

Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und
Landmanagement

Band: 113 (2015)

Heft: 9

Artikel: Les outils du paparazzi au service de la surveillance d'ouvrage?

Autor: Canelle, Bertrand / Gunten, H. von / Delley, N.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-513925>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les outils du paparazzi au service de la surveillance d'ouvrage?

La surveillance géométrique d'ouvrage est principalement réalisée aujourd'hui par les méthodes traditionnelles: tachéomètre et GPS, ou encore par lasergrammétrie. D'autres dispositifs de mesures tels que pendule, clinomètre, sismographe par exemple complète en générale le système d'auscultation d'un ouvrage. Pour l'instant l'imagerie n'est pas encore très répandue; elle contribue efficacement à documenter les inspections visuelles réalisées par les ingénieurs expérimentés. Un exemple concret d'utilisation de l'image pour une forme nouvelle d'auscultation est présenté ici: depuis l'acquisition, en utilisant le guidage précis motorisé d'un téléobjectif permettant un panorama parfait, jusqu'à la production d'orthophotos à très haute résolution permettant l'équivalent amélioré d'une inspection visuelle extrêmement détaillée de la surface du béton, sans limitation dans le temps, et sans aller sur le terrain, hormis pour l'acquisition des images elles-mêmes.

Die Überwachung von Objekten geschieht heute hauptsächlich mit traditionellen Methoden: Tachymeter und GPS oder auch Lasergeometrie. Momentan ist die Bildgebung noch nicht sehr verbreitet. Hier wird ein konkretes Beispiel der Verwendung des Bildes für eine neue Form der Beobachtung gezeigt: ab der Erfassung, in Verwendung eines motorisierten, genau gesteuerten Teleobjektivs, das ein perfektes Panorama zeigt, bis zur Produktion von hochauflösenden Orthofotos, die einer gleichwertigen, höchst detaillierten visuellen Inspektion der Betonoberfläche überlegen sind, ohne Zeitbegrenzung und ohne Geländebegehung.

Oggi la sorveglianza delle opere è principalmente realizzata con i metodi tradizionali: tacheometro, PGS o lasergrammetria. Al momento attuale l'imaging non è ancora molto diffuso. Nel seguente articolo si presenta, prendendo un esempio concreto, una nuova forma di approccio: si parte dal rilevamento, utilizzando la guida precisa e motorizzata di un teleobiettivo ad altissima risoluzione che consente di avere una perfetta visuale, e si arriva alla produzione di ortofoto ad altissima risoluzione che permettono di avere l'equivalente migliorato di un'ispezione visiva estremamente dettagliata della superficie del beton, senza limitazioni di tempo e senza doversi recare sul terreno.

B. Cannelle, H. von Gunten, N. Delley

Contexte

L'institut de Géomatique, Gestion de l'environnement, Construction et Surveillance d'ouvrages (G2C) [1] de l'HEIG-VD [2] est régulièrement sollicité pour tester de nouvelles méthodes d'auscultation par les entreprises spécialisées en utilisant les outils traditionnels du géomètre. On peut

par exemple citer la surveillance par GPS [3], par tachéométrie [4] ou plus récemment par lasergrammétrie [5]. Jusqu'à présent, l'imagerie n'a que rarement été utilisée, même en appui d'une simple documentation visuelle de l'état de surface du béton. Pourtant cette technique présente de nombreux avantages: pas besoin d'instrumentation spécifique sur l'ouvrage (cible, prisme, extensomètre...), pas besoin de traitement pour visualiser l'information (dans un premier temps),

adaptation au lieu en adaptant l'objectif de l'appareil photo en fonction de la distance à l'objet.

Problématique et choix du matériel

Lors des discussions avec Hydro Exploitation SA [6], l'entreprise partenaire de ce projet, ont été définis quels types de désordres devaient être visualisés dans les images. Il a donc été choisi de réaliser une couverture photographique complète afin d'avoir un inventaire image exhaustif et géolocalisé de l'état de surface de l'ouvrage. La taille minimale d'un désordre à distinguer dans les images a été définie tout simplement en se basant sur un des murs du laboratoire de topométrie. La figure 1 présente un désordre de 0.3 mm de large.

Pour pouvoir distinguer désordre à une distance de 5 m, il faut utiliser une focale de 100 mm. Sur l'ouvrage choisi pour tester la méthode (cf partie Acquisition), la prise de vue se fait à une distance de 20 m. Il faut donc utiliser une focale de 400 mm, objectif habituellement utilisé soit dans le sport, soit par des paparazzis! Le boîtier choisi est un Canon EOS Mark III, d'une résolution de 22 Mégapixels, possédant une bonne dynamique (14



Fig. 1: Exemple de désordre devant être visible dans les images.

bits) et muni d'un capteur plein champ de 24 mm par 36 mm [6]. Les angles de champ d'une image acquise par ce boîtier muni d'un 400 mm font 3.4 degrés par 5 degrés. Ce champ est très petit, ce qui rend très difficile de pouvoir assurer un recouvrement fixe en emploi manuel. Afin de réaliser la couverture photographique complète, une tête motorisée portant l'appareil photo, paramétrable au centième de degré, a été utilisée [7]. Le dispositif complet est présenté dans la figure 2.

Acquisition

Le site retenu pour l'expérimentation est une retenue d'eau de 100'000 m³ environ; le mur présente une hauteur de 25 m pour une longueur de couronnement de 90 m. Ce site a été choisi car il est facile d'accès et de taille raisonnable pour un premier test. On peut également se positionner à la base du parement aval afin de le photographier sous son meilleur profil. L'acquisition en géométrie panoramique avec la tête motorisée permet d'assurer une couverture photographique complète sans trou. Par contre, toutes les images sont prises du même point de vue, ce qui ne permet pas la stéréoscopie. Afin de pallier ce problème, nous



Fig. 2: Appareil photo avec un objectif de 400 mm monté sur la tête panoramique.



Fig. 3: Modèle 3D du barrage à inspecter.

avons choisi de réaliser cinq stations panoramiques en focale 100 mm couvrant la totalité du barrage à chaque station (en rouge sur la figure 4), puis deux stations panoramiques couvrant chacune une partie du barrage avec un minimum de recouvrement entre les deux (en bleu sur la figure 4). Ainsi, chaque élément du barrage est vu dans au moins une image à très haute résolution et sur chacune des cinq stations faites au 100 mm.

Voici quelques chiffres concernant l'acquisition: plus de 1300 images dont près de 900 au 400 mm. Le temps total sur le terrain a été de moins de quatre heures pour la couverture complète du parement aval. Voici quelques détails de la voûte présents sur les images au 400 mm à très haute résolution sur la figure 5.

Traitement des données

Après l'acquisition, il faut traiter les données: réaliser la compensation du bloc (i.e. déterminer la position et l'orientation de chaque image dans le terrain), puis calculer un modèle 3D par corrélation et enfin réaliser les ortho-photos.

Géo-référencement

La plupart des ouvrages possèdent des cibles ou des prismes afin de réaliser des mesures topométriques traditionnelles. Ces cibles possèdent des coordonnées en trois dimensions dans le système national. Elles ont ensuite été mesurées dans les images comme point d'appui pour le

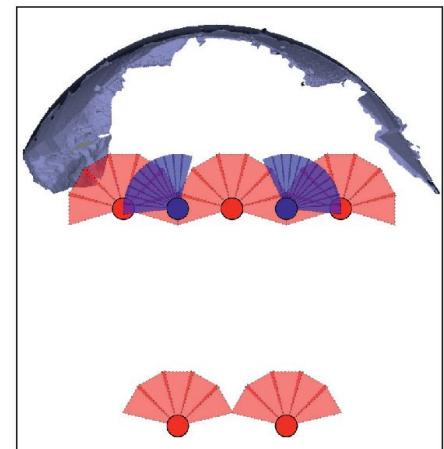


Fig. 4: Stratégie d'acquisition des images sur le barrage (images provenant du 100 mm en bleu et images provenant du 400 mm en rouge).

géo-référencement. Des points homologues entre les images ont également été extraits automatiquement afin d'assurer le recalage des images les unes par rapport aux autres.

Voici quelques chiffres-clés concernant le calcul:

- Trois jours de calculs sur un ordinateur 12 coeurs avec 10 Go de RAM. Ce processus est automatique, hormis la saisie des cibles dans les images qui est pour l'instant une opération manuelle (environ une heure),
- Près de six millions mesures homologues entre les images avec un résidu moyen de 0.8 pixel (pixel = 1 mm),
- Plus de 200 mesures sur les cibles du



Fig. 5: Détails dans les images à haute résolution de la voûte du barrage.

barrage avec un résidu moyen de 1.3 pixel.

Le logiciel utilisé pour réaliser ces calculs est Agisoft PhotoScan [9] qui permet de géo-référencer les images en utilisant les mesures homologues, les mesures sur les points d'appui et en gérant les images acquises en géométrie panoramique.

Modèle 3D

Une fois la position et l'orientation des images connues, le calcul du modèle 3D du barrage peut être fait. Il s'agit du même processus que pour le calcul d'un MNS avec des images aériennes. Le détail du calcul est classique en photogrammétrie d'aujourd'hui [10]. La figure 6 présente le modèle 3D généré.

Ortho Photos

Une image individuelle couvre une surface inférieure à 5 m². Le barrage choisi a une surface de l'ordre de 750 m². Il faut donc trouver un produit permettant de visualiser, non pas une, mais plusieurs images, en assurant la continuité géométrique, notamment pour suivre un désordre présent sur plusieurs images. Une solution est de réaliser une ortho-photo, non pas dans un plan horizontal, comme en photogrammétrie aérienne, mais dans un plan sécant. La figure 7 illustre les étapes du calcul: le plan de projection est défini (en rouge). Chaque point du barrage, de coordonnées (X, Y, Z), issu du modèle 3D obtenu par corrélation, est

projeté orthogonalement sur le plan de l'orthophoto, avec des coordonnées dans ce nouveau système, et également dans les images correspondantes afin d'attribuer la radiométrie du pixel final.

Le barrage a été découpé en plus de 70 plans mesurant 11,5 m par 3 m. Ces plans correspondent à une zone de béton coulée le même jour lors de la construction du barrage. L'ingénieur expérimenté utilise également ces plans lors de l'inspection pour documenter et positionner les désordres. La figure 8 présente une orthophoto d'un des plans. Cette ortho-photo est composée d'une trentaine d'images. Chaque pixel correspond à une surface de 1 mm².

Conclusion et Perspectives

Cette première expérimentation a permis, d'un point de vue géomatique, de valider l'utilisation d'une tête motorisée couplée portant une longue focale pour faire de l'imagerie géo-référencée

à très haute résolution. D'un point de vue génie civil, elle a permis de mettre en œuvre une nouvelle façon d'inspecter les barrages en un temps limité: l'acquisition ne prend que quelques heures, contrairement à une inspection visuelle traditionnelle détaillée, comparativement assez mal géoréférencée, et qui prend plusieurs jours. Ainsi l'exploitation peut se faire à discrétion, avec une archive à très long terme de la situation géométrique qui prévalait lors de l'acquisition, très favorable à une démarche qualité. Une économie substantielle pour le gestionnaire en résulte.

Il reste encore quelques aspects à améliorer, concernant notamment l'acquisition: par exemple, comment positionner les stations panoramiques afin de couvrir au mieux la totalité de l'ouvrage et d'assurer un bon recalage des images entre-elles?

Les perspectives de ce travail sont nombreuses. Tout d'abord tester la méthode

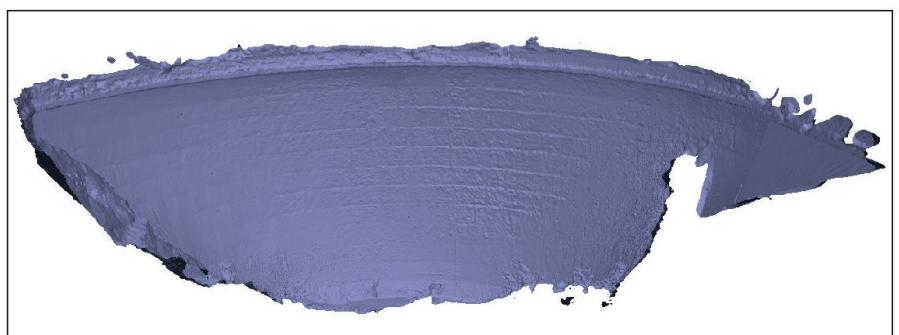


Fig. 6: Modèle 3 D du barrage obtenu par corrélation.

sur des barrages plus grands et de géométries plus complexes. La validation de la technique sur un parement amont doit également être réalisée parce que la surface est beaucoup moins favorable pour la détection de points homologues: présences de boue, d'algues... Ensuite réaliser un second état du même barrage pour pouvoir suivre l'évolution de l'ouvrage et valider l'utilisation des images pour la surveillance à long terme. Une autre perspective, plutôt orientée SIG, est de développer un outil métier permettant de naviguer dans un grand nombre d'images et d'ortho-photos puis de superposer les désordres relevés lors d'inspections précédentes.

Remerciements

La société Hydro Exploitation SA qui a participé à toutes les étapes de ce travail: rédaction du cahier des charges, accessibilité de l'ouvrage et exploitation des résultats et principalement: M. Sébastien Terrettaz, responsable unité Génie Civil, M. Nicola-V Bretz, spécialiste en auscultation d'ouvrages et hydraulique ainsi que M. David Rey, spécialiste de mesures géodésiques.

Bibliographie:

- [1] <http://g2c.heig-vd.ch/>
- [2] www.heig-vd.ch/
- [3] P. H. Cattin, J. Brahier. Géomonitorage par GPS avec des équipements à faible coût. Géomatique Suisse. Juin 2011

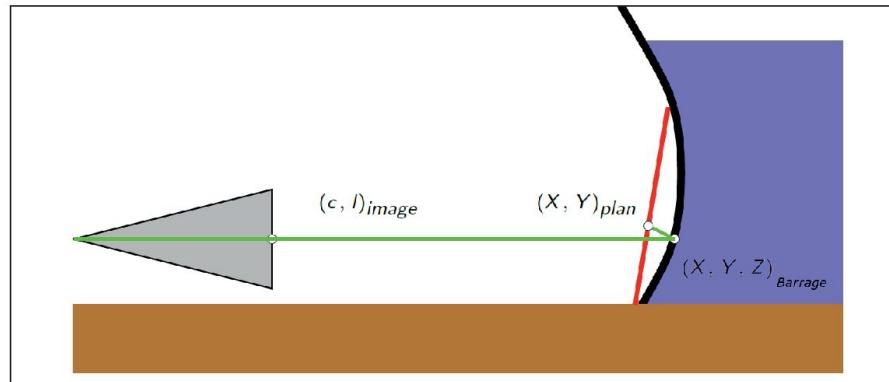


Fig. 7: Processus d'ortho-photo sur un barrage.

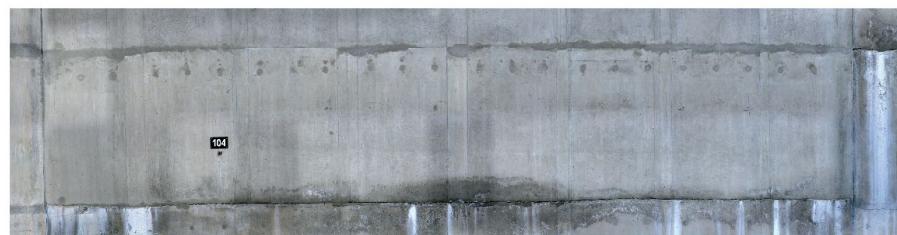


Fig. 8: Résultat d'une ortho-photo, composée d'une trentaine d'images.

- [4] P. H. Cattin, J. Brahier. Auscultation tridimensionnelle d'ouvrages d'art. Géomatique Suisse. Juin 2011
- [5] V. Barras, N. Delley, G. Chapotte. Analyses aux limites des scanners laser terrestres. Géomatique Suisse. Aout 2013
- [6] www.hydro-exploitation.ch/
- [7] http://fr.canon.ch/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_5d_mark_iii/
- [8] www.dr-clauss.de/en/foto-studiotechnik-3/rodeon-pix-series-eng-3
- [9] www.agisoft.com/
- [10] J. Albertz, M. Wiggenhagen. Taschenbuch zur Photogrammetrie und Fernerkundung, Guide for Photogrammetry and Remote Sensing. Wichmann.

Bertrand Cannelle
H. von Gunten, N. Delley
HEIG-VD
CH-1401 Yverdon-les-Bains
bertrand.cannelle@heig-vd.ch



Vom Zirkel zum elektronischen Theodoliten

Kern-Geschichten

von Franz Haas

172 Jahre Aarauer Industriegeschichte –
Sammlung Kern – Zeittafeln – Kern-Geschichten, auf 132 Seiten
mit ca. 90 Bildern – Fr. 42.– + Porto und Verpackung

Herausgeber: Heinz Aeschlimann, Kurt Egger | Bestellungen: SIGmediaAG, Postfach, 5246 Scherz | info@sigimedia.ch