

# Vibrations globales, niveaux de gravité et Crest Factor Plus

Par le Dr George Zusman, Directeur du développement des produits, PCB Piezotronics et Glenn Gardner, Responsable division opérationnelle, Fluke Corporation

Haute fréquence 4 000 Hz à 20 000 Hz	09/01/2011 09:10 AM <b>Roulement</b> <b>3</b> <b>CF+</b> BON	Vibration du roulement (CF+)
Basse fréquence 10 Hz à 1 000 Hz	<b>Vibrations globales</b> <b>0,42</b> cm/s (pic calculé) INACCEPTABLE	Vibrations globales
Température -20 °C à 200 °C	<b>Température</b> <b>20,4 °C</b> ID: VENT.1: ROULEMENT1 TYPE: ventilateur axial TRMIN: > 600	Température IR



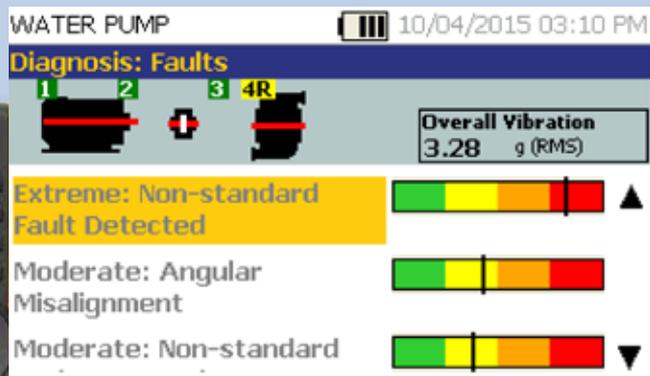
Echelle de gravité	
	Aucune action de réparation immédiate n'est recommandée.
	Aucune action de réparation immédiate n'est nécessaire. Augmentez la fréquence des mesures et surveillez l'état de la machine.
	Faites effectuer des tests plus poussés par un technicien en vibration dès que possible. Envisagez des actions de maintenance lors de la prochaine indisponibilité programmée ou à la prochaine échéance d'entretien.
	Faites effectuer dès que possible des tests plus avancés par un technicien en vibration. Envisagez l'arrêt immédiat de la machine pour effectuer les réparations et éviter une panne.

## Introduction

Les vibrations mécaniques constituent un sujet extrêmement ardu. Un rapide coup d'œil sur un manuel spécialisé dans le domaine montre que le professionnel confirmé doit maîtriser des notions pointues de mathématiques et de physique pour recueillir et interpréter de manière exacte les données sur les vibrations. Cette particularité a entraîné un problème important pour les installations industrielles : les avantages d'un programme de test de vibrations sont bien connus, mais beaucoup trop d'usines préfèrent éviter les tests de vibrations en raison de la complexité qu'on leur prête.

Fluke entend remédier à cette difficulté en développant des appareils de mesure vibratoire offrant d'importants avantages sans nécessiter de formation poussée pour les utilisateurs finaux. Lancé en 2010, le premier appareil de mesure vibratoire de Fluke a été le testeur de vibrations 810 (voir la photo en page suivante). Le 810 est un analyseur de spectre de vibrations intégrant un algorithme de diagnostic automatisé qui détermine les quatre causes profondes les plus courantes des vibrations anormales des machines : Mauvais alignement, Déséquilibre, Jeu et Défauts des roulements. Le 810 est considérablement plus facile à utiliser que les analyseurs de spectre existants, car l'interprétation des données de spectre de fréquences est automatisée. L'utilisateur voit simplement une échelle de gravité correspondant à chacun des quatre défauts répertoriés ci-dessus.

Le deuxième appareil de mesure vibratoire de Fluke, le testeur de vibrations 805 FC, a été lancé en 2012. Le 805 FC est un testeur de vibrations globales, par opposition à un analyseur de spectre tel que le Fluke 810. Le 805 FC offre à l'utilisateur un indice simple de vibrations globales pour les plages de basse fréquence (10 – 1 000 Hz) et de haute fréquence (4 000 – 20 000 Hz). Outre cet indice, le 805 FC propose une échelle de gravité pour les deux plages de fréquences. L'échelle de gravité des basses fréquences, qui peut être réglée en fonction du type particulier de la machine testée (pompe, compresseur, etc.), constitue un formidable moyen de détection des problèmes tels que le mauvais alignement, le déséquilibre, le jeu, la torsion des rotors, etc. L'échelle de gravité des hautes fréquences, appelée échelle « Crest Factor Plus », s'appuie sur une nouvelle méthode brevetée de traitement des signaux de vibration de domaine temporel pour déceler les défauts du roulement. Le 805 FC offre également à l'utilisateur une mesure de température sans contact pour tous les points de vibration testés. Le testeur de vibrations globales 805 FC est un outil de détection. Lorsqu'une condition de vibration défavorable a été décelée par le 805 FC, il est conseillé à l'équipe d'effectuer des tests plus poussés pour confirmer le problème et déceler la cause profonde de la vibration.



1 of Repair Details	Légère	Aucune action de réparation n'est recommandée. Retestez la machine et surveillez l'état après l'opération de maintenance.
	Moderée	(Mois, voire jusqu'à un an) - Aucune action de réparation immédiate nécessaire. Augmentez la fréquence des mesures et surveillez l'état de la machine.
	Grave	(Semaines) - Effectuez une action de maintenance au cours du prochain temps d'arrêt ou de la période de maintenance planifiée.
	Extrême	(Jours) - Une action immédiate s'impose. Envisagez d'arrêter l'équipement et d'effectuer une réparation dès maintenant pour éviter une panne.

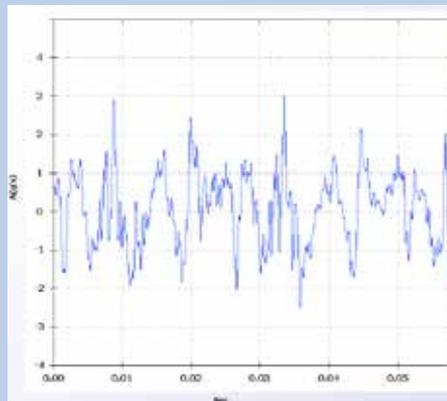
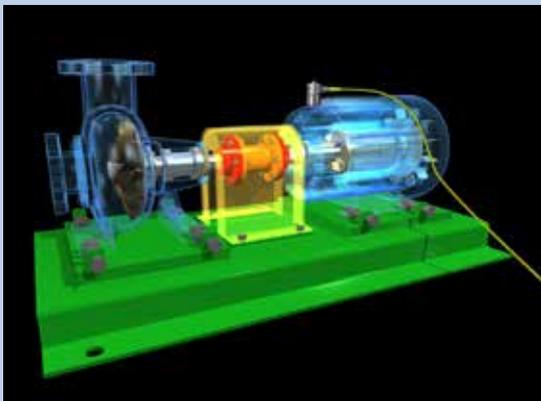
Dans le présent livre blanc, nous aborderons les sujets suivants :

- La différence entre l'analyse du spectre de fréquences et l'analyse des vibrations globales.
- L'analyse des vibrations globales et échelles de gravité
- Crest Factor Plus : Analyse des vibrations globales haute fréquence et échelles de gravité

### Comparaison de l'analyse du spectre de vibration et de l'analyse des vibrations globales

Toutes les données de vibration sont recueillies dans le domaine temporel. Lors de l'utilisation d'un analyseur de spectre ou d'un testeur de vibrations globales, ces données de domaine temporel sont en général recueillies à partir d'un accéléromètre piézoélectrique. Cet accéléromètre est maintenu de façon rigide au contact d'une machine vibrante. La vibration de la machine est transférée vers l'accéléromètre, qui soumet lui-même à une contrainte l'élément piézoélectrique contenu à l'intérieur et crée un signal de tension proportionnel à la vibration. Ce signal de tension est capturé par l'analyseur de spectre ou le testeur de vibrations globales. Un exemple de signal de domaine temporel est proposé à la page suivante (Figure A). Une fois le signal de domaine temporel capturé, deux méthodes d'analyse courantes peuvent être employées : l'analyse du spectre ou l'analyse des vibrations globales.

Dans l'analyse du spectre, le signal de domaine temporel est transformé en signal de domaine de fréquence via un algorithme appelé « Transformation de Fourier rapide », communément désigné sous le sigle FFT (Fast Fourier Transform). La description détaillée de la FFT sort du cadre du présent livre blanc, mais pour situer cet algorithme en quelques mots, nous dirons qu'il reconstitue le signal de domaine temporel au moyen d'une série d'ondes sinusoïdales harmoniques. L'amplitude de chacune des ondes sinusoïdales est ensuite tracée par rapport à la fréquence des ondes sinusoïdales. On appelle le résultat « tracé du spectre de fréquences ». Un exemple de tracé du spectre de fréquences est proposé à la page suivante (Figure B). Un spécialiste des vibrations ayant suivi une formation adaptée peut utiliser le spectre de fréquences pour déterminer la nature des défauts éventuels des machines. L'analyse peut être assez complexe, toutefois, elle permet en général de cerner la cause profonde du problème de vibration.



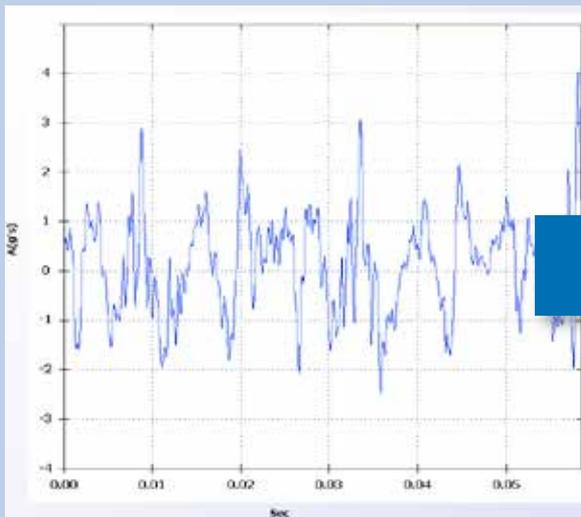


Figure A

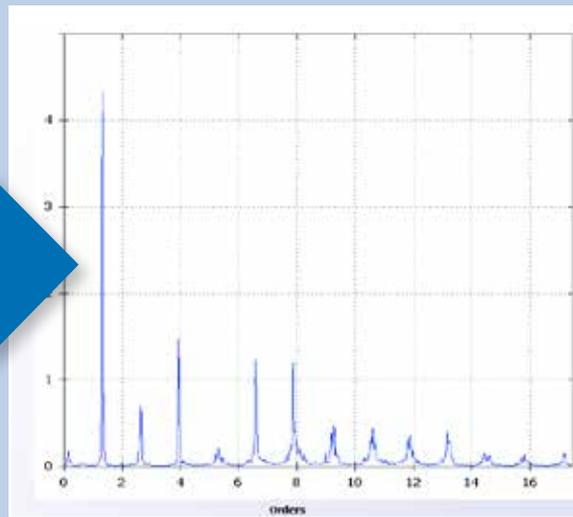


Figure B

L'analyse des vibrations globales est en revanche beaucoup plus simple. Dans l'analyse des vibrations globales, les données de domaine temporel sont utilisées pour calculer une valeur unique de vibrations globales. Cette valeur unique peut servir d'indicateur de l'état global de la machine. (Remarque : plusieurs méthodes permettent de calculer la valeur de vibrations globales. Le lecteur intéressé trouvera les descriptions en annexe). L'avantage de l'analyse des vibrations globales tient à sa simplicité : il n'y a qu'un indice à examiner. Toutefois, son utilisation présente trois limites qu'il est important de noter :

- Selon les machines, le niveau acceptable des vibrations globales est différent.
- Certains défauts des machines, en particulier ceux des roulements, n'influent sur la valeur des vibrations globales qu'après l'apparition de dommages importants.
- L'analyse des vibrations globales ne détermine pas la cause profonde des vibrations.

Malgré ces limites, les testeurs de vibrations globales restent un outil de détection précieux. Les techniciens peuvent y recourir pour analyser les tendances des valeurs au fil du temps, et, si des tendances défavorables sont décelées, il conviendra d'effectuer une analyse plus minutieuse (telle qu'une analyse de spectre) pour confirmer le problème et en déceler la cause profonde.

Il est important de noter que Fluke a conçu le testeur de vibrations 805 FC pour permettre d'atténuer ces limites, comme cela est expliqué à la page suivante.

### Analyse des vibrations globales et échelles de gravité

Comme nous l'avons vu à la section précédente, l'analyse des vibrations globales présente trois limites majeures. Dans la présente section, nous étudierons un peu plus en détail chacune de ces limites, puis montrerons comment un testeur de vibrations globales peut constituer un outil efficace de détection

de vibrations malgré les limites. Nous montrerons également comment le testeur de vibrations Fluke 805 FC permet spécifiquement de dépasser les trois limites d'un testeur de vibrations de poche conventionnel.

### L'intérêt d'un testeur de vibrations globales

L'analyse des vibrations globales présente de nombreux avantages, y compris :

- Sa mise en oeuvre ne nécessite pas de formation poussée. Presque tout technicien est en mesure d'utiliser un testeur de vibrations globales, ce qui permet de tester un nombre de machines beaucoup plus important dans une usine.
- Un testeur de vibrations globales, utilisé comme outil de détection, peut déterminer très efficacement les machines devant faire l'objet de tests plus approfondis. Une machine présentant une tendance défavorable dans le niveau de vibrations globales au fil du temps, ou une valeur globale anormalement élevée dans l'un des tests, doit être testée plus avant à l'aide de techniques plus élaborées.
- Les testeurs de vibrations globales sont peu onéreux : à l'achat, ils coûtent environ dix fois moins cher qu'un analyseur de spectre de vibrations.

Outre ces avantages, Fluke a déployé des efforts considérables dans la conception du testeur de vibrations 805 FC pour faire en sorte d'atténuer les limites d'un testeur de vibrations globales. Par exemple :

1. Le Fluke 805 FC intègre une échelle de gravité des vibrations globales correspondant à 37 types (catégories) de machines industrielles très répandus. Avec le 805 FC, il vous suffit de sélectionner dans la liste sur l'appareil la catégorie de machines testée, et une échelle de gravité s'appliquant à la valeur des vibrations globales que vous avez mesurée vous est proposée. Veuillez vous reporter à l'annexe pour obtenir la liste des 37 types (catégories) de machines traités par le Fluke 805 FC.

Haute fréquence 4 000 Hz à 20 000 Hz	09/01/2011 09:10 AM <b>Roulement</b> <b>3</b> <b>CF+</b> BON	Vibration du roulement (CF+)
Basse fréquence 10 Hz à 1 000 Hz	<b>Vibrations globales</b> <b>1</b> cm/s (pic calculé) INACCEPTABLE	Vibrations globales
Température -20 °C à 200 °C	<b>Température</b> <b>20,4 °C</b> ID: VENT.1: ROULEMENT1 TYPE: ventilateur axial TRMIN: > 600	Température IR

- Le Fluke 805 FC emploie un nouvel algorithme breveté appelé « Crest Factor Plus » qui détecte les défauts de roulement beaucoup plus tôt que ne peut le faire un testeur de vibrations globales simple. L'algorithme Crest Factor Plus, qui s'appuie sur des mesures extrêmement précises des hautes fréquences, est décrit à la section suivante.
- Le Fluke 805 FC est compatible sans fil et se synchronise via le système Fluke Connect® directement à votre smartphone, tablette ou logiciel CMMS, sans transcription manuelle. Cette fonction permet d'attribuer les mesures à une ressource spécifique pour les données de base et l'historique d'entretien, pour l'analyse des tendances dans le temps des problèmes intermittents, et la collaboration via ShareLive® dans l'application Connect Fluke. Les mesures peuvent être intégrées dans les ordres de mission via des fichiers PDF, Excel, ou captures d'écran.
- Le Fluke 805 FC permet de télécharger des résultats vers un modèle Excel à des fins de suivi et d'analyse des tendances. Bien qu'un analyseur de spectre constitue le meilleur outil pour cerner la cause profonde d'un état de vibrations élevées, le suivi et l'analyse des tendances des valeurs de vibrations globales offrent un formidable moyen de déterminer les machines susceptibles de présenter des défauts et qu'il faut envisager de soumettre à des tests plus poussés.

### Crest Factor Plus et échelles de gravité des hautes fréquences

Certains défauts des machines (en particulier ceux des roulements) ne révèlent leur présence dans une valeur des vibrations globales qu'après l'apparition de dommages importants. La raison en est simple : les premiers indicateurs d'alerte signalant la défaillance d'un roulement sont des pics très brefs apparaissant dans le signal de domaine temporel. Compte tenu de leur brièveté, ces pics sont porteurs de très peu d'énergie et n'influencent donc que légèrement sur la valeur des vibrations globales.

Pour mieux déceler les premiers signes d'endommagement des roulements, certains spécialistes des vibrations globales ont commencé à utiliser le facteur de crête (Crest Factor), qui se définit comme le rapport pic / RMS (Root-mean-square, valeur efficace) d'un domaine temporel. Le facteur de crête s'est révélé très efficace pour la détection des premiers signes d'usure des roulements. En effet, en raison de la

différence importante entre la valeur des pics de courte durée et la valeur RMS, il augmentait rapidement lors des phases initiales de la défaillance des roulements. Toutefois, un problème se posait lorsque l'endommagement s'aggravait. Avec l'endommagement important des roulements, la valeur RMS du signal de domaine temporel augmentait sensiblement. Etant donné que la valeur RMS constitue le dénominateur dans le rapport de facteur de crête, la valeur du facteur de crête s'en trouvait réduite. Contre toute attente, la valeur du facteur de crête diminuait à mesure que les dommages empiraient. Face à une faible valeur du facteur de crête, un spécialiste ne pouvait pas savoir avec certitude si le roulement était sain ou proche de la panne, ce qui était naturellement inacceptable.

Pour surmonter ce problème lié à l'analyse du facteur de crête (CF, Crest Factor), le Fluke 805 FC s'appuie sur un algorithme breveté appelé « Crest Factor Plus ». Les valeurs de Crest Factor Plus peuvent être rapprochées de l'endommagement des roulements selon le tableau suivant :

CF+	Gravité
0 à 5	Bon
6 à 10	Correct
11 à 15	Incorrect
au-dessus de 15	Inacceptable

L'algorithme Crest Factor Plus constitue une avancée majeure par rapport à l'analyse classique des vibrations fondée sur le facteur de crête, car la valeur de sortie (CF+) augmente de façon continue à mesure que l'endommagement du roulement s'aggrave. Vous trouverez certaines précisions techniques sur l'algorithme dans l'**annexe 2**.

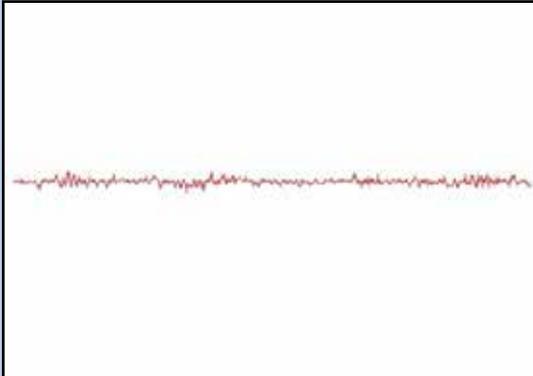
### Les trois limites de l'analyse des vibrations globales

La première limite de l'analyse des vibrations globales est que le niveau acceptable des vibrations globales varie en fonction des machines. Les souffleurs rotatifs, par exemple, présentent des niveaux de vibrations globales très élevés, même lorsqu'ils sont en bon état de fonctionnement. Ce phénomène est dû à la conception mécanique de base de la machine, qui se compose de deux arbres parallèles dotés de lobes intercalés tournant de manière synchronisée pour comprimer l'air. En comparaison, les pompes centrifuges à aspiration simple (qui ne comportent qu'un seul arbre rotatif et une turbine tournant à l'intérieur d'une volute) tendent à présenter des niveaux de vibrations globales très bas en état de bon fonctionnement. Un niveau de vibrations globales de 0,7 cm/s sur la pompe centrifuge signale un problème au niveau de la machine, mais correspond à un bon état de fonctionnement de la machine sur un compresseur à lobes rotatifs.

La deuxième limite de l'analyse des vibrations globales est que certains défauts des machines, en particulier ceux des roulements, ne déclencheront une alarme concernant le niveau des vibrations globales qu'après l'apparition de dommages importants. Lorsqu'un roulement commence à présenter une défaillance en raison d'un défaut sur le roulement extérieur, le

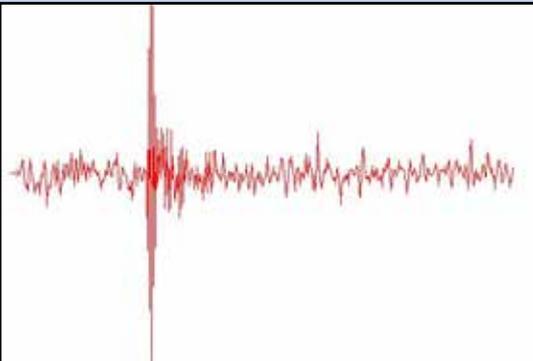
### Signal de domaine temporel de bon fonctionnement

Les niveaux CF et CF+ sont faibles



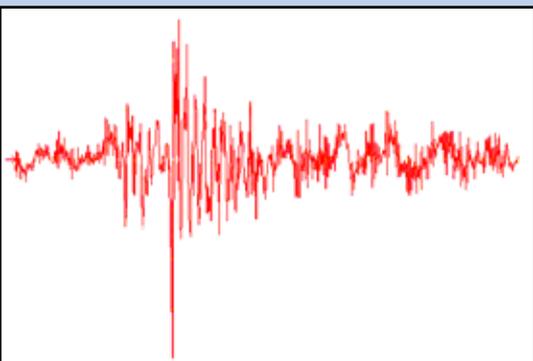
### Signal de domaine temporel d'endommagement naissant du roulement

Les niveaux CF et CF+ sont moyens



### Signal de domaine temporel d'endommagement lourd du roulement

Le niveau CF retrouve une valeur faible, mais le niveau CF+ est élevé



roulement intérieur ou une bille/un rouleau, des pics très brefs apparaissent dans le domaine temporel chaque fois que ce défaut entre en contact avec un composant adjacent du roulement. Ces pics présentent une énergie très faible, et n'entraînent donc qu'une très légère variation de la valeur des vibrations globales. A mesure que l'endommagement du roulement s'accroît, l'énergie des pics continue à augmenter en même temps que la vibration de base de la machine, finissant ainsi par entraîner l'augmentation des vibrations globales avant une panne catastrophique. Toutefois, il serait largement préférable de détecter un défaut de roulement au début du processus, alors que les pics présentent encore une faible énergie. A cet égard, l'analyse des vibrations globales ne constitue pas l'outil adéquat.

La troisième limite de l'analyse des vibrations globales est qu'une fois un grave niveau de vibrations détecté, il est impossible d'en déterminer la cause profonde via la seule analyse des vibrations globales. L'analyse du spectre de fréquences, en revanche, permet à un spécialiste expérimenté de cerner la cause profonde vraisemblable des vibrations en recherchant des motifs dans le spectre qui signalent des défauts tel que le déséquilibre, le mauvais alignement, le jeu, l'endommagement du roulement, l'usure ou le jeu des courroies, etc.

### Conclusion

Dans le présent livre blanc, nous nous sommes concentrés sur deux méthodologies d'analyse des vibrations pouvant servir à examiner les données de vibration s'appuyant sur un accéléromètre : analyse du spectre de fréquences et analyse des vibrations globales. Nous nous sommes aperçus que les deux méthodes avaient leurs atouts et leurs limites.

L'analyse du spectre de fréquences est parfaite pour déterminer la cause profonde d'un problème de vibrations, mais sa mise en oeuvre nécessite une formation assez poussée. Fluke a conçu le 810 pour dépasser cette limite en y intégrant un algorithme de diagnostic déterminant automatiquement la gravité des quatre problèmes de machines les plus courants : mauvais alignement, déséquilibre, jeu et endommagement des roulements.

L'analyse des vibrations globales est peu onéreuse et facile à mettre en oeuvre, mais fait l'objet de certaines limites majeures, notamment : le niveau des vibrations globales en état de bon fonctionnement varie selon les types de machines ; et l'endommagement des roulements n'influe sur la valeur des vibrations globales qu'après l'apparition de dommages importants. Fluke a conçu le 805 FC pour remédier à ces deux problèmes, respectivement, en incluant des échelles de gravité adaptées à 37 catégories de machines et en intégrant l'algorithme Crest Factor Plus pour la détection précoce des défauts de roulement.

Dans le cadre d'un programme de maintenance préventive fiable, l'analyse du spectre de fréquences et l'analyse des vibrations globales trouvent toutes deux leur place. Il convient de les utiliser conjointement, afin d'identifier précocement les défauts des machines et de pouvoir ainsi prendre des mesures correctives avant une défaillance des machines.

## Annexe 1 : méthodes de calcul de la valeur de vibrations globales

Plusieurs méthodes permettent de calculer la valeur globale d'un signal de vibration. Les différences essentielles sont :

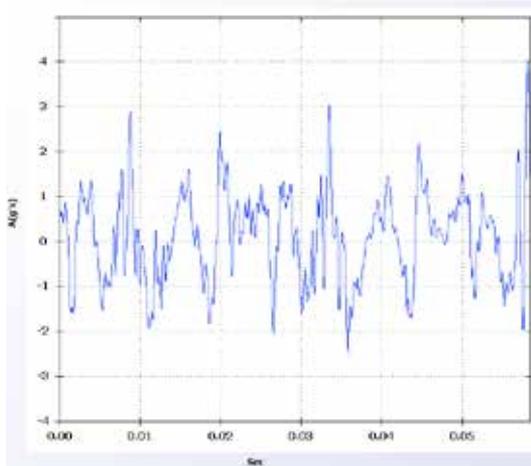
- Pic et RMS
- Domaines temporel et domaine de fréquence
- Unités : accélération, vitesse et déplacement

### Pic et RMS

Les vibrations globales peuvent être exprimées sous forme de valeur de pic ou RMS. La valeur de pic se définit simplement comme la valeur absolue du pic présentant la plus forte amplitude au-dessus ou au-dessous de l'origine dans un signal de domaine temporel. Dans la forme d'onde temporelle présentée ci-dessous, la valeur du pic est d'environ 4, car le pic le plus élevé est distant de 4 unités de l'origine. La valeur RMS est quant à elle calculée au moyen de toutes les valeurs contenues dans la forme d'onde temporelle selon la formule suivante :

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{2} \sum x^2(t)}$$

où  $x(t)$  correspond aux valeurs individuelles des données de série temporelle.



### Domaine temporel et domaine de fréquence

La valeur RMS d'un signal de vibrations peut en fait être calculée dans le domaine temporel ou le domaine de fréquence. L'équation ci-dessus montre comment effectuer le calcul dans le domaine temporel. Le théorème de Parseval garantit que nous obtiendrons exactement la même valeur si nous calculons la valeur RMS dans le domaine de fréquence de la manière suivante :

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{2} \sum x^2(t)} = \sqrt{\frac{1}{n^2} \sum |X(f)|^2}$$

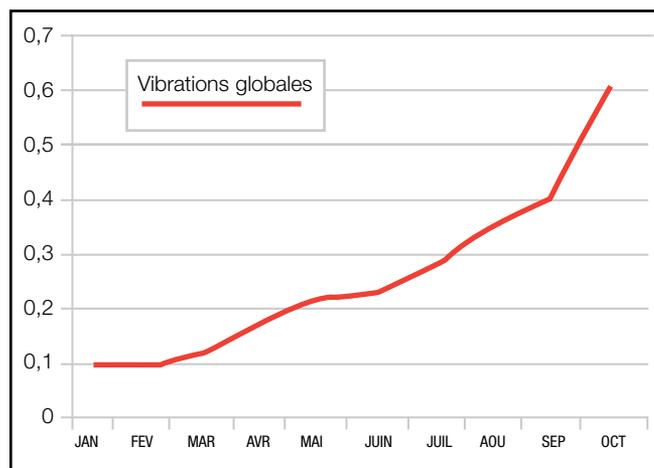
où  $X(f)$  est simplement la transformation de Fourier du signal de série temporelle  $x(t)$ .

### Unités : accélération, vitesse et déplacement

Les vibrations globales peuvent également être exprimées dans des unités différentes : accélération [exprimée le plus souvent en g], vitesse [exprimée le plus souvent en  $\frac{in}{s}$  ou  $\frac{mm}{s}$ ], ou déplacement [exprimé le plus souvent en mils (millièmes de mm) ou  $\mu m$  (micromètres)]. Par définition, les accéléromètres recueillent les données de série temporelle en unités d'accélération. En conséquence, il faut intégrer une première fois les données de série temporelle d'accéléromètre avant de calculer la valeur de vitesse globale, puis une seconde fois avant de calculer la valeur de déplacement globale. D'autres capteurs permettent de recueillir des données directement en unités de vitesse (les bobines de vitesse, par ex.) ou en unités de déplacement (capteurs de proximité, par ex.), mais les appareils Fluke 805 FC et 810 utilisent exclusivement des accéléromètres.

En résumé, lors d'une analyse des vibrations globales, prenez toujours soin d'employer la même méthode de calcul (pic ou RMS) et les mêmes unités (accélération, vitesse ou déplacement) pour comparer deux valeurs.

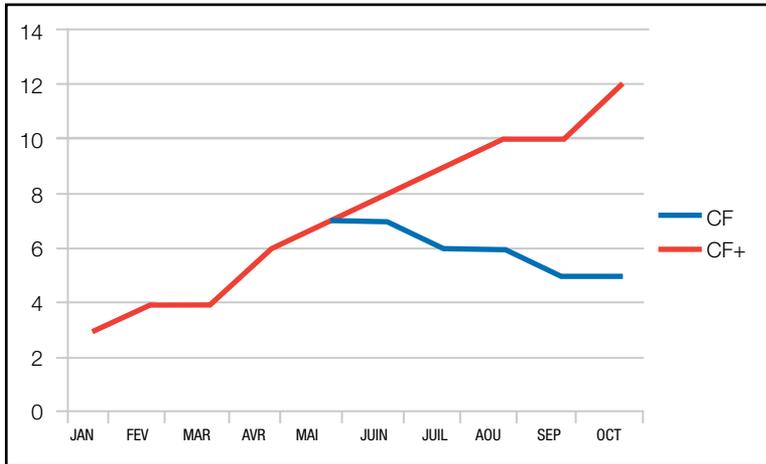
Voici un exemple de tracé présentant une tendance de vibrations globales relevée alors que l'état de fonctionnement de la machine s'aggrave.



## Annexe 2 : description technique du Crest Factor Plus

$$Crest\ factor\ plus = \alpha_1 Peak + \alpha_2 RMS + \alpha_3 \frac{Peak}{RMS}$$

Voici un exemple de graphique qui présente un facteur de crête ordinaire variant de 3 à 7, puis retombant à 4 lorsque l'usure du roulement empire, alors que CF+ augmente régulièrement de 3 à 12 à mesure que l'endommagement du roulement s'aggrave.



## Annexe 3 : Listes des catégories de machines du Fluke 805 FC

### REFROIDISSEURS (réfrigération)

Alternatif (moteur ouvert et compresseur séparé)  
 Alternatif (moteur hermétique et compresseur)  
 Centrifuge (moteur ouvert ou hermétique)

### Ventilateurs

Ventilateurs à courroie 1 800 à 3 600 TRMIN  
 Ventilateurs à courroie 600 à 1 799 TRMIN  
 Ventilateurs génériques à entraînement direct (couplage direct)  
 Extracteurs (à courroie ou entraînement direct)  
 Gros ventilateurs souffleurs (roulements à film fluide)  
 Gros ventilateurs à tirage aspiré (roulements à film fluide)  
 Ventilateurs intégrés sur l'arbre (prolongation d'arbre moteur)  
 Ventilateurs à flux axial (à courroie ou entraînement direct)

### Entraînements de tour de refroidissement

Arbre long et creux (moteur)  
 Entraînement à courroie (moteur et ventilateur)  
 Entraînement direct (moteur et ventilateur)

### Pompes centrifuges

Pompes verticales (3,6 m à 6,1 m de haut)\*  
 Pompes verticales (2,4 m à 3,6 m de haut)  
 Pompes verticales (1,5 m à 2,4 m de haut)  
 Pompes verticales (0 m à 1,5 m de haut)

### Accouplement direct

Pompes horizontales centrifuges à aspiration en bout  
 Pompes horizontales centrifuges à double aspiration

### A turbine ou à moteur

Pompes d'alimentation de chaudière

\* Hauteur du sol au sommet du roulement du moteur, il peut être nécessaire d'indiquer une alarme plus faible pour le roulement inférieur du moteur et le roulement supérieur de pompe (en fonction de la hauteur).

### Pompes volumétriques

Pompes volumétriques horizontales à piston (en charge)  
 Pompes volumétriques horizontales à engrenages (en charge)

### Compresseurs d'air

Alternatif  
 A vis rotative  
 Centrifuge avec ou sans réducteur externe  
 Centrifuge - pignon intérieur (mesure axiale)  
 Centrifuge - pignon intérieur (mesure radiale)

### Souffleurs

Souffleurs rotatifs à lobes (à courroie ou entraînement direct)  
 Souffleurs centrifuges multi-étages (entraînement direct)

### Réducteurs génériques (avec roulements)

Multiplicateurs mono-étage

### Machines-outils

Moteur  
 Entrée réducteur  
 Sortie réducteur  
 Broches - Ebauchage  
 Broches - Finition  
 Broches - Finition critique

*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

©2013-2017 Fluke Corporation.  
 Tous droits réservés. Informations modifiables sans préavis.  
 3/2017 4314907c-fr

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