

LIVRE BLANC



Techniques et descripteurs de la
maintenance conditionnelle



A partir du moment de sa mise en route, une machine s'use. Bien sûr, cette usure sera plus ou moins rapide en fonction des nombreux paramètres, tels que :

- la qualité des éléments la constituant et sa conception (classe d'équilibrage, jeu de montage...)*
- son installation (alignement, accostage des tuyauteries, isolation anti vibratile...)*
- son utilisation (conditions de fonctionnement, environnement, refroidissement...)*
- son entretien (graissage, vidanges éventuelles, qualité des huiles, des filtres...)*

NOTRE GROUPE



Expert du bruit, des vibrations, de la maintenance conditionnelle et du traitement de l'air



L'objectif de la maintenance conditionnelle consiste à appréhender la fonction comportement de la machine notée :

$$C = f(U, A)$$

où U : fonction de paramètres générant une usure progressive de la machine

et où A : fonction de paramètres générant un accident sur la machine

-La fonction A accident

Elle nécessite des mesures très spécifiques et souvent irréalisables de nos jours.

Exemple :

- pose de jauges de contraintes sur les ailettes d'un rotor pour prévenir d'un éventuel arrachement
- pose de sonde de température sur le rotor d'un moteur pour prévenir d'éventuel court-circuit, etc...

L'approche statistique du problème est alors une solution envisageable et seul le retour d'expérience correctement mis en œuvre permet d'agrandir notre champ de connaissance.

C'est le monde des assurances

-La fonction U usure

Elle nécessite de prendre en compte le temps de fonctionnement et des mesures de vibrations, d'analyse d'huile, de température, d'ultrasons,...

On peut écrire :

$$U=f(t,V,H,UX,TIR,\dots,CF)$$

L'ensemble t, V, H, TIR, et bien d'autres à venir représente les descripteurs de la fonction Usure.

Ce sont des techniques qui permettent d'avoir une image sur la dégradation de la machine. L'ensemble de ces descripteurs doivent impérativement être associé aux conditions de fonctionnement CF de la machine (conditions qui sont toujours disponibles dans l'automate de conduite de l'installation).

L'étude de l'évolution des paramètres en fonction du temps pour identifier les courbes de tendance et les corrélations entre paramètres est alors la solution et nécessite **l'utilisation des règles d'expertise dans chaque domaine.**

-Les pré-requis

Présenté comme cela tout semble très simple cependant il est facile de comprendre qu'il faudra préalablement

- Analyser le parc machines que l'on veut surveiller
- Classer le parc machines par criticité de fonctionnement
- Choisir les descripteurs machine (TIR, VIB, US, ...) les mieux appropriés
- Assurer un minimum de Formation de la cellule inspection
- Former les rondiers
- Acquérir le matériel nécessaire (caméra infrarouge, collecteur-analyseur-équilibreur, logiciel de maintenance, ...)
- Mettre en place des systèmes d'acquisition on line temps réel ou commuté suivant la criticité de la machine
- Prendre un Contrat d'assistance auprès de société spécialisée pour aider à la décision de reporter ou d'avancer la date d'intervention programmée ou faire du télé diagnostic

Le sujet de cet article n'étant pas là nous allons nous attacher à montrer les diverses techniques qui sont à ce jour opérationnelles.

-Démarche de mise en œuvre d'une maintenance conditionnelle

Cette démarche consiste essentiellement au suivi des paramètres physique des machines identifiées comme critique en fonctionnement ou à l'arrêt.

Voici de ce que dB Vib Consulting préconise et met en œuvre régulièrement chez ces clients.

Installation en fonctionnement

1. Un bilan thermodynamique de l'installation
2. Des mesures vibratoires des installations vitales ou stratégiques
3. Suivi vibratoire de l'ensemble du parc machine : Mesures off line et télédagnostic
4. Déformées dynamiques du génie civil
5. La mise en place d'un suivi périodique des grandeurs vitales
6. Un suivi thermographie infrarouge
7. Analyse des fluides (huile, vapeur)
8. Détection de fuites par ultrasons
9. Mesures électriques sur machines électriques

Installation à l'arrêt

10. Inspections endoscopiques
11. Mesures topo (dalle et piliers) déformée statique
12. Equilibrage
13. Alignement

Afin de concrétiser nos propos nous allons préciser pourquoi, comment et quand réaliser les différentes opérations de suivi citées ci-dessus.

1 - Bilan thermodynamique : Installation et fonctionnement

Pourquoi ?

- Localiser les sources de dégradation du rendement thermique : condenseurs, échangeurs, étanchéité, turbines (encrassement,...) etc.
- Connaître l'état d'usure de la machine et de ses composants (état des étanchéités)

Comment ?

dB Vib dispose des moyens et des compétences pour faire un bilan thermodynamique de l'installation :

- Mesure de la consommation :
- .Détermination du rendement thermique,
- .Contrôle des réchauffeurs (*)
- .Mesure de rendement des corps (*)
 - Contrôle des étanchéités par mesure des débits de fuite (*)
 - Etat du condenseur par calcul du coefficient d'échange
 - Mesure des caractéristiques de fonctionnement des compresseurs et soufflantes

Il sera mis en place une instrumentation spécifique composée de capteurs :

- thermocouples, sondes platine
- de pression absolue
- de pression différentielle pour la mesure des débits
- mesure de puissance

Les résultats des mesures permettront de calculer les performances de la machine.

Quand ?

1 FOIS PAR AN

2 - Mesures vibratoires des installations vitales ou stratégiques (installation en fonctionnement)

Pourquoi ?

Pour vérifier :

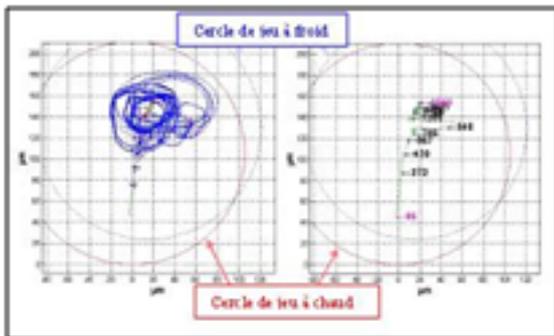
- l'origine du balourd (thermique, cinématique)
- le délignage,
- la présence d'instabilité arbre/palier,
- la perte d'ailette,
- la tenue mécanique des liaisons,
- l'évolution des fréquences critiques,
- l'apparition de fissuration d'arbre...,
- résonance de dalle,
- état de denture du réducteur (fouettement, choc,...)
- défaut magnétique de l'alternateur

Comment ?

1) Mesures effectuées machine à l'arrêt, mesure des Gaps (entrefers). Mesures de fonctions de transfert au niveau des paliers et des conduites.

2) Démarrage et arrêt de la machine. Analyse d'ordre. Analyse des sous harmoniques. Mesure du Gap à faible vitesse.

3) Mesure en fonctionnement. Signature complète en niveaux globaux et analyse spectrale. Orbite de l'arbre et précession. Mesure des Gaps. Relevé des conditions de fonctionnement (température, charge, pression,...)



Quand ?

- Systématiquement avant et après chaque intervention programmée.
- Entre les interventions programmées 2x par an si pas de télé diagnostic ou lorsqu'on constate une évolution significative des vibrations par le télé diagnostic.
- Fortuitement, si un comportement suspect apparaît ou sur demande du client

3 - Suivi vibratoire de l'ensemble du parc machine Installation en fonctionnement.

Pourquoi ?

3.1 - MESURES OFF-LINE :

Afin de suivre l'évolution en fonction du temps, des paramètres, des caractéristiques des défauts attendus (niveaux globaux, balourd, lignage, roulements,...)

3.2 - MESURES ON-LINE :

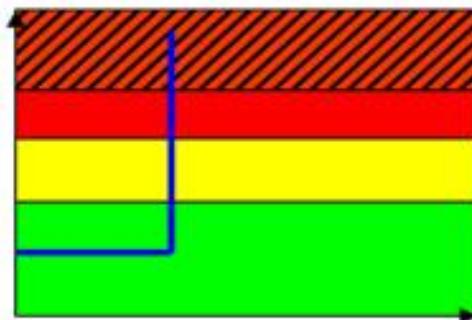
Le suivi continu des niveaux vibratoires (ON LINE) est un descripteur très pertinent de l'état mécanique des machines tournantes stratégiques. Nous pouvons distinguer 3 fonctions pour les systèmes de suivi : Sécurité, Maintenance et Expertise.

LA FONCTION SECURITE

L'idée de base de la fonction sécurité est d'arrêter la machine ou d'être averti d'un changement d'état du comportement mécanique de la machine.

Pour ce faire, les systèmes de surveillance installés sont en temps réel (tous les paramètres délivrés par les capteurs sont suivis en temps réel). La limite du système se situe dans l'évolution du changement d'état mécanique de la machine :

Aucun système aussi performant soit-il ne peut éviter la casse de la machine car le temps de réponse de la chaîne de mesure ne le permet pas.



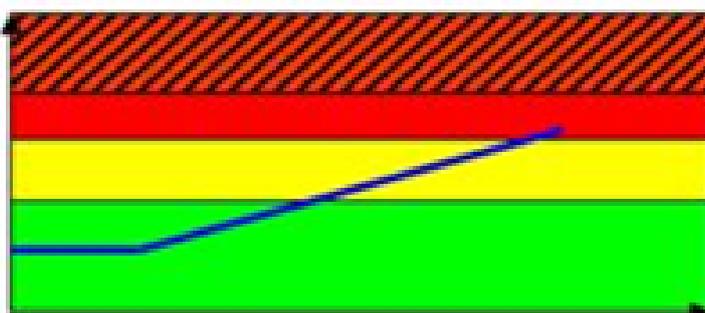
LA FONCTION MAINTENANCE

Le but de la fonction maintenance est de cibler l'origine de la panne d'une machine stratégique avant son arrêt sur dépassement de seuil. Le diagnostic de panne avant arrêt de la machine est utile pour :

- Connaître avant déclenchement de la fonction sécurité le paramètre en défaut (balourd, lignage, roulement,...)
- Préparer l'intervention de maintenance pour limiter les pertes d'exploitation
- Prévoir le stock des pièces de rechange

L'évolution des courbes de tendances étant monotone croissante et le défaut naissant (bien en dessous des seuils), l'acquisition temps réelle n'est pas utile.

La fonction maintenance peut être assurée par des systèmes multiplexés associés à des outils d'analyse vibratoire permettant le télédiagnostic et par la recette vibratoire des installations.



Comment ?

A l'aide d'un collecteur de données analyseur.



Quand ?

Périodicité bimensuelle, mensuelle ou trimestrielle définie en fonction de la criticité du parc machine.

4 - Déformées dynamiques du génie civil (installation en fonctionnement)

Pourquoi ?

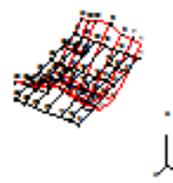
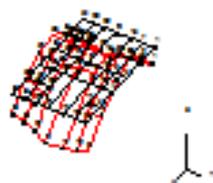
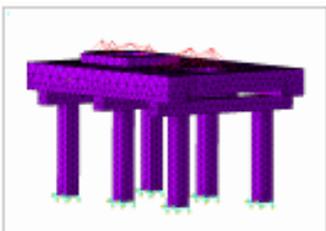
Un bilan de déformations permettra de visualiser spatialement les déformations statiques et dynamiques des supports de la machine elle-même :

- Dalle (déformée ou fissuration)
- Piliers
- Corps turbine
- Etc.

Comment ?

Il sera mis en place une instrumentation spécifique composée de capteurs accélérométriques tri-axiaux.

Mesure d'une déformée réelle de dalle béton à la fréquence de rotation turbine.



Quand ?

Avant et après chaque intervention programmée

5 - Suivi périodique des grandeurs vitales (installation en fonctionnement)

Pourquoi ?

S'assurer qu'il n'y a pas dérive des principales valeurs de fonctionnement.

Comment ?

Ces grandeurs sont :

- Températures de coussinets et butée(s)
- Paramètres vapeur (O,p,Q admission et échappement)
- Paramètres des auxiliaires TV et alternateur
- Position des organes d'admission et de sécurité

Quand ?

2 fois par an

6 - Suivi thermographique infrarouge (installation en fonctionnement)

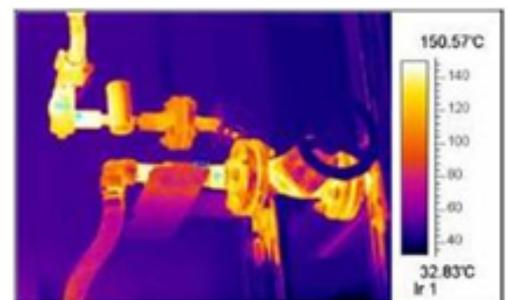
Pourquoi ?

Cette technique permet de vérifier entre autres :

- La température des corps paliers
- La température des cages moteurs et paliers
- La qualité du calorifugeage
- La présence de fuites vapeur même sur conduites calorifugées
- Les isolateurs des transformateurs
- Les armoires électriques
- Jeux de barres
- Transformateur

Comment ?

A l'aide d'une caméra infrarouge haute résolution.



Quand ?

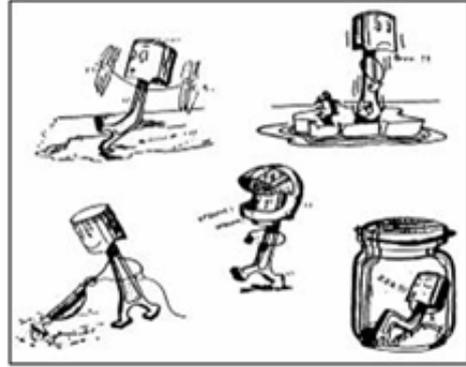
1 fois par an

7 - Analyse des fluides (installation en fonctionnement)

Pourquoi ?

L'analyse des fluides permet :

- De vérifier la qualité des lubrifiants,
- De préserver l'installation d'éventuelles corrosions,
- De prévenir une usure d'un organe (engrenage, régule de palier,...)



Comment ?

En contrôlant les caractéristiques physicochimiques des lubrifiants :

- La viscosité,
- L'indice d'acide ou T.A.N
- L'indice de base ou T.B.N
- Le point éclair
- La désémulsion
- La désaération
- Le moussage
- La spectrométrie infrarouge
- ...

En analysant la pollution et l'usure.

Pour les lubrifiants, contrôler la teneur en eau, la gravimétrie, le comptage de particules et surveiller l'usure d'une machine

Pour la vapeur, contrôler la conductivité cationique (corrosion), les teneurs en silices (encrassement), sodium, fer et cuivre.

Quand ?

2 fois par an

8 - Détection par ultrasons (installation en fonctionnement)

Pourquoi ?

La détection ultrasonore permet de vérifier et de suivre :

- L'état des vannes de régulation
- Le bon fonctionnement des purgeurs
- Les fuites sur échangeurs
- Les armoires électriques haute tension (effet CORONA)

Comment ?

Par la mesure et l'analyse des ultrasons



Quand ?

1 fois par an

9 - Mesures électriques (installation en fonctionnement)

Pourquoi ?

Vérifier l'état des bobinages :

- Sur le stator
- Sur le rotor

Comment ?

- Par la mesure des résistances ohmiques de phase
- Par la mesure des résistances d'isolement
- Par l'index de polarisation ROTOR
- Par la mesure de la résistance d'isolement

Quand ?

Une fois tous les 3 ans.

10- Inspections endoscopiques (installation à l'arrêt)

Pourquoi ?

S'assurer de l'état de santé de certaines parties de la machine (érosion des ailettes BP) ou confirmer des diagnostics élaborés à partir d'autres relevés (encrassement de l'ailetage). Ces inspections permettront d'éviter des ouvertures de machines.

Comment ?

Nécessite la mise en place de bossages.

Quand ?

Une fois tous les 3 ans.



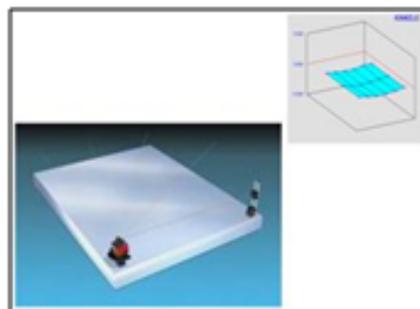
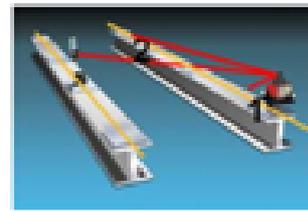
11 - Mesures topo, déformée statique du génie civil (installation à l'arrêt)

Pourquoi ?

Les mesure de topo et déformées statiques du génie civil servent à vérifier la stabilité et la planéité des dalles et piliers de supportage.

Comment ?

Mesure de planéité sur dalle béton l'aide d'un laser rotatif.



Quand ?

Une fois tous les 2 ans.

12 - Equilibrage (installation à l'arrêt)

Pourquoi ?

Un balourd important sur une ligne d'arbre a pour conséquence des niveaux vibratoires élevés pouvant conduire à une usure prématurée de l'installation.

L'équilibrage d'une ligne d'arbre est la mise en place de masses sur le rotor de façon à équilibrer un balourd.

Comment ?

Equilibrage in situ quand cela est possible. Equilibrage basse vitesse sur équilibreuse transportable.

Quand ?

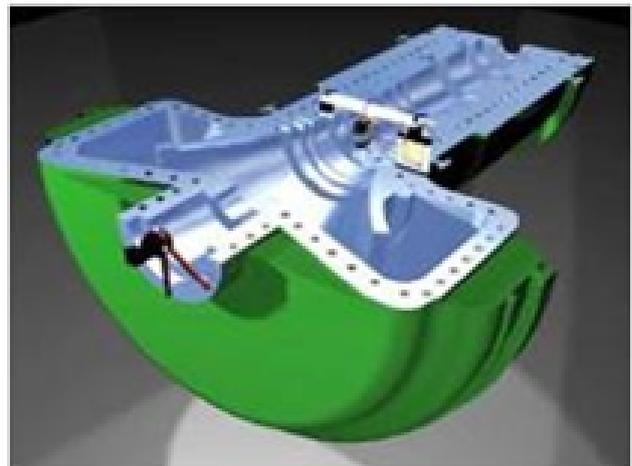
Après les interventions programmées. A la détection d'un défaut d'équilibrage lors du suivi périodique.

13 -Alignement des lignes d'arbre et des alésages turbine (installation à l'arrêt)

Pourquoi ?

Des problèmes de lignage entre deux lignes d'arbre peuvent générer de fortes contraintes aux niveaux des arbres (cisaillement) et des accouplements.

Comment ?



Quand ?

Lors des interventions programmées pour les machines traditionnelles (groupes motopompes,...) ou pour les turbomachines.