

2^e Forum de la topographie



Cachan/ESTP 16 mars 2006

sur le thème :

Surveillance des ouvrages d'art par des méthodes spatiales et terrestres

Nous ne saurions trop remercier l'ESTP et son directeur Serge Eyrolles, son directeur des études Régis Vallée, pour leur accueil et aide matérielle apportés à cette journée, renforçant ainsi, s'il en est besoin, les liens jamais démentis entre l'école et l'AFT.

Remercions également Emmanuel Natchitz ainsi que les élèves pour leur collaboration efficace.

Côte à côte étudiants, professionnels, fabricants, utilisateurs, ingénieurs et techniciens, ont assisté à quatre conférences :

Les exigences imposées aux travaux de mensuration dans le projet AlpTransit Saint-Gothard
Adrian Ryf ETHZ (Suisse)

La lasergrammétrie appliquée à l'auscultation des ouvrages d'art ATM3D – Bertrand Chazaly

Topométrie et instrumentation face aux enjeux de la surveillance des grands ouvrages

Hervé Lançon Ingénieur ENSAIS – Directeur Technique SITES SA

Sébastien Piot - Ingénieur ENSAIS - Responsable du pôle MIR (Métrologie, Instrumentation, relevés) - SITES SA

Micro Géodésie pour le Guidage de Coffrage des Murs Porteurs d'Immeubles "Tours"

M. Van Cranenbroeck de Leica Geosystems

Nous publions les interventions des quatre conférenciers dans les pages suivantes.

Les participants pouvaient ensuite visiter l'exposition et échanger avec les dix exposants.

Nous retrouvons avec plaisir les fabricants et les produits souvent présentés dans nos colonnes à savoir :

ATLOG
DYNAOPT
GEOMEDIA
JS INFO
LEICA GEOSYSTEMS

MAURY INFORMATIQUE
MESURIS
SETAM INFORMATIQUE
TOPCON
TRIMBLE

Nous ouvrons également nos colonnes pour leurs communiqués.

Les participants et les élèves furent ensuite reçus par le conseil de l'AFT devant une collation offerte en leur honneur.

A. BAILLY



Les exigences imposées aux travaux de mensuration dans le projet AlpTransit Saint-Gothard

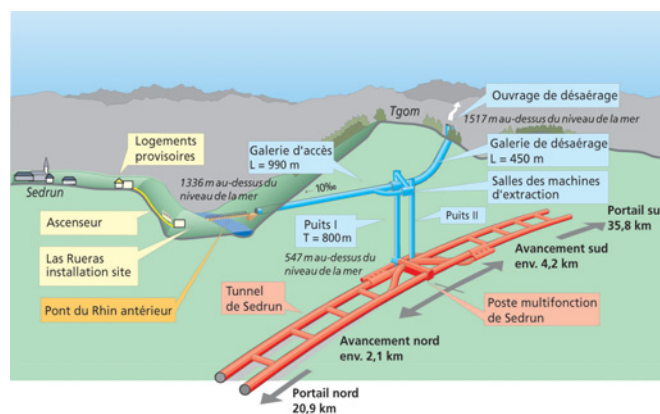
■ Adrian RYF

Presque deux tiers des 150 km de tunnel, galerie et puits nécessaires pour le tunnel de base du Saint-Gothard sont excavés (mai 2006). Tendus, les topographes attendent le premier de quatre percements de cette œuvre en été 2006.

Pour qu'ils puissent dormir tranquillement, ils ont respecté tous les principes essentiels de leur domaine professionnel en vue de réaliser le tunnel le plus long au monde avec la précision et la fiabilité exigées. Quelques aspects des nombreux travaux de topographie sont mentionnés ci-dessous.

Exigences imposées, mesures indépendantes

Le percement du tunnel de base du Saint-Gothard, long de 57 km et partie intégrante du projet AlpTransit, s'effectue simultanément depuis cinq sites différents (voir www.alp-transit.ch/pages/f/). Le maître d'œuvre a fixé l'écart maximal admissible en chacune des différentes jonctions prévues à 25 cm en direction et en distance et à 12,5 cm en altitude. Les



Les puits de Sedrun.

professionnels de la mensuration considèrent ces valeurs comme des tolérances au sens géodésique et en déduisent les précisions requises en planimétrie (10 cm) et en altimétrie (5 cm). L'objectif prioritaire poursuivi pour tous les travaux de mensuration réalisés dans le cadre d'AlpTransit est le recours à des méthodes de mesure de précision différentes, aussi indépendantes que possible les unes des autres, afin de parvenir à une modélisation optimale des sources d'erreur et surtout, de façon à éliminer toutes les erreurs systématiques.



Le portail sud à Bodio.



Le chantier du portail sud à Bodio.



Le gyroscope sur le pilier du portail de Sedrun.

Le réseau de base

Le réseau de base consiste en 30 points GPS environ avec une précision des coordonnées de 7 mm. Vu que la phase de construction dure presque 20 années, ces points doivent être contrôlés régulièrement. Ils sont soumis non seulement à des glissements potentiels locaux, mais aussi à des mouvements tectoniques, parce que la plaque africaine est encore en train de pousser vers les Alpes. En collaboration du consortium de topographie et des étudiants de l'ETH Zurich le réseau était contrôlé avec succès en été 2005.

Pour obtenir des altitudes précises, des corrections orthométriques strictes sont indispensables et des mensurations de gravité sont obligatoires. Les valeurs de correction montent jusqu'à 10 cm. Les soulèvements hétérogènes des Alpes dus aux mouvements tectoniques doivent être considérés pour les nivellements de précision.

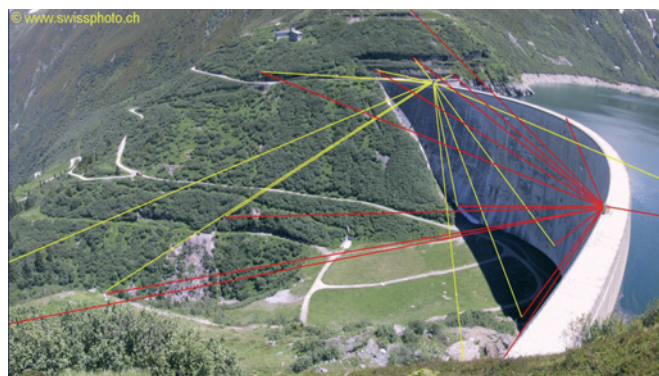
Le tronçon de Sedrun

A Sedrun, le percement du tunnel s'effectue à partir du fond de deux puits d'une profondeur de 800 m chacun, surmontés d'une caverne en tête de puits et reliés à la vallée du Rhin antérieur par une galerie d'un kilomètre de longueur. L'objectif assigné est de transférer la planimétrie, la direction et l'altimétrie au fond des puits avec une précision et une fiabilité aussi élevées que possible.

La descente de points a été réalisée d'une part avec des plombs optiques, d'autre part par des moyens mécaniques avec des fils en acier. Les précisions atteintes sont de 6 mm. L'altitude était transférée en mesurant des distances verticales du fond des puits vers le haut avec des distancemètres électroniques. Le transfert de direction s'effectuait comme dans le reste du tunnel à l'aide d'azimuts gyroscopiques mesurés avec le Gyromat 2000. Pour la toute première fois un système inertiel était utilisé comme méthode indépendante. La comparaison des deux méthodes donnait des différences minimales, un contrôle indépendant était ainsi réalisé.

Les effets à la surface de la terre

Les expériences sur divers sites de construction de tunnels en Suisse ont montré que la perturbation des niveaux d'eau à l'in-



Stations automatiques sur le barrage de Nalps.

térieur des montagnes peut causer des tassements à la surface de la terre. A la suite, les vallées peuvent s'ouvrir et se re-fermer, ce qui cause des changements de la largeur des vallées. Des vastes systèmes géodésiques permettent de contrôler les alentours des grands barrages au-dessus du projet AlpTransit complémentairement aux mensurations de déformation normales. Avec des stations automatiques des coupes transversales directement près des barrages et au nord et au sud d'une partie des lacs sont surveillées régulièrement pendant toute l'année. Des vastes nivellements de précision le long des routes principales et à travers les tunnels des centrales électriques et des stations automatiques GPS de points discrètes dans les alentours complètent les mensurations des tachéomètres. Les changements de la largeur des vallées observés avant l'avancement du tunnel, cela veut dire les mouvements naturels entre les saisons divers, montent à 15 mm au maximum. Des tassements de presque 10 mm étaient déterminés avec les nivellements, un rapport avec les travaux AlpTransit ne peut pas être exclu. ●

Référence bibliographique :

RYF, A. ; NEUHIERL, T. ; SCHÄTTI, I. [2005] : *AlpTransit Saint-Gothard : Les exigences imposées aux travaux topographiques sur le tronçon de Sedrun.* XYZ, éditée par l'Association Française de Topographie, n° 105, 2005.

Contact

Adrian RYF ing. dipl. ETH Zürich
ETH Zürich – Institut de géodésie et de photogrammétrie
Wolfgang-Pauli-Str. 15, CH – 8093 Zürich
adrian.ryf@geod.baug.ethz.ch

ABSTRACT

AlpTransit Gotthard is creating a flat rail link for future travelling through the Alps. At the heart of the new transalpine rail route is the world's longest tunnel – the 57 km long Gotthard Base Tunnel, which is being built simultaneously from five construction sites. For all parties involved, including the surveying engineers, the construction is a big challenge.

La lasergrammétrie appliquée à l'auscultation des ouvrages d'art

■ Bertrand CHAZALY

La lasergrammétrie est une science ou une technique en plein essor qui exploite la technologie des scanners laser 3D (mesure laser haute densité, sans contact et longue portée). Un scanner 3D lève plusieurs millions de points en trois dimensions en quelques minutes. La mesure laser peut être couplée à une prise de vue photogrammétrique numérique.

Les technologies les plus répandues sont la mesure du temps de vol, la triangulation et la mesure par différence de phase.

Développée à l'origine pour des applications industrielles, cette méthode de levé s'est étendue à presque tous les champs d'intervention du topographe et en particulier au génie civil.

■ mots-clés

Lasergrammétrie, scanner 3D, topographie, modélisation 3D, ouvrage d'art, génie civil, auscultation, tunnel, autoroute, barrage.

Terminologie

En France, la terminologie n'est pas encore établie officiellement. "Lasergrammétrie" semble consensuel ("laser" + "gramma", écrit ou dessiné, + "metron", mesure) mais d'autres termes sont aussi d'usage dans cette toute nouvelle activité professionnelle : scan-nage 3D, 3D laser scanning, Lidar (light detection and ranging), levé haute densité (HDS® de Leica), laserométrie... Il faut aussi noter que certains capteurs haute densité n'utilisent pas le laser comme source de lumière, même si leur utilisation reste anecdotique en topographie.

Avantage de la méthode sur le levé traditionnel

Le principe de la méthode est d'enregistrer en 3D tout ce qui est visible dans le champ de vision du capteur, on parle de modélisation "Tel Que Construit" mais également de clonage numérique. Il faut ensuite extraire l'information recherchée dans l'archive 3D à partir de traitements plus ou moins complexes.

La principale caractéristique de la méthode est la densité extrême du levé qui autorise des traitements cartographiques très précis lorsque cela s'impose.



Figure 1 : Levé au scanner 3D sur 15 km des quatre voies de l'autoroute A42, sous circulation et en balisage léger (extension des voies en terre-plein central).

Principaux avantages du levé au scanner 3D pour des exemples d'applications réalisées par ATM3D

Exemples d'applications	Densité du levé	Rapidité	Longue portée (inaccessibilité)
Tunnel sous circulation	X	X	
Autoroute et ouvrage sous circulation	X	X	
Tête de tunnel	X		X
Cartographie de barrages	X		X
Auscultation de talus	X	X	X
Auscultation de digues	X	X	X
Auscultation d'aéroréfrigérant	X		X
Passage de gabarit/Contrôle	X		
Levé de détails sous circulation	X		X
Orthophotos vraies	X		X
Cubature béton	X		

Tableau 1 : Principaux avantages du levé au scanner 3D pour des exemples d'applications réalisées par ATM3D

En génie civil, les avantages essentiels qu'offre la lasergrammétrie sont la rapidité d'intervention et la possibilité d'effectuer des mesures longue portée sur des zones à accès difficile ou contraignant. A la différence du levé au tachéomètre, le levé par scanner 3D permet très fréquemment de travailler sous circulation, sur une seule voie et en balisage léger (figure 1). Elle autorise aussi des mises en station en dehors des zones d'exploitation des ouvrages et selon des points de vue très favorables.

C'est généralement la combinaison de ces caractéristiques qui confère son intérêt à la méthode (tableau 1).

Les logiciels de traitement des données

En termes d'acquisition de données, un seuil technologique est franchi. Cependant la difficulté réside à l'heure actuelle dans le traitement et l'exploitation pratique du volume monumental de mesures enregistrées.

Le traitement des nuages de points nécessite toujours l'utilisation de logiciels spécifiques, développés exclusi-

vement pour la gestion de données 3D denses et généralement assez peu orientés vers les applications de génie civil. De fait, les procédés de traitement

des données issues d'un levé au scanner 3D peuvent comporter de nombreuses phases de traitements CAO manuels ou nécessitent des développements informatiques en interne.

Quelques exemples de traitement conventionnels en génie civil qui ont été automatisés chez ATM3D par des développements informatiques spécifiques :

- Extraction automatique de profils en fonction de la définition d'un axe projet et d'un pas régulier
- Représentation 3D des profils dans le système de coordonnées du projet
- Représentation 2D sous forme de cahiers de profils
- Passage de gabarit numérique (3D et 2D)
- Extraction automatique de séries de mesures pour le contrôle du passage et compilation dans un tableau type Excel
- Exploitation et rendu des gros volumes de profils
- Gestion et exploitation des bases de données photos et orthophotos.

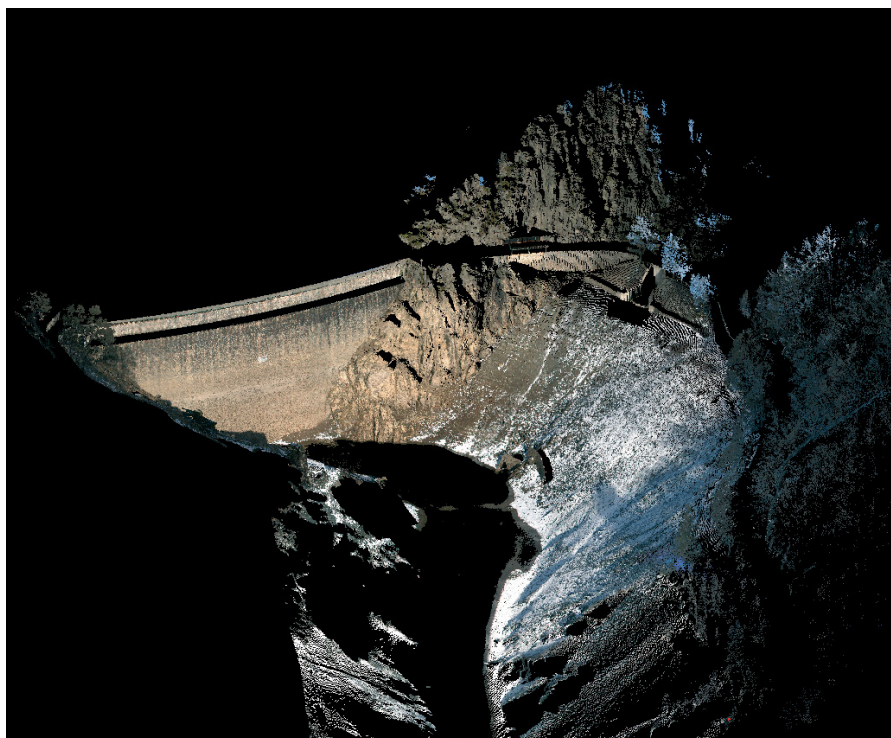


Figure 2 : Archive 3D (XYZRVB) du parement amont du barrage du Gouffre d'Enfer (Loire).



Figure 3 : Nuages de points et modèle 3D maillé en tunnel.



Figure 4 :
Modèle
surfaccique de la
digue de Tarnos
(Port de
Bayonne) et
traitement
topographique
en vue de son
auscultation.

Exemple d'une chaîne de traitement lasergrammétrique mise en place chez ATM3D pour l'auscultation des ouvrages

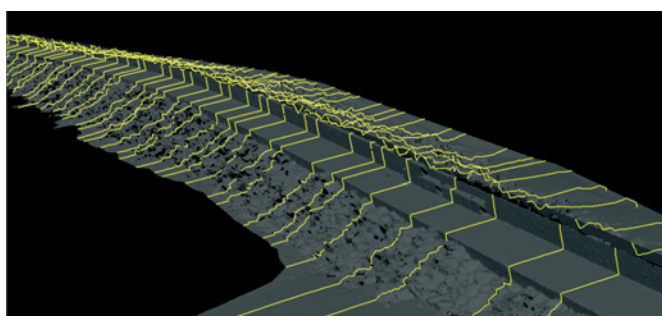
■ Première étape : l'archive 3D fondamentale

Quel que soit le type de capteur utilisé, le résultat d'une opération de numérisation est avant tout un fichier numérique contenant une série de coordonnées géométriques (X,Y,Z), constituant ce qu'on appelle un nuage de points 3D. Au nuage de points, sont parfois associées l'intensité de réflexion et les prises de vues numériques calibrées et géoréférencées (tableau 2).

Ces données, issues d'une campagne de levé sont alors les informations de base, vierges de tout traitement, pouvant constituer une archive brute de l'ouvrage, aux critères de résolution et d'accessibilité visuelle près (figure 2).

■ Deuxième étape : de l'archive 3D au modèle triangulé surfaccique

L'un des procédés de traitement en lasergrammétrie consiste à produire un modèle maillé surfaccique de l'ouvrage. Un modèle maillé tridimensionnel est une véritable peau numérique qui permet de reconstituer la géométrie de la surface numérisée.



Levé au scanner 3D photogramétrique des 7 km du tunnel APRR Maurice Lemaire	
Rendement	
Laser et photos tous les 5 m	200 à 300 m/jour
Laser uniquement tous les 25 à 50 m	Entre 300 et 600 m/jour suivant les masques
Donnée laser	
Type de données	X,Y,Z intensité du signal
Points utiles acquis	950 millions
Résolution du semis brut	1 point/cm à 1 point/5 cm
Précision XYZ des points laser	Ecart-type entre 1 et 2 cm
Données images	
Nb de clichés (17 millions de pixels par image)	6 800 clichés
Format traité	Raw RVB
Taille pixel	1 à 2 mm terrain

Tableau 2 : Caractéristiques de l'archive 3D des 7 km du tunnel APRR Maurice Lemaire (Eiffage Bouygues) en vue de la définition d'un nouvel axe, du passage numérique d'un nouveau gabarit et du contrôle visuel de la voûte.

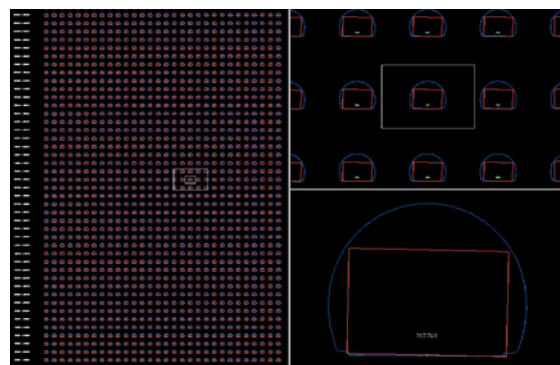
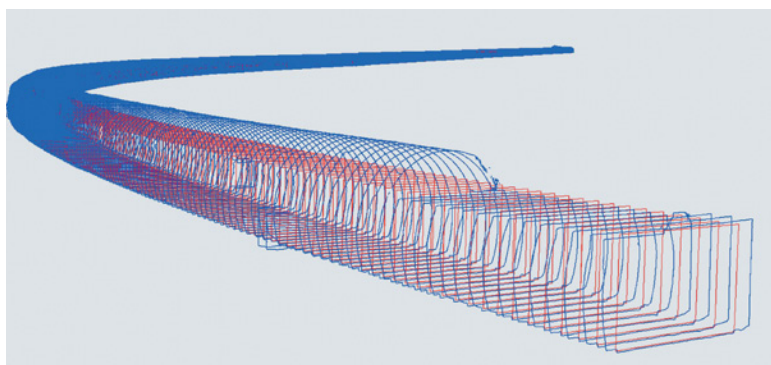


Figure 5 : Passage de gabarit sur les 7 km du tunnel APRR Maurice Lemaire (Eiffage Bouygues).

La densité des triangles est soit équivalente à celle des points acquis, soit simplifiée en fonction de critères géométriques précis compatibles avec les caractéristiques de l'ouvrage (figures 3 et 4).

■ **Troisième étape : du modèle triangulé à l'information topographique**

Une fois le modèle surfacique réalisé et optimisé, il devient assez aisé de procéder aux traitements topographiques. L'extraction de coupes et profils est facilement automatisable. La comparaison de deux modèles surfaciques d'un même ouvrage entre deux états ou avec son modèle CAO est également intégrée dans les logiciels spécialisés.

En revanche, les applications plus spécifiques au génie civil comme par exemple le passage de gabarit exigent des développements informatiques que nous avons dû mettre en place chez ATM3D (figure 5).

Le rendu 3D : un problème de culture technologique

En lasergrammétrie, le levé passe du domaine discret au domaine continu, de la 2D (ou 2.5D) à la vraie 3D. Ceci pose alors le problème de la restitution des résultats. Ce point n'est pas à négliger lors de la mise en œuvre d'un procédé lasergrammétrique dont les résul-

tats seront exploités par les progiciels de génie civil. Au-delà de la contrainte strictement technique que peut engendrer la transformation des données pour une restitution dans un système 2D (papier ou numérique), c'est un problème de culture technologique, d'appréhension de la 3D qui est parfois posé, et il est alors regrettable que l'expertise finale se prive de l'ensemble de l'information 3D. ●

Contact

Bertrand CHAZALY

Ingénieur Géomètre Topographe
Cogérant du bureau d'études ATM3D
tél. : 04 79 25 11 73
Contact@atm3d.com
www.atm3d.com



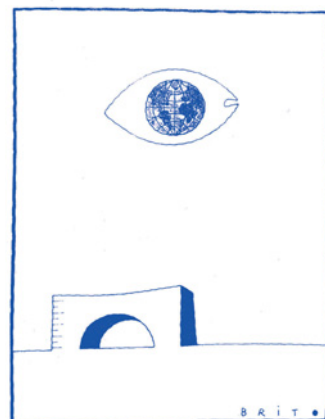
ABSTRACT

Terrestrial 3D laser scanning is particularly suitable to civil engineering. Safety, the low impact on the traveling public, and the very high density of the captured information are the issues which make scanning logical alternative to traditional methods. This new technology provides for appropriate solutions to a wide range of surveying requirements, but it still need specific software developments to see to the needs of construction works.

Topométrie et instrumentation face aux enjeux de la surveillance des grands ouvrages

■ Hervé LANÇON - Sébastien PIOT

La surveillance préventive, intégrant, entre autres, les activités d'auscultation et de monitoring, est devenue une nécessité pour un nombre croissant de structures de génie civil et d'ouvrages industriels, dont la dégradation ou la ruine génèrent des risques en termes de sûreté, de sécurité du public et exploitation, ou simplement en termes économique. Les techniques pour appréhender le comportement dans le temps de ces structures sont traditionnellement séparées en deux familles souvent présentées en concurrence : la topométrie ou auscultation géodésique d'une part, et la mesure à partir de capteurs sur ou dans les structures c'est-à-dire, l'instrumentation, d'autre part. Aujourd'hui, avec l'évolution technologique de ces dernières années, les instruments du topographe se sont rapprochés du concept de l'instrumentation et les progrès de l'optronique ont créé des capteurs utiles au topographe. Dans ce contexte, SITES offre aux Maîtres d'Ouvrage des solutions globales de surveillance préventive qui mêlent intimement ces deux approches pour créer une discipline adaptée à la problématique de la surveillance préventive. Au travers d'exemples extraits de deux projets de notoriété publique, on illustre cette complémentarité et l'apport de chacune de ces techniques envers l'autre et en particulier le rôle du topographe dans la mise en œuvre d'instrumentation.



Enjeux de la surveillance

■ Pourquoi surveiller ?

En premier lieu, la surveillance s'impose pour la sécurité des personnes et des ouvrages. La mise en œuvre d'une surveillance peut intervenir à différents stades de la vie d'un ouvrage :

- En construction
 - Pour assister les opérations de chantier
 - Pour valider les hypothèses de conception
 - Pour surveiller l'environnement de la construction.
- En exploitation
 - Pour prévenir suffisamment tôt des évolutions du comportement de l'ouvrage qui pourraient nuire aux bonnes conditions d'exploitation
 - Pour permettre de mettre en place au plus vite des solutions économiques de réparation planifiées.
- Après sinistre ou désordres importants
 - Pour surveiller le "malade" (monitoring) vis-à-vis des conditions d'exploitation restreintes
 - Pour alimenter le processus de compréhension de la pathologie.

Il apparaît évident que la mise en place d'une surveillance dès le premier stade permet d'optimiser le second et éviter le troisième, tout en optimisant le coût global de l'opération.

■ Les paramètres à surveiller

La surveillance préventive nécessite d'appréhender le comportement d'un ouvrage sur des intervalles de temps très larges, de quelques millisecondes à plusieurs années.

Les mesures concernent l'ouvrage lui-même (tassements, basculements, déformations et microdéformations, pression, température matériau, humidité...) mais aussi, et de manière tout aussi importante, son état de chargement, c'est-à-dire au sens large, l'environnement dans lequel il vit (trafic, vent, piézométrie...). A cela s'ajoute également la mesure de paramètres utiles à la correction intrinsèque des mesures.

Ces mesures doivent être réalisées avec des incertitudes associées, compatibles avec le comportement normal de l'ouvrage sous son état de chargement, et au regard de la fréquence des acquisitions et de la durée de la mise sous surveillance. Malheureusement, par méconnaissance et absence d'études préalables, l'incertitude de mesure est souvent déterminée par rapport aux performances disponibles des instruments ou capteurs.

■ Démarche de définition d'une surveillance préventive

En premier lieu il convient d'appréhender et analyser les risques et comprendre le fonctionnement de l'ouvrage. Cette phase doit permettre d'identifier les modes de dégradation attendue qui vont définir la fréquence des mesures à mettre

Figure 1 :
Vue générale
du viaduc
de Millau.

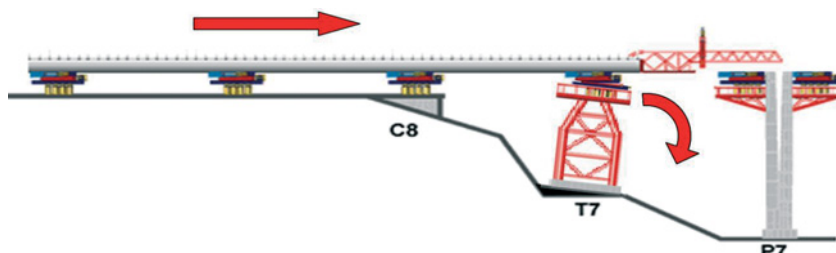


Figure 2 : Principe de la surveillance continue des mouvements transversaux et longitudinaux de la palée pendant lançages à l'aide de télémètres laser.

en œuvre ainsi que les descripteurs qui représentent le mieux l'apparition de désordres, et qui feront l'objet des mesures. Cette première approche, surtout appuyée sur des études de conception ou de modélisation, doit intégrer l'effet des conditions de chargement et environnementales pour définir au mieux les critères d'incertitude de mesure admissibles. Ensuite, vient le choix des techniques de mesure qui se doit d'être fait parmi un éventail le plus complet de principes ou technologies et exige donc de ne pas être lié à une technique unique (en l'occurrence la topométrie ou l'instrumentation).

Les outils disponibles

■ Instrumentation

Capteurs de déplacement – Téléniveaux hydrostatiques
Inclinomètres – pendules – Extensomètres à corde vibrante, à fibre optique – Piézomètres, cellules de pression...
Sondes de température, anémomètres, humidité...
Accéléromètres – Télémétrie...

■ Topométrie

Nivellement direct – Station totale, laser tracker, télémètres
Photogrammétrie, photothéodolite – Satellite et "GPS Indoor" – Scanner 3D - lasergrammétrie

Illustration sur le viaduc de Millau (figure 1)

■ Programme de surveillance

Le programme de surveillance a été établi sur la prise en compte de trois sources de besoins :

- Les exigences contractuelles liées à la surveillance préventive de l'ouvrage sur sa durée de vie
- Les besoins des études et de la conception (besoin de validation d'hypothèses *in situ*, confrontation calcul/réalité)
- Les besoins liés aux méthodes de construction.

Les difficultés techniques pour la mise en œuvre d'une instrumentation de surveillance sur un tel ouvrage sont liées d'une part à l'étendue temporelle des phénomènes à appréhender (d'une fraction de seconde pour les sollicitations dynamiques à de nombreuses années pour le suivi du vieillissement des matériaux) et d'autre part aux grandes dimensions spatiales de l'ouvrage rendant certaines techniques de mesures "classiques" inopérantes.

■ Grandeurs physiques mesurées

Hors mesures topométriques de précision effectuées par le groupement d'entreprises en phase construction (Nivellement, tachéométrie robotisée, GPS), le tableau ci-après précise la nature des principales grandeurs mesurées par l'instrumentation pour la surveillance. En effet, les dimensions et la constitution de l'ouvrage lui confèrent un comportement très souple, engendrant de grands déplacements du tablier et des têtes de pile sous charge thermique et de vent. Cette configuration rend impossible la réalisation d'opérations topographiques pertinentes; la durée des opérations est beaucoup trop grande par rapport à la cinétique d'évolution du comportement normal de l'ouvrage. La surveillance est pour cela entièrement basée sur un système d'instrumentation permettant des acquisitions synchrones sur tout l'ouvrage et de fréquence élevée.

A noter que l'auvent de la gare de péage a également fait l'objet de mesures spécifiques au cours de la préfabrication des voussoirs (extensomètres à corde vibrante).

■ Acquisition des mesures

Présentation générale

Les grandeurs physiques à mesurer, présentées ci-avant, ont des besoins d'acquisition très différents en termes de périodicité. Il faut distinguer les acquisitions continues (celles qui

Grandeur	Unité	Concerne	Nbre	Type capteur	Phase (*)
Vitesse vent	m/s	Sur tablier	3	Anémomètre 3D à Ultrason, anémomètre girouette 2D	C, L, R, E
Température	°C	Air, béton pile, tablier	150	Pt 100, Pt100 1/3 DIN sur cannes noyées	C, L, E
Humidité	%HR	Pile, tablier	4		C, L, E
Inclinaison, rotations	mrاد	Semelles, piles, pylônes	35	Embases scellées pour mesures manuelles, inclinomètres électroniques	C, L, E
Extensométrie base longue	μm/m	Semelles, piles	15+54	Extensomètre fibre optique de type SOFO de longueur de 1 à 10 m, capteur LVDT sur barre invar 1m.	C, E
Extensométrie	μm/m	Palée - tablier	80 + 20	Jauges de contrainte	C, R
Accélération	mg	Piles, tablier, pylône	24	Servo-accéléromètres 2D, XY ou XZ	L, E
Déplacement	mm	Tablier, palées, joint de chaussée, balancelles	48	Télémètres laser – système Tracksites (figure 2), capteurs potentiométriques	L, E

Nature des grandeurs physiques mesurées par l'instrumentation de surveillance

(*) C : Construction, L : Lançage, R : Réception E : Exploitation

ont pour but de surveiller en permanence le non-dépassement de seuil et/ou d'enregistrer uniquement sur dépassement d'un critère), des acquisitions périodiques ayant pour objet principal le suivi du comportement à moyen ou long terme.

L'acquisition périodique est réalisée manuellement pour des périodes supérieures à la semaine et de façon automatique pour des périodes plus faibles. En phase construction, des modems GSM permettent la consultation des acquisitions depuis un poste distant.

Les mesures en mode continu sont confiées à des unités d'acquisition industrielle permettant un échantillonnage à 25 Hz pour les mesures accélérométriques et jusqu'à 100 Hz pour les déplacements pendant lancement.

Concrètement (hors mesures manuelles), les dispositions techniques mises en œuvre se déclinent suivant trois familles de systèmes :

- des systèmes d'acquisition lents (jusqu'à une mesure par seconde), autonomes, pour des mesures périodiques dont la visualisation en temps réel n'est pas utile, et dans lesquels on trouve les techniques du topographe,
- des systèmes d'acquisition lents, en réseau, et dont l'architecture permet leur traitement depuis le poste de supervision au niveau de la gare de péage en phase d'exploitation,
- des systèmes d'acquisition dynamique, en réseau, organisés suivant la même architecture mais déclenchés sur dépassement de seuil de vent ou d'accélération.

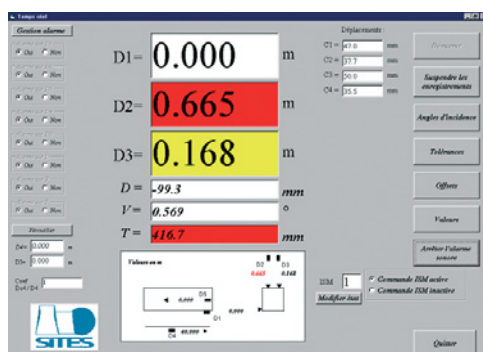


Figure 3 :
Extrait des visualisations présentes au cours des lancements.

Ces deux derniers types de système ont été également utilisés pendant les phases de lancement avec une visualisation en temps réel au niveau des bureaux de chantier, fournissant des indications précieuses pour le bon déroulement de la phase (cf. figure 3). Les mesures en provenance du tablier en mouvement, sont véhiculées par une fibre optique se déroulant à l'avancement, sur un protocole de type Ethernet.

En phase d'exploitation du viaduc, c'est sur ce même protocole, par le biais d'un réseau cheminant à l'intérieur du tablier et jusqu'à la barrière de péage située à environ 6 km au nord, qu'est rapatrié l'ensemble des mesures des grandeurs intéressant le comportement de l'ouvrage.

Cas particulier des acquisitions dynamiques

En phase exploitation, l'acquisition dynamique concerne les 24 voies des accéléromètres bidirectionnels installés sur piles, pylônes et tablier ainsi que les extensomètres installés sur les piles P2 et P7. Ces acquisitions sont accompagnées des enregistrements des mesures de vitesse de vent en 3D, prélevées en haut du pylône PY2. Afin que ces mesures puissent être analysées dans le domaine fréquentiel, il convient qu'elles soient acquises de façon synchrone, malgré l'éloignement des différents capteurs et leur raccordement individuel à une liaison numérique de type Ethernet, dont les temps de réponse dépendent du trafic de la ligne.

Pour assurer cette synchronisation, l'originalité du système réside dans la mise en place, au niveau de chaque concentrateur en contact direct avec les capteurs, d'un récepteur GPS, captant des signaux de synchronisation émis par les satellites. Ces signaux se trouvent donc enregistrés en parallèle aux mesures dynamiques de chaque capteur et permettent ainsi de garantir une acquisition synchrone de toutes les voies de mesures et d'offrir des possibilités de traitement fréquentiel fiable. Une application informatique spécifique, baptisée S3dyn, permet la supervision de l'activité "dynamique" simultanément aux acquisitions statiques continues.

Traitement des mesures

Suivant la nature des mesures effectuées et la phase à laquelle elles se rapportent, le traitement des mesures est très différent.

On peut citer (liste non exhaustive) :

Vent : les mesures en permanence permettent la corrélation avec les relevés de Météo France effectués par la station de Millau Soulobres et permettent également le déclenchement des acquisitions accélérométriques sur le tablier hors lançage et pendant lançage.

Température : mesures indispensables au traitement correct des autres mesures (dilatation, retrait, fluage).

Humidité : pour correction du suivi du retrait-fluage du béton et pour surveillance de l'humidité dans le caisson métallique (corrosion).

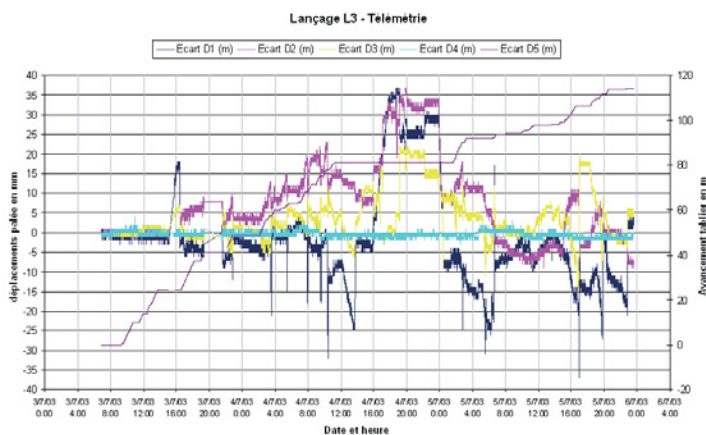
Inclinaison/rotations : pour surveillance à long terme des basculements d'appui en complément aux nivellements de précision et des inclinaisons de piles et pour le suivi des pylônes pendant les lançages.

Extensométrie base longue : dans la semelle de la pile P2, surveillance des variations dimensionnelles différentielles entre le niveau supérieur des têtes de puits marocains et la pleine masse de la semelle (cf. encadré). Suivi du retrait/fluage et surveillance des contraintes dans les fûts de piles, notamment sous les effets dynamiques du vent.

Extensométrie par jauge de contrainte : caractérisation des contraintes et de la raideur de la palée d'extrémité pour confrontation au calcul. Essai de flexion locale du tablier lors de la réception.

Accélération : données utiles à la caractérisation modale du tablier (sur excitation vent et lors des essais de réception par lâcher de masse). Surveillance en continu des accélérations induites par la sollicitation du vent

Déplacement : surveillance continue, par télémétrie laser à haute cadence, des déplacements en tête de palées d'extrémité et des balancelles au cours des lançages, incluant une mesure de référence pour la correction des erreurs dues à la variation de la réfraction (cf. graphe 4). Surveillance des déformations des âmes du caisson central (patch-loading). Surveillance des déplacements des joints de chaussée.



Graph 4 : Enregistrement des déplacements appui P17 pendant un lançage.

Extensomètre SOFO Base Longue



Vue d'un capteur Sofo.

Un extensomètre a pour objet de mesurer les variations dimensionnelles d'un matériau de structure et permet de remonter à des variations de contraintes (traction/compression). Traditionnellement, ces capteurs procèdent à des mesures sur des bases très courtes (au mieux quelques centimètres), à partir de technologies résistive, inductive, à corde vibrante... Suivant les besoins, ces mesures sont ensuite intégrées ou extrapolées sur la distance recherchée (intégration mécanique ou extrapolation par calcul). Le capteur Sofo (Surveillance d'Ouvrage par Fibres Optiques), opère directement la mesure sur des bases pouvant atteindre plus de 20 m. Plus précisément, ce capteur est constitué de deux fibres optiques, l'une tendue (appelée fibre de mesure) et l'autre légèrement détendue (appelée fibre de référence) entre les deux points d'ancrage du capteur. Ces deux fibres sont protégées dans un tube en polyéthylène étanche et terminées par un miroir. La mesure de la variation dimensionnelle de la base constituée entre les deux points d'ancrage, est réalisée par interférométrie de type Michelson. L'interféromètre procède à la mesure de la variation de la différence d'allongement des chemins optiques entre les deux fibres. En effet, le chemin optique constitué par la fibre de mesure va être modifié par la variation de distance entre les deux points d'ancrage et par les variations de température (dilatation de la fibre), alors que le chemin optique au cœur de la fibre de référence, non tendue, ne subira que l'allongement dû à sa dilatation thermique. Le capteur SOFO permet donc l'obtention des variations dimensionnelles entre ses points d'ancrages en toute indépendance de la température, avec une résolution de mesure de $2\mu\text{m}$ quelle que soit la longueur de la base (résolution de l'interféromètre employé), et pour des variations pouvant atteindre 1 % de la longueur de la base. Les mesures sur un capteur Sofo peuvent être effectuées ponctuellement (au moyen d'un poste de lecture portable) ou bien être obtenues au moyen d'une unité d'acquisition automatique installée en poste fixe. Le capteur est installé indifféremment au cœur du matériau (noyé dans le béton à la construction) ou à sa surface. Pour le topographe métrologue, ce capteur trouve des applications complémentaires intéressantes grâce à sa faculté de pouvoir fournir l'évolution dimensionnelle sur le long terme, à quelques micromètres près, de bases de plusieurs mètres. On peut citer par exemple :

- **Transmission d'un nivellement entre deux planchers** : Traditionnellement, une transmission d'un nivellement entre deux planchers se fait au moyen d'un élément stable dimensionnellement (canne de silice, tige Invar). Le capteur Sofo permet ici de mesurer le déplacement réel.
- **Réseaux de micro trilatération** : Les contraintes d'environnement en industrie, sur chantier ou en centre de recherche font que, parfois, il est difficile voire impossible de faire "passer" des visées optiques directes. Une alternative est alors de constituer un réseau de capteurs Sofo noyés dans les structures qui, à chaque campagne de mesure, est déterminé parallèlement aux observations topométriques. Les données des capteurs Sofo peuvent alors être incorporées dans un réseau comme des données de trilatération (cette technique a été mise en œuvre pour la surveillance dimensionnelle du massif de fondation de la plus haute pile du viaduc de Millau lors de son bétonnage).

■ ■ ■ Au-delà des utilisations spécifiques citées ci-avant, les données recueillies alimentent déjà la base de données du comportement de l'ouvrage. Celle-ci est désormais enrichie par les acquisitions qui sont effectuées depuis la mise en service de l'ouvrage par le biais de l'application informatique installée en gare de péage (figure 5).

Ensuite, l'exercice consiste, après étude, à ne conserver que les mesures et traitements représentatifs de l'état de santé de l'ouvrage. C'est de cette phase d'étude, déjà initiée, que dépendent la pertinence et la pérennité du système d'instrumentation. L'objectif est d'obtenir, avec le minimum d'indicateurs accessibles au poste de supervision, une vision précise de l'évolution de l'ouvrage.

Exemple de la surveillance des structures du terminal 2E après accident

■ Contexte et enjeux

Après l'effondrement des voûtes d'une partie de la jetée du terminal 2E de l'aéroport de Roissy, SITES est intervenu pour mettre en place une méthodologie de surveillance et d'investigation ayant pour objet :

- de réaliser un état des lieux des structures restées en place
- d'appréhender puis surveiller leur comportement et ceci dans le but d'assurer au plus tôt la sécurité du personnel devant intervenir sous la jetée et alimenter le processus d'enquête.

Dans le respect des règles de confidentialité liées à ce dossier, les résultats des mesures et investigations ne peuvent pas être publiés.

■ Description de la structure

La jetée du terminal 2E est constituée de deux parties indépendantes que sont la voûte et ses piles et les structures intérieures. La voûte se compose d'anneaux qui sont eux-mêmes l'assemblage de 3 éléments en béton armé clavés qui reposent sur deux piles par l'intermédiaire d'appareils d'appui. Une partie des efforts de la voûte est reprise par des tirants métal-

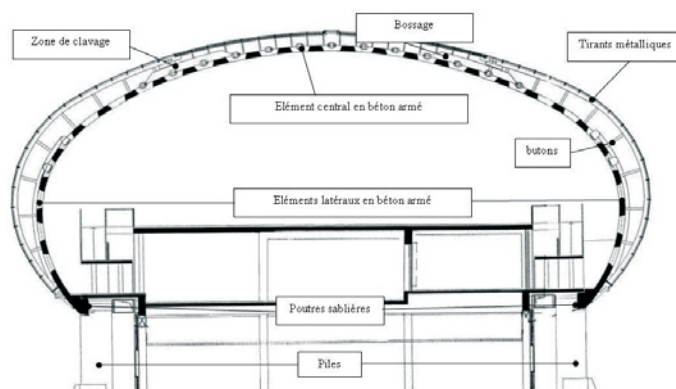


Figure 6 : Coupe de principe du terminal 2E.

liques par l'intermédiaire d'une série de boutons. Une poutre sablière longitudinale relie les différents anneaux qui constituent l'ensemble.

Le schéma de principe de la structure est fourni en figure 6.

■ Etat des lieux

Les opérations réalisées dans le cadre de l'état des lieux comprennent :

- un relevé de la géométrie transversale des voûtes, à l'aide d'un tachéomètre robotisé équipé de distancemètre sans réflecteur. Les profils ainsi obtenus ont pu être comparés aux profils théoriques et ont permis de mettre en évidence les déformations acquises, et ceci à l'erreur près de la conformité du profil théorique au profil réel d'origine.
- Le relevé des tassements et basculements des appuis par nivellement direct et tachéométrie pour évaluation des tassements et basculements acquis depuis la construction, à l'erreur près de la conformité de l'exécution.
- Le relevé exhaustif de la fissuration en intrados des voûtes et sa caractérisation complète en termes géométriques (relevé à l'aide du procédé SCANSITES (figure 7), permettant une cartographie assistée des désordres visibles et la constitution d'une base de données géoréférencée de ceux-ci). Ces relevés ont permis d'alimenter les études et modélisation effectuées dans le cadre de l'enquête.

Figure 5 : Interface de l'application de gestion en gare de péage.

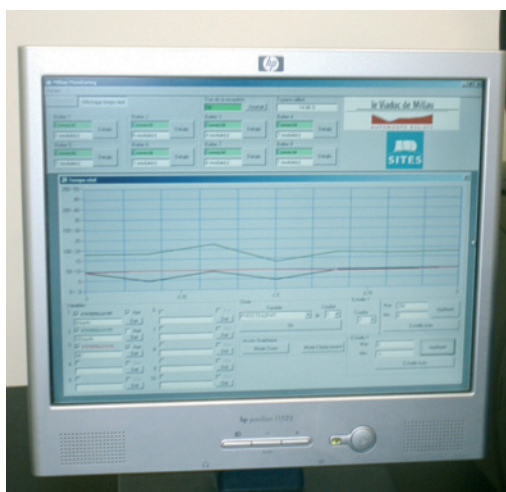


Figure 7 : Tourelle SCANSITES.



Figure 8 : Télémètre laser.



Figure 9 : Inclinomètres sur une poutre sablière.

■ La surveillance en continu

La surveillance en continu a été installée dans une double optique. La première est de garantir la sécurité des intervenants en déclenchant une alarme de manière quasi instantanée en cas de mouvement anormal de la voûte. La seconde est d'étudier de manière très fine le comportement d'une partie de la voûte afin de confronter son fonctionnement réel à son modèle de calcul et ce dans le but d'expliquer complètement l'accident.

La surveillance en temps réel des mouvements anormaux de la voûte a été assurée par une batterie de télémètres laser. Ces capteurs offrent une répétabilité sur le court terme de ± 0.25 mm pour une incertitude absolue de quelques mm avec une cadence de mesure de 1 000 Hz (figure 8).

Couplé à un système d'acquisition équipé d'un logiciel d'analyse et de corrélation des déplacements développé spécifiquement, l'ensemble est capable de valider et déclencher une alarme sur un délai très court (0.1 seconde environ), avec un très haut niveau de fiabilité.

La surveillance du comportement de la voûte dans le but de comprendre l'accident a largement fait appel à l'instrumentation et la topométrie. Citons le suivi des rotations des piles et de la poutre sablière par l'intermédiaire d'inclinomètres fournissant des mesures à $10 \mu\text{m/m}$ près (figure 9). Ces mêmes piles ont été suivies en nivellement direct de haute précision afin de détecter des tassements relatifs jusqu'à 0.2 mm. Les relevés réguliers de la voûte au tachéomètre de haute préci-

sion ont permis, en complément de la télémétrie, de suivre finement les déformations de la structure.

Un réseau à fibre optique à base longue de type SOFO a été installé sur la coque. Il a constitué le moyen le plus efficace pour suivre les profils de fissuration et de déformation.

L'ensemble des mesures est associé à plus de 40 sondes de température afin de caractériser le comportement thermique de la structure ainsi que de décorrélérer les mesures (figure 10).

Conclusion

Des télémètres en réseau de capteurs qui scrutent les mouvements de quelques dixièmes de mm à 1 000 Hz, des extensomètres à base longue noyés dans le béton qui fournissent les variations de géométrie d'un massif de 30 m de côté, des stations totales robotisées qui surveillent en continu les déformations d'un ouvrage... autant d'exemples qui montrent que la pertinence d'une surveillance préventive de structures, d'ouvrages et d'environnement doit puiser ses fondements tout aussi bien dans la famille des outils topographiques, que celle des systèmes d'instrumentation industrielle, après avoir bien établi les enjeux, en relation avec les spécialistes de la conception des structures. Cette approche globale est une nécessité pour le topographe ou le "géomaticien" qui souhaite s'investir dans la surveillance, tout en conservant son bon sens de la mesure et de la réalité. ●

Contact

Hervé LANÇON (Ingénieur ENSAIS - Directeur Technique)

h.lancon@sites.fr

Sébastien PIOT (Ingénieur ENSAIS - Responsable du pôle MIR Métrologie Instrumentation Relevés)

s.piot@sites.fr

Société SITES

2 bis, avenue du Centre - 92500 RUEIL-MALMAISON - France

www.sites.fr

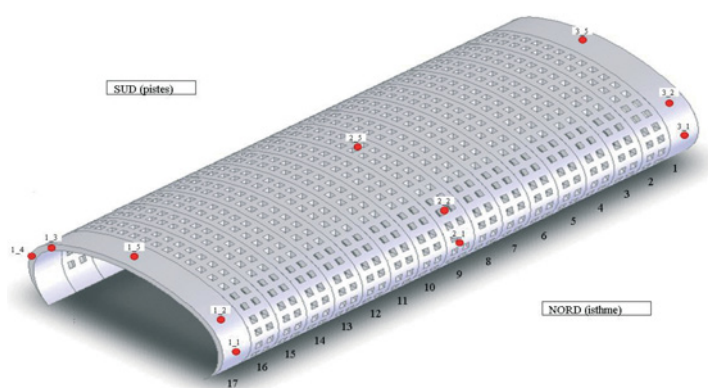


Figure 10 : Extrait de l'implantation des capteurs de température.

ABSTRACT

Usually, the activities of auscultation and monitoring of large structures like bridges, dams... are separated in two approaches. In the first hand, there are the topometric or geodetic technology, using optical, optronic and satellite measurements, and in the second hand the instrumentation technology with sensors on structures and automated acquisitions. Recent developments of topographic instruments and industrial sensors, and the evolution of the needs in monitoring of structures are going to clear the boundaries between these two approaches. On two famous projects, the Millau viaduc and the air terminal 2 at Roissy airport, we illustrate the necessary complementarity of these techniques and the part that the surveyor must take in this growing activity.

Micro Géodésie pour le Guidage de Coffrage des Murs Porteurs d'Immeubles "Tours"

■ Ian R SPARKS, Australia, Douglas McL HAYES, Dubai

Joël VAN CRANENBROECK, Belgium

Depuis quelques années, un intérêt accru se porte sur la construction d'immeubles "tours" géants. En plus d'atteindre des hauteurs considérables, ces structures soumises à des contraintes importantes au cours de leur construction, peuvent parfois considérablement vaciller. Ces contraintes sont dues principalement à l'effet de vents importants, aux grues qui sont ancrées sur la structure, aux effets thermiques et autres sollicitations.

Le mouvement de ces structures engendre plusieurs problèmes pour le responsable de l'implantation des coffrages des murs porteurs. Ainsi à un instant donné la position précise de la structure par rapport à son état projeté aussi bien que la position des instruments de topographie doivent être fournies.

Des complications peuvent s'ajouter si l'on considère que les instruments utilisés - principalement des stations totales - doivent être maintenues en station sur une plate-forme en mouvement. Cette présentation décrit la procédure proposée qui combine l'utilisation du GPS et d'inclinomètres de haute précision afin de fournir des points de contrôle au sommet des ces structures en construction.



La tour Burj Dubai à Dubai (Emirats Arabes Unis) atteindra une hauteur de plus de 800 mètres lors de son achèvement en 2008. En plus d'être très haute elle sera aussi plutôt mince avec un comportement dynamique aux étages supérieurs dus principalement à la pression des vents, les contraintes exercées par les grues "tours" ancrées à la superstructure, à l'insolation et aux autres facteurs liés au processus de construction.

Le système de coffrage autoporteurs pour cette construction est relativement complexe et exige un nombre important de points de contrôle. Il a donc été nécessaire de développer un système topométrique qui pourra produire de manière efficiente ce grand nombre de

points et qui pourra toujours être opérationnel lorsque la construction atteindra un niveau où son comportement sera dynamique.

Une analyse des mouvements théoriques a été menée à bien et un système de topométrie mis en place qui délivre déjà un positionnement précis pour la mise en place des coffrages.

Système de mesure des coffrages des murs porteurs

Les mouvements de la structure créent plusieurs problèmes pour garantir une topométrie de précision. En effet, en un temps donné, les opérateurs doi-

vent exactement connaître le déplacement de la ligne de référence principale de l'ouvrage par rapport à sa position théorique et simultanément déterminer la position tridimensionnelle exacte de leurs instruments.

La solution préconisée utilise le système GPS pour établir des points de contrôle autour d'une station totale pour en dériver les paramètres d'orientation et de mise en station. Le système comprend un minimum de trois récepteurs GPS et antennes dont on a fixé à la base un prisme permettant le verrouillage automatique de la lunette de la station totale ainsi que les mesures de distance. Les récepteurs GPS et la station totale forment ainsi le "système de mesure".

Pendant la séquence de mesure de la station totale vers les points situés sur les éléments des coffrages, les récepteurs GPS enregistrent les données avec une cadence d'acquisition de 1 Hz. En début et en fin de levé un tour d'horizon est complété sur les prismes fixés aux antennes de réception des signaux du GPS.

Les données sont ensuite traitées au bureau en associant les enregistrements réalisés à la station GPS permanente, établie dans le périmètre du chantier et reliée à un PC au bureau des topographes. Le logiciel Leica GPS Spider gère la station GPS permanente et transfère les fichiers d'observation au format RINEX dans un répertoire donné.

Le logiciel Leica LGO de traitement des données GPS calcule les différentes lignes de base et convertit les résultats dans un système de référence local.

Les données de la station totale sont déchargées et calculées en utilisant la méthode de la station libre adaptée à cette situation. Une analyse statistique des résultats permet de qualifier ceux-ci avec une bonne redondance puisqu'on dispose d'observations indépendantes.

Puisque la tour subit des contraintes qui seront de plus en plus importantes lorsqu'on atteindra des hauteurs conséquentes, l'axe principal de la station totale ne pourra plus être aligné selon la verticale locale mais bien quelconque et libéré de son asservissement au compensateur bi-axial.

La station totale sera en quelque sorte considérée comme un capteur 3D dont une transformation dans l'espace ramènera les données dans le référentiel fourni par les positions des antennes GPS.

Système de contrôle des mouvements de la tour

Afin de contrôler et tenir compte des écarts de la ligne principale de construction de la tour, un réseau d'inclinomètres de haute précision est en train

Antenne GPS et prisme circulaire.



La tour Burj Dubai en construction.



■ ■ ■ de se mettre en place en suivant les progrès de la construction.

Au total, ce seront 8 inclinomètres de précision Leica NIVEL220 qui seront installés et reliés en réseau pour fournir en permanence l'état de la tour.

Les interfaces de communication à la norme RS-484 de ces capteurs seront reliées de proche en proche pour aboutir au PC du bureau des topographes.

Les données étant enregistrées et analysées en continu pour fournir les écarts de la ligne principale et qui seront pris en compte lors du dépouillement des résultats de la station totale.

Précision et analyse

Les premiers résultats indiquent une excellente cohérence entre les données issues du GPS et celles obtenues par la station totale. L'adaptation des données entre elles montre que l'on obtient régulièrement une précision millimétrique qui est confirmée par la bonne conduite des coffrages.

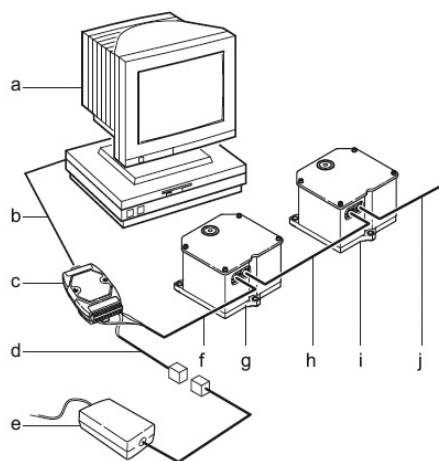
Les instructions de mise en place et de correction de ceux-ci sont en tout point identiques à ceux obtenus précédemment lorsque l'état d'avancement de la construction autorisait des visées sur des points de contrôle extérieurs à la tour.

Il est évidemment trop tôt pour bénéficier des avantages du système étant donné que la hauteur de la tour n'a pas encore atteint un niveau où les mouvements seront manifestement plus importants.

Conclusion

La combinaison et la fusion des données issues des récepteurs GPS, de la station totale et des inclinomètres de précision constituent le moyen de guider la construction de cette tour exceptionnelle tout en maintenant un ensemble homogène dans sa verticalité.

Mais c'est seulement le début d'un long périple et d'autres capteurs viendront progressivement compléter ce système



- a) PC
- b) Cable, Converter - PC
- c) RS232 / RS485 bus converter
- d) Cable, Lemo 1 (female) - Converter
- e) Power supply
- f) Cable, Converter - Lemo 0 (male)
- g) NIVEL220 RS485
- h) Cable, Lemo 0 (male) - Lemo 0 (male)
- i) NIVEL220 RS485
- j) Cable, Lemo 0 (male) - Lemo 0 (male)

Figure 3 : Inclinomètres de Précision NIVEL220 connectés au PC.

pour assurer une meilleure compréhension et la maîtrise du comportement dynamique de cet ouvrage.

D'autres projets bénéficieront certainement de cette approche si l'on considère que la tendance à construire de tel ouvrage se poursuivra en s'amplifiant.

Contacts

Douglas MCL. HAYES

Chief Surveyor, Burj Dubai Tower,
Samsung Besix Arabtech JV
dhayes@burjdubaijv.ae

Ian R. SPARKS

Project Surveyor,
Connell Wagner, Neutral Bay Sydney, Australia
ian.sparks@clearmail.com.au

Joël VAN CRANENBROECK

Business Development Director,
GNSS Reference Stations & Structural
Monitoring, Leica Geosystems AG
joel.vancranenbroeck@leica-geosystems.com

ABSTRACT

In recent years there has been considerable interest in the construction of super high-rise buildings. From the prior art, various procedures and devices for surveys during and after the phase of erection of a high-rise building are known. High-rise buildings are subject to strong external tilt effects caused, for instance, by wind pressures, unilateral thermal effects by exposure to sunlight, and unilateral loads. Such effects are a particular challenge in the phase of construction of a high-rise building, inasmuch as the high-rise building under construction is also subject to tilt effects, and will at least temporarily lose its – as a rule exactly vertical – alignment. Yet construction should progress in such a way that the building is aligned as planned, and particularly so in the vertical, when returning into an un-tilted basic state. It is essential that a straight element be constructed that theoretically, even when moving around its design centre point due to varying loads, would have an exactly vertical alignment when all biasing conditions are neutralised. Because of differential raft settlement, differential concrete shortening, and construction tolerances, this ideal situation will rarely be achieved. For this reason a regular matching of the reference system is required for surveys during the construction phase of a high-rise building once this has attained a certain height or a certain ratio of height to cross section. Up to now, surveying on high-rise buildings is done by geodetic electro-optical total stations yielding non-contact optical measurements of the points to be surveyed, these instruments periodically being referenced to fixed external reference points with known coordinates.

DYNAOPT

La synergie au service de la mesure

Unies par une philosophie commune, chacune de nos structures cherche à fournir à ses clients la solution la mieux adaptée à ses projets, quelles que soient les contraintes techniques.

Les projets de plus en plus sophistiqués nous ont conduits à repenser notre façon de travailler en rassemblant nos compétences et en mariant des technologies habituellement séparées :

- L'assistance technique en mesures géométriques appliquées à la construction et au suivi de sites,
- Le conseil et le soutien technique pour la mesure dimensionnelle d'objets industriels,
- La conception de systèmes de mesures intégrés pour l'instrumentation et l'auscultation,
- La conception et l'automatisation de traitements novateurs des données mesurées.

Notre synergie a l'ambition d'offrir au client la réactivité d'une seule structure lui permettant de disposer de toute une équipe pluridisciplinaire d'une dizaine d'ingénieurs.

Que vous soyez acteur dans le domaine de la mesure cherchant une solution complémentaire, ou une entreprise n'ayant pas la maîtrise de notre activité, vous avez la garantie que la solution fournie, technologique et humaine, sera en adéquation avec l'objectif défini.

"L'union fait la force" : notre synergie a fédéré des techniques et des hommes, grâce au partage des connaissances dans le respect et la confiance.

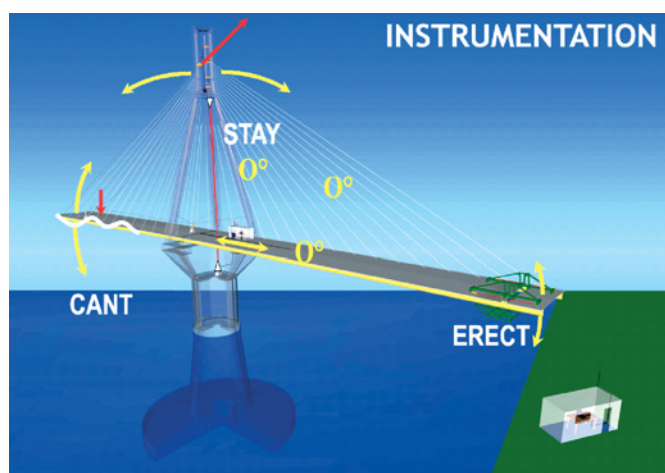
Un exemple de collaboration réussie :

L'inauguration du Pont Rion-Antirion en Grèce s'est faite avec 3 mois d'avance sur le planning prévisionnel, grâce, en partie, au travail méticuleux de préparation mené par une équipe pluridisciplinaire.

Sous la responsabilité du groupe Survey de VINCI, qui a adopté les procédures de réglages et le logiciel mis au point par FORMULE INFORMATIQUE, DYNAOPT et GEODESIE-INDUSTRIELLE SA ont développé une instrumentation origi-

nale pour fournir au logiciel de réglage, les données requises. Des capteurs spécifiques, innovants pour certains, ont dû être mis en œuvre là où les solutions plus traditionnelles n'étaient pas adaptées.

La clé du succès a été que des ingénieurs Design, Méthodes, "Survey", spécialiste en instrumentation et concepteur de logiciel d'aide à la construction, gardaient toujours à l'esprit les contraintes des autres disciplines.



Congrès Nottingham IWAA 2004

Figure INSTRUMENTATION : schématisation des paramètres mesurés selon 3 programmes :

- **ERECT** : mesure de l'angle entre le segment mis en place et son prédécesseur.
- **STAY** : mesures des déplacements pylône, des mouvements du tablier, de la tension dans le hauban et des températures dans la structure.
- **CANT** : mesures des mouvements des trois derniers segments du tablier, de la tension dans les haubans des trois derniers segments et poids des trois derniers segments. ●

Contacts

DYNAOPT

+33 1 41 79 13 00 - www.dynaopt.com

FORMULE INFORMATIQUE

+33 1 45 77 90 10

GEODESIE-INDUSTRIELLE SA

+41 22 341 12 73 - www.geodesie.com

HYP-ARC

+33 4 50 49 41 52 - www.hyp-arc.com

METRIDE

France : +33 4 72 08 77 77 - www.metrider.fr

Photothèque de VINCI



Pont Rion-Antirion en Grèce

COMMUNIQUÉ

GEOMEDIA SA

La Société et ses logiciels

Depuis sa création en 1993, GEOMEDIA SA est le principal partenaire d'Autodesk en France dans les domaines de la topographie, de la cartographie, de l'infrastructure (VRD – Voiries et Réseaux Divers) et du génie civil. En effet GEOMEDIA SA développe et commercialise les applicatifs COVADIS et AUTOPISTE qui se sont imposés comme les outils de référence dans le monde AutoCAD.

COVADIS est l'applicatif de topographie, de cartographie et d'infrastructure dédié aux géomètres, aux bureaux d'études, aux collectivités locales et aux entreprises de BTP. 8 800 licences COVADIS sont déjà installées chez 3 600 clients.

COVADIS
calcule et
dessine des
carrefours
giratoires
respectant
les normes
du SETRA



AUTOPISTE est l'applicatif de conception d'ouvrages linéaires (Routes, Autoroutes, TGV). Ses fonctionnalités complètent celles de COVADIS dans les bureaux d'études routiers, les entreprises de travaux publics et les administrations (DDE, SNCF, Conseils Généraux...). 1 200 licences AUTOPISTE sont actuellement exploitées en France.

Sa position actuelle sur le marché

Depuis le rachat de son concurrent PCVISION en 1999, GEOMEDIA SA est le leader du marché de la topographie et de l'infrastructure en France. Durant l'année 2005, GEOMEDIA SA a installé 1 250 nouvelles licences COVADIS. Cette forte croissance a été réalisée grâce à l'évolution permanente de COVADIS, à son intégration parfaite au moteur AutoCAD et à sa simplicité d'utilisation. ●

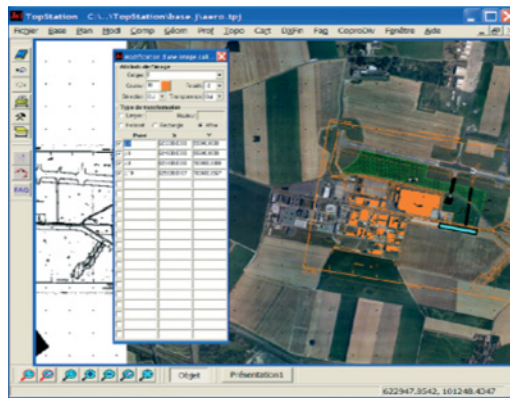
Contact

GEOMEDIA SA

Immeuble "La Vigie" - 20, quai Malbert
29200 BREST
Tél. : 02 98 46 38 39
Fax : 02 98 46 46 64
www.geo-media.com

JSINFO

la géomatique au service du géomètre



JSINFO, éditeur historique français de solutions logicielles à destination des géomètres, topographes et bureaux d'études TP et VRD, propose les solutions applicatives parmi les plus souples et les plus fiables du marché pour toutes les problématiques de calcul, production et gestion de données topométriques et cartographiques. Avec la solution TOPSTATION, JSINFO se positionne aujourd'hui parmi les leaders du marché des applicatifs destinés aux Géomètres Topographes.

Topstation du relevé de terrain... ...à la banque de données cartographiques

JSINFO s'est toujours efforcé d'apporter un regard novateur sur les besoins du métier en matière de traitement numérique des données. Prescripteur en matière de topométrie avec TOPOJIS, et bénéficiant d'une riche expérience dans le domaine de la gestion de données cartographique (ASCODES), JSINFO positionne aujourd'hui un produit alliant les facilités d'un outil DAO aux ouvertures d'un outil Géomatique : TOP-STATION. Parce que le Géomètre reste le principal producteur de données cartographiques à grande échelle, parce qu'il devra contribuer peu à peu à l'intégration de ces données dans des systèmes de gestion globalisée de la donnée (SIG...) tout en continuant d'en assurer une production et un suivi de qualité ; les outils de production de la donnée topographique devront intégrer "l'intelligence" au dessin.

Assurer un traitement cohérent de la donnée, depuis la mesure terrain jusqu'à son exploitation géomatique, voilà le challenge que JSINFO se propose de relever avec ses solutions. Des solutions simples, pour l'usage quotidien (Calcul, DAO, études...) Des outils intégrés assurant une liaison dynamique entre le dessin et la donnée littérale (DA Numérique, Copropriété...) Des développements avancés avec la mise en œuvre de BDTopo à l'échelle communale, voire départementale illustrant que la donnée topographique est partie intégrante de la géomatique de demain. JSINFO, résolument novateur, accompagne comme il l'a tou-

jours fait l'évolution du métier en restant proche des besoins immédiats du Géomètre.

Métier : Géomètre

Depuis sa création en 1973, JSINFO est spécialisé dans le développement de solutions adaptées à la profession de Géomètre. L'équipe constituée de Géomètres de formation a développé de nombreux partenariats avec les cabinets clients.

TOPOJIS, premier logiciel développé par JSINFO reste la référence en matière de calculs topométriques. Une expérience qui confère à la société une légitimité toute particulière dans le secteur et lui offre un regard aiguisé sur les besoins et les aspirations de la profession.

JSINFO consacre aujourd'hui l'essentiel de ses développements à la mise en œuvre d'outils applicatifs établis spécifiquement pour et avec des géomètres ... Les derniers en date concernent le traitement dynamique des divisions en lot de copropriété et le traitement numérique du D.A. Ces applicatifs permettent d'allier la puissance et l'ergonomie du traitement graphique numérique aux exigences qualitatives du métier (contrôles, cohérence du dessin et des données...). Ils assurent la fiabilité et l'efficacité d'un dessin numérique intelligent. ●

Contact

JSINFO

8, rue de la Maison Rouge 77185 LOGNES
jsinfo@jsinfo.fr

Leica Geosystems

tourné vers le futur et focalisé sur les attentes de ses clients

Aujourd'hui, le monde évolue de plus en plus vite, nous voulons tout et tout de suite, des solutions faciles à utiliser, de qualité, multifonctions et qui améliorent notre productivité pour être plus concurrentiels. Il en est de même pour les topographes qui veulent être plus flexibles, optimiser les moyens humains, gagner en productivité et minimiser les interruptions de leurs projets. Le temps devient un allié concurrentiel s'il est bien maîtrisé.

Des solutions et services basés sur l'évolution des attentes des topographes

C'est en restant orienté vers les besoins de ses clients que Leica Geosystems propose des solutions et services conçus pour répondre à leurs attentes et même, les anticiper et faire évoluer les méthodes de travail.



Soyez plus flexibles et optimisez vos moyens humains ...

...avec la station totale robotisée TPS1200, le topographe peut mener seul ses projets et, une fois formé sur l'utilisation de cette solution, peut aisément appréhender un GPS1200 ou la SmartStation, les programmes et interfaces étant communs et donc le temps de formation réduit !



Gagnez en productivité ...

... avec les solutions conçues pour optimiser l'utilisation d'un réseau de stations permanentes type TERIA ou Orphéon :

- la **SmartStation**, première station totale avec GPS intégré vous permet de rattacher instantanément et à moindre coût vos levés tout en oubliant les cheminements. L'histoire

avait commencé avec l'intégration d'un distancemètre dans un théodolite, la convergence continue...

- la nouvelle gamme GPS1200 GG qui ajoute les 17 satellites de la constellation russe GLO-NASS, permet au topographe de réduire les temps d'attente et donne plus de possibilités dans les zones masquées par des immeubles ou des arbres. Un investissement d'autant plus sûr que les GPS Leica sont déjà conçus pour accueillir la constellation de satellites Galiléo.



Minimisez les interruptions ...

... en bénéficiant des contrats de services de Leica Geosystems qui possède une organisation unique en France : une équipe de dix ingénieurs de vente répartis sur le territoire épaulée par deux ingénieurs dédiés à une hotline qui opère en continu de 8h00 à 19h00 du lundi au jeudi et de 8h00 à 17h00 le vendredi, deux ingénieurs formation et la proximité d'un réseau de distributeurs proposant la location, la maintenance et la vente d'instruments.

Leica Geosystems – Véritable acteur du monde de la topographie

Leica Geosystems reste tourné vers le futur et focalisé sur les attentes de ses clients pour être leader dans la mesure, la visualisation et l'édition de données géospatiales.

Leica Geosystems est un véritable acteur dans le monde de la topographie en participant notamment aux groupes de travail avec l'IGN, et, en tant que groupe international, est à même de comparer, relativiser et détecter les meilleures pratiques pour les faire partager à ses utilisateurs. ●

Contact

Leica Geosystems SARL

Parc du Saint-Laurent - Bâtiment le Québec
54, route de Sartrouville - 78232 LE PECQ Cedex
www.leica-geosystems.fr

TRIMBLE

Trimble est d'abord reconnue comme étant l'entreprise à l'origine de l'avènement du GPS en topographie. La famille Trimble s'est depuis agrandie avec la contribution du savoir-faire des Européens dans les systèmes innovants optoélectroniques et robotiques (Allemagne et Suède), Scanner Laser 3D (France) et informatique (Allemagne, France).

Trimble est depuis de nombreuses années le fer de lance de développement de solutions d'infrastructures modulaires pour la mise en place de réseaux de stations permanentes : ceux-ci se sont orientés vers les systèmes temps réel avec précision centimétrique et les solutions innovantes et de pointe de station virtuelle VRSTM de Trimble via sa filiale TerraSat (Munich) se sont imposées dans le monde entier pour satisfaire les demandes croissantes de ses clients. Poursuivant sa conquête des marchés, Trimble a créé des joint-ventures : Caterpillar dans le domaine de la construction CTCT (Caterpillar Trimble Control Technologies) et Nikon (Nikon-Trimble Co, Ltd).

Stratégie de l'innovation et l'intégration :

Au siècle dernier avec le 1^{er} distancemètre électronique pour la topographie, le 1^{er} système GPS temps réel, la 1^{re} station totale robotique, le 1^{er} récepteur 100 % sans câble à communication Bluetooth... Aujourd'hui, révolutionnaire, la 1^{re} station totale à induction magnétique (Trimble S6) ; les récepteurs GNSS Trimble NetR5, Trimble R8 GNSS, 1^{ers} systèmes de positionnement GNSS compatibles (L1, L2), L2C, L5 et Glonass (et WAAS et EGNOS), le tout concourant à plus de productivité, qualité des données, simplification d'utilisation, sécurité et retour sur investissement. Trimble sera bien sûr prêt pour les satellites Galileo dès que les signaux seront disponibles.

Le concept (datant de 1998) Trimble Integrated Surveying™



Trimble® IS® Rover

Topographie Intégrée : un seul contrôleur + un seul logiciel de terrain associant les données Optiques et GPS - ne cesse d'évoluer : exemple à ce jour de l'intégration de systèmes de positionnement GNSS temps réel et de mesures optiques avec le Trimble IS Rover. Ce concept Integrated Surveying™ atteint dorénavant un niveau supérieur avec le modèle Trimble Connected Survey Site - Chantier Topographique Connecté Trimble - qui inclut tous les éléments cruciaux d'une solution complète de topographie (produits de haute technologie, techniques, services et communications)

et les associe dans une solution totalement intégrée et interopérable, propre à chaque géomètre et à chaque chantier de topographie.

Le modèle du "Connected Survey Site" n'est pas un nouveau flux de travail de topographie. C'est au contraire la solution totale dont les géomètres bénéficient lorsqu'ils emploient presque n'importe quelle technologie, produit ou service de topographie proposés par Trimble. Cette nouvelle approche a pour but, sur un marché fortement concurrentiel, d'améliorer l'efficacité et par conséquent la rentabilité d'une activité de topographie. L'accès à cette solution avancée se fait très simplement. En employant ne serait-ce qu'une seule solution Trimble, les géomètres commenceront à apprécier le modèle "Connected Survey Site", avec des atouts tels que le traitement du flux de données et la réduction des temps d'apprentissage. De plus, les avantages procurés par la synergie du "Connected Survey Site" se développent de façon exponentielle au fur et à mesure que des éléments sont ajoutés.

Comme presque tous les produits de Trimble se connectent facilement à ce système, les géomètres pourront progressivement augmenter cette synergie. Et ils n'auront pas besoin de remplacer leur équipement initial pour apprécier de grands gains de productivité.

Comme dans l'exemple qui suit :

Supposons qu'un géomètre emploie un mobile « Trimble IS Rover » avec un contrôleur Trimble TSC2® (Produit de haute technologie). Capable de se connecter à un réseau local VRS d'infrastructure Trimble (Service), il peut alors choisir entre l'optique ou le GPS RTK sur le terrain (Technique), en décidant lequel sera utilisé, et à quel moment, sans avoir besoin d'investir dans une station de base individuelle. Grâce au TSC2 autorisant la connexion Bluetooth (Communications) par un modem GPRS au réseau VRS, le géomètre se retrouve au centre du "Connected Survey Site" de Trimble, en bénéficiant de l'intégration des quatre éléments pour une satisfaction et une réussite jusqu'alors inenvisageables.

Avec l'introduction du modèle "Connected Survey Site", Trimble réalise des avancées significatives pour résoudre les problèmes globaux auxquelles les géomètres sont aujourd'hui confrontés. En se concentrant sur les interconnexions et les interactions entre tous les composants d'une solution topographique totale, Trimble s'attaque aux aspects les plus sensibles de la topographie d'aujourd'hui et de demain. ●

Contact

Trimble France s.a.s.
32, rue de la Fontaine du Vaisseau
F- 94120 FONTENAY-SOUS-BOIS
www.trimble.com