

Tunnel de Cochem : passage serré

par Gerhard Weithe

Depuis 130 ans, les trains traversent le Kaiser Wilhelm Tunnel, sous le centre historique de la ville de Cochem sur Moselle, en Allemagne. Des rénovations y sont actuellement en cours, en même temps que le creusement d'un second tunnel. Le nouveau tunnel fait 4 242 m de long et devrait être ouvert à la circulation en 2016. Le programme de 200 millions d'euros pour la construction du tunnel fait partie du projet de la Deutsche Bahn visant à étendre la ligne Coblenze/Trêve et à mettre ses infrastructures aux normes de sécurité actuelles. Du fait des conditions géologiques critiques, un système de surveillance automatisé a été mis au point pour transmettre les données relevées en temps réel au conducteur la foreuse.

Le tunnel peut être divisé en sections suivant les conditions du sol qu'il traverse. Une section de 3 750 m traverse de l'argilite et une autre, de 500 m, traverse de la roche meuble. Cette section passe sous de nombreux bâtiments et routes, elle a donc été percée par un expert grâce à une technique spéciale de préssurisation en environnement clos. Les travaux d'excavation du tunnel ont démarré dans des conditions relativement favorables à l'entrée sud,

dans la vallée peu habitée d'un affluent de la Moselle. Les habitants n'ont pas tellement senti les effets indésirables de l'excavation mécanique d'un tunnel de 10,12 m de diamètre sous leurs pieds. Les choses ont été différentes au nord, du côté de Cochem, où le tunnel passe directement sous la banlieue de Cochem et se termine dans le centre historique de la ville.

Mesure continue de la déformation

Sous les immeubles critiques du centre de Cochem, le forage avec mesure continue de la déformation nécessitait des mesures particulières de consolidation des sols, l'injection d'un rideau d'étanchéité devant la machine et un programme de surveillance complet. Même avec la surveillance continue à l'aide de nombreux capteurs, creuser 3 mètres sous l'un des bâtiments critiques a été délicat. 50 autres bâtiments se trouvaient dans la zone d'influence des travaux de construction du tunnel.

Pour détecter dès que possible les mouvements et les dommages causés aux bâtiments, tous les points étaient surveillés 24h/24. Un système parallèle de capteurs de pression hydrostatique hautes performances enregistrerait les déformations des bâtiments critiques avec une précision submillimétrique. Pendant la phase critique où la couverture était mini-



male, ces mesures étaient envoyées à un centre de contrôle à la surface, afin d'être entrées en continu dans un système d'information. Si nécessaire, le béton pouvait alors être injecté sous les bâtiments, suivant l'avancée des travaux.

Pour répondre aux exigences de surveillance particulières, le service de métrologie du constructeur de tunnels Alpine BeMo Tunneling GmbH (ABT) a mis au point un système de mesure et de surveillance modulaire complet avec VMT GmbH (VMT), un partenaire de longue date de Leica Geosystems. Ce système a permis de transférer en temps réel les données de surveillance collectées automatiquement au conducteur de la foreuse, situé dans la cabine.

Caractéristiques et composants du système

Le système de surveillance automatique de la déformation installé à Cochem a été conçu de manière modulaire. Plus de 150 prismes ont été installés et surveillés, en fonction de l'avancée de l'excavation, par neuf stations totales Leica TS30 au maximum. D'autres points de référence satellite ont été levés à l'aide de capteurs GNSS, puis traités et évalués à l'aide des mesures terrestres dans le logiciel de déformation VMT TUNIS avec les corrections du réseau en temps réel. Trois extensomètres mesuraient les mouvements du sous-sol.

Le réseau du site et les résultats du forage étaient visualisés à l'aide d'une liaison Internet sécurisée avec l'IRIS (Integrated Risk and Information System) de VMT. Cela permettait de garantir une surveillance complète des points en temps réel et des notifications automatiques. Le personnel de permanence était informé immédiatement de tout dépassement des limites prédéfinies.

Forage d'un tunnel sous Cochem

Le projet a commencé en décembre 2010 avec les plans préliminaires d'un programme de métrologie complet, visant à cartographier la surface. Le concept nécessitait de surveiller en continu tous les bâtiments situés dans un couloir de 30m autour du tunnel. Le choix des capteurs était évident avec la station totale Leica TS30, car c'est le seul instrument capable de répondre aux exigences du projet concernant la précision des mesures et les distances à mesurer.

Goecke GmbH, partenaire commercial de longue date de Leica Geosystems GmbH basé à Schwelm, a fourni l'infrastructure technique pour l'installation des composants du système. Les instruments étaient efficacement protégés des intempéries et du vandalisme, grâce à des coffres spéciaux avec un bardage en plastique et un couvercle en forme de toit.





■ Le tunnel passe sous de nombreuses maisons de Cochem, certaines se trouvent juste trois mètres au dessus.

Une technologie Wi-Fi spéciale transférait les données en continu par le biais des points d'accès des stations totales et des sondes météo, vers des « nœuds de maille », capables de fonctionner ensemble de manière intelligente et de contourner les nœuds défaillants du système.

En cas de panne d'un composant, il était particulièrement important de disposer de systèmes de secours. Par exemple, des routeurs UMTS pouvaient piloter le système en cas de panne de la DSL. Finalement, les systèmes de secours n'ont pas été utilisés pendant le forage.

Une équipe de géomètres, d'électriciens, d'ingénieurs en construction, d'ouvriers et d'informaticiens se trouvait sur le chantier pendant plusieurs semaines pour installer le système de surveillance étendu. Le système a été mis en service et testé avant l'arrivée de la foreuse. Au début du forage en octobre 2011, aucun dysfonctionnement n'avait eu lieu et le sys-

tème de surveillance fonctionnait de manière parfaitement fiable avec une précision record.

La surveillance était essentielle

Les tunnels creusés mécaniquement permettent moins facilement de mesurer les déformations du sous-sol qu'avec les méthodes traditionnelles. Pour ce projet, il était donc particulièrement important de surveiller en continu les déformations des infrastructures à la surface.

Les partenaires du projet avaient accès aux dernières données à tout moment dans le système d'information IRIS fourni par VMT. Dans la cabine de pilotage de la foreuse, un moniteur affichait instantanément la position de la machine en temps réel sur la photo satellite, ainsi que tous les capteurs de surface et les résultats des mesures.

Sous la zone des bâtiments critiques, les calculs de l'architecte se sont révélés exactes : l'affaissement théorique et l'affaissement réel des bâtiments étaient presque identiques partout au dessus du tunnel.

Le 7 novembre 2011, la foreuse est sortie précisément au bon endroit, au centre de Cochem. Sans l'excellente qualité de mesure fournie par des instruments de haute précision, ainsi que le fonctionnement fiable du système de surveillance automatique de la déformation, ce projet exaltant n'aurait jamais pu avoir lieu. ■

À propos de l'auteur :

Gerhard Weithe est un ingénieur géomètre qualifié, responsable du service de métrologie du constructeur Alpine BeMo Tunneling GmbH (ABT).
(gerhard.weithe@alpine-bemo.com)



■ Dernières mesures dans le centre de contrôle.