



-LECTURE: > 6MIN (<HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/CATEGORY/LECTURE-A-6MIN/>)

PROCESS (<HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/CATEGORY/ACTUALITES/PROCESS-MACHINES-ET-MAINTENANCE/PROCESS/>)

MAINTENANCE CONDITIONNELLE DES MACHINES TOURNANTES

par Éléments Industriels

10 SEPTEMBRE 2018

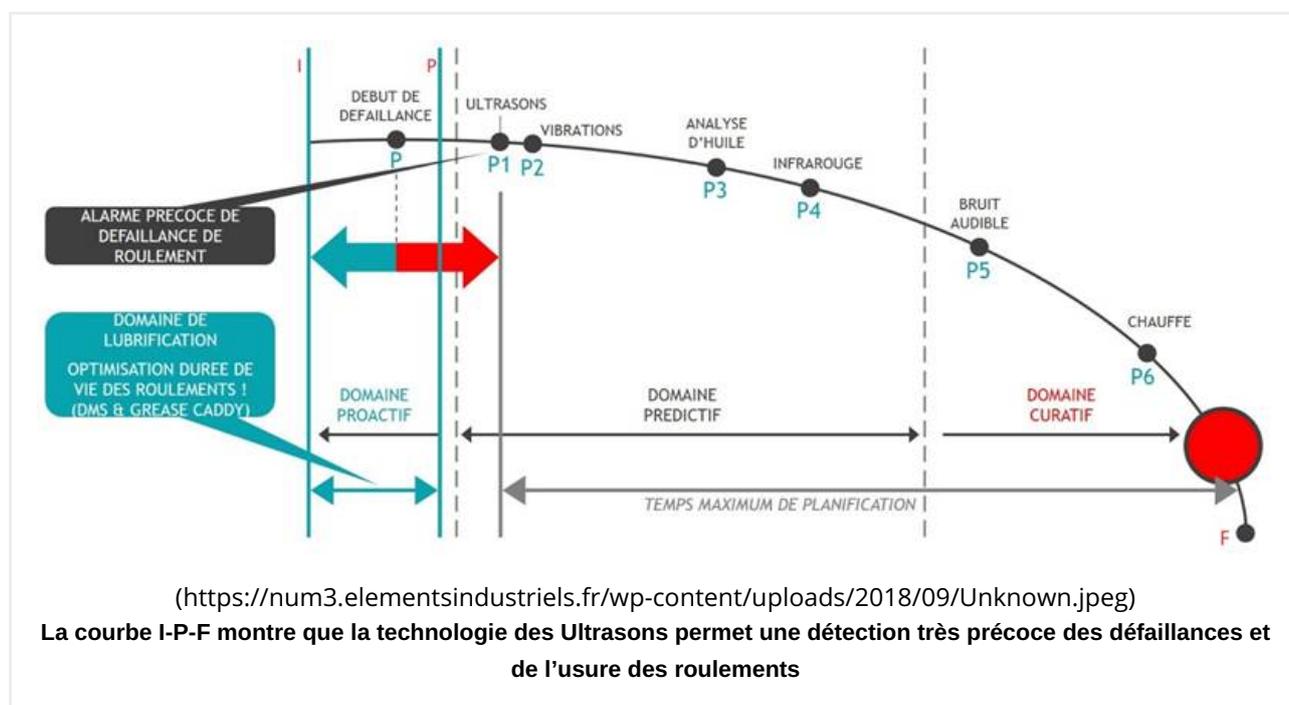
0 COMMENTAIRE (<HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/MAINTENANCE-CONDITIONNELLE-DES-MACHINES-TOURNANTES/#COMMENTS>)

Maintenance Conditionnelle des machines tournantes: la technique passionnante de l'analyse ultrasonore, partie 1

Article écrit par Daniel MAZIERES, UE SYSTEMS FRANCE

Les pratiques de maintenance et de fiabilisation ont considérablement évolué au cours des dix dernières années. Alors que le terme maintenance était jadis synonyme de tâches basiques et “d’entretien”, il est aujourd’hui devenu quasi systématiquement synonyme de fiabilité. Le domaine de la fiabilité est actuellement en phase de transition et de forte évolution. Les acteurs de la maintenance sont de plus en plus proactifs dans le déploiement de leurs stratégies et de plus en plus réactifs lorsqu’une défaillance équipement se produit. Les outils de surveillance d’état, disponibles aujourd’hui, sont également plus avancés. Ils peuvent même dans certains cas donner des informations quasi-instantanées permettant à l’utilisateur de réaliser un diagnostic en temps réel. Les appareils mobiles tels que tablettes, smartphones et autres PDA permettent également d’améliorer et de rendre très accessibles les applications de maintenance. Par ailleurs, les systèmes de surveillance d’état, permanents et à distance ont aussi beaucoup évolué.

La technologie des Ultrasons est un acteur majeur de cette surveillance d’état. Autrefois réduite à la seule application de détection de fuites, cette technologie est aujourd’hui de plus en plus utilisée par les professionnels de la maintenance et de la fiabilité. La courbe I-P-F ci-dessous reflète ces pratiques.



Nous devons nous préoccuper de l’intervalle P-F situé après la détection d’une défaillance mais aussi de l’intervalle I-P avant que celle-ci n’apparaisse. Pour le cas d’un roulement nouvellement installé, l’intervalle I-P constitue généralement la période pendant laquelle sont effectuées les opérations d’équilibrage et d’alignement d’arbre. C’est aussi avant l’apparition d’une défaillance que la technologie ultrasonore joue un premier rôle essentiel par la mise en place d’une lubrification appropriée et optimisée.

Pour un roulement correctement monté, il est prouvé qu’au moins 60% des défaillances prématurées de ce dernier sont dues à une lubrification non appropriée. Qu’il s’agisse de sur-lubrification ou sous-lubrification, une stratégie de graissage non appropriée dégrade les conditions d’utilisation des roulements et en affecte

la durée de vie : usure prématurée et apparition des premiers modes de défaillances.

Le niveau ultrasonore d'un roulement étant représentatif de son niveau de friction, la technologie des ultrasons est aussi utilisée pour optimiser la lubrification et éviter les excès de graisse.

Sur le suivi d'un roulement, une augmentation du niveau ultrasonore en décibels alerte sur un besoin en lubrification. Il s'agira alors d'écouter le roulement pendant son graissage : la graisse réduisant son niveau de friction interne, on note également une diminution du niveau ultrasonore pendant le graissage. Lorsque ce niveau ultrasonore ne diminue plus, la graisse a fait son effet et l'inspecteur arrête son graissage. La mise en œuvre d'une stratégie de graissage optimisée à l'aide des ultrasons permettra ainsi de ne graisser que les roulements qui en ont besoin et avec la quantité de graisse appropriée. On évite ainsi le surgraissage qui est destructeur pour les roulements.

Dans le cas d'un roulement présentant déjà un excès de graisse lors de son écoute ultrasonore, l'action de graissage s'accompagne à l'inverse d'une augmentation du niveau de bruit. L'inspecteur s'abstiendra alors de rajouter de la graisse.

Comment commencer ?

Les deux premières questions que se posent les nouveaux utilisateurs de la technologie ultrasonore sont : "comment définir une valeur de référence ? et " comment savoir si ce que j'écoute est bon ou mauvais ?" Ce sont des questions très pertinentes car il n'y a jusque-là généralement pas d'historique de mesure ultrasonore sur l'équipement testé. Les nouveaux utilisateurs ne sont par ailleurs pas encore familiers à l'utilisation de la technologie pour cette application.

Nous allons développer trois méthodes de diagnostic dans cet article. Pour définir les valeurs de références, nous aborderons deux méthodes : la méthode comparative et la méthode de suivi de tendance. Nous examinerons ensuite la méthode d'analyse des enregistrements ultrasonores permettant de réaliser un diagnostic complet, précis et qui répondra à la question: " Est-ce que ce que j'écoute est bon ou mauvais ?". Lorsqu'un signal ultrasonore enregistré dans l'appareil de prise de mesure est reproduit dans le logiciel d'analyse spectrale, nous pourrons alors visualiser et analyser ce signal selon les deux modes suivants : FFT (traitement par la méthode « **transformation de Fourier rapide** » ou en anglais : *fast Fourier transform*) et Temporel. Certains instruments à ultrasons ont même la capacité de visualisation de ces formes d'ondes FFT et Temporelles en embarqué. L'utilisateur pourra ainsi corrélérer ce qu'il écoute à ce qu'il voit pendant la prise de mesure. Cette caractéristique est très intéressante et très pratique afin d'avoir un premier diagnostic in-situ. Un concept parfois appelé « imagerie ultrasonore ».

La Méthode Comparative

Une manière très simple de savoir rapidement si ce que j'écoute est " bon " ou " mauvais " est d'utiliser l'approche par comparaison. Grâce à cette méthode, l'inspecteur compare simplement les niveaux en

décibels de roulements identiques, mesurés au même endroit sur des équipements identiques. À l'aide de cette méthode, l'inspecteur « entraîne » également son oreille à la signature sonore des machines tournantes testées. Il est évident que la signature sonore d'un roulement présentant un défaut particulier sera différente de celle d'un roulement sans défaut. La valeur de référence peut alors être définie comme la moyenne des niveaux ultrasonores en décibels pour les points comparés. Cette valeur de référence est paramétrable dans le logiciel de suivi de tendance ultrasonore.



(<https://num2.elementsindustriels.fr/wp-content/uploads/2018/09/Unknown-1.jpeg>)

L'image ci-dessus montre les points de mesures sur 6 moteurs identiques. Le niveau ultrasonore en dB ne diffère pas de plus de 3dB d'un moteur à l'autre sauf pour le moteur B. La mesure du moteur B était supérieure de 12 dB par rapport aux 5 autres moteurs.

Nous verrons dans la partie 2 de cet article *La Méthode de Suivi de Tendance* ainsi que des applications concrètes de ces outils passionnants d'analyse des signaux faibles.

Rendez vous dès le 17 septembre sur cette page (<https://elementsindustriels.fr/maintenance-conditionnelle-des-machines-tournantes-partie-2>) !

◆ MAINTENANCE CONDITIONNELLE ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/MAINTENANCE-CONDITIONNELLE/](https://elementsindustriels.fr/tag/maintenance-conditionnelle/))
ROULEMENTS ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/ROULEMENTS/](https://elementsindustriels.fr/tag/roulements/)) SIGNAUX FAIBLES ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/SIGNAUX-FAIBLES/](https://elementsindustriels.fr/tag/signaux-faibles/)) UE SYSTEMS ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/UE-SYSTEMS/](https://elementsindustriels.fr/tag/ue-systems/)) ULTRASONS ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/ULTRASONS/](https://elementsindustriels.fr/tag/ultrasons/))

◀ Article précédent

Ringspann, un acteur majeur sur le marché des freins industriels

(<https://elementsindustriels.fr/ringspann-un-acteur-majeur-sur-le-marche-des-freins-industriels/>)

Article suivant ▶

Moins d'énergie consommée pour des agitateurs horizontaux innovants

(<https://elementsindustriels.fr/moins-denergie-consommee-pour-des-agitateurs-horizontaux-innovants/>)



(<https://elementsindustriels.fr/>)

STAGE 250
POMPES : PANNES,
DIAGNOSTIC ET
MAINTENANCE

Du 13 au 15
novembre
à VALENCE

-LECTURE: > 6MIN ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/CATEGORY/LECTURE-A-6MIN/](https://elementsindustriels.fr/category/lecture-a-6min/))

PROCESS ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/CATEGORY/ACTUALITES/PROCESS-MACHINES-ET-MAINTENANCE/PROCESS/](https://elementsindustriels.fr/category/actualites/process-machines-et-maintenance/process/))

MAINTENANCE CONDITIONNELLE DES MACHINES TOURNANTES, PARTIE 2

par Eléments Industriels

17 SEPTEMBRE 2018

0 COMMENTAIRE ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/MAINTENANCE-CONDITIONNELLE-DES-MACHINES-TOURNANTES-PARTIE-2/#COMMENTS](https://elementsindustriels.fr/maintenance-conditionnelle-des-machines-tournantes-partie-2/#comments))

Maintenance Conditionnelle des machines tournantes:

la technique passionnante de l'analyse ultrasonore – Partie 2

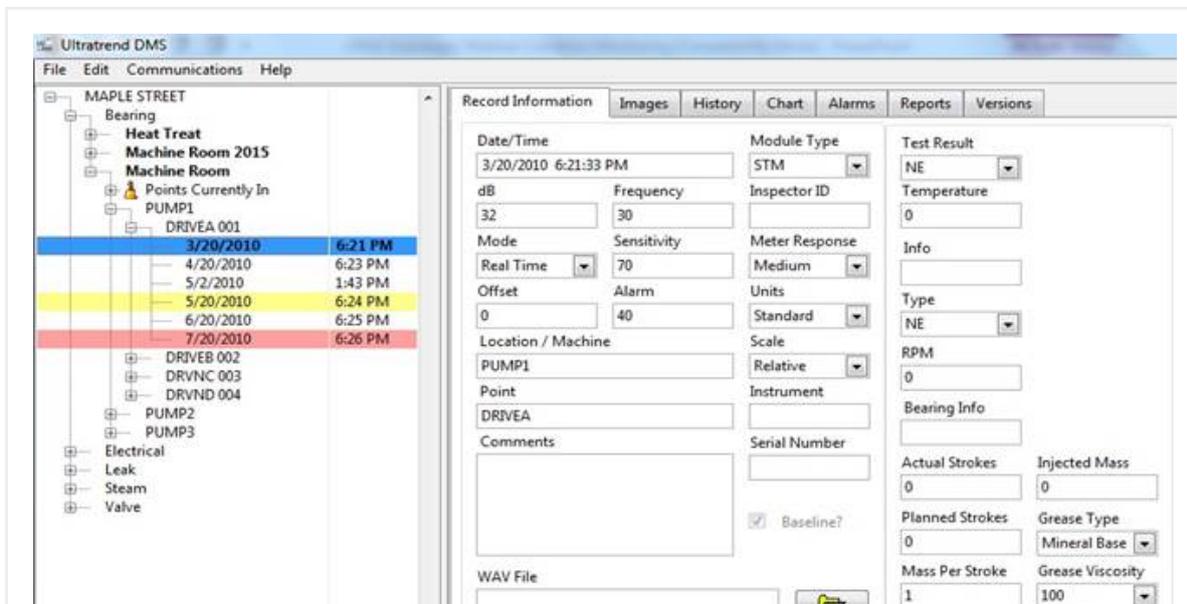
Article écrit par Daniel MAZIERES, UE SYSTEMS FRANCE

Nous avons publié la semaine dernière la première partie de cet article passionnant que vous pouvez retrouver ici (<https://elementsindustriels.fr/maintenance-conditionnelle-des-machines-tournantes/>). Voilà donc la suite avec des exemples concrets sur ce qu'apporte l'écoute et l'analyse ultrasonores à la maintenance conditionnelle des machines. L'auteur a abordé dans la première partie la méthode comparative. Il attaque cette deuxième partie en présentant la méthode d'analyse de suivi de tendance.

La Méthode de Suivi de Tendance

La méthode de suivi de tendance est la méthode préférée pour établir les références et niveaux d'alarmes associés à chaque roulement. En utilisant cette méthode, l'inspecteur établit d'abord une ronde d'inspection vierge et prépare sa base de données dans le logiciel dédié. La ronde d'inspection désignant tous les équipements et points de mesures est ensuite chargée dans l'appareil d'inspection ultrasons. Lors de l'inspection, l'utilisateur n'a qu'à suivre cette ronde sur l'écran de son instrument. Il va ainsi d'équipement en équipement, effectue et enregistre les mesures. Cette opération est très rapide et très simple. Les données ainsi mesurées et collectées sont ensuite transférées au logiciel de suivi Ultrasons pour donner lieu à un graphe de suivi de tendance comme dans l'exemple ci-dessous. Les fréquences de tests sont établies en fonction de la criticité des équipements, des risques de défaillances et des historiques de données collectées. Ces fréquences sont en général ajustées et optimisées au fil des inspections.

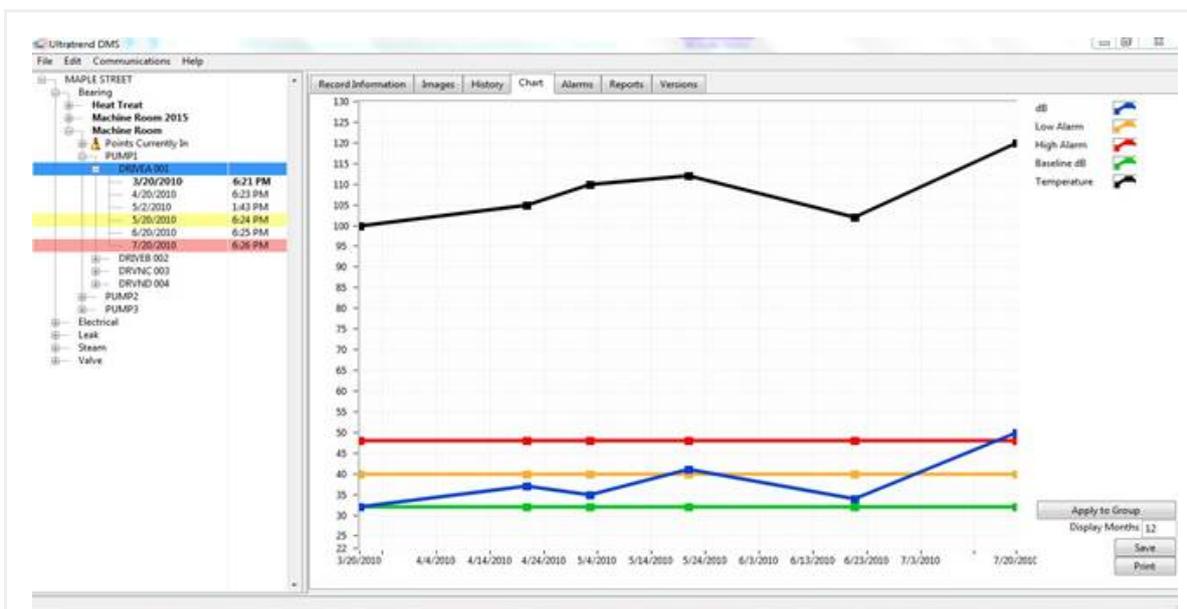
Lorsque les références sont prises, les rondes de collectes peuvent par exemple être effectuées de façon mensuelle voire tous les deux ou trois mois. Lorsqu'une intervention est effectuée sur l'équipement, un changement de roulement par exemple, il est nécessaire de prendre une nouvelle référence. Cette nouvelle valeur sera ensuite paramétrée comme référence dans le logiciel de suivi.



(<https://num.elementsindustriels.fr/wp-content/uploads/2018/09/Unknown-2.jpeg>)

L'image ci-dessus montre une capture d'écran pour une ronde d'inspection de trois pompes. Le point DriveA a été développé pour afficher l'historique des 6 mesures effectuées. La mesure du 20 mars en gras représente la référence. Deux niveaux d'alarmes ont été atteints dans l'historique de ce point.

Une alarme basse le 20 mai (point en jaune), une alarme haute le 20 juillet (point en rouge).



(<https://num3.elementsindustriels.fr/wp-content/uploads/2018/09/Unknown-3.jpeg>)

L'image ci-dessus correspond à la représentation graphique des mesures au point DriveA. La droite verte correspond au niveau de référence, la droite jaune au niveau d'alarme basse, la droite rouge au niveau d'alarme haute. Les valeurs mesurées sur 6 mois (1 mesure par mois) sont représentées par la ligne bleue. La ligne noire correspond aux mesures de températures qui ont été effectuées sur ce palier.

Paramétrage des Niveaux d'Alarmes

Dès lors que les références ont été établies, soit par la méthode comparative, soit par la méthode de suivi

de tendance, les niveaux d'alarmes peuvent être définis. Une alarme basse correspond à un problème de lubrification, une alarme haute à un défaut sur le roulement testé. Suite à un très grand nombre de données et de cas étudiés, une moyenne représentative pour placer ces niveaux d'alarmes est : +8dB / référence pour les alarmes basses, +16dB / référence pour les alarmes hautes. Ces valeurs doivent être adaptées au cas par cas selon les vitesses de rotation, charges, types de roulements et d'équipements.

Imagerie Ultrasonore

Grâce aux progrès réalisés dans la conception des instruments et logiciels ultrasonores, on peut visualiser les formes d'ondes des ultrasons détectés. Lorsqu'au cours d'une inspection, un niveau d'alarme est atteint, certains instruments permettent en temps réel d'avertir l'inspecteur (alarme in-situ) et de visualiser puis d'enregistrer le signal ultrasonore associé.

Cette technique permettra de corréler la signature sonore du roulement inspecté à la forme d'onde en vue FFT (traitement par la méthode « transformation de Fourier rapide » ou en anglais : fast Fourier transform) et Temporelle. Ceci présente un gros avantage pour la compréhension des phénomènes à l'origine du défaut.

Il s'agira dans un deuxième temps d'enregistrer ce signal ultrasonore pour l'analyser sur un logiciel d'analyse spectrale approprié. Cette méthode permettra d'une part de confirmer l'origine de la défaillance, d'en effectuer l'analyse par ailleurs. Enfin grâce à cette technologie toutes ces informations pourront être extraites des logiciels ultrasonores afin de rédiger des rapports d'inspections précis et pertinents.

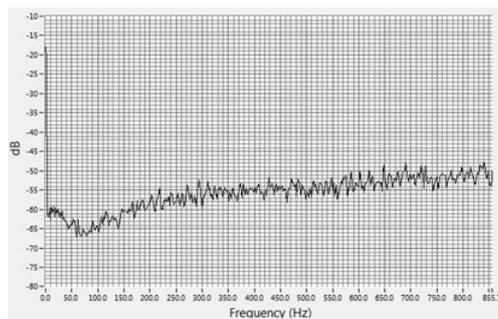
Exemple d'Imagerie Ultrasonore



(<https://num1.elementsindustriels.fr/wp-content/uploads/2018/09/Unknown-4-1.jpeg>)L'image ci-contre a été prise par un instrument à Ultrasons lors de la collecte de données. Il s'agit d'une mesure ultrasonore sur un moteur de pompe. On note les paramètres et valeurs des mesures effectuées sur la photo elle-même. L'installation compte dans ce cas huit pompes identiques.

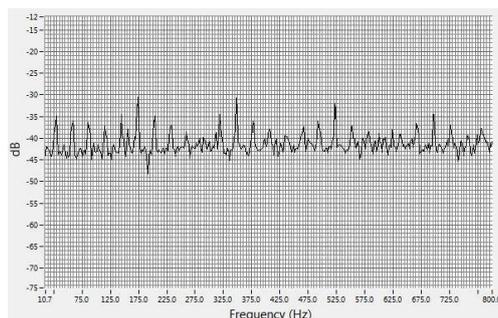
Lors de la prise de mesure, les niveaux en décibels et formes d'ondes ont été enregistrés. Les photos ci-dessous correspondent aux captures d'écran d'un logiciel d'analyse spectrale pour deux pompes différentes. Il s'agit des formes d'ondes ultrasonores en vues FFT.

On note très simplement et visuellement des formes d'ondes différentes qui s'accompagnent dans le casque de l'utilisateur de deux signatures ultrasonores différentes.



(<https://num1.elementsindustriels.fr/wp-content/uploads/2018/09/1.png>)

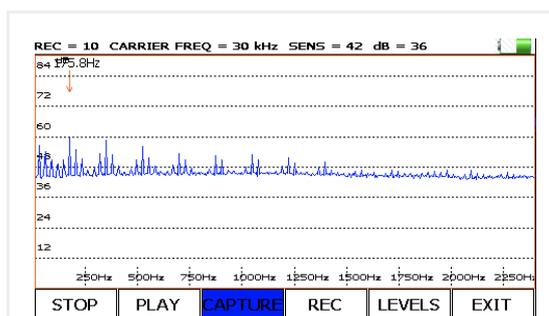
Pompe 3 (Spectre Correct)



(<https://num.elementsindustriels.fr/wp-content/uploads/2018/09/2.jpg>)

Pompe 4 (Spectre présentant un Défaut)

Les logiciels d'analyse spectrale d'aujourd'hui comportant des calculateurs de fréquences ultrasonores, ils permettent d'effectuer l'analyse des défauts constatés.



(<https://num1.elementsindustriels.fr/wp-content/uploads/2018/09/3.png>)

Pompe 4 : spectre ultrasonore. Notez la présence d'harmoniques à la Fréquence de 175,8 Hz

Conclusion

La mise en œuvre d'une stratégie de Maintenance Conditionnelle à l'aide de la technologie des Ultrasons est beaucoup plus simple qu'il n'y paraît.

Grâce à l'évolution technologique des systèmes de collecte et analyse de données, les équipes de maintenance et de fiabilisation peuvent aujourd'hui très rapidement et très simplement implémenter une stratégie de maintenance conditionnelle efficace à l'aide des ultrasons.

Un autre bénéfice de cette technologie est la mise en œuvre de plusieurs applications avec un seul et même instrument :

- Détection de défaillances mécaniques : Roulements, paliers, moteurs, pompes, réducteurs...
- Lubrification Intelligente
- Détection de défaillances Électriques : cellules HT, transfo, lignes...

Réduction des dépenses énergétiques :

- Détection de fuites : Air comprimé & Gaz
- Détection de fuites : Vannes
- Détection de fuites : Purgeurs de vapeur

Lors de la mise en place d'un programme de maintenance à l'aide des Ultrasons, il est préférable de dédier les équipes pour les différentes applications. Cette démarche facilitera le démarrage des inspections et permettra un retour sur investissement rapide.

D'un point de vue de la base de données et rondes d'inspections il est préférable de commencer par une partie de l'usine et non par l'usine entière. Les équipements les plus critiques devront être testés en premier. Il est aussi judicieux de créer plusieurs rondes d'inspections correspondant à des groupes d'équipements plutôt que de créer une seule ronde pour toute l'installation industrielle.

Pour la partie machines tournantes, l'efficacité de la technologie permet d'obtenir des résultats rapides avec un minimum d'analyse. Il serait donc inutile de vouloir analyser les spectres ultrasonores de chaque roulement inspecté. On réservera cette démarche aux roulements défaillants dont on souhaite identifier la cause origine du défaut. Le suivi de tendance des valeurs en décibels apporte à lui seul une information très pertinente et précoce sur le niveau de dégradation et d'usure des roulements.

Il serait par ailleurs dommage de ne pas exploiter les informations contenues dans les suivis de tendance afin d'optimiser la lubrification. D'autant qu'une lubrification appropriée et optimisée permettra d'éviter pas mal de défaillances et de réduire les coûts de maintenance.

En conclusion, si un pas en avant doit être fait pour améliorer ou implémenter une stratégie de maintenance conditionnelle sur une installation industrielle, la technologie des ultrasons doit être sérieusement considérée.



MAINTENANCE CONDITIONNELLE ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/MAINTENANCE-CONDITIONNELLE/](https://elementsindustriels.fr/tag/maintenance-conditionnelle/))

ROULEMENTS ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/ROULEMENTS/](https://elementsindustriels.fr/tag/roulements/))

SIGNAUX FAIBLES ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR](https://elementsindustriels.fr/tag/signaux-faibles/)

[TAG/SIGNAUX-FAIBLES/](https://elementsindustriels.fr/tag/signaux-faibles/))

UE SYSTEMS ([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/UE-SYSTEMS/](https://elementsindustriels.fr/tag/ue-systems/))

ULTRASONS

([HTTPS://ELEMENTSINDUSTRIELS.FR/TAG/ULTRASONS/](https://elementsindustriels.fr/tag/ultrasons/))

◀ Article précédent

**Les nouveaux accouplements MP Filtri :
une ligne transmission de puissance
oléohydraulique complète**

(<https://elementsindustriels.fr/les-nouveaux-accouplements-mp-filtri-une-ligne-transmission-de-puissance-oleohydraulique-complete/>)