

**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:** 111 (2013)

**Heft:** 8

**Artikel:** Analyses aux limites des scanners laser terrestres

**Autor:** Barras, V. / Delley, N. / Chapotte, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-346986>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

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

# Analyses aux limites des scanners laser terrestres

Aujourd'hui, le marché compte de nombreux modèles de scanners 3D. Les spécifications techniques concernant les précisions ne sont pas uniformisées et il est très difficile de comparer les performances uniquement sur des bases théoriques. Le présent travail a été réalisé pour permettre une comparaison plus rigoureuse sur des portées allant jusqu'à 300 m. Une analyse a mis en évidence des écarts systématiques. Suite à ces expériences et à celles du projet de 2010, on en déduit que ni les couleurs, ni les matières ou encore les orientations ne peuvent être déterminantes pour évaluer la qualité du nuage retourné. L'ensemble génère une intensité retour du laser qui est primordiale dans l'évaluation des distances. Au final, le choix de l'instrument doit être effectué en fonction de nombreux critères. La vitesse annoncée est souvent à mettre en perspective avec les paramètres de qualité, un élément qui allonge notablement le temps d'acquisition pour améliorer la précision.

*Der Markt zählt heutzutage zahlreiche Modelle von 3D-Scannern. Die technischen Spezifikationen bezüglich der erreichbaren Präzision sind nicht immer vergleichbar und es ist sehr schwierig, die Leistungen nur auf theoretischer Basis zu beurteilen. Die vorliegende Arbeit ermöglicht einen genauen Vergleich für Geräte mit einer Reichweite bis zu 300 m. Die Analyse zeigte systematische Abweichungen auf. Auf Grund dieser Erfahrungen und jener aus dem Projekt von 2010, lässt sich aufzeigen, dass weder die Farben noch die Materialien oder die Richtungen ausschlaggebend sein können, um die Qualität der erfassten Punktwolke abzuschätzen. Die Gesamtheit der reflektierten Laserintensität ist entscheidend für die Distanzermittlung. Schlussendlich erfolgt die Wahl des Instruments unter Berücksichtigung zahlreicher Kriterien. Die angegebene Geschwindigkeit muss mit den zu erwartenden Qualitätsparametern in Abstimmung gebracht werden. Ein Faktor der die Erfassungszeit beachtlich verlängert, jedoch die Genauigkeit verbessert.*

Oggi sul mercato si trovano innumerevoli modelli di scanner 3D. Le specifiche tecniche relative alla precisione ottenibile non sono sempre raffrontabili ed è difficile valutare le prestazioni in base ai presupposti teorici. Il lavoro qui presentato consente di effettuare un confronto preciso degli apparecchi con una portata fino a 300 m. L'analisi mostra la presenza sistematica di differenze. Sulla scorta di queste esperienze e di quelle del progetto del 2010 risulta che per la valutazione della qualità della nuvola di punti non sono determinanti né i materiali né le direzioni. La totalità dell'intensità riflessa del laser è decisiva per l'indicazione della distanza. La scelta dello strumento viene fatta tenendo in considerazione diversi criteri. La velocità indicata va sintonizzata con i parametri qualitativi prospettati. Questo è un fattore che prolunga notevolmente il tempo di rilevamento ma che migliora la precisione.

V. Barras, N. Delley, G. Chapotte

## 1. Introduction

L'utilisation des lasers scanners terrestres dans le cadre de l'auscultation d'ouvrages

permet d'obtenir non plus des déformations ponctuelles de l'objet, mais des modifications de sa forme globale, sans avoir à matérialiser des repères spécifiques sur l'objet.

Les réactions sont parfois étonnantes dans des conditions difficiles, en particu-

lier avec les surfaces brillantes proche de l'autocollimation et sur des zones rétro-réfléchissantes. Il est important de mieux maîtriser ces effets discordants afin d'éviter des analyses erronées lors de contrôles d'ouvrages.

## 2. Présentation des tests

### 2.1 Batterie de tests

Des plaques de matières sont glissées contre un support sur un théodolite modifié orienté selon différents angles par rapport à la direction du scanner. Le plan tourne selon un axe vertical. La planche est ainsi scannée selon différents angles d'incidence.

Les surfaces ont été placées à 10, 50, 75, 120, 200, 300 m afin d'analyser les influences de l'éloignement. Les distances de références sont mesurées préalablement par tachéométrie (fig. 1).

Les plaques sont composées de:

- Peinture de marquage des routes
- Béton,
- Papier gris standardisé, albédo 90% / 18%
- Métal rugueu (sablé en haut) et lisse (poli en bas)

En plus, des numérisations sont effectuées sur:

- Boîte à trous pour évaluer les perforations
- Graviers collés pour détecter des pics<sup>1</sup>
- Cylindre (Ø 50 mm) pour évaluer les capacités à modéliser une forme<sup>1</sup>.

### 2.2 Acquisition

Les mesures ont été réalisées dans une allée couverte et fermée de 330 m. Au final, cela représente plus de 300 scans acquis pour l'ensemble du panel.

Durant cette phase, les difficultés rencontrées varient d'un instrument à un autre. Le système utilisé («temps de vol» ou «déphasage») est un des facteurs, mais de loin pas le seul. Les techniques de filtrage sont capitales. Par exemple, le HDS6200 et le Focus 3D ne parviennent pas à mesurer en présence de surfaces réfléchissantes (métal brillant) proche de la perpendiculaire au faisceau laser.

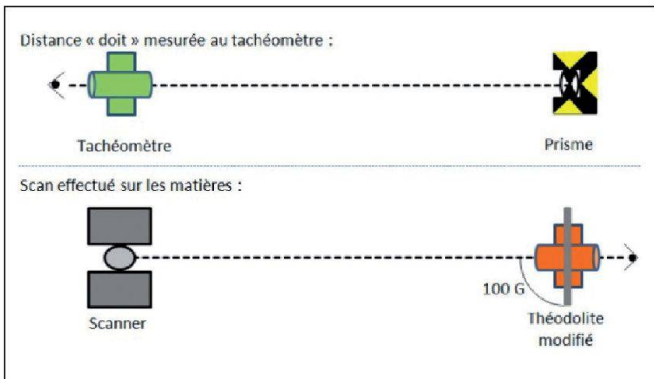


Fig. 1: Schéma de mesure des distances.

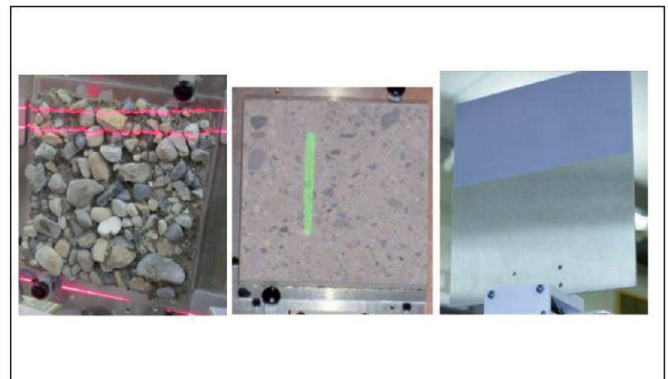


Fig. 2: Graviers collés, Béton, Métal rugueux/lisse.

### 2.3 Traitement des scans

**Géoréférencement:** Pour tous les instruments sauf le VZ-400, les registrations sont effectuées sur Cyclone (Leica Geosystems), le but étant l'égalité de traitement. Étant donné que les scanners sont placés sur la même embase que le tachéomètre, le principe appliqué pour la registration est de donner un poids très important à la station (position du scanner) et d'utiliser les références comme «orientation» (fig. 3).

Pour le VZ-400, la registration est réalisée directement dans le logiciel dédié, c'est-à-dire *RiSCAN PRO*. La principale différence est que la position du scanner est inconnue. Le calage est ainsi effectué sur la base des cibles uniquement.

## 3. Résultats

### 3.1 Matières composées

Avant d'analyser l'ensemble des nuages, il est intéressant d'observer les scans sur le papier gris standardisé et la surface métallique.

**Papier photo:** De manière générale, les spécifications techniques des constructeurs sont respectées. Nous avons parfois quelques ondulations étranges mais légères avec le VZ 400, spécialement à courte distance, au niveau de la transition entre les 2 albédos. Si, à 120 m, le C10 traite sans difficultés des points de la surface à 18%, la SS2, son prédécesseur, ne parvient plus à traiter le signal reçu.

À 300 m, seul le Riegl retourne un nuage relativement homogène sans phénomène particulier sur l'ensemble de l'échantillon. Par contre, le nuage de

points est bien plus grand que l'objet réel (40 cm au lieu de 20 cm). Ce phénomène s'explique par la taille du spot et la finesse de détection.

Pour information, le lecteur trouvera ci-dessous une estimation théorique de la taille des impacts laser en fonction des instruments et des distances. On remarque qu'ils sont importants et l'utilisateur doit garder à l'esprit ces ordres de grandeur, qui peuvent influencer, de manière importante, les résultats lors de travaux à longue portée malgré des résolutions élevées.

### Plaque métallique rugueuse (haut) et lisse (bas):

À courte distance, chaque scanner réagit différemment, en particulier sur la partie lisse. Le HDS6200 subit un «éblouissement» de la plaque et aucun point n'a été enregistré dans la zone analysée. Les autres scanners réagissent ainsi (Fig. 4).

ScanStation C10	HDS 6200	Focus	VZ-400	ScanStation 2
Leica	Leica	Faro	Riegl	Leica
<i>Dernière génération de laser à impulsion</i>	<i>Avant-dernière version de laser à phase</i>	<i>Dernière version de laser à phase</i>	<i>Laser à impulsion des années 2010</i>	<i>laser à impulsion des années 2008</i>
Portée : 300 m	79 m	120 m	350 / 600 m	300 m

Tab. 1: Scanners laser testés.

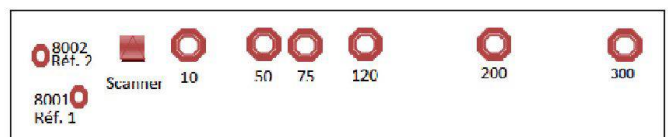


Fig. 3: Schéma de la position de la station des trépieds.

Distance	ScanStation C10	HDS6200	Focus	VZ-400	ScanStation 2
	Leica	Leica	Faro	Riegl	Leica
10m	6	5	7	3	6
50m	6	14	20	15	6
75m	15	19	28	22	15
120m	29	-	42	36	29
200m	52	-	-	60	52
300m	82	-	-	90	82

Tab. 2: Taille des spots [mm] en fonction des distances.

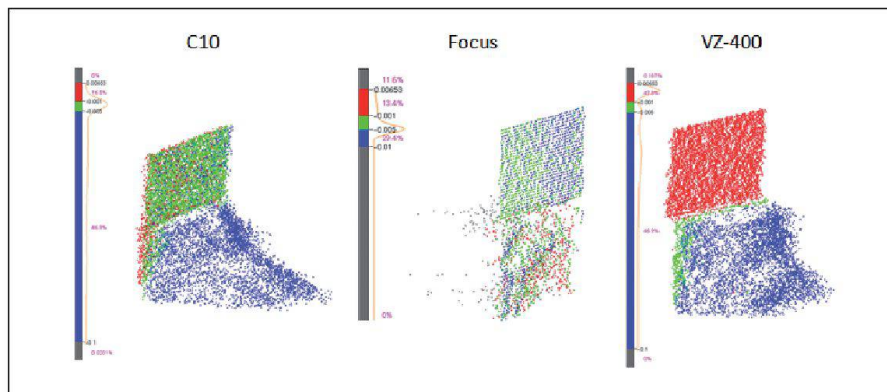


Fig. 4: Plaque métallique rugueuse/lisse à 10 m.

On constate ci-dessus que les points sont nettement devant ou derrière le plan pour la partie lisse, suivant les traitements internes effectués.

À 50 m, tandis que le C10 renvoie un nuage régulier, celui du VZ-400 est perturbé par le changement d'intensité (Fig.5).

Plus la distance augmente et plus la différence entre les 2 secteurs s'amenuise. Cet écart est lié à la forte différence d'intensité entre la réflexion spéculaire de la surface polie par rapport à la réflexion diffuse de la surface rugueuse. De plus les intensités retour cessent d'être trop puis-

santes dès que la distance est suffisante. A 300 m, seul le VZ-400 obtient des retours pour l'ensemble de la surface (avec toujours des dimensions quasi doublées).

### 3.2 Synthèse des écarts

L'ensemble des résultats du traitement des plaques dans les trois orientations testées (0g, 30 g et 60 g) évoque un certain systématisme, spécialement pour les instruments ayant été évalués sur l'ensemble de la plage. Des paramètres sont calculés pour chaque scanner via une droite de régression (Tab. 3).

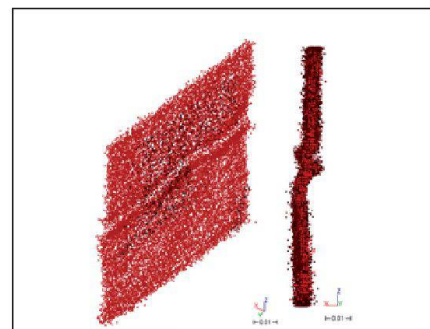


Fig. 5: Nuage sur plaque rugueuse/lisse à 50 m pour VZ-400, vue isométrique et de côté.

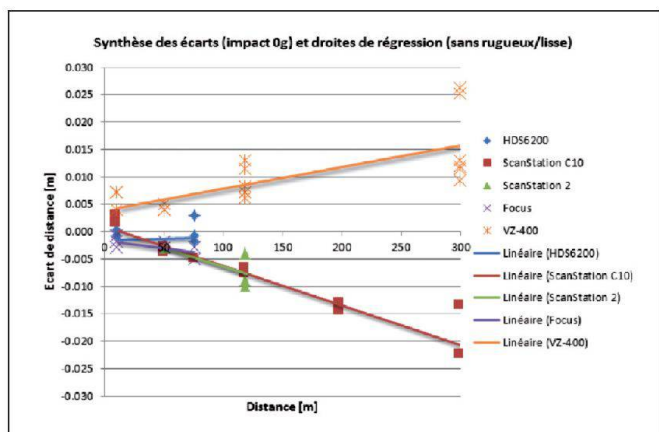
Le HDS6200 est particulièrement régulier. A courte distance, les résultats sont irréprochables. Les résultats du Focus sont relativement proches mais la résolution est rapidement problématique à partir de 50 m. Il est néanmoins possible, avec des bonnes conditions de réflectivité, de mesurer des points à 120 m.

Les ScanStations ont des écarts relativement proches, avec des facteurs d'échelle non négligeables. Quant au VZ-400, le facteur est également significatif, mais les écarts sont plus aléatoires.

### 3.3 Rapport entre erreur et intensité

Phénomènes observés sur la plaque métallique (Focus et C10) (Fig. 6).

Aussi bien pour un scanner à phase qu' à impulsion, un filtre selon l'intensité est utile pour éliminer les points problématiques. L'expérience montre que la valeur



Droites de régression (impact perpendiculaire).

	C10	HDS6200	Focus	VZ-400	Scan Station 2
Facteur [ppm]	-72	4	-28	39	-67
$\alpha$ Facteur [ppm]	+5	+26	+13	+10	+27
Constante [mm]	1	-1	-2	4	0
$\alpha$ Constante [mm]	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 2$

Tab. 3: Facteurs d'échelle et constantes d'addition des droites de régression.

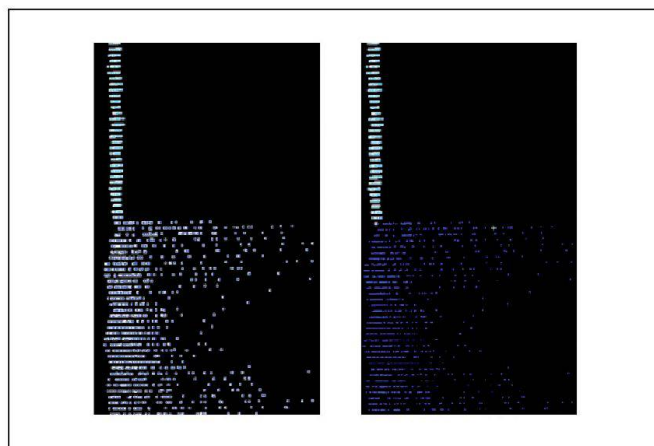


Fig. 6: Points sélectionnés (en blanc), intensité entre 77% et 97% à gauche et entre 77% et 95% (dr.). Scanner Focus.



Fig. 7: Boîte à trous avec deux faces de même réflectivité.

limite ne peut pas être appliquée de façon systématique, mais qu'elle doit être adaptée au cas par cas et en fonction des instruments.

Par contre, les prétraitements des constructeurs provoquent des effets différents selon les instruments. En effet, les ScanStations ont tendance à placer les points avec une forte réflectivité devant l'objet (distance trop courte) alors qu'avec le Focus 3D, les impacts sont représentés à l'arrière (distance trop longue).

### 3.4 Boîte à trous

Le but est d'évaluer les scanners en termes de saisie d'objets présentant des perforations ou des fentes (capacités de pénétration des lasers).

Les tableaux ci-dessous synthétisent l'essentiel de l'information relative à la coupe effectuée dans la partie jaune passant par les fentes verticales.

Pour les fentes horizontales et les perforations circulaires, malgré quelques exceptions, les scanners réagissent de manière homogène et les tableaux se ressemblent fortement. La résolution maximale disponible influence grandement les résultats.

Les tests complémentaires avec une surface noire à l'arrière montrent que l'albédo du fond de la boîte est déterminant.

## 4. Spots et speckles

Les fortes variations d'intensité retour observées pour des objets brillants en auto-collimation ont passablement perturbé les résultats. Pour observer les effets problématiques

remarqués lors des scans sur la plaque brillante, nous avons souhaité mieux comprendre la cartographie dudit faisceau. Nous l'avons donc observé visuellement sur un écran à 50 m, et nous avons constaté qu'autour du spot central, un important phénomène de speckle était visible (Fig. 11). Ceci explique ainsi que des échos en réflexion spéculaire pouvaient intervenir même assez loin de l'axe visé. Pour mieux analyser le faisceau, un réflecteur coin de cube creux TBR 0.5" est utilisé comme surface réfléchissante. Le diamètre de bille est de 12.7 mm (0.5"), pour une ouverture de 8 mm. La TBR est positionnée au bas d'une plaque et le secteur est scanné avec la ScanStation 2 et le Focus à une distance d'environ 50 m.

Pour l'instrument à impulsion, l'artefact induit sur le scan montre une ouverture à la base d'environ 9 cm pour un allongement de près de 37 cm. Ceci témoigne de l'éblouissement de la détection par un signal retour beaucoup trop puissant.

A l'opposé, pour le Focus, environ un tiers de la surface est masquée par un «trou noir». Cette expérience devra être complétée pour vérifier les effets des speckles dans le cas pratique de relevés.

## 5. Conclusion et perspectives

L'ensemble de ces tests, mis sous forme d'un tableau de synthèse des écarts, est une bonne base pour comparer les scanners. Ces résultats mettent en évidence des systématismes non négligeables (facteur d'échelle), ainsi que des artefacts pouvant être très importants lors des situations où l'intensité du signal retour est trop élevée.

Les objets particuliers tels que la plaque à graviers, le cylindre (deux tests non présentés dans cet article) et la boîte à trous sont bien adaptés pour des expériences à courte distance. À 10 m, on ne constate pas de différences notables entre les scanners. Dès 50 m, la densité des instruments «à phase» commence déjà à être faible. La limite de résolution est une contrainte défavorable pour la modélisation des trois types d'objets.

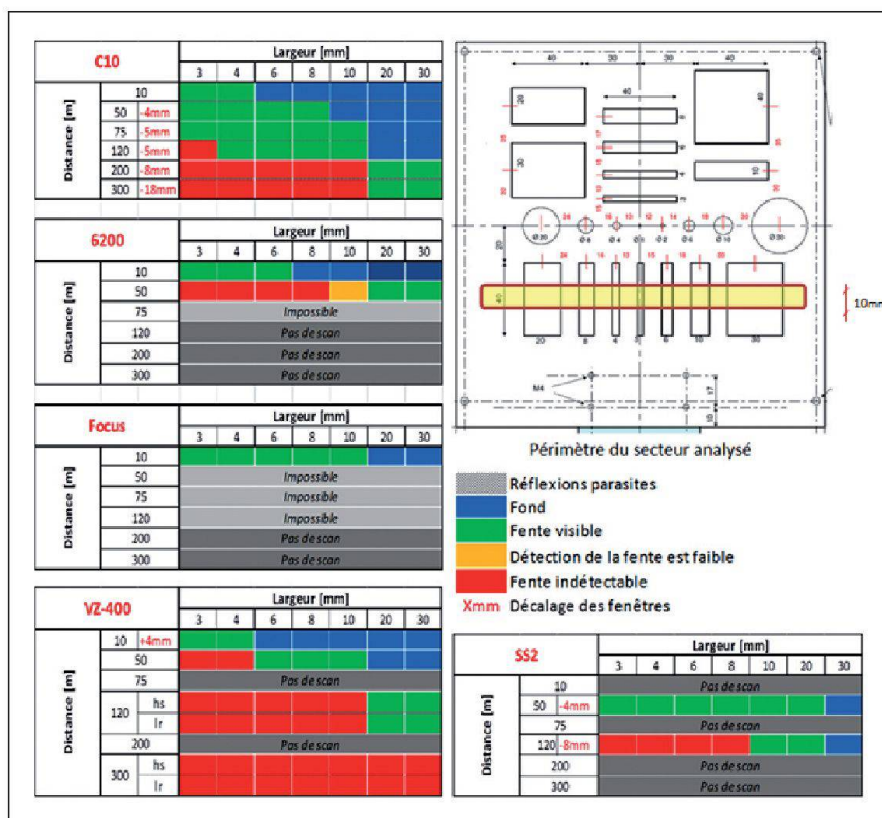


Fig. 8: Scans des fentes verticales à largeurs variables.

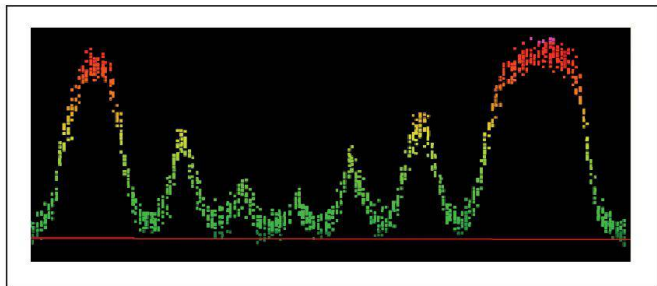


Fig. 9: Fentes de la boîte à trous – Fond gris mat.

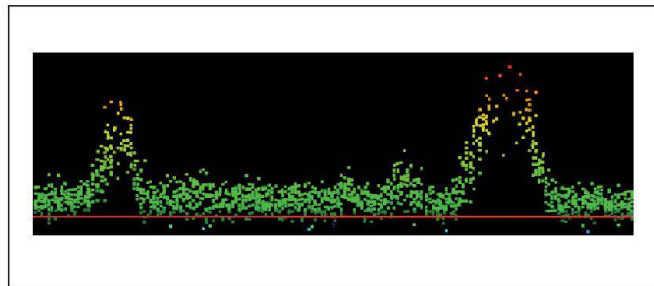


Fig. 10: Fentes de la boîte à trous – Fond noir mat.

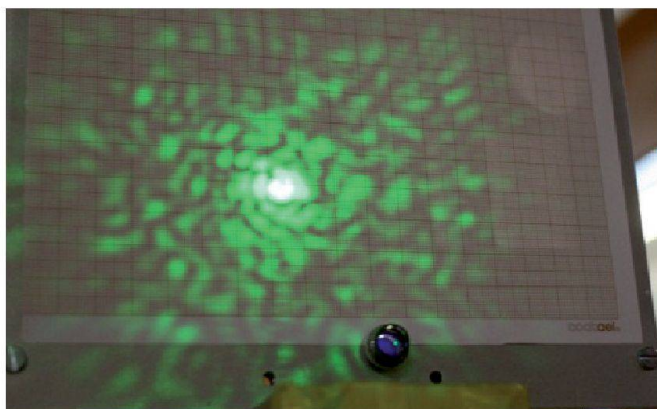


Fig. 11: Spot laser à 50m et bille TBR sur papier millimétré.

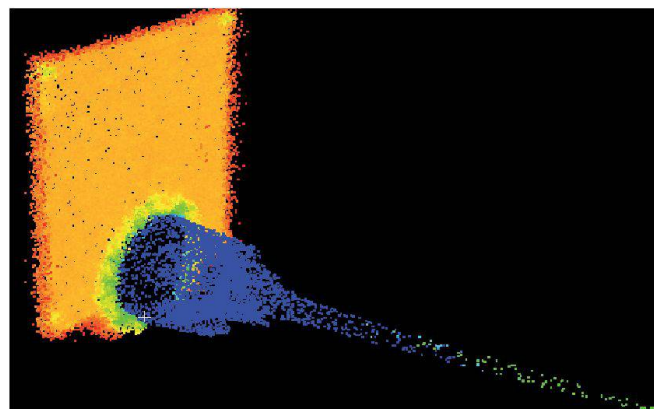


Fig. 12: Scan de la bille TBR avec la ScanStation2.

En conclusion, les instruments testés répondent globalement à leurs spécifications techniques propres. En se basant uniquement sur les documents fournis par les constructeurs, cela reste très compliqué de comparer des instruments; de très nombreux paramètres intervenant dans le processus.

## Remerciements

GEOSAT SA à Sion, MAP Géomatique SA à Auvernier et Leica Geosystems, à Rerens, pour la mise à disposition de leur scanner lors de ces tests.

Liebherr Machines Bulle SA, pour la mise à disposition des locaux. Tous ceux de l'institut G2C qui ont participé à ces travaux. Nos remerciements vont tout spécialement à M. Kasser, pour ses apports techniques.

### Remarques:

<sup>1</sup> Pour des raisons de synthèse, les 2 derniers échantillons ne sont pas détaillés dans cet article. Le lecteur peut contacter les auteurs pour de plus amples informations

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