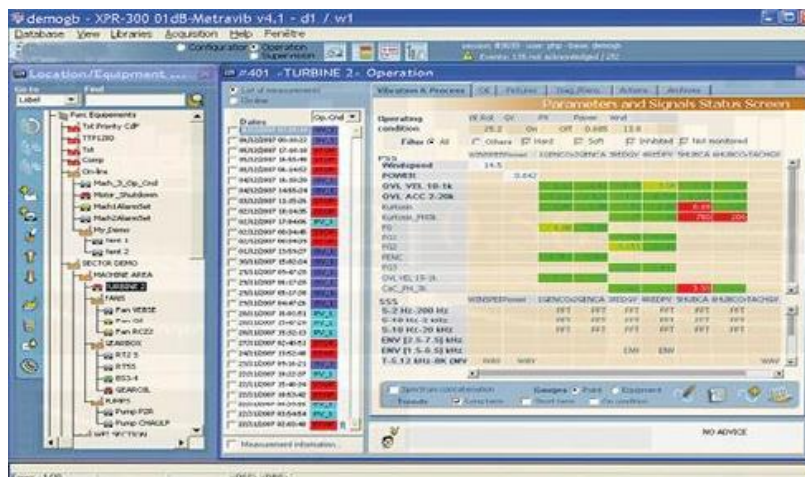


TP2

ANALYSE DES VIBRATIONS DES MACHINES TOURNANTES (VMS ou VIBROTEST 60)



VIBROTEST 60



Prof. Smail ZAKI / Prof. Mohamed ABOUSSALEH

Année Universitaire : 2022-2023

Attention : Deux rapports identiques auront une note égale à 0.

Remarque Importante

Le rapport à rendre doit :

- Être clair et rédigé selon les normes de rédactions de rapport (page de garde, titre, table des matières, résumé, introduction, objectifs,, conclusions et recommandations).
 - Contenir les explications des objectifs visés par le TP.
 - Contenir les résultats et analyses.
 - Respect la chronologie fournie à la fin de ce fascicule.
-

L'objectif de ce travail pratique est de :

- Comprendre les bases de la MPC en utilisant l'analyse vibratoire des machines tournantes,
 - Prévoir les démarches pratiques à mettre en œuvre pour les applications industrielles,
 - Identifier les méthodes, normes et procédures nécessaires,
 - Utiliser un appareillage spécifique et réaliser l'analyse vibratoire des machines tournante.
-

II. Introduction

1. Maintenance conditionnelle

a. Définition générale de la maintenance :

Maintenir c'est assurer la disponibilité de l'outil de production au coût optimal.

b. Les différents types de maintenances

- **Maintenance curative (après un arrêt ou une casse) :** Nécessite une équipe d'entretien surdimensionnée. Ne permet pas de maîtriser la disponibilité des équipements.
- **Maintenance systématique (selon un échéancier préétabli) :** Engendre le remplacement prématuré de composants. Ne permet pas de prendre en compte l'évolution réelle de leur état.

- **Maintenance conditionnelle** : Maintenance préventive subordonnée au franchissement d'un seuil prédéterminé d'un paramètre significatif de l'état de dégradation du bien.
- **Maintenance prévisionnelle** : Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et planifier les interventions.

2. Principe de la maintenance conditionnelle

Elle est basée sur la détection précoce d'un défaut et du suivi de son évolution. Ceci permet donc de programmer une intervention d'entretien le plus tard possible et uniquement quand cela devient indispensable.

Le succès grandissant de la maintenance conditionnelle des machines tournantes vient du fait qu'il existe des techniques efficaces d'identification de défaut et que les développements des capteurs, systèmes d'acquisition de données et des systèmes informatisés de traitement de ces données / mesures, permettent d'obtenir en temps réel et en langage clair des diagnostics, des alarmes, des pronostics.

Ceci permet donc d'identifier de façon très précise ce qu'il faut faire et le programmer en perturbant au minimum la fabrication.

Cette réduction des temps d'arrêt augmente donc la rentabilité des installations tout en diminuant les frais de maintenance.

3. Les avantages de la maintenance conditionnelle

- Diminution des arrêts de production ;
- Diminution du nombre d'arrêts de production intempestifs (la disponibilité des équipements) ;
- Suppression des arrêts systématiques
- Limitation de la gravité des dégradations (↑coûts de réparations, amélioration de la sécurité)
- Programmation des réparations
- Approvisionnement des pièces de rechange en fonction des besoins réels (↓ coûts de stockage)
- Planification des interventions (↑l'organisation des intervenants, ↓coûts de maintenance, motivation du personnel par valorisation des tâches de maintenance)
- Interventions plus ciblées (localisation préalable des pannes, ↑ la qualité des réparations)

III. Analyse vibratoire des machines tournantes

1. Principes de l'analyse vibratoire

Le fonctionnement de tout dispositif comportant au moins une pièce en mouvement s'accompagne de bruits et vibrations.

Ces vibrations sont caractéristiques de l'état du dispositif et constituent ce qu'on appelle sa signature vibratoire. Le prélèvement et le traitement de tout ou partie de cette signature permet de connaître rapidement l'état du dispositif et de suivre son évolution dans le temps sans effectuer le démontage. Toute machine comporte des pièces en mouvement qui exercent des efforts sur sa structure et engendrent des déformations. Ces déformations varient au rythme du mouvement et se traduisent par des déplacements de la surface de la structure par rapport à elle-même (déplacements absolues) qui constituent les vibrations.

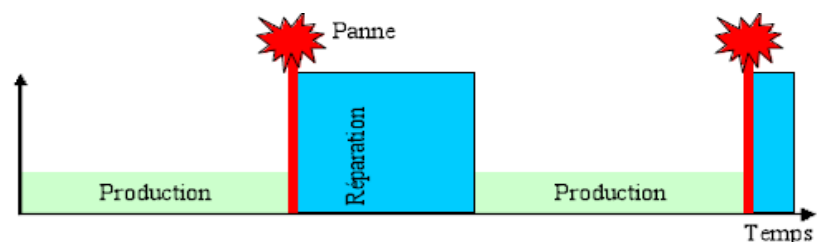
Une machine idéale ne vibrerait pas car toute l'énergie serait employée pour effectuer le travail.

La machine vieillissante, les pièces se déforment et de légers changements dans les propriétés dynamiques apparaissent. Les arbres se désalignent, les paliers et les roulements s'usent, les rotors se déséquilibrent, les jeux augmentent. Tous ces facteurs se traduisent par une augmentation de l'énergie vibratoire et donc d'une baisse de l'énergie efficace.

L'intérêt de signaux prélevés sur des machines tournantes est de pouvoir accéder, par l'intermédiaire de traitements adaptés, à la caractérisation des efforts dynamiques, et particulièrement ceux résultants d'excitations anormales.

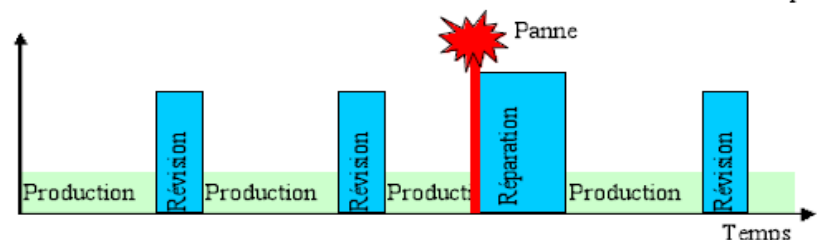
Maintenance Corrective

Réparation après l'incident



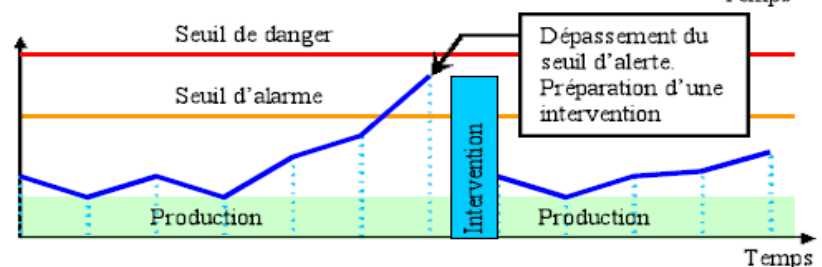
Maintenance Préventive Systématique

Intervention à intervalles réguliers
N'évite pas certains incidents



Maintenance Préventive Conditionnelle

Mesures à intervalles réguliers.
Détection du problème avant la défaillance prévue.



2. Banc d'essai vibratoire

- 1) Coffret de commande.
- 2) Dispositif de charge de roulement
- 3) Moteur à deux bouts d'arbre
- 4) Multiplicateur
- 5) Capot de protection asservi
- 6) Pompe centrifuge monocellulaire
- 7) Circuit de refoulement
- 8) Circuit d'aspiration
- 9) Réservoir



3. Présentation du banc :

Ce banc d'étude sert à la mise en évidence des phénomènes vibratoires sur machines tournantes de façon satisfaisante l'étude de la maintenance conditionnelle par l'analyse vibratoire en formation de maintenance industrielle.

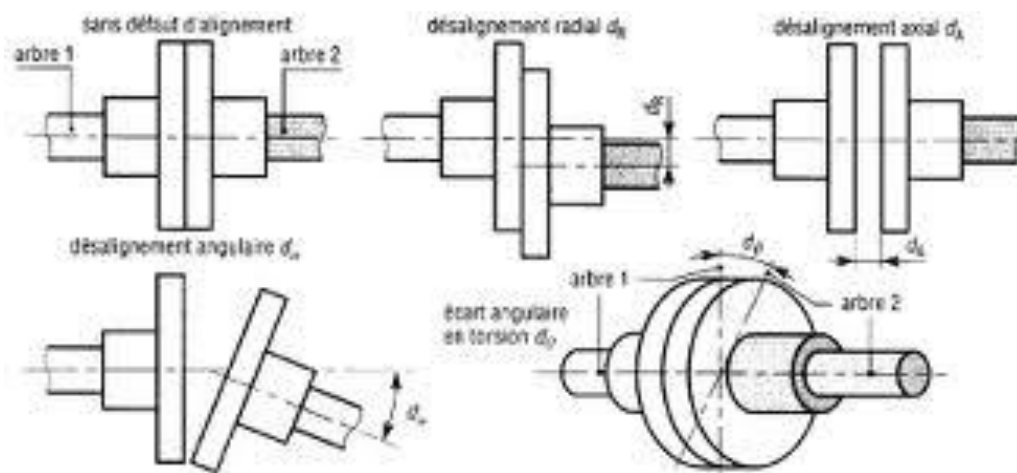
Ce banc d'étude des vibrations permet, par son dimensionnement et sa constitution, de mettre en évidence une grande majorité des phénomènes vibratoires sur machines tournantes :

- ✓ Un roulement monté sur un support assurant une charge variable, permet de comparer les vibrations d'un roulement usé ou défectueux avec celles d'un roulement en bon état.
- ✓ Le balourd est mis en évidence par le déséquilibre gradué de deux disques en rotation.
- ✓ La partie opérative autorise le désalignement du moteur par rapport à l'axe de rotation des éléments adjacents.
- ✓ Le réducteur, réversible en multiplicateur, permet d'étudier les bruits d'engrènement.
- ✓ La charge, composé d'un réseau hydraulique élémentaire (pompe centrifuge, vannes manuelles sur le circuit d'admission et de refoulement, manomètre et vacuomètre) permet l'étude des bruits d'aufrage ainsi que des bruits engendrés par la cavitation générée par la fermeture de la vanne sur le circuit d'admission. La transparence des canalisations d'admission et de refoulement permet de visualiser le phénomène.
- ✓ Un indicateur de débit à flotteur monté sur le refoulement.

4. Procédure de réalignement (à ne pas faire) :

Pour aligner parfaitement les différents équipements de la machine cinématique, il est nécessaire de positionner correctement l'élément central qui est le multiplicateur. Pour cela deux goupilles ont été placées de part et d'autre du multiplicateur. Le réglage s'effectue en plaçant deux équerres en butée sur les deux goupilles et perpendiculaires aux deux arbres. Il suffit ensuite de positionner le multiplicateur de telle sorte que ses deux arbres deviennent tangents avec l'équerre.

Avant de remettre en service le BANC DE VIBRATION, vérifier le lignage du multiplicateur avec ses deux équipements adjacents en positionnant une arrête vive et parfaitement linéaire sur deux directions, axiales et radiales des accouplements, comme le montrent les figures ci-après :



5. Procédure de charge du roulement :

Utiliser la vis prévue à cet effet montée sur la cage d'expérimentation des roulements pour charger le roulement et bloquer le contre-écrou.

Si la mesure n'était pas significative, ne pas hésiter à augmenter la charge.

A l'issue de l'expérimentation, décharger le roulement en dévissant la vis de charge ou démonter la cage d'expérimentation des roulements pour inhiber le défaut.

6. Procédure de désalignement moteur (à ne pas faire) :

Débloquer les 4 vis de fixation du moteur, désaligner le moteur au moyen des poussoirs montés sur les glissières et bloquer le moteur.

Typiquement, un déplacement correspondant à un tour sur chaque poussoir est suffisant pour visualiser les vibrations caractéristiques d'un défaut d'alignement.

Après l'expérimentation, il faut impérativement réaligner le moteur pour ne pas perturber les autres signatures.

7. Procédure de pose des embases de prise de mesures :

Positionner sur les emplacements significatifs ou souhaités les embases, pour l'adaptation du capteur de "prise de mesure" de l'équipement de mesure.

8. Procédure de mise en œuvre pour l'étude des supports élastiques (à ne pas faire) :

Déposer les 4 écrous de fixation ϕ 12 et les 4 rondelles maintenant les 4 entretoises entre le châssis et la tôle supportant le moteur.

Libérer les entretoises pour que la liaison entre la tôle supportant le moteur et le châssis soit assurée par les plots élastiques.

Effectuer les analyses vibratoires souhaitées pour l'étude des supports élastiques.

Positionner les entretoises à leurs emplacements respectifs.

Reposer les 4 rondelles et les 4 écrous de fixation ϕ 12.

9. Les points de mesures :

La vibration étant le résultat d'un effort, sa mesure principale devra se faire suivant la direction de l'effort. Dans le cas des machines tournantes, la plupart des efforts sont engendrés par la partie mobile donc sont eux-mêmes tournants et les mesures principales devront se faire dans le plan radial.

Si l'effort est généralement constant dans ce plan, il n'en est pas de même de la réponse de la structure. Aussi les mesures (amplitudes) sont en général différentes suivant les rayons, ce qui impose de faire au moins deux mesures : une verticale et une horizontale.

Implantation des points de mesure

Les mesures doivent être prises dans un premier temps sur tous les points du banc (palier de roulement, moteur, réducteur, pompe) sans balourd supplémentaire.

Vous changez le palier de roulement déjà monté par le deuxième. Vous devez identifier le palier sain du palier défectueux à partir du signal acquis en faisant une interprétation convenable.

Ensuite vous rajoutez un balourd et refaites les mesures. Interpréter l'effet du balourd sur les signaux et spectres mesurés.

Toutes les mesures doivent être faites à la même vitesse de rotation. La mesure de vitesse de rotation doit être faite à l'aide d'un top tour mis à votre disposition.

IV. Logiciel d'acquisition et de traitement (voir guide d'utilisation)

Les étapes de la manipulation à suivre (dans le cas où vous utilisez le Vibrotest 60) :

Etape 1 : création site, ligne, machine, points de mesure

- Créer un nouveau site

- Créer une nouvelle ligne

- Créer une nouvelle machine

Etape 2 : configuration des points de mesures

- Choix du capteur

- Déterminer les types de mesures (Global, BCU, Spectre, BCS)

- Régler les paramètres de chaque type de mesure (unité, mode de détection...)

Etape 3 : acquisition de données

- Création des routes

- Configurer la route

- Enregistrer la route

Etape 4 : charger la route sur la carte PC

Etape 5 : effectuer les mesures sur le banc d'essai

- Enregistrer les mesures sur le collecteur de données

Etape 6 : générer le rapport de la manipulation

PS : Dans le cas où vous utilisez le VMS, cette procédure se fait directement en utilisant le logiciel d'acquisition XPR 300 (onglet configuration). Voir documentation fournie pour plus d'explication.

V. Questions :

1. Quel est le rôle de la mesure global ?
2. Quel le rôle de la mesure spectrale ?
3. Quand est ce qu'on utilise l'une ou l'autre voire les deux ?
4. Si une machine tournante à une fréquence de 1800 RPM, quelle est sa fréquence en Hz ?
5. Un organe tournant de rayon 30 cm lié à un moteur se met à vibrer à la fréquence de 9 Hz.
Calculer la vitesse linéaire d'un point de la périphérie pour obtenir cette vibration (en km/h) ?
6. La vibration, étudiée selon son déplacement, peut être représentée par une sinusoïde d'équation $y = a \sin \omega t$ dont on peut connaître à tout moment l'amplitude. On peut connaître la vitesse et l'accélération de cette vibration par dérivation successives de cette équation par rapport au temps. Donner les équations de la vitesse et de l'accélération d'une vibration ?
7. En fonction des résultats de la question précédente, tracer les représentations du déplacement, de la vitesse et de l'accélération d'une vibration sur le document réponse en précisant les abscisses réelles sachant que la fréquence est de 25 Hz ?
8. Relever la mesure globale et le spectre de fréquence (BF, MF ou HF) sur les six points de mesures installés sur le banc d'essai pour l'ensemble des manipulations que vous allez faire : (Etat Initiale, Balourd gauche, Balourd droit, Balourd combiné et Changement de roulement).
(Insérer les spectres significatifs dans votre rapport)
9. Interpréter tous les résultats que vous allez trouver.

Structure du compte rendu de TP

1. Introduction

2. Etude cinématique

- a. Schéma cinématique
- b. Calcul des fréquences vibratoires

3. Expérience 1 : Etat initial

- a. Description
- b. Résultats
 - ☐ Niveau global
 - ☐ Analyse spectrale
- c. Interprétation

4. Expérience 2 : Balourd gauche

- a. Description
- b. Résultats
 - ☐ Niveau global
 - ☐ Analyse spectrale
- c. Interprétation

5. Expérience 3 : Balourd droit

- a. Description
- b. Résultats
 - ☐ Niveau global
 - ☐ Analyse spectrale
- c. Interprétation

6. Expérience 4 : Balourd combiné

- a. Description
- b. Résultats
 - ☐ Niveau global
 - ☐ Analyse spectrale
- c. Interprétation

7. Questions supplémentaires

8. Conclusion et recommandation