

Auscultation tridimensionnelle d'ouvrages d'art

Depuis quelques années, la topométrie est une technique incontournable pour la construction d'ouvrages d'art. La détection de mouvements absolus et relatifs implique la combinaison de mesures GNSS et terrestres. Pour conserver l'information tridimensionnelle des observations, l'ajustement est réalisé avec le logiciel Trinet+. Des applications sur des ponts autoroutiers et sur le volcan Arenal au Costa Rica ont démontré la validité du procédé.



Canevas du réseau GNSS avec les lignes de base.

La topométrie occupe une place toujours plus importante dans la surveillance et l'auscultation des ouvrages d'art (barrages, ponts, tunnels, etc.). Le maître d'œuvre demande aujourd'hui fréquemment d'être renseigné sur le comportement tridimensionnel de l'ouvrage et ceci aussi bien pour détecter des mouvements absolus que relatifs. La réponse à ces exigences est alors obtenue par la combinaison de mesures GNSS (GPS, GLO-NASS) et terrestres (tachéométrie, nivellement), permettant un rattachement à l'extérieur de la zone d'auscultation. De plus, pour conserver l'information tridimensionnelle des observations GNSS et terrestres, il est judicieux de les ajuster à l'aide d'un modèle de compensation 3D.

Conception du réseau d'auscultation

Détection des mouvements absolus par GNSS. La conception du réseau d'auscultation repose sur une structure à trois niveaux :

- les points de rattachement supposés stables et mesurés par GNSS
- les points qui assurent la liaison entre les points de rattachement et les mesures terrestres de l'ouvrage, et qui sont observés aussi bien par GNSS que par mesures terrestres
- les mesures terrestres de l'ouvrage (tachéométrie et nivellement)

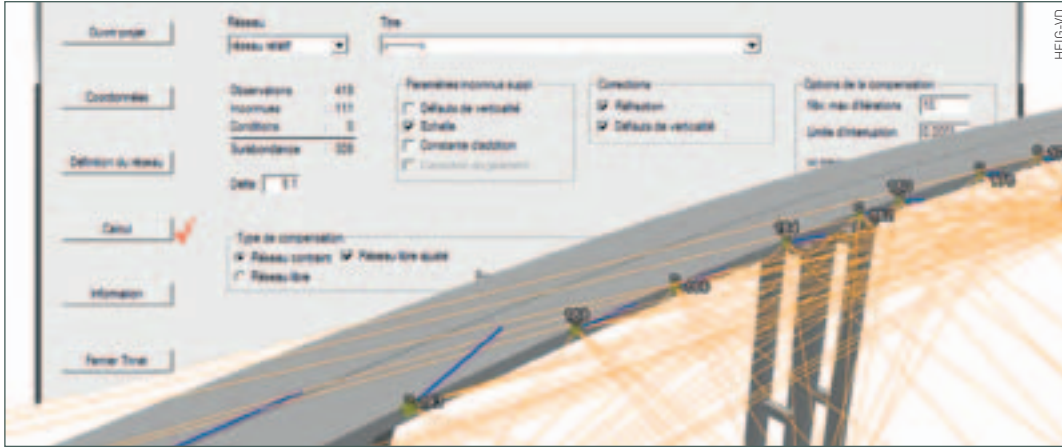
La détection des mouvements absolus de l'ouvrage impose un rattachement sur

des points contrôlés et suffisamment éloignés de la zone susceptible de mouvements. En Suisse, le réseau de stations GNSS permanentes AGNES de swisstopo offre une excellente couverture du territoire et toutes les garanties d'un contrôle permanent de stabilité. Ainsi, quelques stations AGNES qui entourent l'ouvrage servent de points de rattachement.

Détection des mouvements relatifs et ajustement tridimensionnel

Afin d'éviter de travailler sur l'ouvrage lui-même (tablier d'un pont par exemple), le réseau d'auscultation est conçu pour être observé depuis des stations extérieures à l'ouvrage. Seuls des réflecteurs ou des récep-

teurs GNSS équipent l'ouvrage. Les mesures terrestres (tachéométrie et nivellement) sont alors rattachées aux points de liaisons, préalablement déterminés par GNSS. Pour exploiter les mesures GNSS et terrestres de manière optimale, il est opportun d'utiliser un modèle d'ajustement qui soit en adéquation avec la nature tridimensionnelle des observations. Ainsi, un modèle d'ajustement 3D basé sur un traitement par les moindres carrés s'impose. Pour satisfaire cet objectif, le laboratoire de topométrie a développé le logiciel d'ajustement tridimensionnel Trinet+, dont le noyau initial est issu d'un travail de diplôme en géomatique réalisé à la FHNW de MuttENZ.



Canevas des mesures terrestres et options de calcul de Trinet+.

Choix du concept d'ajustement

L'ajustement de mesures GNSS et terrestres peut se faire selon plusieurs combinaisons :

- par l'ajustement de jeux de coordonnées issus des mesures GNSS d'une part et des mesures terrestres d'autre part
- par l'ajustement de coordonnées GNSS et de mesures terrestres (solution retenue pour le logiciel Trinet+)
- par l'addition des matrices des équations normales des mesures GNSS et des mesures terrestres pour réaliser la compensation finale

Logiciel Trinet+

Un référentiel topocentrique et un modèle fonctionnel lié aux observations topomé-

triques sont à la base du logiciel Trinet+. Sans décrire toutes les fonctionnalités de ce programme, nous pouvons relever qu'il permet des transformations de coordonnées, la correction des observations pour les rendre compatibles avec un modèle 3D topocentrique, le choix de plusieurs paramètres comme les inconnues, les compensations libre, libre-ajustée et contrainte, le calcul d'indicateurs de précision et de fiabilité, la visualisation 3D des étapes du traitement, l'importation et l'exportation selon plusieurs formats. Le logiciel Trinet+ est actuellement commercialisé et utilisé par plusieurs bureaux pour l'auscultation géodésique.

Applications : auscultation des ponts autoroutiers

Depuis quelques années, le laboratoire de topométrie réalise l'auscultation de ponts autoroutiers pour le compte de l'Office fédéral de routes (OFROU). Les prestations sont effectuées selon le scénario décrit ci-dessus et les ajustements sont calculés avec le logiciel Trinet+. Ces travaux permettent de tester et de valider le concept d'auscultation tridimensionnelle. A l'heure actuelle, plusieurs époques de mesures ont été réalisées sur plusieurs ouvrages. De cette expérience, nous en déduisons des précisions de 3 à 5 mm pour les positionnements absolus des points de liaison (par rapport aux stations perma-

nentes AGNES) et de 1 à 3 mm pour les positionnements relatifs des points de surveillance (points sur l'ouvrage). Pour solliciter et valider l'ensemble de ce processus d'auscultation géodésique, un réseau de surveillance d'un versant du volcan Arenal au Costa Rica (Amérique centrale) a été mis en place en partenariat avec l'Observatoire de volcanologie et de sismologie du Costa Rica (OVSICORI) rattaché à l'Université Nationale. Les résultats obtenus avec Trinet+ confirment et valident l'efficacité du procédé testé sur les ponts. Ce projet et ces développements n'auraient pas pu avoir lieu sans le soutien financier de la Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO); qu'elle en soit ici vivement remerciée. Mes remerciements vont aussi aux ingénieurs de la Filiale d'Estavayer-le-Lac de l'Office fédéral des routes pour leur intérêt et leur appui dans la mise en place et les tests d'un nouveau concept d'auscultation.

Paul-Henri Cattin, professeur.
Julien Brahier et Didier Jotterand, collaborateurs scientifiques.

HEIG-VD, Dpt Environnement construit et géoinformation
1401 Yverdon-les-Bains
www.heig-vd.ch

Messe München International

S'enregistrer en ligne + s'assurer des avantages:
www.productronica.com/benefits

productronica

for effective production management

Bus journalier le 17 nov à CHF 165.-
Informations:
INTERMESS DÖRGELOH AG, Tél. 043 244 89 10
intermess@doergeloh.ch, www.doergeloh.ch

15-18 novembre 2011, nouveau parc des expositions de munich
www.productronica.com

productronica 2011
19e salon mondial de la production électronique innovante

innovation all along the line