

III.1. Introduction

Les méthodes expérimentales scientifiques consistent à tester par des expériences répétées la validité d'une hypothèse. L'obtention de données nouvelles, qualitatives ou quantitatives, confirme ou infirme l'hypothèse initiale. L'expérience scientifique se distingue d'autres expériences en ce qu'elle requiert, pour être crédible, l'application d'un protocole d'expérimentation permettant de reproduire précisément une expérience particulière.

En maintenance, pour surveiller et détecter l'apparence de défauts (électrique et mécanique) dans les grandes sociétés, il faut utiliser la technique de l'analyse vibratoire à cause leur efficacité. Pour voir les spectres fréquentiels des vibrations, il est nécessaire de faire des expériences sur terrain par l'utilisation de la chaîne de mesure de vibration (capteur, amplificateur et analyseur FFT). Pour cela, dans ce chapitre; on va voir la description générale sur la société algérienne de production d'électricité (unité de M'sila) d'une part et l'exposition des tests expérimentaux par l'analyse vibratoire pour quelques défauts d'une autre part.

III.2. Présentation de la société

L'essentiel de la consommation d'énergie électrique ainsi que les plus grands centres de production électrique de type thermique à vapeur se concentrent dans la partie nord du pays, où elle est localisée la majeure partie de la population et de l'activité économique. L'alimentation par des turbines à gaz concerne quant à elle les régions de l'intérieur et les grands sites pétroliers et gaziers du sud. Néanmoins, pour une meilleure sécurité d'exploitation, ces réseaux sont interconnectés depuis 1988 au réseau de transport électrique national.

Même si la législation a été modifiée (loi de février 2002), Sonelgaz, l'opérateur électrique national, dispose encore de fait d'un monopole total pour la transmission et la distribution d'électricité.

-Sonelgaz, un opérateur historique

A sa création, en 1969 SONELGAZ, la Société Nationale de l'électricité et du Gaz, dans le cadre de la mission que lui ont confiée pouvoirs publics, dispose du monopole de la production, du transport, et de la distribution de l'énergie électrique sur le territoire algérien. En 1991, il obtient le statut d'Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial (EPIC), et devient une société par actions, dans un contexte d'ouverture totale du secteur à la concurrence.

-Parc de production

Le parc de production algérien totalise une puissance installée de 8406 MW (1181 MW sont générés par les producteurs indépendants), dont 7225 MW Pour le réseau interconnecté et le reste pour les réseaux isolés du sud. La puissance installée est répartie entre les filières comme suit :

A)-Filière turbines à vapeur (43,29%) : 2740 MW. Elle est composée de 20 groupes de puissance unitaire comprise entre 50 MW et 196 MW

B)-Filière turbines à gaz (49,55%) : 3152 MW. Elle est constituée de 84 groupes dont la puissance unitaire varie de 20 MW à 210 MW

C)-Filière hydraulique (3,39%) : 278 MW. Elle est constituée de 34 groupes dont la puissance unitaire varie de 1 MW à 5 MW pour les basses chutes et de 12 MW à 50 MW pour les hautes chutes.

d)-Filière Diesel (2,77%) : 175 MW. Elle est composée de 183 groupes de puissance unitaire de 0,35 MW à 8 MW. Les groupes de cette filière sont installés au Sud et alimentent des réseaux isolés.

-Augmentation de la demande

Les ventes d'électricité haute tension et moyenne tension ont augmenté en une décennie respectivement de 43% et 63%. L'utilisation domestique explose (la moitié de la consommation énergétique du pays en 2005). Selon le groupe " SONELGAZ", la demande d'électricité croît de 7% par année.

Le secteur des hydrocarbures est le plus gros consommateur d'électricité avec une part de 47% de la consommation haute tension, Suivi par le secteur des matériaux de construction (24%) et le secteur des industries sidérurgiques, métallurgiques, mécaniques et électriques (21%).

III.3. Description de la centrale de m'sila

La centrale de production d'électricité de M'sila se trouve à 8Km environ à l'ouest de la ville de M'sila .

La centrale thermique de M'sila a été mise en exploitation en 1981 avec 22 groupes de puissance 23MW chacun, il en reste que 02 groupes (M'sila1) elle a subi une 1^{er} extension de 03 groupes de puissance 100MW chacun (M'sila2), il y aura une 2^{ème} extension de 02 groupes géants de puissance 215 MW chacun (M'sila3), et 3^{ème} extension de 10 groupes de 25Mw TG mobiles (M'sila04), ce qui totalise en moyenne une puissance de 876 MW. (la figure (III.1) représente l'entrée de l'entreprise).



Figure III.1: Photographie de l'entreprise (SPE de M'sila)

La centrale est partagée en quatre parties :

- Un groupement de 02 turboalternateurs de type 5001P appelé M'sila I, ces groupes peuvent fonctionner soit au gaz soit au fuel (figure III.2).



Figure III.2: 02 turboalternateurs de type 5001P (M'sila I)

- Un groupement de 03 turboalternateurs de type 9001E appelé M'sila II, fonctionnant seulement au gaz de puissance 100MW chacun (figure III.3) .



Figure III.3: 03 turboalternateurs de type 9001E (M'sila II)

- 02 Turbines à gaz « ANSALDO – (une société Italienne) model V94.3A.4 » et leurs auxiliaires de 215Mw appelé M'sila III, fonctionnant seulement au gaz(figure III.4).



Figurer III.4: 02 Turbines à gaz« ANSALDO –model V94.3A.4 » (M'sila III)

- 10 Turbines à gaz mobiles générale électrique de 25 MW (figure III.5)



Figure III.5:Turbines à gaz mobiles

III.4. Personnel

Le personnel de la centrale de M'sila est composé de :

- ❖ 53 Cadres
- ❖ 77 Agents Maîtrises
- ❖ 40 Agents Exécution

III.5. Description des structures des services

Directeur de centrale

Secraire la dirction

a)-La division Production

- Service quart de production
- Service contrôle economique
- Service diagnostique machine
- Service réalisation

b)-La division techniques

- Service appro et stock
- Service etude et preparation
- Service intervention

c)- Autres services

- Service Ressources Humaines
- Subdivision Moyens
- Subdivision Finances et Comptabilité

III.6. Travail expérimental

Dans cette partie, on va essayer de présenter les signatures vibratoires de quelques défauts des machines au niveau la société algérienne de production de l'électricité (unité de M'sila) que nous avons fait notre stage. A l'aide d'un appareil de mesure de vibrations qui s'appelle **VIBXPERT 5.300** utilisé dans cette société, on peut mesurer le niveau vibratoire et la figure (III.6) présente cet dernier. L'appareil (VIBXPERT 5.300) est une chaîne de mesure des vibrations qui contient un accéléromètre pour la conversion des mouvements vibratoires (déformations mécaniques) en signal électrique temporel, un amplificateur pour amplifier ce signal et un analyseur de spectre pour fournir l'information sur le niveau de vibrations.



Figure III.6:L'appareil de mesure de vibrations (VIBXPERT 5.300)

Nous avons analysé les vibrations dans un moteur qui entraîne une pompe de l'eau de refroidissement d'une turbine à gaz type 9001^E et un moteur qui entraîne une pompe d'eau de refroidissement d'un alternateur tourné par même turbine à gaz à la présence des défauts (voir figure III.7).



Figure III.7: Moteur qui entraîne une pompe de l'eau de refroidissement d'une turbine à gaz type 9001E

La mesure des vibrations est faite en trois directions, horizontale, verticale et axiale, la figure(III.8) montre l'emplacement de l'appareil de mesure pour les trois directions.

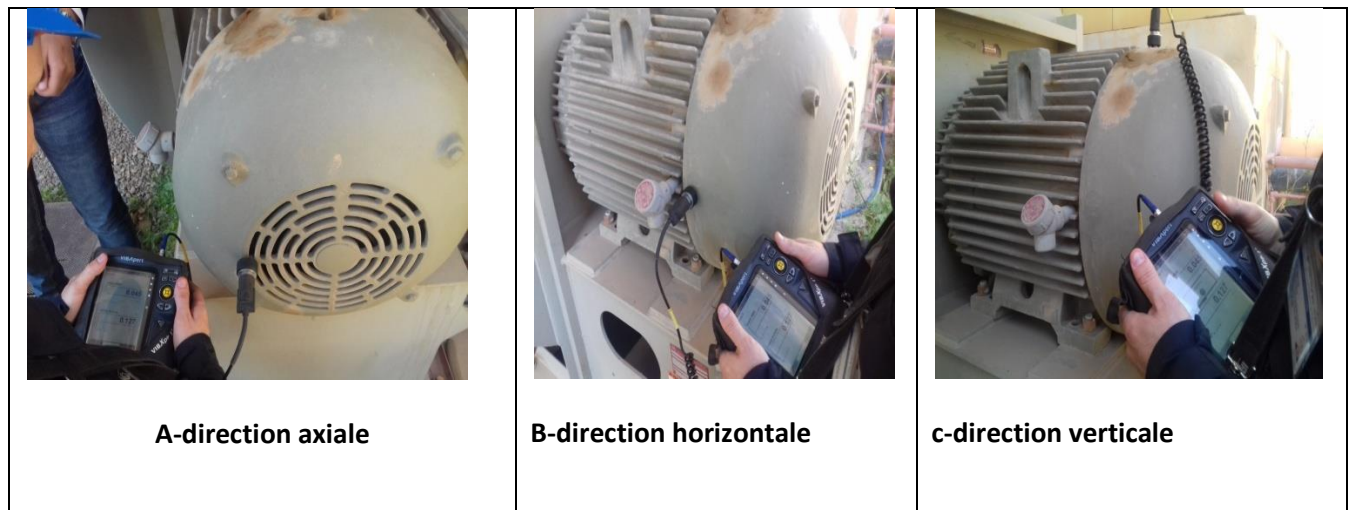


Figure III.8: L'emplacement de l'appareil (VIBXPERT 5.300) dans les trois directions

III.6.1. Evaluation de vibrations à la présence d'un défaut de roulement et de balourd

L'utilisation de l'appareil (**VIBXPERT 5.300**) nous a permis d'évaluer les vibrations du moteur qui entraîne une pompe de l'eau de refroidissement d'une turbine à gaz type 9001E à la présence de défaut de roulement au sien de la société et les caractéristiques de ce moteur sont présenté dans le tableau suivants:

Caractéristiques	Valeurs
Puissance	37KW
Nombre de palier du moteur	2 paliers à roulement
Type de roulement	6213

Tableau III.1: Caractéristiques du moteur utilisé pour évaluer leurs vibrations

Les relevés des vibrations mesurés par l'appareil (VIBXPERT 5.300) sur ce moteur dans trois directions (Horizontale, verticale et axiale) pour la vitesse et dans la direction verticale pour l'accélération dans les deux paliers du moteur sont résumés dans les deux tableaux suivants avec les valeurs de la vitesse est en mm/s et les valeurs de l'accélération est en g:

Palier	Axial	Horizontal	Vertical
Palier N°01	6.63	23.41	16.58
Palier N°02	26.70	27.20	20.92

Tableau III.2: les valeurs de la vitesse mesurées par (VIBXPERT 5.300)

Le tableau(III.2) représente les valeurs de vitesse des vibrations mesurées par l'appareil (VIBXPERT 5.300) aux deux paliers du moteur pour les trois directions. On voit d'après ce tableau que les vitesses de vibration mesurée au palier 1 dans les trois directions sont perturbés, concernant le palier 2, on remarque une perturbation des mesures de la vitesse de vibration mais réduite par comparaison avec celle obtenues au palier 1, c'est à dire qu'il existe deux défauts l'un sur le palier 1 et l'autre sur le palier 2 selon la norme AFNOR E90-300 et pour plus de détail voir chapitre II, section II.11.3. Figure (II.13).

Palier	O- Crête	RMS	Facteur de Crête
Palier N°01	22.69	3.005	7.4762
Palier N°02	13.27	2.34	5.6018

Tableaux III.3:les valeurs de l'accélération mesurées par (VIBXPERT 5.300)

D'après le tableau(III.3), on remarque que dans les deux paliers de mesure nous avons:

- Les valeurs en RMS sont faibles
- Les valeurs en O- crête sont importantes
- Le facteur de crête est supérieur à 5, il y a également diminution du facteur de crête

Ces mesures nous indiquent l'apparition de défaut, qu'il faut le rechercher et les deux figures suivantes montrent les spectres d'enveloppe de vibration pour les deux paliers.

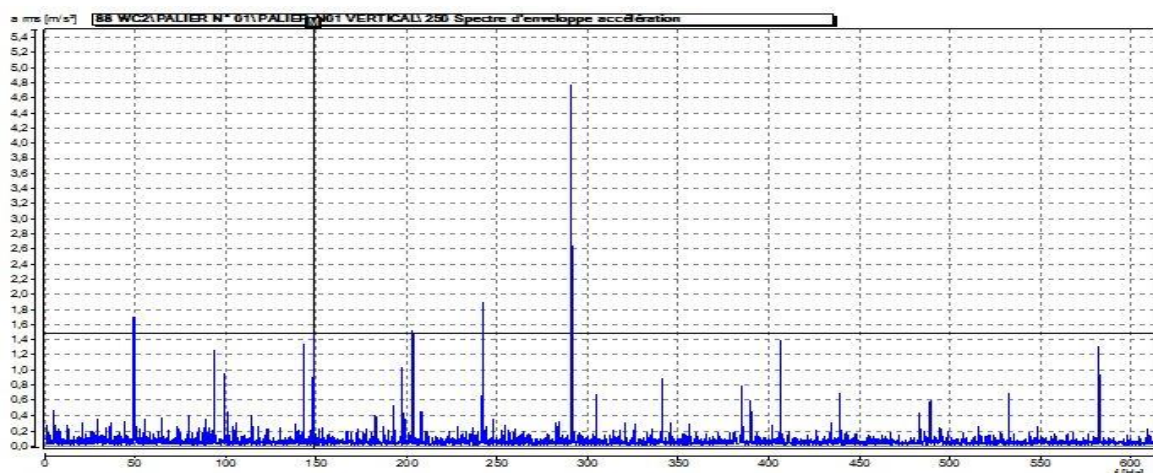


Figure III.9: Spectre d'enveloppe Palier 1 (du moteur) Vertical

Cette figure montre le spectre vibratoire de palier 1 du moteur qui entraine la pompe de l'eau de refroidissement d'une turbine à gaz type 9001E. Sur ce palier du moteur et selon les références du roulement et la vitesse de rotation du moteur, on a les fréquences de défauts du roulement:

- Élément roulant : $f_r = 283.5 \text{ Hz}$
- Bague externe : $f_{be}=228 \text{ Hz}$
- Bague interne : $f_{bi}=322 \text{ Hz}$
- Cage : $f_c=20.5 \text{ Hz}$

D'après le spectre d'enveloppe des vibrations du palier N°01, on voit que la fréquence de défaut correspond à l'élément roulant est de valeur $f_1= 291.30 \text{ Hz}$ avec une fréquence de rotation est de 50Hz .

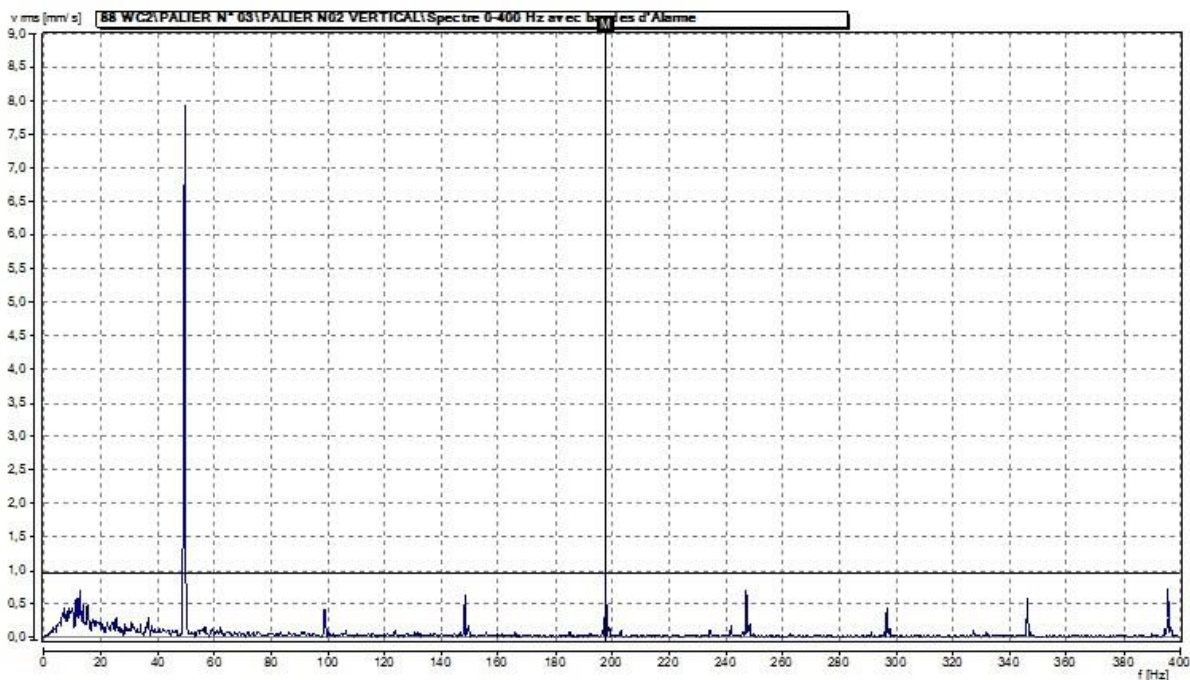


Figure III.10:Le spectre vibratoire du palier N°02 de la pompe d'eau (direction verticale)

Cette figure illustre qu'il y a une présence de défaut sur le palier N°02, du côté de l'accouplement, d'une amplitude importante égale presque 8mm/s , ce qui montre le signe de défaut de l'accouplement ou de balourds du coté d'accouplement.

Finalement, on peut conclure d'après les deux spectres vibratoires que :

- Les valeurs des vibrations en mm/s selon la norme AFNOR E90-300 des deux paliers sont inadmissibles, un arrêt de cette machine est recommandée.
- Les valeurs en g sont également importantes.

Les recommandations concernant ces défauts au prochain arrêt préventif sont:

- Le changement ou la réparation de l'accouplement.
- Prévoir le changement des roulements des paliers du moteur.

III.6.2. Evaluation des vibrations à la présence d'un défaut de désalignement

Nous avons évalué la vitesse des vibrations dans les trois directions sur les trois paliers (palier 1 de l'entrée du moteur, palier 2 de la sortie du moteur et palier 3 entre accouplement et la pompe) d'un moteur de même caractéristiques à celui utilisé précédemment, qui sert à entraîner une pompe d'eau de refroidissement pour alternateur tourné par la turbine à gaz de type 9001E à la présence d'un défaut de désalignement par l'utilisation de l'appareil **VIBXPRT 5.300**. Les résultats obtenus sont montrés dans le tableau suivant:

Palier	Axial	Horizontal	Vertical
Palier N°01	18.28	12.85	8.63
Palier N°02	20.82	18.11	17.31
Palier N°03	5.96	9.10	7.58

Tableaux III.4: Les valeurs de la vitesse mesurées par (VIBXPRT 5.300)

D'après le tableau (III.4), on voit que les vibrations sur les trois paliers sont importantes selon les trois directions surtout axiales qui est le signe du défaut de désalignement angulaire de la pompe par rapport au moteur.

Le spectre de vibrations pour le point de mesure (palier 2) est illustré sur la figure suivante :

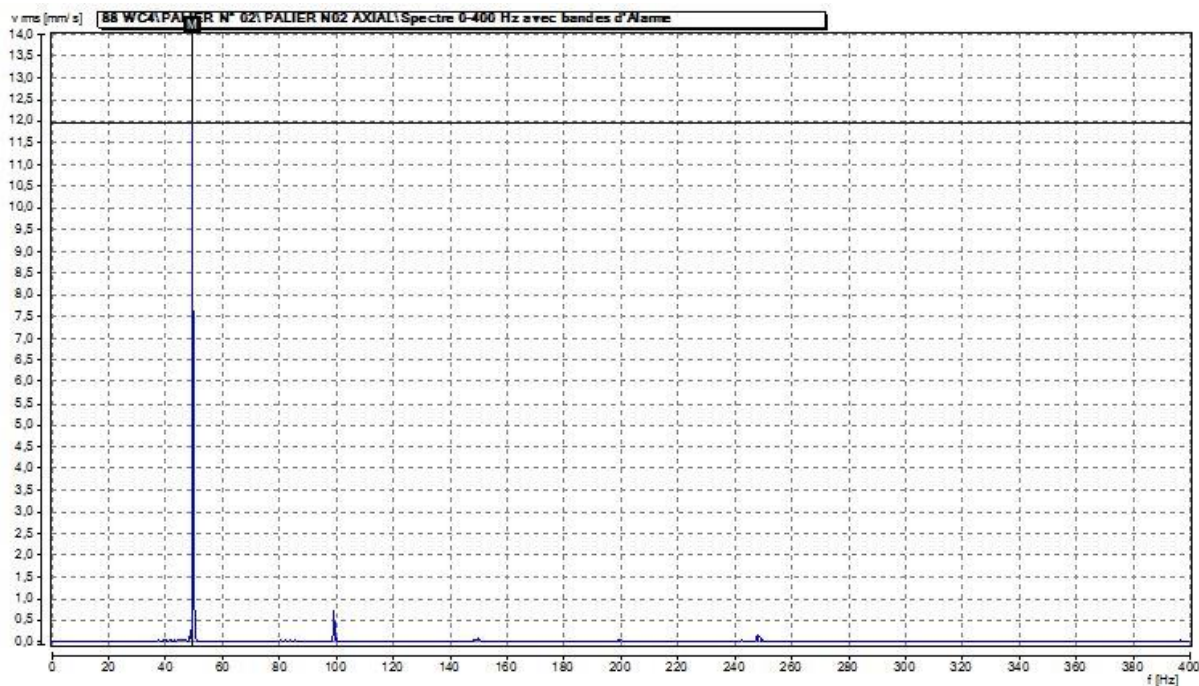


Figure III.11: Spectre de la mesure axiale du palier N°02

La figure (III.11) montre le spectre fréquentiel de la vitesse des vibrations du palier N°2, sur ce spectre a basse fréquences (0-400Hz), il y a évolution des amplitudes de la vibration

axiales à la fréquence fondamentale, d'où l'apparition de défaut de désalignement. Finalement, il doit recommander de vérifier l'alignement du moteur et de la pompe.

III.7. Conclusion

Le but principal de ce chapitre est de voir pratiquement les spectres fréquentiels des vibrations par la technique de l'analyse vibratoire. La surveillance et le diagnostic par cette technique nous permis de maintenir les équipements industriels par l'amélioration de la disponibilité et la réduction du temps de maintenance.

Au cours de ce chapitre, nous avons décrit le lieu qu'on a fait notre stage (la société algérienne de production électricité -unité de M'sila) puis, on a effectué des tests expérimentaux sur deux moteurs qui entraînent deux pompes de refroidissement l'une pour refroidir la turbine de type 9001E et l'autre pour refroidir l'alternateur tourné par la turbine à gaz de type 9001E à la présence des défauts.