

LIVRE BLANC



Maintenance conditionnelle

Les descripteurs de la maintenance conditionnelle



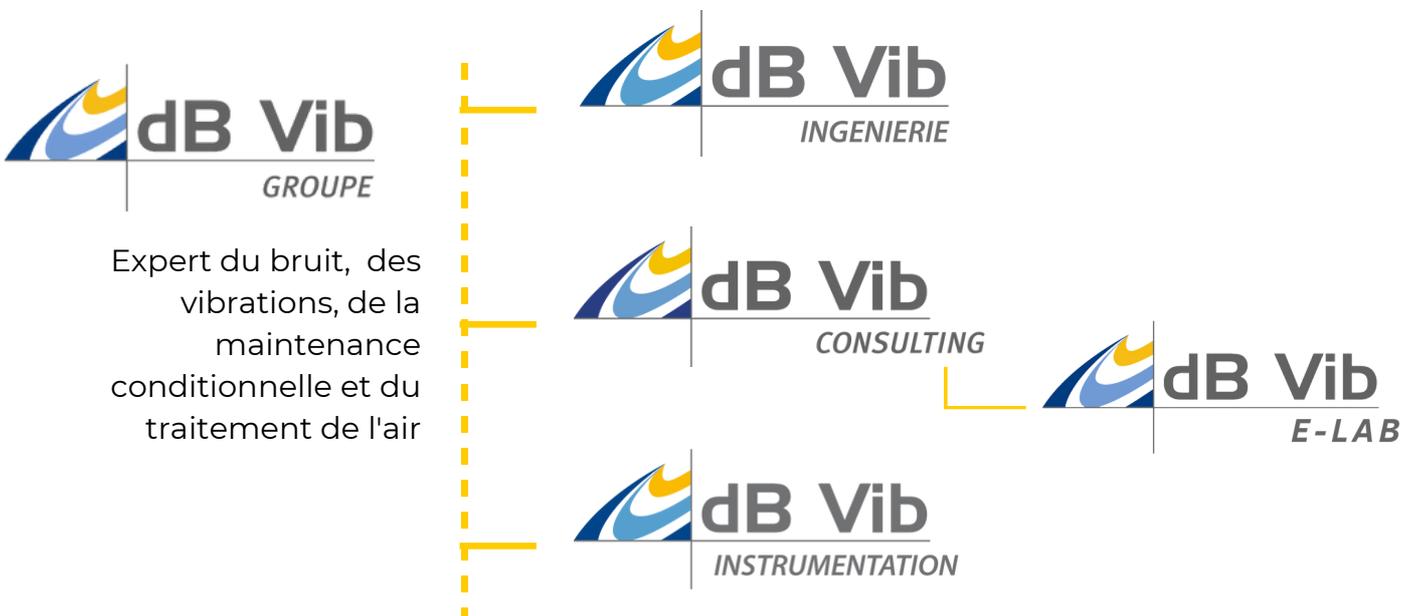


Par Sébastien MEUNIER, Responsable Maintenance Conditionnelle

Ingénieur mécanique diplômé de l'ISAT (Institut Supérieur de L'automobile et des Transports) de Nevers, il intègre le groupe dB Vib dès son stage de fin d'études, où, en 3 ans, il deviendra co-responsable du département vibrations.

Après avoir acquis une solide expérience technique dans le domaine de la maintenance conditionnelle chez dB Vib, Il quitte le groupe quelques 8 années pour le groupe américain EMERSON Automation solutions. Au cours de ces huit années il enrichit son expérience dans le domaine commercial et du management de business unit. En 2013 il regagnera à nouveau le groupe dB Vib pour mettre à profit ses nouvelles compétences au sein du département maintenance conditionnelle, et n'aura de cesse de développer de nouvelles compétences techniques dans les domaines suivants : Thermographie infrarouge, Ultraviolet, ultrasons, analyses électriques. Il est aujourd'hui le formateur référent de ces techniques au sein du groupe dB Vib.

NOTRE GROUPE



Tout industriel a pour objectif de générer des profits, d'assurer la qualité des produits et d'améliorer son efficacité opérationnelle. La maintenance est essentielle pour atteindre ces objectifs. Elle garantit le bon fonctionnement et la disponibilité des machines et équipements. Elle permet ainsi de maîtriser les coûts d'entretien, les dépenses énergétiques, de prolonger la durée de vie des équipements, et d'améliorer la sécurité. Il existe plusieurs types de maintenances industrielles :

- **La maintenance corrective**

La maintenance corrective consiste à intervenir en cas de panne pour réparer ou remplacer les équipements défectueux. On distinguera la maintenance palliative, qui a pour objectif de réparer de manière provisoire l'équipement défectueux (afin de permettre un redémarrage rapide de l'équipement en défaut), et la maintenance curative qui vise à réparer l'équipement défectueux de manière définitive.

- **La maintenance préventive**

La maintenance préventive a pour objectif, comme son nom l'indique, de prévenir la dégradation des équipements. Il existe deux types de maintenance préventive, la maintenance préventive systématique et la maintenance préventive conditionnelle.

La maintenance préventive systématique consiste à planifier l'entretien des équipements régulièrement (tous les 6 mois par exemple) ou sur la base d'un temps d'utilisation, défini à partir du retour d'expérience des exploitants et/ou des préconisations constructeur.

La maintenance préventive conditionnelle s'appuie sur l'état réel de l'équipement (condition monitoring en anglais), et se base sur différents **descripteurs** permettant d'évaluer l'état de santé des équipements et de planifier les éventuels entretiens.

- **La maintenance prévisionnelle (ou en anglais predictive maintenance)**

La maintenance prévisionnelle permet de prévoir les pannes en utilisant des outils de surveillance et de mesure, associés à des modèles de prévisions basés sur des caractéristiques connues et à une évaluation de paramètres significatifs de la dégradation de l'équipement, afin de détecter les signes avant-coureurs de défaillances.

Les stratégies de maintenance les plus fréquemment mises en œuvre dans l'industrie sont la maintenance corrective et la maintenance préventive systématique. Cependant, de plus en plus d'entreprises commencent à adopter des stratégies de maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle, notamment grâce à l'émergence de nouvelles technologies telles que l'Internet des objets (IoT) et l'analyse de données.

Comment choisir et déployer sa stratégie de maintenance ?

Le choix de la stratégie de maintenance industrielle doit prendre en compte plusieurs facteurs permettant de répondre aux besoins spécifiques de chaque entreprise. Les éléments clés à prendre en compte pour une maintenance efficace sont la criticité des équipements, leur fréquence d'utilisation, l'évaluation des conséquences des pannes, les compétences des équipes de maintenance et enfin l'évaluation des coûts de maintenance. Une fois le choix de la stratégie de maintenance défini, son déploiement passe par la sélection des descripteurs, l'acquisition des outils de maintenance les plus adaptés et bien évidemment par la formation des équipes de maintenance aux descripteurs et outils sélectionnés.



Quels sont les outils de diagnostic en maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle ?

La maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle utilisent des outils de diagnostic pour surveiller l'état de santé des équipements, détecter les anomalies et les défaillances potentielles, et prendre des mesures préventives avant que des pannes ne se produisent. Les outils de diagnostic en maintenance conditionnelle sont des technologies qui permettent de surveiller en temps réel l'état de santé des équipements et de détecter les signes avant-coureurs de défaillance. Nous allons, dans cet article nous attacher à présenter les plus couramment utilisés.

L'analyse vibratoire

L'analyse vibratoire est une technique de diagnostic en maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle qui permet de surveiller les vibrations des équipements industriels (machines tournantes) tels que les moteurs, les pompes, les turbines, les compresseurs, etc. Elle consiste à mesurer les vibrations mécaniques produites par ces équipements et à les analyser pour détecter les signes d'usure, de déséquilibre, de mauvaise lubrification ou d'autres anomalies qui peuvent indiquer des problèmes potentiels. L'analyse vibratoire repose sur le fait que tout équipement en mouvement génère des vibrations, image des forces internes, qui varient en fonction de l'état de l'équipement. Les vibrations peuvent être mesurées à l'aide de différents types de capteurs (accéléromètres, vélocimètres, sondes de proximité), qui envoient les données à des analyseurs de vibration pour être traitées et interprétées.

L'analyse vibratoire permet de détecter les signes d'usure avant que les pannes ne se produisent, ce qui permet aux entreprises de planifier et de programmer les opérations de maintenance avant que les équipements ne tombent en panne. La surveillance régulière des vibrations des équipements permet de suivre l'apparition de défauts précoces et leur évolution. L'analyse vibratoire en maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle permet d'identifier plusieurs types de défauts sur une machine, voici les principaux :

- Les défauts de roulements : détérioration ou usure de la bague interne ou externe, des éléments roulants ou de la cage.
- Les défauts de lubrification (huile et graisse)
- Les défauts de balourd : déséquilibre des masses ou mauvaise répartition des masses d'un objet autour de son axe de rotation
- Les défauts de denture sur les engrenages : usure, fissuration, corrosion, défauts de forme ou de position
- Les défauts d'alignement (parallèle ou angulaire)
- La tenue mécanique des liaisons
- L'évolution des fréquences de résonance : modifications de l'environnement dans lequel le système se trouve, ou des perturbations externes qui affectent l'équipement (exemple la résonance de dalle),
- L'apparition de fissuration d'arbre,
- Les défauts magnétiques d'un moteur électrique ou d'un alternateur (court circuit rotorique ou statorique).

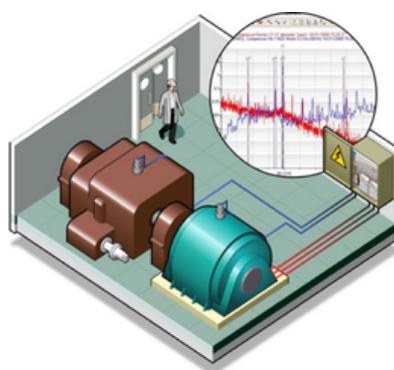
Il est recommandé de réaliser des analyses vibratoires régulièrement sur les machines tournantes pour surveiller leur état et détecter les signes de détérioration avant qu'ils ne deviennent critiques. La fréquence dépend de plusieurs facteurs, tels que : le type de machine, sa taille, sa vitesse de rotation, son environnement et son importance pour l'activité de l'entreprise. Les analyses vibratoires sont effectuées soit de manière périodique, à intervalles réguliers qui peuvent varier de quelques semaines à plusieurs mois, soit en continu et en temps réel.



Afin de procéder à l'analyse vibratoire de ses équipements, il est nécessaire de disposer d'un analyseur de vibrations portatif pour enregistrer les signaux vibratoires recueillis par les capteurs, ainsi que d'un logiciel d'analyse vibratoire pour analyser les données enregistrées et diagnostiquer d'éventuels défauts. Ce logiciel permet également le suivi de l'évolution du comportement vibratoire des équipements dans le temps (comparaison des données enregistrées avec un point zéro).



Il est également essentiel que les équipes de maintenance chargées de ces analyses vibratoires soient correctement formées pour effectuer des diagnostics fiables et efficaces. Les connaissances et les compétences nécessaires pour effectuer des analyses vibratoires incluent la compréhension de la théorie des vibrations, l'utilisation des équipements de mesures, l'interprétation des résultats et la mise en œuvre de mesures correctives. Certains industriels font le choix de former leurs propres équipes de maintenance à l'utilisation des équipements de mesures et à la collecte des données vibratoires puis de confier l'analyse de ces données à des experts en vibrations. D'autres font le choix de sous-traiter les analyses vibratoires périodiques. Le choix, là encore, dépend de l'évaluation de la capacité des équipes de maintenance à développer leurs compétences.



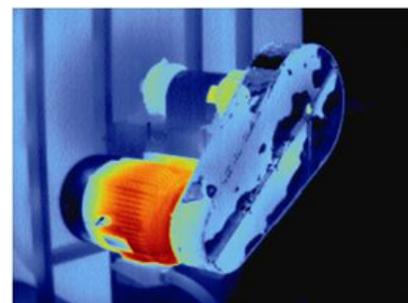
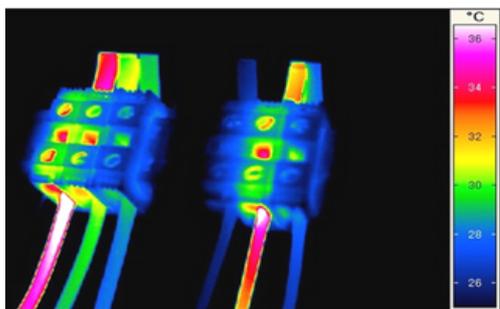
En somme, l'analyse vibratoire est un outil précieux en maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle ; cependant elle est souvent utilisée avec d'autres techniques de diagnostic complémentaires pour obtenir une évaluation complète de l'état des équipements.

La thermographie infrarouge

La thermographie infrarouge est une technique de diagnostic qui utilise une caméra thermique pour détecter les variations de température et identifier les points chauds qui peuvent indiquer d'éventuels problèmes. Cette technologie non intrusive, réalisée sans contact, à distance, peut être appliquée aux équipements électriques et mécaniques. Elle est également très efficace pour détecter les défauts d'isolation ou de fuites thermiques des fours réfractaires, des équipements réfrigérés, des calorifuges, ceux-ci induisant souvent des coûts énergétiques importants.

Les défauts les plus couramment identifiés grâce à la thermographie comprennent :

- Les points chauds dans les installations électriques, causés par une surcharge, un déséquilibre de phase ou un défaut de connexion, pouvant entraîner une défaillance du composant et même un incendie.
- Les surchauffes dans les équipements mécaniques, causées par une friction excessive au niveau des roulements ou des accouplements, un désalignement, un problème de lubrification ou une usure excessive, pouvant entraîner une casse de l'équipement.
- Les fuites dans les systèmes de refroidissement ou de chauffage, pouvant entraîner une perte de liquide ou de gaz, ce qui peut causer une panne du système et même des dommages aux équipements.
- Les problèmes de refroidissement, causés par une obstruction ou un dysfonctionnement des ventilateurs, ce qui peut entraîner une surchauffe et une défaillance des équipements.



Un contrôle par thermographie infrarouge nécessite une caméra thermique, également appelée caméra infrarouge, qui permet de mesurer le rayonnement électromagnétique émis par les équipements et autres objets. Les caméras thermiques peuvent être achetées ou louées auprès de nombreux fournisseurs d'équipements de tests et de mesures. Leurs prix varient en fonction de leurs caractéristiques et de leur complexité. Les caméras de base peuvent simplement fournir des images thermiques en temps réel, tandis que les modèles plus avancés peuvent offrir une résolution plus élevée, des fonctionnalités de mesure plus précises et des capacités d'enregistrement de données pour une analyse ultérieure. Il peut être utile de coupler la caméra thermique à un logiciel d'analyse et d'enregistrement pour effectuer le suivi d'une installation dans le temps et pour produire des rapports d'analyse documentés.

La thermographie est une technique de diagnostic puissante qui peut identifier une grande variété de problèmes. Cependant elle présente également certaines limites notamment si les défauts sont de petites tailles ou trop éloignés de la caméra thermique ou encore s'ils ne génèrent pas un écart de températures suffisant par rapport à leur environnement pour être détectés. Pour surmonter ces limites il est souvent nécessaire d'utiliser d'autres techniques complémentaires de diagnostics.

La détection ultrasonore

La détection ultrasonore est une technique de maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle qui permet de mesurer les sons en hautes fréquences générés par les équipements en fonctionnement. Elle est utilisée pour détecter des défauts électriques et mécaniques.

En inspection des équipements électriques, elle permet d'identifier :

- Les décharges partielles électriques et effets Corona
- Les défauts de cheminement électrique (tracking en anglais)
- Les arcs électriques
- Les défauts d'isolation
- Les fissures et les ruptures dans les composants électriques
- Les composants desserrés

En maintenance conditionnelle des machines tournantes, la détection ultrasonore par contact est utilisée pour détecter :

- Les défauts de roulements
- Les défauts d'engrenage
- Les défauts de lubrification

Elle permet aussi de suivre et vérifier :

- L'inspection des vannes TOR ou de régulation (vanne fuyarde)
- Vérification des soupapes de compresseur
- Le bon fonctionnement des purgeurs de vapeur
- Les éventuelles fuites internes ou par pénétration d'air dans les applications hydrauliques (cylindres hydrauliques, actionneurs linéaires et moteurs à pistons radiaux)
- Les fuites sur échangeurs de chaleur et condensateurs.



La détection ultrasonore est également l'un des moyens les plus simples et efficaces pour œuvrer à la sobriété énergétique, en identifiant et localisant les fuites des réseaux d'air comprimé ou de gaz, ou des réseaux sous vide.

Le détecteur ultrasonore utilisé est un appareil composé d'un microphone pour capter les ondes ultrasonores, d'un amplificateur pour amplifier le signal capté, et d'un écran ou d'un casque pour afficher ou rendre audible à l'homme le signal. Les caméras de détections ultrasonores rendent visibles les ultrasons et sont particulièrement recommandées pour réaliser les inspections dans les milieux présentant de multiples fuites et autres sources ultrasonores parasites.

L'analyse et le contrôle de l'huile

La surveillance de la qualité des lubrifiants utilisés dans les équipements est également un outil de diagnostic de la santé de ceux-ci. En effet, l'état de l'huile des machines peut permettre d'identifier de nombreux défauts en analysant leurs caractéristiques physicochimiques, en contrôlant leur éventuelle pollution interne et externe et en surveillant l'usure des machines :

- 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
- La teneur en eau,
- La gravimétrie
- Le comptage de particules

La surveillance de ces paramètres permet d'identifier la contamination du lubrifiant par des éléments externes comme des métaux issus de l'usure des pièces de la machine, de l'eau ou autres fluides issus de fuites... Elle permet aussi de constater l'état de dégradation de l'huile tel que la perte d'additifs, l'oxydation et la formation d'acides, qui peuvent réduire l'efficacité de l'huile et endommager les composants de l'équipement. Elle peut également aider à mettre en évidence les problèmes de lubrification insuffisante ou excessive.

Selon ce que l'on souhaite analyser, la mise en œuvre de cette technique peut être lourde avec la collecte d'échantillons, la préparation des échantillons, l'analyse physique puis l'analyse chimique avant de pouvoir interpréter l'ensemble des résultats et préconiser des recommandations d'actions. Cependant, il existe aussi des capteurs pouvant s'insérer en lieu et place des bouchons de lubrification qui vont collecter les débris ferreux contenus dans l'huile et en analyser la teneur afin d'alerter lorsque celle-ci laisse présager l'usure de l'un des composants de la machine.

L'analyse d'huile est donc recommandée une à deux fois par an sur les machines critiques. Elle est également un outil de diagnostic complémentaire à l'analyse vibratoire pour pousser les investigations sur l'origine d'un défaut mécanique identifié.



L'analyse des courants électriques

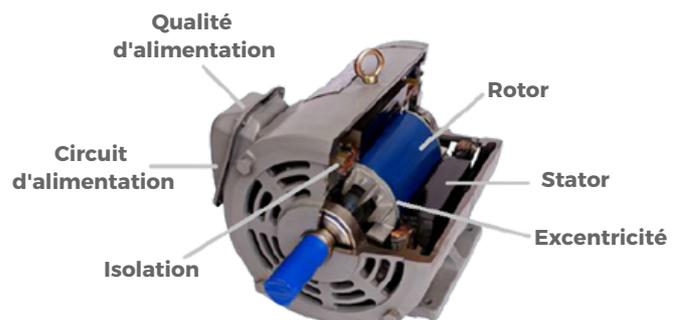
L'analyse des courants électriques est une technique de diagnostic en maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle qui permet de mesurer et d'analyser les courants électriques de l'équipement pour détecter les anomalies électriques et les problèmes de fonctionnement. Cette technique est utilisée pour évaluer la santé des équipements électriques tels que les moteurs électriques, les transformateurs, les générateurs, les variateurs de fréquence, les disjoncteurs, les contacteurs, etc. Ces analyses électriques restent ponctuelles, ce qui est étonnant quand on sait que plus de 50% des pannes de moteurs électriques sont liées à une défaillance électrique et non mécanique !

L'analyse des courants électriques peut être utilisée pour détecter différents types de défauts électriques, tels que les surcharges, les déséquilibres de courant, les problèmes de qualité de l'alimentation électrique, les courts-circuits, les défauts d'isolation et les problèmes de contact. Cette technique permet également de détecter les défauts de fonctionnement des équipements, tels que les problèmes de lubrification, les blocages mécaniques et les vibrations excessives, qui peuvent se manifester par des changements dans les caractéristiques des courants électriques.

L'analyse des courants électriques peut être réalisée à l'aide d'un équipement de mesure spécialisé, tel qu'un analyseur de courant, qui peut réaliser un bilan de puissance et mesurer les caractéristiques des courants électriques, telles que l'amplitude, la fréquence, la forme d'onde et la phase. Pour les moteurs électriques et alternateurs, les données collectées en statique ou en dynamique permettent d'analyser six zones d'intérêts appelées aussi zones de défauts :

- La qualité de l'alimentation.
- Le circuit d'alimentation.
- L'isolation.
- Le stator.
- Le rotor.
- L'excentricité.

L'analyse des courants électriques est une technique précise et non intrusive qui permet de détecter les problèmes électriques avant qu'ils ne provoquent des pannes ou des défaillances de l'équipement.



Conclusion

En détectant les problèmes potentiels avant qu'ils ne deviennent des défaillances critiques, la maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle permet aux entreprises de planifier des interventions de maintenance pour éviter des temps d'arrêt coûteux et prolonger la durée de vie des équipements. La combinaison de plusieurs techniques de diagnostic permet de maximiser la fiabilité et la durée de vie des équipements, minimiser les temps d'arrêt coûteux et améliorer la rentabilité globale de l'entreprise.

Après cet exposé des outils de diagnostic de maintenance conditionnelle, il apparaît difficile de déterminer ceux qui conviennent le mieux à un équipement donné. Mais il est aussi important de déterminer le moment optimal pour effectuer les analyses et inspections (périodicité, machine en fonctionnement ou à l'arrêt) pour maximiser la disponibilité de l'équipement. Cette difficulté n'est pas le seul obstacle au déploiement d'une stratégie de maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle. En effet, on note aussi la grande quantité de données fournies par ces outils qui méritent d'être enregistrées et analysées, et peut alors nécessiter des investissements importants dans des technologies et compétences spécialisées.

Pour mettre en œuvre une stratégie de maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle, le personnel doit avoir les compétences nécessaires pour collecter et analyser les données. Il est souvent nécessaire de former ou de recruter du personnel ayant des compétences spécialisées dans l'analyse des données et les technologies de maintenance conditionnelle.

De plus l'investissement financier dans les équipements de mesure, les logiciels spécialisés, les formations et les systèmes d'information peut être important. Il est donc important de définir un budget adapté à la mise en place et à l'exploitation de cette stratégie et d'en évaluer et mesurer le retour sur investissement.

Le déploiement d'une stratégie de maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle peut aussi nécessiter de changer la culture de l'entreprise. Il est important de convaincre les responsables et les opérateurs de l'importance de la maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle pour maximiser la disponibilité et la performance de l'équipement.

La mise en place d'une stratégie de maintenance préventive conditionnelle et prévisionnelle peut donc présenter plusieurs défis, mais les industriels ont bien compris que ces stratégies de maintenance sont indispensables pour augmenter la disponibilité et les performances des outils de production et améliorer la rentabilité. C'est pourquoi le déploiement d'une telle stratégie doit être réfléchi, organisé, et maîtrisé.

N'hésitez pas à vous faire accompagner par des experts pour définir votre stratégie, les outils et indicateurs à déployer.