

Solution de surveillance de voies ferroviaires Rail Serenity avec application concrète sur le chantier de la ligne 18 du Grand Paris Express

La construction du Grand Paris Express a pour objectif de relier les principaux lieux de vie et d'activité des banlieues sans passer par Paris. Les nouvelles lignes circulaires vont compléter le réseau existant de RER et métro construit en étoile, avec Paris pour centre. Par ailleurs, les nouvelles infrastructures (tunnels et gares) sont implantées à proximité des réseaux existants, et notamment le réseau ferroviaire de la SNCF sur lequel circulent des RER, des Transiliens, mais aussi des TGV, des trains Intercités ou des trains de marchandises.

C'est le cas de la nouvelle ligne 18 qui traverse les départements de l'Essonne et des Yvelines, et une partie des Hauts-de-Seine à Antony. D'une longueur de 35 km, elle permettra de relier l'aéroport d'Orly à la gare de Versailles Chantiers en 30 min. Elle desservira 10 gares et permettra des connexions avec le réseau ferré actuel du Transilien (lignes N et U), du RER (lignes B et C), tramway T7 et du tram-train Massy-Évry. De plus, cette ligne 18 comportera une gare à Massy-Palaiseau et facilitera les accès des voyageurs nationaux en train et TGV.

La construction d'une nouvelle infrastructure de transport dans un contexte urbain dense implique de garantir la sécurité des avoisinants, des habitants et des activités. La proximité des nouvelles lignes du métro avec le réseau existant au trafic voyageur élevé nécessite la mise en place de mesures spécifiques permettant d'assurer la sécurité du réseau et des usagers.

Le pôle Monitoring de Sixense est un acteur spécialiste et reconnu dans le domaine des solutions de surveillance (ou monitoring) des structures, de la géotechnique et de l'environnement. Sixense réalise les auscultations des avoisinants sur différents chantiers du Grand Paris Express et notamment sur la ligne 18. En sous-traitance du groupement Vinci-Spie Batignolles, Sixense assure la surveillance du bâti et des infrastructures depuis l'aéroport d'Orly jusqu'à la gare de Massy-Palaiseau. Le contrôle du faisceau ferroviaire de Massy-Palaiseau est un enjeu majeur de cette surveillance.

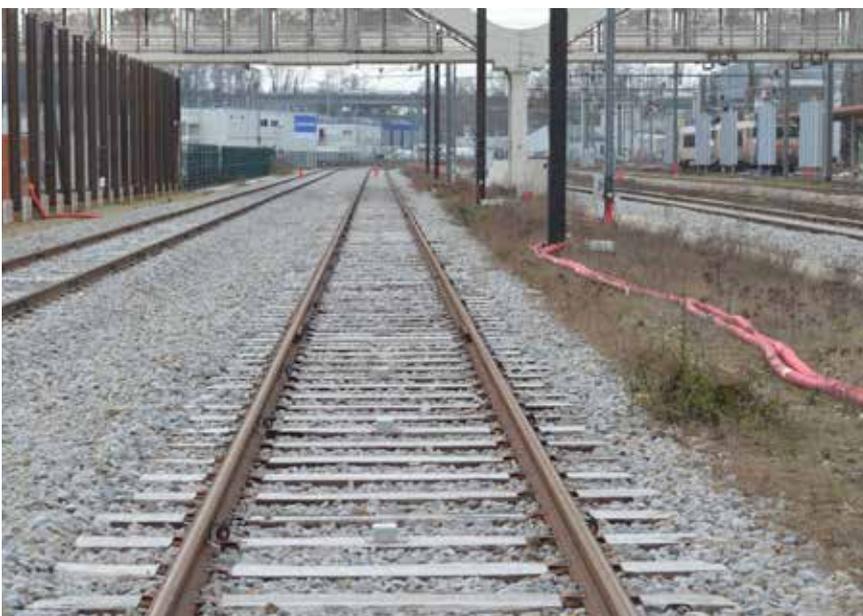
Le monitoring d'un réseau ferroviaire a pour objectif de contrôler en continu et en temps réel la géométrie des voies. Cette mission de surveillance doit respecter les tolérances définies par SNCF Réseau pour chaque ligne ferroviaire en fonction de ses caractéristiques et du trafic. En cas de déformation de la voie au-delà des seuils définis, la circulation

des trains doit être interrompue. La surveillance doit donc être précise, automatique et continue avec des remontées d'alerte instantanées sur la géométrie des voies. L'exploitant de la ligne est ainsi informé en temps réel, afin de mettre en œuvre les mesures garantissant la sécurité des usagers : réduction de la vitesse des trains, interruption du trafic, réalisation de travaux sur la voie tels que des bourrages pour rétablir la géométrie des voies.

Différentes solutions de monitoring du réseau ferroviaire existent et sont couramment déployées pour la surveillance des voies en cas de travaux à proximité ou sous les voies ferrées.

La première solution, et la plus fréquemment utilisée, consiste à mettre en place un suivi topographique automatisé. Avec son pôle Monitoring, Sixense a été pionnier dans la mise en place de ce type de surveillance, dès la fin des années 1990 avec son système Cyclops. Alors que l'équipe de France de football gagnait sa première Coupe du monde, en 1998, les travaux d'été du RER C étaient surveillés par Cyclops. 20 ans plus tard, alors que la France gagnait sa deuxième Coupe du monde, en 2018, 700 Cyclops étaient en service simultanément.

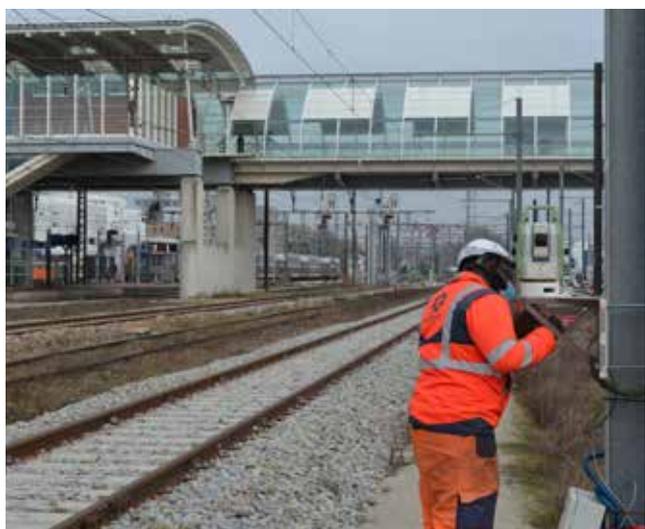
La technique Cyclops consiste à mettre en place des prismes sur chaque rail, espacés de 3 m. La position des prismes est relevée par une station totale effectuant son cycle de mesure en environ 10 à 20 min selon le nombre de prismes. À chaque cycle de mesure, la position X, Y, Z des prismes est définie à partir de cibles de référence, positionnées en zone stable en dehors de la zone d'influence des travaux. À partir de la position de chaque prisme, les grandeurs géométriques de la voie sont calculées : dévers (inclinaison de la voie dans le sens transversal), gauche (différence de dévers entre deux points de la voie ferrée positionnés à 3, 6 ou 9 m),



Dispositif Rail Serenity installé sur les rails du faisceau ferré au droit de la future gare de Massy-Palaiseau.

tassement (déplacement vertical) et dressage (position des rails dans le plan horizontal). La précision de mesure est de 0,5 mm jusqu'à environ 60 m de visée. Le dispositif de surveillance topographique automatisé est celui qui permet d'obtenir le meilleur relevé géométrique de la voie par rapport à son état initial. Cependant, s'agissant d'un système optique, il présente certaines limitations techniques. Les visées optiques ne sont pas possibles dès lors qu'un train stationne sur la voie ou qu'un obstacle obstrue la visée. De même, les mesures perdent en précision dans certaines conditions météorologiques, telles que la pluie ou le brouillard. D'autre part, ce dispositif nécessite une maintenance régulière par des techniciens qualifiés.

Une autre solution consiste à mettre en place des capteurs inclinométriques sur la voie. Les capteurs inclinométriques, souvent appelés « tiltmètres », mesurent une inclinaison au droit du capteur. Les déformations dans le sens transversal de la voie sont directement mesurées de façon très précise. Le dévers et le gauche sont ainsi directement indiqués par les mesures des capteurs. Ces capteurs, adaptés pour une utilisation en extérieur, sont autonomes : ils fonctionnent sur des



Calibration du système Cyclops à la gare de Massy-Palaiseau.

batteries longue durée. Ils sont sans fil et communiquent par radio jusqu'à une passerelle de communication pouvant être installée à plusieurs kilomètres de la voie (et généralement mise en place dans une base vie de chantier). La passerelle de communication transfère les données en 3G pour qu'elles puissent être consultées en temps réel. La fréquence d'acquisition des capteurs est paramétrable et est généralement de 15 à 30 min. Mais elle peut être ajustée à une mesure par minute, par exemple pour obtenir des mesures aux heures de pointe durant lesquelles un train de banlieue passe toutes les 5 min.

Néanmoins, dans le sens longitudinal de la voie, les capteurs inclinométriques ne permettent pas de mesurer les déplacements verticaux. Les mesures des capteurs tiltmètres ne donnent en effet qu'une approximation de la déformation de la voie dans le sens longitudinal, en chaînant les mesures inclinométriques ponctuelles des différents capteurs. Pour obtenir des mesures plus précises dans le sens longitudinal de la voie en utilisant des capteurs inclinométriques, il est nécessaire de les installer sur des barres de 3 m, positionnées entre les traverses. Ce dispositif permet un meilleur calcul dans le sens longitudinal. Cependant, il est fastidieux à installer, d'autant plus que les installations en milieu ferroviaire doivent s'effectuer lors d'interruptions de trafic, la nuit et sur des horaires très restreints (parfois seulement 1 h 30 de travail effectif de nuit sur les lignes RER très circulées). D'autre part, le dispositif est

difficile à déposer et reposer en cas d'opérations de bourrage sur les voies.

La solution Rail Serenity de Sixense est un dispositif de surveillance qui combine les différentes solutions de suivi des voies ferrées afin d'apporter des mesures fiables et précises de la géométrie de la voie. Rail Serenity est composé d'une auscultation automatique double par topographie automatisée Cyclops couplée à des capteurs tiltmètres et d'une gestion intelligente des alertes. Rail Serenity a été conçu pour garantir le maximum de fiabilité et limiter le nombre d'interventions de contrôle sur les voies. ...



Zoom : Rail Serenity déployé sur une voie ferroviaire : capteur tiltmètre et prisme d'auscultation.



**PLUS DE
30 ANS
D'EXPÉRIENCE**

IMPORTATEUR - DISTRIBUTEUR
Equipements de perforation
Pièces d'usure





- Matériel de forage
- Taillants fond de trou

- Taillants hors trou
- Taillants coniques
- Service affûtage

+ de 20000 références sur 1600m² de stock

Zone du Placis - 24 rue du Placis
35230 BOURBARRÉ (SUD DE RENNES)
 Tél. +33(0)2 99 62 71 60- www.samco-forage.com



Visualisation des données Rail Serenity sur la plateforme Beyond Monitoring.

••• Du fait de sa double technique de mesure, Rail Serenity est un dispositif de surveillance redondant. En cas de perte de données ou de détection de valeurs aberrantes sur l'un des systèmes, le deuxième système de mesure garantit la surveillance jusqu'à la remise en état du premier système. Ainsi, Rail Serenity est un dispositif de surveillance robuste et facile à déployer.

Rail Serenity a été mis en place dans le cadre de la surveillance du réseau ferroviaire de Massy-Palaiseau lors des travaux de la future ligne 18. Le dispositif de surveillance est composé de 2 Cyclops, 172 prismes et 86 tiltmètres. Il permet un suivi en temps réel de 2 voies sur une longueur de 150 m.

Les dispositifs de surveillance doivent permettre d'alerter immédiatement en cas de déformation des voies au-delà de seuils prédéterminés. Le dispositif d'alerte de Sixense comporte 4 niveaux d'alarmes personnalisés. Les destinataires et le mode de réception des alarmes sont définis pour chaque niveau d'alarme. Par ailleurs, l'envoi d'une alerte doit être fiable. En effet, l'émission de fausses alertes implique un dérangement des destinataires qui deviennent moins vigilants sur le suivi en cas de répétition de ces fausses alertes. De plus, en cas d'alerte, un contrôle sur site doit être effectué, ce qui implique des déplacements de personnel sur les voies avec la mise en place des mesures de sécurité ferroviaire. L'émission de fausses alertes contraint donc à des déplacements inutiles.

Afin de fiabiliser l'envoi d'alarme, Rail Serenity se base sur un dispositif d'alerte intelligent : les données dépassant les seuils déterminés sont traitées afin de vérifier la fiabilité de l'alarme. Un

taux de confiance de l'alarme est ainsi établi. Si ce taux est inférieur à 50 %, alors l'alarme est considérée comme une fausse alarme. L'algorithme de qualification des alarmes se fonde sur plusieurs processus de comparaison des données : comparaison des données reçues des deux systèmes de mesure, comparaison des données en alarme

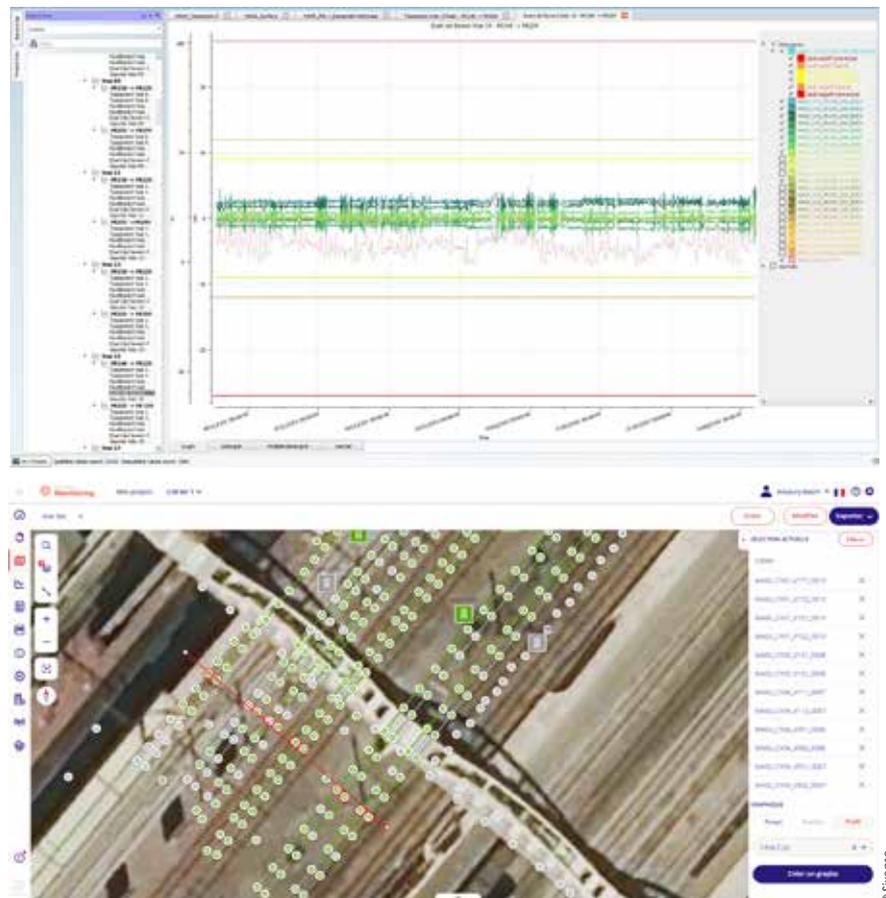
par rapport aux données des systèmes de mesure adjacents, comparaison des données en alarme par rapport aux données suivantes.

Les informations collectées par d'autres types de capteurs (tels que des systèmes de détection de trains, de détection de points de rosée ou autres facteurs environnementaux) peuvent aussi être intégrées à l'algorithme de calcul. Ces informations complémentaires permettent d'affiner au mieux le taux de confiance de l'alarme envoyée.

Grâce à ce dispositif d'alerte intelligent, le nombre de fausses alarmes envoyées est quasiment nul.

En limitant fortement les fausses alarmes et le risque de pertes de données, le dispositif Rail Serenity développé par Sixense apporte un réel gain de confiance et de sérénité pour les entreprises de travaux, le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire, ainsi que pour le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre :

« Grâce à la mise en place de ce système, nous avons une relation de confiance avec nos partenaires pour assurer la surveillance de nos bords à proximité de leurs infrastructures », explique la maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris.



Exemples de vues sous Beyond Monitoring : représentation graphique et vue en plan interactive.

« Le maître d'œuvre Icare et Ingérop confirment le bon fonctionnement du système et apportent leurs soutiens sur le développement de tels outils numériques. Grâce à cette avancée, le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage ont les moyens de suivre efficacement les voies ferrées », souligne la maîtrise d'œuvre ICARE et Ingérop.

Les données d'auscultation de Sixense sont présentées sur sa plateforme web Beyond Monitoring (ex-Geoscope). Cette plateforme dispose d'un module spécifiquement adapté à la représentation des données de monitoring des voies ferrées. Ces données sont facilement visualisables sur des vues en plan avec des couleurs changeant en fonction des résultats des mesures par rapport aux seuils prédéfinis. Les calculs



Gare de Massy-Palaiseau : la circulation des trains n'est pas interrompue pendant les travaux du Grand Paris Express.

géométriques des voies sont mis en évidence en couleur afin de vérifier en un coup d'œil les résultats des mesures. Les isolignes de tassement sont tracées afin de suivre géographiquement les déformations au niveau de la plateforme ferroviaire.

Les alarmes et les indices de confiance sont facilement identifiés dans des tableaux de bord. Toutes les données sont aussi présentées sous forme de graphiques. Les données brutes comme les données calculées sont téléchargeables. Enfin, des rapports personnalisés sont automatiquement envoyés. La plateforme web Beyond Monitoring de Sixense est accessible à tous les utilisateurs (entreprise, maître d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, exploitant) et propose différentes autres fonctionnalités, telles que l'ajout de photos de chantiers, documents ou rapports. De plus, les phases du chantier ou des événements particuliers peuvent être annotés. Ils apparaissent sur les graphiques et journaux de mesure et permettent une meilleure compréhension des données d'auscultation.

Le dispositif Rail Serenity a été développé par le pôle Monitoring de Sixense afin d'améliorer son service d'auscultation des infrastructures ferroviaires. Il fait partie d'une gamme de services de monitoring en constante évolution pour tenir compte des développements rapides (capteurs, télécommunication, big data et IA) afin de répondre aux besoins spécifiques des chantiers, des gestionnaires d'ouvrages et des habitants. ■

Marie Lebreton

Directrice commerciale, Sixense, Pôle Monitoring

Guillaume Gehu

Responsable des contrats, Sixense, Pôle Monitoring

Hassan Bahrami

Responsable de projet – Chantier ligne 18, Sixense

UN LEADER MONDIAL DE L'INSTRUMENTATION POUR LE FORAGE ET L'INJECTION



Mines

Exploration



Minage

Fondations spéciales



Géotechnique



www.lim.eu