bras courts ou des disques soudés sur l'arbre ; dans les grands alternateurs lents, le croisillon du rotor atteint de grandes dimensions excédant 10 m de diamètre et le diamètre du rotor de l'ordre de 17 m.

Dans ces cas, l'arbre lui-même n'existe pas au droit de l'alternateur et le croisillon du rotor est une vaste pièce mécano-soudée, divisée en éléments transportables réassemblés sur le site par boulonnage ou soudure. Le croisillon est relié à l'arbre soit par construction (soudure de nervures et de disques), soit par accouplement boulonné entre son disque inférieur et le plateau supérieur de l'arbre de la turbine ; il est relié à la jante par le clavetage déjà décrit.

III.4. Arbre, paliers et pivot :

Traditionnellement, l'**arbre** des alternateurs hydrauliques moyens est en acier forgé mais, dans beaucoup de cas, cet arbre n'existe plus au droit des parties actives de l'alternateur, le croisillon du rotor formant un corps creux rigide accouplé à sa partie inférieure à l'arbre de la turbine et portant éventuellement, à sa partie supérieure, un bout d'arbre pour le guidage ou l'entraînement d'une excitatrice. Les arbres de machines très puissantes à faible vitesse doivent transmettre de très forts couples. Ils sont parfois réalisés non plus en acier forgé massif, mais en tôle d'acier roulée et soudée sous laitier (figure II.10), ce qui utilise au mieux la matière en obtenant l'inertie maximale pour une section donnée.

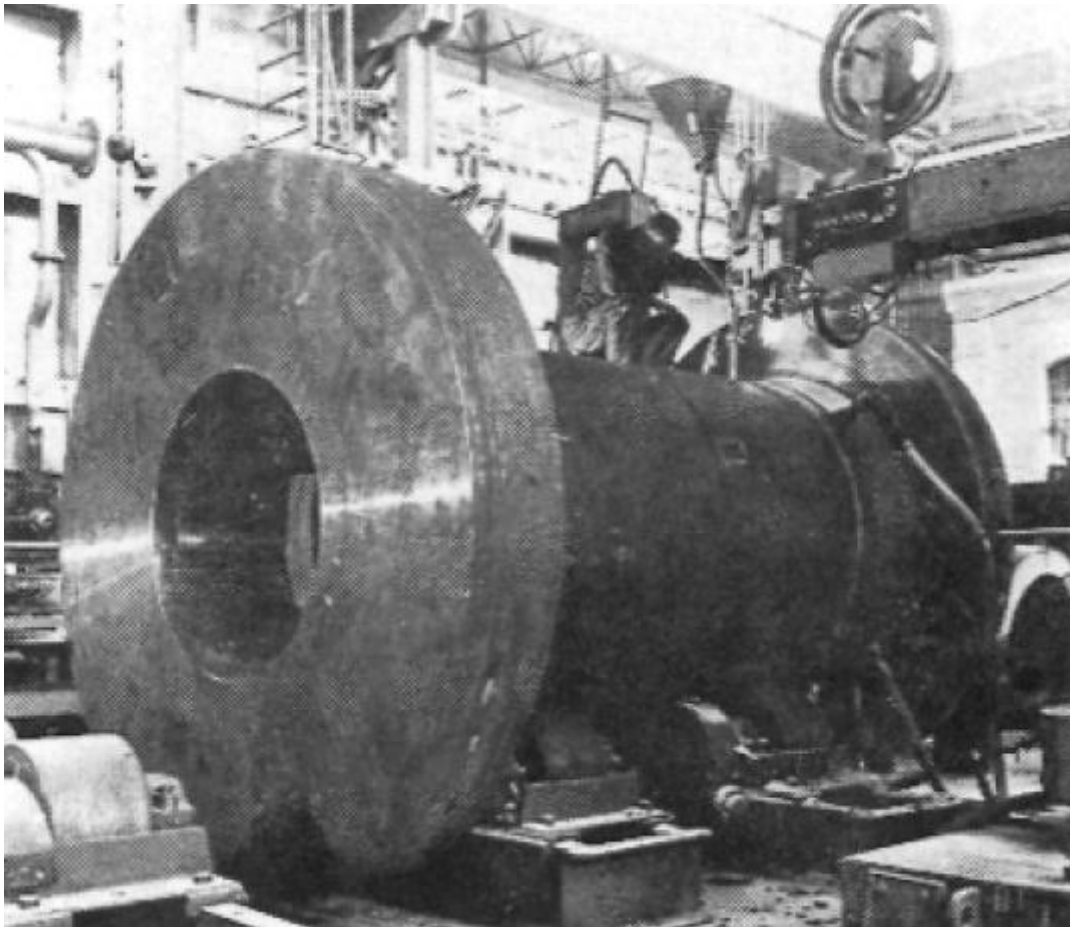


Figure III.10 : Arbre en tôle roulée-soudée pour alternateur de 255 MVA à 115 tr/min

Le nombre de **paliers** est fixé par la longueur de la ligne d'arbre et l'étude des vitesses critiques. Souvent, les grands groupes actuels sont à deux paliers-guides seulement, l'un au niveau de la turbine, l'autre au-dessus de l'alternateur. Les paliers-guides sont soit à bain d'huile et rampes hélicoïdales, soit à cuve tournante utilisant la pression donnée par le paraboloïde formé par l'huile en rotation dans la cuve ; pour les plus grands diamètres (supérieurs au mètre), on peut utiliser des paliers-guides à patins séparés, permettant de réduire le jeu diamétral. Le palier-guide supérieur est isolé électriquement pour éviter la circulation de courants parasites.

Le palier est auto-graisseur et l'huile est refroidie par circulation d'eau.

Dans le cas de lignes d'arbre à deux paliers, le **pivot** est généralement posé sur le fond de la turbine, sans croisillon inférieur, utilisant ainsi au mieux la structure naturelle du groupe et réalisant la hauteur totale minimale. Dans une structure plus ancienne, le pivot repose sur le croisillon inférieur de l'alternateur ; enfin, dans les groupes à vitesse élevée, le pivot repose

sur le croisillon supérieur de l'alternateur dont le diamètre modeste permet une rigidité élevée autorisant cette solution. Le pivot est constitué d'un grain mobile indéformable lié à la partie tournante reposant sur des patins fixes. L'équirépartition des charges sur les patins des pivots très chargés est assurée par une égale élasticité des supports de patins qui reposent soit sur un lit de ressorts, soit sur des cylindres à parois déformables remplis d'huile pour les pivots les plus chargés ; dans les pivots peu chargés (quelques centaines de tonnes), les patins reposent seulement sur des rotules formant leur empreinte dans une plaque d'appui ou sur des colonnettes légèrement déformables. Les plus grands pivots peuvent porter des charges de l'ordre de 3 000 t à des vitesses de 75 à 150 tr/min.

Freinage pour le petit alternateur le freinage est réalisé par des dispositifs à levier, qui agissent sur un volant situé au voisinage d'accouplement avec la turbine.

Pour les grands alternateurs le freinage est réalisé à l'aide des vérins munis de sabots à roture ; fixés sur le croisillon supérieur, agissant sur une jante de freinage, situé à la partie supérieure de la roue polaire et le freinage est obtenu par de l'air comprimé.

III.5. Excitatrice :

L'excitation d'un alternateur puissant constitue un de ses éléments les plus importants. En effet, le champ doit non seulement induire une tension appropriée, mais il doit aussi pouvoir varier rapidement lorsque la charge varie brusquement. La vitesse de réponse est un facteur important pour le maintien de la stabilité du réseau auquel l'alternateur est branché. Afin d'obtenir une réponse rapide on utilise deux excitatrices : une excitatrice principale et une excitatrice pilote.

L'excitatrice principale fournit le courant d'excitation de l'inducteur, habituellement par l'intermédiaire de balais et de bagues.

En régime normal, l'excitation est commandée automatiquement ; elle varie suivant les fluctuations de la charge pour garder la tension constante ou, encore, pour changer la puissance réactive débitée par l'alternateur.

Une perturbation grave sur un réseau peut occasionner une baisse subite de la tension aux bornes de l'alternateur.

L'excitatrice doit alors répondre très rapidement pour soutenir la tension. Par exemple, la tension d'excitation peut doubler par rapport à sa valeur nominale en 300 ou 400 ms, ce qui représente une réaction extrêmement rapide, si l'on considère que la puissance des excitatrices est de quelques milliers de kilowatts.

III.6. Dispositif de régulation du système d'excitation :

Il existe deux modes de régulation du système d'excitation :

- la marche manuelle
- la marche automatique

Ces deux modes de fonctionnement, sont assurés par le matériel suivant :

- Un rhéostat à commande électrique d'excitation de la principale RHE.
- Un rhéostat à man d'excitation de la pivote.

III.7. Refroidissement interne par air ou d'eau :

En ce qui concerne les alternateurs à basse vitesse, sont toujours plus gros que ceux de même puissance tournant à haute vitesse. Leur grosseur facilite le problème de refroidissement et ils sont généralement refroidis à l'air. Il suffit d'une bonne aération, complétée au besoin par un échangeur de chaleur à l'eau froide.

Le plus simple est le **refroidissement interne par air** soit au stator (certains groupes bulbes utilisent une circulation axiale d'air comprimé à l'intérieur des barres de l'enroulement), soit, plus fréquemment, au rotor par circulation d'air à l'intérieur des bobines axialement (groupes bulbes), radialement ou tangentiellement à travers de multiples perforations en nid d'abeilles, aménagées dans la bobine par l'utilisation d'un cuivre à profil dentelé périodiquement dans son épaisseur; ce dernier procédé est extrêmement efficace lorsqu'il est combiné avec une ventilation radiale par la jante.

Le **refroidissement par circulation d'eau** est naturellement le plus efficace de tous mais sa mise en œuvre exige un investissement supplémentaire qui n'est rentable que si le gain réalisé sur le dimensionnement de l'alternateur est substantiel. On constate fréquemment qu'il n'est pas possible de bénéficier des réductions de dimensions que permettrait théoriquement l'emploi de l'eau, car certaines caractéristiques de l'alternateur seraient alors détériorées d'une manière inadmissible.

L'**utilisation de l'hydrogène** n'offre pas les mêmes attraits que pour les turboalternateurs, car les pertes de puissance par frottement d'air sont relativement plus modestes et elle présenterait de grandes difficultés dues à la nécessité de construire une enveloppe résistant à l'explosion pour des diamètres importants.

Les appareils de commande et de contrôle sont groupés ensemble dans une salle d'où le personnel peut surveiller la marche des groupes générateurs.

Les appareils de signalisation et les appareils de commande à distance de l'excitatrice, du régulateur de vitesse et du disjoncteur de chaque groupe générateur sont montés sur un pupitre.

Les instruments de mesures, indicateurs et enregistreurs (voltmètres, ampèremètres, wattmètres, varmètres, wattheuremètres, fréquencesmètres, synchronoscopes, etc.), les régulateurs de tension ainsi que les relais de protection et les différents systèmes d'alarme sont réunis dans des armoires et panneaux de commande [4]

III.8. Transformateur :

Le transformateur est un appareil électrique très simple, mais il n'en constitue pas moins l'un des plus utiles. Le transformateur permet de modifier la tension et le courant dans un circuit. Grâce à lui, l'énergie électrique peut être transportée à grande distance de façon économique et distribuée dans les usines et les maisons.

Dans une central hydraulique on trouve à la sortie de générateur, un transformateur élève la tension produite à une valeur égale à celle des lignes de transport de l'électricité.

.

III.9. Organisation actuelle du niveau de maintenance d'une centrale hydraulique :

Maintenance préventive systématique : son domaine d'application dans une central hydraulique est très vaste tant dans leurs objectifs et leurs cadre qui dans le limites matérielles. Les domaines d'utilisation de cette forme de maintenance peuvent être répartis-en :

- les contrôles **de caractère réglementaire** et **les contrôle des obligations légales**. Ces contrôles obligatoires visent essentiellement à vérifier la sécurité de fonctionnement.
- les **petits travaux ordinaires** : pour ces taches, le rythme d'intervention systématique simplifie l'organisation et induit un automatisme dans les habitudes :
 - Les graissages et lubrifications selon les préconisations de constructeur et des conditions d'utilisation. Mais aussi le remplacement de petits éléments considère comme consommable tels que : filtres, courroies...
 - Nettoyages de machines, dans le but de favoriser l'examen et la recherche de petites anomalies

- Mise en conservation avant une période prolongée de non-utilisation, traitement contre la corrosion, peinture, entretien ordinaire.
- les **visites d'inspections** ou **révisions** quelle que soit leur portée.

III.9.1. Maintenance préventive conditionnel :

Tout organe a un comportement lorsqu'il remplit sa (ses) fonction(s). Quand celle(s)-ci se trouve(nt) modifiée(s), le comportement en est affecté. En maintenance préventive conditionnel, l'objectif est de détecter ces modifications de comportement. Cela induit un suivi et une surveillance intimes et quasi continus du matériel.

Parmi les principaux symptômes remarquables on trouve :

-des modifications physiques liées à l'usure, la rupture (perte de la fonction), la colmatage, l'empoussièrement, le poids, la pression, les contraintes mécaniques et thermiques, la géométrie.

-des modifications de positions dues à des rotures (séparations des composantes), des modifications de dimensions, des écarts entre composants, de variations de niveau, tassement, un affaissement, des effets des contraintes thermiques (dilatation).

-des modifications de caractéristique électriques telles que la tension, l'isolation, l'intensité.

-des modifications du comportement telles que les vibrations, les chocs, la température, les dégagements d'odeurs.

III.9.2. Maintenance corrective :

La maintenance corrective regroupe les opérations visant à remettre en service un système défaillant. Les coûts d'une opération de maintenance corrective sont donc généralement plus élevés que les coûts d'une intervention préventive qui aurait évité la défaillance.

III.10. Critique :

A partir d'une analyse des approches de maintenance on constate qu'il faut toujours éviter, dans une centrale hydraulique, d'attendre la maintenance corrective, ce qui nécessite une étude de la politique de maintenance. Pour cela, nous allons voir la méthode AMDEC.

CHAPITRE IV :
APPLICATION DE
L'AMDEC SUR CENTAL
HYDRAULIQUE

CHAPITRE IV : Application de l'AMDEC

IV.1 Introduction

L'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) et l'analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) sont des méthodes d'analyse de la fiabilité qui permettent de recenser les défaillances dont les conséquences affectent le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée.

Si on identifie tout ce qui ne pourrait pas fonctionner dans les systèmes et si on peut éliminer les causes probables des défaillances que peuvent survenir, tous les systèmes fonctionneraient alors correctement, sans arrêt, dans une optique qualité total.

En règle générale, toute défaillance ou tout mode de défaillance d'un composant altère le fonctionnement du système. L'étude de fiabilité, de la sécurité et de la disponibilité d'un système fait appel à deux types d'analyse complémentaires.

IN.2 L'AMDEC

L'AMDEC a été créée aux Etats-Unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et a été mise au point par NASA et le secteur de l'armement sous le nom de FMEA pour évaluer l'efficacité d'un système. Dans un contexte spécifique, cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. A la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, et d'autres grands constructeurs automobiles.

L'AMDEC est une méthode qualitative et inductive (qui définit une règle ou une loi) à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser (norme AFNOR X 60-510 de décembre 1986).

IV .2.1 Type d'AMDEC et définitions

Il existe plusieurs types d'AMDEC, parmi les plus importants, mentionnons :

- L'AMDEC –*organisation* s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires : du premier niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système de production, le système personnel, le système

marketing et système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail.

- L'AMDEC *–produit* ou l'AMDEC- *projet* est utilisée pour étudier en détail la phase de conception du produit ou un projet. Si le produit comprend plusieurs composants on applique l'AMDEC- *composant*.
- L'AMDEC *processus* s'applique à de processus de fabrication. Elle est utilisée pour analyser et évaluer la criticité de toutes les défaillances, potentielles d'un produit engendrées par son processus,
- L'AMDEC *–moyen* s'applique à de machines, des outils, des équipements et appareils de mesure, des logiciels et de système de transport interne.
- L'AMDEC *–service* s'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service corresponde aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillances.
- L'AMDEC *–sécurité* s'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci.

IV .3. L'ANALYSE DES DEFAILLANCES

Il s'agit d'identifier les schémas du type :



La cause

C'est l'anomalie qui conduit au mode de défaillance.

La défaillance est un écart par rapport à la norme de fonctionnement.

Les causes trouvent leurs sources dans cinq grandes familles. On en fait l'inventaire dans des diagrammes dits "diagrammes de causes à effets"

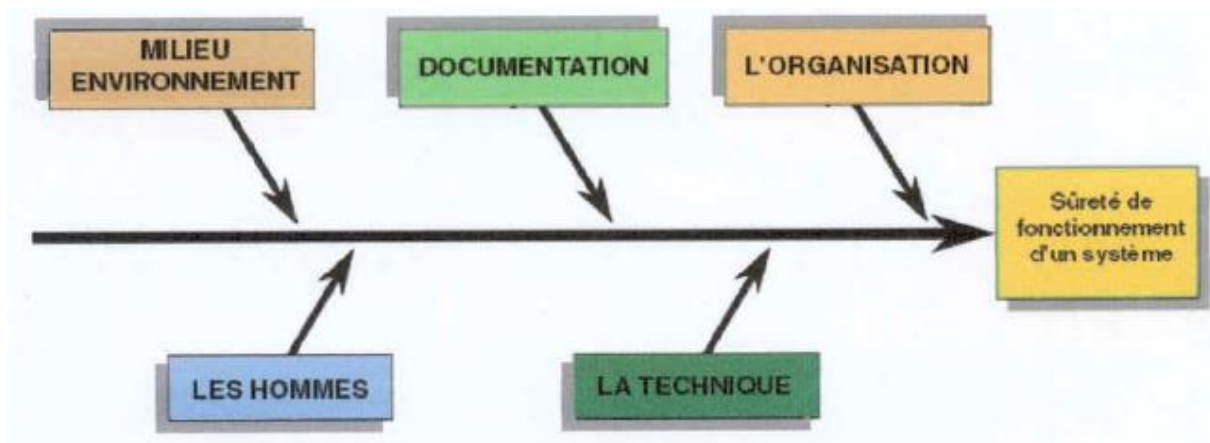


Diagramme cause et effet

Chaque famille peut à son tour être décomposée en sous-familles.

Un mode de défaillance peut résulter de la combinaison de plusieurs causes.

Une cause peut être à l'origine de plusieurs modes de défaillances.

Définitions d'un mode de défaillance, d'une cause de défaillance et de l'effet de cette défaillance :

Par **défaillance** on entend simplement qu'un produit, un composant ou un ensemble :

- Ne fonctionne pas
- Ne fonctionne pas au moment prévu ;
- Ne s'arrête pas au moment prévu ;
- Fonctionne mais les performances requises ne sont pas obtenues

Le mode de défaillance est la façon dont un produit, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Voici quelques exemples pour illustrer cette définition :

- Déformation ;
- Vibration
- Coincement ;
- Desserrage ;
- Corrosion ;
- Fuite ;
- Perte de performance ;
- Flambage ;

- Ne s'arrête pas ;
- Court-circuit ;
- Ne démarre pas ;
- Dépasse la limite supérieure tolérée, etc.

Une **cause de défaillance** est évidemment une cause qui conduit à une défaillance. On définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considérée comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, en déceler les effets secondaires et prévoir des actions pour pouvoir la corriger. Les effets d'une défaillance sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisateur final du produit ou service.

L'effet

L'effet concrétise la conséquence du mode de défaillance.

Il dépend du point de vue AMDEC que l'on adopte :

- effets sur la qualité du produit (AMDEC procédé),
- effets sur la productivité (AMDEC machine),
- effets sur la sécurité (AMDEC sécurité).

Un effet peut lui-même devenir la cause d'un autre mode de défaillance.

IV .4. Les aspects de la méthode AMDEC

Il existe deux aspects **qualitatif** et **quantitatif**.

L'aspect *qualitatif* de l'étude consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié, de rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.

L'aspect *quantitatif* consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle. Le but de cette estimation est l'identification et hiérarchisation des défaillances potentielles. Celles-ci sont alors mises en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillance par ordre décroissant, facilite de

rechercher et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes de défauts potentiels.

IV .4.1. L'étude quantitative

Il s'agit d'une estimation de l'indice de criticité du trio cause-mode-effet de la défaillance potentielle étudiée selon certains critères. Plusieurs critères peuvent être utilisés, pour déterminer cet indice. Souvent dans la pratique on considère qu'une défaillance est d'autant plus importante si :

- Ses conséquences sont graves ;
- Elle se produit souvent ;
- Elle reproduit et on risque de ne pas la détecter.

Dans le pratique on attribue trois notes-chacune sur une échelle de 1 à 10- pour chaque trio cause-mode-effet :

- La note **G**-*gravité de l'effet*- les conséquences sur le client/utilisateur
- La note **O**- *la probabilité d'occurrence* – la fréquence d'apparitions
- La note **D** – *la probabilité de non-détection* – le risque de non-détection

L'indice de criticité (**C**) s'obtient en multipliant ces trois notes précédentes soit celle de la gravité, de la probabilité d'occurrence et de la probabilité de non-détection :

$$C = G \times O \times D$$

III .4.2. La recherche des actions préventives /correctives

Après le classement des différents modes de défaillances potentielles d'après les indices de criticité, le groupe désigne les responsables de la recherche des actions préventives ou correctives. Les outils tels que le diagramme causes-effet, le travail en équipe, doivent être appliqués pour une recherche efficace. En pratique, le groupe de travail s'attache à réduire l'indice de criticité pour les actions que visent :

- La réduction de la probabilité d'occurrence (exemple: par la modification de la conception du produit ou du processus).
- La réduction de la probabilité de non-détection (exemple : par la conception du processus ou par modification du système de contrôle.
- La réduction de la gravité de l'effet de défaillance (exemple : par la modification de la conception)

IV .4.2. a) L'Analyse Préliminaire de Risque (APR), approche fonctionnelle :

L'approche fonctionnelle a pour objet d'étudier les conséquences de chaque mode de défaillance, elle est donc effectuée pour chaque fonction de du système dans chaque situation de vie.

Par mode de défaillance on entend :

- l'absence de fonction a la sollicitation (ça ne marche pas).
- la perte de fonction en fonctionnement (ça ne marche plus)
- le fonctionnement dégradé (ça marche mal)
- le fonctionnement intempestif (ça marche alors qu'on a rien demandé)
- le fonctionnement intermittent (ça s'arrête et ça marche tout seul).

IV .5. DÉFINITION DES ÉVÉNEMENTS**IV .5.1. Événement redouté**

L'événement redouté est l'événement indésirable pour lequel nous faisons l'étude de toutes les causes qui y conduisent. Cet événement est unique pour un arbre de défaillances et se trouve au "sommet" de l'arbre. Avant de commencer la décomposition qui permet d'explorer toutes les combinaisons d'événements conduisant à l'événement redouté, il faut définir avec précision cet événement ainsi que le contexte de son apparition.

IV .5.2. Événements intermédiaires

Les événements intermédiaires sont des événements à définir comme l'événement redouté. La différence avec l'événement redouté est qu'ils sont des causes pour d'autres événements.

IV .5.3. Événements élémentaires

Les événements élémentaires sont des événements correspondants au niveau le plus détaillé de l'analyse du système. Dans un arbre de défaillances, ils représentent les défaillances des composants qui constituent le système étudié. Pour fixer le niveau de détail de notre étude, nous considérons en général que les événements élémentaires coïncident avec la défaillance des composants qui sont réparables ou interchangeables

IV .6. MÉTHODOLOGIE DE LA RÉALISATION D'UNE AMDEC

IV .6.1. Choix du sous-système à étudier et des objectifs à atteindre

Il s'agit au départ de choisir et de délimiter l'étude à mener, en fonction des objectifs fixés (atteindre une valeur de disponibilité donnée, ou seulement « déverminer » les plus gros problèmes potentiels) et du délai accordé. Remarquons que l'AMDEC se prête à des « zooms » successifs : de l'ensemble des fonctions d'une pelle mécanique, on peut se limiter à l'étude des pertes de fonctions hydrauliques, puis à celle d'un sous-système donné, puis à celle d'un simple vérin

IV .6.2. Constitution du groupe de travail

Sa composition dépendra des expertises requises en fonction des technologies présentes. Il faudra également définir le mode de fonctionnement du groupe, et en particulier la fréquence, la durée des réunions et le délai.

IV .6.3. Mise au point de la fiche d'analyse

Sur un tableau, il faut définir les « lignes » (les composants) et les « colonnes » nécessaires (AMDE ou AMDEC) réparties en quatre grandes familles : analyse fonctionnelle, analyse de défaillance potentielle, estimation de la criticité et mesures à appliquer. Prenons un exemple standard de feuille AMDEC (tableau).

Analyse fonctionnelle**• Colonnes 1 et 2**

Les colonnes 1 et 2 se déduisent de l'analyse fonctionnelle préliminaire nécessaire à la conception du système. Elles reprennent la liste des sous-ensembles ou des composants du système étudié, avec leurs fonctions associées.

Analyse des défaillances potentielles**• Colonne 3 : modes de défaillance**

Elle se déduit de la colonne 2 par identification des dégradations et des pertes de fonction envisageables. 33 modes de défaillance génériques sont proposés dans la norme AFNOR

X60-510 (voir tableau 3).

• Colonne 4 : causes de défaillance

Elle se déduit de la colonne 3 ; à un mode de défaillance peuvent être associées plusieurs causes.

• Colonnes 5 et 6 : effets de la défaillance

Elles se déduisent de la colonne 3, les effets étant envisagés localement au niveau du sous-système étudié (colonne 5), et globalement comme conséquences possibles sur la mission du système et sa sécurité (colonne 6).

Analyse de la criticité de chaque mode de défaillance**• Colonnes 7, 8 et 9**

- **G** est l'indice de gravité. Il s'évalue à partir des effets (colonne 6) par une note estimée de 1 (mineur) à 5 (catastrophique). Suivant les systèmes, la gravité « relative » peut s'estimer sur plusieurs critères : sécurité des personnes, des biens, défauts de qualité, perte de disponibilité, pénalisation de la production, etc.

- **O** est l'indice d'occurrence. Il s'évalue à partir des probabilités des causes (colonne 4) par une note estimée de 1 (improbable) à 5 (fréquent). Il est parfois possible de faire correspondre ces indices à des valeurs chiffrées. Par exemple, estimer **O** en fonction du taux de défaillance λ exprimé en panne/heure.

- **D** est l'indice de non-défectabilité. Il s'évalue à partir du mode de défaillance (colonne 3) par une note estimée allant de 1 (la dégradation « qui prévient ») à 4 (défaillance soudaine).

IV .7. LES ACTIONS

La finalité de l'analyse AMDEC, après la mise en évidence des défaillances critiques, est de définir des actions de nature à traiter le problème identifié.

Les actions sont de 3 types :

IV .7.1 Actions préventives :

On agit pour prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise, pour l'empêcher de se produire. Ces actions sont planifiées. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence.

IV .7.2. Actions correctives :

Lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes rapide.

IV .7.3. Actions amélioratives :

Il s'agit en général de modifications de procédé ou de modifications technologiques du moyen de production destinées à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement.

Les actions, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un suivi :

- plan d'action,
- désignation d'un responsable de l'action,
- détermination d'un délai,
- détermination d'un budget,
- révision de l'évaluation après mise en place de l'action et retour des résultats.

IV .7. LES MODES DE DÉFAILLANCE GÉNÉRIQUES

La norme AFNOR X 60510 propose une liste de 33 modes de défaillance relatifs aux parties « commande », indiqués dans le tableau.

1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique ou coincement	20	Ne démarre pas
3	vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Fonctionnement après le délai prévu (retard)
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)
7	Défaillance en position ouverte	25	Entre erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	26	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	27	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	28	Perte de l'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	29	Perte de la sortie
12	Dépasse la limite inférieure tolérée	30	Court-circuit (électrique)
13	Fonctionnement intempestif (inopportun)	31	Court-ouvert (électrique)
14	Fonctionnement intermittent (discontinu)	32	Fuite (électrique)
15	Fonctionnement irrégulier	33	Autres conditions de défaillance exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles
16	Indication erronée		
17	Écouillement réduit		
18	Mise en marche erronée		

Tableaux de mode de défaillance relatifs au partie commande

IV.8. AMDEC

Dans ce paragraphe on présente les analyses AMDEC pour différents éléments d'une centrale hydraulique. La colonne « criticité » n'est pas prise en compte par défauts d'information :

Analyse Fonctionnelle		analyse de défaillance					Estimation de criticité				Mesures
composant		fonction	Mode de défaillance	causes	Effet local	Effet système	gravité	occurrence	Non détection	Criticité (indice)	Mesures envisagées
Nom	Repaire										
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

III.8. L'AMDEC pour la turbine :

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPÉRATEUR	CRITICITÉ
TURBINE	Aubage	Recevoir le jet d'eau et transformée en couple et puissance mécanique sur l'arbre de la turbine.	Diminution de rendement de la turbine, vibration -arrachement de métal	-Vitesse disproportionnel de débit d'eau - Erosion l'impact d'un fluide ou de particules solides en suspension	-Vibration, bruit	-Visuel, -auditif	-Soudage ou métallisation -Remplace la turbine si nécessaire	
	Roue	Fixation des aubes et transmettre l'énergie mécanique au arbre de la turbine	Usure ou rupture de la roue	Pénétration de corps solide surtout pendant le démarrage du groupe	Erosion de roue, apparition de phénomène d'usure prématuré	Vibration, bruit	Installation de filtre,	
	-Palier de turbine	Guider et protéger l'arbre de turbine	- Echauffement exagéré - température Huile élevée	-Mauvais refroidissement	Déformation de matériel,	-Thermostat -Protection de température Huile Palier Turbine	-regarde circuit de refroidissement	

III.8. L'AMDEC pour la turbine

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Criticité
turbine	Arbre	Transmettre le mouvement de rotation	Usure au niveau de portées de roulements -cassure -état de la liaison avec clavette	Manchon de roulement desserré ; -Roulements usés -usure rainure ; -clavette lâchée ou usée	Mauvais transmission -pas de transmission -battement	-visuel -vibration	-remplace la clavette ou l'arbre s'il est usé	
	frein	-Arrêter la transmission	-Retard freinage	-Usure garniture	-Glissement ; -échauffement	-visuel	Remplacement si ce nécessaire	
	Vane	Régulation de débit d'eau dans turbine (du côté servo-moteur)	-Echauffement d'huile cause par débouchage de tube d'huile -blocage	-Survitesse et température huile palier alternateur élève - Surcharge au niveau du transformateur	Déclanchement de relais de protection -bruit, vibration	-Vérification du circuit d'eau de refroidissement d'huile palier alternateur (bon) -Augmenter la valeur de réglage de thermostat d'huile palier alternateur.	-nettoyage de circuit de refroidissement	

III.8. L'AMDEC pour l'Alternateur

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Criticité
Alternateur	Palier de l'alternateur	-guider l'arbre en rotation	-Usure /cassure	-Court-circuit dans le bobinage, problème de refroidissement - changement des caractéristiques du thermostat d'huile palier turbine	-Manque de moyens de production	Déclanchement de thermostatique place dans les paliers de l'alternateur	Rembobinage, vérification de circuit de refroidissement -Réétalonnage du thermostat -huiler palier turbine	
	-Collecteur		-Diminution de la puissance de l'altérer	-usure	-Diminution de tension	-visuel	-Remplacement de collecteur	
	-bobine	-Crée les champs magnétique	-Déchirures des isolants et des reprises d'isolation -Soudage à la baguette d'argent des conducteurs en cuivre sectionnés	-Fatigue des isolants -surchage	échauffement -surchage	-thermostat -détection visuel dans une visite	-Dénudage de la partie développante zone d'usure -Montage des capots d'isolation avec remplissage au résine-Mica poudre	

III.8. L'AMDEC pour l'Alternateur

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Criticité
Alternateur	-bobine	-Crée les champs magnétique	-Déchirures des isolants et des reprises d'isolation. -Soudage à la baguette d'argent des conducteurs en cuivre sectionnés	-Fatigue des isolants	-échauffement	-thermostat -détection visuel dans une visite	-Dénudage de la partie développante zone d'usure -Montage des capots d'isolation avec remplissage au résine-Mica poudre	
	-L'isolation	Protéger contre le court-circuit ou défaut phase-massa	-Rupture d'enroulement du stator	-Cause électrique : -isolation mal imprégnée, - décharges superficielles, -pénétration d'humidité)	Incendie	-Thermostat	Isolation de fil	
	-Bague	-guidage, -protège la rue contre l'usure	Arrachement de matière	-Fatigue, -Usure, -Usure de charbon	-Etincelé	-Visuel, -Etincelé,	-remplacement de bague usée	

III.8. L'AMDEC pour l'Alternateur

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Criticité
Alternateur	-Charbon	charbons (ou balais) assurent la transmission du courant d'excitation.	-Crie des étincelé	-Fatigue, usure,	Echauffement Destruction des isolants	-Visuel, arrêt de service	- Remplacement de charbon usé	
	ventilateur	refroidissement	Fréquence de refroidissement très faible	-usure roue à aube	Echauffement	-bruits ; -vibrations ; -dégradation de l'état du rotor	Vérifier l'état du rotor Vérifier l'état d'aubage	
	-Conducteur	Passage de courant	-Masse du stator	-Contacte entre deux fils de bobine FALLOU -Courant important,	détérioration de matériel	- Déclanchement de relais de protection	-Isole le neutre de stator	
			-Echauffement de conducteur	-Court-circuit, arrachement de fil -(bobine dénudée	Déclanchement de thermostat	-thermostat -visuel		

III.8. L'AMDEC pour l'Alternateur

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Criticité
Alternateur	-spires du rotor	Produire la force magnétique	-Court-circuit entre spires du rotor	-Dégradation de l'isolation	-Dégradation de l'isolation. Fusion des conducteurs (voir perte d'excitation)	Signalisation sonore ou visuel provoque par les actions se relais et disjoncteur	-rembobinage	
	-Mise a masse le stator d'alternateur	Pour détection de courant	-Neutre non isole circulation de courant de défaut	-Neutre non isole	-Incendie danger pour les matériels et personnel	-Ouverture de relais	-Installation de protection FALLOU	
	Chemise de protection d'arbre	Protège l'arbre contre l'usure aux endroits presse-étoupes	Usure	Frottement plus forte	Perte de rendement, bruit	Visuel	Remplacement de la chemise de protection d'arbre	

III.8. L'AMDEC pour l'Alternateur

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Criticité
Alternateur			surcharge	-surcharge suivi d'un Maxi	Déclanchement de organe de protection, « arrêt de service »	Déclanchement de relais de protection - signalisation visuel ou sonore	- Réglage de l'excitation en modifiant les valeurs de réglage des rhéostats d'excitation	
			-surtension	-un défaut de fonctionnement de la régulation de tension de l'alternateur -un fonctionnement de groupes hydrauliques en antenne sur des lignes peu chargées.	augmentation de voltage	-Thermostat		

III.8. L'AMDEC pour l'Auxiliaires

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Critic ité
Système de refroidissement	-pompe	-régule le débit d'eau pour le refroidissement	-défaut sur le débit	-Mauvais fonctionnement pompe de gavage ; -joints défectueux ; -roulement usés ; -bouchage -fuite	-échauffement de « turbine, ou alternateur ou transformateur -Cout relativement faible	-Bruit, -Fuit d'eau	Remplacement, -rechange les pièces come joints, roulement	
	-Pompes d'épuisement	Alimentation de bassin d'eau	-Echappement d'eaux	-Mauvaise fonctionnement de Protection de pré inondation -usure de joint	- arrêt instantanée de la pompe de régulation -surtension et déséquilibre surtension et déséquilibre	-l'apparition des signalisations suivantes : - Au niveau de turbine : -Surtension -Déséquilibre de charge	- l'arrêt de la pompe de régulation d'huile en service dès l'impulsion d'arrêt	
	-Les Echangeurs	-Baisser la température de l'huile	-colmatage de tube -fuites dans le faisceaux	-présence de corps en suspension ; -Entartrage des faisceaux -Usure	-Mauvaise refroidissement -Fuites d'eau	-thermostat -visuel	Nettoyage de tube -soudure -vérifié et remplace si nécessaire les joins	

III.8. L'AMDEC pour les Auxiliaires

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Critic ité
Système de refroidissement	Pompe à injection	Alimentation des injecteurs	-Le moteur ne marche pas ; -excès de fumée noire	-débit d'injection trop grande -Avance à l'injection	-mauvaise combustion -compression faible	Capteur	Réglage de la pompe d'injection	
		-régule le débit d'eau pour le refroidissement	-défaut sur le débit	-Mauvais fonctionnement pompe de gavage ; -joints défectueux ; -roulement usés ; -bouchage -fuite	-échauffement de « turbine, ou alternateur ou transformateur -Cout relativement faible	visuel	Remplace les joint ; -remplacement de roulement vérifie le circuit de l'eau	
			Usure rapide de (chemises, tiges, pistons capets, ressorts de clapets, roulement)	usure	Baisse de rendement de pompe, faible pression, temps de réponse très élève	visuel	-changement de roulements usés de l'arbre de transmission, -réparation ou changement des glisseurs ;	

III.8. L'AMDEC pour les auxiliaires

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Criticité
des Auxiliaires	-poulie	Transmettre de la puissance	-usure gorge -cassure franc -état de liaison poulie-arbre	-frottement -choc -corps étrangers -rainure usée -clavette délogée ou matée	Glissement ; -échauffement -déséquilibre du système -pas de transmission ; -usure alésage	-visuel	-remplace -serrage,	
	-dentures	-Transmettre le couple par engrainement	-usure -cassure	-mauvaise lubrification -usure roulements -fatigue	-Bruits ; -transmission difficile	-bruits -visuel	Remplacement	
	Batterie	Stockage de l'énergie électrique pour le démarrage	Batterie déchargée et ne se charge plus	Batterie défectueuse	Impossible de démarre le groupe		Remplacement de batterie	

BLOC	IDENTIFICATION DU COMPOSANT	FONCTIONS	MODES DE DEFAILLANCES	CAUSES POSSIBLES D'UNE DEFAILLANCE	Effet	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS DE L'OPRATEUR	Criticité
des Auxiliaires	Palier de roulement	Guidage, Protection	L'usure de billes, les chemins de bagues, des cages, le coincement des roulements par l'usure du cops	-absences de graissages ou graissage insuffisant, - la montage incorrect de roulement et vibration du rotor	Echauffement des roulements	Capteur	Révision des roulements, nettoyés, les roulements et le contrôle, Remplace les roulements si le jeu entre les billes et le bagues dépasse 0,1 mm	

Remarque : je n'ai pas réussi à avoir de données pour pouvoir calculer la criticité de chaque composante.

IV.8. Conclusion

L'AMDEC est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences.

Les résultats d'analyse sont les actions prioritaires à entreprendre pour diminuer significativement les risques de défaillances potentielles. Le repérage des points potentiellement fragiles du pont de vue fiabilité et la mise en évidence de défaillances probables et évaluées en criticité conduisent à apporter remède et corrections avant l'apparition d'une anomalie.

V .1. Introduction :

Après avoir appliqué l'AMDEC nous avons identifié les points critiques de l'installation. La politique de maintenance que nous proposons concerne principalement des éléments critiques, en l'occurrence le système de graissage, la turbine ainsi que les auxiliaires.

V .2. La Méthodologie :

Si une machine est en panne il ne faut pas commencer à remplacer les pièces pêle-mêle jusqu'à ce qu'il trouve peut-être la panne, après avoir gaspillé le temps et l'argent.

Il faut réfléchir, déterminer tous facteurs et les étudier jusqu'à ce que l'on trouve exactement la panne. Après il faut vérifier son diagnostic par un contrôle et ensuite commencer à remplacer les pièces.

En raison de la complexité des systèmes hydrauliques actuels, la méthodologie de recherche et contrôle sont nécessaires. Une bonne connaissance de la situation actuelle évite des objectifs trop ambitieux ou mal définis.

Le schéma général de la méthode de matérialisation d'un objectif peut se présenter ainsi :

Phase 1 : Bilan affiné de la situation actuelle sur l'aspect directement concernés par les objectifs a priori retenus

Phase 2 : Estimation des écarts entre la situation actuelle et les objectifs chiffrés bien attendus.

Phase 3 : En fonction de ces écarts et des moyens disponibles, élaboration d'un classement des objectifs et d'un calendrier de mise en œuvre.

Phase 4 : Développement d'une stratégie pour la réalisation des objectifs.

Lors de la 2^{ème} phase, il est important de rechercher les recoupements possibles entre deux ou plusieurs objectifs. Exemple : amélioration du niveau de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité, ces trois critères étant étroitement liés.

V.2.1. Les objectifs :

Les objectifs dépendent de quatre principaux critères sur lesquels repose le fonctionnement du service : humain, opérationnel, économique et organisation.

Ils se déclinent suivant les trois points de vue :

Opérationnel	Economique	Organisation
Niveaux de fiabilité	Niveaux de sécurité	Type de maintenance
Niveau de disponibilité	Maitrise de coûts	Charge de travail
Etat général des systèmes	Renouvellement	Niveau de préparation
Niveau des interventions		Niveau de préparation
Durée de niveau de vie rendement		

Tableau : *Exemples de thèmes d'objectifs*

Dans leurs réflexions, les responsables (maintenance, production, etc.) en charge de la définition de la politique de maintenance doivent, parallèlement à ces trois points de vue, considérer l'aspect temporel des mesures envisageables. Pour un matériel donné, il ne suffit pas d'opter pour une forme de maintenance, une technique particulière ou un dosage de maintenance corrective / maintenance préventive systématique par exemple. Encore est-il nécessaire d'envisager la durée sur laquelle ce choix sera économiquement et techniquement avantageux.

Se pose alors le problème de durabilité et du renouvellement en fonction des conditions économiques du moment et de l'avenir à plus ou moins long terme.

V .2.2. Importance des objectifs :

L'élaboration de la politique de maintenance repose avant tout sur la précision de la définition des objectifs. Plus ceux-ci sont convenablement et clairement inventoriés et plus la construction sera aisée à déterminer.

Le préalable indispensable à la définition des objectifs est une parfaite connaissance de la situation initiale dans toutes ses caractéristiques :

-moyens humains (effectifs, compétences, disponibilité, formations envisageables, etc.)

-moyens financiers (actuels, futurs, à court, moyen ou long terme...);

- moyens techniques (diversité, quantité, états, futurs, taux d'engagement...);
- parc des matériels concernés (effectifs actuel et futur, taux d'engagement, complexité...);
- maintenance pratiquée (formes de maintenance, expériences, documentation, circulation et archivage de l'information...)

Une fois la situation actuelle parfaitement connue, il faut ensuite identifier les « pourquoi » et « vers quoi » de l'évolution souhaitée. Le recours à un questionnaire large ciblé et élaboré en concertation avec tous les acteurs concernés permet, par des réponses aussi précises que possible et de préférence chiffrées, de mettre en évidence les objectifs recherchés.

Suivant l'objectif global recherché, certains critères sont plus déterminants. Un coefficient peut alors modifier leurs "poids" par rapport aux autres d'une importance moindre.

Bien entendu, malgré des tolérances acceptées pour les critères pris en compte, il n'est jamais possibles de répondre favorablement à tous. Il est alors nécessaire d'opérer au mieux des compromis sinon des choix.

V.2.3. Choix de méthode de maintenance :

Le choix de méthode de maintenance la mieux appropriée est fort logiquement un des objectifs prioritaire. De toute évidence, pour un système complet, la substitution d'une maintenance corrective par une maintenance préventive systématique n'est pas raisonnablement envisageable et l'est encore moins pour un parc de machine limité. La mutation doit donc s'opérer partiellement, progressivement et ce suivant l'aspect financier qui est déterminant.

On recherche donc quelle est la « qualité » judicieuse de la maintenance préventive systématique permettant à la fois une diminution de charge de travail, une économie un meilleur comportement fonctionnel du système bénéficiaire.

Il est indispensable de considérer la situation sur sa globalité et de prendre en compte tous les paramètres liés au changement de situation.

Dans une centrale hydraulique on a en réalité, 2 cas sensiblement différent se distinguent :

V.2.3.a) situation sans données :

C'est le cas le plus délicat lorsqu'il n'existe aucune trace exploitable du comportement réel d'un système ou simplement d'un organe. Les éléments permettant de choisir la forme de maintenance sont : Les recommandations du constructeur, ainsi que des déductions d'analyses AMDEC ou des arbres de défaillances

V .2.3.b) Situation avec données historiques :

Avant tout les données doivent être fiables c'est-à-dire précises, détaillées, complètes et sur tout enregistrées avec rigueur.

Il est possible de calculer la MTBF propre au système étudié et calculer à partir des événements passés lors de conditions réelles d'exploitation.

L'utilisation d'un outil mathématique tel que les lois normales, exponentielle, de Weibull permet alors de calculer la MTBF.

La connaissance de la MTBF permet au moins en tenant compte de la distribution des défaillances d'estimer une périodicité d'intervention systématique (pour remplacement, nettoyage, contrôle, visite, etc.)

Ce rythme d'intervention peut être fixé en fonction :

- D'une fiabilité souhaitée $R(t)$;
- Des disponibilités de matériel ;
- De la charge de travail et de la disponibilité du personnel .

V.3. Application :

V.3.1. Système de graissage :

Dans ce parti, nous nous sommes intéressés principalement au circuit hydraulique de refroidissement qui comprend :

- D'un réservoir source de liquide (puits)
- D'une pompe (centrifuge).
- D'un réservoir de stockage (citerne)
- D'une tuyauterie qui relie les différents constituants
- Une vanne de réglage de débit placé sur la conduite de refoulement
- Une crépine + un clapet de pied placés à l'extrémité basse de la conduite d'aspiration.
- Un clapet de retenu placé à la sortie de la pompe pour empêcher le retour du liquide, il est utilisé pour des grandes hauteurs de refoulement.

V.3.1.a) Recommandations journalières :

-Vérifier le niveau d'huile du réservoir. Si nécessaire ajouter de l'huile pour établir le niveau à une valeur correcte. Il est recommandé d'employer de préférence un groupe de transfert équipé d'un filtre.

-Vérifier l'aspect de l'huile : la présence de mousse à la surface indique qu'une entrée d'air se produit, soit à la pompe (joint de passage d'arbre, joints de fonds) ou sur la ligne d'aspiration aux raccordements. Un aspect trouble est l'indice de présence d'eau. La présence de mousse s'accompagne souvent d'un fonctionnement bruyant de la pompe.

- Noter tout début de fuite apparaissant sur un appareil ou sur une tuyauterie.

- Vérifier l'encrassement des filtres non immergés (voir indicateur de colmatage s'il existe). Pour les filtres montés en dérivation, relever les indications des manomètres à l'entrée et à la sortie des filtres.

- Noter la température d'huile : une variation importante peut avoir sa source dans l'encrassement du faisceau tubulaire de l'échangeur ou bien du filtre à eau monté sur la ligne

d'alimentation de l'échangeur ou bien encore d'un défaut d'alimentation du réseau ou d'un défaut de fonctionnement de la soupape thermostatique.

- Vérifier l'alimentation des électro-distributeurs.

- Relever les pressions de fonctionnement et corriger tout tarage qui aurait pu être dérégulé. Vérifier sur les pompes munies d'un drainage qu'aucune élévation de température de la tuyauterie de drain ne se manifeste. Cela dénote des fuites excessives.

V .3.1.b) Recommandations hebdomadaires :

- Nettoyage des filtres montés à l'aspiration des pompes. Pour les filtres montés sur la ligne de retour, les cartouches sont remplacés après un certain nombre d'heures de fonctionnement, en accord avec les indications portées sur la fiche de maintenance du constructeur et suivant l'atmosphère dans laquelle travaille l'installation.

- Réparer les fuites dont la liste a été dressée au cours des jours précédents pendant la période de fonctionnement. Ne pas tenter de réparer une fuite par un serrage exagéré des éléments de raccordement. Il est préférable de changer les éléments défectueux (joints, bagues mal serties, bride, etc.).

- S'assurer du serrage des éléments de fixation des groupes moteur-pompe, des supports de soupapes, des tuyauteries...

- Vérifier la bonne fixation des récepteurs : moteurs hydrauliques, vérins. En particulier, pour les vérins, vérifier que les alignements sont bons.-

- Vérifier les accouplements entre pompe et moteur.

- Si l'installation comporte des accumulateurs, vérifier la pression d'azote et rectifier le gonflage (avec manomètre, robinets d'isolement et de gonflage).

- faire un examen de l'étanchéité de toutes les tuyauteries rigides et souples non accessibles en fonctionnement, et en particulier pour les tuyauteries souples, toute trace de transpiration d'huile vers les embouts entraîne le changement immédiat de l'élément défectueux.

V .3.1.c) Recommandations mensuelles:

Prélever des échantillons d'huile à différents niveaux dans le réservoir en vue d'analyse. Le nombre d'heures de service de l'huile sera noté sur les flacons.

V .3.1.d) Recommandations semestrielles :

Sur les installations comportant des accouplements du type à chaîne sous carter, vérifier s'il n'y a pas d'usure anormale sur les chaînes et dentures (défaut d'alignement).

A partir d'une analyse des **approches des maintenances** centrale hydraulique de Darguinah à Bejaia/ Algérie je constate que 30% de la maintenance effectuée est celle de **maintenance préventive systématique**, 65% de la maintenance effectuée est celle de **maintenance préventive conditionnel** et environ 5% est la **maintenance corrective**.

Comme la plus part des actions de la maintenance dans une centrale hydraulique est la maintenance préventive conditionnel il est impérative de connaître les détails de ce type de maintenance et sont réalisés dans une centrale hydraulique.

V.3.2. Turbine :

Au niveau de la turbine on peut distinguer deux types de maintenance :

- Maintenance préventive systématique
- maintenance préventive conditionnel

V.3.2.a) Maintenance préventive systématique au niveau de la turbine

Dans ce type de maintenance, toutes les tâches sont anticipées donc connues, définies et préparées. Les procédures opératoires sont détaillées dans des documents-guides avec une précision rigoureuse définie par le constructeur.

Sur le palier d'une turbine il est nécessaire de mettre un capteur de température et de surveiller constamment afin de faire le graissage ;

Les travaux préventifs sont nécessaires ainsi que des observations et visites régulières

V.3.2.b) Maintenance préventive conditionnelle d'une turbine hydraulique :

Comme on déjà explique dans le chapitre deux, les objectifs de maintenance préventive conditionnelle sont de détecter les modifications de comportement des composants. Cette maintenance se repose sur une caractéristique incontournable : les dérives d'état détectables.

Dans une centrale hydraulique il est impératif de mettre des Moyens de détection.

V.3.2. Les moyens de détection :

Ils Détectent une modification et permettent de constater un écart entre un état réel et un état de référence. Ce sont les capteurs, qu'ils soient analogiques ou numériques, qui permettent ces comparaisons. Aussi ne faut-il pas oublier l'homme lui-même équipé de capteurs sensitifs puissants et fiables pourvu qu'ils soient exercés.

Certaines dérives ne peuvent pas être détectées par un utilisateur aussi performant soit-il. Les capteurs ou appareillages technologiques permettent la surveillance de quasiment tous les types d'évolutions des caractéristiques, avec ou sans intervention humaine.

Le tableau suivant présente quelques exemples des moyens de détection et mesures en fonction des paramètres caractéristiques qu'on peut rencontrer ou utiliser dans une centrale hydraulique.

Paramètres de caractéristique	Moyens de détection et/ou de mesure
physiques	Manomètre Analyse vibratoire Débitmètre Extensomètre Métrologie Radiographie x ou γ
De position	Détecteur de positions (inductives ou capacitives) Détecteur d'usure Analyse d'ultrasons Extensomètre Radiographie
De composition	Analyse d'huile Spectrographie Analyse chimique Compteurs
électrique	Analyse de conductance Mesure de résistance Mesure de consommation Détection par courant de foucault
De comportement	Analyse de vibration, Enregistre de chocs Tachymètre,

Tableau : *exemple des moyens de détection et mesure en fonction des paramètres caractéristiques* [20]

Proposition : Dans les cas de vibrations si l'isolation parfaite est impossible, il est souhaitable de stopper les machines proches afin de ne pas polluer la prise de mesures lors d'un contrôle.

La classification des défauts des pièces de l'alternateur ou les Auxiliaires sont de trois catégories essentielles de détériorations :

- usures de pièces
- Détérioration mécanique de pièces
- Détérioration thermochimique des pièces

La détérioration de ces éléments des machines due aux contraintes de torsion, flexion, compression, tension, ainsi que l'action thermochimique provoque l'arrêt de la machine. Dans ce cas-là, la réparation et le changement des éléments endommagés sont nécessaires.

D'ailleurs les types de détériorations sus-mentionnées sont moins répandues dans le système d'exploitation d'équipement d'une centrale hydraulique que l'usure des pièces qui est la cause primordiale de la mise hors de service des machines. C'est pourquoi une analyse et une maintenance préventive conditionnelle fréquente est imposée. Pour lutter contre l'usure des pièces des machines, pour accroître la durée de service de l'équipement il est nécessaire de **graisser périodiquement** les surfaces de frottement des pièces à l'aide de dispositifs de graissage et de lubrifiants appropriés.

V.3.3. Les Auxiliaires

La partie auxiliaires est composée de :

- Pompes centrifuge ;
- circuits de refroidissement ;
- batterie de condensateur

V.3.3.a) Maintenance préventif systématique des auxiliaires :

Il convient simplement de veiller à ce que les points suivants soient respectés :

- propreté générale,
- éviter la présence de poussières trop importantes,

- Eviter une humidité très forte,
- Mettre en service le chauffage lors d'un arrêt prolongé,
- La température ambiante ne dépasse pas la température recommandée par le constructeur,
- Bon état des contacts, des câblages et des composants.

V.3.3.a) Maintenance préventive conditionnelle pour les Auxiliaires :

Il faut assurer la propreté de l'Atelier de réparation, l'équipement à réparer doit passer par la vidange et le nettoyage, pour la vidange de l'huile, le poste de récupérations doit être équipé de réservoirs. L'huile récupérée peut être réutilisée au sein de la machine.

Il est nécessaire de vérifier le bon fonctionnement des capteurs et prévoir plus des visites préventives ou inspections possibles pour dans les endroits plus sensibles.

On peut estimer un temps déterminé de fonctionnement pour faire un travail de contrôle de toutes pièces :

-remplacement (en cas de nécessité) de joint, des arbres, des garnitures mécaniques, des lanternes, ... etc.

-nettoyage de carter, lavage des corps des roulements, vidange

-contrôle de sous-ensemble de pièces de pompe, élimination de défaut, remplacement de roulement,

-contrôle ultrasonique ou magnétoscopique du corps de la pompe, alignement des arbres.

Souvent de peur de réduire l'indisponibilité les personnels de la maintenance ou opte pour le remplacement de composant. Analysons maintenant dans quelles cas nous pouvons faire le remplacement.

V.4. Politique de remplacements :

Le système peut être remplacé par un système équivalent neuf. Selon le niveau de dégradation du système, il peut s'agir d'un remplacement préventif ou correctif.

Dans tous les cas, le remplacement se fait juste après le démontage. On suppose ici le remplacement parfait dans le sens où, après un remplacement, le système est “aussi bon que neuf”

(“as good as new”).

Pour une politique préventive, un remplacement du système est permis même si son état de fonctionnement n'est pas critique. La règle de remplacement préventif est définie ainsi: si le niveau de fonctionnement du système inspecté appartient à une zone fixée a priori, on remplace le système par un système neuf et identique. La règle de remplacement préventif est généralement liée à un seuil critique de dégradation du système.

Les raisons qui motivent un remplacement d'un matériel sont variées :

-dégradation générale se traduisant par un accroissement sensible de la fréquence des incidents de fonctionnement,

-fin de période d'exploitation économique,

-difficulté d'approvisionnement en éléments de rechange (fin de commercialisation) ;

-technologie dépassée

-valeur du bien à la revente en décroissance régulière...

V.5. La gestion des approvisionnements

Sans rentrer dans les détails, l'approvisionnement en pièces de rechange et consommable doit être une tâche capital en maintenance préventive systématique. Bien qu'elle n'affecte pas directement le matériel, toutes les autres activités dépendent de la précision de cette gestion.

Pour simplifier cette stock il est essentiel d'harmoniser les stocks autant que possible. Il faut minimiser la variété des lubrifiants (par la correspondance entre référence), standardiser les pièces de rechanges, les outillages, les procédures d'entrée et de sortie.

V.6. Optimisation du niveau de la maintenance systématique :

L'un des objectifs d'une révision de la politique de maintenance peut être la mise en place d'une maintenance préventive systématique sur certains organes et pour des interventions en nombre limité.

Les motivations peu être très diverses :

- amélioration de la fiabilité (couts d'arrêt élevés) ;
- amélioration de la disponibilité (nécessité d'augmenter le taux d'engagement du système) ;
- amélioration de la sécurité ;
- risque de défaillance secondaire (destruction d'organes voisins augmentant considérablement les effets de la défaillance initiale) ;
- simplification de la gestion de l'activité du système.

Faire trop ou trop peu de maintenance préventive systématique se traduit par une perte d'une partie des avantages du recours à cette pratique. Tout est question de proportion justifiée.

V.7. Conclusion :

La définition d'une politique de fonctionnement pour un service de maintenance est indispensable pour profiter de meilleures organisation des activités de gestion lisibilité aux objectifs à courts, moyen ou long terme et permet d'adopter pour un matériel donné, sur une période d'estimée, le type de maintenance le mieux adapté.

Pour la définition d'une politique de maintenance requiert une connaissance exhaustive de la situation et des moyens disponibles. Ainsi, elle oblige à un suivi constant et à une évaluation permanente des paramètres caractérisant à la fois le service maintenance, les matériels ainsi que les modes de fonctionnement de toutes les autres entités de l'entreprise.

Conclusion générale

Au cours de ces travaux de mémoire, nous avons abordé dans un premier temps la généralité sur maintenance. Nous avons constaté que la maintenance préventive systématique est simple à gérer et à mettre en œuvre mais peut s'avérer très coûteuse par la fréquence des remplacements. Néanmoins, étant donné son coût élevé, il peut être intéressant de multiplier les visites, contrôles et inspections et l'exploitation de fichiers historique pour déterminer une période de remplacement optimale.

Le principe de la maintenance préventive conditionnelle en fait, en théorie une maintenance idéal, car elle répond aux besoins exprimés au comportement du matériel et en anticipation à la survenue d'une avarie.

L'AMDEC est un outil de réflexion collective permettant l'amélioration de la sûreté de fonctionnement. L'AMDEC permet de la conception ainsi que durant l'exploitation d'un système, de mettre en évidence des défauts potentiels et d'en évalue la criticité, les analyse de défaillance montre comment tel ou tel événement indésirable trouve son origine et quelles sont les combinaisons d'autres événements qui produisent cet effet.

Les points potentiellement fragiles sont identifiés et mis en évidence ; une surveillance rigoureuse ainsi qu'une bonne politique de maintenance conditionnelle permettent d'éviter des avaries coûteuses.

Toutefois, cela nécessite une bonne connaissance du système ainsi qu'une collecte d'informations fiables qui permettront d'enrichir la banque de données pour une AMDEC plus complète et actualisée.

BIBLIOGRAPHIA

- [1] - Guide technique pour la réalisation de projet : petite hydroélectricité
- [2] - **Sylvain PERRIN** « Petites centrales hydrauliques » Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique D 3 930 – 1
- [3] – **Gino BLOMMAERT**, Etude du comportement dynamique des turbines Francis : Contrôle actif de leur stabilité de fonctionnement'', École polytechnique Fédérale de Lausanne présentée au Département de Génie Mécanique. NO 2222 (2000).
- [4] – **Théodore WILDI et Gibert SYBILLE**, livre sur 'ÉLECTROTECHNIQUE 4^{ème} ÉDITION'' de boeck 2005
- [5] - **Prof. J. MARTIN et Prof. F. VARONE**, thèse sur La filière hydroélectrique : Aspects technologiques et environnementaux
- [6]- **FÉLIX-ANTOINE PAYETTE**, thèse sur Simulation de l'écoulement turbulent dans les aspirateurs de turbines hydrauliques : Impact des paramètres de modélisation ''
- [7] -» **Jean-Marie AUBERVILLE**, livre sur maintenance industrielle « de l'entretien de base à l'optimisation de sureté »
- [10] - **Hédi KAFFEL**, thèse sur : La maintenance distribuée : concept évaluation et mise en œuvre université Laval Québec Octobre 2001
- [8]-**Mohamed TAIBI**, Livre sur Maintenance industriel '' réparation et montage des machines et des équipements du pétrole, de gaz et pétrochimie ''2^{ème} Edition 2006
- [9]- guide technique d'installation d'une centrale hydraulique de Darguinah