

Usure des machines : comment l'analyse des vibrations a évolué pour augmenter la disponibilité

La plupart des machines ont des pièces en mouvement, et les pièces en mouvement vibrent. Mesurer la façon dont ces pièces vibrent peut en dire long sur la santé d'une machine. Qu'il s'agisse du grondement de paliers usés ou du tremblement, du flottement ou du cognement de pièces desserrées, mal alignées ou déséquilibrées, les machines ont une histoire à raconter aux personnes capables et désireuses de les écouter.



L'analyse des vibrations, l'art et la science de la mesure et l'interprétation de ces grondements et tremblements, se pratique depuis des décennies. Bien que cela soit historiquement le domaine de spécialistes employant des instruments spécifiques pour les entreprises et les organismes gouvernementaux disposant d'équipements critiques, la mécanique a également utilisé l'analyse des vibrations au moyen d'un stéthoscope ou d'outils similaires. L'analyse des vibrations sur les machines tournantes a gagné en popularité au cours des quatre dernières décennies du fait que des milliers de pannes peuvent être identifiées sans avoir à arrêter ou démonter la machine. Les progrès récents dans les capteurs de vibration, l'acquisition de données, et les technologies d'analyse ont rendu l'analyse des vibrations moins chère, plus facile et plus largement accessible.

L'analyse des vibrations est un élément essentiel d'un système de maintenance conditionnelle. Alternative à la stratégie de « fonctionnement jusqu'à la panne », la maintenance conditionnelle mesure l'état de la machine, ce qui ne nécessite pas de démonter la machine pour déterminer son état. Lorsqu'un dysfonctionnement d'une machine survient, une réparation est programmée lorsque nécessaire, ni trop tôt ni trop tard.

Voici comment cela fonctionne : En analysant les tendances et les amplitudes des pics de vibration à des fréquences spécifiques, des règles et algorithmes ont été conçus pour diagnostiquer les problèmes des machines. Cela se fait automatiquement en fixant solidement un capteur (généralement un accéléromètre) aux roulements de la machine, et en mesurant les fréquences de vibration transmises de l'arbre de rotation via les roulements à la surface métallique extérieure de la machine, puis au capteur.

Comprendre l'analyse des vibrations permet de transformer un système de « fonctionnement jusqu'à la panne » en un programme de maintenance conditionnelle préventive.

Les défauts mécaniques les plus importants que l'analyse des vibrations puisse révéler sont les suivants :

1. **Déséquilibre** : un « point lourd » dans un élément tournant provoque des vibrations lorsque le poids asymétrique tourne autour de l'axe de la machine, créant ainsi une force centrifuge qui entraîne une usure importante des roulements et des joints et un gaspillage d'énergie.
2. **Mauvais alignement** : des forces élevées peuvent survenir lorsque les arbres de la machine ne sont plus alignés. Les forces provoquées par un mauvais alignement des arbres (par exemple) d'un moteur et d'une pompe entraîne une usure importante des roulements et des joints et un gaspillage d'énergie.
3. **Usure** : lorsque des composants tels que les roulements à billes, les courroies de transmission ou les engrenages s'usent, des vibrations peuvent survenir. Par exemple, lorsqu'une bague de roulement commence à

s'user, les rouleaux provoquent des vibrations à chaque fois qu'ils passent sur la zone endommagée. Une dent d'engrenage très écaillée ou très usée, ainsi qu'une courroie de transmission cassée, peuvent également produire des vibrations.

4. **Desserrement** : des vibrations, qui pourraient être tout à fait anodines, peuvent devenir évidentes et destructrices si le composant qui vibre est mal fixé ou si ses roulements sont desserrés. Ce desserrement peut éventuellement être causé par des vibrations sous-jacentes.

Les QUATRE défauts mécaniques les plus courants que l'analyse de vibrations peut révéler

1. Déséquilibre
2. Désalignement
3. Usure
4. Desserrage

Outils d'analyse des vibrations de secours

Ces 30 dernières années, il n'y avait que deux outils pour l'analyse des vibrations : l'analyseur haut de gamme et le testeur vibratoire de poche. Récemment, deux nouvelles catégories d'outils de détection des vibrations ont gagné en popularité pour aider le technicien général à combler le vide entre les analyseurs de vibration complexes et les testeurs vibratoires de poche simplistes. Ces nouveaux outils sont le testeur de vibration et le vibromètre.

Appareil de test de tension	Avantages/inconvénients
Analyseur de vibrations	<ul style="list-style-type: none"> • Essentiel pour les machines complexes, critiques pour la production • Nécessite un opérateur expérimenté avec un haut niveau de connaissances • Produit de grandes quantités de données complexes qui nécessitent une analyse • L'investissement en amont important peut inclure des droits de licence en cours
Testeurs de vibrations	<ul style="list-style-type: none"> • Bien adapté pour la grande majorité des machines d'usine • Réponses conditionnées entièrement automatisées de la machine sans analyse manuelle • Coûts initiaux, ressources et formation minimaux • Simple d'utilisation
Vibromètre	<ul style="list-style-type: none"> • Plusieurs lectures à partir d'un outil unique : vibrations globales, impact sur les roulements, température à infrarouge, état des paliers, détermination de l'état de la machine
Testeur vibratoire de poche	<ul style="list-style-type: none"> • Fonction unique ; nombre de vibrations uniquement • S'appuie sur l'expérience de l'opérateur pour fournir tout type de résultat.

Il existe plusieurs types d'outils d'analyse des vibrations, allant des analyseurs de vibration très sophistiqués aux testeurs vibratoires de poche. Chaque outil a ses propres forces et détecte différents problèmes de vibrations.

Analyseur de vibration

Les analyseurs de vibration effectuent une analyse complexe de l'état de la machine. Ils analysent les spectres des vibrations (leur amplitude par rapport à la fréquence), déterminent les mesures de base pour l'équipement testé et observent les tendances des relevés dans le temps. Cette analyse complexe permet non seulement d'identifier les anomalies éventuelles, mais aussi de comprendre la cause première et d'estimer le temps de fonctionnement avant la panne. Cette méthode traditionnelle de dépannage des vibrations exige toutefois une formation approfondie, ainsi qu'une excellente maîtrise des spectres et de l'historique de l'équipement.

Quand l'utiliser :

- Pour de grosses machines complexes avec de nombreuses variables, telles que les machines à papier, les machines multi-axes, les turbines, etc.
- Pour le dépannage à l'aide de l'analyse en temps réel, le test d'impact, la phase de canaux croisés, et les tests de résonance pour les défauts autres que les 4 défauts communs décrits ci-dessus.

Testeurs de vibrations

Les tests de vibrations fournissent un diagnostic automatisé des problèmes les plus courants sur la plupart des machines tournantes : problème spécifique, gravité du problème et réparations recommandées. L'appareil démarre comme un collecteur de données de vibration à 4 canaux, mais ensuite de nombreuses caractéristiques et fonctions sont modifiées par le fabricant pour le rendre facile à utiliser par un technicien ayant une formation et une expérience minimum. Un analyste de vibration expérimenté peut estimer avoir besoin de ces fonctions, mais une grande équipe d'experts en vibration travaillant depuis plus de 30 ans a démontré que les techniques de dépannage avancées et complexes ne sont pas nécessaires pour diagnostiquer les problèmes les plus courants dans la

plupart des machines tournantes. En d'autres termes, vous n'allez pas voir un chirurgien si vous avez un rhume ou la grippe : vous allez voir un médecin généraliste. Laissez le testeur vous aider à trouver les défauts les plus courants et laissez le dépannage avancé à l'analyseur.

Quand l'utiliser :

- Pour la plupart des machines avec peu de variables : moteurs, pompes, ventilateurs, compresseurs, souffleurs, courroies, engrenages
- Pour diagnostiquer des problèmes courants de la machine (90 %) : déséquilibre, mauvais alignement, roulements, desserrage
- Pour les techniciens qui ont de nombreuses autres tâches à accomplir (pas de temps pour analyser des graphiques complexes)



Vibromètre

Lors de l'utilisation d'un vibromètre, vous pouvez mesurer et comparer l'ensemble des vibrations à une base de données de valeurs réelles de la machine pour fournir à l'utilisateur des résultats faciles à comprendre. Le **testeur de vibrations Fluke 805** a une combinaison de pointe de capteur de vibration et de force qui compense la différence due à l'utilisateur (force ou angle) et permet d'obtenir des relevés précis et reproductibles. Cet appareil dispose d'une échelle de gravité à quatre niveaux et d'un processeur intégré qui fournit à la fois l'état des roulements et l'état général de la machine à l'aide d'alertes textuelles faciles à comprendre. En quelques secondes, il est capable de lire une large gamme de fréquences (de 10 à 1 000 Hz et de 4 000 à 20 000 Hz), qui couvre la plupart des types de machines et de composants. L'interface simple du Fluke 805 limite les saisies de l'utilisateur à la gamme RPM et au type d'équipement. Cela donne au personnel de maintenance de premier niveau et aux opérateurs un outil de mesure pour déterminer l'équipement sain et celui qui a besoin de test supplémentaire.



Quand l'utiliser :

- Contrôler toutes les machines : des centaines de machines accessoires ainsi qu'une vérification quotidienne rapide des machines critiques entre les tests effectués par l'analyste.
- Pour le dépistage de toutes les machines (100 %) : utilisation de l'ensemble des vibrations, les impacts sur les roulements et la température des roulements pour déterminer si la machine est en bon ou mauvais état. Le testeur de vibration est un outil cinq en un : ce n'est pas un outil à usage unique comme le testeur vibratoire de poche.

Testeur vibratoire de poche

Un testeur vibratoire de poche est un outil à usage unique qui mesure les vibrations causées par des problèmes structurels et de rotation, et il peut aider à identifier certains problèmes de roulements ou d'engrenages.

Les testeurs vibratoires de poche sont faciles à utiliser et fournissent un nombre simple correspondant à l'ensemble des vibrations provenant de la machine. Cependant, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur la machine pour comprendre la signification de ce nombre. Est-ce que ce nombre est mauvais pour cette machine, quelle est la gravité du problème, quel est le problème, et quelles sont les mesures à prendre ?

Quand l'utiliser :

- Pour des diagnostics simples de machines moins complexes.

Principes de test de vibration

Les mesures de vibration ne sont pas comme des mesures de la température ou de la tension. À l'aide d'un équipement de test électrique, vous pourriez vous attendre à lire un nombre qui se répète jour après jour. Utiliser un accéléromètre piézoélectrique pour mesurer les vibrations d'un train de machine dynamique est

une autre histoire. Vous ne mesurez pas la vibration à la source de la vibration (sur l'axe de rotation), mais vous la mesurez à partir du boîtier de roulement de la machine. Cela signifie que vous mesurez vraiment la réponse de la structure de la machine à la vibration provenant de l'arbre de rotation à l'intérieur, des composants sur l'arbre, des roulements, des couvercles et de la base. Il y a beaucoup de vibrations aléatoires mélangées aux vibrations de l'arbre de rotation. Même la vibration reproductible de l'arbre de rotation se compose de nombreuses variables : résonances, vitesse et charge, emplacement, montage du capteur, environnement, fonctionnement, bruit, excitation, et autres éléments influençant la machine.

Comment réduire le bruit, les vibrations et les variables aléatoires

- Assurez-vous que la machine fonctionne à la même vitesse et avec la même charge à chaque fois qu'une mesure est prise.
- Assurez-vous que la machine fonctionne dans les mêmes conditions.
- Assurez-vous que les mêmes machines dans la zone fonctionnent dans les mêmes conditions.

Vous pouvez faire de votre mieux pour minimiser les vibrations aléatoires et réduire les variables, mais le spectre de vibrations ne va jamais être exactement le même. La seule façon pour avoir ce type de répétabilité serait dans un environnement de laboratoire dans l'espace. Au moment où la vibration de l'arbre de rotation est transmise via le roulement, à l'extérieur du boîtier de roulement, dans le capteur fixé avec un aimant et mélangée avec les résonances et le bruit de la machine, la fondation, la structure environnante et les machines à proximité, il y a tout simplement trop de variables pour espérer une reproductibilité exacte, c'est pourquoi il est si important d'utiliser l'outil approprié.

Après des décennies d'analyses primitives ou extrêmement lourdes et coûteuses, les progrès récents dans le domaine ont permis une application plus large de la pratique. Aujourd'hui un élément essentiel des programmes de surveillance conditionnelle, l'analyse des vibrations continue à évoluer, avec des outils plus accessibles et abordables pour l'utilisateur moyen.

L'outil qui a sauvé la laiterie

Eric Trummel, le responsable maintenance de la laiterie Alpenrose à Portland, dans l'Oregon, se souvient d'un incident lorsque, lors d'un contrôle semi-annuel, un entrepreneur analyste en vibrations a mis en garde contre la détérioration du roulement dans un compresseur d'air important. L'un des roulements était en mauvais état et l'équipe devait s'en occuper dans les prochains mois. « La semaine suivante, le compresseur d'air est tombé en panne, limitant considérablement la production de l'usine, » explique Eric Trummel. « Voilà pourquoi le Fluke 810 convient parfaitement à nos besoins, poursuit-il. Il est important de disposer de ces compétences en interne et de contrôler ce type d'équipement toutes les deux semaines. Cela nous permet de mieux comprendre ce qui se passe. »

« Le Fluke nous permet d'effectuer un relevé une fois par semaine ou une fois par mois, explique E. Trummel. Si nous constatons des différences, nous pouvons établir un processus d'analyse de tendance grâce à ces données. Si nous remarquons un changement au niveau de nos fréquences, cela signifie que nous devons nous pencher sur le problème. Il est évident que nous ne pourrions pas vérifier l'ensemble des équipements de notre laiterie tous les mois. Si je me réfère à mes relevés des mesures de base, nous devons définir l'ordre de priorité des équipements à contrôler tous les mois ou tous les trimestres. »



L'analyse des vibrations régulière à la laiterie Alpenrose fournit des données pour l'analyse des tendances utilisée en maintenance préventive.

John Bernet est le spécialiste produit et application mécanique de Fluke. Avec plus de 30 ans d'expérience dans l'exploitation et la maintenance de centrales nucléaires et de machines d'autres usines, John a collaboré avec des clients de toutes les industries pour mettre en place des programmes de fiabilité. John est un analyste en vibrations certifié catégorie 2, avec plus de 20 ans d'expérience dans le diagnostic des dysfonctionnements de machines. Pendant 12 ans, John a servi dans la marine américaine comme électricien. John est un professionnel certifié de la fiabilité de la maintenance (PCFM).

*Soyez à la pointe du progrès avec **Fluke**.*

Fluke France SAS
20 Allée des érables
93420 Villepinte
France
Téléphone: +33 17 080 0000
Télécopie: +33 17 080 0001
E-mail: cs.fr@fluke.com
Web: www.fluke.fr

Fluke Belgium N.V.
Kortrijksesteenweg 1095
B9051 Gent
Belgium
Tel: +32 2402 2100
Fax: +32 2402 2101
E-mail: cs.be@fluke.com
Web: www.fluke.be

Fluke (Switzerland) GmbH
Industrial Division
Hardstrasse 20
CH-8303 Bassersdorf
Tel: +41 (0) 44 580 7504
Fax: +41 (0) 44 580 75 01
E-mail: info@ch.fluke.nl
Web: www.fluke.ch

©2016 Fluke Corporation. Tous droits réservés. Informations modifiables sans préavis. 4/2016 6007639a-fr

La modification de ce document est interdite sans l'autorisation écrite de Fluke Corporation.