

# La lasergrammétrie appliquée à l'auscultation des ouvrages d'art

■ Bertrand CHAZALY

*La lasergrammétrie est une science ou une technique en plein essor qui exploite la technologie des scanners laser 3D (mesure laser haute densité, sans contact et longue portée). Un scanner 3D lève plusieurs millions de points en trois dimensions en quelques minutes. La mesure laser peut être couplée à une prise de vue photogrammétrique numérique.*

*Les technologies les plus répandues sont la mesure du temps de vol, la triangulation et la mesure par différence de phase.*

*Développée à l'origine pour des applications industrielles, cette méthode de levé s'est étendue à presque tous les champs d'intervention du topographe et en particulier au génie civil.*

### ■ mots-clés

Lasergrammétrie, scanner 3D, topographie, modélisation 3D, ouvrage d'art, génie civil, auscultation, tunnel, autoroute, barrage.

## Terminologie

En France, la terminologie n'est pas encore établie officiellement. "Lasergrammétrie" semble consensuel ("laser" + "gramma", écrit ou dessiné, + "metron", mesure) mais d'autres termes sont aussi d'usage dans cette toute nouvelle activité professionnelle : scannage 3D, 3D laser scanning, Lidar (light detection and ranging), levé haute densité (HDS® de Leica), laserométrie... Il faut aussi noter que certains capteurs haute densité n'utilisent pas le laser comme source de lumière, même si leur utilisation reste anecdotique en topographie.

## Avantage de la méthode sur le levé traditionnel

Le principe de la méthode est d'enregistrer en 3D tout ce qui est visible dans le champ de vision du capteur, on parle de modélisation "Tel Que Construit" mais également de clonage numérique. Il faut ensuite extraire l'information recherchée dans l'archive 3D à partir de traitements plus ou moins complexes.

La principale caractéristique de la méthode est la densité extrême du levé qui autorise des traitements cartographiques très précis lorsque cela s'impose.



Figure 1 : levé au scanner 3D sur 15 km des quatre voies de l'autoroute A42, sous circulation et en balisage léger (extension des voies en terre plein central).

### Principaux avantages du levé au scanner 3D pour des exemples d'applications réalisées par ATM3D

Exemples d'applications	Densité du levé	Rapidité	Longue portée (inaccessibilité)
Tunnel sous circulation	X	X	
Autoroute et ouvrage sous circulation	X	X	
Tête de tunnel	X		X
Cartographie de barrages	X		X
Auscultation de talus	X	X	X
Auscultation de digues	X	X	X
Auscultation d'aéroréfrigérant	X		X
Passage de gabarit/Contrôle	X		
Levé de détails sous circulation	X		X
Orthophotos vraies	X		X
Cubature béton	X		

**Tableau 1 :** Principaux avantages du levé au scanner 3D pour des exemples d'applications réalisées par ATM3D

En génie civil, les avantages essentiels qu'offre la lasergrammétrie sont la rapidité d'intervention et la possibilité d'effectuer des mesures longue portée sur des zones à accès difficile ou contraignant. A la différence du levé au tachéomètre, le levé par scanner 3D permet très fréquemment de travailler sous circulation, sur une seule voie et en balisage léger (figure 1). Elle autorise aussi des mises en station en dehors des zones d'exploitation des ouvrages et selon des points de vues très favorables.

C'est généralement la combinaison de ces caractéristiques qui confère son intérêt à la méthode (tableau 1).

### Les logiciels de traitement des données

En terme d'acquisition de données, un seuil technologique est franchi. Cependant la difficulté réside à l'heure actuelle dans le traitement et l'exploitation pratique du volume monumental de mesures enregistrées.

Le traitement des nuages de points nécessite toujours l'utilisation de logiciels spécifiques, développés exclusi-

vement pour la gestion de données 3D denses et généralement assez peu orientés vers les applications de génie civil. De fait, les procédés de traitement

des données issues d'un levé au scanner 3D peuvent comporter de nombreuses phases de traitements CAO manuels ou nécessitent des développements informatiques en interne.

**Quelques exemples de traitements conventionnels en génie civil qui ont été automatisés chez ATM3D par des développements informatiques spécifiques:**

- Extraction automatique de profils en fonction de la définition d'un axe projet et d'un pas régulier
- Représentation 3D des profils dans le système de coordonnées du projet
- Représentation 2D sous forme de cahiers de profils
- Passage de gabarit numérique (3D et 2D)
- Extraction automatique de séries de mesures pour le contrôle du passage et compilation dans un tableau type Excel
- Exploitation et rendu des gros volumes de profils
- Gestion et exploitation des bases de données photos et orthophotos.



**Figure 2 :** Archive 3D (XYZRVB) du parement amont du barrage du Gouffre d'Enfer (Loire).

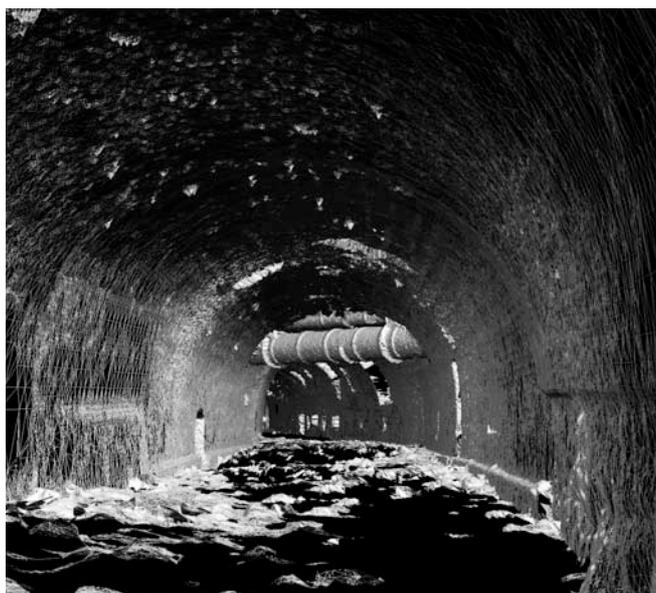


Figure 3 : Modèle 3D maillé en tunnel.

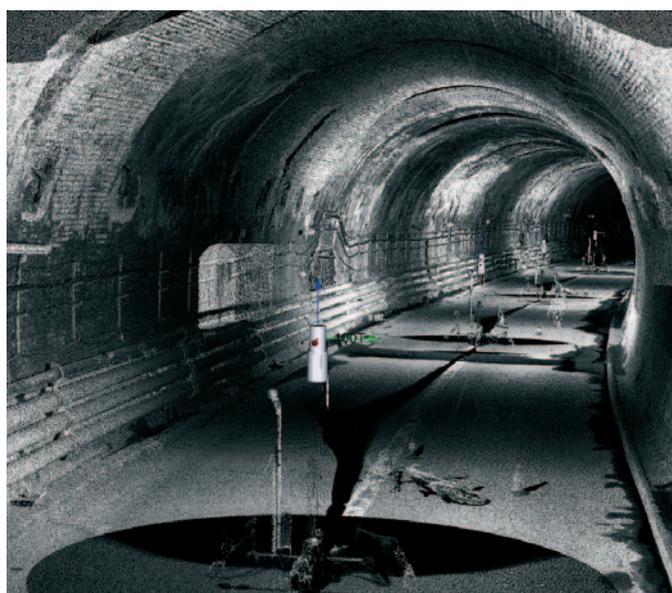


Figure 4 : Modèle surfacique de la digue de Tarnos (Port de Bayonne) et traitement topographique en vue de son auscultation.

## ... Exemple de chaîne traitement lasergrammétrique mise en place chez ATM3D pour l'auscultation des ouvrages

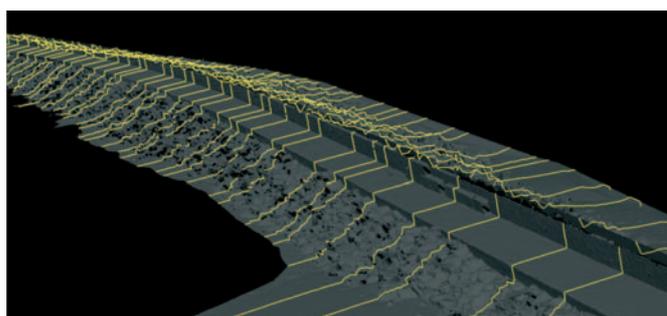
### ■ Première étape : l'archive 3D fondamentale

Quel que soit le type de capteur utilisé, le résultat d'une opération de numérisation est avant tout un fichier numérique contenant une série de coordonnées géométriques (X,Y,Z), constituant ce qu'on appelle un nuage de points 3D. Au nuage de points, sont parfois associées l'intensité de réflexion et les prises de vues numériques calibrées et géoréférencées (tableau 2).

Ces données, issues d'une campagne de levé sont alors les informations de base, vierges de tout traitement, pouvant constituer une archive brute de l'ouvrage, aux critères de résolution et d'accessibilité visuelle près (figure 2).

### ■ Deuxième étape : de l'archive 3D au modèle triangulé surfacique

L'un des procédés de traitement en lasergrammétrie consiste à produire un modèle maillé surfacique de l'ouvrage. Un modèle maillé tridimensionnel est une véritable peau numérique qui permet de reconstituer la géométrie de la surface numérisée.



Levé au scanner 3D photogrammétrique des 7 km du tunnel APRR Maurice Lemaire	
<b>Rendement</b>	
Laser et photos tous les 5 m	200 à 300 m/jour
Laser uniquement tous les 25 à 50 m	Entre 300 et 600 m /jour suivant les masques
<b>Donnée laser</b>	
Type de données	X,Y,Z intensité du signal
Points utiles acquis	950 millions
Résolution du semis brut	1 points/cm à 1 point/5 cm
Précision XYZ des points laser	Ecart-type entre 1 et 2 cm
<b>Données images</b>	
Nb de clichés (17 millions de pixels par image)	6 800 clichés
Format traité	Raw RVB
Taille pixel	1 à 2 mm terrain

Tableau 2 : Caractéristiques de l'archive 3D des 7 km du tunnel APRR Maurice Lemaire ( Eiffage Bouygues ) en vue de la définition d'un nouvel axe, du passage numérique d'un nouveau gabarit et du contrôle visuel de la voûte.

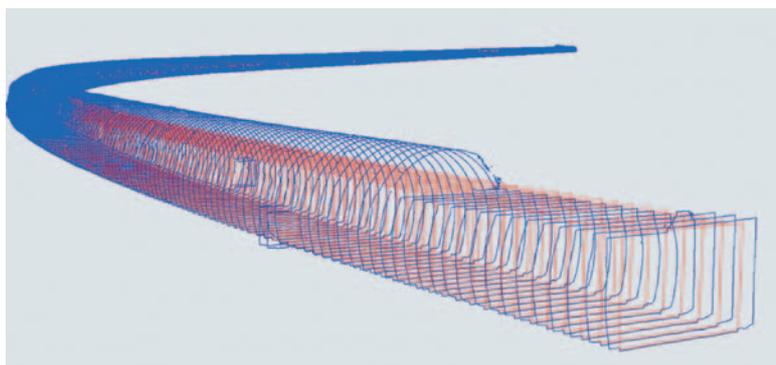


Figure 5 : Passage de gabarit sur les 7 km du tunnel APRR Maurice Lemaire (Eiffage Bouygues)

La densité des triangles est soit équivalente à celle des points acquis soit simplifiée en fonction de critères géométriques précis compatibles avec les caractéristiques de l'ouvrage (figure 3 et 4).

### ■ Troisième étape : du modèle triangulé à l'information topographique

Une fois le modèle surfacique réalisé et optimisé, il devient assez aisé de procéder aux traitements topographiques. L'extraction de coupes et profils est facilement automatisable. La comparaison de deux modèles surfaciques d'un même ouvrage entre deux états ou avec son modèle CAO est également intégré dans les logiciels spécialisés. En

revanche, les applications plus spécifiques au génie civil comme par exemple le passage de gabarit exigent des développements informatiques que nous avons dû mettre en place chez ATM3D (figure 5).

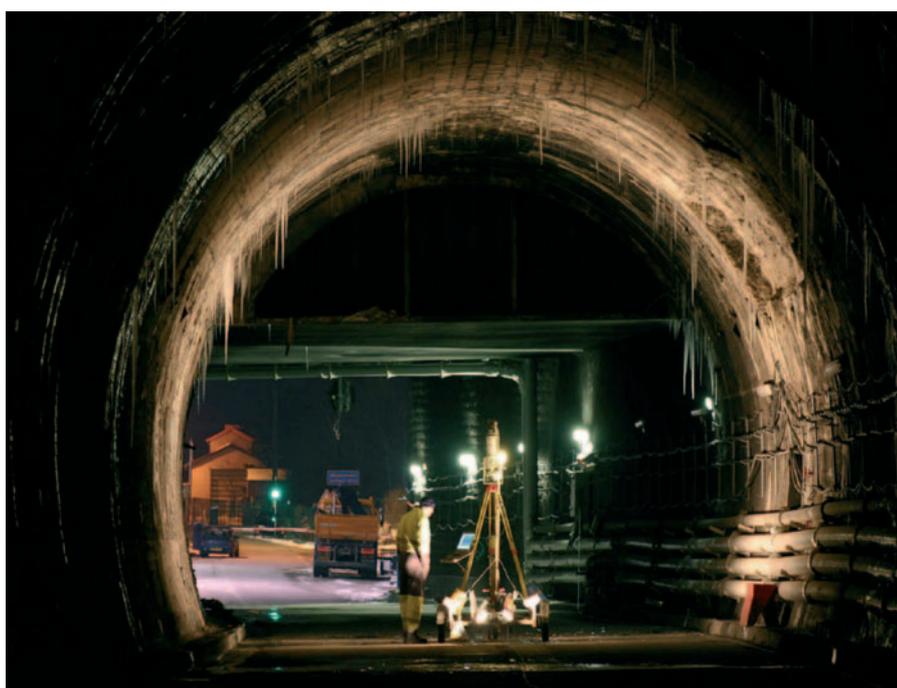
### Le rendu 3D : un problème de culture technologique.

En lasergrammétrie, le levé passe du domaine discret au domaine continu, de la 2D (ou 2.5D) à la vraie 3D. Ceci pose alors le problème de la restitution des résultats. Ce point n'est pas à négliger lors de la mise en œuvre d'un procédé lasergrammétrique dont les résultats

seront exploités par les progiciels de génie civil. Au delà de la contrainte strictement technique que peut engendrer la transformation des données pour une restitution dans un système 2D (papier ou numérique), c'est un problème de culture technologique, d'appréhension de la 3D qui est parfois posé, et il est alors regrettable que l'expertise finale se prive de l'ensemble de l'information 3D. 1

### Contact

**Bertrand CHAZALY**  
Ingénieur Géomètre Topographe  
Cogérant du bureau d'étude ATM3D  
tél. : 04 79 25 11 73  
Contact@atm3d.com  
www.atm3d.com



### ABSTRACT

*Terrestrial 3D laser scanning is particularly suitable to civil engineering. Safety, the low impact on the traveling public, and the very high density of the captured information are the issues which make scanning logical alternative to traditional methods. This new technology provides for appropriate solutions to a wide range of surveying requirements, but it still need specific software developments to see to the needs of construction works.*