# Plusieurs scanners pour surveiller une rampe

Autor(en): **Barras, Vincent / Delley, Nicolas / Chapotte, Guillaume**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **112 (2014)**

Heft 2

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-358090

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Plusieurs scanners pour surveiller une rampe

De nos jours, la numérisation de points 3D s'effectue rapidement et facilement. Cependant, l'utilisation de la lasergrammétrie dans l'auscultation d'ouvrages n'a pas beaucoup d'histoire. Est-il possible d'interchanger de scanners en cours de mandat et d'obtenir des analyses similaires, malgré des technologies différentes et des processus de géoréférencement spécifiques à chaque constructeur? Dans le but d'obtenir des réponses à cette question, une comparaison de plusieurs scanners du marché a été menée en parallèle d'un mandat demandant d'évaluer l'érosion d'une rampe de déversement située au pied d'un barrage alpin. Ce travail a été répété avec quatre scanners, les ScanStation 2 et C10 de Leica Geosystems, le Faro Focus 3D et le Riegl VZ-400. Sur le terrain, comme lors du géoréférencement, différents critères ont été évalués. D'une manière générale, les quatre instruments permettent de répondre au besoin de mandat: évaluer l'érosion avec une précision de ±5 mm.

*Die numerische Erfassung von 3D-Punkten erfolgt heutzutage einfach und rasch. Die Anwendung des Laserscanning bei der Bauwerksüberwachung ist noch nicht so geschichtsträchtig. Kann man trotz unterschiedlicher Technologien und gerätespezifischen Georeferenzierungsmethoden die Scanner von verschiedenen Herstellern während eines Mandates auswechseln und ähnliche Analysen erhalten? Um diese Frage beantworten zu können, wurden verschiedene auf dem Markt erhältliche Scanner im Rahmen eines Mandats zur Abschätzung der Erosion im Tosbecken am Fusse einer alpinen Staumauer eingesetzt. Die Arbeit wurde mit den vier folgenden Scannern wiederholt ausgeführt: ScanStation 2 und C10 von Leica Geosystems, Faro Focus 3D und Riegl VZ-400. Bei den Feldarbeiten oder bei der Georeferenzierung wurden unterschiedliche Bewertungskriterien angewendet. Generell erfüllte jedes der vier Instrumente die Anforderungen des Mandats: Abschätzung der Erosion mit einer Genauigkeit von ±5 mm.*

Oggi il rilevamento di punti 3D avviene in modo semplice e rapito. Ma l'utilizzo del laser scanning è sempre ancora limitato nella sorveglianza delle opere. Malgrado le varie tecnologie e i vari metodi di georeferenziazione dei singoli apparecchi, è possibile intercambiare gli scanner di produttori diversi per poi ottenere analisi simili? Per rispondere a questo interrogativo, in occasione di un mandato per la valutazione dell'erosione di una vasca di dissipazione ai piedi di una diga alpina, si sono utilizzati diversi scanner disponibili sul mercato. Le operazioni sono state effettuate a più riprese con i quattro scanner seguenti: ScanStation 2 e C10 di Leica Geosystems, Faro Focus 3D e Riegl VZ-400. Per i lavori sul terreno o la georeferenziazione sono stati impiegati criteri di valutazione diversi. In generale ognuno dei quattro strumenti soddisfa le esigenze del mandato: valutazione dell'erosione con una precisione di ±5 mm.

*V. Barras, N. Delley, G. Chapotte*

## 1. Introduction

Essentiellement utilisés en relevé 3D pour l'architecture ou l'industrie, les scanners lasers terrestres sont des instruments de plus en plus courants sur le marché de la géomatique. Ces appareils permettent de compléter les moyens utilisés lors de la surveillance de structures ou d'éléments naturels en mouvement. Les phénomènes observés ne sont ainsi plus ponctuels mais globaux.

Cette expérience permet d'étudier les réactions des lasers dans des conditions pratiques et ainsi de procéder à la comparaison de quatre scanners, les ScanStation 2 et C10 de Leica Geosystems, le Faro Focus 3D et le Riegl VZ-400.
L'objectif de ce travail est d'observer les possibilités d'interchanger des appareils en cours d'un mandat, les modes d'acquisition, de traitement et de géoréférencement étant différents.

## 2. Présentation

Pour cette étude, le laboratoire de topométrie de l'institut G2C[1] de la HEIG-VD[2], s'est basé sur un mandat réalisé, en partenariat avec l'entreprise Hydro Exploitation SA.
La prestation consiste à réaliser le suivi de l'érosion d'une rampe de déversement située au pied d'un barrage alpin.
La 1ère mise en place de cette auscultation a été réalisée en 2009 à l'occasion d'un contrôle annuel. Chaque campagne de mesure est séparée par une purge, fortement chargée en sédiments, ce qui érode la surface en béton armé.
La zone analysée est en forme de toboggan d'une taille de 40 par 17 m, qui se situe en aval de deux vannes de fond au pied de la retenue. La surface se compose essentiellement d'un béton à haute résistance, avec deux zones de blindages. De nombreux ruissellements s'écoulent au pied des murs qui bordent l'ouvrage.
Ci-dessous, une vue aérienne du nuage de points rend visible la zone la plus affectée lors des purges du barrage. Le périmètre illustré sert de point de comparaison entre les différents états de mesures.

### 2.1 Chronologie

Pour cette étude, nous avons effectué un état intermédiaire au printemps 2012, nommé 3.5. Sans déversement ou autres sollicitations particulières, la doucine est restée dans une usure similaire à l'état 3, mis à part les quelques dépôts résiduels, inévitable avec le temps. Dans le cadre du mandat, la campagne 3 a été scannée avec la ScanStation 2, tandis que les deux états (3.5 et 4) ont été mesurés avec les

| | ScanStation 2<br>Leica | ScanStation C10<br>Leica | Focus 3D<br>Faro | VZ-400<br>Riegl |
|---|---|---|---|---|
| Portée max. [m]<br>albédo 90% | 300 | 300 | 120 | 350/600 |
| |  |  |  |  |

Tab. 1: Instruments testés.



Fig. 1: Doucine inspectée.

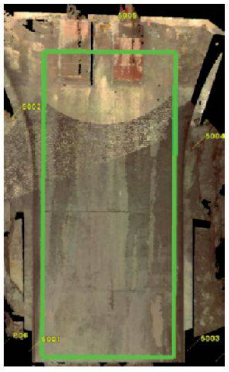


Fig. 2: Secteur analysé.

quatre appareils cités précédemment, pour les besoins spécifiques de cette étude.

### 2.2 Généralités

Les précédents états ont montré que deux stations étaient nécessaires pour une numérisation fine de la surface. La densité des scans est fixée aux environs d'un point par centimètre.

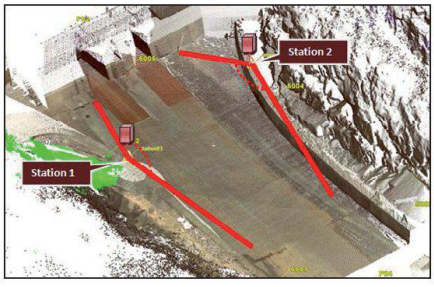



Fig. 4: Emplacement des stations.

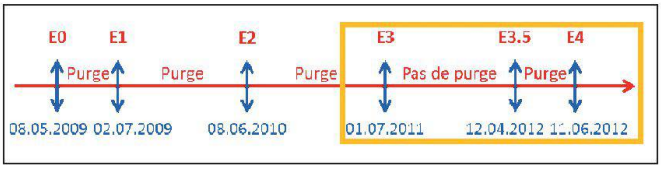



Fig. 3: Historique des auscultations.

| | St 1, cibles | St 1, doucine | St 2, cibles | St 2, doucine | Total [h] |
|---|---|---|---|---|---|
| ScanStation C10 | 30 min | 30 min | 25 min | 30 min | 1h55 |
| Focus 3D | 15 min<br>(sans détection) | 35 min | 35 min<br>(avec détection) | 35 min | 2h00 |
| VZ-400 | 10 min | 15 min | 8 min | 12 min | 0h45 |
| ScanStation 2 | 25 min | 40 min | 25 min | 40 min | 2h10 |

Fig. 5: Estimation des temps utilisés sur le terrain.

Pour tous les appareils, à l'exception du VZ-400, les nuages de points sont liés par des sphères positionnées de part et d'autre de la doucine. Le VZ-400, quant à lui, utilise des cibles rétro-réfléchissantes placées sur les mêmes supports.

### 2.3 Acquisition

Lors de la 1ère intervention de 2012, les quatre instruments ont réalisé les acquisitions avec les paramètres suivants:

- *ScanStation 2 et C10:* 1 cm en horizontal et vertical à 20 m
- *Focus 3D:* résolution ½ (0.6 cm en Hz et V à 20 m et qualité 4x)
- *VZ-400:* 0.015° en Hz et V (0.5 cm en Hz et V à 20 m)

Une notification des durées permet de se faire une idée de la productivité, tout en étant conscient que cela ne représente pas le seul critère. Le poids de l'instrument, l'ergonomie des logiciels embarqués, les capacités de contrôler les acquisitions directement sur place, sont également des paramètres à prendre en compte.

## 3. Traitements

Avant toutes inspections ou évaluations de mouvements, il est nécessaire de géoréférencer les nuages. Il est difficile de comparer les registrations entre les différents logiciels, puisqu'ils n'utilisent pas tous les mêmes algorithmes de calcul, et n'offrent pas les mêmes indicateurs de précision.

Par la suite, pour chaque instrument, une modélisation de la doucine est faite via une maille semi-régulière de 2 cm, selon un principe identique à ce qui est entrepris lors de la réalisation du mandat habituel.

### 3.1 Contrôle des modélisations

Afin d'évaluer la qualité de chaque maillage, une inspection est effectuée entre les quelques points de contrôle tachéométriques et les différentes modélisations.

Le principe est de projeter le nuage épuré sur le maillage de référence.

Pour l'analyse, les écarts sont regroupés par classes de 1 mm en fixant les bornes à ±10 mm. Les occurrences en fonction des classes nous renseignent sur la précision du calage global par rapport aux points «doit».

#### Campagne de l'état 3.5

Lors de la campagne 3.5 200 points de contrôle sont utilisés. Le C10 et le VZ-400 sortent du lot avec des moyennes proches de 0 mm et des occurrences élevées au centre. Pour la SS2, la dispertion est plus large, mais cela s'explique par les conditions de mesures qui étaient relativement

| | Erreur moyenne Absolue (globale) | Alignement des nuages | Liaisons pour l'assemblage | Compensateur actif |
|---|---|---|---|---|
| ScanStation C10 (Cyclone) | 2.2 mm | Non | 18 | Oui |
| Focus 3D (Faro Scene) | Valeur non - métrique | Non | 18 | Oui |
| Focus 3D (Cyclone) | 4.5 mm | Non | 18 | Non |
| ScanStation 2 (Cyclone) | 3.0 mm | Oui (55'000 pts recouvrement) | 17 (2 exclues + Alignement de nuages ) | Oui |
| VZ-400 (Riscan Pro), *Effectué par GEOSAT SA* | 2.6mm (relatif) 1.7 mm (calage global) | Registration en 2 étapes yc. liaisons de plans | | Non |

Tab. 2: Géoréférencement définitif.

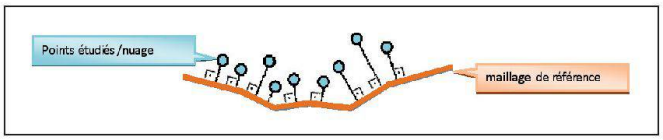



Fig. 6: Calcul des écarts avec 3DReshaper.

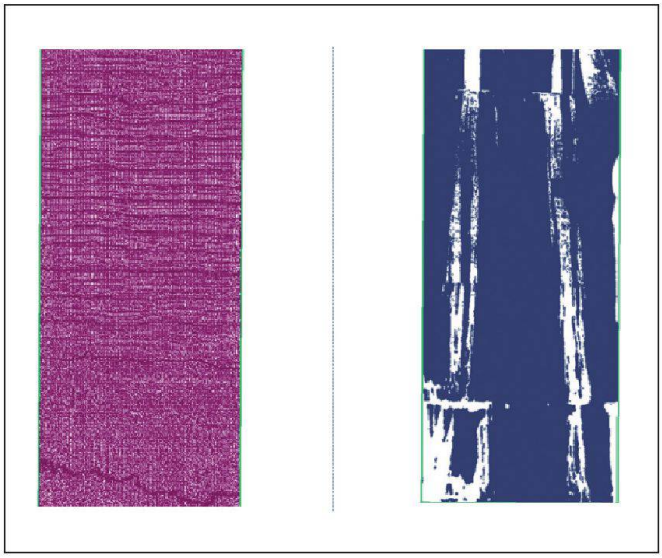


Fig. 9: Nuage du C5 à gauche et du SS2 à droite (mauvaises conditions météo).

mauvaises (pluie, crépuscule) qui l'ont pénalisée. Quelque soit le logiciel utilisé pour géoréférencer, la courbe du Focus est quant à elle centrée sur –3 mm.

### Campagne de l'état 4

Cette fois, les maillages ont été comparés à 150 points.

La 1ère constatation est que la quasi-totalité des instruments possède des erreurs moyennes plus élevées que lors des tests du mois d'avril 2012. Cela s'explique par des conditions météo variables et des moments de forte humidité sur la doucine.

Le graphique mentionne le «C5 -2mm». Il s'agit d'une translation du maillage de 2 mm vers le bas pour l'ajuster sur les points de contrôle. Le C5 étant le seul appareil recouvrant la zone dans son entier, son résultat a été utilisé pour la suite de la réalisation du mandat. Pour ce type de travail, où l'on recherche une grande précision de positionnement du maillage, un réajustage par rapport à des points de contrôle permet d'améliorer sensiblement les analyses futures.

Finalement, on constate que les quatre instruments permettent une modélisation de la doucine avec la précision recherchée de ±5 mm.

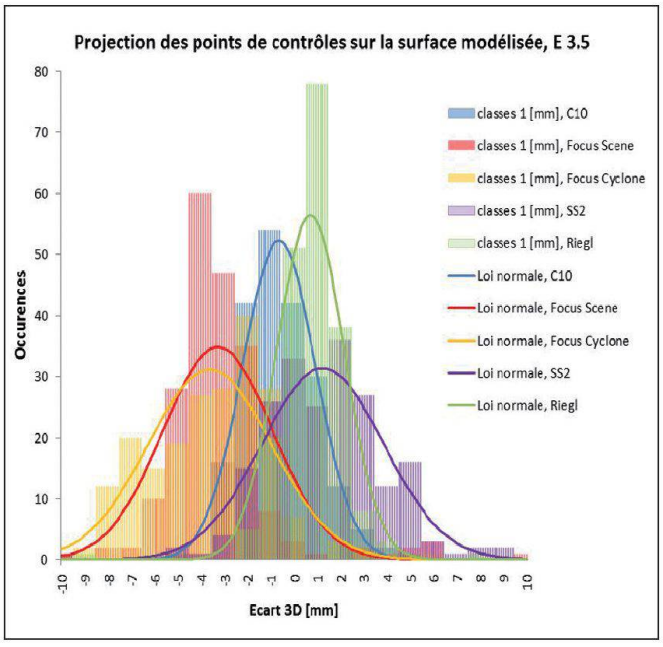



Fig. 7: E3.5 Comparaison des maillages via les points de contrôles.

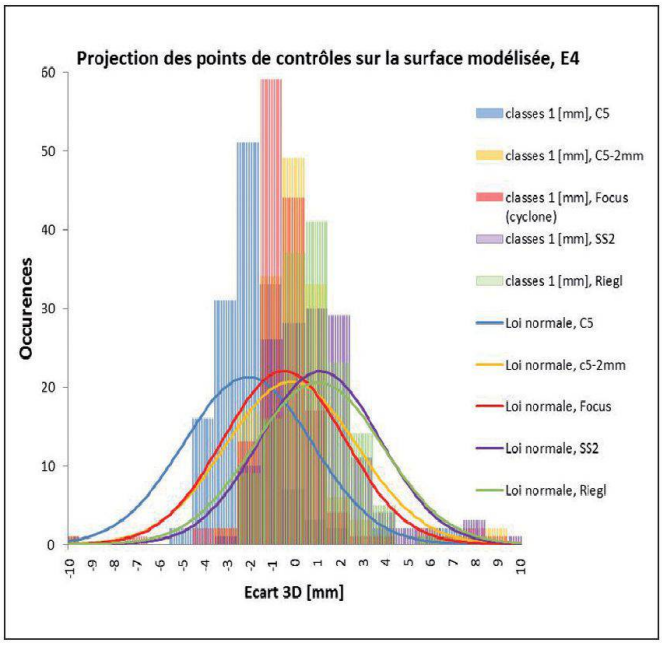



Fig. 8: E4 Comparaison des maillages via les points de contrôles.

## 4. Evaluation des différentes modélisations

### 4.1 Interchangeabilité

La comparaison entre les états 3 (mesures suite à la purge de 2011) et 3.5 (précédant l'ouverture des vannes de fond de 2012) devrait fournir un modèle de doucine dans une forme identique, aux quelques dépôts près dans la partie basse.

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages des points des nuages de chaque scanner qui correspondent avec le maillage réalisé à l'état 3.

Les mesures réalisées avec le C10 sont les plus proches de l'état de référence. Les mesures avec un même instrument (SS2), mais à des époques différentes et dans des conditions différentes donnent un résultat dans la moyenne. De manière générale, il est possible d'utiliser différents instruments et de retrouver, à près de 90%, un résultat comparable.

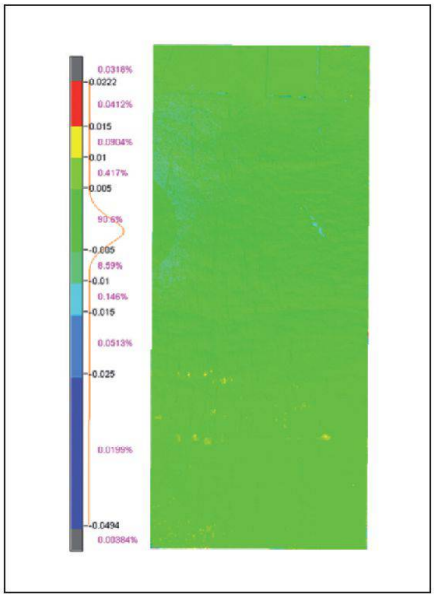


Fig. 10: Comparaison Etat 3 (SS2) et Etat 3.5 (VZ-400).

| | %tage entre +5mm et −5mm |
|---|---|
| ScanStation C 10 | 97.5% |
| Focus 3D (Cyclone) | 89.4% |
| ScanStation 2 | 94.3% |
| VZ-400 | 90.6% |

Tab. 3: Pourcentage dans la tolérance de ±5 mm.

| Instrument | Vol. au-dessus d'E3 | Vol. au-dessous d'E3 | Différence [m³] |
|---|---|---|---|
| C10 | 0.5 | 0.4 | + 0.1 |
| Focus 3D (Scene) | 0.2 | 1.9 | - 1.7 |
| Focus 3D (Cyclone) | 0.2 | 2.1 | - 1.9 |
| VZ-400 | 1.3 | 0.2 | + 1.1 |
| SS2 | 1.5 | 0.2 | + 1.3 |

Tab. 4: Ecarts volumétriques.

| | %tage à + 15mm | %tage entre +15mm et +5mm | %tage entre +5mm et - 5mm | %tage entre - 5mm et - 15mm | %tage entre - 15mm et - 25mm | %tage à - 25mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ScanStation C5 | 0.0% | 2.0% | 75.0% | 17.4 % | 4.9% | 0.6% |
| Focus 3D (Cyclone) | 0.0% | 0.7% | 63.3% | 26.1% | 8.5% | 1.4% |
| ScanStation 2 | 0.1% | 2.3% | 66.0% | 25.6 % | 5.3% | 0.8% |
| VZ-400 | 0.0% | 0.2% | 73.7% | 21.4 % | 4.2% | 0.5% |
| **Moyenne** | 0.0% | 1.3% | 69.5% | 22.6 % | 5.7% | 0.8% |

Tab. 5: Pourcentage de points dans différentes plages de l'inspection.

### 4.2 Volumétrie

Il est également possible de calculer le volume présent entre les deux états. Celui-ci doit se situer à proximité de 0 m³.

Le C10 fournit la valeur attendue. Ensuite, le VZ-400 et la SS2 sont proches l'un de l'autre (environ 1 m³), et pour terminer le Focus 3D est légèrement en retrait, ce qui était déjà visible au niveau des inspections. L'écart provient essentiellement du léger décalage du nuage de 3 mm constaté lors du contrôle via les points tachéométriques. En effet, cette petite translation engendre une variation de ~ 2.0 m³ (3 mm x 40 m x 17 m).

### 4.3 Comparaison entre les états 3.5 / 4

La figure ci-contre met en évidence l'inspection réalisée entre le nuage E4 (C5) et le maillage E3.5 (C10). On remarque nettement la détérioration du béton sur la gauche de l'image.

Cette figure se répète pour tous les instruments.

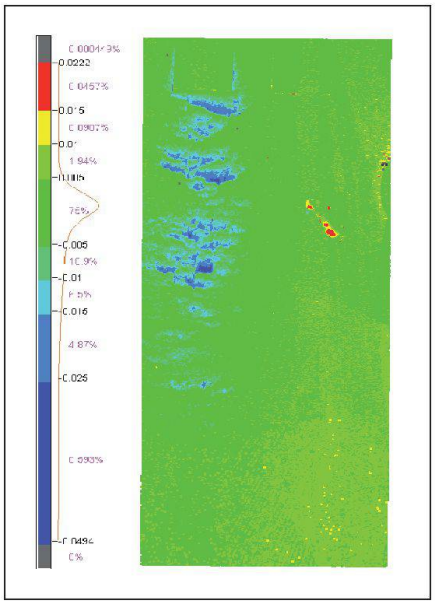


Fig. 11: Inspection E4 / E3.5.

Réparti par plages, les différences entre les états de mesures nous donnent le tableau 5.
Les conditions météorologiques difficiles qu'ont subies le Focus et la SS2 influence clairement les résultats.

## 5. Conclusions et perspectives

D'une manière générale, les quatre instruments permettent de répondre au besoin d'un mandat du type de celui exécuté lors de cette étude. La précision de ±5 mm peut toujours être garantie, même lorsque l'on doit, pour toute raison, changer d'instrumentation.
Tous les instruments se distinguent d'une manière ou d'une autre. En effet, le Riegl VZ-400 offre une certaine rapidité pour exécuter le mandat avec précision et fiabilité.
Au vu de la finesse recherchée, le Faro Focus 3D doit numériser avec une qualité d'au moins 4x, ce qui le ralentit passablement par rapport à la vitesse annoncée. Mais sa maniabilité et sa légèreté le favorisent lors d'accès difficiles.
Le C10 de Leica (ou C5), noble successeur du SS2, a montré sa polyvalence et sa fiabilité pour répondre, même dans des conditions météorologiques changeantes, à un mandat de ce type.
De manière plus générale, l'apport de points de contrôle et parfois l'ajustage des maillages permet d'affiner et de fiabiliser les résultats. Malgré des registrations effectuées avec soin, dans ce cas, une translation permet d'optimiser le positionnement du modèle et d'améliorer les interprétations des érosions.

**Remerciements**
Hydro-exploitation pour la mise à disposition du site et des références,
Leica geosystems et le laboratoire Topo de l'EPFL pour le prêt du C10, puis d'un C5 (état 4),
Geosat SA la réalisation et le géoréférencement des mesures effectuées avec le VZ-400.

*Remarques:*

[1] G2C: Institut Géomatique, Gestion de l'environnement Construit et surveillance d'ouvrages de la Heig-vd: g2c.heig-vd.ch

[2] HEIG-VD: Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud: www.heig-vd.ch/

Vincent Barras, professeur
Nicolas Delley, collaborateur scientifique
Guillaume Chapotte, collaborateur scientifique

HEIG-VD
Institut G2C
Route de Cheseaux 1
CH-1401 Yverdon-les-Bains
vincent.barras@heig-vd.ch
nicolas.delley@heig-vd.ch
guillaume.chapotte@heig-vd.ch

