

# Reporter 73

Le magazine mondial de Leica Geosystems





## Le Mot du Président

Qu'il s'agisse de lignes de métro ou de systèmes de canalisations, nous savons tous qu'une infrastructure en bon état joue un rôle primordial dans notre quotidien. La population mondiale augmente chaque jour d'environ un million de personnes, les acteurs qui construisent et administrent ces infrastructures se trouvent donc confrontés à de nombreux défis.

Des clients de tous les secteurs utilisent de nombreuses solutions dans le domaine du SIG, du scanner laser 3D, de la cartographie mobile et même des drones pour préserver le bon état de leurs infrastructures.

Des millions de personnes dans le monde entier dépendent chaque jour de moyens de transport. Pour assurer la meilleure sécurité, à Copenhague, Angermeier et SMT utilisent des stations totales afin de détecter d'éventuelles déformations du nouveau tunnel construit. Le département californien du transport s'est servi de Leica ScanStations pour vérifier les différences par rapport au plan pour la réfection de l'Oakland Bay Bridge, qui s'est effondré suite à un séisme en 1989 à San Francisco.

De plus en plus de villes adoptent le concept de smart city. Contribuant au développement urbain à Waldshut-Tiengen, IngenieurTeam GEO GmbH a modélisé de nouvelles constructions en 3D grâce au drone Aibot X6. Sans fermer l'autoroute M6, très fréquentée, au Royaume-Uni, Severn Partnership a collecté des éléments avec la nouvelle solution de cartographie mobile Leica Pegasus:Two.

Chaque jour, de nombreuses infrastructures aux quatre coins du globe amènent de nouveaux défis que nos clients apprennent à maîtriser. Ils façonnent ce monde en perpétuelle évolution, et je suis fier de notre contribution à cet égard. Bonne lecture !

Juergen Dold  
Président, Hexagon Geosystems

# SOMMAIRE

- 03 Une révolution en mouvement
- 06 Du scan au plan dans un SIG
- 09 L'encadrement actif des clients, une activité clé
- 12 Le nouveau Métro de Copenhague sous haute sécurité
- 16 London Power Tunnels : contrôle des données en temps réel
- 19 Leica Captivate ouvre une nouvelle ère
- 22 Numérisation HD au laser sous l'Elbe
- 26 Visualisations 3D de la cité antique
- 28 Construction de villes avec drone
- 32 Soigner et protéger les arbres durablement avec un SIG
- 35 Dans les profondeurs inconnues
- 38 Un bâtiment se met en mouvement
- 40 Scanner laser 3D : pour prévoir l'imprévisible

## Marque d'éditeur

**Reporter** : Le magazine des clients de Leica Geosystems

**Publié par** : Leica Geosystems AG, CH-9435 Heerbrugg, Suisse

**Adresse de rédaction** : Leica Geosystems AG, 9435 Heerbrugg, Suisse, téléphone +41 71 727 31 31, reporter@leica-geosystems.com

**Responsable des contenus** : Konrad Saal (Responsable Marketing et Communication)

**Éditeurs** : Konrad Saal, Katherine Lehmmüller, Monica Miller-Rodgers

**Mode de parution** : en anglais, allemand, français, espagnol et russe, deux fois par an.

Les réimpressions et les traductions, même partielles, sont soumises à l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.

© Leica Geosystems AG, Heerbrugg (Suisse), Décembre 2015. Imprimé en Suisse

**Couverture** : © Severn Partnership  
Leica Pegasus:Two capture une portion d'autoroute et ses éléments importants. Lisez l'article page 3.



© Severn Partnership

# Une révolution en mouvement

par Natalie Binder

Severn Partnership fait le maximum pour fournir à ses clients des services qui s'appuient sur les solutions les plus récentes et les plus innovantes. Depuis qu'il a fait l'acquisition du Leica Pegasus:Two, ce cabinet de géomatique (terrestre) agréé, basé à Shrewsbury au Royaume-Uni, a utilisé cette technologie de pointe dans le cadre de divers projets d'infrastructure et de construction, au bénéfice de ses clients. Toujours enclin à faire profiter autrui de tous les avantages de cette nouvelle technologie, le cabinet Severn Partnership a été enchanté d'être engagé pour faire l'étude d'une portion de l'autoroute M6, dans le but de relever les éléments importants de l'autoroute dans le cadre du plan stratégique de gestion des risques et de la maintenance. L'étude complète et détaillée d'une section de 17km de l'autoroute M6 dans la région des Midlands comprenait les limites de la chaussée, les glissières de sécurité, les éléments tels que les panneaux de signalisation et les téléphones d'urgence, les axes médians, le terre-plein central, les ponts et les poteaux d'éclairage.

**L'étude était requise pour améliorer la disposition générale de l'autoroute afin que les contrôles de maintenance réguliers puissent être préservés en éliminant les nids-de-poule et en garantissant une surface routière uniforme et sûre pour les usagers.**

Les difficultés inhérentes à l'étude de terrain d'une portion de l'autoroute M6 sont nombreuses. Pourtant, il n'était pas question de fermer ce tronçon routier très fréquenté. Les interdictions d'accès posaient un sérieux problème et l'autoroute devait donc demeurer ouverte pendant la collecte des données. Il fallait également songer au grand nombre des éléments présents sur une autoroute qu'il fallait intégrer dans l'étude en un bref laps de temps. Avec des instruments ordinaires de type station totale, il aurait fallu deux fois plus de temps qu'avec le Pegasus:Two. D'un point de vue logistique et pratique, il est dangereux pour les géomètres de recueillir des données au milieu d'une autoroute. La nécessité de gérer activement le trafic pendant toute la durée de l'activité augmente fortement le coût d'ensemble du projet. Il fallait absolument recourir à un procédé de collecte de données plus efficace.





© Severn Partnership

### La meilleure solution pour cartographier l'autoroute M6

Severn Partnership a utilisé la cartographie mobile (la collecte d'informations géospatiales 3D à partir d'un véhicule en mouvement) pour collecter et fournir rapidement à ses clients des plans CAO en 2D et 3D, ainsi que des nuages de points parfaitement consignés tout le long du tronçon. Ces nuages de points représentent des millions de coordonnées individuelles relevées sur tout ce qui peut faire se réfléchir le laser, comme les ponts et les routes. Ils peuvent servir à extraire encore d'autres informations, telles que des jeux de données de SIG. Le dispositif est fixé sur le toit d'un véhicule; sept caméras capturent alors une image en dôme à 360 degrés tous les 2 mètres. Dans le même temps, un scanner LiDAR enregistre des coupes transverses de données tous les 2 mm. Le tout est combiné en un seul nuage de points afin de créer un modèle 3D. Le résultat donne une carte comportant tous les éléments requis, qui ne nécessite pas de post-traitement

## Severn Partnership

Fondé il y a plus de 30 ans, Severn Partnership est un cabinet de géomètre agréé installé à Shrewsbury en Angleterre. Severn Partnership, qui exerce ses activités dans tout le Royaume-Uni et outre-mer, exploite des équipements robotisés dernier cri, la technologie de scanner laser 3D et des logiciels de modélisation 3D. Ce cabinet propose des services professionnels en géomatique et en topométrie à destination des services publics et ferroviaires; les données obtenues sont utilisées dans des logiciels 3D et de modélisation des données de bâtiment (BIM).

En 2014, Severn Partnership a fait un important investissement dans Pegasus:Two, la nouvelle solution de cartographie mobile de Leica Geosystems. Elle est devenue la deuxième entreprise au monde à adopter cette nouvelle technologie. Le Leica Pegasus:Two permet à Severn Partnership de numériser pas moins de 1 million de points par seconde avec une portée de 120 mètres. La saisie de ces données de haute qualité prend infiniment moins de temps qu'avec les méthodes classiques. L'emploi de la cartographie mobile a permis à Severn Partnership de capturer simultanément des images à l'échelle et des nuages de points, avec une plus grande précision et une plus grande rapidité.

ment complexe des données acquises. Cela permet de gagner du temps et d'économiser des ressources.

### Tout un monde d'opportunités

Leica Pegasus:Two et le procédé de cartographie mobile ont révolutionné le monde de la topométrie. L'utilisation des systèmes de cartographie mobile présente d'énormes avantages, en particulier pour les projets d'infrastructure tels que l'autoroute M6. L'accès à l'autoroute reste possible, il n'est pas nécessaire de la fermer car le Pegasus:Two se comporte exactement comme n'importe quel autre véhicule, à ceci près qu'il recueille des données géospatiales 3D. La sécurité s'en trouve grandement améliorée, puisque les géomètres n'ont plus besoin de rester au milieu de la route, à travailler dans l'urgence pour mener à bien leur projet dans un environnement dangereux. Toutes les données sont à présent acquises dans le confort d'un véhicule qui se déplace à la même vitesse que le reste de la circulation.



© Severn Partnership

■ Avec Pegasus:Two nul besoin de fermer les routes pour capturer tout le mobilier urbain et son environnement.

La rapidité et la précision de la collecte des données sont également améliorées. Avec les méthodes traditionnelles de balayage par laser statique, il aurait fallu plusieurs mois à deux équipes pour faire le relevé de ce tronçon de 17 kilomètres de l'autoroute M6 et de tous ses éléments. Avec le Leica Pegasus:Two, Severn Partnership a fourni à ses clients des produits exploitables et détaillés en deux semaines. Le fait d'accélérer la collecte des données a permis au client de faire une économie de 60 pour cent, comparativement à la méthode classique de balayage par laser statique. De plus, comme les périmètres couverts étaient plus étendus, les données produites par la combinaison du LiDAR et de la photogrammétrie se sont avérées plus précises, plus complètes et plus exploitables.

« Chez Severn Partnership, nous sommes conscients qu'il est nécessaire d'investir dans les dernières technologies pour toujours offrir à nos clients le niveau de service le plus élevé. Pegasus:Two est l'un des outils

de cartographie mobile les plus précis du marché et il n'est pas nécessaire d'installer un canevas d'appui au préalable », déclare Mark Combes, directeur général de Severn Partnership. « Nous pourrions l'installer sur divers véhicules mobiles : voiture, fourgon, semi-remorque bimodale, remorque et autres véhicules pour récolter des données sur n'importe quel terrain. »

Le monde de la topométrie est en évolution et l'association de diverses technologies lui a fait faire un bond en avant. Severn Partnership n'a pas hésité à sauter le pas et à s'y adapter afin d'en faire bénéficier ses clients. La cartographie mobile est une solution d'acquisition de données rapide qui, pour les clients, réduit les coûts et les risques et optimise la valorisation. ■

À propos de l'auteur : Natalie Binder est responsable marketing et communication chez Leica Geosystems Ltd., située à Milton Keynes au Royaume-Uni. [natalie.binder@leica-geosystems.com](mailto:natalie.binder@leica-geosystems.com)



# Du scan au plan dans un SIG

© Epp

par Ulrich Epp

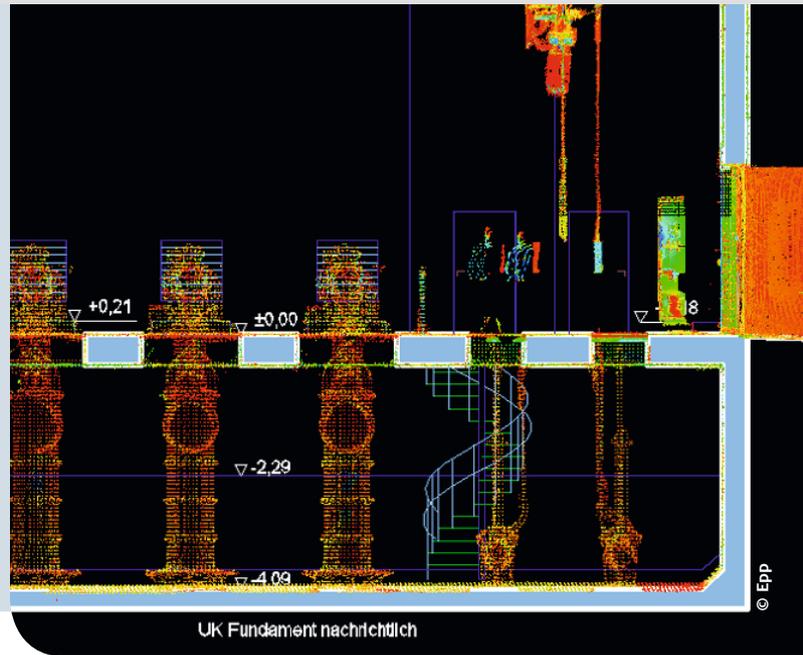
L'utilisation du scanner laser 3D s'étend constamment à de nouvelles applications. De nombreux ouvrages souterrains, notamment dans le domaine de la construction de canaux, sont inaccessibles ou trop étroits pour la mesure manuelle à l'aide d'une station totale. Avec la ScanStation P20 de Leica Geosystems équipée d'un adaptateur spécialement développé pour trépied de travaux dans les puits, de tels ouvrages ont pu être mesurés de façon précise et économique et en toute sécurité dans de nombreux projets.

Leica CloudWorx pour AutoCAD ne propose pas uniquement la possibilité de générer des plans détaillés du tel que construit, les scans offrent également une représentation photo réaliste du nuage de points avec la possibilité de publier ces données sur internet et extraire des côtes. Ses informations sont directement intégrées dans votre système d'information géographique (SIG).

De nombreuses constructions de canaux sont âgées et demandent des travaux de réhabilitation. Les plans de construction – s'ils existent encore – diffèrent de la réalité suite aux travaux de modification ou d'ex-

## Créer des plans depuis le nuage de points

Les nuages de points proposent aujourd'hui un niveau de détail sans précédent permettant de créer des plans 2D ou des modèles 3D basés sur des informations précises et claires. De cette manière, des modèles tels que construits intelligents sont générés pour de nombreuses applications dans le génie civil, l'industrie ou la construction de tuyauterie. Lorsque des bâtiments sont rénovés, un nouveau modèle 3D peut être utilisé pour détecter les interférences avec le nuage de points de la structure existante. Ce contrôle d'interférence aide à gagner du temps et à réduire les coûts durant toutes les phases du projet.



tension. On manque de plans fiables de l'existant. La prise de mesures de canaux est laborieuse et en général inconfortable en raison de l'exiguïté. Le travail dans les canaux comporte des risques : sols glissants, risques d'infection par germes et gaz toxiques. Le travail y nécessite un détecteur de gaz et des harnais anti-chute. Dresser l'inventaire de ces ouvrages exigus devient seulement économique avec la mise en œuvre de technologies modernes comme le scanner laser 3D.

### Un scanner de qualité et les bons accessoires

Cette tâche difficile n'est réalisable qu'avec un scanner à haute performance. La ScanStation P20 de Leica Geosystems maîtrise aussi les mesures à courtes distances et fournit des données d'excellente qualité même si les parois étaient couvertes d'eau.

Le trépied pour travaux dans les puits, de la société Nedo, a été utilisé pour les mesures dans la canalisation souterraine. Le scanner est suspendu en dessous de la tête du trépied. Ceci est rendu possible grâce à une plaque de montage adaptée à la fois au trépied et au scanner. Cet adaptateur a spécialement été conçu pour fixer le scanner laser 3D la tête en bas.

Préalablement à l'utilisation du scanner, un réseau de points de contrôle a été mis en place à l'aide du service SAPOS – positionnement par satellite – et le récepteur Leica GNSS GS12, puis ce réseau a été densifié à l'aide de la station totale Leica TCRP1202 .

Après mesure du point de référence situé au-dessus du regard de visite de la canalisation, le scanner sur le trépied de travaux spéciaux est glissé dans l'ouvrage

pour y effectuer le scan. Le trépied classique est toutefois utilisé dans les canalisations de dimensions plus larges.

Jusqu'à présent, le transfert du scanner d'un trépied de travaux spéciaux à un trépied classique nécessitait le desserrage d'une multitude de petites vis, une opération difficile dans des conditions de luminosité faible. Pour cette raison, l'adaptateur Nedo avait été amélioré en collaboration avec la société Goecke de Schwelm, afin de pouvoir être utilisé soit au-dessus de la tête du trépied, soit en position debout. Cette combinaison du scanner en position suspendu ou debout réduit considérablement la durée du travail de l'opérateur à l'intérieur de l'ouvrage et de ce fait son exposition aux gaz toxiques.

De retour au bureau et à l'aide du logiciel Cyclone de Leica Geosystems, les différentes positions de scans ont été transformées en un nuage de points géoréférencés. Les plans de masse et de coupe ont ensuite été générés avec Leica Cloudworx pour AutoCAD.

### Transfert du nuage de points au GIS

Le module Leica Cyclone PUBLISHER permet de transformer les nuages de points en représentations photo-réalistes pour navigateur Internet. Via internet et le plugin gratuit Leica TruView, la présentation photo-réaliste du nuage de points a été mise à disposition du donneur d'ordres dans le SIG de la commune pour servir aux inspections d'ouvrages et aux prélèvements de cotes.

Les services municipaux de Hennef, un organisme du droit public, utilisent cette technique pour mettre



le nuage de points à disposition au sein du système d'information relatif aux états des canalisations, appelé novaKANDIS, un système moderne de gestion de canalisations à base de Esri ArcGIS®. Les employés du département peuvent, par l'intermédiaire du client WebWEGA-MARS@novaKANDIS accéder aux informations des eaux usées en utilisant les hyperliens contenus dans le nuage de points.

Bernhard Lodewick, directeur du service gestion de données et inspection des eaux usées de la ville de Hennef, explique: « L'utilisateur sélectionne simplement un objet, afin de pouvoir accéder via Internet Explorer au nuage de points ».

En utilisant le TruSpace, on peut choisir rapidement et facilement la position du scan qui va s'ouvrir dans le navigateur web. Le KeyPlan propose une vue d'ensemble des positions de scan du projet. Une fois immergée dans une position, il est très facile de naviguer en cliquant sur les différents symboles représentant les positions voisines de scans.

*A propos de l'auteur:*

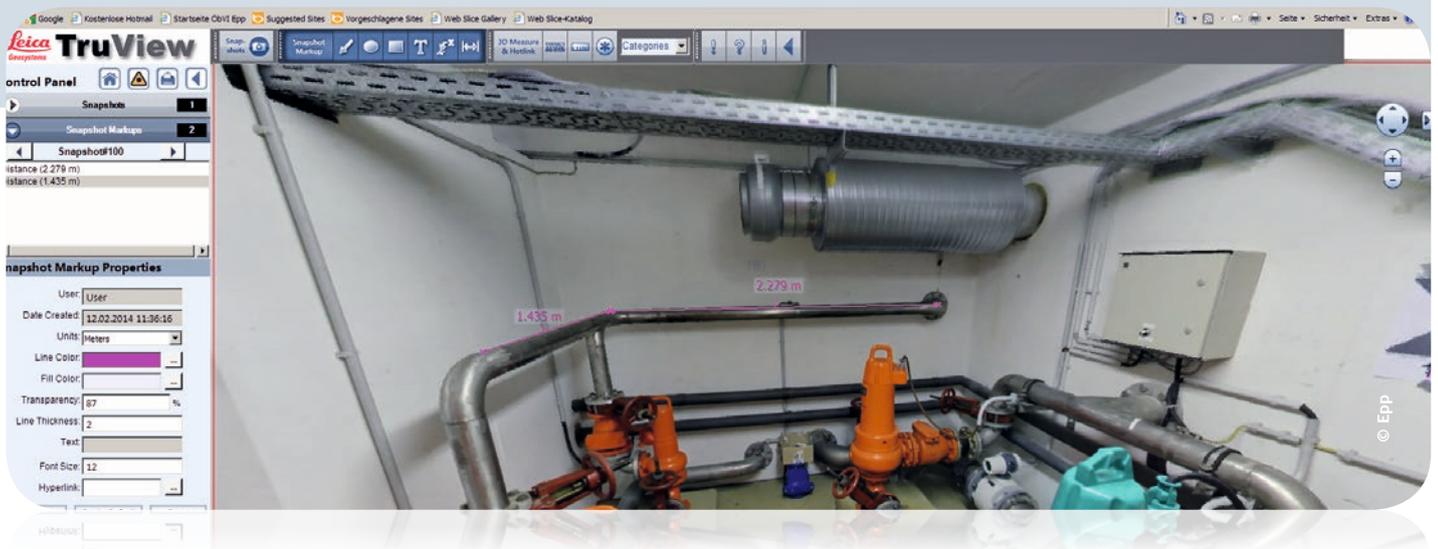
*Ulrich Epp est ingénieur et gérant du bureau d'études Epp à Siegburg.*

*info@vermessung-epp.de*

## Groupe de pompage avec cotation et lien Hypertexte

Leica TruView présente le nuage de points généré par scanner laser 3D, optimisé pour Internet. Pour la création d'une représentation photo-réaliste, une caméra numérique, montée à l'emplacement du scanner et munie d'un objectif fish eye, prend plusieurs photos de différents points de vue avec des temps de pose variés. La restitution de l'image HDR (image High Dynamic Range ou image à contraste élevé) issue d'une série de différents temps de pose est plus fidèle qu'une prise de vue unique. Les prises de vue sont assemblées en photo panoramique puis traitées pour la colorisation du nuage de points. Il en résulte un nuage de points colorisé, permettant à l'utilisateur de visionner les données de façon photo-réaliste, d'accéder sans connaissances en 3D aux coordonnées et

aux côtes et d'utiliser durablement le nuage de points. Pour exploiter le nuage de points, il faut se servir du Plug-in gratuit TruView pour Microsoft Internet Explorer. La photo panoramique 360° montre le nuage de points photo-réaliste du projet vu de l'emplacement du scanner. L'interaction de l'image d'arrière-plan avec les points colorés du scanner donne une impression réaliste. Cette vue peut être agrandie et tournée dans différentes directions. En cliquant les points d'image dans TruView, on peut afficher les coordonnées 3D ou mesurer les distances séparant deux points. Les résultats sont directement affichés dans le graphique. Ils peuvent être communiqués aux clients rendent les communications plus efficaces.



**active** >>  
Customer Care

Project Advice  
Warranty  
Product Advice  
Cloud Service  
Workflow Services  
Software Updates  
Workflow Training  
Equipment Maintenance  
Technical Support

# L'encadrement actif des clients, une activité clé

Face à l'évolution rapide des technologies de mesure géospatiale, les géomètres-topographes sont confrontés à de nombreux défis dans ce domaine : temps d'exécution courts, demandes d'intervention à brève échéance, forte pression du temps, hautes exigences de justesse, réaction rapide à des changements de plans, traitement de constructions complexes, certificats d'assurance qualité, etc. Il est impératif que les utilisateurs bénéficient d'une formation continue et d'une assistance technique pour fournir un travail très productif et plus efficace. Lawrence Dixon, directeur SAV EMEA, évoque les prestations que Leica Geosystems offre en matière de service après-vente et d'assistance. Il explique aussi pourquoi l'activité se recentre sur la qualité de l'expérience SAV faite par les clients à l'échelle

mondiale, dans une entreprise offrant tous les services, de A à Z.

## En quoi consiste votre travail ?

Il m'incombe de superviser tous les aspects du service après-vente. À cet égard, je dois veiller à une communication rapide et aisée entre les clients sur le terrain et nos experts techniques compétents. Je dois m'assurer de la mise à niveau et du bon état de fonctionnement de l'équipement, ainsi que de l'offre d'une excellente formation. Pour garantir le succès, nous travaillons en collaboration avec les utilisateurs. Dans le cadre de notre programme d'encadrement « Active Customer Care », nous proposons tout un éventail de packs d'assistance et de contrats de services définis sur mesure pour répondre aux différents besoins de nos clients. Pour résumer, nous souhaitons que la



relation entre le client et Leica Geosystems reste très bonne bien après l'achat. Mon devoir est d'y veiller.

### **Pourquoi des fonctions dédiées sont-elles nécessaires à cet égard ?**

Le besoin d'établir ces fonctions SAV dédiées s'est greffé sur le succès continu de nos solutions de mesure géospatiale. La demande d'une assistance technique a suivi le développement de l'activité, et nous avons toujours voulu que l'expérience utilisateur et la performance du produit soient excellentes, quel que soit le lieu d'intervention d'un client. Le service au client est une composante stratégique de notre culture d'entreprise, et la focalisation sur le client fait partie des valeurs clés d'Hexagon.

Les utilisateurs doivent maîtriser de nombreux challenges dans leur travail au quotidien, notamment : la pression du temps, la nécessité de disposer d'un équipement fiable, le transfert de données, la certification de l'équipement, l'exigence de réactivité immédiate et une assistance complète. Il est extrêmement important que nous disposions de spécialistes techniques compétents et formés, en mesure de traiter de façon rapide et efficace les requêtes de nos clients.

### **Pourquoi l'expérience SAV est-elle si importante ?**

Si nous voulons être le fournisseur des solutions de mesure les plus fiables, novatrices et performantes,

nous devons offrir une valeur ajoutée qui dépasse les composantes matérielles et logicielles. L'assistance et le service que nous proposons aident les utilisateurs à suivre le rythme imposé et leur donnent l'assurance de disposer d'un équipement en parfait état. C'est une condition de base pour atteindre une productivité maximale.

### **Comment les besoins des clients ont-ils évolué ?**

En tant que consommateurs, nous attendons des temps de réaction courts de la part des entreprises, notamment si nous avons besoin de leurs produits ou services pour réaliser une tâche. Il en va de même pour nos clients. Ils travaillent sous haute pression et doivent résoudre rapidement les problèmes qui se posent. Les solutions doivent être disponibles de plus en plus rapidement, et c'est le principal changement intervenu.

### **Qu'est-ce que Leica Geosystems propose en termes de service après-vente et d'assistance technique ?**

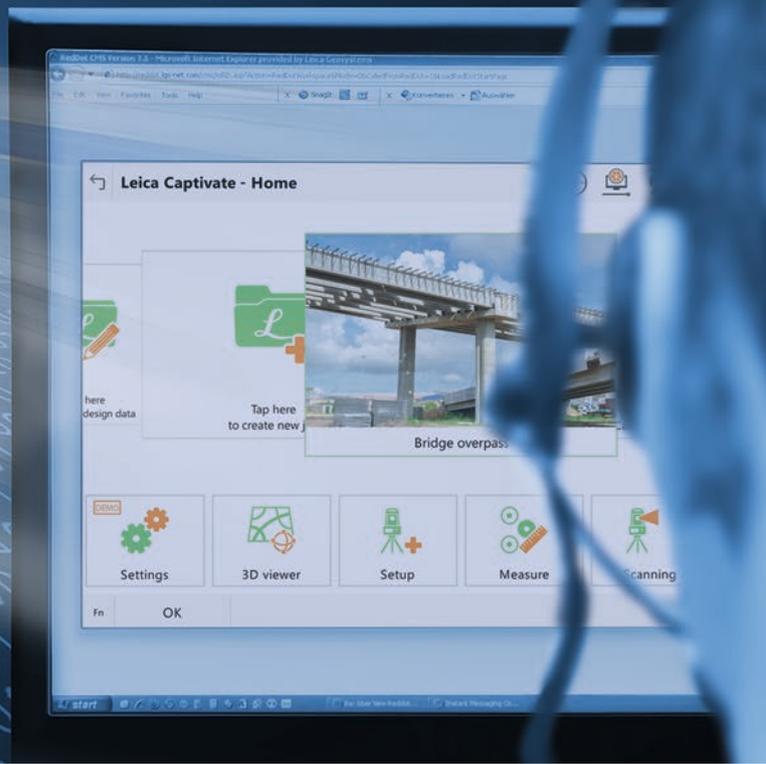
Nous offrons des prestations SAV complètes aux utilisateurs dans ce secteur. Notre concept Active Customer Care s'articule autour d'un réseau de service après-vente et d'assistance qui fait partie des plus étendus au monde, et la valeur ajoutée dont bénéficient nos clients couvre trois domaines principaux. Elle concerne d'une part le produit, comme la maintenance du matériel, les travaux de réparation et d'étalonnage. Elle se rapporte ensuite aux personnes, par exemple, à travers l'assistance technique, la formation, la communication avec les clients, et se réfère pour finir à la chaîne de travail, comme le service de positionnement temps réel Réseau RTK SmartNet. Pour rester à l'écoute de nos clients, nous continuons à recruter et à investir dans de nouvelles technologies, afin de procurer le plus haut niveau de service et le meilleur accès à l'assistance technique dans notre secteur.

### **Comment savez-vous que vos prestations répondent aux souhaits des clients ?**

Nous écoutons nos clients. Nous tenons compte de leurs besoins et réagissons rapidement à leurs demandes. Les sondages de satisfaction offrent aux utilisateurs l'opportunité de s'exprimer sur leur expérience avec Leica Geosystems et de faire des suggestions pour de futures optimisations. Cette démarche nous donne des informations quantitatives et qualitatives que nous pouvons utiliser pour mesurer notre progrès et améliorer en continu le service.



■ Un client Leica Geosystems reçoit une formation pratique.



■ Leica Active Assist fournit un accès direct à l'appareil pour l'assistance sur le terrain.

### Les développements technologiques ont-ils un effet sur le type d'assistance proposé ?

Ces dernières années, on a observé de grandes avancées en matière de prestations logicielles et d'infrastructure. Cela nous permet d'offrir une plus grande assistance sur le terrain avec une sécurité maximale. Avec Leica Active Assist, par exemple, un ingénieur SAV peut accéder à distance à un appareil sur le terrain et guider l'utilisateur pas à pas vers la résolution du problème. Unique dans ce secteur, Active Assist nous permet d'exploiter les compétences de Leica Geosystems dans l'assistance fournie aux clients pour relever les défis. Leica Exchange, qui permet un transfert aisé, rapide et sûr des données entre le terrain et le bureau, est une autre innovation.

### Comment l'expérience SAV varie-t-elle d'un client à un autre ?

Nous espérons qu'elle ne varie pas ! De la même manière que nous attendons de hautes performances de la part de notre équipement de mesure, nous aspirons à une excellente expérience SAV, indépendamment du client et du lieu. C'est bien sûr un challenge pour un acteur mondial, mais c'est aussi le message véhiculé par notre slogan « - when it has to be right ». Nous nous efforçons chaque jour d'atteindre ce but.

Un outil important à cet égard est le portail client myWorld. Ce service en ligne fournit à nos clients un accès immédiat aux manuels de produits et guides de formations, ainsi qu'un espace de saisie de requête

d'assistance. Une autre fonction utile pour nos clients est la possibilité de voir le statut de leur équipement pris en charge par l'un de nos centres de services, ce qui leur permet de programmer des activités en fonction de la date de retour.

### Quels sont, selon vous, les plus gros défis à l'avenir ?

Il est très important que le niveau du service après-vente et de l'assistance que nous fournissons soit homogène dans tous les pays. C'est la raison pour laquelle nous continuons à investir dans des ressources d'assistance et de service supplémentaires, afin de procurer à nos clients un meilleur accès et des temps d'exécution courts. Cela vaut aussi pour nos partenaires de distribution. Par bonheur, notre activité connaît un développement continu. Nous continuerons donc à élaborer et à implémenter des initiatives pour suivre la demande. C'est un défi très intéressant ! ■

*Pour plus d'informations sur l'Active Customer Care, visitez le site [www.leica-geosystems.com/de/acc](http://www.leica-geosystems.com/de/acc)*

*Lawrence Dixon est directeur du service après-vente EMEA chez Leica Geosystems. Il a rejoint l'entreprise en avril 1999 et occupé plusieurs fonctions commerciales. Il assume ses tâches actuelles depuis janvier 2013.*



# Haute sécurité pour le nouveau Métro de Copenhague

par Dieter Heinz

**Le Métro de Copenhague est l'un des plus modernes au monde. Avec la construction du nouveau réseau périphérique « Cityringen », la ville de Copenhague agrandit de deux tiers son métro et améliore l'infrastructure de la capitale danoise. Les lignes existantes M1 et M2 sont complétées par les lignes M3 et M4. En raison de conditions géologiques défavorables, de faibles taux de recouvrement et de la proximité d'ouvrages existants, la construction de tunnels d'une telle ampleur au cœur d'une ville ancienne comporte un risque important. Afin de déceler à temps tout début de déformation et de pouvoir lancer des actions correctives pour garantir la stabilité pendant toutes les phases du chantier, on a recours à différents systèmes de mesure géodésiques et géotechniques automatiques pour assurer la surveillance du projet. Les systèmes de mesure 3D, installés tout au long des galeries, gares et puits souterrains y jouent un rôle important.**

Les nouvelles lignes intègrent 17 nouvelles stations de métro, trois installations de triage de rames et un

nouveau centre de maintenance. Sur chaque ligne, ce nouveau réseau dans le sous-sol de Copenhague comporte deux tubes de tunnels parallèles d'une longueur d'environ 15,5 kilomètres. Ces nouvelles lignes assurent les liaisons entre la Gare principale des chemins de fer (København H) et la Garde de l'Est (Østerport) et sont reliées au réseau métropolitain existant. Tout comme les rames anciennes, les nouvelles lignes sont des systèmes de transport sans conducteur, entièrement automatisés.

Le coût total du projet avoisine les deux milliards d'euros. Les maîtres d'ouvrage sont le ministère du transport de Copenhague et la commune de Frederiksberg, représentés par la société Metroselskabet I/S. Le consortium de mise en œuvre est une co-entreprise italienne des sociétés Salini/Impregilo Tecnimont et SELI – Copenhagen Metro Team (CMT).

Mandatée pour assurer la surveillance de l'intégralité du projet, la co-entreprise allemande de GEODATA Ziviltechniker (techniciens du génie civil) GmbH et de la société d'INGÉNIEURS ANGERMEIER GmbH a créé la nouvelle entreprise SMT Denmark ApS pour les besoins de ce projet colossal.



© SMT Denmark ApS

### **Le rôle de la société SMT Denmark ApS**

Les tâches confiées à SMT Denmark ApS sont les surveillances géodésiques et géotechniques. Elles comprennent des nivellements de précision, la conception, la mise en place et le suivi de systèmes automatiques de surveillance 3D, l'installation et le suivi d'inclinomètres automatiques, de capteurs de dilatation, d'extensomètres et de systèmes de mesure du ragréage. Denmark APS assure en outre la gestion de la base centrale de données KRONOS, collectant et sauvegardant toutes les 30 secondes l'ensemble des résultats de mesure des quatre tunneliers (TBM) munis de transmetteurs de signaux. Près de 30 collaborateurs se consacrent intégralement à la surveillance du projet Cityringen.

### **Suivi des ouvrages joutant l'excavation de tunnels**

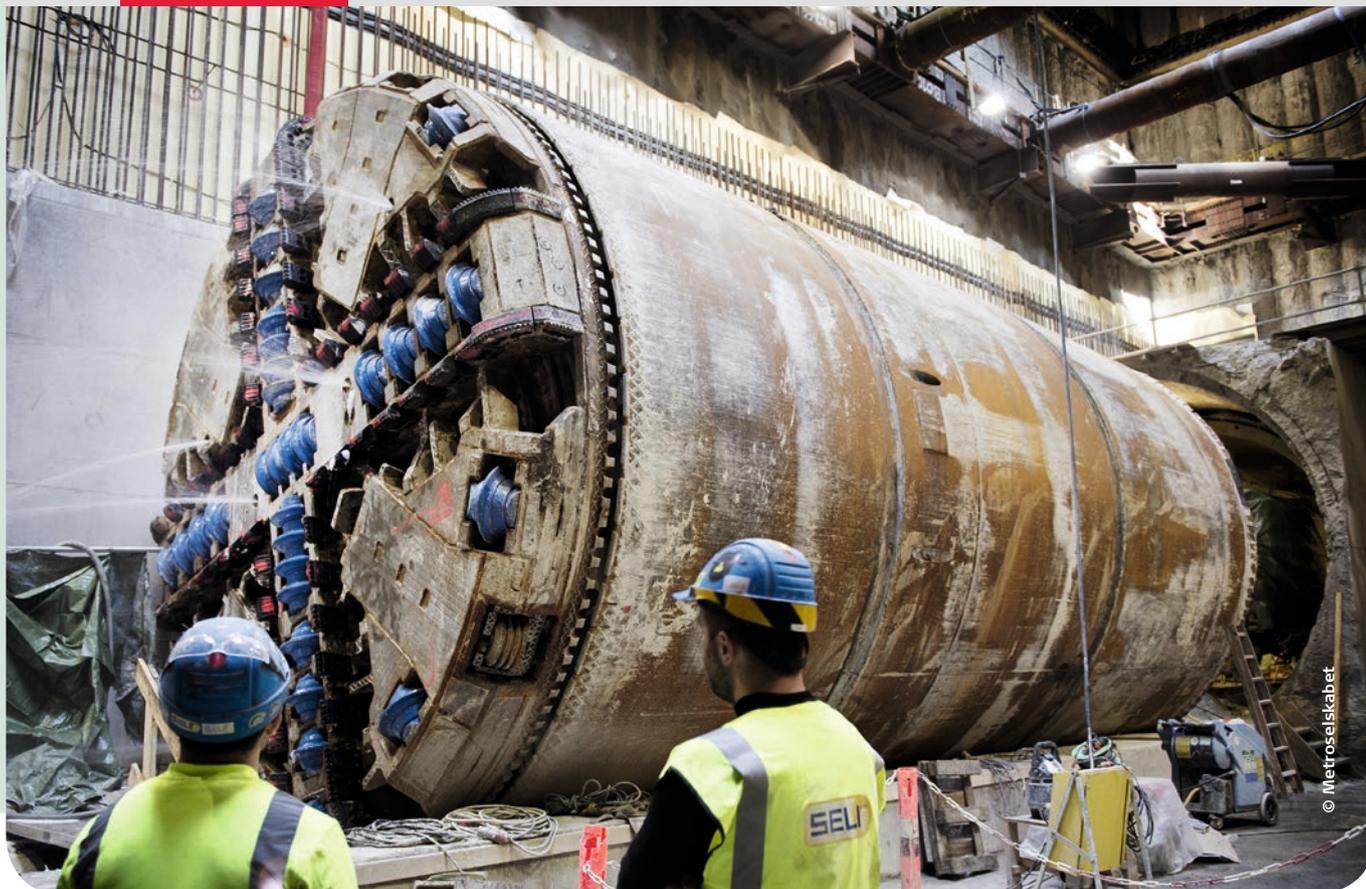
L'équipement de tous les puits et chantiers de stations de métro avec des systèmes automatiques de mesure 3D a débuté en janvier 2012. Le perçage des deux tubes de tunnels parallèles est effectué par 4 tunneliers (TBM). Décalées d'un certain tronçon, les deux paires de tunneliers percent les trajets du nouveau ring de métro.

A partir de l'été 2013, la progression des tunneliers est équipée de systèmes de mesure. À cet effet, les différentes stations totales ont été regroupées en réseaux pour que le planificateur puisse suivre les tendances au tassement (appelées « zones d'influence ») en temps réel et avec un maximum de précision. Ce réseau de mesure et de surveillance comprend jusqu'à huit stations totales Leica TM30, pilotées via WLAN à partir d'un PC central.

### **Instruments de surveillance de Leica Geosystems**

Les deux sociétés créatrices de la Denmark APS sont d'anciens clients Leica Geosystems qui ne sont plus à convaincre. C'est la raison pour laquelle cet excellent fabricant Suisse a, dès le début du projet, été choisi comme fournisseur d'instruments et d'accessoires de mesure géodésiques. Pendant la durée du projet, il s'est de nouveau avéré que c'était le meilleur choix. La précision de ces instruments est telle que les résultats du système de mesure 3D et ceux obtenus par les appareils traditionnels Leica DNA03 avec mire invar de 2m concordent à un demi millimètre près. L'excellence de la qualité des mesures est déterminante pour la réussite du projet.





■ Un tunnelier arrive sur l'une des stations des nouvelles lignes de Métro de Copenhague.

### 60 000 mesures silencieuses par jour

Tous les systèmes automatiques de mesure transmettent leurs résultats par intervalles de deux heures. Dans des situations critiques et en fonction du nombre de points de mesure, la périodicité des transmissions est réduite à une heure, voire à 30 minutes.

La surveillance des tassements au moment où le tunnelier devait chevaucher le tube de la ligne métro existante était un cas particulier. Dans cette phase critique des travaux, la périodicité de dix points de mesure a dû être augmentée à 90 secondes afin de pouvoir régulièrement suivre les tassements lors du passage.

Le logiciel tachymétrique Observer, un programme développé par la société ANGERMEIER INGENIEURE GmbH, pilote les tunneliers. Les erreurs les plus importantes sont automatiquement éliminées au sein même de chaque cycle de mesure. Ensuite, toutes les valeurs de mesure sont transmises à un dispositif de compensation et d'évaluation. Si les résultats sont dans les tolérances requises, le protocole des données est transféré dans la base de données KRONOS, le logiciel de la société GEODATA Ziviltechniker GmbH. En cas d'une défaillance de la transmission de données et si les seuils internes d'avertissement et d'alerte étaient transgressés, par exemple si les valeurs de compen-

sation étaient hors tolérances, un groupe prédéfini de responsables recevrait immédiatement et automatiquement les messages d'alerte.

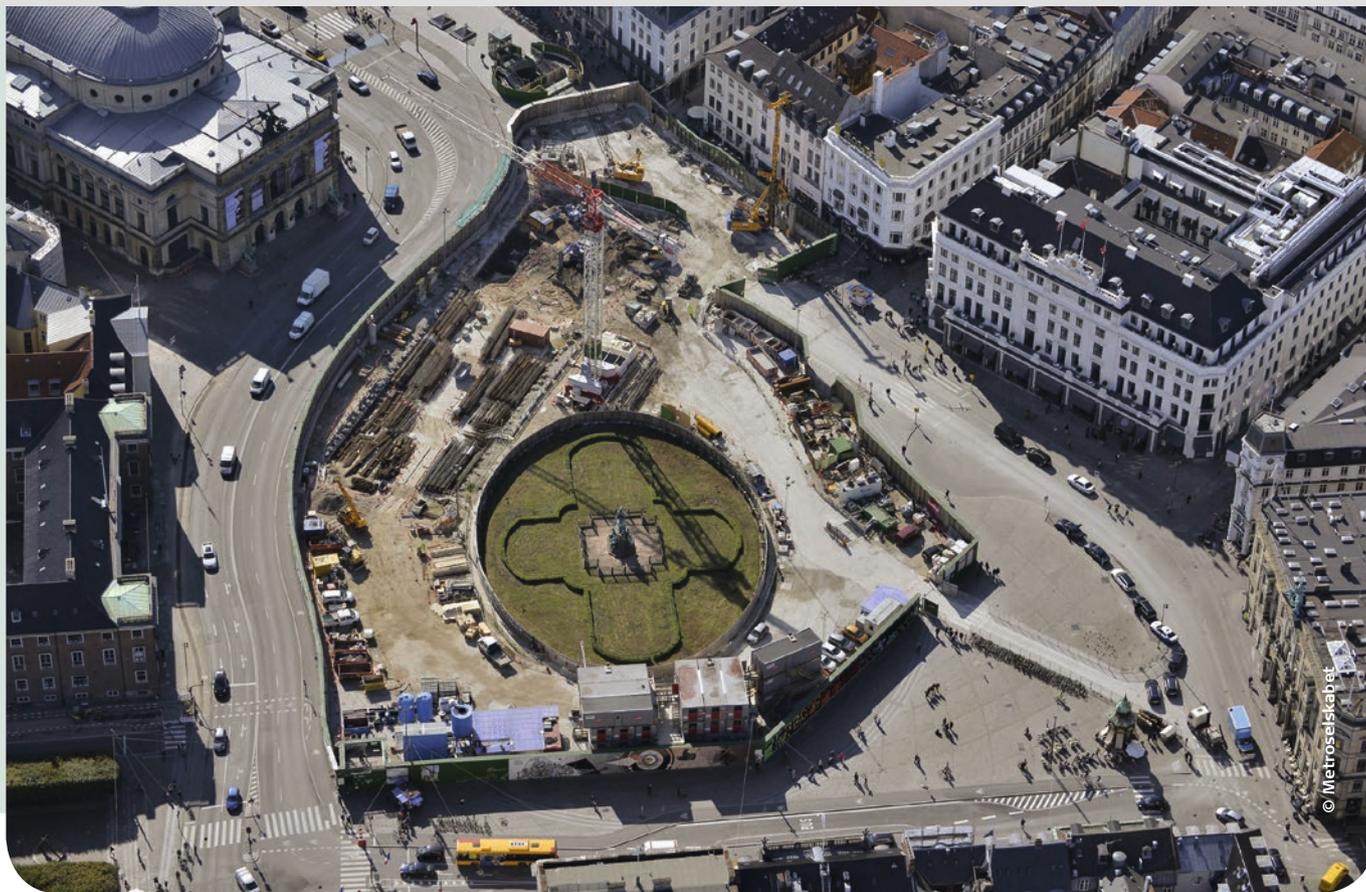
Jusqu'en décembre 2014, 72 appareils Leica TM30 ont été installés aux 21 nouveaux ouvrages. En moyenne, 21 stations totales Leica TM30 se trouvent tout au long du trajet du tunnel. Démontées environ quatre mois après achèvement de la section, elles sont installées sur l'une des sections suivantes.

Plus de 4 000 prismes de guidage ont été installés en même temps que les stations totales. À l'aide de ces prismes, 60 000 mesures environ sont effectuées par jour. Au total, ce sont plus de 44 millions de mesures 3D automatiques, accompagnées de 600 000 nivellements manuels qui ont été enregistrés à ce jour.

Le très faible niveau sonore des stations totales Leica Geosystems est un autre avantage important. Ils peuvent fonctionner à proximité de fenêtres de chambres à coucher sans gêner le sommeil des résidents.

### Prise en charge permanente des stations totales

Quatre collaborateurs sont chargés en permanence des stations totales. Leur tâche comprend le montage,



■ Une vue aérienne de la construction d'une nouvelle Ligne de Métro à Copenhague.

le réglage et au besoin le dépannage des différents systèmes dans les gares du métro et les sections des tunnels. Après le passage des deux tunneliers, ces quatre opérateurs démontent les stations totales et les installent sur le chantier suivant. Les systèmes de mesure 3D restent toutefois en place dans les gares en construction.

A partir du central, tous les calculateurs sont accessibles à distance, un avantage indéniable en cas de perturbations. Si la télémaintenance ne peut résoudre le problème, une équipe de dépannage est dépêchée sur le site. De nombreuses perturbations proviennent d'activités normales du chantier, par exemple coupures de l'alimentation électrique ou interruptions de faisceaux lumineux entre prismes de référence et de déviation par les grands engins du chantier.

Afin de faciliter et d'accélérer les montages, les démontages et les entretiens de prismes et de stations totales, la société Denmark APS s'est équipée d'un camion à plate-forme élévatrice de 3,5 tonnes.

### Équipes expérimentées – Systèmes fiables

L'exploitation d'un aussi vaste projet de surveillance, dédié à la sécurité et au bien-être des habitants de Copenhague, est un énorme défi pour le personnel et les systèmes de mesure.

Le savoir-faire des équipes correspond aux exigences. Les processus internes sont constamment améliorés et optimisés. Les composants du logiciel Observer sont en permanence adaptés aux fluctuations des exigences de ce projet complexe de surveillance.

Les appareils, quant à eux, répondent aux attentes les plus exigeantes de qualité, de précision et de fiabilité. Il en est de même pour les collaborateurs qui maîtrisent rapidement et sûrement les problèmes et perturbations. Les stations totales de surveillance TM30 de Leica Geosystems sont donc parfaitement choisies pour la maîtrise de cette tâche colossale. ■

*A propos de l'auteur:*

*Dieter Heinz est géomètre en chef du projet « Cityringen of Copenhagen » et fait partie du personnel de la société SMT Denmark ApS.*

*dieter.heinz@smt-geomonitoring.dk*

# London Power Tunnels : contrôle de l'intégrité des données en temps réel

par Konrad Saal

National Grid s'est engagée dans un projet de sept ans, London Power Tunnels (galeries d'alimentation électrique de Londres), pour contribuer à pérenniser la fourniture d'électricité à la capitale du Royaume-Uni. L'amélioration de l'infrastructure d'acheminement nécessitait le creusement d'un réseau de tunnels à travers la ville, qui serait capable d'accueillir ce qui a été décrit comme la nouvelle « super autoroute souterraine de l'électricité ». Pour construire ces tunnels, National Grid a engagé Costain Group, l'un des plus importants prestataires de solutions d'ingénierie du Royaume-Uni. Ce dernier utilisa la MultiStation Nova MS50 de Leica Geosystems pour scanner les tunnels et le logiciel TMS Tunnelscan d'Amberg Technologies pour traiter les informations générées au cours du projet.

EDès le commencement du projet, il fut manifeste que l'équipe de topométrie serait confrontée à un certain nombre de difficultés. Les travaux consistaient à construire 33 km de segments de tunnels alignés traversant le centre de Londres, incluant 14 puits et chambres revêtus de béton par pulvérisation (SCL).

L'excavation des chambres d'accès autour d'une laiterie désaffectée s'avéra être l'un des aspects les plus problématiques, car la paroi de béton, de forme circulaire de 4 mètres de diamètre, devait se transformer rapidement en section fortement elliptique de 8 mètres de large.

Nigel Drayton, directeur du service de topométrie pour London Power Tunnels faisait partie de l'équipe char-



■ Nuage de points 3D sur l'écran de la MultiStation.



gée de creuser les chambres d'accès de la laiterie. Il fait la remarque suivante: « Comme les chambres d'accès devaient avoir une section elliptique, il était très difficile à l'œil de discerner des imperfections dans la forme du tunnel. Nous devons être sûrs de respecter les tolérances imposées, les galeries devant avoir une précision de 1 cm par rapport au profil défini. »

Comme souvent, les nouveaux tunnels devaient être réalisés rapidement pour minimiser la perturbation causée à l'activité des tiers. Cela signifie que le relevé conventionnel était à exclure. « Le traitement des données aurait tout simplement demandé trop de temps », explique Nigel. L'équipe devait trouver une nouvelle solution capable de fournir des données de haute précision dans le temps imparti.

Comme les ingénieurs de Costain Group avaient auparavant travaillé avec Leica Geosystems et en avaient gardé un bon souvenir, ils décidèrent d'opter pour la MultiStation, qui était capable de balayer l'avancement des galeries selon une grille de 1 cm. Les données furent alors traitées par le logiciel TMS Tunnelscan d'Amberg Technologies, qui put extraire des profils d'excavation centrés tous les 10 cm en 10 minutes environ. « Nous pouvions alors vérifier très vite s'il fal-

lait contrôler à nouveau les zones de tolérance avant de poursuivre les travaux », ajoute Nigel.

Une fois le tunnel creusé selon le profil souhaité, il fut garni d'un revêtement par pulvérisation de béton. Alors que le béton était encore maniable, la MultiStation Nova MS50 fut à nouveau utilisée pour vérifier si le revêtement frais avait l'épaisseur requise. Les données obtenues purent également être conservées dans les archives de la construction.

### **Des profils de tunnel précis**

Grâce à la MultiStation Nova MS50, on réussit à générer des profils précis dans de très brefs délais. Avec le workflow continu et la technologie de mesure intégrée, l'équipe de construction a pu réaliser le scan et l'analyse requis avec efficacité et précision. Le déchet de matériaux et le besoin de remaniement furent réduits. Il en résulta un gain de temps et d'argent aussi bien pour Costain Group que pour National Grid.

Amberg Technologies est un partenaire de longue date de Leica Geosystems, et la MultiStation Nova MS50 s'intègre facilement dans TMS Tunnelscan. « L'équipe a constaté que la technologie de scan était simple d'utilisation et que l'assistance technique, immédia-



Depuis plus de trente ans, Amberg Technologies AG développe des solutions conviviales pour l'acquisition et le traitement de données géoréférencées dans le domaine du développement d'infrastructure. Cette entreprise Suisse offre des produits standardisés, des solutions adaptées aux besoins de ses clients et des services conçus sur mesure pour les projets dans les domaines de la topométrie concernant les voies ferrées et les tunnels, les inspections de tunnels et la sismique spécifique aux tunnels. Trois applications distinctes réunies sous le nom « Solution TMS » sont

utilisées pour réaliser l'étude topométrique durant la conception et la construction d'un tunnel. Elles permettent d'obtenir la topométrie exacte d'un grand nombre d'aspects essentiels, tels que le profil du tunnel (avec les écarts en temps réel entre la surface réelle et le plan), le contrôle automatique de l'axe du tunnel et l'implantation précise de toutes les installations du tunnel. En outre, l'analyse complète et la documentation des dimensions, des déformations et de l'état structurel du tunnel font partie du champ d'application de la Solution TMS.

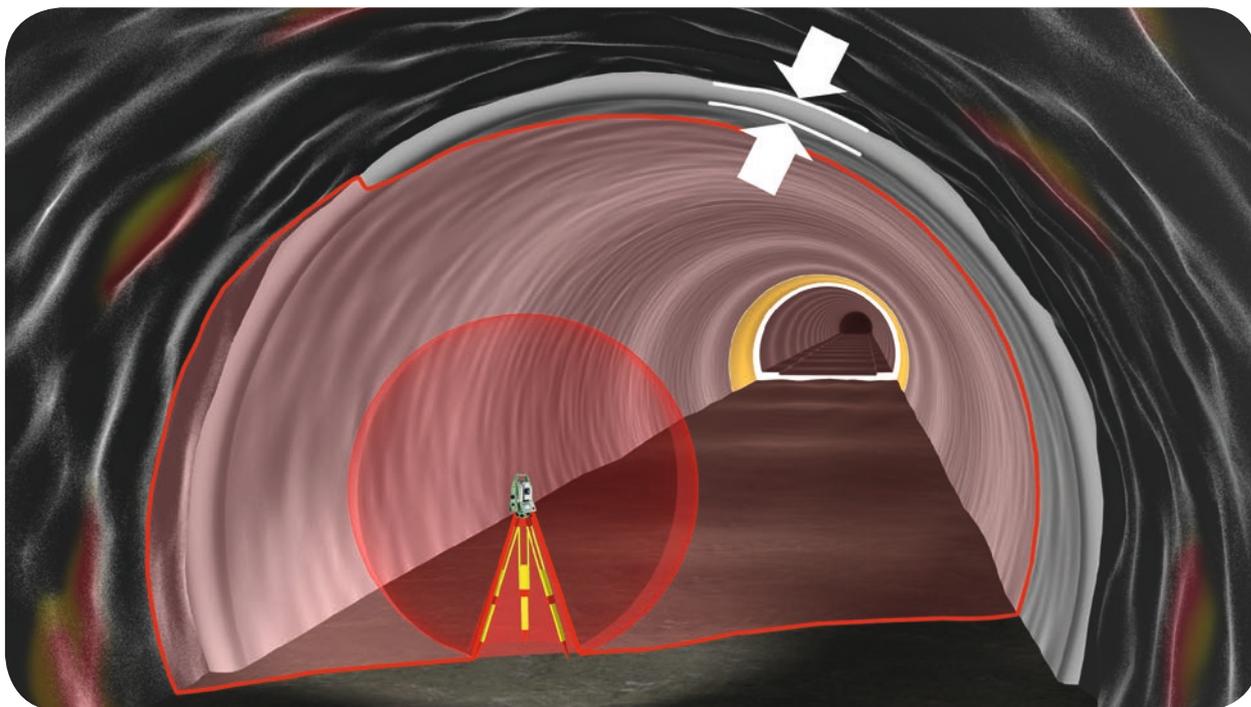
tement disponible, n'avait pas son pareil », conclut Nigel. « L'intégrité structurelle du tunnel est absolument primordiale; le niveau exceptionnel de précision des instruments Leica Geosystems nous a fourni une assurance qualité très fiable. »

La technologie de mesure précise de la MultiStation Nova MS50 et son logiciel intuitif permettent à ses utilisateurs de faire des choix judicieux dans une gamme d'applications sans précédent. C'est le premier appareil de mesure au monde qui combine le scan, la station totale, l'imagerie et le positionnement GNSS en

un seul instrument dont les résultats sont fiables et rapides. En 2013, Costain Group fut récompensé pour « L'usage le plus innovant d'une nouvelle technologie de topométrie » pour avoir utilisé la MultiStation Nova dans le projet London Power Tunnels. ■

*À propos de l'auteur:*

*Konrad Saal est ingénieur en topométrie et responsable des communications marketing chez Leica Geosystems AG, à Heerbrugg en Suisse.  
konrad.saal@leica-geosystems.com*



■ La solution TMS Tunnelscan et le Navigateur Amberg permettent de livrer des résultats en temps réel.



# Leica Captivate ouvre une nouvelle ère

par Monica Miller Rodgers, APR

Il y a 24 ans, Shawn Crawford débutait sa carrière dans le domaine du levé topographique avec un théodolite non robotisé et rêvait de pouvoir mieux catégoriser ses travaux et modéliser les informations, mais ses rêves étaient loin de se concrétiser. Les mots comme « technologie tactile » et « applications personnalisables » n'étaient même pas entrés dans le langage courant. Comme la plupart des autres géomètres, il consacrait de gros efforts à positionner ses grands jeux de données pour tirer le maximum de valeur ajoutée pour chaque projet.

Accélérons le temps sur près de deux décennies et demie à l'époque du Géomètre 2.0 : un professionnel qui ne se contente pas de mesurer les angles et les distances, mais un gestionnaire de données qui travaille en 3D au quotidien, qui ne se contente pas de pointer les coordonnées d'un projet mais qui modélise des structures entières. Grâce aux progrès des technologies de mesure, comme les stations totales robotisées et le scanner laser 3D, le géomètre d'aujourd'hui manipule plus de données que jamais; données qu'il convient de trier soigneusement pour en tirer la signification.

Cette procédure est minutieuse et peut demander une mobilisation considérable de temps et d'efforts. Pendant des années, alors que les mesures étaient devenues plus complexes, les géomètres n'ont manipulé qu'une représentation partielle de la réalité des sites dans les interfaces de leurs logiciels. Oublier des points indispensables, revenir sur le terrain une fois les données visualisées au bureau – ce qui occasionne des coûts supplémentaires importants – se débattre avec d'énormes jeux de données pour trouver celles qui sont utiles au projet ... les géomètres ne connaissent que trop bien toutes ces difficultés.

## Une nouvelle ère de l'expérience utilisateur

Après avoir demandé l'avis de clients tels que Crawford et analysé les tendances observées sur les smartphones, les développeurs de Leica Geosystems ont mis au point Leica Captivate, un logiciel fondé sur la technologie tactile et qui comporte des applications personnalisables pour un grand nombre d'instruments de mesure, parmi lesquels les stations totales, les MultiStations et les systèmes GNSS (géolocalisation et navigation par un système de satellites). Ce nouveau logiciel permet aux géomètres et autres professionnels de la mesure de combiner le lever et le codage pour produire un modèle 3D interactif dans lequel les utilisateurs ont la possibilité de zoomer, faire des



panoramiques et tourner autour du rendu pour une visualisation et une manipulation optimale.

« Lorsque nous avons écouté nos clients, nous avons remarqué que le mot qui revenait sans cesse était la simplicité. Les anciens logiciels n'étaient pas très faciles à utiliser et nous savions que les professionnels bien occupés avaient besoin de pouvoir accéder et travailler plus facilement avec les données qu'ils capturaient sur le terrain » déclare Alastair Green, Directeur des programmes et logiciels de topographie et des contrôleurs Leica Geosystems. « Nos clients travaillent souvent à des tâches similaires comme le codage de caractéristiques, le dessin et le piquetage. Pour que l'expérience du client soit positive, il est capital que ces aspects fondamentaux de leur travail demeurent simples et agréables. Grâce aux applications conviviales et à la technologie tactile de Leica Captivate, les professionnels gagnent du temps, de l'argent et des efforts car ils peuvent actualiser directement les informations du site dans les modèles 3D les plus réalistes proposés par un logiciel de mesure. »

Dans Leica Captivate, l'utilisateur peut faire fusionner le recouvrement des points de mesure, des modèles 3D et des nuages de points en une seule vue. Cette capacité à réussir du premier coup une opération permet à l'utilisateur de travailler instantanément avec la réalité de n'importe quel site en étant sûr de n'oublier aucun point dans l'image et en évitant de devoir retourner sur le terrain.

Crawford, le directeur régional adjoint pour la topographie chez ESE Consultants à Boston, également bêta-testeur de Leica Captivate, apprécie particulièrement la possibilité de vérifier sur place qu'une tâche est complètement terminée au lieu de devoir retourner au bureau pour y télécharger les images.

« Leica Geosystems a fait un pas de géant en intégrant les balayages 3D dans le logiciel et en permettant de déformer et faire tourner les modèles 3D pour augmenter les possibilités de visualisation. Pouvoir visualiser un lever à l'écran, directement sur le site, pour y vérifier l'absence d'erreurs ou de lacunes avant de retourner au bureau permet au géomètre d'être certain d'avoir recueilli toutes les informations dont il a besoin », explique-t-il. « Devoir dire à quelqu'un qu'il doit retourner sur le site parce qu'il n'a pas recueilli toutes les informations est vraiment la dernière chose dont nous avons besoin ».



### **Les premiers instruments de mesure au monde qui s'adaptent en continu aux conditions du terrain**

Leica Captivate renforce également les possibilités de la dernière génération de stations totales Leica Viva et Nova et des MultiStations. Grâce à la reconnaissance de cible améliorée ATRplus, ces instruments peuvent désormais se verrouiller sur une seule et même cible, même dans les conditions les plus difficiles.

Avec sa technologie de détection améliorée, ATRplus détecte les éléments non pertinents du terrain, comme les réflecteurs, les lumières fortes et la pluie, et les élimine automatiquement de la cible. Dans le cas d'une ligne de visée interrompue, ATRplus a aussi le délai de verrouillage le plus court qui soit dans ce domaine.

« C'est le premier pas vers l'intelligence artificielle dans les stations totales robotisées », déclare David Dixon, directeur du programme Stations totales de Leica Geosystems. « Les capacités de verrouillage antérieures pouvaient se trouver amoindries dans les environnements difficiles, comme avec les fortes pluies ou le reflet dû à la chaleur. Cela faisait perdre du temps et des ressources précieuses. ATRplus garantit désormais à nos clients qu'ils obtiendront les bonnes infor-



■ **Leica Captivate augmente les performances des nouvelles stations totales Leica Viva, Nova et des MultiStations.**

mations, quelles que soient les difficultés. Cela leur permet de se concentrer sur des tâches plus importantes. »

De même que la nouvelle MultiStation Leica Nova MS60 et les stations totales Nova TS60 et Viva TS16, la nouvelle édition de Leica Captivate comprend un nouveau contrôleur et une tablette. Le contrôleur Leica CS20 et la tablette CS35 permettent d'accéder à distance aux MultiStations et aux stations totales. Ils sont désormais équipés d'un plus grand écran pour offrir de meilleures visualisations et faciliter les transitions tactiles.

### **Une solution tout compris**

Alors que pendant des années les géomètres et autres professionnels de la mesure devaient se contenter de représentations en 2D de leurs projets, Leica Captivate leur offre aujourd'hui la possibilité de s'immerger pleinement dans la réalité des données qu'ils ont capturées. Ce nouveau logiciel intégré à des instruments de précision offre une solution globale pour aborder les pratiques complexes de la mesure, de la vérification, du piquetage et du balayage. Grâce à ses modèles 3D réalistes et à sa capacité inégalée de verrouillage sur une cible, tous les professionnels du secteur, qu'ils soient expérimentés ou non, peuvent à présent travail-

ler en ayant la certitude de n'avoir oublié aucun point, petit ou gros.

Pour Crawford comme pour tous les autres géomètres 2.0, les avancées technologiques telles que Leica Captivate font progresser l'activité comme il se doit dans le monde au rythme effréné d'aujourd'hui. Leurs besoins et la manière dont ils les expriment et y satisfont évoluent au même rythme que leur discipline.

« Leica Captivate constitue une étape dans l'évolution de nos technologies usuelles. Comme avec les smartphones, la possibilité de personnaliser les applications avec des images et d'interagir avec d'un simple geste nous est extrêmement utile », déclare Crawford. « Nous pouvons maintenant visualiser notre travail immédiatement après l'acquisition au lieu de devoir attendre d'être revenus au bureau. Être capable de se repérer dans une représentation numérique 3D est tout simplement incomparable. » ■

*À propos de l'auteur :*

*Monica Miller Rodgers, APR (agrée en relations publiques), est une experte des communications marketing et est rédactrice principale pour Hexagon Geosystems.*

*monica.miller-rodgers@hexagon.com*

# Numérisation HD au laser sous l'Elbe

par Konrad Saal

Environ 28 mètres en dessous de la surface du fleuve Elbe se situe l'un des principaux ouvrages d'infrastructure de l'Europe du Nord : le tunnel de l'Elbe de Hambourg. Faisant partie de l'auto-route allemande A7, ce tunnel relie le Sud avec le Nord de la ville de Hambourg, ainsi que les pays scandinaves avec les métropoles européennes. La longueur du tunnel est de 3,3 kilomètres environ dont 1 000 mètres environ sont situés au-dessous du lit de l'Elbe. Aux heures de pointe, un maximum de 145 000 voitures et camions traverse quotidiennement les quatre tubes du tunnel. Suite aux dernières directives relatives à l'équipement et à l'exploitation de tunnels routiers et afin de garantir la sécurité de cette importante voie de communication dans les années à venir, les trois anciennes galeries du tunnel ont été réhabilitées entre 2009 et 2013. Dans le cadre de ces travaux, l'Agence régionale pour la géodésie et les informations géologiques a chargé le bureau d'ingénierie Dr. Hesse & Partenaire (dhp:i) de la documentation de tous les tubes du tunnel par numérisation cinématique 3D

au laser, afin de fournir à l'exploitant du tunnel de l'Elbe (la société LSBG, Landesbetrieb für Straßen Brücken und Gewässer) des relevés précis de l'existant après cette dernière modernisation importante.

Ces informations géologiques de référence sont également nécessaires à la maintenance, à l'entretien et au support des processus de la planification, à la conception, la construction et la gestion du tunnel sous l'Elbe et serviront de base au futur « Building Information Modelling (BIM) ».

A cet effet, il est nécessaire de répertorier précisément et à quelques centimètres près, tous les objets et moyens d'exploitation du tunnel, comme les installations de sécurité et d'approvisionnement en énergie, air et eau, les infrastructures techniques du transport, les sorties de secours, les signalisations des voies de fuite, les niches d'exploitation et des téléphones d'urgence, les systèmes de protection anti-incendie, les puits d'aération, les éclairages, caméras et haut-parleurs, ainsi que les sondes de la télématique routière et de la technique d'exploitation, soit en total plus de 200 objets 3D différents.



### Sélection du processus approprié

Vu l'importance du tunnel de l'Elbe pour le flux du trafic hambourgeois, les périodes de fermeture pour les besoins des mesurages devaient être réduites au minimum. Dès le départ il était évident que ces activités devaient intervenir aux heures creuses du trafic, entre 20h00 et 5h00 et qu'un seul tube du tunnel à la fois devait être fermé.

L'appel d'offres spécifiait expressément une numérisation cinématique au laser. Pendant l'évaluation des offres, plusieurs systèmes de numérisation mobiles, liés aux véhicules de différents prestataires ont été examinés. Le système ProScan T-Series de la société p3D Systems GmbH a finalement été sélectionné en raison de la facilité d'intégration au dispositif Leica ScanStation P15, sa rapidité et sa grande précision de saisie.

L'ingénieur Bernhard Cieslik, directeur de la géodésie communale Agence régionale pour la géodésie et les informations géologiques, responsable de ce projet, précise: « Le système de numérisation cinématique utilisé par la société dhp:i nous garantit non seulement la précision la plus élevée et la saisie complète

de tout l'ouvrage du tunnel, mais nous fait de surcroît bénéficier de la certitude de pouvoir faire confiance à la qualité des données tout en minimisant les périodes de fermeture de ce tunnel important. »

Le système cinématique ProScan T-Series, dont le T signifie Tracking (suivi) par les stations totales du fabricant Suisse Leica, est un système mobile de numérisation au laser, guidé manuellement. Un système de référence inertielle (IRS/IMU) et un scanner-laser de série, comme la ScanStation P15, sont montés sur un chariot roulant et complétés par une tablette assurant le pilotage et la saisie de données. Dans ce système, la précision du positionnement est fournie par les stations totales Leica TS30 et Leica Viva TS15i qui suivent le prisme monté sur le système mobile et effectuent 8 mesures par seconde environ.

L'avantage de cette méthode de saisie réside d'une part dans le référencement directe avec le système effectué par le suivi des stations totales, éliminant de ce fait la mise en place de points de passage, nécessaires aux systèmes montés sur véhicule automobile, et, d'autre part, dans la grande précision du nuage de points tout en offrant une très haute résolution et la



possibilité de pouvoir toute de suite traiter et contrôler les données récoltées par la mesure, c'est-à-dire « sur place ».

Les premiers calculs prévisionnels ont montré que cette solution permettrait la numérisation haute résolution d'un tube de tunnel entier par nuit.

### La mesure - un tunnel par nuit

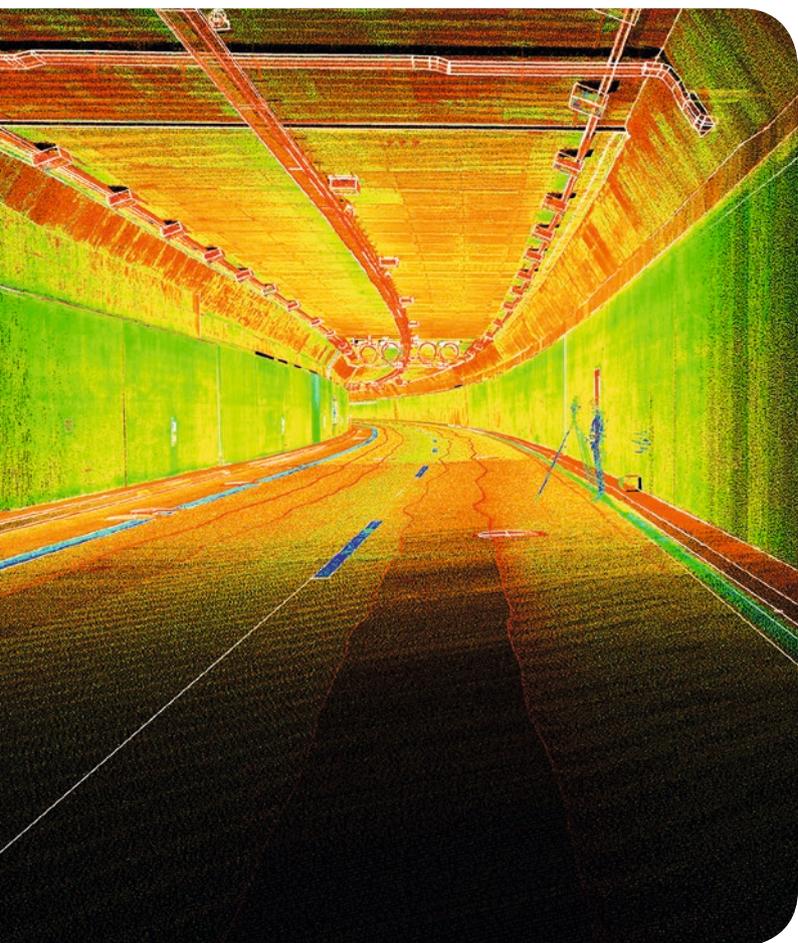
La mesure des quatre tubes a pu être achevée avec quatre interventions de nuit. La planification intensive et la conception détaillée de mesures ont permis un bon déroulement de la collecte et l'évaluation de données. Dès la première mesure, la durée d'arpentage d'un tube de tunnel était largement inférieure au temps planifié de neuf heures.

Cependant, la numérisation sur le site ne devait pas seulement saisir les données des murs du tunnel, mais également toutes les installations, comme les panneaux de signalisation et les puits d'aération. A cet

effet, la longueur du tube-tunnel avait été divisée en sections de 300 mètres environ dont chacune a été scannée deux fois par un aller-retour d'à peu près 40 minutes.

Grâce à la saisie double, les zones de masque ont pu être éliminées et il a été démontré que la numérisation cinématique au laser permettait une précision supérieure à 10 mm.

Pour utiliser le système de numérisation cinématique sans interruption et le plus efficacement possible, les tâches des trois collaborateurs sur site avaient soigneusement été orchestrées. L'un des opérateurs avançait en continu le dispositif ProScan le long de la section de 300m du tunnel, tandis que les deux autres suivaient en alternance la cible avec leurs deux stations totales Leica Geosystems. Les temps d'arrêt n'étaient nécessaires qu'au début et à la fin des mesures et au moment du remplacement des batteries d'alimentation.



## Mise à disposition des données conformément aux normes

De nombreux Länder allemands exploitent des modèles de données normalisés pour leurs projets d'ouvrages et infrastructures. Leur contenu doit être conforme aux catalogues de normalisation afin que les professionnels travaillant avec ces informations reçoivent des données uniformisées. Le catalogue hambourgeois de normalisation décrit depuis 2008 une normalisation détaillée pour les bases de données numériques de la planification du trafic. Ce catalogue spécifie notamment la structure, le format et la signature des données. La norme définit par exemple la structure et les noms des couches (layers), les types de lignes ou blocs, les hachures et les cotations. Comme extension du catalogue hambourgeois de normalisation 2D, tous les objets CAD à modéliser dans le cadre du présent projet, ainsi que la géométrie complète du tunnel, ont été construits en 3D.

Sur place, le réseau de points de référence de position et de hauteur, installé par l'Agence régionale pour la géodésie et les informations géologiques – un réseau habituellement utilisé pour les mesures de conservation et de justification de preuves et pour la mise en œuvre d'aménagements – a servi au positionnement des stations totales.

La vitesse à laquelle le système passait dans le tunnel avait été adaptée à la résolution d'objets souhaitée. En raison des nombreux petits objets fixés aux parois du tunnel, il était nécessaire de respecter deux centimètres comme distance maximale des points de mesure; il en résultait une vitesse de numérisation de 0,5 mètres par seconde.

Le gérant de la société dhp:i, le docteur Christian Hesse, explique à ce sujet: « Bien que nous ayons déjà réalisé plusieurs dizaines de projets avec ce système, la rapidité de saisie à l'aide du Leica ScanStation P15, des stations totales Leica Geosystems et du p3d ProScan, est à chaque fois impressionnante. Une résolution comparable d'objets à travers une numérisation par laser fixe, monté sur trépied, aurait au minimum demandé trois fois plus de temps. »

Après la numérisation laser, les résultats de mesure des stations totales ont sur place été importés de la carte mémoire afin de pouvoir lancer le référencement géodésique automatique avec p3d PCloud.

Une fois cette opération terminée, les nuages de points ont été importés, filtrés et nettoyés dans Leica Cyclone 9. Pour rationaliser la création de plusieurs milliers d'objets 3D, les bases de données Cyclone ont ensuite été intégrées dans AutoCAD à l'aide du plug-in Leica CloudWorx. La modélisation de tous les objets CAD et l'ensemble de la géométrie du tunnel a ensuite et parallèlement été effectuée avec AutoCAD.

Résumé: Saisie haute résolution précise d'un tunnel autoroutier de 13,5km en quatre équipes de nuit. Donneur d'ordres totalement satisfait. Pratiquement pas de gêne du trafic. ■

*Le bureau d'ingénierie Dr. Hesse & Partner (dhp:i) est un bureau international de géomètres avec siège à Hambourg. C'est l'une des entreprises leaders dans le domaine de la numérisation laser 3D.  
info@dhp:i.com*



## Construction et réhabilitation du tunnel sous l'Elbe

En 1975, soit sept années après le début des travaux, les trois premiers tubes du tunnel ont été ouverts au trafic. Depuis l'extension de 2002, ce tunnel comprend quatre tubes avec un total de huit voies. Une réhabilitation importante des trois tubes anciens a été effectuée pendant les années 2009 à 2013. Appelé « Programme de réhabilitation du tunnel d'Elbe – A7 » ce projet portait sur l'élimination de l'amiante, l'amélioration de la ventilation, de la sécurité anti-incendie, des voies d'évacuation d'urgence et comprenait la modernisation des installations techniques. Ces aménagements étaient nécessaires pour la mise en conformité du tunnel avec les directives RABT 2006 « Directives pour l'équipement et l'exploitation de tunnels routiers ».

L'exploitant du tunnel de l'Elbe est la société hambourgeoise LSBG, Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (Agence régionale des routes, ponts et voies d'eau).

# Visualisations 3D de la cité antique

par Katherine Lehmuller

Le site archéologique de Laodicée est un site très imposant et inestimable de la Turquie actuelle. Situé à 6 kilomètres au nord de la ville moderne de Denizli, le site de Laodicée couvre plus de 90 000 mètres carrés et comporte au moins dix ruines d'importance, dont l'une des sept églises des premiers âges du christianisme, que mentionne l'Apocalypse du Nouveau testament. Bâtie sur une zone à risque sismique du premier degré, la cité fut frappée par plusieurs tremblements de terre dévastateurs et fut reconstruite à plusieurs reprises avant que ses habitants ne finissent par l'abandonner vers l'an 600.

La municipalité de Denizli réussit à mobiliser des fonds et, au cours des dix dernières années, d'importants travaux de fouilles et de restauration furent entrepris par le Département d'archéologie de l'Université de Pamukkale et le Ministère de la culture et du tourisme, sous la direction du Professeur Celal Şimşek, délégué par le Conseil des ministres. En raison des grandes dimensions de la cité, et parce que Laodicée est l'un des plus importants sites patrimoniaux de Turquie, on consacra beaucoup de temps et d'argent à la création de cartes et de modèles, afin de documenter la progression des travaux et planifier les fouilles de la prochaine saison. Le département a

décidé dernièrement de tester l'UAV (Unmanned Aerial Vehicle, véhicule aérien sans pilote) et a opté pour l'Aibot X6. Les résultats ont satisfait au plus haut point les chercheurs.

« Nous avons pu intégrer les missions de vol de l'Aibotix dans notre plan de travail annuel. C'est une manière très rapide et avantageuse de voir ce qui a été réalisé pendant une période de fouille car les orthophotographies à haute résolution montrent parfaitement la progression », déclare le Pr. Celal Şimşek, directeur des fouilles archéologiques de Laodicée.

Il a fallu très peu de temps à l'équipe pour produire un modèle 3D de la cité à l'aide de l'UAV Aibotix.



■ Image détaillée prise au dessus du temple sacré.



H. Bora Yavuz, consultant technique pour la société Sistem A.Ş, distributeur de Leica Geosystems en Turquie, explique : « Avec les méthodes conventionnelles, le seul travail de terrain aurait mobilisé 5 personnes qualifiées pendant presque dix jours et, pour élaborer le modèle, il aurait fallu encore dix jours de travail de bureau pour des techniciens bien formés. En revanche, avec l'hexacoptère Aibot X6 et le logiciel, nous avons créé un modèle de la cité en cinq heures, et il a suffi d'une personne formée pour mener à bien toute la mission. »

Après avoir utilisé des équipements Leica Geosystems tels que les récepteurs Leica Viva GS15 pour établir sur le terrain des points de canevas servant ultérieurement au géoréférencement, on a fixé une caméra Nikon Coolpix modèle A au dispositif de suspension de l'Aibot X6. Le logiciel de l'Aibotix, AiproFlight, a servi à établir le plan de vol de l'engin. Il a permis de définir les détails du vol, comme de maintenir une altitude de 70 mètres pendant tout l'enregistrement et d'obtenir une modélisation précise avec une distance d'échantillonnage au sol (GSD) de 3 cm. Il a suffi ensuite de définir et de télécharger dans l'Aibot X6 la direction du vol, la résolution et l'itinéraire. Il a été facile alors d'acquérir (collecter) les données au cours du vol d'une manière entièrement automatique.

Grâce au dispositif spécial de suspension de caméra permettant la vision panoramique, on a réussi à avoir

des images sous des angles de 45° avec un recouvrement de 80°. On a obtenu par exemple des images détaillées des murs vus de côté.

Aux fins du traitement, les images furent géomarkées d'après les points de canevas définis sur le terrain avec le logiciel spécialisé Agisoft Photoscan Pro. Celui-ci a créé les modèles 3D et a traité les orthophotographies à haute résolution très efficacement et sans aucune difficulté.

« Il n'a jamais été plus simple d'obtenir un jeu de données d'images aériennes de haute qualité. Le logiciel est utile à la documentation, a servi à créer un modèle numérique de terrain précis et, le plus important, il offre une orthophotographie à haute résolution de la zone où l'on peut voir chaque pierre à sa position exacte. De plus, ce drone est rapide et sûr », explique Özhan Kaynarca, propriétaire de la société de services de topométrie Ölçen Harita. ■

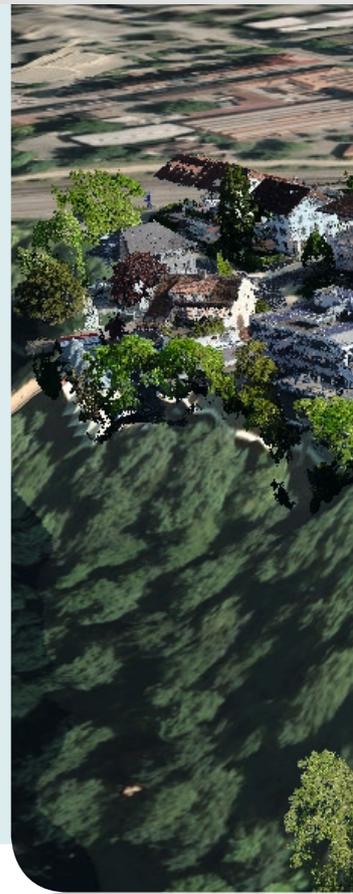
*Pour plus d'informations sur la cité antique de Laodicea, rendez-vous sur : [www.laodikeia.pau.edu.tr](http://www.laodikeia.pau.edu.tr)*

*À propos de l'auteur :*

*Katherine Lehmuller est titulaire d'une licence en beaux-arts de l'université Tufts de New-York et est rédactrice pour Leica Geosystems AG à Heerbrugg en Suisse.*

*[katherine.lehmuller@leica-geosystems.com](mailto:katherine.lehmuller@leica-geosystems.com)*

# Construction de villes avec drone



par Martin Schwall et Benjamin Busse

**La double ville de Waldshut-Tiengen est située dans le joli paysage du Haut-Rhin dans le Bade-Wurtemberg, à proximité de la frontière suisse et compte 22 000 habitants. Son Département d'aménagement urbain avait besoin d'une base de données actualisée pour ses nouveaux projets d'ouvrages et pour le développement d'infrastructures dans les deux parties de la ville. En examinant leurs documents, les responsables ont constaté que leurs plans – bien qu'ils soient en 3D – n'étaient pas assez précis. Cela était dû au manque de détails, appelé également LoDs (Level of Detail). La modélisation par cubes de bois (LoD 1) et les formes de toit standardisées (LoD 2) étaient insuffisantes. Pour la prise des décisions, le Département d'aménagement urbain souhaitait une modélisation 3D plus précise. Mais comment faire pour obtenir des données exactes des formes complexes de toits sans devoir grimper sur les toitures à forte pente, ni devoir passer commande à une entreprise de photographie aérienne par avion ou hélicoptère ?**

Depuis un certain temps déjà, la société Ingenieur-Team GEO GmbH effectue ce genre de travaux à l'aide d'un drone Aibot X6. Elle a été mandatée par la ville de

Waldshut-Tiengen afin de réaliser le survol par drone ou UAV (Unmanned Aerial Vehicle, véhicule aérien sans pilote), de traiter les données photographiques enregistrées et de livrer au département d'aménagement urbain une orthophoto géoréférencée, un nuage de points en couleur et une modélisation 3D. La commande portait sur le relevé de la géométrie des toitures et sur les hauteurs des gouttières et faitages. Puis, les données récoltées devaient être traitées avec les logiciels Autodesk et mener à la réalisation de la modélisation 3D.

## **Créer une meilleure base pour décideurs avec les modélisations 3D**

L'objectif du projet du Département d'aménagement urbain est la réalisation d'une modélisation 3D précise, nécessaire à la visualisation d'ouvrages caractéristiques avant planification des travaux à réaliser au centre-ville de Tiengen et dans les secteurs de la ville de Waldshut. Contrairement aux plans sur papier, la modélisation 3D représente bien la réalité et est essentiel pour convaincre le comité de décision et le public.

Sachant que la société Ingenieur Team GEO GmbH propose des prestations de relevés aériens, l'idée est survenue de compléter et d'améliorer la précision des données disponibles à l'Office de géoinformation et



du développement rural (LGL) avec les données récoltées par vol UAV.

### **Saisie sûre et confortable de données**

Le survol des deux sites urbains de 70 000 mètres carrés de Waldshut et Tiengen a été effectué au mois de mai par le collaborateur et pilote Aibot certifié, Monsieur Benjamin Busse. Le survol du centre-ville nécessite une autorisation individuelle et l'observation de certaines directives.

Les données brutes ont été traitées avec le logiciel Agisoft Photoscan Pro. Avant le survol, des points de calage ont été mesurés, marqués et signalés à l'aide d'une station totale Leica TPS1200 et d'un système GNSS Leica Viva afin de pouvoir calculer la transformation requise pour la précision des résultats.

Fidèle au principe de géomètres : « Pas de mesure sans contrôle », des mesures de contrôle ont été réalisées avec la station totale sur différents ouvrages pendant la détermination des points de calage. Ces contrôles ont permis de vérifier la précision des données dans une plage de tolérances de  $\pm 5$  centimètres.

Pour ce projet, le système UAV Aibot X6 offrait de nombreux avantages. La rapidité de la mise en œuvre de l'appareillage et l'excellente résolution des

photos (16,2 méga pixels) ont permis d'obtenir la précision requise.

Étant donné la concentration de constructions centre-ville, les relevés exacts des formes des toitures et des hauteurs des faitages et gouttières auraient été impossibles avec les moyens de mesure classiques. Les vues plongeantes auraient caché de nombreux faitages.

### **Une image dit plus que 1 000 mots**

La véritable utilité se situe toutefois au niveau des données recueillies. Pour la documentation optimisée de l'existant, elles offrent une forte valeur ajoutée au Département d'aménagement urbain Waldshut-Tiengen : une modélisation 3D texturée, un nuage de points coloré et des orthophotos avec une résolution du terrain au centimètre près. La visualisation a été élaborée par Bytes & Building GmbH, la société partenaire qui conseille aussi la ville de Waldshut dans le domaine de la mise en œuvre de systèmes AutoCAD. Bytes & Building GmbH propose des solutions globales pour l'architecture, le bâtiment et les infrastructures. La société détient en Allemagne une position de pointe dans la construction d'ouvrages d'art et la modélisation appelée Building information modeling (BIM).

Lorsque Bytes & Building a présenté les modélisations 3D et même une animation 3D des quartiers de la ville



## Level of Detail (LoD)

On appelle Level of Detail (LoD ; en français : niveau de détail) les différents niveaux de détails utilisés pour la représentation de mondes virtuels. Dans le domaine des modélisations tridimensionnelles et virtuelles de paysages et de villes, on utilise également le concept des LoD.

En fonction des applications, on fait appel à différents niveaux de détail. Le langage City Geography Markup Language (CityGML) est un schéma d'application pour stockages et échanges de modélisations virtuelles 3D de villes. Depuis le mois d'août 2008, CityGML est une norme du Consortium Open Geospatial (OGC) ; ce langage ou cette norme est à la base de nombreuses modélisations de villes allemandes.

Les niveaux de détails spécifiés pour CityGML sont les suivants :

- LOD 0:** Modélisation régionale, 2,5-D-modélisation de terrains avec texture de photo aérienne
- LOD 1:** Modélisation en cubes de bois, blocs d'ouvrage (base repliée vers le haut)
- LOD 2:** Modélisation de l'enveloppe, des structures de la toiture et de textures simples
- LOD 3:** Modélisation d'architecture, modélisation de l'enveloppe avec texture
- LOD 4:** Modélisation de l'intérieur d'une pièce ou d'un ouvrage, modélisation 3D de l'ouvrage avec les étages, pièces, chambres, etc. et les textures

à l'occasion de la livraison des données, il n'y avait qu'éloges et d'enthousiasme. Le directeur de l'office des ponts et chaussées, Monsieur Uwe Kopf, s'est réjoui : « Nous sommes enthousiastes ! Les données et informations fournies ont fait découvrir de nouvelles perspectives au Département d'aménagement urbain. »

Et Monsieur Kopf d'ajouter : « Ces orthophotos haute résolution et cette modélisation 3D ont pour nous une immense valeur ajoutée puisque cette visualisation dépasse de loin celle des plans de masse et vues d'ouvrages en 2D. Elles nous facilitent considérablement les décisions pour les projets à venir. »

### **Le complément optimum aux méthodes classiques**

Cette mise en œuvre du système drone et les 30 précédents projets réalisés par le groupement Ingenieur-Team GEO GmbH confirment l'excellence des résultats du système drone dans le cadre de l'ingénierie topographique. La documentation d'ouvrages et la prise d'orthophotos, effectuées au sein du présent projet, ne sont pourtant que deux domaines d'application. Quant aux autres applications, nous voyons l'avenir résolument positif en pensant aux inspections techniques d'ouvrages et d'objets, ainsi qu'aux saisies et

conservations de preuves d'objets et terrains étendus. A l'intérieur des halles de grandes dimensions, il est également possible de réaliser les survols sans GNSS.

Similaire au Scan Laser, le traitement de données et son résultat, le nuage de points, permettent de nombreux procédés en aval et complètent de façon optimale les méthodes topographiques classiques.

Les programmes logiciels sensiblement améliorés dans le domaine de la photogrammétrie, comme celui d'Agisoft Photoscan Pro utilisé ici, permettent de parler d'une véritable renaissance de la photogrammétrie. De grandes quantités de données peuvent être saisies et exploitées en peu de temps et le donneur d'ordres peut rapidement recevoir les données 3D beaucoup plus utiles pour sa prise de décision qu'un gros morceau de papier dont le contenu imprimé ne permet que d'imaginer la situation réelle sur place. Le problème se pose aujourd'hui au niveau du traitement des très grandes quantités de données qui, malgré les capacités nettement augmentées d'ordinateurs, de mémoires vives énormes et de cartes graphiques performantes, nécessitent toujours des temps de calcul et de traitement non négligeables. Dans la mesure du possible, la taille des fichiers et les quantités de données à fournir au client devraient être déterminées



■ **L'Exigence client satisfaite: une géométrie exacte des toitures, capturée avec l'Aibot X6.**

préalablement. En fonction de ses besoins et applications, l'utilisateur ou le client final doit être capable d'exploiter la quantité de données commandée.

Il est sûr que le système drone et l'évaluation photogrammétrique pour la génération de données 3D vont efficacement compléter les méthodes classiques appliquées aux projets à venir. Le développement spectaculaire des systèmes UAV sera supporté par les bases de topographie et la géoinformatique.

En tant que professionnels de la branche géo, nos tâches sont l'optimisation des conseils données à nos

clients, l'exécution des commandes et marchés avec les appareils et méthodes les mieux appropriées, ainsi que le traitement et l'exploitation optimisée de données afin de faire ressortir toute leur valeur ajoutée. ■

*À propos des auteurs :*

*L'ingénieur Martin Schwall est géomètre et associé gérant de la société IngenieurTeam GEO GmbH.*

*[martin.schwall@it-geo.de](mailto:martin.schwall@it-geo.de)*

*Monsieur Benjamin Busse détient une maîtrise en cartographie et géomatique. Il travaille comme chef de projets UAV dans la société IngenieurTeam GEO GmbH.*  
*[benjamin.busse@it-geo.de](mailto:benjamin.busse@it-geo.de)*

## IngenieurTeam GEO GmbH

La société IngenieurTeam GEO GmbH dont le siège est à Karlsruhe (Allemagne) propose des prestations de service dans la topographie d'ingénierie et l'hydrographie (mesurage de voies d'eau). Depuis 2014, l'entreprise a complété ses prestations par un autre secteur d'activité orienté vers l'avenir, notamment les solu-

tions de topographie avec drone. L'extension de la saisie de données à l'aide de drones est considérée par la société IngenieurTeam GEO GmbH comme LA bonne décision pour son développement futur. Le bureau d'ingénierie est équipé de systèmes de mesure et d'évaluation de données les plus modernes. [www.it-geo.de](http://www.it-geo.de)

# Soigner et protéger les arbres durablement avec un SIG

par Johannes Grösbrink

**Depuis plus de 120 ans, les sociétés anonymes ThyssenKrupp Steel Europe AG et ses prédécesseurs poursuivent leurs activités au pôle Duisbourg (Allemagne). Conjointement avec ses filiales, l'entreprise approvisionne un large éventail de secteurs transformateurs d'acier. En Allemagne et à l'international, les sites de la société établissent des jalons en matière de compatibilité environnementale. La société participe activement à la protection durable de l'environnement. Dans ce contexte, et basé sur les dispositions juridiques, la tâche a été formulée, il y a deux ans, d'utiliser la fonction de comparaison des champs pour rétablir la totalité du patrimoine d'arbres du site industriel de Duisbourg, enregistré dans le système informatique géographique (SIG) de l'entreprise, et d'autres précieuses données techniques pour la préservation et l'entretien.**

L'objectif est la création et le maintien d'un paysage boisé homogène et présentable sur une zone du site d'une superficie de 800 hectares. La documenta-

tion de plantations de remplacement doit également être rendue possible dans le cadre de ce projet. Le plan prévoit aussi l'analyse annuelle de dommages causés aux arbres et l'élagage correspondant. Les tempêtes dévastatrices de l'année 2014 ont montré l'importance de la sécurité d'emplacement des arbres. Les données sont utilisées comme base de l'appel d'offres pour les actions suscitées, comprenant la réhabilitation de l'ensemble des espaces verts du site industriel. Pour l'établissement des frais de drainage d'eau et l'attribution de travaux d'entretien d'espaces verts, les services concernés doivent également disposer de chiffres exacts concernant les surfaces imperméabilisées et les espaces verts. Enfin, il fallait aussi que tous les étais des grandes installations de tuyauteries industrielles, leur tracé et les numéros d'étais soient enregistrés dans le SIG de l'entreprise.

## **Le bon équipement fait gagner du temps**

Pour maîtriser coûts et délais de cette tâche, il a été – préalablement au lancement du projet – décidé de travailler avec le logiciel de terrain graphique FX Collector de frox IT. Le matériel hardware de base était



le Toughpad FZ-G1 de Panasonic équipé de l'antenne intelligente Zeno GG03 GNSS et le CS25 GNSS plus avec l'antenne Helix de Leica Geosystems.

Les objets à collecter ont été mesurés à l'aide de l'antenne extrêmement précise Leica Zeno GNSS Smart Antenne et, en plus, ont été reproduits avec les nombreuses fonctionnalités de dessin de FX Collector, comme les points orthogonaux, les arcs et les lignes perpendiculaires. Des procédés mixtes ont été utilisés à titre complémentaire. Ils exploitent l'interaction rapide de FX Collector et de l'antenne Leica Zeno GNSS SMART Antenne, et fournissent rapidement les données de position des points auxiliaires nécessaires à la reconstruction d'objets difficilement accessibles.

FX Collector contenait toutes les données d'arrière-plan géo-référencées (photos aériennes, Web Map Service, données CAO). Ces données ont considérablement facilité l'orientation sur le site, l'examen des terrains, le contrôle d'arbres existants et la surépaisseur d'états. Ils étaient indispensables pour la rapidité de saisie haute qualité des nombreuses données.

### **Mobilité élevée et stockage de données dans le Cloud**

Le travail avec le carnet graphique de terrain était avantageux pour la saisie de surfaces densément boisées; il représente la méthode la plus efficace pour le contrôle visuel sur le terrain de l'exhaustivité des données collectées. L'avantage du système réside dans la grande mobilité et le fait que l'on peut éviter d'emporter les objets lourds, comme les croquis du terrain, les cartes et des équipements supplémentaires.

L'utilisation du CS25 GNSS plus, muni de l'antenne Zeno Helix, s'est révélée comme un système facilement manœuvrable d'une grande liberté de mouvement et permettant des précisions en dessous du décimètre. Le Toughpad FZ-G1 de Panasonic avec l'antenne Zeno GG03, montée sur la canne à plomb, a été mis en œuvre dans les secteurs demandant une précision plus élevée.

Le projet a quotidiennement été sauvegardé dans le Cloud, de sorte que les bureaux en disposaient immédiatement pour la rédaction d'états intermédiaires. Le menu Session-Fonction de FX Collector a par exemple



permis l'export quotidien de données sans devoir créer un nouveau projet par jour.

Les résultats devaient être livrés en format numérique. Les données des arbres et étais de tuyauterie ont été exportées à l'aide des interfaces du FX Collector, commandées par tables, et téléchargées directement dans le système SIG de ThyssenKrupp Steel Europe AG. Les modifications et créations de surfaces vertes ont été remplacées ou complétées dans le SIG.



### Travaux de bureau réduits au minimum

Vu la grande qualité des données enregistrées et vu qu'une grande partie des plans a directement pu être dressée sur le terrain, les reprises à effectuer par les bureaux avaient été réduites au minimum. Les bureaux pouvaient facilement et rapidement transférer les données dans le SIG de la société du donneur d'ordres, ce qui souligne les avantages économiques de la méthode mise en œuvre.

L'ingénieur en géographie Klaudius Drass, responsable du SIG développé par Thyssen-Krupp Steel Europe AG affirme: « Le GNSS CS25 de Leica est une bonne plate-forme pour FX Collector. L'antenne Zeno GG03 de Leica a été reliée via Bluetooth aux deux tablettes. Les mesures intervenaient rapidement et le résultat « solution fixe » était disponible peu de temps après. Grâce aux points auxiliaires mesurés par GNSS et grâce aux nombreuses fonctions de construction, les zones inaccessibles ont également pu être traitées rapidement. »

Monsieur Drass était également satisfait du matériel informatique Zeno CS25 GNSS plus de Leica: « Ni la pluie, ni le vent, ni les salissures ont pu endommager la tablette CS25 GNSS robuste et résistante aux intempéries. L'ordinateur et l'antenne pouvaient facilement être déplacés pendant toute la journée de travail. La capacité des batteries rechargeables était suffisante pour la journée de travail et le temps de charge réduit permettait de disposer de batteries totalement chargées le lendemain. L'antenne « Solution fixe » utilisée porte bien son nom (« fix » désignant ce qui est rapide en allemand). Elle est extrêmement rapide, il n'y avait guère de temps d'attente. »

« La mise en œuvre du système complet comprenant FX Collector et les deux appareils Leica CS25 GNSS plus et GG03 SmartAntenne a convaincu la société Thyssen-Krupp Steel Europe AG. Par rapport au coût de procédés de comparaisons de champs traditionnels, l'économie a pu être augmentée de 30 pour cent. » ■

*A propos de l'auteur:*

*Johannes Grösbrink est ingénieur-géomètre et chef de projet chez la société Frox IT.*

*j.groesbrink@frox-it.de*



© Trigonet AG

# Dans les profondeurs inconnues

par Andreas Barmettler

La municipalité de Hausen dans le canton d'Argovie abrite une galerie de mine, excavée en 1928 par la cimenterie de l'époque. Au moment de la réalisation de cette galerie de mine d'une longueur de 800 mètres environ, une servitude d'entretien du terrain avait été enregistrée dans le registre foncier de la société. Quatre ans plus tard, les installations de la cimenterie ont été fermées et sont restées vides jusqu'au rachat par une entreprise du secteur chimique. Au fil du temps, le nouveau propriétaire a rempli de béton les accès à la galerie et son existence a été oubliée. En raison d'une éventuelle vente du terrain, comprenant le transfert de la servitude, son propriétaire actuel souhaitait savoir davantage sur l'état de cette mystérieuse galerie. Les plans de masse étant introuvables, la gale-

rie devait être remesurée. La MultiStation Leica Nova MS50 s'est avérée l'instrument parfait pour cette mission.

L'unique accès encore ouvert de la galerie passe par un puits vertical d'une profondeur de 15 mètres et d'une largeur ne dépassant pas les 60 centimètres. Lors d'une première visite avec un expert en canalisations, l'absence totale d'oxygène avait été constatée au pied de ce puits d'accès. Les recherches suivantes mettaient encore d'autres défis en évidence. Le puits était par endroit recouvert de 30cm d'eau et comblé à 80% d'argile et de boue. La communication radio ne passait pas dans la totalité des 800 mètres de la galerie, et entravait évidemment la sécurité. La galerie possède en outre trois creusements caveaux, partiellement rebouchés. A l'époque, ils devaient servir de postes de chargement et d'espace de manœuvre pour le transport des matériaux. Les deux extrémités





■ Contrairement à l'environnement de travail habituel, le relevé du tunnel a nécessité des équipements spéciaux.

de la galerie n'ont jamais reçu de fortification et sont toujours à l'état brut de creusement.

### **Le manque d'oxygène dans l'air de la galerie nécessite des préparatifs de sécurité**

Ces conditions extrêmes ont rendu encore plus délicats les travaux de relevés, sans parler des sérieux défis logistiques et sécuritaires – semblable à une expédition. Pour les trois membres du personnel de la Trigonet AG et pour le collaborateur de la BSF Swissphoto, le service de sauvetage a même élaboré un plan d'urgence. Outre l'équipement minier avec casque, lampe de poche et radiotéléphone, la sécurité d'entrée et sortie, ainsi que celle du transport des appareils de mesure a nécessité surtout un approvisionnement suffisant en oxygène et des protections respiratoires. L'expédition topographique devait travailler rapidement puisque l'air respirable dans la galerie suffisait tout juste pour 6 heures de travail.

### **Haute précision demandée : Transmission des coordonnées dans la galerie**

Les précisions exigées relatives à la position et à la hauteur étaient de 5 centimètres. Dans un premier temps, un réseau de 3 points de référence a été défini à l'extrémité supérieure du puits vertical, à partir des stations du réseau officiel. Avec ces trois points, on a calculé une station libre en bas de la galerie pour pouvoir transférer la position dans le puits avec une précision en dessous du millimètre. Ensuite on a mesuré une polygonalement ouverte par centrage forcée avec, à

chaque station, une sécurisation latérale (boulon réfléchissant). En fonction de la position, les longueurs des visées variaient entre 30 et 200 mètres. Pendant la mesure du cheminement polygonal, on a également mesuré environ 70 profils à chaque modification de la géométrie de la galerie. Aux extrémités de la galerie, la partie non fortifiée était saisie en haute résolution à l'aide de la fonction scanner de la MultiStation Nova MS50 avec une précision verticale en dessous du centimètre. Les profils CAO ont ensuite été générés à partir de ces résultats de mesure.

La transmission précise de l'orientation du réseau de surface dans la galerie a été effectuée avec un gyroscope, le Gyromat2000. Ces mesures ont été effectuées par BSF Swissphoto. Chaque mesure au niveau de la visée de référence en surface, long de 130 mètres, a nécessité une heure. Tout l'équipement de mesure a ensuite été transféré dans la galerie où l'on a effectué une mesure aller et retour. A cause de la géométrie de la galerie et du niveau d'eau trop élevé au pied du puits, l'orientation dans la galerie a dû être transmise à une distance de 300 mètres du puits environ.

La station totale Leica se trouvant sur le gyroscope n'était malheureusement pas motorisée et le télescope ne comportait pas plus de caméra intégrée projetant l'image du réticule sur l'écran affichage. Les mesures des points cibles ont donc été effectuées manuellement. Pour regarder dans l'oculaire, l'opérateur devait porter un masque respiratoire spécial.



© Trigonet AG

■ La MultiStation permet des relevés précis sans avoir besoin de viser à travers la lunette.

À l'étape suivante, lors des relevés sur toute la longueur de la galerie et de ses creusements, ce problème a pu être évité grâce à l'appareil Nova MS50 de Leica. L'intégration de la caméra et de la numérisation 3D sont adaptés aux travaux de mesure de ce type.

### Conformément aux échéances et au cahier des charges

Les coordonnées ont été calculées en utilisant toutes les mesures et en se basant sur les points de référence du réseau officiel. Aux extrémités de la galerie, la précision planimétrique est de 4 centimètres et celle altimétrique est de 2 cm : les exigences du donneur d'ordre ont donc été respectées. Les transformations des mesures en profils longitudinaux et transversaux ont été effectuées en DAO. Certains points des profils ont dû être reconstruits, notamment ceux situés dans les trois creusements cavernaux partiellement rebouchés et rendus inaccessibles.

Le temps limité des interventions ne permettait pas non plus d'effectuer autant de stations que souhaitées. La profondeur de la galerie devait être calculée également. Ce calcul a été basé sur la modélisation de la surface du terrain (swissALTI3D) de la société Swisstopo, dans laquelle les maisons et infrastructures n'ont pas été intégrées. Dans le secteur du puits vertical, la profondeur atteint un minimum de 12 mètres, mais augmente au fur et à mesure que l'on s'enfonce jusqu'à atteindre 100 mètres !

### La MultiStation Leica Nova réduit la durée des mesures

Le secret de la galerie tombée dans l'oubli a donc été révélé. Malgré l'énorme contrainte temporelle et les efforts physiques considérables, le relevé de la galerie a pu être achevé en toute sécurité. L'emploi du gyroscope était astucieux pour obtenir la précision demandée.

L'utilisation de la MultiStation Leica Nova MS50 a prouvé que cet instrument de mesure est réellement universel et précis. Elle possède une vitesse de rotation de la lunette importante, une fonction de scan fort utile, un écran illuminé et une fonction de caméra. Celle-ci a été particulièrement appréciée puisque le réticule et l'image produite par la caméra intégrée ont été transmis à l'affichage, si bien que l'opérateur n'a pas été gêné par les protections respiratoires. C'est probablement aussi grâce à la MultiStation que la topographie de la galerie de 800 mètres a pu être terminée en seulement six heures. ■

*A propos de l'auteur :*

*Andreas Barmettler est ingénieur en géomatique et chef de projet dans la société suisse Trigonet.  
andreas.barmettler@trigonet.ch*



# Un bâtiment se met en mouvement

par Angus W. Stocking, PS

**Des architectes, planificateurs, entrepreneurs et autres professionnels utilisent depuis des années des scanners laser pour documenter dans une haute qualité des bâtiments en 3D. On pourrait donc s'imaginer avoir fait le tour du domaine d'application. Mais l'entreprise James G. Davis Construction Corporation (DAVIS), établie au Maryland, vient de prouver le contraire à l'occasion du scanning d'un immeuble en briques de quatre étages pesant 880 tonnes à Washington D.C. Un deuxième scanning réalisé une semaine plus tard révélait que ce bâtiment avait bougé d'environ 10 mètres !**

Mais cela était prévu, heureusement. Le bâtiment en question se situait au n° 639 de la New York Avenue et avait été construit en 1891. Il s'agit d'un monument historique exigeant une préservation minutieuse. Mais il entrave aussi la construction d'un nouveau bâtiment confiée à Davis. Pour harmoniser avec le reste du plan de développement, il devait donc bouger un peu. « Le travail avec des monuments historiques est un créneau dans lequel nous nous sommes spécialisés », explique le vice-président de l'unité Construction intégrée, Chris Scanion. « Ce projet couvrait plusieurs bâtiments. Sur certains, la façade était la seule chose à préserver.

Mais il fallait déplacer en entier deux autres ouvrages, intégralement classés monuments historiques. »

## Informations importantes dès le départ

Le scan initial était un travail de routine. Il s'est basé sur trois mises en station d'une Leica ScanStation C10. Les informations détaillées recueillies étaient d'une valeur inestimable et n'auraient pas été disponibles avec des techniques de lever classiques. « D'une part, nous avons constaté que le bâtiment dépassait beaucoup plus les limites de propriété que nous le pensions », indique le maître d'œuvre Doug Bauer. « Au départ, on était parti du principe que l'empiètement sur l'espace public représentait environ 10 centimètres, mais le scan a révélé qu'une saillie de la façade en briques se situait en fait plus de 20 centimètres dans cet espace. Se rendre compte de cette situation après la translation aurait été catastrophique. »

Les équipes de terrain et de bureau de DAVIS ont appliqué les solutions logicielles Leica Infinity et Leica Cyclone pour importer et traiter des nuages de points. Comme principal outil d'analyse, on a utilisé des cartes thermiques pour identifier des erreurs par rapport au plan de référence. « Avec Cyclone, nous pouvons facilement projeter des plans, par exemple à partir d'une limite de propriété. Nous réalisons ensuite des vues montrant les erreurs relatives à cette surface »,

explique l'ingénieur de terrain senior Mike Cumberland. « C'est vraiment une fonction pratique qui nous donne des informations importantes très rapidement. »

Les données de déformation du bâtiment doivent être connues en vue de bien le stabiliser avant la translation, de déposer et de reposer les éléments avec précaution et d'éviter un dépassement de limite. L'analyse par carte thermique a également révélé une deuxième saillie sur un mur latéral, qui aurait pu poser des problèmes. « Nous avons décalé ce bâtiment d'environ 10 mètres sur une autre parcelle, à quelques centimètres d'un bâtiment de quatre étages », explique Mike Cumberland. « Lorsque nous avons constaté que les piliers de notre maison n'étaient plus verticaux, mais inclinés de plus de 2,5 centimètres, nous savions que nous aurions un problème. Heureusement, un scan du bâtiment voisin y a remédié. Il était incliné d'environ 12 centimètres dans le sens opposé. »

### Surveillance du déplacement pour garantir la plus haute précision

Pendant la translation, DAVIS a utilisé une Leica Nova MS50 MultiStation pour surveiller le bâtiment et comparer l'avancement par rapport à une ligne de base idéale. « À partir des relevés de contrôle effectués, nous savions où se trouvait le bâtiment et où devait se situer son nouvel emplacement », indique Doug Bauer. « Comme cinq vérins exerçaient une pression sur le bâtiment, nous étions en mesure de réaliser en continu des ajustements fins. » Si la poussée s'était déroulée de façon constante, le bâtiment n'aurait plus formé un angle droit à la fin. Mais en ajustant les vérins, nous avons pu corriger le cap.

Nous avons placé différents prismes sur le bâtiment en mouvement et les avons visés régulièrement. Mais pour le prochain projet comparable, Mike Cumberland a une autre idée. « Nous utiliserons de nouveau des prismes, mais nous les poursuivrons en continu avec la Leica Nova MS50. Cela nous fournira des informations encore plus précises, et ce, en temps réel. »

### Le scanning devient un standard dans le BTP

« Lorsque nous avons établi notre unité Virtual Construction il y a six ans, l'investissement dans une Leica ScanStation C10 représentait un acte téméraire », explique Chris Scanion. « Nous avons la possibilité d'amortir l'acquisition avec quelques projets, notamment le Constitution Center, le plus grand immeuble de bureaux à Washington avec ses 93 000



■ Des vérins poussent le bâtiment vers sa nouvelle position.

mètres carrés. Mais nous ne savions pas si nous allions avoir suffisamment de tâches de scanning pour occuper notre personnel en continu. Nos craintes se sont révélées injustifiées. Le scanning laser 3D est devenu rapidement un standard, et c'est une méthode bien plus efficace. Les équipes de terrain l'ont rapidement compris. »

L'utilisation généralisée des scanners laser peut donner l'impression que l'on connaît toutes leurs applications. Mais avec la translation réussie précise d'un bâtiment de 880 tonnes, DAVIS CONSTRUCTION a montré que cette fascinante technologie recelait encore un énorme potentiel inexploité. ■

Vidéo de la translation du bâtiment :  
<https://vimeo.com/125509745>

La version originale de cet article est parue dans l'édition juillet 2015 du magazine *American Surveyor* Pour en savoir plus, visitez le site [www.amerisurv.com](http://www.amerisurv.com).

À propos de l'auteur :  
Angus W. Stocking, PS, est un arpenteur agréé qui écrit des articles sur les infrastructures depuis 2002.  
[angusstocking@gmail.com](mailto:angusstocking@gmail.com)

# Scanner laser 3D : pour prévoir l'imprévisible

par Vicki Speed

**Quand, le 17 octobre 1989, le tremblement de terre de Loma Prieta, de magnitude 6,9, frappa la Californie du Nord, c'est le pont San Francisco-Oakland Bay Bridge (SFOBB), plus connu localement sous le nom de Bay Bridge qui, de toutes les structures artificielles de la région, subit le plus de dommages. Une portion du tablier supérieur de la travée est s'effondra sur le tablier inférieur, faisant une victime et obligeant à fermer pendant un mois l'une des plus importantes artères de circulation de la région.**

**Les agents du Département des transports de Californie (Caltrans) et les partenaires du projet devaient prendre la mesure du déplacement de la travée est originale provoqué par les sections de tablier écroulées et endommagées. Malheureusement il n'existait aucune archive des mesures de construction du Bay Bridge ni des autres ponts importants de la région. Il était donc impossible d'obtenir une estimation quantitative de la déformation des poutres de la travée est par rapport à l'originale. C'est une situation que Nelson Aguilar, géomètre professionnel et chef du bureau de district et des études de terrain de l'emprise routière du 4 de Caltrans, était déterminé à ne plus jamais rencontrer à l'avenir.**

Alors qu'en 2002 débutait la construction d'une nouvelle travée est de 3 103 mètres de long, une technologie révolutionnaire commençait à éveiller l'intérêt de la communauté des géomètres et des ingénieurs. Les scanners laser 3D, utilisés pour la première fois par Ben Kacyra chez High Definition Surveying (HDS) sous la marque Cyrax (rachetée par Leica Geosystems en 2001), promettaient de révolutionner la documentation de récolement grâce à la saisie en 3D de la réalité.

En avril 2008, au cours des travaux préparatoires de la déviation sud-sud du Bay Bridge, l'équipe de Caltrans utilisa une ancienne version du scanner laser ScanStation de Leica pour capturer les zones situées sous le tablier et les alentours du pont. Ces premiers succès ont créé un contexte favorable pour mener à bien l'ambitieux projet conçu par Aguilar : créer un modèle de récolement détaillé à la précision topométrique du Bay Bridge dans son intégralité. Cette initiative allait être désignée par l'équipe de géomètres du District 4 comme le « Projet Erskine ». « Une part essentielle du projet d'étude consistait à veiller à ce que les structures conçues par les ingénieurs et construites par les entrepreneurs soient conformes au projet et se comportent selon les attentes en cas de tremblement de terre majeur », déclare Aguilar.

## **Des délais serrés**

Comme la circulation empruntait toujours la structure originale de la travée est, il était facile de balayer



© Rebecca Boyer

(scanner) la nouvelle travée. La fermeture prévue pendant le week-end du Labor Day de 2013 a fourni l'occasion rêvée de balayer les tabliers de la travée ouest. Pour superviser l'ouvrage, Caltrans s'est tourné vers C.J. Vandegrift, géomètre experte des transports et directrice de la branche West Bay, qui avait déjà encadré les équipes de topométrie de Caltrans pour le projet de la travée est.

La fermeture devait avoir lieu du mercredi soir 22h00 jusqu'au petit matin du mardi suivant, le Labor Day. Le lundi en fin de matinée, une équipe de photogrammétrie aérienne survola le pont pour recueillir des données LiDAR. Les équipes au sol réalisèrent un scan mobile sur les deux travées le samedi matin, le dimanche soir et le lundi. Les équipes de Caltrans utilisèrent trois scanners laser ScanStation C10 de Leica pour balayer le tablier inférieur de la travée ouest, le dessous des deux travées et le tablier supérieur du pont à suspension auto-ancrée au travers du tunnel inférieur de l'île de Yerba Buena.

Les trois scanners ont fonctionné continuellement pendant au moins 12 heures par jour. Une planification méticuleuse permet de réaliser la plus grande partie du travail sans accroc, mais l'équipe avait omis un facteur problématique : la présence de vibrations extrêmement fortes. « Nous avons anticipé une certaine proportion de dilatation thermique et de vibrations, mais elle s'est révélée plus importante », déclare

Vandegrift. « Même en l'absence de véhicules sur le pont, les vibrations atmosphériques et les déflexions qui en résultaient étaient considérables ».

Pour obtenir une redondance optimale, l'équipe se dota en plus de stations totales et d'un GPS. Elle effectua de nuit de nombreuses mesures GPS sur les tabliers des travées centrales, où il n'y avait pas d'interférences dues aux trajets multiples causées par les câbles. Elle effectua également des mesures GPS dans les angles sud et nord de chacune des tours du SFOBB. Ces portions stables de la structure seraient utilisées pour le contrôle. Malgré les conditions difficiles, les données fournies par les scanners laser terrestres furent de qualité topométrique et le projet fut achevé dans les temps. En fait, le travail fut accompli plus vite que prévu, ce qui a permis à Caltrans d'ouvrir à la circulation la travée est du pont sept heures avant l'heure convenue.

### Des informations 3D exceptionnelles

Pour Vandegrift et les autres professionnels de l'équipe, le projet a permis d'apprendre énormément sur les pratiques et les procédures à suivre pour obtenir de bons résultats avec le laser scanner 3D. « La chose la plus importante dont il faut se souvenir, en particulier pour un projet de cette ampleur, c'est qu'il est nécessaire de définir des contrôles », déclare Vandegrift. « De nombreux entrepreneurs pensent pouvoir y arriver avec juste un récepteur et une station de réf-



rence ; un projet comme celui-ci met la barre beaucoup plus haut. Les entrepreneurs doivent faire l'étalonnage par rapport à un point de contrôle défini, sinon ils ne tomberont jamais sur les mêmes valeurs. Si, lors d'une numérisation 3D, une équipe utilise le mauvais point de contrôle, elle recueillera des données dont l'imprécision augmentera exponentiellement. »

Les géomètres et les entrepreneurs doivent comprendre qu'il est facile de créer un modèle à partir d'un nuage de point. Mais pour que celui-ci soit exact et étalonné par rapport aux références verticale et horizontale, ils doivent se pencher davantage sur la méthodologie de la topométrie et les erreurs associées. Ils doivent comprendre le procédé de remise à l'échelle de la grille de référence avec le terrain, en particulier dans la région de San Francisco où le sol se déplace sans arrêt.

« Je suis incroyablement fier de ce projet », déclare Vandegrift. « En matière de numérisation 3D, si l'on est rigoureux sur le contrôle, on obtient un résultat exceptionnel en passant très peu de temps sur le terrain. Il arrive souvent que des modifications inattendues surviennent dans les projets. Alors l'entrepreneur a besoin de nouvelles données », ajoute-t-elle. « Les géomètres sont souvent obligés de retourner sur

le terrain ou de modifier les éléments de référence. Mais avec le laser scanner 3D, nous savons qu'une fois le modèle créé, les collègues du bureau peuvent en exploiter à fond toutes les données sans demander d'autre intervention sur le terrain. Nous n'aurions jamais pu créer ce modèle de haute précision à partir d'autant de données et si rapidement sans une technologie d'avant-garde comme le laser scanner 3D. Nous atteignons un niveau de détail que les méthodes topométriques ordinaires ne peuvent tout simplement pas fournir. Nous avons des données brutes jusqu'aux boulons et aux rivets. C'est puissant. » ■

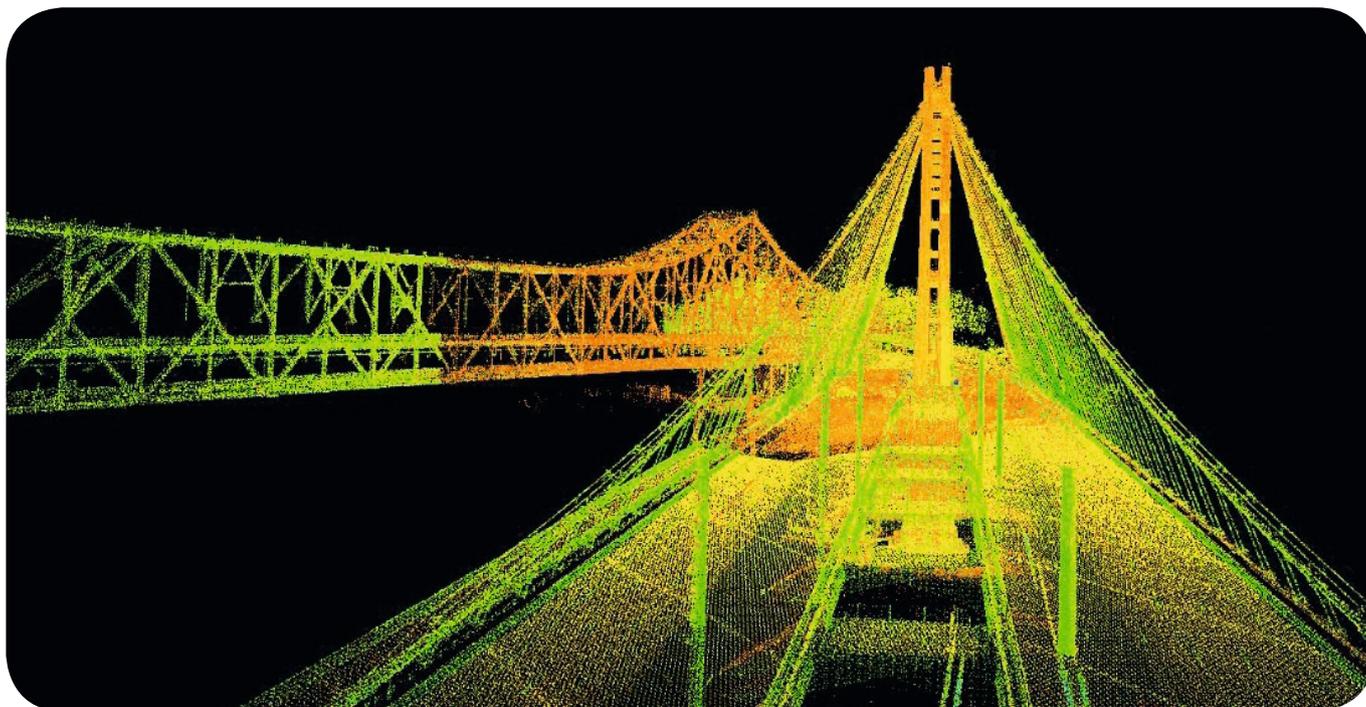
*Note du rédacteur en chef :*

*Cet article a été raccourci par rapport à l'original en raison des contraintes d'espace. Pour télécharger l'article complet au format PDF, rendez-vous sur [www.leica-geosystems.us](http://www.leica-geosystems.us).*

*Cet article est adapté de l'original publié dans LiDAR News, Vol5 N°1. Pour plus d'informations, rendez-vous sur [www.lidarnews.com](http://www.lidarnews.com).*

*À propos de l'auteur :*

*Vicki Speed est une rédactrice indépendante basée au Colorado, spécialisée dans l'architecture, l'ingénierie et la construction.*



■ Nuage de points du pont de la baie de Oakland à San Francisco.

# SUR LES CANAUX HxGN

## LA CONVERSATION SE POURSUIT TOUTE L'ANNÉE !

Restez connectés à Hexagon à travers nos canaux HxGN, les plateformes numériques vous transmettent de grandes histoires à propos de nos marques.

Rejoignez notre communauté croissante d'innovateurs et de leaders d'opinion en vous connectant à ces sources d'information qui diffusent des annonces, des aperçus et des données clés sur nos produits !

Annonces, aperçus et données clés sur les produits !



## VENEZ À HxGN LIVE

Rejoignez HxGN LIVE, notre conférence annuelle internationale qui organise une série d'exposés passionnants, un programme de soirées, une exposition de nos dernières technologies et des centaines de sessions sur des solutions d'entreprise géospatiales et industrielles.

[hxgnlive.com](http://hxgnlive.com)



## REGARDEZ HxGN TV

Ne manquez jamais aucune émission avec HxGN TV. Profitez d'un contenu intéressant, de récapitulatifs d'événements et d'une programmation exclusive depuis votre ordinateur ou votre terminal mobile, où que vous soyez.

[hxgntv.com](http://hxgntv.com)



## ÉCOUTEZ to HxGN RADIO

Réflexions, idées, expressions. Écoutez vos collègues et les leaders du marché échanger dans des podcasts et des émissions spéciales sur HxGN Radio.

[hxgnradio.com](http://hxgnradio.com)



## LISEZ HxGN NEWS

HxGN est la voix des marques de groupe Hexagon. Découvrez les toutes dernières actualités, histoires à succès et annonces sur [hxgnnews.com](http://hxgnnews.com). De grandes histoires vous attendent..

[hxgnnews.com](http://hxgnnews.com)

# Leica Captivate La 3D simplement



Leica Captivate transforme les données complexes en modèles 3D réalistes et exploitables.

Vous disposez d'une parfaite vue d'ensemble de tous vos projets. Voyez plus loin que les données pour prendre les meilleures décisions.

## Être captivé

Consultez le site  
[www.leica-geosystems.com/becaptivated](http://www.leica-geosystems.com/becaptivated)  
pour en savoir plus et demander une démonstration.

Illustrations, descriptions et données techniques non contractuelles. Tous les droits sont réservés. Imprimé en Suisse.  
Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suisse, 2015. 741804fr - 12.15 - galledia

**Leica Geosystems AG**  
Heinrich-Wild-Strasse  
CH-9435 Heerbrugg, Suisse  
Téléphone +41 71 727 31 31  
Fax +41 71 727 46 74  
[www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com)

- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems