

Les défis de la surveillance des équipements mobiles d'extraction minière



Ces 20 dernières années, les techniques de mesure des vibrations sont arrivées à maturité. Si l'utilisation d'une surveillance continue en ligne des principales machines est courante dans l'industrie pétrolière, gazière et pétrochimique depuis maintenant plusieurs décennies, les entreprises n'ont que récemment commencé à intégrer des techniques de collecte ponctuelle des données à leur système de surveillance continue.

L'équipement mobile constitue la nouvelle préoccupation : draglines, pelles électriques à câbles, excavateurs à godets, empileurs-récupérateurs, poids lourds... Tous jouent un rôle important dans la production et s'avèrent tout aussi « essentiels » qu'un compresseur de gaz.

Toutefois, contrairement à la surveillance des machines stationnaires, la surveillance de l'équipement mobile comporte des défis considérables auxquels il est impératif de faire face afin de garantir une acquisition précise, reproductible et fiable des données. Les variations rapides de la vitesse et de la charge ne sont que deux aspects parmi d'autres de cette application.

La logistique liée à la mise en place des capteurs, du câblage, des communications réseau et de l'utilisation en général entraîne des complications pour la surveillance de ces machines. Nous évoquerons ces barrières et présenterons les nouvelles solutions qui peuvent améliorer considérablement la fiabilité des équipements mobiles imposants.

Variations de la vitesse et de la charge

Dans le passé, la fiabilité et la reproductibilité de la mesure des vibrations dépendait des conditions d'état stables, c'est-à-dire une vitesse de rotation (RPM) et une charge constantes. La reproductibilité, souvent considérée comme la pierre angulaire d'une bonne collecte des données de vibration, est essentielle pour l'obtention d'une estimation précise de l'état des machines, encore plus pour les stratégies de surveillance ponctuelle. Les données doivent être représentatives de la santé des machines et refléter les changements effectifs liés à des défaillances naissantes, et non les changements liés aux variations des conditions d'exploitation. À titre d'exemple, une variation de la vitesse au cours d'un cycle de mesure type a des répercussions négatives et

- a) nuit à la fiabilité des données ET, plus important encore,
- b) compromet leur reproductibilité.

Une solution consiste à réaliser la tâche de mesure des vibrations sur la machine dans un état « quasiment » stable. Prenons un modèle type de pelle électrique à câbles comme celui présenté ici.



Figure 1 : Pelle électrique

Au cours d'une inspection de maintenance, la pelle est stationnaire au niveau du sol et les moteurs électriques d'une puissance d'environ 2 000 ch tournent à une vitesse constante, sans aucune charge. Les mesures des vibrations sur chaque roulement de moteur (extrémité non motrice et extrémité motrice) sont fiables, reproductibles et non soumises aux variations liées à l'utilisation du godet, à l'activité de remplissage, au balancement du bras OU au déplacement.

Limite de cette méthode de test : les états de défaillance sont uniquement observables lorsque l'équipement est sous charge ; la pertinence des données obtenues peut donc être restreinte... Pour certains, « c'est toujours mieux que rien » ! Mais peut-être existe-t-il une meilleure méthode de déclenchement sélectif, fondé sur la vitesse de rotation ?

États de machine

La définition d'un « état de fonctionnement » OU « état de machine » reproductible pouvant être identifié par la mesure de certains paramètres (vitesse de rotation, sens de rotation, charge, par ex.) permet de garantir la fiabilité et la reproductibilité des données de vibrations collectées pendant cet « état de machine ».

Dans la figure 2, la variation dans le temps de la vitesse de rotation et du niveau de vi-

bration correspondant causerait de sérieux problèmes pour l'obtention de données de tendance pertinentes. La définition d'un « état de machine » fondé sur un ou plusieurs paramètre(s) mesuré(s) – dans le cas présent, la vitesse de rotation et le sens de rotation – permettra d'obtenir une mesure de la reproductibilité et de renforcer la fiabilité de la tendance pour les niveaux de vibration (figure 3).

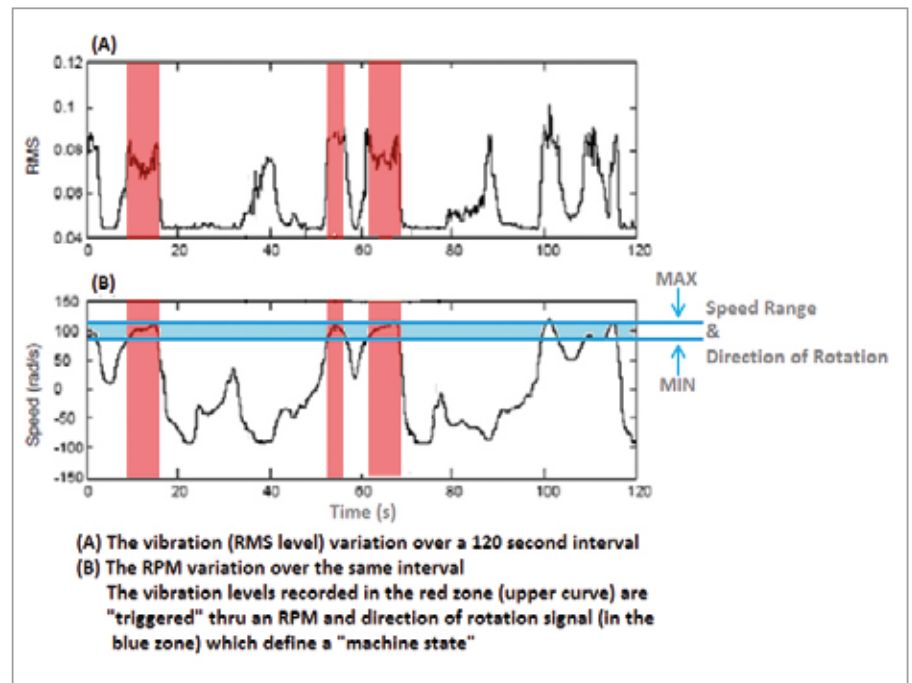


Figure 2 : États de machine

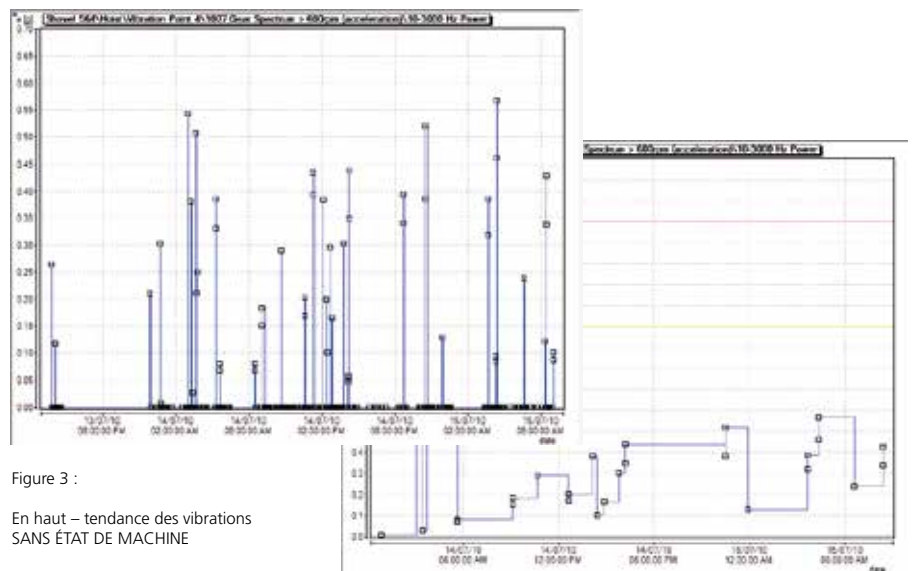


Figure 3 :

Suivi et analyse des ordres

Méthode FFT et méthode de ré-échantillonnage numérique

Dans certains cas, la vitesse de rotation des machines varie en continu, sans la moindre transition lorsque la vitesse est comprise dans une plage plus ou moins constante, compliquant la définition d'un « état de machine » (figure 4).

Une analyse FFT standard permettrait d'obtenir des composants spectraux « étalés » en raison des variations rapides de la vitesse de rotation sur la période d'un enregistrement FFT (figure 5).

L'« étalage » des composants de fréquence est la résultante du taux d'échantillonnage fixe du processus FFT, de la variation rapide de la vitesse de rotation, de la longueur fixe de l'enregistrement FFT et de la variation correspondante du niveau et de la fréquence de la vibration.

Le suivi d'ordre est un processus au cours duquel un composant de fréquence déterminé, c'est-à-dire 1X, est extrait d'un composé de spectres de fréquence par opposition à la vitesse de rotation. Cette méthode s'avère particulièrement utile pour des mesures en phase de démarrage OU d'arrêt, lorsque les variations de vitesse se produisent à intervalles courts, généralement entre 1 800 et 300 tr/min, et à une vitesse de balayage relativement faible. La représentation des données brutes dans un affichage X, Y, Z est dite « en cascade », tandis que les composants extraits sont désignés par le terme de « portions » (le long de l'axe Z) – figure 6.

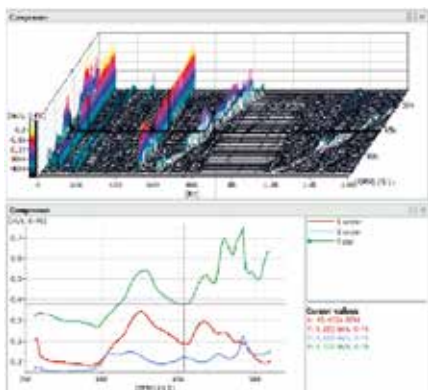


Figure 6 : En haut – cascade, amplitude par rapport à la fréquence par rapport à la vitesse de rotation
En bas – portion le long de l'axe Z (RPM) d'un ordre

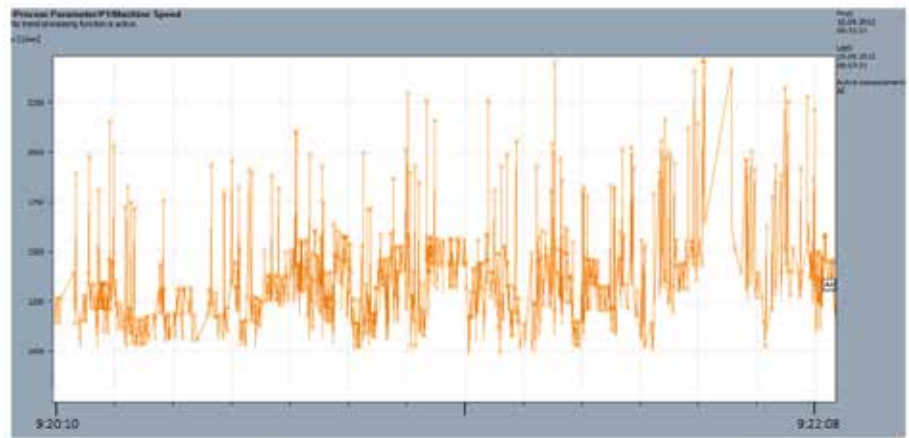


Figure 4 : Variations continues de la vitesse de rotation

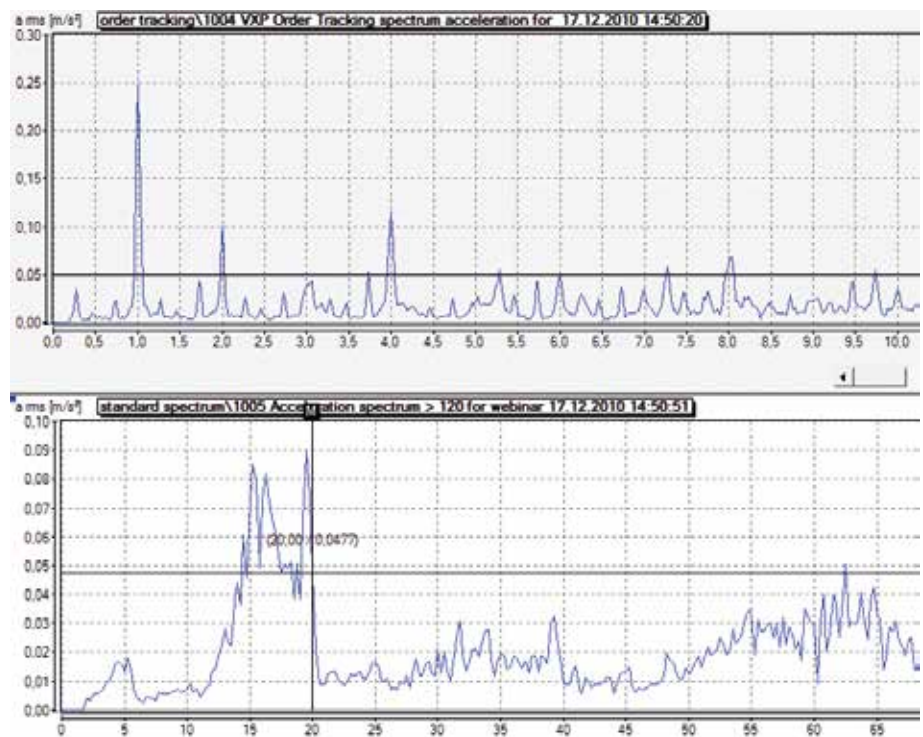


Figure 5 : En haut – spectre FFT normal
En bas – « Étalage » du spectre de fréquence en raison de la variation de la vitesse de rotation

Contrairement à la méthode de surveillance continue en ligne, cette technique de suivi d'ordre sert le plus souvent d'outil de diagnostic et est principalement utilisée afin d'identifier les résonances de machine au sein de la plage de vitesses d'exploitation. Les portions extraites par rapport à la vitesse de rotation (axe Z) offrent à l'analyste une représentation précise de la manière dont l'amplitude des différents composants de fréquence – tels que 1X – peut exciter certaines fréquences natu-

relles dans la structure de la machine. Là encore, la configuration de la mesure doit être minutieusement effectuée afin d'éviter l'étalage des données et de prendre en compte la longueur de l'enregistrement FFT (T^*), l'intervalle de vitesse de rotation et la vitesse de balayage.

$$T = \frac{LOR}{F_{max}} = \frac{1}{\Delta f}$$

où :

T - Longueur d'enregistrement FFT en secondes
LOR - Lignes de résolution
Fmax - Plage de fréquence maximale
 Δf - Espacement des lignes FFT (largeur de bande)

À l'inverse, l'analyse d'ordre synchronise le taux d'échantillonnage FFT avec la vitesse de rotation de la machine. Auparavant, cette procédure était réalisée en temps réel à l'aide d'un multiplicateur de fréquence de suivi qui permettait de dériver la fréquence d'échantillonnage sous forme de multiple entier (ordre) de la vitesse de rotation.

Grâce aux techniques actuelles d'analyse des signaux numériques, le signal temporel et le signal de la vitesse de rotation sont enregistrés et l'analyse d'ordre est réalisée en tant que fonction de post-traitement où l'interpolation du signal de la vitesse de rotation produit un taux de « ré-échantillonnage » appliqué au signal temporel et où la FFT suivante crée le spectre d'ordre.

Lorsqu'ils sont à la pointe de la modernité, les systèmes de surveillance continue en ligne des vibrations faisant appel à l'analyse d'ordre offrent aux opérateurs une méthode fiable et reproductible pour la comparaison des spectres d'ordre par rapport au temps afin de visualiser les tendances qui apparaissent en lien avec l'état de la machine au lieu de la vitesse de rotation (Figure 9).

Installation logicielle et logistique

La sélection des machines et des points de mesure correspondants est réalisée sur la base de critères similaires à ceux utilisés pour la surveillance de l'équipement stationnaire, c'est-à-dire criticité, historique de maintenance, accessibilité, sécurité, etc.

Toutefois, certains points sont spécifiques à l'équipement minier mobile et nécessitent une attention particulière :

- connectivité et accessibilité du capteur
- emplacement de l'équipement sur le site minier
- communication réseau et configuration du logiciel PC

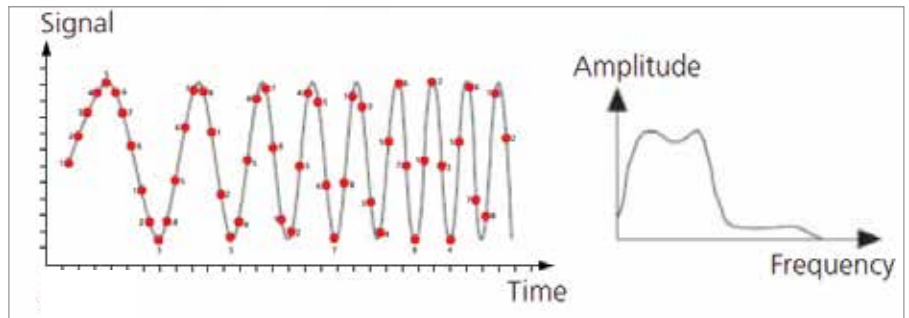


Figure 7 : Taux d'échantillonnage FFT fixe entraînant un étalement avec vitesse de rotation changeante

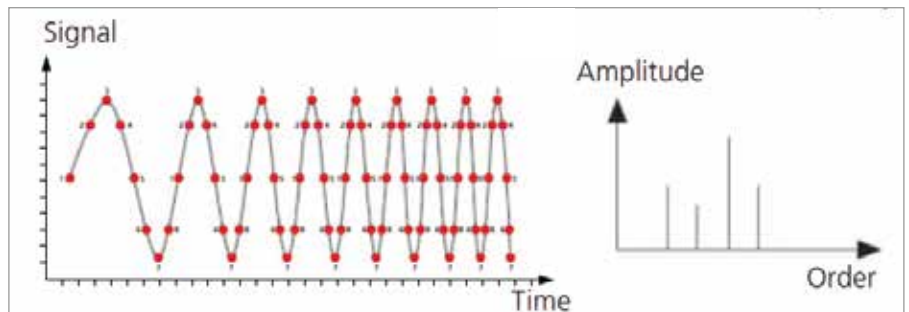


Figure 8 : Taux d'échantillonnage synchronisé avec les résultats de la vitesse de rotation dans les ordres discrets

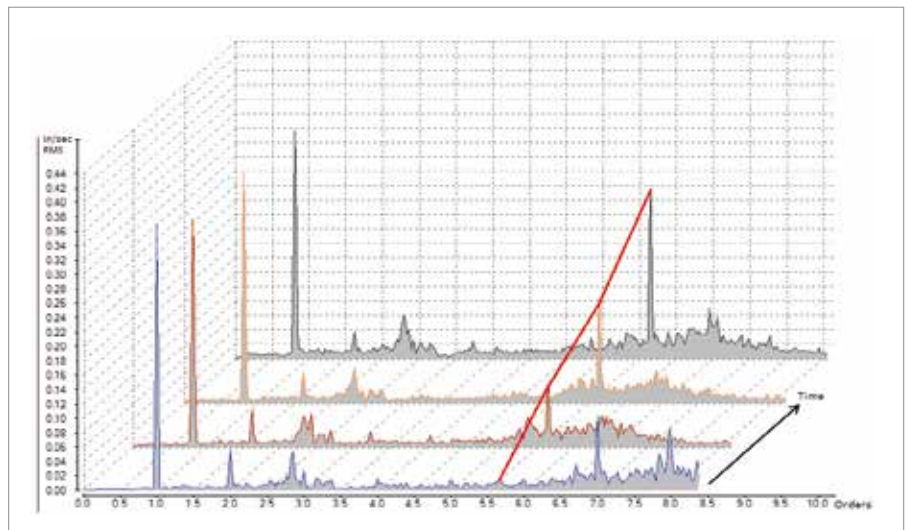


Figure 9 : Spectres d'ordre par rapport au temps

Les capteurs tels que les accéléromètres sont conçus de manière à supporter les environnements industriels rudes, mais, pour des installations stationnaires au sein d'un environnement relativement statique, les câbles des capteurs pour équipements

mobiles requièrent une protection supplémentaire contre l'abrasion, etc. Un flexible hydraulique de petit diamètre a été judicieusement utilisé sur ces installations (figure 10).



Figure 10 : Mini-accéléromètre, boîtier et flexible hydraulique avec protection de câble

Il n'est pas recommandé de monter un capteur par perçage, en particulier tant que le produit est sous garantie : beaucoup de fabricants ne connaissent pas le principe de la surveillance des vibrations et/ou peuvent ne pas autoriser l'ajout d'un appareil « non approuvé » par des tiers.

Certains fabricants majeurs prévoient le

montage d'un accéléromètre, mais il s'agit souvent dans ce cas d'une éventualité « après coup » qui ne constitue généralement pas un point de mesure idéal.

Les systèmes de surveillance actuels utilisent les communications réseau TCP/IP et peuvent être équipés d'un modem sans fil pour la communication avec le réseau Wi-Fi interne.

Certains fabricants de solutions de surveillance des vibrations en ligne proposent un hébergement de l'application et des données via des serveurs en nuage. Cette option connaît un succès croissant et offre de nombreuses réponses aux inquiétudes liées à la sécurité du réseau interne, à l'accès des fournisseurs externes (support technique, mises à jour système, etc.)



Figure 11 : Bloc de montage de l'accéléromètre – extrémité motrice

La mise en réseau de l'installation exige une planification minutieuse, une campagne d'information et la pleine compréhension de la propriété des données. Le service informatique est le responsable clé de l'installation du logiciel, de la configuration du réseau et de l'accès aux fournisseurs via le nuage, à TeamViewer™ ou aux applications de bureau à distance !

Enfin, un équipement minier intégralement mobile – des poids lourds, par ex. – peut être requis pour s'arrêter à un « point de cheminement de données » en raison de la couverture Wi-Fi afin de télécharger des mesures sur le réseau.

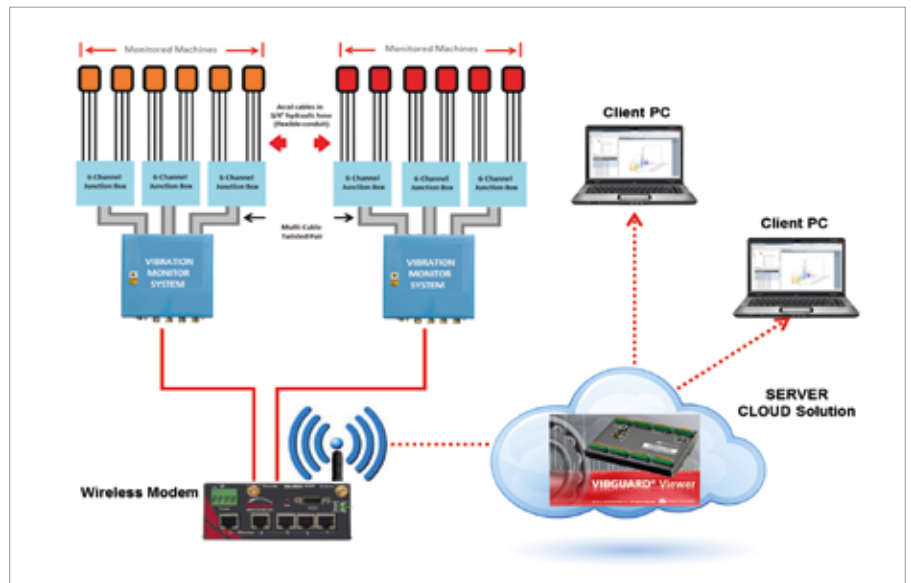


Figure 12 : Aperçu de la surveillance des vibrations

Application PC – Configuration

Les directeurs de mine, opérateurs, planificateurs et agents de maintenance NE SONT PAS DES ANALYSTES DES VIBRATIONS. Ils ont besoin d'informations opportunes et exploitables sur la santé des équipements grâce à une interface utilisateur rapide et conviviale, sans avoir à attendre plusieurs jours pour obtenir des rapports détaillés.

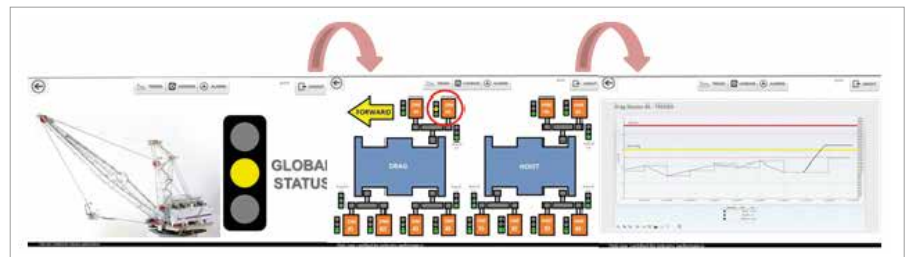


Fig. 13 : IHM* simplifiée offrant des données opportunes sur l'état des machines. * Interface humain-machine

Résumé

S'il est essentiel pour la productivité, l'équipement minier mobile est synonyme de coûts d'investissement élevés : exploitation, maintenance, etc. Depuis de nombreuses années déjà, la surveillance des vibrations permet de réaliser d'importantes économies en termes de maintenance et d'exploitation d'équipement d'usine stationnaire.

Aujourd'hui, grâce aux avancées réalisées dans le traitement des signaux, la conception des capteurs et les possibilités de mise en réseau, les opérateurs de machines mobiles peuvent désormais commencer à tirer avantage de la surveillance des vibrations – baisse du nombre d'immobilisations, coûts d'exploitation et de maintenance restreints, inventaires limités des pièces détachées,

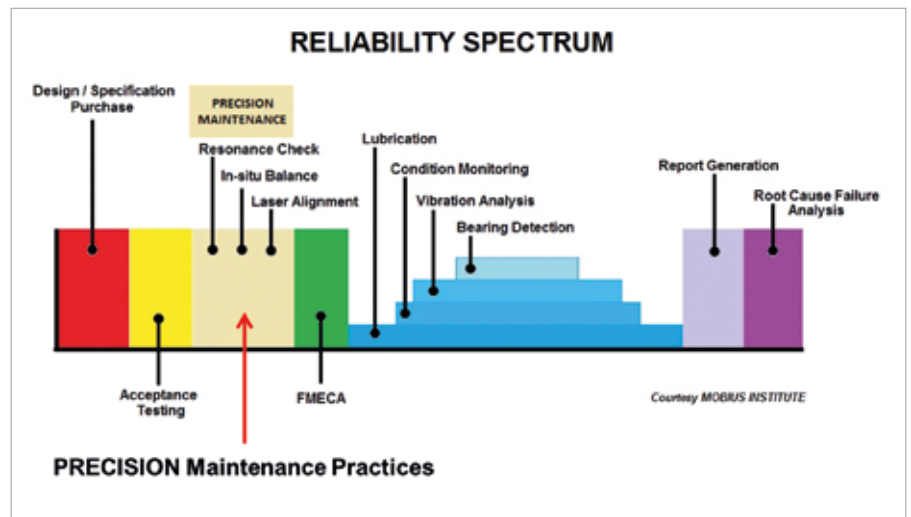


Fig. 14 : Spectre de fiabilité

planification optimisée des maintenances, disponibilité renforcée de l'équipement. La voie vers une maintenance axée sur la fiabilité est désormais toute tracée. N'oubliez pas : « L'innovation exige de sortir des sentiers battus. »

Auteur :**Ron Newman,**

Ventes et Assistance technique,
PRUFTECHNIK Canada,
rnewman@pruftechnik.ca

À propos de PRUFTECHNIK :

Fort de ses filiales et partenaires présents dans plus de 70 pays, le groupe PRUFTECHNIK définit en permanence de nouvelles normes en matière d'innovations techniques pour les secteurs de l'alignement des machines et de la mesure de vibrations, dans une optique d'optimisation de la sécurité des machines et des usines.

Relation presse

Anne-France Carter
Tél. : +49 89 99616-235
anne-france.carter@pruftechnik.com

PRUFTECHNIK AG
Oskar-Messter-Str. 19-21
85737 Ismaning, Allemagne
www.pruftechnik.com