

Etude relative aux méthodes de mise en œuvre et à la précision du scanner laser RIEGL LMS Z420i dans le cadre des travaux topographiques de EDF.

Société d'accueil : Service Topographie EDF DTG  
PFE présenté par : **Carine HONORÉ**  
Directeur du PFE : M. TROUILLET  
Correcteurs : Mme LANDES, M. GRUSSENMEYER



## 1. Introduction

Le service topographie de EDF a pour mission d'assurer le suivi de l'ensemble des ouvrages situés sur son parc de production. L'étude menée lors de ce projet s'est orientée sur deux ouvrages : les barrages situés sur le parc hydraulique et les tours de réfrigérants, qui équipent une grande partie des sites nucléaires. L'auscultation de ces ouvrages est actuellement réalisée par des procédés topographiques et photogrammétriques. Ces méthodes fournissent une densité faible d'informations sur la structure et le temps d'exécution des travaux est long : le service topographie cherche par conséquent à améliorer la qualité de ses travaux, ce qui passe par une remise en question de ses outils et méthodes.

Le service topographie s'est tourné vers une technologie récente : la lasergrammétrie. Il dispose de deux scanners (le SOISIC et le GS 100-E de chez Mensi), mais leur utilisation n'est pas adaptée pour les grands ouvrages, puisqu'ils sont limités par leur portée. En mai 2006, EDF a donc fait l'acquisition d'un capteur laser de longue portée : le Riegl LMS Z420i.

Ce projet doit conduire à la détermination des conditions d'utilisation, des paramètres et erreurs à considérer, et du degré de précision et d'exactitude envisageable avec le scanner laser Riegl LMS Z420i pour les travaux topographiques de EDF.

### 1. Méthodes de suivi actuel :

A l'heure actuelle, l'auscultation des ouvrages de EDF est effectuée essentiellement par voie topographique et photogrammétrique. Le suivi est assuré par l'intermédiaire de cocardes réparties sur la surface des ouvrages.

#### Le suivi par topographie classique :

Il est réalisé avec des tachéomètres de type Leica TDA 5005. Le suivi comprend :

- La réalisation du canevas topographique. Le canevas est défini par des piliers situés autour de l'ouvrage.
- Les visées sur les cocardes de l'ouvrage. Chaque cocarde est déterminée par intersection spatiale depuis au minimum trois piliers.

Cette méthode fournit une précision de l'ordre de  $\pm 4$  mm sur les coordonnées des cocardes.

#### Le suivi par photogrammétrie (cas des tours de réfrigérant uniquement) :

Ce procédé est effectué par des entreprises prestataires :

- Une entreprise réalise les prises de vues. Elles sont réalisées avec des chambres photogrammétriques ZEISS UMK, qui disposent d'objectifs à faible

distorsion. Le haut de la tour est relevé avec une focale de 300 mm, et le bas avec une focale de 200 mm.

- Une entreprise réalise les travaux de restitution. Cette étape est réalisée par voie numérique : les films sont tout d'abord numérisés avec un scanner de haute résolution, puis la restitution est effectuée à l'aide d'un logiciel multi-image : PhotoModeler.

Ce procédé permet de densifier le nombre de points connus sur la tour (environ 7000 points restitués sur une tour, alors que l'on compte seulement 500 cocardes déterminées par topographie classique. Une étude statistique nous a permis d'estimer la précision des coordonnées de points restitués inférieure à 2 cm.

## 2. Le scanner Riegl LMS Z420i

Pour améliorer le suivi de ses ouvrages, le service topographie a orienté ses choix sur l'acquisition d'un capteur laser de longue portée : le Riegl LMS Z420i. Ce capteur fonctionne sur le principe du temps de vol : le temps nécessaire entre le moment où le laser est envoyé et le moment où le récepteur reçoit un retour est mesuré, et la distance à l'objet est calculée selon la vitesse de la lumière.

Voici les principales caractéristiques de ce capteur (RIEGL@[2007]):



Illustration : Riegl LMS Z420i

- Large champ de vision : 360° x 80°
- Collecte 10 000 points/seconde
- Portée de 2 à 800 m
- Précision sur la distance : 10 mm ± 20 ppm (5 mm par répétition)
- Mesure sans contact (X, Y, Z, RGB, luminance)
- Spot laser non visible (classe 1 proche infrarouge)
- Appareil photo externe : Canon EOS – 1Ds

Le RIEGL peut également être équipé d'un appareil photo de haute résolution. Il permet de combiner les nuages de points obtenus par scannage à des prises de vue photographiques. Les photos obtenues pourront être utilisées par la suite pour colorer le nuage de points, pour effectuer des textures ou encore pour réaliser des orthophotos.

## 3. Les premières expérimentations

Dans un premier temps, nous avons réalisé des expérimentations relatives à l'utilisation générale du scanner. Les résultats obtenus nous permettront par la suite de fixer des paramètres de mesures en cohérence avec les objectifs de notre travail.

Voici les différents éléments qui ont fait l'objet de notre étude :

- **L'étude de précision du Riegl** : les spécifications techniques du Riegl ne font pas apparaître sa précision angulaire. Nous avons donc réalisé un test au sous-sol (conditions atmosphériques idéales) afin d'aboutir à cette détermination. Les résultats de ce test nous permettent de déduire une précision angulaire du capteur de 22 µrad. En combinant les précisions en distance et en angle, on peut déterminer une précision de détermination d'un point de l'ordre de 1.2 cm à 100 m avec le Riegl.

- **Les corrections atmosphériques** : nous avons déterminé des abaques pour illustrer l'influence des paramètres température, pression et humidité relative sur les données acquises avec le Riegl. Pour les travaux de EDF, nous estimons que la distance de mesure sera de l'ordre de 100 à 300 m. A une telle distance, on déduit de ces abaques que la température doit être déterminée à 5°C près, et que la pression doit être déterminée à 10 mbar près.

- **Les cibles** : le service dispose de 2 types de cibles : des cibles plates (de 5 et 10 cm de diamètre) et des cibles cylindriques (de 5 et 10 cm de diamètre). Afin de connaître la

cible la mieux adaptée à chaque situation, nous avons scanné des cibles à diverses distances, puis leurs coordonnées ont été comparées à celles obtenues par topographie classique. A partir de ces tests, il n'a pas été possible de chiffrer la précision obtenue sur le scan de cibles (puisque les résultats diffèrent d'une campagne à l'autre). Cependant, nous avons pu constater que la taille de la cible doit être adaptée à la distance capteur – cible (taille de cible d'autant plus grande que la cible est éloignée du capteur).

Par ailleurs, nous avons détecté une erreur sur la détermination du centre d'une cible cylindrique par le logiciel. Ce type de cible devra être mis à l'écart dans l'attente d'une correction d'algorithme par le constructeur.

- **Le bruit** : En scannant une surface, le logiciel Riscan propose à l'utilisateur de multiplier le nombre de passages (qui correspond au nombre de scansequences) sur la zone à scanner. Cette fonction permet de réduire le bruit de la mesure. Pour connaître le nombre de passages utile pour améliorer nos résultats, nous avons scanné une surface en réalisant 1, 3, 5, 7 et 10 passages, et nous avons comparé les résultats. Ce test a été réalisé sur une surface plane et sur du terrain chaotique ; dans le premier cas, nous utilisons un plan moyen comme référence, alors que dans le deuxième cas, il s'agira de la surface qui possède le plus de passages. Le calcul des emq obtenues sur chaque scan nous a permis de déterminer le nombre de passages optimal à réaliser :

- sur les zones planes, 7 passages permettent d'améliorer les mesures.
- en revanche, en terrain chaotique, le gain de précision n'est pas perceptible en multipliant les passages. Dans ce cas, il vaudra mieux diminuer le pas angulaire.

- **Angle d'incidence** : Afin de déterminer l'angle d'incidence limite, le test mis en place consiste à disposer des cibles sur un bâtiment et à les scanner depuis une position de capteur défavorable (le scanner est proche du mur, à l'une de ses extrémités). Les coordonnées des cibles ont également été déterminées par tachéométrie classique. Un seuil a été détecté à 15° : il faudra veiller à ne pas descendre en dessous de cette valeur.

#### 4. Etude du suivi des tours de réfrigérants par lasergrammétrie

L'objectif de cette étude est de déterminer la précision obtenue avec le Riegl sur le relevé d'une tour de réfrigérant. Afin de tester les capacités du scanner sur ce type d'ouvrage, deux relevés distincts ont été réalisés :

- Une première campagne de mesures a été réalisée en 2005 par la société ATM3D : il s'agit d'une tour de 140 m située à Cruas (dans la Drôme). Le lever au scanner a été réalisé en parallèle au relevé classique (par tachéométrie et photogrammétrie) en vue de procéder à une comparaison.

- Une deuxième campagne de mesures a été réalisée durant mon PFE sur un réfrigérant situé à Golfech (dans le Lot et Garonne). Cette tour se distingue par sa hauteur puisqu'elle atteint 180 m. En parallèle, nous avons procédé à la détermination de cocardes sur la tour par tachéométrie classique. Nous ne disposons pas encore des résultats photogrammétriques.

A partir des informations recueillies sur ces deux sites, nous avons réalisé la comparaison des données fournies par le scanner à celles obtenues par photogrammétrie et par méthode topographique classique.

Les comparaisons ont été réalisées à l'aide de deux logiciels distincts : Realworks et Cloud Compare. Le logiciel Cloud Compare (développé en interne chez EDF) permet de réaliser des comparaisons de nuages, point à point, en se basant sur la méthode du plus proche voisin. Cependant, les distances fournies par ce logiciel sont systématiquement ramenées en valeur absolue : la détection de systématismes dans les signes n'est pas perceptible. Pour pallier cela, nous avons réalisé des profils et des coupes des nuages à l'aide de Realworks.

##### Comparaison du lever au scanner à la photogrammétrie (réfrigérant de Cruas)

L'utilisation de Realworks nous a permis de déduire le caractère aléatoire des écarts. A l'aide de Cloud Compare, nous avons pu dégager des valeurs : l'emq est de  $\pm 5.5$  cm. Cela nous permet d'affirmer que chaque point est inscrit dans une sphère de rayon  $\pm 5.5$  cm autour de sa position

exacte (assimilée à la position du point topo). Le scanner laser semble donc fournir des résultats moins précis que ceux obtenus par voie photogrammétrique.

#### Comparaison du lever au scanner à la topographie classique (réfrigérant de Golfech)

De manière analogue, nous avons comparé les nuages obtenus avec le capteur Riegl aux points déterminés par intersections spatiales. Les cocardes intersectées forment 4 coupes horizontales réparties sur la hauteur de l'ouvrage. En complément, les cocardes situées suivant deux génératrices (de part et d'autre de la tour) ont été déterminées en topographie.

A l'aide de Realworks, nous avons déterminé des profils dans le nuage de points qui ont ensuite été comparés à la topographie. Les écarts constatés sur les deux génératrices sont proches. La cause de cette similitude n'a pas été identifiée : les résultats ont été soumis à l'usine Riegl.

La comparaison de nuages effectuée avec Cloud Compare fournit une emq de  $\pm 5$  cm. L'imprécision est similaire sur l'ensemble de la tour : on ne constate pas d'écarts plus importants en haut de l'ouvrage.

En conclusion à cette étude, on peut estimer que le balayage laser sur ce type d'ouvrage fournit une précision de l'ordre de 5 cm. Ce procédé de mesure est donc moins précis que les modes d'auscultation actuels, mais en contrepartie il ne faut pas négliger l'importante densité de points fournie par le capteur laser. A présent, il reste au service topographie à déterminer la précision réellement escomptée pour valider ce procédé de mesure.

### **5. Réalisation d'orthophotos**

La dernière étape de ce projet était consacrée à l'étude de l'appareil photo associé au scanner : le Canon EOS 1-Ds. Il s'agit d'un appareil photo de haute résolution. Son emploi peut être combiné au scan d'une zone : ceci nous permet de réaliser des textures et des orthophotos. Ce type de document est particulièrement attrayant pour le service topographie, puisqu'il permettrait peut-être de réaliser une inspection visuelle suffisante des ouvrages (des barrages en particulier).

Un test a été réalisé sur le barrage de Gloriettes (Pyrénées). Il vise à étudier la précision obtenue sur un modèle texturé. Pour cela, le barrage a été scanné et photographié, puis les cocardes situées sur l'ouvrage ont été déterminées par intersections spatiales. Les coordonnées obtenues ont ensuite été comparées aux coordonnées des cocardes sur le modèle texturé. La moyenne des écarts obtenus pour ce test est de 35 mm.

La réalisation d'orthophotos est facile et rapide à réaliser avec le logiciel Riscan. De plus ce type de document nous fournit une idée concrète des défauts à la surface des ouvrages. La réalisation d'orthophotos présente donc des avantages indéniables, mais la précision obtenue reste à interpréter.

### **6. Conclusion**

Cette étude nous a amené à un constat : les procédés d'auscultation actuels fournissent une précision supérieure à la mesure laser. Cependant, il ne faut pas négliger les atouts que fournit le laser scanner sur de tels ouvrages : le gain de temps est réduit avec ce procédé ; par ailleurs, la densité d'informations obtenue est largement supérieure, et le scanner laser offre de nouvelles possibilités telles que l'inspection visuelle d'ouvrages.

A travers cette étude, nous avons pu déterminer les facultés de mesures du Riegl...il reste maintenant aux spécialistes en génie civil à trancher sur l'hypothétique remplacement des mesures actuelles par des mesures au capteur laser.