

## MESURES OPTIQUES

# Le contrôle des rails passe au sans-contact

▼ Au fil des passages de trains, les rails s'usent. Pour les entretenir, Speno conçoit des trains équipés de meules. Ils embarquent des systèmes de mesure du profil des rails. Le meulage est effectué en fonction des résultats obtenus. Exploitant jusqu'alors des capteurs de mesure par contact, la société suisse a modernisé ses systèmes de mesure en les dotant de technologies optiques. Elle en a profité pour faire évoluer la plate-forme PXI de traitement et de visualisation. L'application programmée sous Labview tourne désormais sur un seul contrôleur PXI doté d'un processeur multicœur...



Photos Speno

## L'essentiel

- Speno a remplacé les capteurs traditionnels de ses systèmes de mesures du profil des rails par des solutions de mesures sans contact.
- Le nouveau système de mesure placé dans le bogie des trains de meulage a ainsi gagné en compacité.
- Le dispositif de traitement et de visualisation des mesures embarqué dans la cabine du conducteur a également évolué.
- L'application logicielle développée sous Labview a été simplifiée et le nombre de contrôleur PXI a été réduit.

Les trains meuleurs de Speno International sont destinés à l'entretien des rails servant à des exploitations ferroviaires de tous genres, y compris les métros, les tramways, le trafic lourd et les lignes à grande vitesse. Ce sont de véritables machines-outils équipées de 4 à 24 meules par rail. Ces machines de 20 à 130 m de longueur opèrent à la vitesse de 5 à 20 km/h. Les meules fixées sous le train taillent légèrement dans le rail pour lui redonner forme.

Ils font depuis longtemps partie de notre univers familier. Ni le promeneur qui déambule aux alentours d'une voie ferrée, ni le passager d'un train n'y prêtent vraiment attention. Mais ce n'est pas le cas des exploitants des réseaux ferroviaires qui les examinent régulièrement avec la plus grande

minutie. Car les rails s'usent au fil des passages des trains dont ils servent à la fois de guide et de support de roulement. Ces longues barres d'acier profilées sont soumises à de fortes contraintes, d'autant plus importantes dans les courbes ou les tronçons supportant de lourdes charges. Cette usure se manifeste par un affaissement du rail ou des déformations. Celle-ci modifie le profil du rail et altère le contact rail/roue dont la qualité est primordiale pour la circulation d'un train dans de bonnes conditions. Ces défauts peuvent influencer sur la sécurité de la voie ferrée en diminuant l'adhérence et le guidage des rails. Les vibrations qu'ils engendrent

occasionnent aussi des pertes d'énergie, des nuisances sonores et l'inconfort des passagers. Ces vibrations sont tout aussi néfastes pour le matériel roulant (bogies, suspensions, etc.) que pour la voie (ballasts, traverses, etc.) dont elles déstabilisent la structure. Pour s'affranchir de ces désagréments, des vérifications sont conduites pour contrôler les déformations longitudinales et transversales du rail. Mais il ne suffit pas de les constater mais il faut également les corriger et redonner au rail son profil initial. C'est le rôle des trains que conçoit Speno. Ils sont chargés du reprofilage des rails par meulage. Ce sont de véritables machines-outils équipées de 4 à 24 meules par rail. Ces machines de 20 à 130 m de longueur opèrent à la vitesse de 5 à 20 km/h, le plus souvent la nuit lorsque le trafic est moindre ou arrêté. Les meules fixées sous le train taillent légèrement dans le rail pour lui redonner forme. Plusieurs passes (en général six, soit trois allers-retours par tronçon) sont nécessaires pour obtenir le résultat visé. Mais il est possible d'accoupler plusieurs trains pour gagner en puissance et donc en temps. Deux trains équipés d'un total de 48 meules par rail peuvent ainsi rénover 40 km d'une ligne TGV en une nuit.

Mais avant de pouvoir redonner au rail son profil idéal, défini par les exploitants du réseau ferroviaire en fonction du type de rail et divers critères qui leur sont propres, il faut connaître sa forme pour savoir à quel endroit il faut retirer de la matière et en quelle quantité. Les sociétés de chemin de fer n'ont pas les mêmes exigences pour le profil du rail et n'utilisent pas toujours les mêmes points de références. Sa forme dépend aussi de son utilisation.



Le conducteur du train pilote les opérations de meulage en fonction des résultats relevés par le système de mesure. Sur l'écran de supervision (écran à gauche), le conducteur visualise les profils transversaux de chacun des deux rails. Le passage à des solutions de mesures sans contact s'est accompagné d'une évolution du dispositif de traitement et de visualisation des mesures embarqué dans la cabine du conducteur.

tion. Un rail en ligne droite peut être différent d'un rail en courbe. Et lors d'une courbe, le rail intérieur n'a pas les mêmes caractéristiques que son homologue extérieur. Speno embarque donc sur ses trains des systèmes de mesure qui relèvent en temps réel le profil du rail. Il est comparé à celui qui sert de référence en différents points. La meule entre en action aux points où l'écart dépasse les tolérances qui se situent en général entre  $\pm 0,3$  à  $\pm 0,7$  mm pour la mesure du profil transversal. Le constructeur suisse développe ses propres systèmes de mesure en temps réel des profils longitudinaux et transversaux du rail. Depuis la fin des années 80, des systèmes exploitant diverses technologies ont été installés. Différents types de capteurs tels que des capteurs inductifs, des accéléromètres ou des capteurs de déplacement LVDT ont été déployés avec succès. Mais pour valoriser le système de mesure auprès de ses clients, Speno s'est récemment intéressé aux technologies optiques. « Nos clients considèrent les mesures sans contact comme un gage de modernité. Les techniciens et ingénieurs les trouvent très intéressantes et passionnantes mais ils les apprécient peu car elles sont difficiles à mettre en œuvre et à maîtriser. Celles-ci sont en effet très sensibles à de nombreux paramètres et à l'environnement (humidité, luminosité, état de la matière). Les technologies avec contact sont, quant à elles, éprouvées depuis des dizaines d'années et elles continuent d'évoluer », explique Vittorio Carchia, responsable des systèmes de mesures chez Speno International. Mais l'étude de modernisation du système de mesure entamée en 2005, et l'adoption de techniques sans contact répondaient aussi à d'autres impératifs. Les trains doivent être

le moins long et le plus compact possible. L'espace sous leur châssis est donc précieux. Il fallait diminuer au mieux la taille du chariot qui embarque sous le châssis le système de mesure. La réduction de son coût ainsi que celui de son mécanisme de support faisaient également partie des exigences. Enfin, il était nécessaire de faciliter sa maintenance. La solution de mesure par contact étant notamment dotée de roues porteuses et de palpé qui forcément s'usent avec le temps.

## Une conception mécanique considérablement simplifiée

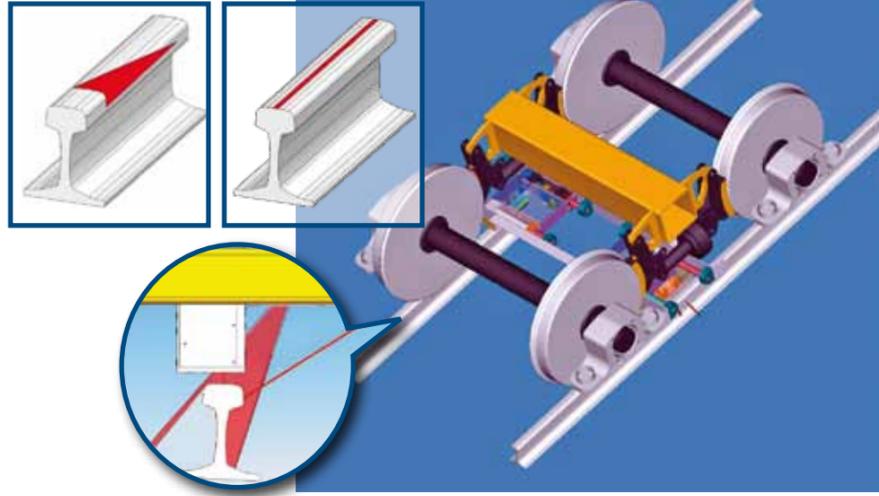
La question s'est donc posée pour savoir où installer le dispositif de mesure. Sur le châssis du train entre les bogies où directement sur le bogie lui-même ? « Pour gagner de la place, on a finalement opté pour son intégration à l'intérieur du bogie le plus proche possible de la voie pour diminuer les effets de l'environnement. Car il faut savoir que sous un train, le brouillard d'eau est énorme lorsque les voies sont humides et que la lumière du soleil peut être intense », rapporte Vittorio Carchia. Le système libère donc la place qu'il occupait auparavant entre deux bogies.

Le remplacement des capteurs de déplacement LVDT employés pour la mesure du profil par des capteurs par triangulation laser a fait l'objet de la plus grande attention afin de s'assurer qu'ils soient opérationnels dans ces conditions environnementales délicates. Une campagne de test a été conduite sur site durant trois mois avec des capteurs optiques de différents fournisseurs. Les résultats obtenus ont été comparés avec des capteurs LVDT embarqués sur le même système. Sur le sys-

tème de mesure de précédente génération, ces derniers étaient placés en contact avec le rail pour relever l'usure ondulatoire sur la partie supérieure du rail dans le sens de sa longueur. La capacité des capteurs optique à s'adapter aux variations de la couleur et de l'état de surface du rail a également été évaluée en laboratoire. Avant meulage, son aspect est plutôt mat et sa couleur change selon la rouille qui le recouvre. Après meulage, il brille ! « La qualité de la mesure doit s'affranchir de l'état de surface. L'intensité du laser du capteur doit être réglée pour éviter la saturation du récepteur. C'est sur ce point qu'il existe de belles différences entre les produits des fournisseurs que nous avons évalués », souligne Vittorio Carchia qui ne souhaite toutefois pas dévoiler la référence du capteur optique qui a été retenu, car le processus d'évaluation a été pour son équipe un important travail dont il ne souhaite pas faire bénéficier ses concurrents.

Autre défi : asservir le point de mesure pour qu'il se trouve toujours centré sur le rail puisque le dispositif de centrage mécanique a été supprimé. Pour ce faire, un autre capteur par triangulation laser mesure la distance entre le système de mesure et le rail. Il rend possible la régulation de la position du système de mesure monté sur des tables de guidage linéaire. Cet asservissement permet de viser toujours le même point et de garder le dispositif de mesure à la même distance du rail afin de garantir une condition optimale de champs de mesure du capteur. Tous les capteurs de mesure sont logés dans une tête qui se déplace en fonction des mouvements du bogie pour garantir une prise de mesure constante. L'originalité de ce système, compte tenu de la place disponible très restreinte et du milieu de travail particulièrement difficile, consiste en un double asservissement. Un asservissement standard est assuré par un capteur laser de position et un deuxième de "secours" assuré par le même capteur que celui de la mesure dimensionnelle du profil.

La conception mécanique de l'ensemble a donc été considérablement simplifiée. Le système de mesure et la table de guidage linéaire sont directement supportés pour le bogie. Le dispositif mécanique constitué d'une roue de palpé qui positionnait le système de mesure sur le rail a disparu ainsi que la roue porteuse de l'ensemble. Par ailleurs, plusieurs défis, comme les vibrations, les chocs, les différences climatiques ainsi que le comportement dynamique non maîtrisé du bogie ont dû être résolus. Au final le système de mesure sans contact affiche des performances métrologiques →



Speno embarque sur ses trains des systèmes de mesure qui relèvent en temps réel les profils longitudinaux (en haut à droite) et transversaux du rail. En remplaçant les capteurs de déplacement traditionnels par des technologies optiques sans contact, le système de mesures a gagné en compacité et la conception mécanique de l'ensemble a été considérablement simplifiée. Le système de mesure est désormais directement supporté par le bogie.

→ identiques à celles de son homologue par contact. Il présente toutefois une plus grande sensibilité à l'environnement mais donne entièrement satisfaction pour cette application. Il répond notamment aux dernières réglementations de qualité de mesure selon les normes ferroviaires européennes. Toutefois précise Vittorio Carchia, « les capteurs par contact, de par leur fiabilité dans la durée et leur insensibilité à l'environnement restent le "must" quand on a le choix ». Le système de mesure sans contact a l'avantage du prix et de la compacité. Il est moins cher d'environ un tiers et n'occupe plus un espace de deux mètres entre les bogies puisqu'il se trouve directement embarqué dans l'un d'eux.

### Le format PXI retenu pour sa pérennité

La réalisation d'un système de mesure employant des technologies sans contact s'est accompagnée de la rénovation de la plateforme d'acquisition et de traitement des signaux. Celle-ci repose sur une instrumentation modulaire au format PXI. Elle est installée dans la cabine du conducteur du train qui pilote les opérations de meulage en fonction des résultats relevés par le système de mesure. Sur l'écran de supervision, le conducteur visualise les profils transversaux de chacun des deux rails. Ce profil réel est superposé aux gabarits avec les points de référence définis par l'exploitant ferroviaire. Sous chacun de ces points, un barre-graphe,

indique si la côte relevée se situe dans les tolérances requises (un point hors tolérances est indiqué de couleur rouge). Les mesures liées aux irrégularités du rail sur sa partie supérieure (profil longitudinal) sont présentées juste en dessous sur le même écran. Elles sont décomposées en trois catégories selon leur longueur d'onde (courte, moyenne, longue). Pour chacune d'elles, des tolérances sont déterminées. Il faut procéder au meulage lorsque celles établies pour les profils longitudinaux et transversaux sont dépassées.

Jusqu'à présent, le système d'acquisition, de traitement et de supervision était géré par trois contrôleurs associés à des cartes d'acquisition au format PXI. Un contrôleur PXI était chargé de l'interface homme-machine, un autre du traitement des mesures relatives au profil transversal du rail et un dernier pour le traitement des données liées au profil longitudinal. Le premier exploitait une application réalisée sous l'environnement de programmation graphique Labview de National Instruments et les deux autres embarquaient une application réalisée sous Labview Real Time, afin d'assurer la mise à disposition des informations en temps réel. L'opérateur visualisait ainsi les profils en temps réel juste après le passage des meules. Si Speno a opté pour des contrôleurs et des instruments PXI standard, il a toutefois développé un

châssis répondant aux contraintes ferroviaires. « Il est équipé d'une alimentation extractible en face avant et de connecteurs industriels de type militaire et il est posé sur silentbloks », décrit Vittorio Carchia qui explique par ailleurs que l'option du PXI a été retenue pour sa pérennité : « c'est ce que l'on recherchait et ce qui a dicté notre choix. Nous ne voulions pas redévelopper le logiciel en fonction de l'évolution du matériel. Le développement logiciel et l'intégration matérielle de cette solution ont été confiés à une société genevoise.

### Grâce au processeur multicœur : un seul programme pour tout gérer

Pour la gestion du nouveau système de mesure optique, le nombre de contrôleur PXI a été réduit considérablement grâce à l'avènement des processeurs multicœurs. Un seul contrôleur suffit désormais à piloter les trois applications. Ce qui a contribué à la réduction des coûts du système, à la simplification de la connectique, des fonds de panier, du développement logiciel, de l'intégration matériel et de la maintenance de l'ensemble. Au départ, il était prévu de répartir les trois applications sur des cœurs dédiés mais l'étude de faisabilité a permis de se rendre compte qu'il était possible, grâce aux performances du processeur multicœur (processeur double cœur T7400 Core 2 Duo 2,16 GHz d'Intel qui équipe le contrôleur embarqué NI PXI-8106), de se passer du développement sous Labview Real Time. Toutes les applications Labview ont été développées sous Windows XP. « L'un des principaux attraits de Labview est qu'il est possible de changer de matériel sans ou peu modifier le programme. Mais pour ce développement, nous avons choisi de repartir de zéro pour mieux profiter des nouveaux outils de Labview. Ce n'était pas un problème de compatibilité logicielle », rapporte Vittorio Carchia. Au fil du temps, le logiciel

### Un spécialiste du rail

Fondée en 1960, Speno International est une entreprise spécialisée dans l'entretien du rail. Elle fabrique et exploite des trains pour le meulage et le reprofilage des rails, des aiguillages, la mesure des défauts de surface et des profils. La société suisse qui emploie 620 personnes dans le monde a construit 230 machines depuis sa création. 32 machines sont utilisées pour les prestations de service en Europe. 40 000 km de rails sont meulés par an dans le monde par ces 32 machines et les trains vendus par Speno.



Les profils transversaux de chacun des deux rails s'affichent sur l'écran de supervision. Le profil réel est superposé aux gabarits de référence définis par l'exploitant ferroviaire. Sous chacun des points de référence, un barre-graphe indique si la côte relevée se situe dans les tolérances requises. L'acquisition et le traitement des mesures sont pris en charge par un système au format PXI.

applicatif avait évolué, des modules se superposaient. Le nouveau développement a considérablement simplifié l'ensemble. Il n'y a plus qu'un seul programme exécutable (contre trois auparavant) dont la taille a été divisée par deux à trois. Gestion de l'IHM et traitement des deux profils de rail : tout tourne sur un même programme ! « La synchronisation des mesures relatives aux profils lon-

gitudinaux et transversaux est facilitée. Le dépannage et la mise à jour logicielle sont plus simples à gérer », se réjouit Vittorio Carchia. Car la maintenance logicielle des applications tournant sous Labview Real Time était très difficile. En cas de panne, le conducteur du train ne pouvait changer le contrôleur sans assistance. Avec le nouveau dispositif, il est possible de prendre la main à distance sur le système

pour des opérations de maintenance ou la mise à jour des paramètres de contrôle en se

connectant un téléphone mobile au port USB du contrôleur. Ce qui n'était réalisable auparavant qu'avec le contrôleur gérant l'IHM car il n'existait pas de driver Labview Real Time pour le modem USB.

Le premier prototype du système de mesure optique a été installé sur un train en 2008.

Mais il était doté d'un asservissement hydraulique qui ne donnait pas pleinement satisfaction. Une fois testée et validée, la version actuelle a été installée en septembre 2010 sur un train Speno évoluant sur des voies ferrées néerlandaises. Première étape avant son déploiement sous d'autres trains sur d'autres voies du monde.

Youssef Belgnaoui

## Contrôleur d'installation électrique C.A 6116

La vérification n'aura jamais été aussi facile, rapide et intuitive.

PERFORMANCES

DESIGN ET ERGONOMIE

RAPIDITÉ ET PRÉCISION

IEC 60364-6, VDE 0100, NF C 15-100, XP C 16-600  
600 V, CAT III

### Concentré de mesures :

- continuité, isolement (50/ 100/ 250/ 500/ 1000 V),
- terre hors et sous tension, avec et sans piquet,
- puissances et harmoniques,
- test de différentiels,
- mesure de boucle avec calcul de courant de court-circuit,
- mesure de courant/courant de fuite,
- rotation de phases.

### Pour votre confort et une rapidité d'exécution :

- écran graphique extra-large rétro-éclairé,
- interprétation des mesures selon les normes européennes,
- menu d'aide pour chaque fonction,
- personnalisation de vos rapports de mesure via le logiciel DataView

Chauvin Arnoux Test et Mesure - Tél : 01 44 85 44 85 - info@chauvin-arnoux.fr - www.chauvin-arnoux.fr

**CHAUVIN  
ARNOUX**  
CHAUVIN ARNOUX GROUP