



Rénovation sécurisée d'écluses

par Heiner Gillissen et Uwe Sowa

Le canal de Kiel est la voie d'eau non naturelle la plus fréquentée au monde. En 2014, 89 bateaux en moyenne ont parcouru ce canal quotidiennement. Presque long de 100 kilomètres, s'étendant de Brunsbüttel à Kiel-Holtenau, avec des liaisons vers la mer du Nord et la mer Baltique, le canal offre un raccourci de près de 250 milles nautiques (près de 450 kilomètres) en évitant aux bateaux de passer par la pointe septentrionale du Danemark, à Skagen. Bien que la construction du canal ait pu se fonder sur des facteurs nautiques stratégiques à l'époque, le canal est aujourd'hui exclusivement utilisé pour échanger des biens entre les pays de la région baltique et le reste du monde. La mise en service du canal de Kiel a eu lieu huit ans après sa construction, le 21 juin 1895. Après une autre période de huit ans, il a été nécessaire d'élargir cette voie d'eau en raison

du trafic important. Chaque extrémité du canal de Kiel est isolée des niveaux d'eau fluctuants de l'Elbe et de la mer Baltique par quatre écluses : une double écluse datant de 1895 (petite) et deux écluses réalisées en 1914 (plus grandes).

Dans le cadre d'une inspection régulière de l'infrastructure, on a extrait de l'eau de la chambre sud longue de 220 mètres et profonde de 10 mètres de l'une des petites écluses en mars 2013. Cette chambre est restée sèche pendant deux mois et demi. Comme l'eau dans la chambre nord exerce une pression contre la paroi de la chambre sud, cette dernière a par mesure de sécurité fait l'objet d'une surveillance géodésique au moyen d'une station totale Leica TCRP 1201 et d'autres capteurs. Les données recueillies au cours de cette surveillance ont renseigné sur le comportement de la structure et protégé les inspecteurs et travailleurs pendant la phase de rénovation.





■ Une station totale Leica Geosystems prend des mesures pour surveiller les éventuels mouvements de la paroi de la chambre.

Le levé a exigé un programme de mesure prédéfini pour spécifier le type et l'étendue des mesures requises. Sur la base de ce programme, on a préparé les petites écluses de Kiel-Holtenau pour surveiller la chambre sud pendant la phase d'extraction et la période sèche. La possibilité d'envoyer à tout moment des informations sur un changement du comportement structurel permettait de réagir immédiatement en cas d'urgence pendant la rénovation.

Surveillance avec une station totale

On a installé la station totale Leica TCRP 1201 sur la partie supérieure du poste de commande de l'écluse, situé sur la cloison entre les deux chambres. La station était connectée au logiciel de surveillance Leica GeoMoS pour la collecte et le traitement de données. Comme le capteur se trouvait dans une zone exposée à des mouvements, on a choisi la méthode de surveillance dite station libre. Pour cela, il a fallu mesurer six points de référence stabilisés fixés aux bâtiments environnants, non exposés à des mouvements, en vue de permettre des mesures horaires de données commandées par le programme. Les points mesurés sur l'écluse ont fait l'objet d'une détermination en 3D.

De cette manière, les dix points de mesure permettant de déduire la largeur de la chambre servaient de capteurs virtuels. Pour réaliser ces mesures horaires sur les côtés nord et sud des parois de chambre, de même que le contrôle des niveaux d'eau du fjord et des chambres, on a utilisé les programmes Leica GeoMoS à haut degré de personnalisation. On a également enregistré les coordonnées des six points de base se trouvant sur la tête, des trois points de base de la chambre et des deux points situés sur les couvercles d'inspection. Les valeurs de chacun des six points de mesure de la nappe souterraine du côté nord et du côté sud, de même que le niveau d'eau du fjord et des chambres ont fait l'objet d'un enregistrement horaire et d'un transfert au logiciel GeoMoS.

Intégration de capteurs géotechniques dans la gamme Leica GeoMoS

On a eu recours à des capteurs d'inclinaison et des fissuromètres pour surveiller une fissure présente dans la paroi de la chambre du couloir côté sud. Ces instruments ont également envoyé des données au programme Leica GeoMoS. Leica GeoMoS Analyser a affiché et analysé tous les changements dans les axes



■ Prête pour une rénovation en toute sécurité: L'écluse vide fait l'objet d'une inspection pendant la surveillance de la structure.

en long et en travers à l'aide de graphiques explicites. La tolérance d'écart type de la mesure des points s'élevait à $\pm 2,2$ millimètres. Leica GeoMoS Monitor l'a contrôlée.

«L'intégration des capteurs géotechniques dans le système de surveillance a constitué un défi particulier. Mais le résultat était excellent. Même dans des conditions météorologiques extrêmes comme la neige, la pluie verglaçante et les tempêtes, le système présentait un fonctionnement parfait. Cela a garanti un haut degré de fiabilité de l'information recueillie sur le comportement structurel pendant la période sèche», explique Heiner Gillessen, chef de produit technique pour les applications de surveillance chez Leica Geosystems.

L'ingénieur diplômé Uwe Sowa, de l'administration des eaux et de la navigation de Kiel-Holtenau, a évalué les mouvements survenus durant la rénovation et les résultats après l'utilisation réussie: « Pour chaque capteur, il existe dans le logiciel de traitement, des niveaux de données limites spécifiques qui s'apparentent aux couleurs d'un feu tricolore. Si une valeur dépasse la

tolérance définie, elle apparaît dans la zone rouge, ce qui déclenche l'envoi d'une notification immédiate par SMS et e-mail pour l'application de mesures de sécurité. À l'exception de quelques valeurs situées dans la zone orange et exigeant une analyse plus poussée, toutes les valeurs cibles se trouvaient dans la zone verte. »

Entre-temps, on a rempli l'écluse et extrait l'eau de la chambre nord, rénovée et surveillée au moyen de la même méthode. On continue à surveiller le niveau et les mouvements des écluses au moyen de capteurs numériques d'inclinaison et de position. Et les données de ces capteurs sont envoyées aux programmes GeoMoS, qui les analysent. ■

À propos des auteurs:

Heiner Gillessen, chef de produit technique pour les applications de surveillance chez Leica Geosystems.

heiner.gillessen@leica-geosystems.com

Uwe Sowa est géomètre-topographe à l'administration des eaux et de la navigation de Kiel-Holtenau.

uwe.sowa@wsv.bund.de