

## Roulements et mécatronique

# Les roulements au service de l'industrie du futur

En plus d'assurer une fonction de guidage en rotation, les roulements mécatroniques servent à mesurer des vitesses, des positionnements, des efforts, des vibrations et des températures. Ceci afin d'anticiper les opérations d'entretien et de maintenance avec, en retour, une optimisation du coût total de possession (TCO). **Idéalement situés au cœur des machines tournantes pour remonter des informations sur leur état de fonctionnement, les roulements instrumentés jouent un rôle très important dans le cadre de l'industrie connectée 4.0.** Ils deviennent des composants intelligents reliés à l'Internet des objets sur lequel repose la flexibilité des outils de production de demain.

► **Le roulement est un composant qui assure le guidage en rotation et le positionnement.**

Il transmet tous les efforts ainsi que les mouvements du processus. Ce sont ses fonctions mécaniques d'origine. Mais aujourd'hui, il fait bien plus que cela. Il est devenu intelligent. Placé au cœur des machines tournantes, il est idéalement situé pour apporter des informations sur leur état de fonctionnement. D'où l'intérêt de l'instrumenter avec des capteurs intégrés ou non dans ses bagues. En plus d'assurer une fonction mécanique, il mesure alors des vitesses, des efforts, des positions, des vibrations et mêmes des températures. D'après Michel Octrue du Centre Technique des Industries Mécaniques (Cetim), « le roulement est un des premiers composants mécaniques à avoir embarqué de l'intelligence avec des capteurs intégrés ». Aussi, les constructeurs de roulements sont-ils pour la plupart reconnus comme des acteurs de référence en matière de mécatronique.

### A l'origine, l'automobile

Le roulement ASB® mis sur le marché en 1997 par SNR est



Roulements à rouleaux cylindriques NIKE.

même devenu un standard mondial. Son Active Sensor Bearing intègre une couronne magnétique qui permet une mesure précise et fiable de la vitesse de rotation d'une roue d'automobile. A ce jour plus de 110 millions d'exemplaires ont été vendus et montés un peu partout dans le monde. Entre temps, SNR Roulements est devenu NTN-SNR Roulements en tant que filiale du japonais NTN Corporation. Ce groupe se présente comme le numéro trois mondial des

roulements. Sa filiale française offre des solutions techniques complètes pour les marchés européens de l'aéronautique, de l'automobile et de l'industrie. Le succès de son ASB® l'a conduit à poursuivre ses développements dans la mécatronique. Il n'est pas le seul. Les principaux constructeurs de roulements ont fait de même. Et si le marché de l'automobile est à l'origine de son développement, le roulement instrumenté trouve aujourd'hui bien d'autres applications dans

tous types d'engins mobiles et dans l'industrie. « Il y en a dans les chariots élévateurs, les engins de chantier, les machines agricoles, les moteurs électriques, les équipements ferroviaires, les éoliennes et les machines à papier. Dans l'industrie, il apporte une valeur ajoutée importante en aidant au monitoring et à la maintenance préventive. D'autant plus que le roulement est une pièce peu encombrante, que les capteurs se sont miniaturisés, que les fonctions proposées sont de plus en plus nombreuses et que le "sans fil" est devenu fiable », indique Laurence Chérillat, déléguée générale d'Artema, le syndicat des industriels de la mécatronique qui mène de nombreuses actions pour les professionnels du roulement au sein de son groupe Mécatronique. Dans les épandeurs à engrais de la dernière génération que propose la société Rauch, par exemple, les couplemètres Fag de Schaeffler sont directement intégrés dans le moyeu d'entraînement associé au roulement. Sans aucun contact, ils mesurent précisément et directement le débit d'engrais. Au cours de l'épandage, ils reconnaissent même les agglomérats qui se

forment au niveau des doseurs et qui risquent d'obstruer le bon écoulement de l'engrais à la sortie de l'épandeur. De quoi adapter le fonctionnement de l'engin en conséquence.

### Au cœur de l'Internet des objets

Dans les usines, l'objectif est d'augmenter la durée de vie des

installations et d'améliorer le TCO (Total Cost of Ownership – Coût total de possession). Mais les industriels ont également besoin de flexibilité. Il leur faut des outils de production qui puissent rapidement être reconfigurés pour s'adapter aux nombreux changements de produits à fabriquer. L'automatisation traditionnelle ne le permet pas. La

## Le fameux Active Sensor Bearing de NTN-SNR

Conçu par SNR à la fin des années 90, le roulement de roue intelligent ASB® est équipé d'un joint d'étanchéité à codeur magnétique muni d'une succession de pôles nord et sud. Un capteur fixé à proximité délivre un signal électrique au passage des pôles qui donne la vitesse de rotation de la roue. Ce signal est envoyé au calculateur du véhicule pour qu'il gère en conséquence le fonctionnement du freinage anti-blo-cage, de l'ABS, de l'assistance à la conduite et de la navigation GPS.

grande variabilité des produits et la réduction de leur durée de vie sur le marché requièrent des usines agiles faites d'équipements intelligents intégrés au réseau de l'Internet des objets. C'est tout l'enjeu de l'industrie connectée 4.0 où les machines, les sites et les processus de production communiquent entre eux en continu via des composants

connectés à Internet parmi lesquels les roulements jouent un rôle important. SKF s'est imposé dans ce domaine. Le fabricant se considère même au cœur de cette révolution qui concerne les machines tournantes. Pourquoi ? Parce que dans chacune d'entre elles il y a un roulement. Sa solution consiste à connecter les



Module d'instrumentation pour roues SKF.

équipements industriels à Internet en association avec le Cloud et de puissants outils d'analyse via un point de collecte central, le One Global Cloud de SKF. Elle est testée par le fabricant de roulements au sein de ses propres installations.

A l'occasion de la foire de Hanovre 2015, Schaeffler indiquait quant à lui que « dans le cadre de l'industrie 4.0, la mise en réseau

les roulements jouent un rôle décisif puisqu'ils assurent le guidage ainsi que le positionnement et qu'ils transmettent tous les efforts et les mouvements du processus ». Il suffit d'équiper une machine-outils avec un roulement instrumenté pour, déjà, la rendre communicante. « Les informations jusqu'ici nécessaires à l'automatisation de la production servaient juste à assurer la

**« Aujourd'hui une simple analyse des vibrations captées par un roulement instrumenté permet d'être alerté dès qu'une pièce se dégrade afin de pouvoir anticiper sa réparation et son remplacement »**

des composants, des machines et des systèmes de production revêt une grande importance. Pour que cela fonctionne, les composants doivent être aptes à détecter et transmettre les informations de fonctionnement de la machine. Dans ce contexte,

régulation des moteurs d'entraînements et à alimenter la boucle d'asservissement. Elles ne permettraient pas de connaître l'état de fonctionnement des machines et encore moins d'identifier les sources de disfonctionnement. Aujourd'hui une simple analyse



Système de rotation de haute précision avec capteur optique (ADR).

des vibrations captées par un roulement instrumenté permet d'être alerté dès qu'une pièce se dégrade afin de pouvoir anticiper sa réparation et son remplacement », note Thomas Jaehnert, responsable du Schaeffler Technology Center France en charge

des services et des conseils techniques. Là où par le passé les techniciens d'entretien devaient réunir les informations issues d'un grand nombre de systèmes individuels et opérer des analyses fastidieuses, Schaeffler propose aujourd'hui

## Des camions avec système de surveillance ultra-connecté



Le SKF Tyre Pressure Monitoring System (TPMS) a été développé pour Volvo Trucks et Renault Trucks. Ceux-ci voulaient doter leurs camions d'un système robuste de surveillance de pression et de température des pneus offrant une maintenance rapide. Ce système ne devait contenir aucun flexible de liaison entre la valve et le capteur. « Il devait également permettre une communication radiofréquence homologable dans l'ensemble des pays du monde et favoriser la maintenance intelligente des flottes au travers du réseau connecté », indique Franck Debrailly, responsable développement produits instrumentés de SKF France. En installant un module de roue (EWM) sur l'extérieur de chaque pneu et une unité de contrôle électronique (ECU) par camion et remorque, le fabricant de roulements a réussi à répondre à leurs attentes. Chaque module EWN détecte les sous-pressions, les sur-pressions, les fuites rapides, les fuites lentes et il envoie une alerte en cas de température anormale des pneus. Ils sont chacun composés d'un capteur de température et de pression avec valves de 0°, 90° ou 135°.

Ils comportent également une batterie, une antenne et de l'électronique de gestion des protocoles de communication. Ces modules se montent sur les jantes. L'unité de contrôle ECU est dotée d'une antenne sans fil, d'un logiciel de contrôle du système avec diagnostic intégré et d'un système automatique de présence des modules EWM. C'est elle qui fournit les informations à l'interface de contrôle du camion via le réseau CAN. Elle utilise des algorithmes avancés pour calculer avec précision la pression des pneus. Le conducteur voit ainsi en temps réel le résultat de ces calculs sur l'afficheur du tableau de bord.

En maintenant une pression contrôlée des pneus, cette installation diminue les risques de pneus sous-gonflés. En cela, elle réduit les immobilisations des poids lourds et augmente leur durée de vie avec une baisse du coût total d'utilisation. En outre, les consommations de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub> baissent. Le tout en améliorant la sécurité. Selon SKF, le TPMS aide une remorque à trois essieux parcourant 160 000 km par an à réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> de 7,58 g par kilomètre et à économiser ainsi 500 litres de diesel par an.

une plateforme logicielle où les données sont regroupées, analysées et interprétées.

### Autonomie accrue

NTN-SNR Roulements a également développé un système de surveillance autonome et communicant de roulements dans le cadre du projet Captaucom labélisé par le Pôle de Compétitivité Arve Industries (Haute-Savoie). D'un montant total de 5 millions d'euros, ce projet réunissait trois industriels de la région Rhône-Alpes - Seb, Somfy et NTN-SNR Roulements -, les organismes de recherche CEA-Leti/Liten et CSEM (Centre suisse d'électronique et de mécatronique), les centres de compétences Mind et Cetim ainsi que le réseau technologique en mécatronique Thésame. Lancé



Chariots élévateurs équipés de roulements de roues mécatroniques SKF.

en 2005, ce programme s'est terminé fin 2010. Il portait sur le développement de capteurs compacts autonomes et économes en énergie, capables de communiquer sans fil. Avec ces travaux de recherche, le roulement intelligent a gagné en autonomie dans la mesure où il est capable de transmettre des informations sans avoir besoin d'être alimenté en électricité. Et il le fait maintenant sans fil, par liaison radiofréquence ou GSM.

Dans la continuité, NTN-SNR a lancé une technologie de Condition Monitoring System (surveillance d'état opérationnel) destinée aux machines tournantes. Elle nécessite un nombre réduit de capteurs et se présente sous la forme d'un boîtier d'acquisition qui s'installe sur l'équipement à surveiller. «Lors d'un test réalisé

© NSK



Roulement de boîte d'essieu instrumenté NSK.

sur une éolienne, nous avons utilisé deux points d'acquisition là où il en aurait fallu six avec un dispositif classique », précise Hervé Lenon, responsable innovation mécatronique et propriété industrielle. Cette solution fonctionne même en cas de variations importantes de vitesse et de fortes perturbations vibratoires. Le boîtier s'adapte à une grande variété de protocoles de communication. Il transmet ses données directement sur l'Intranet, par réseau GSM vers un Smartphone ou par radiofréquence vers un routeur Ethernet. Adaptés aux environnements sévères et conçue pour une surveillance à distance, cette technologie ouvre de nouvelles perspectives pour les responsables de maintenance. Elle permet par exemple de surveiller

des roulements de laminoirs dans les usines sidérurgiques, de trémies dans les carrières ou ceux équipant les éoliennes. NTN-SNR a dédié une équipe à la surveillance des informations qui remontent des installations de l'ensemble de leurs clients européens.

#### Intégration de fonctions

Adélaïde Ramos, assistante commerciale et marketing de NSK France le confirme : « Les demandes techniques de nos clients sur les roulements

portent sur l'intégration de l'industrie 4.0 dans la conception du produit. La fonction de rotation unique du roulement n'est plus leur demande première. L'intégration d'autres fonctions en terme d'étanchéité, de montage et de mécatronique se banalise ». Comment NSK répond-il à cette demande ? En proposant, entre autres, des roulements de roue qui intègrent toutes ces fonctions. A savoir le roulement, les joints, les axes et le logement adapté à recevoir les roues de voiture directement ainsi que l'ABS et la transmission. « Nos roulements instrumentés sont utilisés pour le pilotage des moteurs des chariots élévateurs et des véhicules électriques. Ils possèdent une instrumentation permettant de connaître le sens de rotation ainsi que la vitesse du moteur. Le challenge technique a consisté à faire cohabiter de

l'électronique à des températures comprises entre  $-40^{\circ}$  et  $+150^{\circ}\text{C}$  en pointe de manière à n'avoir aucune perturbation du signal par le champ magnétique des moteurs. Nous proposons plusieurs versions qui répondent à différentes exigences en terme de vitesses, de câblages et de contraintes en matière de décharge électrostatique », détaille Adélaïde Ramos.

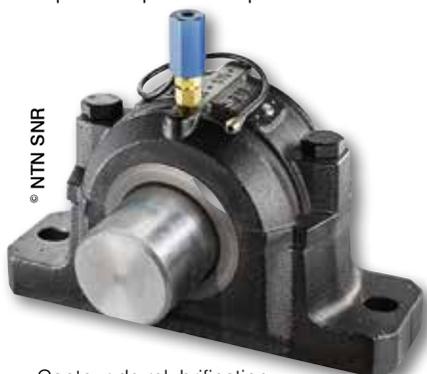
Pour développer ses roulements intelligents, NKE Bearings, quant à lui, a mis en place une structure d'ingénierie avancée (Advanced Engineering) à travers une équipe implantée principalement à Steyr, au nord de l'Autriche, dont les travaux engagent tout le groupe. Le fabricant coopère aussi avec des instituts spécialisés dans les semi-conducteurs pour le développement de capteurs et de sondes intégrés. « Les roulements intelligents contribuent

« Les demandes techniques des clients sur les roulements portent sur l'intégration de l'industrie 4.0 dans la conception du produit »

### Positionneur d'antenne avec roulement mécatronique

Spécialisé dans la conception et la fabrication de roulements à billes spécifique de haute précision, ADR a travaillé en étroite collaboration avec le fabricant d'antennes satellitaire Satcom sur la réalisation d'un positionneur gyrostabilisé destiné à Thales Communications & Security dans le cadre du projet Rapid de la Direction Générale de l'Armement (DGA). Ce positionneur a été développé en partenariat avec Carbone Forgé pour y intégrer des éléments de structure en matériaux composites. Il comporte des moteurs et des codeurs optiques. « L'objectif était de réduire au maximum les masses de cet équipement sans perdre en raideur et en précision du mécanisme. Nous avons intégré la mécatronique dans les parties tournantes du bras support de l'antenne », souligne Patrick Mullard, directeur ventes et marketing d'ADR Alcen. Née en 1925, cette entreprise est aujourd'hui une filiale du groupe français Alcen. Ses clients ayant besoin de solutions mécatroniques, elle a étoffé ses compétences en électronique. Au sein de son bureau d'études, qui compte douze personnes, deux sont spécialisées dans les sous-ensembles électromécaniques. Son laboratoire compte un spécialiste en programmation de logiciels. De quoi fournir des systèmes complets prêts à l'emploi, comme le demande de plus en plus souvent leurs clients.

© NTN SNR



Capteur de relubrification.



© NTN-SNR  
Système de diagnostic on-line NTN-SNR avec interface utilisateur.

à l'augmentation de la productivité des machines et s'inscrivent dans l'industrie 4.0. Dans ce contexte, l'intelligence artificielle, c'est à dire les algorithmes améliorant les performances de calcul et la miniaturisation des capteurs sont primordiaux », indique Daniel Thalmann, directeur des techniques appliquées chez NKE Austria GmbH.

### Capteurs intégrés... ou non

Les roulements instrumentés sont dotés de capteurs montés sur leur bague. Mais d'après Sébastien Brisson, responsable conception et innovation pour l'industrie chez NTN-SNR, « il faut adjoindre de l'électronique au roulement seulement s'il y a un réel besoin. Prenons l'exemple d'une voiture dont le moteur thermique est associé à un moteur électrique d'aide au pilotage en vue de la réduction de la consommation de carburant et des émissions de CO<sub>2</sub>. Il vaut mieux dissocier le roulement du capteur de mesure plutôt que

d'avoir un roulement instrumenté. Dans cette application, les roulements sont fortement sollicités. Ils vieillissent et il faut les changer alors que le capteur est toujours en bon état. Sur les éoliennes en revanche, le capteur coûte peu au regard du prix du roulement. Dans ce contexte, autant avoir un roulement instrumenté ». En résumé, si la durée de vie du roulement est courte, autant ne pas l'instrumenter et collecter les mesures avec un capteur qui lui est dissocié. Si ce n'est pas le cas, il est préférable de prendre un roulement instrumenté car la précision des mesures sera bien meilleure. La tendance serait quand même de privilégier le plus possible les systèmes complets car ils apportent aux fabricants une valeur ajoutée accrue ainsi qu'une manipulation plus aisée pour la première monte.

### Une offre étoffée

Aussi l'offre de roulements instrumentés prend de l'ampleur



© Schaeffler  
Couplemètre.

© NSK



Roulement instrumenté NSK.

que ce soit avec des capteurs magnétiques, inductifs ou optiques. NTN-SNR propose un système qui mesure la vitesse, la position et le sens de rotation grâce à un codeur magnétique comprenant deux pistes de lec-

ture. Pour cela, il a développé un circuit imprimé propre à cette application avec un capteur intégré qui permet d'interpréter finement les signaux électriques et d'avoir une haute résolution. Ce même constructeur propose

également un roulement intégrant des jauges de contrainte. Ces jauges mesurent en fonctionnement les micro-déformations générées par les efforts autour de la bague. Ce roulement est utilisé dans l'automobile. Il permet de connaître l'adhérence des pneus sur la route grâce à la mesure des efforts de chaque roue, avec au final un contrôle

à la demande du client. « Nous allons faire du spécifique à partir de standard », résume Thomas Jaehnert. Selon que le client veut mesurer la vitesse, la température, la force d'écrasement, les déplacements angulaires ou les vibrations, il lui suffira de monter un ou plusieurs capteurs sur la bague du roulement. La communication des informations collec-



© NTN-SNR

Intervention dans l'industrie papetière suite à une alerte envoyée via la technologie NTN-SNR de surveillance d'état opérationnel des machines tournantes.

## Un diagnostic de roulement automatisé

L'analyse des vibrations permet de surveiller l'état de fonctionnement des roulements et d'en détecter les premiers signes d'endommagement. Partant de là, les spécialistes de Schaeffler en charge de la surveillance conditionnelle ont trouvé une solution pour évaluer automatiquement les très gros volumes de données issues des systèmes d'analyse de vibrations. Ceci de manière intelligente et fiable. Avec cette solution baptisée « diagnostic de roulement automatisé », ils n'ont plus besoin de traiter manuellement ces données pour pouvoir les interpréter. Le système de surveillance conditionnelle FAG SmartCheck nouvelle génération collecte les données mais ne les traite plus. Elles sont transmises dans le Cloud de Schaeffler qui dispose d'une capacité de calcul et d'options d'analyse bien plus étendues grâce à la combinaison avec d'autres données concernant les capteurs et la machine tournante. La fiabilité du diagnostic est plus fiable car il bénéficie des derniers algorithmes de calcul et d'analyse de Schaeffler. Avec cette solution basée sur le Cloud, plus besoin d'installer ni d'actualiser de logiciels de calcul sur les terminaux des clients. Un navigateur Internet et une connexion réseau suffisent.

Le « diagnostic de roulement automatisé » de Schaeffler détecte lui-même les changements dans les schémas vibratoires des appareils et déclenche une alarme immédiate en cas de besoin même sur les grosses installations. La version de base identifie l'endommagement des bagues intérieures et extérieures, des éléments roulants et aussi des balourds. Elle informe l'opérateur en termes clairs des erreurs détectées et des composants défectueux. Celui-ci procède alors aux mesures d'entretien nécessaires sans avoir besoin de faire appel à des experts. Les résultats du diagnostic sont affichés sous forme de graphiques sur les terminaux connectés à Internet.

de trajectoire dynamique. Chez Schaeffler, une nouvelle gamme standard est en cours de développement et sortira courant 2017. Elle est basée sur un système de mesure modulaire qui permettra d'avoir plusieurs types de mesures par roulement, ceci de manière flexible par rapport

tées se fera sans fil à travers un module qui fonctionnera à l'aide d'électricité générée par la rotation du roulement. « La mécatronique fait progressivement partie intégrante de la technologie des roulements », en conclut, Daniel Thalmann (NKE Austria). ■

Geneviève Hermann