



Les convois jaunes de Speno International SA sillonnent les chemins de fer du monde entier pour entretenir les rails. Ces trains embarquent un système de mesure développé par la société suisse Qualimatest.

INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Le PXI vit les sept vies du rail

Subissant les passages répétés des trains, les rails des voies ferrées finissent inexorablement par s'affaisser, se déformer et s'écraser, que ce soit dans le sens de la longueur ou dans celui de la largeur. Avec ses trains équipés de meules qui sillonnent le globe, Speno International SA redonne leur conformité à ces rails partout sur la planète. Et ceci grâce à un système de mesures conçu par la société d'intégration suisse Qualimatest, basée à Genève. Le dispositif met en œuvre des contrôleurs PXI, chargés de gérer les informations renvoyées par les capteurs.

Habités à parcourir les vastes étendues sud-africaines, le bush australien, les plaines de Sibérie ou les paysages japonais, les techniciens de Speno n'en voient finalement pas grand-chose. Les employés de cette société suisse spécialisée dans l'entretien du chemin de fer ont beau arpenter les voies ferrées du monde à la vitesse d'un train touristique, le décor leur reste souvent inconnu. C'est que leur voyage est le plus souvent nocturne, seulement éclairé par les phares de leur train jaune. Les convois que dirigent ces employés s'ébranlent à la nuit tombée, lorsque les autres trains ont cessé de rouler. C'est alors le meilleur moment pour réaliser l'entretien des rails.

C'est que ces longues tiges d'acier, dont la forme évoque un champignon à la base épa-

te usure se manifeste par un affaissement du rail ou des déformations. Or 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 bruits et des nuisances pour les passagers. Et un rail usé s'abîme encore plus vite.

Des rails tête-bêche

Auparavant, on retournait le rail déformé pour le réutiliser : son profil symétrique lui permettait d'être utilisé des deux côtés. S'il « reste quelques endroits où les rails symétriques sont toujours présents, cette technique est obsolète. Aujourd'hui, on meule de façon préventive et légèrement corrective pour prolonger la vie du rail », poursuit le spécialiste français.

Speno propose ainsi les services de ses trains meuleurs. À l'inverse du rechapage d'un pneu qui consiste à rajouter une bande de gomme, il s'agit ici d'enlever de la matière. Les meules fixées sur le train taillent légèrement dans le rail pour lui redonner vie. La quantité d'acier ôté ainsi que le nombre de passages successifs dépend de la fréquence d'entretien. Afin de connaître exactement l'épaisseur de matière à retirer et d'avoir une description précise de l'état du rail usé, Speno avait besoin d'un système de mesure embarqué, censé donner des résultats précis quant aux profils longitudinaux et transversaux des rails avant meulage. Cet examen devant se faire en amont du meulage et les trains

puvant aller dans les deux sens, il est nécessaire de placer un système de mesure à chaque extrémité du train. On a donc sur chaque train au maximum 48 meules (24 pour chaque file de rail) encadrées par les deux systèmes de mesure. C'est l'intégrateur suisse Qualimatest qui a été choisi pour réaliser cette application.

Entouré d'horlogers de prestige, le siège genevois de Qualimatest compte dix personnes, auxquelles il faut ajouter les trois employés de l'antenne de Berne. Travaillant régulièrement avec les produits texans de National Instruments, Qualimatest a donc conçu à partir des solutions de l'Américain un système de mesure complexe, mettant en jeu un module de mesure longitudinale, un autre pour la

L'essentiel

- ▶ Afin de meuler le rail pour l'entretenir, Speno International a besoin de mesurer leurs profils longitudinaux et transversaux.
- ▶ L'intégrateur Qualimatest a mis au point une solution mettant en jeu des capteurs de déplacement et une caméra.
- ▶ L'intelligence est centralisée dans un châssis PXI, et toute la programmation logicielle s'est faite avec LabVIEW.

tée, sont soumises à de fortes agressions. « L'acier des rails est un peu moins dur que celui des roues, car on préfère changer le rail que les roues. C'est pour cela qu'il y a usure. Elle est accentuée dans les courbes ou sur les tronçons supportant de lourds charges », explique Christian Lucet, expert voies à Réseau Ferré de France (RFF), la société gestionnaire du rail hexagonal, dissociée de la SNCF depuis 1997. Cet-



Voici la forme idéale d'un rail moderne : un champignon régulier en haut et une base épatée.

mesure transversale et un dernier pour la supervision globale.

Pour le profil longitudinal, le souhait de l'utilisateur était de repérer les irrégularités sur la partie supérieure du rail, le champignon, et ce dans le sens de la longueur. Utilisant la technologie LVDT, des capteurs de déplacement sont en contact avec le rail. L'usure ondulatoire du rail fait se déplacer verticalement les capteurs : leur course verticale de moins d'un millimètre génère un courant de type 4/20 mA. S'il n'y avait qu'un capteur, aucune information ne serait exploitable : celui-ci étant solidaire du train qui repose lui-même sur les rails, la référence bougerait en même temps que l'objet mesuré, rendant la mesure nulle. Il y a donc trois ou quatre capteurs par rail, séparés par des intervalles bien spécifiques qui correspondent aux longueurs d'ondes des défauts recherchés. Ainsi, deux des capteurs sont positionnés très près l'un de l'autre. La comparaison des deux valeurs renvoyées donnera des indications pour les défauts de courte longueur d'onde, comprise entre 30 et 300 mm. Un autre capteur est placé un peu plus loin, pour les mesures de défauts de plus grande longueur d'onde, de 1 à 3 m.

Une vingtaine de kilomètres par nuit

« L'acquisition de données se fait tous les 2 mm de rail parcouru. Pour mesurer l'avance du train, un codeur incrémental circulaire est placé en contact avec une des roues du



Les capteurs mécaniques sont à gauche, en contact avec le rail. À droite, la boîte noire contient un système de vision LASER qui détecte le profil transversal du rail.

convoi qu'elle entraîne en rotation », décrit Ivan Meissner, le directeur de Qualimatest. Ce système donne à la fois la distance parcourue et le sens de circulation.

Les informations des capteurs remontent via une carte d'acquisition PXI 6071E à un contrôleur PXI 8176 fonctionnant avec le système d'exploitation temps réel de National Instruments. Les données sont sauveées en local dans le contrôleur avant d'être traitées de deux manières différentes. Avec ces données, le contrôleur PXI 8176 reconstitue le profil longitudinal du rail et le transmet via une carte de sorties analogiques PXI 6713 à un traceur papier (imprimante thermique). Celle-ci se trouve dans la cabine de pilotage ; il en sort une trace papier du profil.

Les données enregistrées sont sauvegardées dans le contrôleur et sont rapatriables par le module de supervision.

La profondeur mémoire est suffisante pour mémoriser les points de mesure effectués lors des plus grandes nuits de travail, au cours desquelles « le train peut parcourir jusqu'à une vingtaine de kilomètres par session de travail », précise Luca Palmieri, directeur technique de Speno International S.A. Toutes les cartes PXI sont protégées par des électroniques dédiées afin d'éviter les éventuelles dégradations de cartes.

Des profils différents pour chaque pays

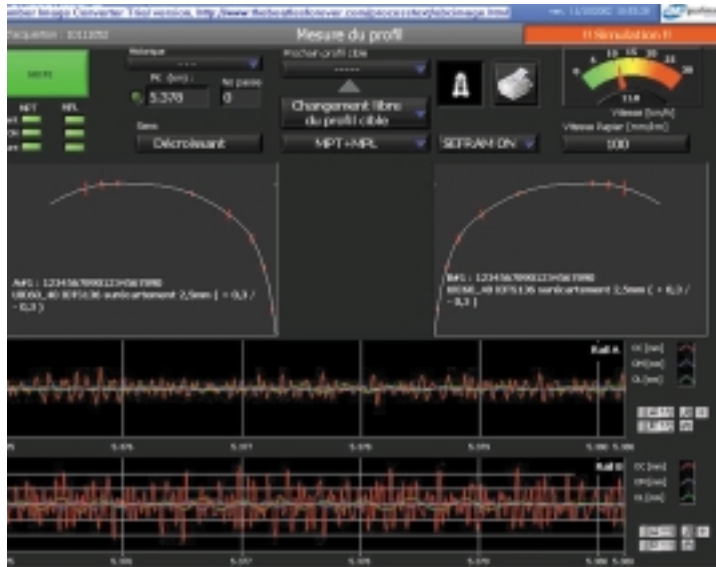
Pour l'étude du profil transversal du rail, seule compte la partie interne : c'est en effet sur cette zone que repose le train. L'étude de la forme est cette fois-ci effectuée grâce à un matériel de vision. Une raie laser est donc projetée sur le rail dont elle épouse la forme. Placée avec un angle précis, une caméra de vision acquiert l'image de la raie lumineuse. La forme lumineuse est révélatrice de l'état du rail. Cet appareil, fourni par une entreprise américaine, acquiert une image par mètre.

Cette acquisition de données paraît aisée. « Sauf qu'en condition réelle, le rail peut-être rouillé ou brillant après meulage », explique Ivan Meissner, directeur de Qualimatest. « Derrière, il y a donc beaucoup de logiciel pour tenir compte des fortes variations d'aspects ».

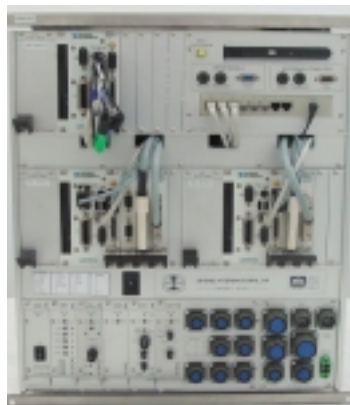
Une fois l'acquisition du profil faite, les données sont transmises à un deuxième contrôleur temps réel PXI 8176 via un port série RS 232. Le contrôleur compare le profil reconstitué avec les gabarits souhaités par le client. Celui-ci a dû préalablement définir des points de référence avec des intervalles de tolérance. Et c'est là que le système prend toute sa complexité. « Les nécessités ne sont pas les mêmes pour tout le monde. Les sociétés de chemin de fer n'ont pas les mêmes critères d'exigence pour le profil du rail, et n'utilisent pas toujours les mêmes points de référence ni les



Le technicien a sous les yeux la voie ferrée, l'écran de supervision ainsi que la sortie imprimante.



Le module de supervision gère l'affichage des profils des rails à l'écran et c'est aussi à ce niveau que se gèrent les configurations.



Le système PXI contient un module de supervision (en haut à gauche), un contrôleur PXI et des entrées-sorties pour les modules de détection longitudinale (au milieu à gauche) et transversale (au milieu à droite).

mêmes gammes de tolérance», précise M. Meissner. En bref, on ne roule pas à Durban comme à Vladivostok. D'autant que la forme du rail dépend aussi de son utilisation : 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.

Il a donc fallu développer une dizaine de bibliothèques pour chaque client. Ici encore, une carte de sortie PXI envoie des informations de proces prétraitées aux automates placés en aval. Et pour l'affichage en temps réel des résultats, le troisième module entre en jeu.

Un autre contrôleur PXI-8176 est dédié à la gestion de la supervision du système. « Celui-ci fonctionne avec le système d'exploitation Windows, pour la facilité d'utilisation. Mais si le système "plante", les contrôleurs PXI temps réel continuent leur acquisition », précise le responsable de Qualimatest. Dans l'habitacle, les techniciens ont l'œil sur la voie, mais aussi sur l'écran de contrôle. Cette interface, comme tout ce qui est logiciel dans le projet, a été programmée avec l'environnement graphique LabVIEW et sa version temps réel (RT). Sur l'écran, l'utilisateur peut visualiser les profils transversaux de chacun des deux rails. Superposés à ce profil réel, les gabarits avec les points de référence définis par le client permettent de voir directement si le rail entre dans les critères ou non. Le fond de l'écran est noir, afin de « ne pas éblouir les personnes présentes dans la cabine de pilotage, qui travaillent de nuit », ajoute Eric Rabald qui travaille plus particulièrement sur le projet au sein de l'équipe de Qualimatest. En dessous des profils, un autre écran indique, sous forme de bargraphe et pour chaque point de référence, la forme du rail. Lorsque la cote mesurée est trop élevée, celle-ci apparaît en rouge et il faut alors meuler, tandis que si elle est conforme au gabarit elle figure en vert.

Juxtaposition de trains meuleurs

Le module de supervision sert aussi à réaliser le paramétrage de l'application. C'est à ce niveau que l'on choisit la bibliothèque de profils de rails à utiliser pour les comparaisons. L'utilisateur est actif pendant le meu-

lage : par l'intermédiaire d'un écran tactile, il communique au système les événements qui jalonnent la voie. En pressant sur une zone de l'écran, il indique un virage à gauche ou à droite, ou le retour à la ligne droite. Ce qui change le profil de référence des rails. Mais d'autres événements doivent être signalés, tels que les aiguillages et passages à niveaux. Le système de supervision possède également un mode rapport qui renvoie les informations historisées par les contrôleurs PXI temps réel. Et pour les besoins du développement, on peut également fonctionner en simulation. Dans ce cas-là, les contrôleurs PXI génèrent artificiellement un flux de données, envoyées au superviseur.

Ultime complexité, le système peut fonctionner en mode multi-châssis. C'est-à-dire que plusieurs trains meuleurs peuvent être accouplés pour avoir plus de meules à disposition, lors des chantiers les plus exigeants. Dans cette configuration, l'un des postes de supervision est identifié comme le poste maître, tandis que les autres fonctionnent en esclave en envoyant toutes leurs données au poste principal. L'opérateur peut alors comparer l'évolution de la forme des profils en fonction du nombre de fois où ils ont été meulés.

La collaboration avec Speno est évolutive : à ce jour, Qualimatest a réalisé une cinquantaine de ces systèmes. L'intégrateur genevois réalisait avant des systèmes avec de classiques PC industriels. Il existe aussi une version allégée du système PXI mettant en jeu des modules de mesure entièrement pilotés par Windows, et donc ne possédant pas la stabilité des systèmes temps réel. Cette version est encore plus compacte que la version temps réel, dont la taille était déjà réduite (50 x 42 x 40 cm) pour répondre au cahier des charges. Autres évolutions : un module GSM a été ajouté pour réaliser des opérations de télé-maintenance, et une extension GPS est au programme de la prochaine version de ces dispositifs.

Qu'ils soient loués ou vendus aux sociétés d'exploitation des chemins de fer, les trains de Speno International S.A. emmènent les systèmes développés par Qualimatest sur tous les continents et sur les lignes les plus exigeantes. Comme les lignes à haute vitesse Shinkansen au Japon, ou la voie sous La Manche de Eurotunnel. Ou encore les lignes minières d'Afrique du Sud, d'Australie, de Norvège ou d'Amérique du Sud qui supportent des charges considérables.

Pierre Hardoin