



PT 500 **Système de diagnostic de machines**

Formation à la surveillance de l'état des machines:
générer, mesurer et évaluer des vibrations mécaniques

Systeme pour une introduction aisee a une thematique exigeante

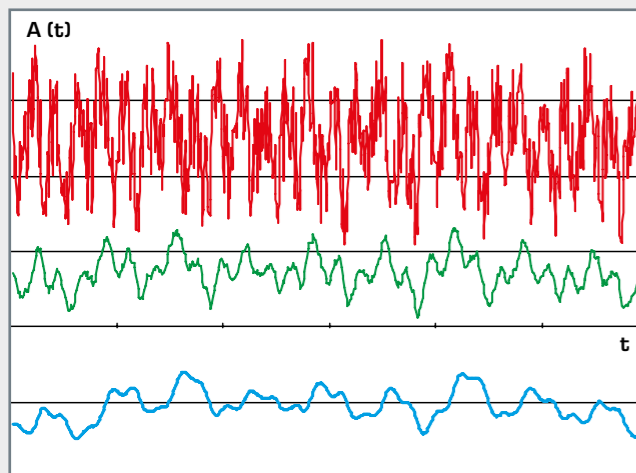
Définition du diagnostic de machines

Le but d'une surveillance moderne de l'état des machines (CMS Condition Monitoring System) est d'effectuer un entretien ou une réparation en fonction des besoins et de minimiser les temps de réparation et d'immobilisation d'une machine. Cela permet d'augmenter le taux de rendement synthétique (OEE Overall Equipment Effectiveness) et d'optimiser la structure des coûts.

Afin de pouvoir envisager une réparation ou une intervention de maintenance, les dommages doivent être détectés dès le stade de leur apparition.

La nature et l'amplitude des vibrations générées par une machine ou par des pièces de machines permettent une bonne évaluation de leur état mécanique. A cet effet, les vibrations sont mesurées, enregistrées et évaluées à l'aide de capteurs et d'appareils d'enregistrement.

La représentation des valeurs de mesure est facilitée par un logiciel informatique à l'interface conviviale.



Signaux de vibration typiques dans le domaine temporel

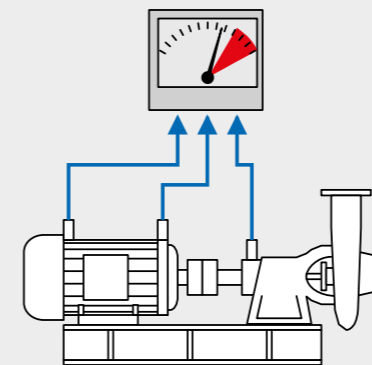
- accélération
- vitesse
- déplacement

Les forces et énergies internes dans la machine présentent un intérêt réel pour la détection des erreurs et le diagnostic. Ces grandeurs ne peuvent pas être mesurées directement, contrairement à leurs effets, les vibrations.

En mesurant et en analysant les vibrations, on tente par conséquent d'obtenir une image de ces forces. Sur cette base, il est donc possible de relever leur structure, les causes de leur formation et leur comportement dans le domaine temporel. Les vibrations sont le plus souvent des mélanges de fréquences qui se forment par superposition de différentes vibrations. Certaines de ces vibrations sont la conséquence du fonctionnement normal de la machine, d'autres sont amplifiées, voire générées par des défauts éventuels. Avec une expérience suffisante, il est possible de juger de l'état de la machine et d'identifier un défaut de la machine.

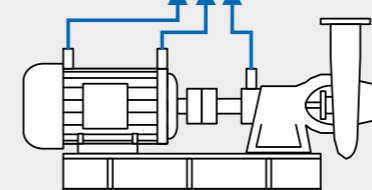
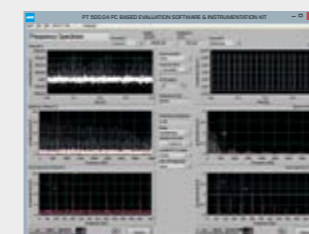
En matière de surveillance de l'état de machines, on distingue la surveillance des valeurs caractéristiques de l'analyse fréquentielle.

Surveillance des valeurs caractéristiques



La **surveillance des valeurs caractéristiques** se compose d'une mesure de l'intensité des vibrations et d'une comparaison avec une valeur limite prédéfinie. La surveillance des valeurs caractéristiques peut être réalisée de manière continue et automatique. Elle est facile à mettre en œuvre et ne nécessite aucune expertise particulière. Avec les groupes de machines standard, la surveillance des valeurs caractéristiques est suffisante pour remplir l'objectif visé.

Analyse fréquentielle



L'utilisation de l'**analyse dans le domaine fréquentiel** est beaucoup plus complexe, mais également plus efficace. Cette analyse permet d'identifier le type d'un dommage. Les mesures de réparation peuvent ainsi être mises en œuvre de manière spécifique. L'exécution de l'analyse fréquentielle nécessite cependant une bonne compréhension des mécanismes d'action et une expérience suffisante. L'analyse fréquentielle est la plupart du temps utilisée comme méthode complémentaire en combinaison avec la surveillance des valeurs caractéristiques.

Conception et contenus didactiques

Le système PT 500 offre une plate-forme didactique flexible et modulaire permettant de s'initier à la thématique complexe et exigeante du diagnostic de machines. Les étudiants en mécanique/dynamique des machines constituent le groupe cible, mais les personnes utilisant le système dans le cadre d'une formation (continue) en entreprise à la maintenance et à l'entretien sont également concernées.

Les liens étroits entre les travaux pratiques sur l'appareil d'essai et les aspects théoriques/analytiques du diagnostic favorisent l'ensemble de l'apprentissage.

Pour travailler efficacement avec le PT 500, l'élève doit maîtriser les bases techniques en mathématiques, dynamique des machines, mécanique vibratoire et technique de mesure.

Contrairement à l'apprentissage en processus réel souvent pratiqué, les effets à étudier peuvent ici être reproduits et représentés séparément. Cela facilite l'initiation progressive à la thématique abordée et permet d'établir de manière spécifique des expériences pertinentes en matière de diagnostic. Ainsi, une

formation avec le PT 500 offre une base solide pour un travail réussi et efficace dans la pratique industrielle future.

L'utilisation du système PT l'exercice intensif dans le cadre de la formation (continue) professionnelle réduit grandement la phase de familiarisation au domaine du diagnostic de machines.

Contenus didactiques

Vibrations mécaniques	Causes, mécanismes de formation, balourd, arbre de Laval, résonance, amortissement, choc
Technique de mesure des vibrations	Capteurs de mesure, amplificateur de mesure, représentation, oscilloscope, mesure de la vitesse de rotation
Analyse de vibrations	Accélération, vitesse de vibration, déplacement de vibration, valeurs caractéristiques, représentation dans le domaine temporel et fréquentiel, spectre, FFT, ordres, analyse de suivi, analyse d'enveloppe, orbite, trajectoire
Diagnostic de machines	Vibrations des paliers et des arbres, intensité de vibration autorisée, dommages sur les paliers à roulement, vibrations électromagnétiques, vibrations par balourd et équilibrage, dommages aux engrenages, vibrations sur les entraînements à courroie, cavitation dans les pompes, vibrations des pales, vibrations et chocs dans les systèmes bielle-manivelle, vibrations en fonction de la vitesse de rotation

Cela permet en outre d'acquérir des compétences pratiques et de l'expérience en matière de manipulation et de montage de pièces de machine comme p. ex. les paliers, arbres et accouplements. Il est également possible d'étudier la structure des machines mécaniques.

Des questions permettent d'accumuler une expérience précieuse pour la pratique industrielle future:

- quel capteur de mesure doit-on utiliser?
- où peut-on attendre un signal de mesure exploitable?
- comment peut-on masquer efficacement les signaux parasites?

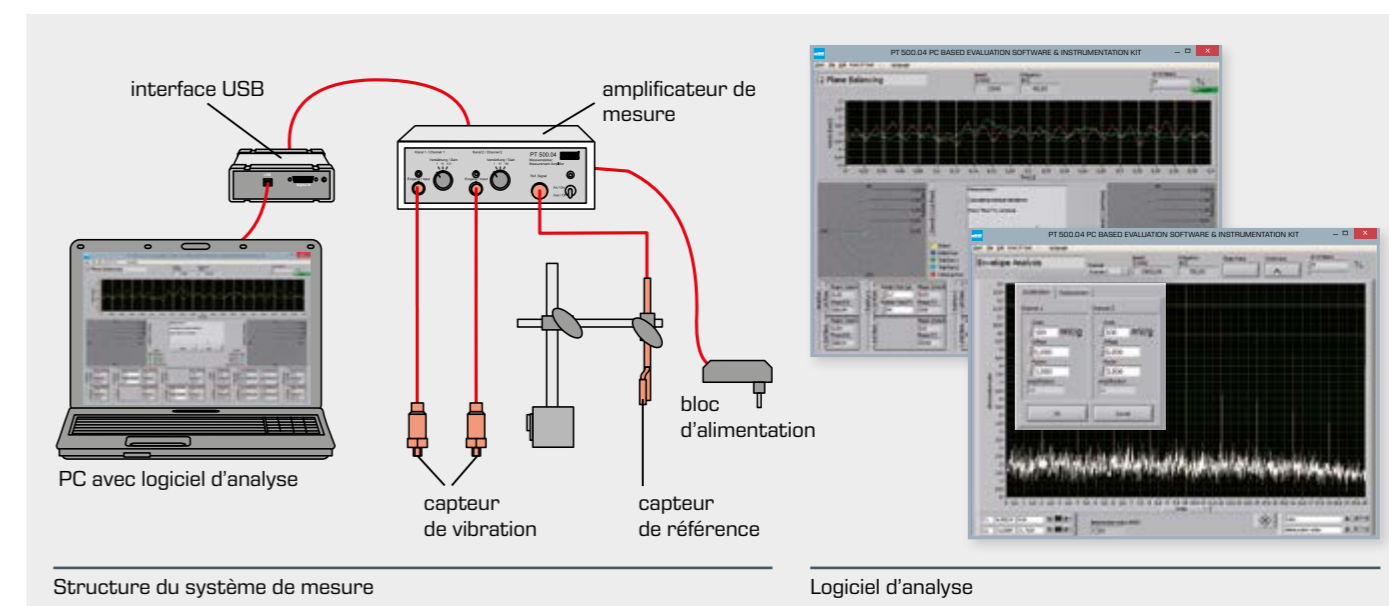
Analyseur de vibrations PT 500.04



L'analyseur de vibrations PT 500.04 constitue le cœur de notre système de diagnostic de machines.

Il comprend les composants suivants:

- amplificateur de mesure
- interface USB pour l'acquisition de données
- logiciel pour l'analyse
- capteurs de vibration
- capteur de référence



L'amplificateur de mesure alimente en tension les capteurs d'accélération et de déplacement et offre une préamplification réglable. En outre, le signal de vibration peut être émis comme signal de tension via les douilles de sortie. Vous pouvez ainsi intégrer des appareils de mesure autonomes, comme p.ex. un oscilloscope, dans le dispositif de mesure.

L'amplificateur de mesure offre naturellement la possibilité de raccorder les capteurs de déplacement PT 500.41 disponibles en tant qu'accessoires.

Le logiciel d'analyse peut être installé sur les PC classiques fonctionnant sous Windows. L'interface USB permet un raccordement simple à un PC ou un ordinateur portable.

Les capteurs de vibration utilisés sont des capteurs d'accélération ICP. Les capteurs ICP présentent l'avantage de posséder un amplificateur intégré, garantissant ainsi un traitement du signal de mesure insensible aux interférences. Les capteurs de qualité industrielle utilisés sont robustes, possèdent des câbles de raccordement et des connecteurs stables et sont donc parfaits pour des conditions de formation brutes.

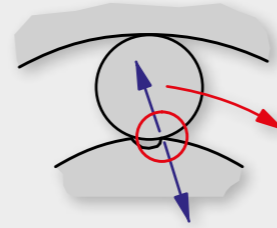
Le capteur de référence sert à mesurer la vitesse de rotation et à enregistrer l'information de phase. Le capteur laser est utilisé ici avec une portée de détection étendue qui fournit un signal fiable même lorsque les conditions de luminosité sont médiocres et l'accès à l'arbre en rotation défavorable. Un autocollant à matériau réfléchissant sert de point de repère.

Exemple: identification des dommages sur les paliers

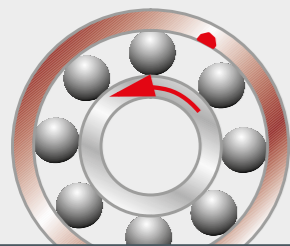
Dommages sur les paliers



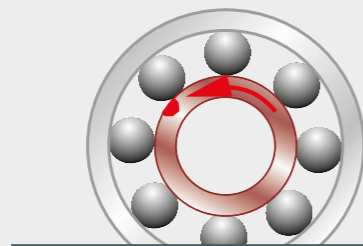
Chaque palier à roulement possède des fréquences de dommages caractéristiques pour la bague intérieure, le corps de roulement et la bague extérieure. Ces fréquences dépendent de la vitesse de rotation Ω , des dimensions géométriques et du nombre de corps de roulement. Lorsque la fréquence de choc est connue, il est donc possible d'identifier le type de dommage et le palier défectueux.



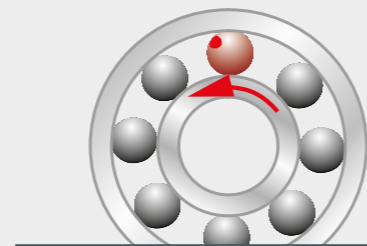
Force d'impact lors du passage sur une surface de roulement endommagée



Endommagement de la surface de roulement dans la bague extérieure fréquence $3,58 \Omega$



Endommagement de la surface de roulement dans la bague intérieure fréquence $5,42 \Omega$



Corps de roulement endommagé fréquence $4,65 \Omega$

Analyse d'enveloppe

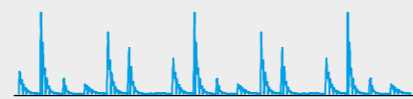
L'analyse d'enveloppe est utilisée pour identifier p. ex. les dommages sur les paliers à roulement et sur les engrenages. Les dommages génèrent des chocs avec des composantes vibratoires à très hautes fréquences. L'identification de la fréquence

de choc à basses fréquences pertinente pour le diagnostic des dommages dans le spectre normal est difficile, voire impossible. L'analyse d'enveloppe démodule le signal de choc à hautes fréquences, permettant ainsi de mesurer la fréquence de choc.

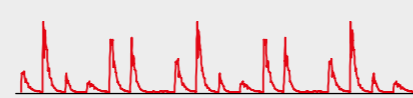
Mesure du signal de choc à hautes fréquences et filtrage passe-haut pour bloquer les signaux parasites à basses fréquences (balourd, erreurs d'alignement)



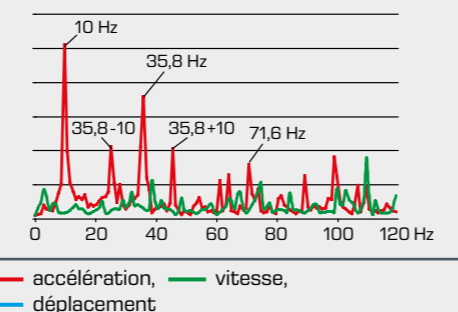
Redressement du signal à hautes fréquences



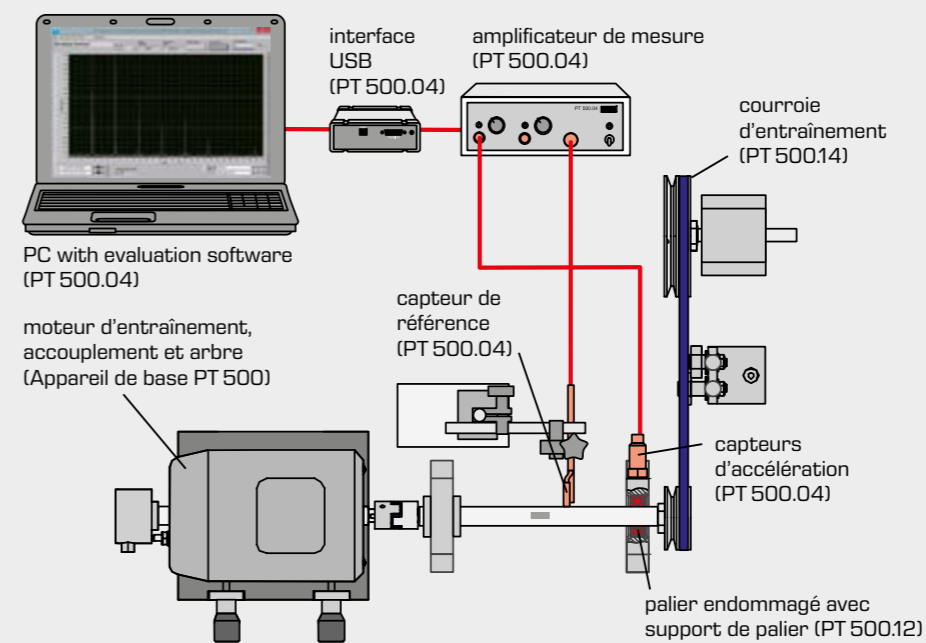
Générer l'enveloppe du signal redressé par filtrage passe-bas



Effectuer une FFT pour obtenir le spectre de l'enveloppe. La vitesse de rotation (10 Hz) et la fréquence de choc (35,8 Hz) sont clairement identifiables. Les bandes latérales situées à l'écart de la vitesse de rotation ($35,8 - 10$, $35,8 + 10$) indiquent une modulation d'amplitude. Il s'agit d'un dommage sur la bague extérieure avec une charge tournante.



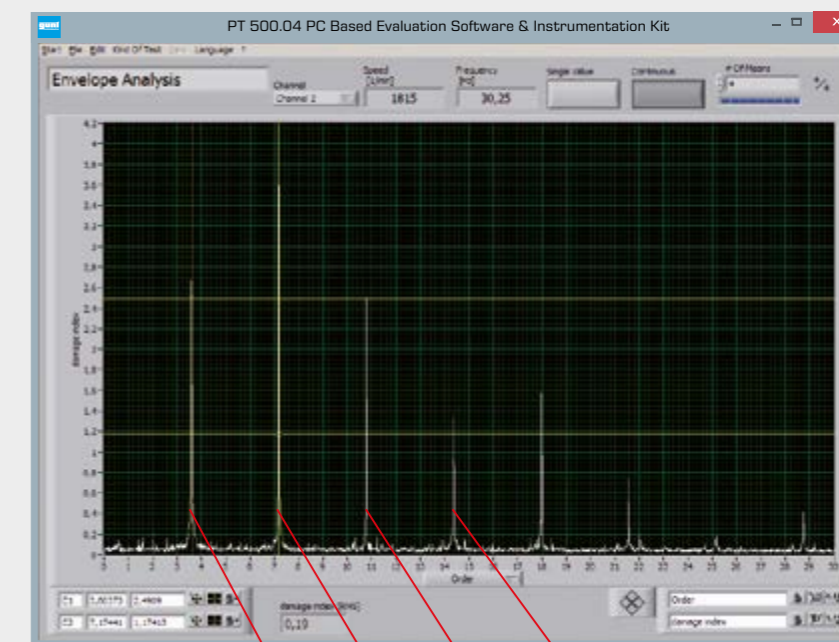
Montage expérimental pour l'identification des dommages aux paliers



Le palier à étudier (PT 500.12) est installé dans un support de palier. Les dommages aux paliers n'apparaissant que sous l'effet d'une charge, la force de la courroie tendue de l'entraînement (PT 500.14) représente une charge radiale du palier. L'arbre est entraîné par un moteur à vitesse variable. Un capteur d'accélération situé sur le support de palier mesure les chocs provoqués par le dommage au palier. Un capteur de référence sert à mesurer la vitesse de rotation. Les signaux de mesure sont transmis au PC via l'amplificateur de mesure (PT 500.04). Le logiciel effectue ici l'analyse d'enveloppe.

Résultat d'essai type

L'illustration montre le spectre d'enveloppe d'un dommage typique sur un palier. Pour obtenir un affichage indépendant de la fréquence de rotation, l'ordre a été choisi comme abscisse. Un signal de fréquence de rotation possède l'ordre 1. Des lignes de fréquence sont relevées pour le multiple de l'ordre 3,58. Cela indique que la bague extérieure du palier est endommagée. Les lignes des bandes latérales manquantes séparées par un ordre indiquent une direction constante de la force, dans le cas présent la tension de la courroie, et aucune charge de balourd tournante.



Ordres:

3,58, 7,16, 10,74, 14,32

Capture d'écran d'une analyse d'enveloppe d'un dommage de la bague extérieure

Exemple: équilibrage in situ

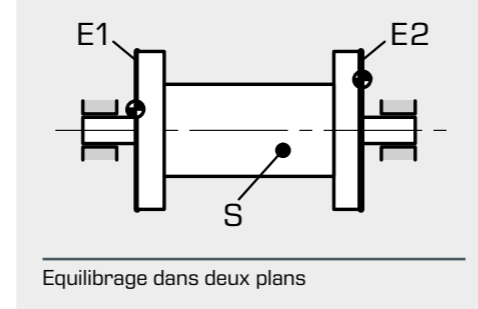
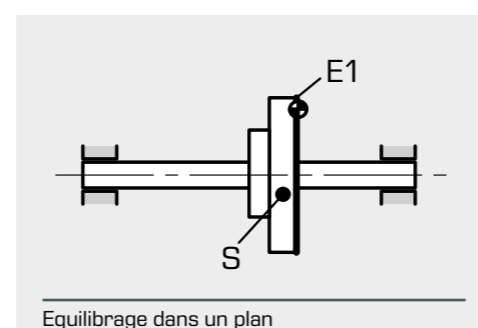
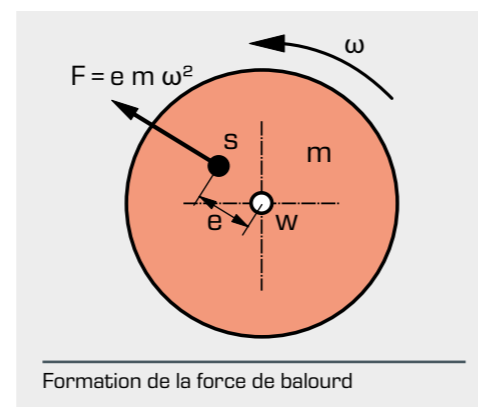
Lorsque le centre de gravité d'une pièce rotative de la machine ne correspond pas à l'axe de rotation, ce qui signifie que sa rotation n'est pas axiale, la masse tournante de la pièce de la machine génère des forces centrifuges ou des forces de balourd. Ces forces sont transférées via les paliers à l'ensemble de la machine et à sa périphérie, ce qui provoque des vibrations correspondant, en termes de fréquence, à la vitesse de rotation. Elles s'intensifient lorsque la vitesse de rotation augmente car les forces centrifuges dépendent du carré de la vitesse de rotation.

Un équilibrage permet d'éviter ou au moins de réduire les vibrations par balourd. On distingue généralement l'**équilibrage sur des équilibreuse spéciales**, réalisé lors de la fabrication, de l'**équilibrage in situ** effectué sur une machine déjà en service. L'équilibrage in situ est pratiqué avec le PT 500.

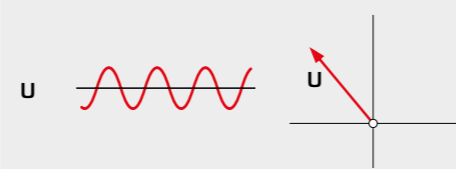
L'équilibrage vise à ramener le centre de gravité du rotor sur l'axe de rotation. Pour cela, on ajoute ou retire des masses sur le rotor. Pour calculer la position et la valeur des masses d'équilibrage, le balourd inconnu doit d'abord être déterminé. Le balourd ne peut malheureusement pas être mesuré directement, mais indirectement en mesurant les vibrations de palier. On détermine pour cela l'amplitude et la position de phase (vecteur) de la composante de fréquence de rotation. Toutes les autres composantes vibratoires sont filtrées et éliminées. L'équilibrage se déroule selon le schéma suivant:

- mesure des vibrations des paliers de la machine déséquilibrée (balourd initial U)
- mesure des vibrations de palier après avoir doté la machine d'un balourd supplémentaire connu (balourd d'essai T)
- la comparaison des deux mesures permet de calculer le balourd initial
- calcul de la valeur et de la position des masses d'équilibrage à ajouter ou à retirer
- mesure de contrôle (A) après correction au moyen de masses

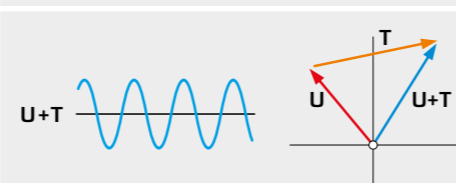
Si l'équilibrage ne réussit pas, cette procédure doit être renouvelée jusqu'à ce que les valeurs limites souhaitées de la vibration de palier soient respectées.



Mesure des vibrations de paliers de la machine non équilibrée (balourd initial U).



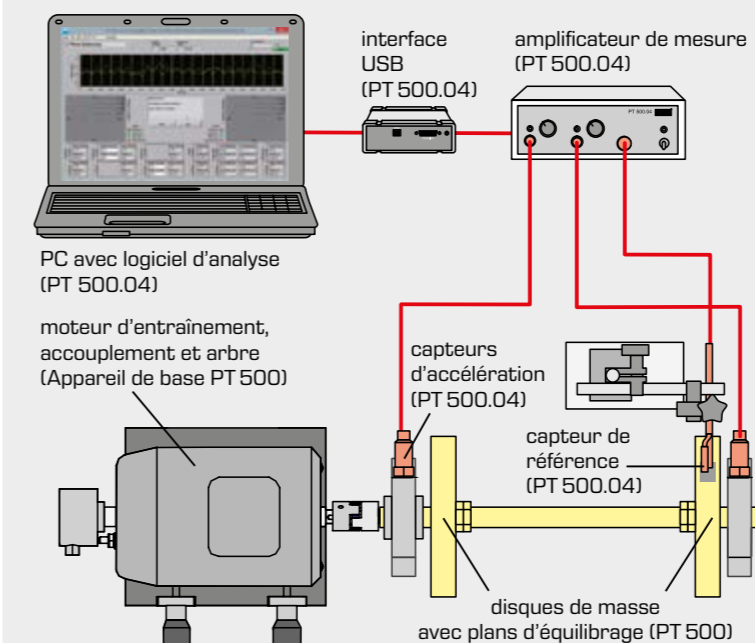
Mesure des vibrations de paliers après que la machine a été pourvue d'un balourd supplémentaire connu (balourd test T). On calcule le balourd initial en comparant les deux mesures.



Calcul de la taille et de la position des masses d'équilibrage à ajouter ou à retirer (C). Mesure de contrôle (A) après réalisation de la correction des masses. Selon le succès de l'équilibrage, on recommence la procédure jusqu'à ce que les valeurs limites souhaitées pour la vibration de palier soient respectées.



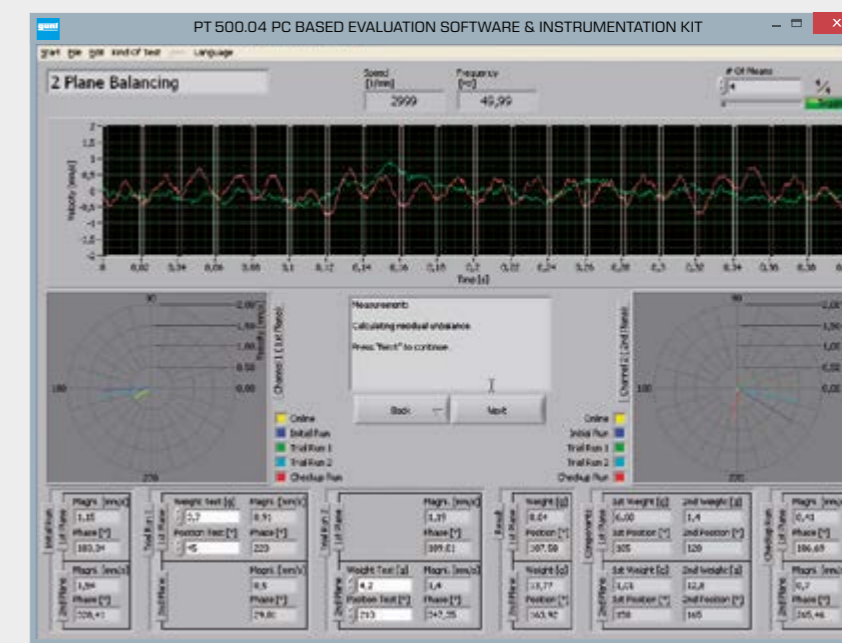
Montage expérimental pour l'équilibrage dans deux plans



Outre l'appareil de base PT 500, seul l'analyseur de vibrations assisté par PC PT 500.04 est requis pour le montage expérimental. Le montage expérimental indiqué sur le schéma présente un rotor avec deux disques de masse permettant de réaliser un équilibrage dans deux plans. Les capteurs d'accélération mesurent les vibrations de palier directement à côté des disques de masse. Un repère réfléchissant situé sur l'un des disques de masse sert de référence pour les informations d'angle. La caractéristique de transfert entre le disque de masse et le point de mesure étant déterminée lors de l'équilibrage, les cycles de mesure doivent être effectués avec dans chaque cas une vitesse de rotation identique. De petites masses sont vissées sur le disque de masse afin de simuler un balourd initial. La procédure est identique avec les masses d'essai et d'équilibrage.

Résultat d'essai type

L'illustration montre l'interface utilisateur du logiciel après un équilibrage complet. La fenêtre du haut affiche directement le signal de vibration pour le contrôle. Dans les deux diagrammes à droite et à gauche, les signaux de balourd des cycles de mesure sont représentés en tant que vecteurs. Une boîte de dialogue située entre les deux diagrammes indique la prochaine étape à effectuer. Les résultats des cycles de mesure, la position et la valeur des masses d'essai et la position et la valeur des masses d'équilibrage calculées apparaissent dans la partie inférieure de l'écran.

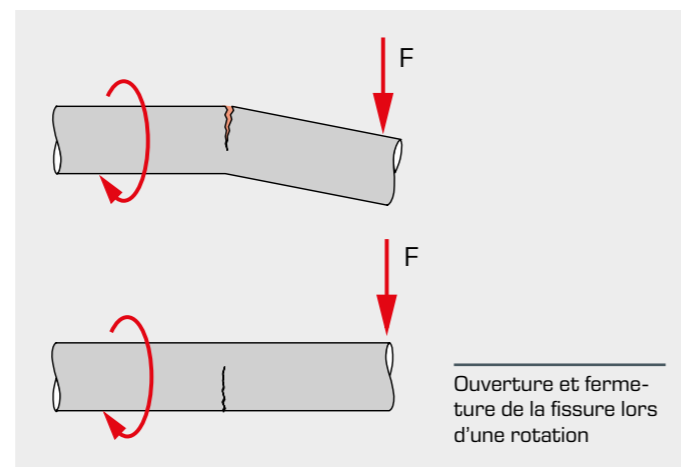
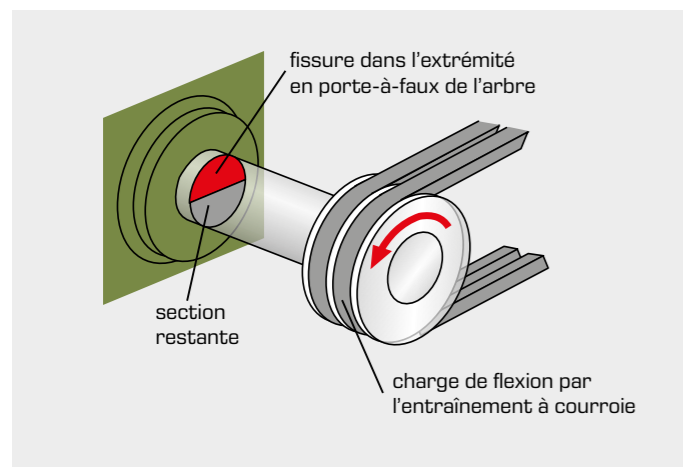


Capture d'écran: équilibrage dans deux plans

Exemple: identification des fissures dans les arbres

Les fissures dans les arbres comptent parmi les dommages les plus dangereux. Si une fissure n'est pas découverte à temps, l'arbre risque de se rompre. Ce phénomène apparaissant le plus souvent avec des vitesses de rotation et des charges élevées, les conséquences sont catastrophiques et peuvent aller jusqu'à la destruction totale de la machine. La machine a été au pré-

alable démontée complètement à intervalles fixes et le rotor soumis à un essai de fissuration complexe pour découvrir des fissures possibles. Les coûts de ce test sont énormes. Grâce aux méthodes modernes de surveillance de l'état des machines, il est possible de détecter des fissures sur la machine montée.



Les fissures résultent de défauts, de la fatigue du matériau et aussi de la concentration de contraintes due à des défauts de surface. Les sollicitations en flexion alternées lors de la rotation de l'arbre entraînent une progression stable de la fissure jusqu'à ce que la section restante non affectée se rompe brutalement.

La fissure réduit la rigidité de l'arbre. Cette baisse de la rigidité est modulée par la rotation de l'arbre, de sorte que cette rigidité est plus verticale que transversale lorsque la base de la fissure est parallèle à la direction de la charge. La fissure peut par ailleurs s'ouvrir et se fermer en continu lors d'une rotation.

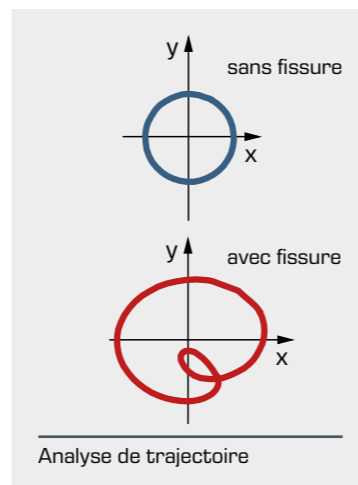
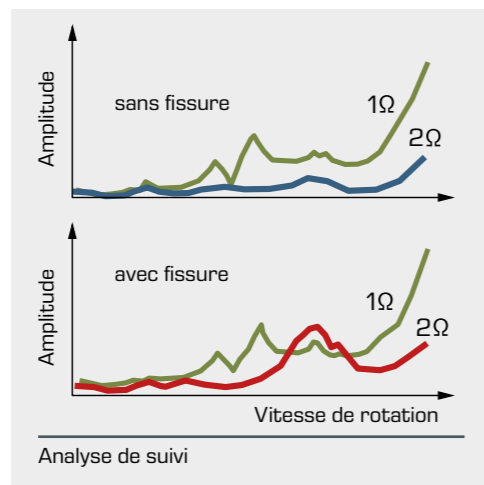
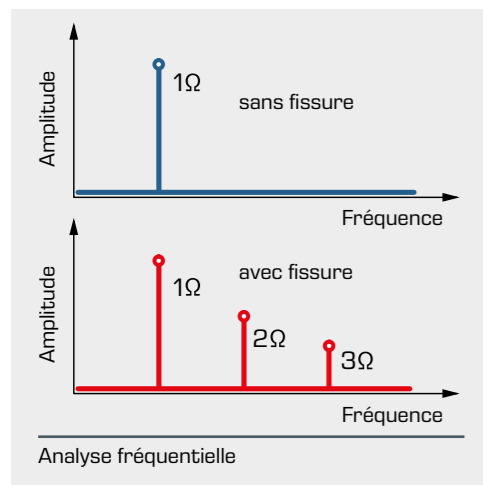
Méthodes d'analyse

Ce phénomène génère un signal de vibration caractéristique, qui peut être utilisé afin d'identifier la fissure. Les harmoniques du 2^{ème} ordre augmentent fortement par rapport à l'arbre non endommagé. L'analyse fréquentielle, l'analyse de suivi et l'analyse de trajectoire constituent des méthodes d'analyse adéquates.

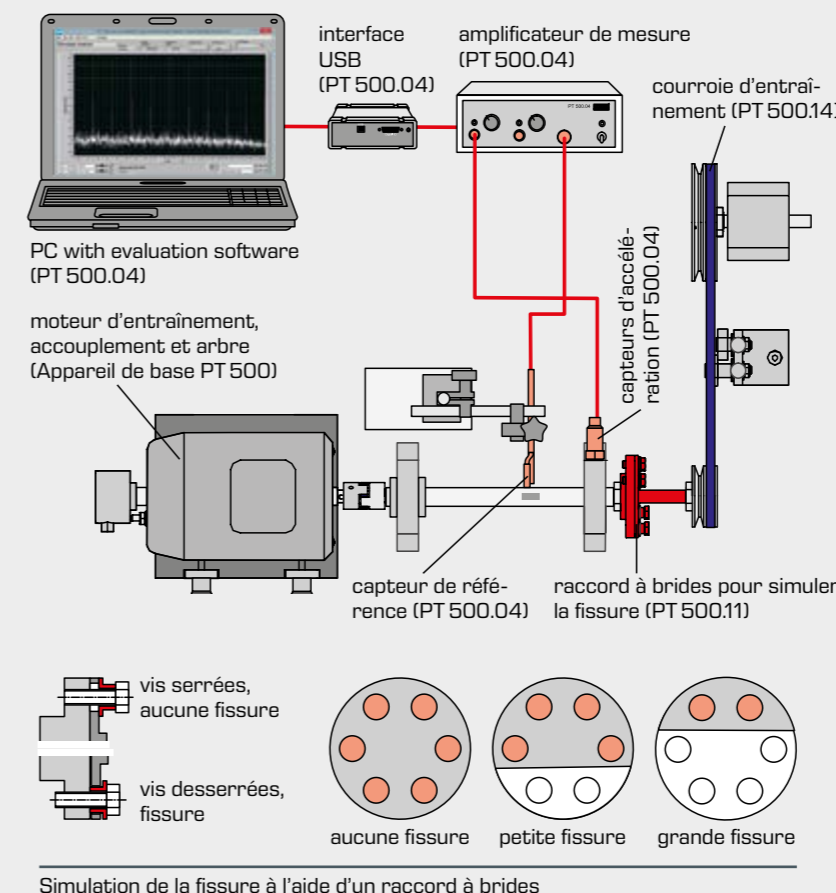
Avec l'analyse fréquentielle, le spectre de fréquence du signal est considéré pour une vitesse de rotation fixe. En cas de fissure, des lignes de fréquence supplémentaires apparaissent dans le spectre.

Lors de l'analyse de suivi, le signal de vibration est enregistré sur une plage de vitesses de rotation plus étendue et étudié dans un filtre spécial selon les différents ordres de fréquence de rotation.

L'analyse de trajectoire permet de visualiser la trajectoire de l'arbre mesurée à l'aide de deux capteurs de déplacement. Les composantes du 2^{ème} ordre se distinguent par la formation de boucles dans la trajectoire.



Montage expérimental pour l'identification des arbres fissurés



Avec le jeu d'accessoires PT 500.11 Arbre fissuré, deux montages expérimentaux différents sont possibles:

- Fissure au niveau d'un arbre en porte-à-faux sous l'effet d'une charge extérieure
- Fissure sur un arbre de Laval soumis à son poids propre

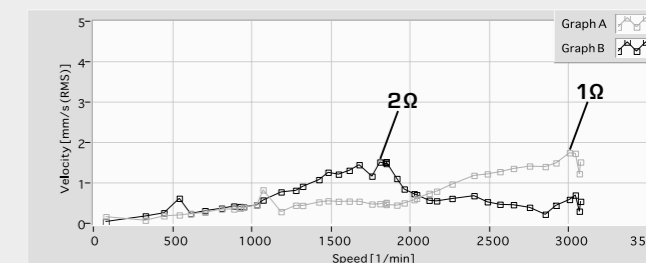
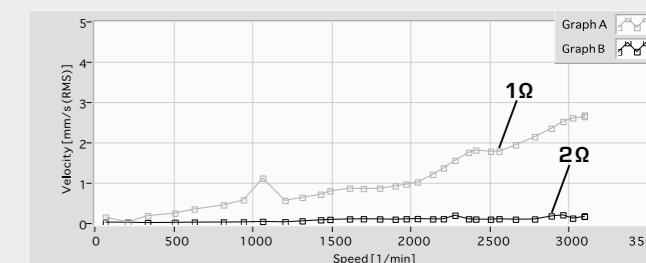
Le montage expérimental avec un arbre en porte-à-faux est représenté ici. La charge extérieure est simulée par une précontrainte de la courroie trapézoïdale. Un accouplement à plateau spécial est inséré dans l'arbre afin de simuler une fissure à profondeur variable. Selon la position de montage des douilles d'écartement disposées spécialement, les vis de jonction sont serrées fermement ou desserrées avec un jeu. Une fissure d'une profondeur différente peut être simulée en modifiant le nombre de vis desserrées.

Résultat d'essai type

Les deux illustrations montrent le résultat d'une analyse de suivi. Les mesures ont été effectuées sur le montage expérimental avec l'arbre en porte-à-faux représenté. Le graphique A indique la composante de la vibration de palier du 1^{er} ordre (1Ω), le graphique B la composante du 2^{ème} ordre (2Ω).

Dans l'illustration du dessus, toutes les vis du raccord à brides ont été serrées, ce qui correspond à l'état d'un arbre non fissuré. En raison du balourd, les vibrations de palier du 1^{er} ordre augmentent tout à fait normalement en fonction de la vitesse de rotation. Les vibrations de palier du 2^{ème} ordre sont très faibles.

L'illustration du dessous simule une fissure plus profonde. Dans ce cas de figure, seules 2 des 6 vis ont été serrées. Alors que les vibrations de palier du 1^{er} ordre indiquent un comportement similaire à celui observé avec un arbre non fissuré, on constate pour les vibrations du 2^{ème} ordre une très forte hausse dans la plage de vitesses de rotation moyenne, ce qui indique clairement une fissure.



Analyse de suivi de l'arbre fissuré

Le système modulaire

Appareil de base



L'appareil de base PT 500 avec l'analyseur de vibrations assisté par ordinateur PT 500.04 permet déjà la réalisation d'une série d'exercices sur le thème du diagnostic et de la surveillance de machines.

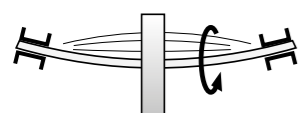
Outre des exercices de mesure de vibrations (mesure du déplacement de vibration, de la vitesse de vibration et de l'accélération dans le domaine temporel ou fréquentiel), des travaux d'équilibrage in situ sur rotors rigides et d'alignement de ligne d'arbre peuvent également être donnés.

L'appareil de base comprend un support de fixation à faibles vibrations, un moteur d'entraînement à régulation de vitesse avec tachymètre, un arbre avec deux volants et deux paliers, un accouplement et des masses d'équilibrage.

Une vaste gamme d'accessoires permet de traiter pratiquement chacun des thèmes touchant au diagnostic de machine.

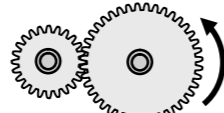
Jeux d'accessoires

PT 500.10 Arbre élastique



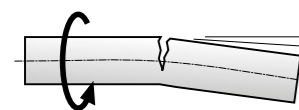
Vibrations dues au balourd d'un arbre élastique en flexion, résonance, vitesse de rotation critique, équilibrage

PT 500.15 Dommages aux engrenages



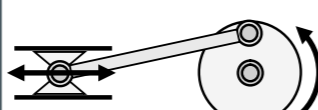
Identification de dommages aux engrenages à partir du signal vibratoire Influence du type de denture et de la lubrification

PT 500.11 Arbre fissuré



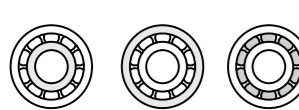
Comportement en vibration d'un arbre fissuré, identification de la fissure à partir du signal vibratoire

PT 500.16 Système bielle-manivelle



Vibrations dans les commandes à manivelle, forces massiques libres, chocs et coups dus au jeu des paliers et à l'usure

PT 500.12 Dommages sur les paliers à roulement



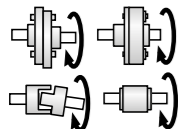
Identification des dommages sur les paliers à partir du bruit de roulement, différents paliers à roulement endommagés

PT 500.17 Cavitation dans les pompes



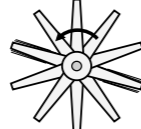
Bruits et détérioration dus à la cavitation, conditions pour la cavitation

PT 500.13 Accouplements



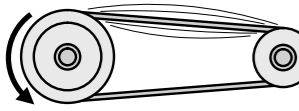
Caractéristiques de différents types d'accouplement, influence du battement radial, du battement axial et des erreurs de pas sur le comportement en vibration

PT 500.18 Vibrations dans les ventilateurs



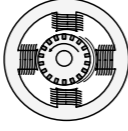
Vibrations dans les ventilateurs, démonstration de l'excitation de vibrations par le passage des pales, influence de l'effet gyroscopique

PT 500.14 Courroie d'entraînement



Vibrations dans les courroies d'entraînement, résonance et vitesses de rotation critiques, influence de la tension de courroie, du battement radial et de l'alignement

PT 500.19 Vibrations électromécaniques



Interaction système électromagnétique-mécanique, influence de la charge, de la géométrie de l'entrefer et de l'asymétrie électrique

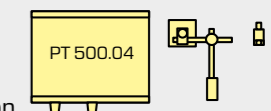
L'aperçu suivant vous montre les différentes possibilités de combinaison des accessoires indiqués pour les différents essais.

- les accessoires de base peuvent être utilisés de manière répétée.
- le système modulaire vous permet également de réaliser facilement vos propres montages expérimentaux.
- si un jeu de technique de mesure spécial est déjà disponible sur place, il peut être intégré aisément dans le système.

Les accessoires de base sont requis pour de nombreuses applications



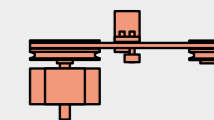
L'analyseur de vibrations assisté par PC PT 500.04 est requis pour chaque application.



De nombreux dommages n'apparaissant que sous l'effet d'une charge, il est judicieux pour de nombreux essais d'utiliser le dispositif de freinage et de charge PT 500.05.



La courroie d'entraînement PT 500.14 sert également lors de nombreux essais à générer des charges statiques ou à permettre une réduction de la vitesse de rotation.



<p>Montage expérimental vibrations des paliers et équilibrage</p>	<p>Montage expérimental arbre fissuré</p>	<p>Montage expérimental dommages sur les paliers</p>	<p>Montage expérimental arbre élastique</p>
<p>Montage expérimental courroie d'entraînement</p>	<p>Montage expérimental engrenages</p>	<p>Montage expérimental accouplements</p>	<p>Montage expérimental cavitation</p>
<p>Montage expérimental vibrations dans les ventilateurs</p>	<p>Montage expérimental système bielle-manivelle</p>	<p>Montage expérimental vibrations électromécaniques</p>	

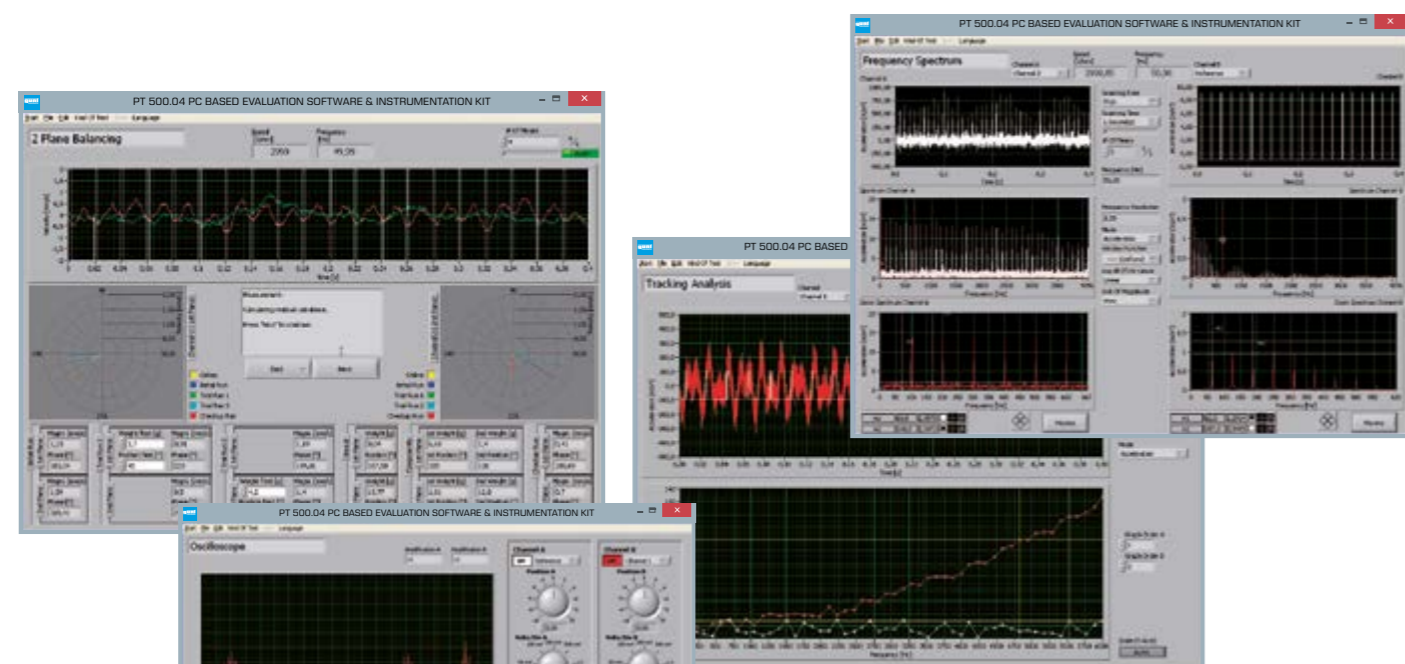
Logiciel d'analyse

Un logiciel d'analyse a été développé spécialement pour le système de diagnostic de machines afin de prendre en compte de façon optimale les exigences didactiques inhérentes à un système de formation.

Alors que les systèmes traditionnels pour applications industrielles privilégient la collecte de données, les fonctions statistiques et l'adaptation aux différentes tâches, notre logiciel se distingue par son interface conviviale et structurée et par la possibilité de passer rapidement d'une méthode d'analyse à une autre. Les avantages et les inconvénients des différentes méthodes peuvent ainsi être mis en évidence pendant un cycle de mesure.

Un signal peut p.ex. apparaître sous différentes formes de représentation (évolution dans le temps, spectre, trajectoire, analyse d'ordre). De même, les caractéristiques des signaux d'accélération, de vitesse et de déplacement peuvent être représentées de manière claire. L'influence de la fréquence d'échantillonnage, de la durée d'enregistrement, de la sensibilité et de la base de temps peut être démontrée. Cela permet à l'élève de développer une approche personnelle pour l'analyse des vibrations.

Les méthodes utilisées ne nécessitent pas de réglages et configurations complexes comme c'est le cas d'ordinaire avec les systèmes industriels.



Les méthodes d'analyse suivantes sont disponibles:

- Oscilloscope
- Analyse spectrale
- Mesure de l'intensité de vibration
- Analyse de suivi
- Représentation de trajectoire
- Analyse d'enveloppe
- Equilibrage in situ dans un plan
- Equilibrage in situ dans deux plans

Le logiciel dispose naturellement de quatre langues d'utilisation et d'une fonction d'aide intégrée.

La base matérielle se compose d'un amplificateur de mesure permettant de raccorder deux capteurs d'accélération ICP, deux capteurs de déplacement inductifs et un capteur de référence optique. Un système d'acquisition de données USB permet de raccorder un PC directement et sans la moindre intervention du PC.

Le matériel d'accompagnement didactique

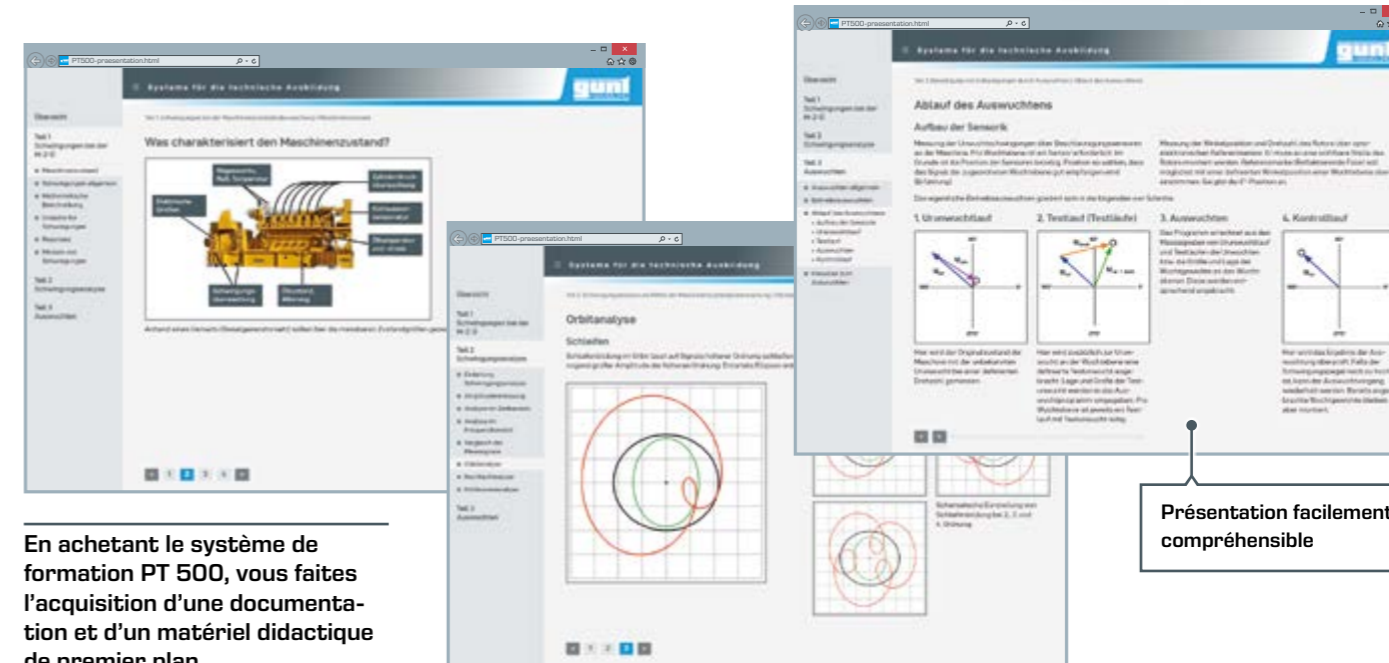
Nous avons développé un matériel d'accompagnement détaillé pour la série PT 500. Vous bénéficiez ainsi d'une initiation en douceur au domaine exigeant qu'est le diagnostic de machines.

- Une représentation de la technique de mesure des vibrations affiche les différents signaux de vibration et offre une introduction à la technique de mesure. Les capacités des différentes méthodes d'analyse et leurs avantages/inconvénients font l'objet d'une explication détaillée.
- Des propositions de montage détaillées et accompagnées d'illustrations sont disponibles pour les essais pratiques dans les différents domaines. Des exemples de résultats de mesure facilitent l'évaluation des essais et la recherche des erreurs.

- Une présentation complète (feuille, CD) comprenant les bases du diagnostic de machines traitées offre une aide de premier plan au cours de l'apprentissage.

Le matériel d'accompagnement bénéficie d'une présentation professionnelle: graphiques clairs, texte facile d'accès. Les bases de la technique des vibrations sous forme de notes explicatives peuvent notamment être distribuées directement aux élèves.

Pour tirer un avantage durable de l'apprentissage de ce domaine aussi complexe qu'exigeant, nous recommandons néanmoins aux élèves de suivre une formation préalable solide en ingénierie, dans les domaines de la dynamique des machines, de la mécanique vibratoire et des mathématiques.



En achetant le système de formation PT 500, vous faites l'acquisition d'une documentation et d'un matériel didactique de premier plan.

Le programme complet GUNT



Mécanique appliquée et conception mécanique

- statique
- résistance des matériaux
- dynamique
- dynamique des machines
- conception mécanique
- essai des matériaux



Mécatronique

- dessin industriel
- modèles en coupe
- métrologie
- technique d'assemblage et d'ajustage
- techniques de production
- kits d'assemblage
- maintenance
- diagnostic de machines
- automatisation et conduit de procédés



Génie thermique et énergie

- principes de base de la thermodynamique
- applications thermodynamiques en CVC
- énergies renouvelables
- machines à fluide thermiques
- génie frigorifique et génie climatique



Mécanique des fluides

- écoulement stationnaire
- écoulement non stationnaire
- écoulements autour de corps
- machines à fluide
- éléments de construction de tuyauteries et d'installations industrielles
- génie hydraulique



Génie de procédés

- génie des procédés mécaniques
- génie des procédés thermiques
- génie des procédés chimiques
- génie des procédés biologiques
- traitement de l'eau



2E Energy & environment

- | Energy | Environnement |
|---|---------------|
| ■ énergie solaire | ■ eau |
| ■ énergie hydraulique et énergie marine | ■ air |
| ■ énergie éolienne | ■ sol |
| ■ biomasse | ■ déchets |
| ■ géothermie | |
| ■ systèmes énergétiques | |
| ■ efficacité énergétique en génie du bâtiment | |

Contact

G.U.N.T. Gerätebau GmbH
Hanskampring 15 – 17
D-22885 Barsbüttel
Allemagne

Tél. +49 (0)40 67 08 54 - 0
Fax +49 (0)40 67 08 54 - 42
Email sales@gunt.de
Web www.gunt.de



Consultez notre
page d'accueil
www.gunt.de