

## Panorama

# Les techniques associées à 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...)

L'objectif de la maintenance conditionnelle consiste à appréhender la fonction comportement  $C = f(U, A)$  de la machine où :

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

A : fonction de paramètres générant **un accident** sur la machine

. L'ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCES DE LA FONCTION COMPORTEMENT

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

LA FONCTION ACCIDENT A

> 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.

SOLUTION

- L'approche statistique du problème est 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 USURE U

> 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).

SOLUTION

Étude de l'évolution des paramètres en fonction du temps => courbes de tendance et corrélation entre paramètres

**Utilisation des règles d'expertise dans chaque domaine**

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

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

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

**Description des prestations pour la mise en place d'une maintenance conditionnelle**

dB Vib vous propose Le suivi de vos machines :

**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
  - 3.1 mesures off line
  - 3.2 Télédiagnostic
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. Équilibrage
  13. Alignement
- Afin de concrétiser nos propos nous allons présenter à l'aide de planches synthétiques les différents points précités.

**1. Bilan thermodynamique Installation en fonctionnement**

**Pourquoi ?**

Localiser les sources de dégradation du rendement thermique :

- condenseurs, échangeurs, étanchéité,
  - turbine (encrassement,...) etc.
- Connaître l'état d'usure de la machine et de ses composants (état des étanchéités)

## Comment ?

dB Vib dispose des moyens et 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 (\*)
- État 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 platines
- capteurs de pression absolue
- capteurs 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 ?

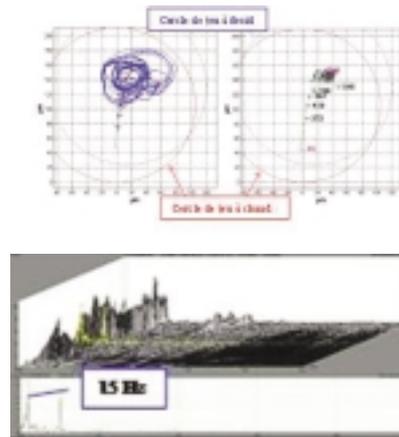
Pour vérifier :

- 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).
  - Mesure des fonctions de transfert au niveau des paliers et des conduites.
2. Démarrage et arrêt de la machine
  - Analyse d'ordre
  - Analyse des sous harmoniques.

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 :

- Interventions programmées avant et après chaque intervention programmée (espérance de passer de 4 à 6 années)
- Entre les interventions programmées régulièrement sur site (2 x par an si pas de télé diagnostic) lorsqu'on constate une évolution significative des vibrations par le télédiagnostic.

Fortuitement :

- Si un comportement suspect apparaît
- Sur demande du client

## 3. Suivi vibratoire de l'ensemble 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

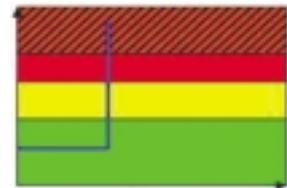
pour les systèmes de suivi : Sécurité, Maintenance et Expertise

### 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 limitation 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**

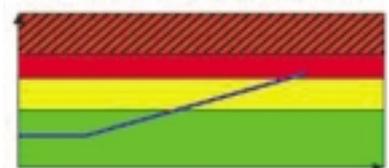
### LA FONCTION MAINTENANCE

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 de 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.



Pour plus de renseignement demandez-nous une présentation du concept SME.

### Comment ?

À 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 ?

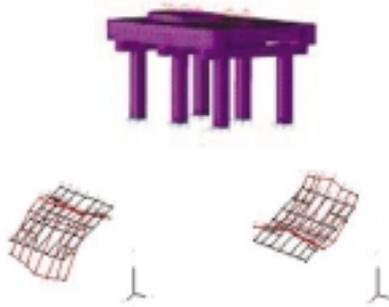
Un bilan des déformations permettra de visualiser spatialement les déformations statiques et dynamiques des supports de la machine ou de la machine elle même :

- 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 des coussinets et butée(s)
- paramètres vapeur ( $\theta$ ,  $p$ ,  $Q$  admission et échappement)
- paramètres des auxiliaires TV et alternateur
- position des organes d'admission et de sécurité

### Quand ?

2 fois par an

## 6. Suivi thermographie infrarouge SUIVI THERMOGRAPHIE (Installation en fonctionnement)

### Pourquoi ?

Cette technique permet de vérifier entre autres :

- la température des corps paliers
- la température des cages moteur 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 ?

À l'aide d'une caméra IR haute résolution.



### Quand ?

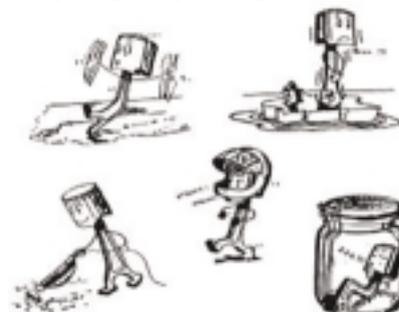
1 fois par an

## 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
- 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 ?

Une fois par an

## 9. Mesures électriques (Installation en fonctionnement)

### Pourquoi ?

Vérifier l'état des bobinages :

- sur le stator
- sur le rotor\*



### Comment ?

STATOR

- 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

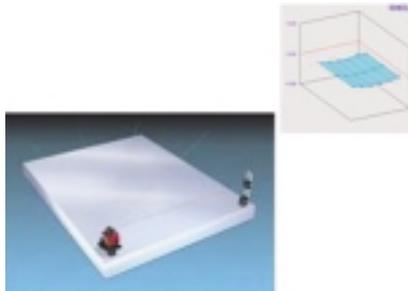
## 11. Mesures topo, déformée statique du génie civil (Installation à l'arrêt)

### Pourquoi ?

Les mesures 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 à l'aide d'un laser rotatif



### Quand ?

Une fois tous les 2 ans

## 12. Équilibrage (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 ?

Équilibrage in situ quand cela est possible  
Équilibrage 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'arbres 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,...)  
Pour les turbo machines ■