

Analyses aux limites des scanners laser terrestres

Alter 2 : auscultation via scanner laser terrestre 1^{ère} partie

■ Vincent BARRAS – Nicolas DELLEY – Guillaume CHAPOTTE

Aujourd'hui, certains scanners peuvent acquérir jusqu'à 1 million de points par seconde. 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 afin de pousser les scanners aux limites données par les constructeurs et de permettre une comparaison rigoureuse. Des surfaces spécifiques telles que du papier photo comportant un albédo connu (18 % et 90 %), du métal (rugueux et lisse), du béton rectifié et de la peinture réfléchissante ont été saisis à des distances connues allant de 10 à 300 mètres. Une analyse minutieuse des résultats 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.

Afin de compléter l'analyse, des objets particuliers tels qu'une plaque à pics (matérialisés par des graviers), une boîte à trous et un cylindre ont été scannés. Si à courte distance (10 m) on ne constate pas de différences notables entre les scanners, dès 50 m, la densité des nuages fournis par les instruments utilisant la technologie dite "à phase" est une contrainte défavorable pour la modélisation des trois types d'objets.

Au final, les instruments fonctionnant sur le principe de la mesure du "temps de vol" sont plus polyvalents, mais permettent d'acquérir une scène restreinte moins rapidement que ceux "à mesure de phase". Le choix de l'instrument doit ainsi être effectué en fonction de l'objet à modéliser et de la distance séparant l'objet de la station. La vitesse annoncée est souvent à mettre en perspective avec des paramètres de qualité, un élément qui modifie notablement le temps d'acquisition d'un secteur.

■ MOTS-CLÉS

Scanners laser terrestres, tests, traitements, comparaisons, analyses, limites, phénomènes

Les scanners lasers terrestres sont de plus en plus présents dans le monde de la géomatique. Leur utilisation dans le cadre de l'auscultation d'ouvrages ou de zones dangereuses, comme des falaises, permettrait d'obtenir, non plus les déformations ponctuelles de l'objet, mais des modifications de sa forme globale, sans avoir à matérialiser des repères spécifiques sur l'objet.

Pourtant, l'expérience montre qu'il faudrait mieux connaître la réaction des lasers utilisés pour la mesure de distance sans réflecteur dans des conditions diverses. Nous obtenons des réactions parfois étonnantes dans des conditions difficiles, en particulier avec les surfaces brillantes proches de l'autocollimation et les zones rétro-réfléchissantes, qui retournent bien

plus de signal optique qu'un écho normal. Il est important de mieux maîtriser ces effets discordants afin d'éviter des analyses erronées lors de contrôles d'ouvrages. Une partie du présent travail a été consacrée à évaluer la précision de la distance par rapport à l'influence de quelques phénomènes.

En 2009-2010, le laboratoire de topométrie de l'institut G2C¹ de la HEIG-VD² avait réalisé un projet dédié à ces instruments. Déjà intitulé ALTER, ce projet confrontait les scanners ScanStation 2, HDS3000 et HDS6100

- (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 : <http://www.heig-vd.ch/>

dans différentes conditions de mesure. Le présent travail consiste en une suite logique, en utilisant des scanners plus récents et en investiguant d'autres matières sur une plage de distances plus importante.

Présentation des tests

■ Batterie de tests

Plages de distances testées : pour l'ensemble des tests, les surfaces à scanner ont été placées à 10, 50, 75, 120, 200, 300 m afin d'analyser les influences de l'éloignement.

Concept de mesure : les plaques de matières sont glissées contre un support sur un théodolite modifié, ainsi orienté selon différents angles par rapport à la direction du scanner. Le plan

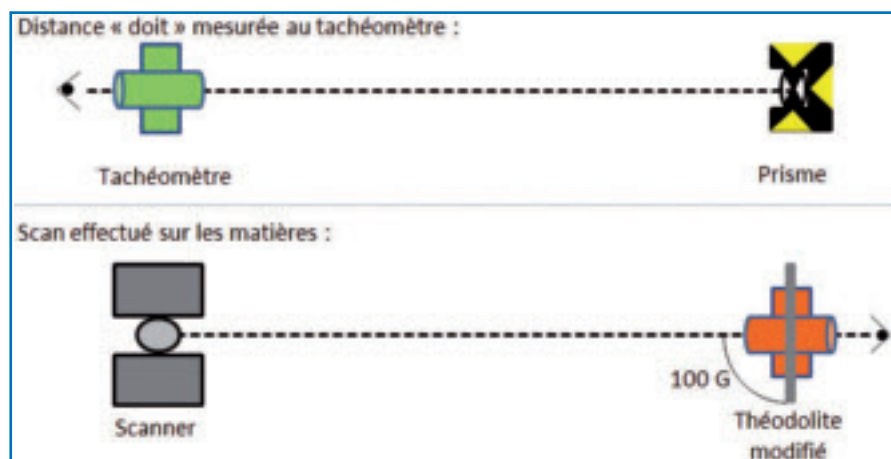


Figure 1. Schéma de mesure des distances

tourne selon un axe vertical, et donc la planche est scannée selon différents angles d'incidence. La rotation de la planche varie entre 0° (normale à l'axe de visée) et 60° (surface en incidence rasante) par rapport à l'axe de visée. Les distances de références sont mesurées, au préalable, par tachéométrie.

Matières uniformes : le but est d'acquies une surface présentant des matières particulièrement problématiques pour les lasers : une plaque recouverte de peinture de marquage routier blanche réfléchissante et une autre, rencontrée plus couramment et comportant du béton rectifié.

Matières combinées : plan composé de deux papiers photographiques gris standards collés sur une plaque métallique. L'un réfléchissant précisément 90 % de la lumière incidente et l'autre 18 %. Une autre plaque métallique, rugueuse sur la partie supérieure et lisse sur la partie inférieure, fait office de seconde matière.

Détection de trous : surface perforée avec des trous à détecter par le laser. Certains rayons touchent la surface perforée, d'autres atteignent la surface solide se trouvant 5 cm en retrait, et l'écho composite résultant permet plus ou moins de détecter l'existence d'un

trou, selon les albedos des deux surfaces (avant et arrière), et la taille du trou par rapport à celle du faisceau laser. La surface perforée et le fond sont gris mat. Les trous ont un diamètre minimum de 1 mm. Cette surface, reprise de la 1^{ère} campagne, a été scannée uniquement en position perpendiculaire à la direction de visée.

Détection d'aspérités : surface sur laquelle des graviers de tailles variables ont été collés afin de déterminer la capacité des scanners à détecter des pics. Dans le but d'avoir une forme "doit", l'objet a été scannée avec un instrument plus précis : le *NextEngine 3D* (précision du point : 0.4 mm). Cette surface a été scannée uniquement en position perpendiculaire à la visée.

Cylindre : l'objet est disposé sur le théodolite à la place du support utilisé pour la fixation des autres plaques. La position du cylindre est déterminée par rapport à l'axe du théodolite et le diamètre (5.0 cm) est mesuré mécaniquement.

■ Acquisition

Les mesures ont été réalisées en 2 jours dans une allée couverte et fermée de 300 m. Au final, cela représente plus de 300 nuages acquis pour l'ensemble du panel.

Lors de l'acquisition, les difficultés rencontrées varient d'un instrument à un autre. Le système utilisé ("temps de vol" ou "différence de phase") est un des facteurs, mais de loin pas le seul : les techniques de filtrage sont capitales. Par exemple, le scanner HDS6200 ne parvient pas à mesurer en présence de surfaces réfléchissantes (métal brillant) proches de la perpendiculaire au faisceau laser. L'instrument est "aveuglé" sur plusieurs dizaines de colonnes. Il est alors nécessaire de masquer les objets problématiques et de recommencer une partie de la numérisation.

Sur le même type d'objets, le Focus 3D a posé un autre problème particulier : le pas horizontal défini pour le balayage est supérieur à la requête de l'opérateur, lorsque celui-ci paramètre une petite zone (problème dans le logiciel embarqué du scanner, identifié chez le constructeur suite à nos tests).

■ Scanners lasers terrestres utilisés

ScanStation C10 Leica	HDS6200 Leica	Focus 3D Faro	VZ 400 Riegl	ScanStation 2 Leica
Au moment des tests				
Dernière génération de laser à impulsion	Avant dernière version de laser à phase	Dernière version de laser à phase	Laser à impulsion des années 2010	Laser à impulsion des années 2008
portée				
300 m	79 m	120 m	350 / 600 m	300 m

Tableau 1. Présentation des scanners lasers testés

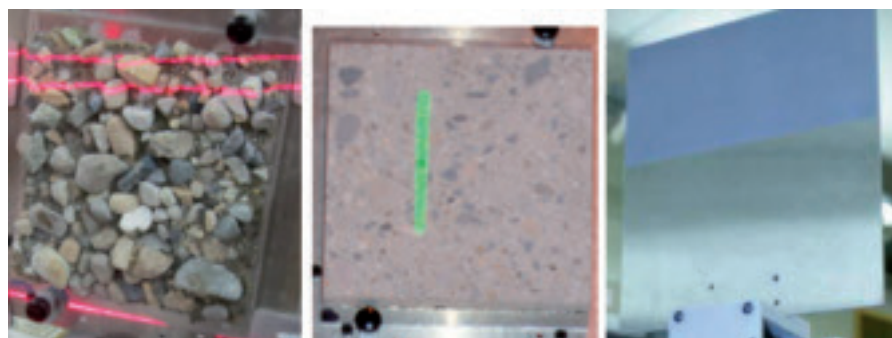


Figure 2. Quelques-uns des échantillons évoqués dans le paragraphe "Batterie de tests"

Concernant la ScanStation 2, la ScanStation C10 et le VZ-400, ces instruments n'ont pas posé de problèmes techniques particuliers lors de cette campagne.

■ Traitement des nuages de points

Géoréférencement : Pour tous les instruments, sauf le VZ-400, les positionnements sont effectués 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 le géoréférencement registration est de donner un poids très important à la station (position du scanner) et d'utiliser les références comme "orientation". (cf. figure 3).

Pour le VZ-400, le calage est réalisé 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.

Pour chaque nuage, ces derniers ont été découpés pour ne garder que la partie centrale des échantillons, secteur non perturbé par les effets de bord. Une routine développée dans le logiciel de calcul *MATLAB* a permis de calculer automatiquement les écarts pour les surfaces planes.

Les échantillons de formes particulières (pics, boîte à trous et cylindre) ont été traités individuellement en fonction de leurs caractéristiques.

Résultats

■ Matières composées

Avant d'analyser l'ensemble des nuages de points saisis, il est intéressant d'observer ceux couvrant le papier gris normalisé (albédos 18 % / 90 %) et la surface métallique.

Papier photo : De manière générale, les spécifications techniques des constructeurs sont respectées. Nous avons par-

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

Tableau 2. Taille des empreintes laser (mm) en fonction des distances

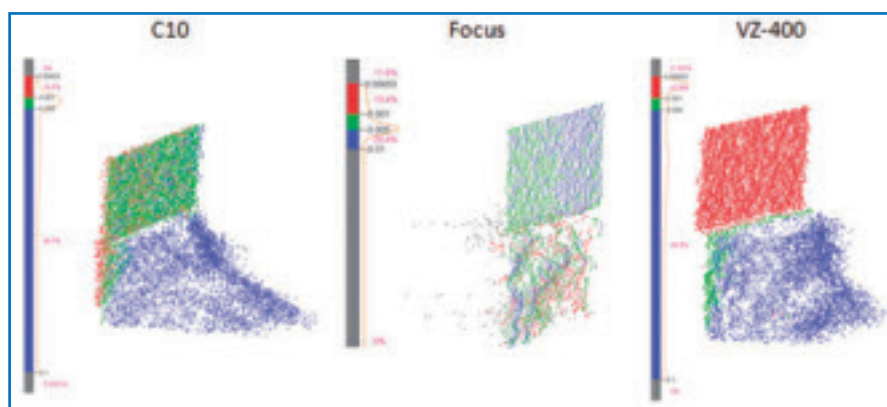


Figure 4. Plaque métallique rugueuse/lisse à 10 m

fois quelques ondulations étranges, mais légères avec le VZ400, 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 représentant la pièce est bien plus grand que l'objet réel (40 cm au lieu de 20 cm). Ce phénomène s'explique par la taille de l'empreinte laser et la finesse de détection, par cet instrument, d'un signal retour. Pour information, le lecteur trouvera, dans le tableau 2 une estimation théorique de la taille des impacts laser en fonction des instruments et des distances. On remarque qu'ils sont importants et l'uti-

lisateur 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

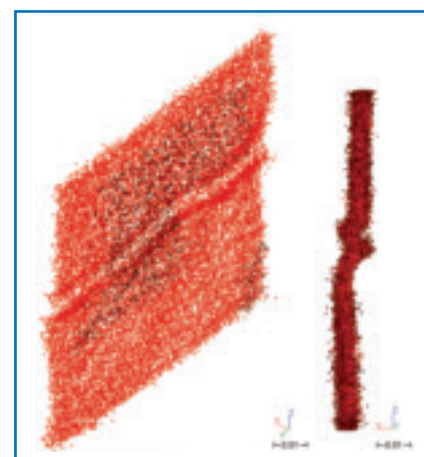


Figure 5. Nuage sur plaque rugueuse/lisse à 50 m pour VZ-400, vue isométrique et de côté

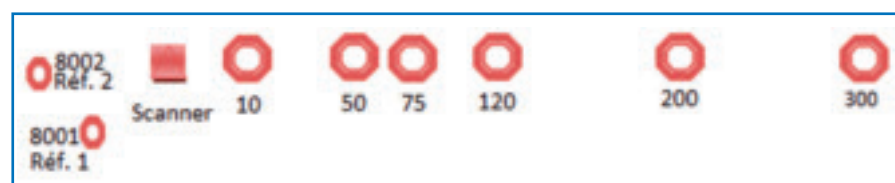


Figure 3. Schéma de la position de la station des trépieds

Distance	ScanStation C10 Leica		HDS6200 Leica		Focus 3D Faro		VZ 400 Riegl		ScanStation 2 Leica	
portée	écart moyen (m)	σ moyen (m)	écart moyen (m)	σ moyen (m)	écart moyen (m)	σ moyen (m)	écart moyen (m)	σ moyen (m)	écart moyen (m)	σ moyen (m)
10 m	0.000	0.004	0.000	0.001	-0.002	0.001	0.004	0.004		
50 m	-0.003	0.001	0.000	0.003	-0.005	0.003	0.003	0.002	-0.003	0.001
75 m	-0.005	0.001	0.001	0.003	-0.010	0.006				
120 m	-0.008	0.001			-0.018	0.013	0.004	0.005	-0.008	0.002
200 m	-0.014	0.002								
300 m	-0.018	0.005					0.004	0.014	-	-

Tableau 3. Écarts moyens et σ sur surfaces planes (0, 30, 60g)

réagissent comme l'illustre la *figure 4*. On constate sur la *figure 5* que les points sont nettement devant ou derrière le plan pour la partie lisse, suivant les corrections appliquées lors des traitements internes sur la détermination des distances.

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

Plus la distance augmente et plus la

différence entre les 2 secteurs s'amoindrit. Ceci est logique, car cet écart est lié à la forte différence d'intensité entre la réflexion spéculaire de la surface polie et la réflexion diffuse de la surface rugueuse. Les intensités retournent cessent d'être trop puissantes dès que la distance est suffisante. Là encore, à 300 m, seul le VZ-400 obtient des retours pour l'ensemble de la surface (avec toujours des dimensions quasi doublées).

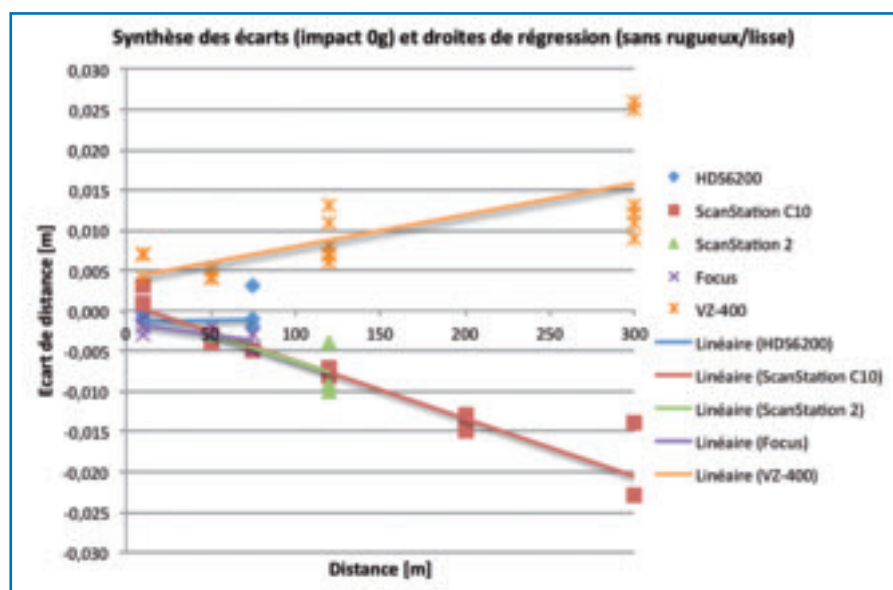
■ Synthèse des écarts

Le *tableau 3* répertorie les écarts d'éloignement et écarts-types obtenus sur la détermination du plan pour chaque instrument, pour les quatre surfaces planes, mesurées dans les 3 orientations. Les cases vides proviennent soit des positions non testées, soit elles signifient qu'aucun retour n'a été possible par manque de points (*Tableau 3*).

L'expertise de ce tableau évoque certains systématismes, 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 (*Graphique 1*).

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, comme le précise le constructeur.

Les ScanStations ont des écarts relativement proches, avec des facteurs



Graphique 1. Droites de régression des écarts d'éloignement des plans (sans la matière rugueux/lisse)

	ScanStation C10 Leica	HDS6200 Leica	Focus 3D Faro	VZ 400 Riegl	ScanStation 2 Leica
Facteur (ppm)	- 72	4	- 28	39	- 67
σ Facteur (ppm)	± 5	± 26	± 13	± 10	± 27
Constante (mm)	1	- 1	- 2	4	0
σ Constante (mm)	± 1	± 1	± 1	± 2	± 2

Tableau 4. Facteurs d'échelle et constantes d'addition des droites de régression

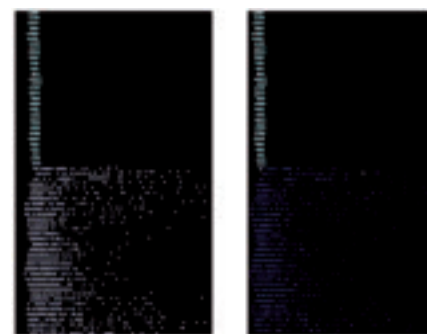


Figure 6. Points sélectionnés (en blanc), intensité entre 77 % et 97 % à gauche et entre 77 % et 95 % (dr.). Scanner Focus.

d'échelle non négligeables. Quant au VZ-400, le facteur est également significatif, mais les écarts sont plus aléatoires.

■ Rapport entre erreur et intensité

Phénomènes observés sur la plaque métallique : des analyses complémentaires ont été réalisées seulement sur le Focus et la ScanStation C10.

On constate qu'aussi bien pour un scanner à mesure de différence de phase, que pour un instrument à impulsion, un filtre selon l'intensité est utile pour éliminer les points problématiques, toujours liés à un retour trop puissant. L'expérience montre que la valeur 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).

■ Gravier

Ce test a été effectué dans le but de déterminer la capacité des scanners à détecter des "pics". La forme théorique de l'objet a été mesurée à l'aide du scanner *NextEngine 3D[®]*. Les résultats ont été analysés uniquement à 10 m et 50 m.



Figure 7. Gravier représentant les "pics" à détecter

(3) Scanner à haute précision (précision du point : 0.4 mm)

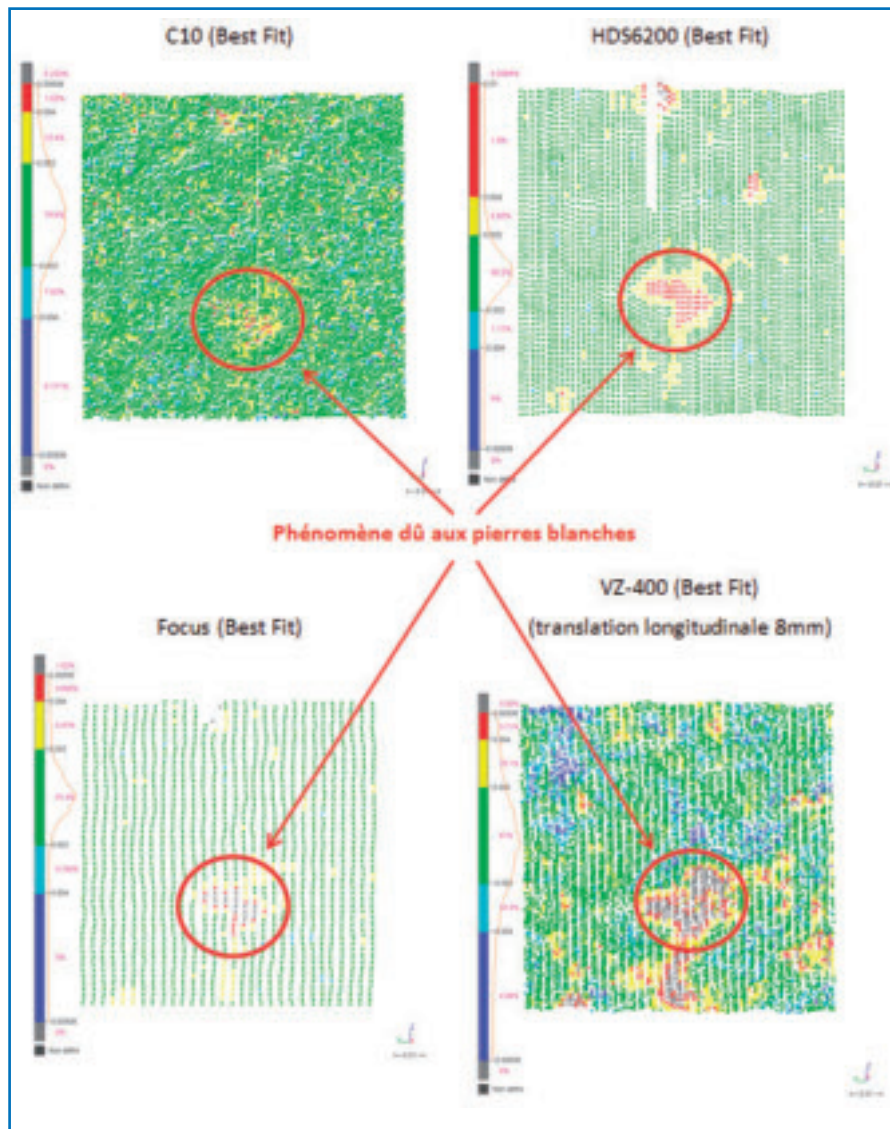


Figure 8. Inspection des nuages sur la forme réelle (10 m).

À 10 m, après un petit ajustement, 98% des points sont dans une tolérance de ± 4 mm pour le C10, le HDS6200 et le Focus. Le VZ-400 offre également de bons résultats avec 88% des points dans cette tolérance.

Vers le centre de l'échantillon, on remarque une zone problématique à l'ensemble des instruments. En visualisant la pièce, on remarque que deux cailloux clairs offrent un albédo supérieur au reste de la surface, et donc probablement qu'ils monopolisent l'essentiel du signal retour. Dans ce cas également, l'intensité très élevée du signal retour perturbe légèrement le résultat.

À 50 m, il est déjà plus difficile de modéliser une telle surface, et certains instruments, comme le Focus 3D ou le HDS6200 offrent une densité de points limitée.

■ Boîte à trous

Le but de la boîte à trous est d'évaluer les limites des scanners en terme de saisie d'objets présentant des perforations ou des fentes et d'évaluer les



Figure 9. Boîte à trous avec deux faces de même réflectivité

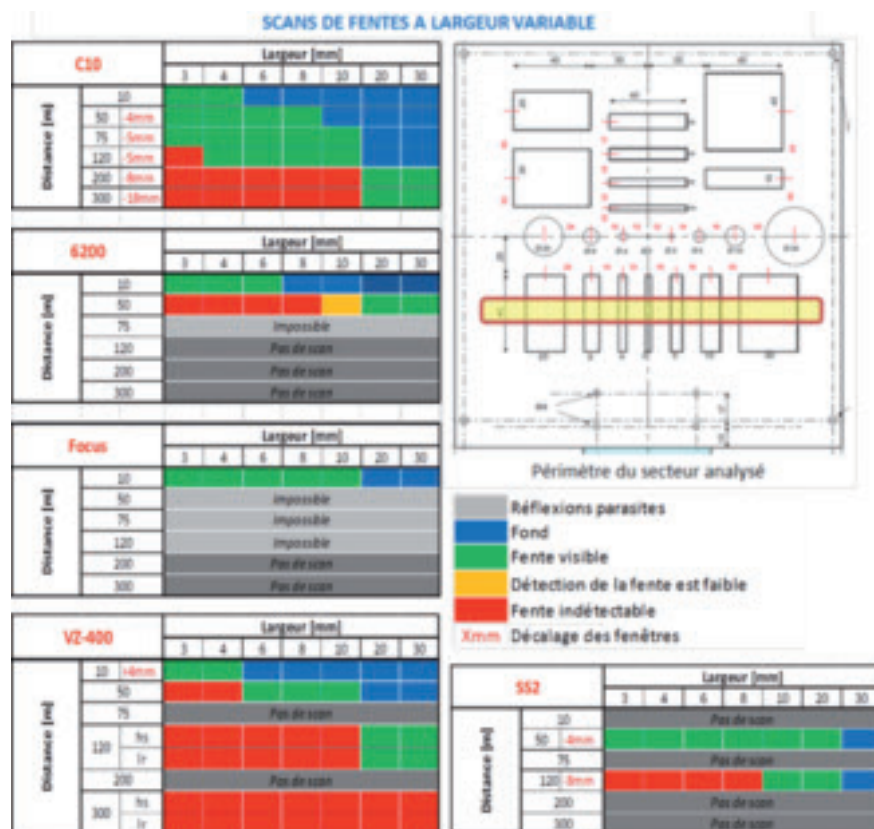


Figure 10. Scans des fentes verticales à largeurs variables

C10		Critères visuels			Détection		
		Nombre de points	Cylindre détectable	Bruit	σ^2 (mm)	σ (mm)	σ^2 (mm)
Distance [m]	10	4293			52.4	1.6	-2.4
	50	4283			55.2	1.7	-5.2
	75	4427			55.9	2.0	-5.9
	120	4398			66.6	2.7	-16.6
	200	4150			70.3	4.4	-20.3
	300	522					

Tableau 5. Détermination du diamètre avec la ScanStation C10

6200		Critères visuels			Détection		
		Nombre de points	Cylindre détectable	Bruit	σ^2 (mm)	σ (mm)	σ^2 (mm)
Distance [m]	10	1581			52.5	0.6	
	50	48					
	75	0					
	120						
	200						
	300						

Tableau 6. Détermination du diamètre avec le HDS6200



capacités de pénétration des lasers. Les tableaux de la figure 10 synthétisent l'essentiel de l'information relative à la coupe effectuée dans la partie jaune de la

figure 10, passant par les fentes verticales. En ce qui concerne les fentes horizontales, voire les perforations circulaires, malgré quelques exceptions, les scan-

ners lasers réagissent de manière homogène et les tableaux se ressemblent fortement. La résolution maximale disponible influence grandement les résultats des scanners.

Fond de différentes couleurs : dans un premier temps, le fond de la boîte a été peint en gris mat puis des tests complémentaires à la HEIG-VD ont été réalisés avec un fond noir mat (uniquement avec la ScanStation 2).

On constate que sur la figure 11, les fentes sont bien détectables, ce qui n'est pas le cas sur la figure 12. Très logiquement, la proportion du faisceau qui parvient à traverser les trous pour atteindre la plaque arrière est mélangée avec celle qui interagit avec la plaque avant. Si l'arrière est très sombre et ne réfléchit presque rien, tout se passe comme si les trous étaient ignorés. Si la plaque arrière est de même albédo que la plaque avant, il ne reste qu'un problème purement géométrique lié à la taille des trous par rapport à la dimension transverse du faisceau, fonction de la divergence (fixe) et de la distance. On peut prédire ces résultats en calculant la moyenne pondérée des distances surfaces éclairées, avec pour poids les surfaces éclairées multipliées par leur albédo. Ces différents tests mettent donc en évidence la forte influence de l'albédo sur les résultats.

■ Cylindre

Pour la détection d'un cylindre de 50 mm de diamètre, le test est divisé en deux parties :

- Détection du diamètre
- Position de l'axe théorique.

Dans de nombreux cas, le nombre de points insuffisants empêche la détection de la forme géométrique. Pour évaluer la détermination du diamètre, une étude visuelle est réalisée,

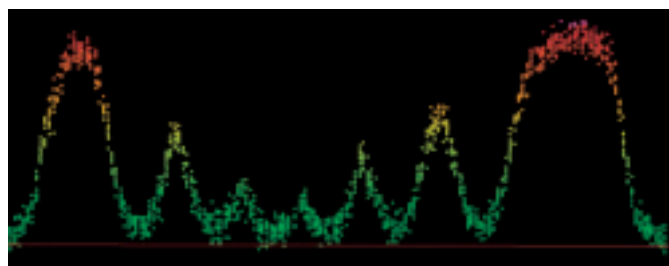


Figure 11. Fentes de la boîte à trous - Fond gris mat

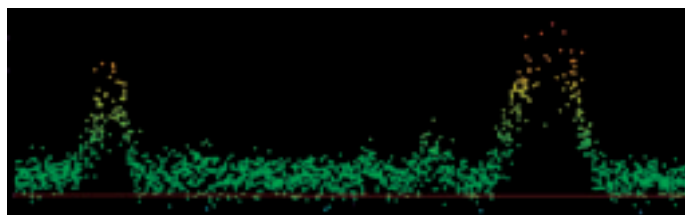
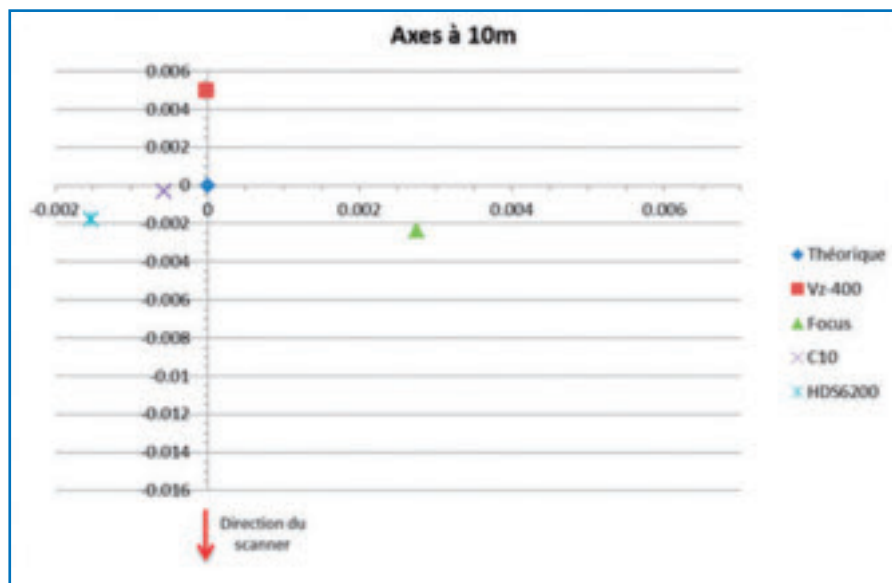


Figure 12. Fentes de la boîte à trous - Fond noir mat



Graphique 2. Position de l'axe du cylindre à 10 m

accompagnée d'une détection automatique via 3Dreshaper (Technodigit) en imposant un axe vertical. Au niveau des résultats, le C10 se met en avant, suivi par la SS2 et le VZ-400.

Là, à nouveau la densité est trop faible avec le HDS6200 et le Focus pour détecter, par exemple, le cylindre à 50 m.

Pour les cas possibles, une seconde étude est réalisée. La modélisation s'effectue en fixant, en plus, le diamètre. Dès lors, seul le bruit des mesures influe sur la position. Ce test permet également de se faire une idée de la qualité de l'encodeur angulaire horizontal de l'instrument.

Pour les balayages effectués, à 10 m, tous les cylindres sont déterminables. On remarque sur le graphique 2 que le Focus est décalé latéralement alors que le VZ-400 propose une position trop éloignée (attention, les échelles en X et Y ne sont pas identiques).

À 50 m, les déplacements longitudinaux du C10 et du VZ-400 concordent avec les systématismes (facteur d'échelle - en particulier pour le C10) déjà mis en évidence par les résultats des plaques. Le déplacement de la SS2 est un peu plus important, ceci probablement en raison d'un bruit important dans le nuage.

À partir de 75 m, seuls les cylindres scannés avec la ScanStation C10 sont détectables.

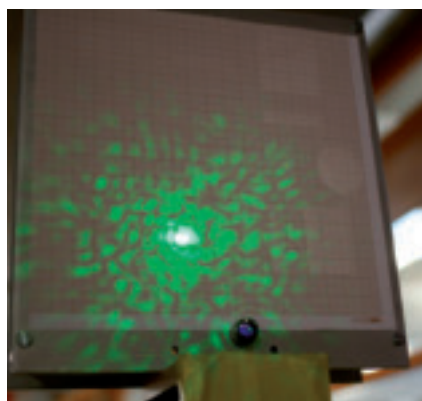


Figure 13. Empreinte laser à 50 m et bille TBR sur papier millimétré.

Empreinte laser et speckles

Les fortes variations d'intensité retour observées pour des objets brillants en autocollimation ont, tout au long de cette étude, passablement perturbé les résultats. Dans le but d'observer les effets problématiques remarqués lors

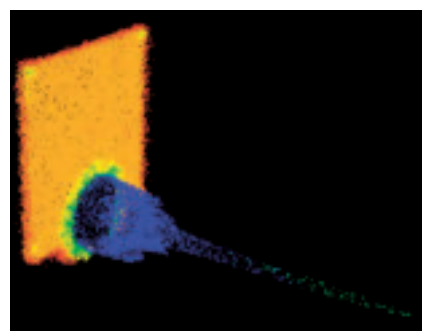


Figure 14. Acquisition de la bille TBR avec la ScanStation2

des balayages sur la plaque brillante, – un retour était traité pour un signal assez loin de la direction de l'axe du faisceau – nous avons voulu mieux comprendre la cartographie dudit faisceau. Nous l'avons donc observé visuellement sur un écran à 50 m dans le noir, et constaté qu'autour de l'empreinte laser centrale, et faute d'un filtrage spatial adapté, un important phénomène de speckle était visible (Figure 13), expliquant ainsi que des échos en réflexion spéculaire pouvaient intervenir même assez loin de l'axe visé (artefact pouvant intervenir si la zone éclairée par la partie centrale du faisceau est purement diffusante, sur une surface rugueuse par exemple). Pour mieux analyser le faisceau, nous avons effectué un échantillonnage aussi ponctuel que possible du faisceau émis afin de juger au mieux de son étalement latéral. Un réflecteur coin de cube creux TBR⁴ 0.5" est utilisé comme surface réfléchissante avec un diamètre de bille 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.

Le résultat du balayage est particulièrement intéressant pour l'instrument à impulsions. L'artefact induit sur le nuage montre une ouverture à la base d'environ 90 mm pour un allongement de près de 370 mm, ce qui est énorme, mais qui bien évidemment témoigne seulement 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.

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),

4. Tooling Ball Reflector de Leica Geosystems



ainsi que des artefacts pouvant être très importants lors des situations où l'intensité du signal retour est trop élevée. Mais cela n'apporte que des réponses partielles et demande un temps considérable pour leur réalisation. L'augmentation de la portée recherchée par les constructeurs a, comme effet collatéral, une amplification des réactions aux variations brusques de réflectivité.

Les objets particuliers tels que la plaque à graviers, la boîte à trous et le cylindre 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. Pour des études ultérieures, il serait également important de mieux tenir compte de la taille des empreintes laser pour élaborer des échantillons de tests où l'on est certain de traiter des données qui ont subi une réflexion homogène.

Même si certains scanners permettent de mesurer largement à plus de 100 m, des points d'appui sont nécessaires si l'on souhaite fournir des déplacements fiables en garantissant, par exemple, une précision subcentimétrique à de tels éloignements.

En conclusion, les instruments testés répondent, de manière générale, 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.

Dans l'idéal, il serait intéressant de disposer d'une batterie de tests, standardisée et rapide de mise en œuvre, qui permettrait de proposer un comparatif technique fiable entre les instruments du marché.

Remerciements

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

Liebherr Machines Bulle SA, pour la mise à disposition des locaux durant ces deux précieuses journées.

Grâce à toutes les compétences de l'institut g2C, il nous est possible de créer et de disposer de pièces particulières pour nos recherches.

Merci à tous ceux qui ont participé, de près ou de loin à ces travaux. Nos remerciements vont tout spécialement à M. Kasser, pour ses apports techniques.

Bibliographie

- DELLEY N., CHAPOTTE G., BARRAS V. 2013. *ALTer 2, Auscultation via lasers scanners terrestres*, rapport complet, projet de la réserve stratégique de la HES-SO (document sur demande aux auteurs)
- WUNDERLICH T., Dr.-Ing. WASMEIER P., OHLMANN-LAUBER P., SCHÄFER T., REIDL F. 2013. *Objektivierung von Spezifikationen Terrestrischer Laserscanner* – Ein Beitrag des Geodätischen Prüflabors der Technischen Universität München, Heft 20, 02/2013
- BARRAS V., DELLEY N. 2012. *Que font des géomètres dans les corridors de LMB ?*, Revue L'encrier (journal d'entreprise, Liebherr Machines Bulle SA) N. 24, 8
- BARRAS V., FERREIRA N. DOBERS T. 2011. *Points cloud phenomenon: ghosts in the scan*, Swiss National Report on the Geodetic Activities in the years 2007 to 2011, 104
- LANDES T., GRUSSENMEYER P. 2011. Les principes fondamentaux de la lasergrammétrie terrestre : systèmes et caractéristiques (partie 1/2). REVUE XYZ N°128, P.39-51
- LANDES T., GRUSSENMEYER P. 2011. *Les principes fondamentaux de la lasergrammétrie terrestre : acquisition, traitement des données et applications (partie 2/2)*. REVUE XYZ N°129, P.25-38
- SOUDARISSANANE S., LINDENBERGH R., MENENTI M., TEUNISSEN M., 2009. *Incidence angle influence on the quality of terrestrial laser Scanning points*. IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 3/W8, P 183.188.
- FERREIRA N., BARRAS V. 2009. *ALTer, Feuille de route ETAT 0*, rapport complet (document à destination du mandant)

SCHULZ T. 2007. *Calibration of a Terrestrial Laser Scanner for Engineering Geodesy*. ETH Zürich, DISS. ETH NO. 17036

Contacts

Vincent BARRAS, professeur
vincent.barras@heig-vd.ch

Nicolas DELLEY, collaborateur scientifique
nicolas.delley@heig-vd.ch

Guillaume CHAPOTTE
collaborateur scientifique
guillaume.chapotte@heig-vd.ch

HEIG-VD - Institut G2C
Route de Cheseaux 1
CH-1401 Yverdon-les-Bains

ABSTRACT

Nowadays, the 3D scanning of points is performed through fast and easy routines. However, the use of laser scanning in works auscultation has only a short history. A first phase of the project ALTER2 (Auscultation using Terrestrial Laser Scanners) was to compare many models of 3D scanners. Their technical specifications are not standardized and it is very difficult to assess their performance only on theoretical grounds. This step has enabled a rigorous comparison for distances ranging up to 300 m. The analysis reveals systematic deviations. In addition, the intensity of the laser return disturbs differently the evaluation of distances, depending of the techniques used by the manufacturers. The instruments evaluated during our tests are broadly conforming to their own specifications. The strong reflections remain an important factor that disturbs the distance. To detect shapes, roughness or perforations, the low programmability of density for instruments using phase measurement technology penalizes interpretations for distances greater than 50 m. Finally, the time-of-flight instruments are more versatile, but slower.