

# SCANsites 3D<sup>®</sup> : INSPECTION DE STRUCTURES PAR PHOTOGRAMMETRIE HAUTE RESOLUTION



*PFE présenté par :* **Guillaume Rossi**  
*Société d'accueil :* **SITES SAS**  
*Directeur de PFE :* **Pierre Carreaud**  
*Correcteurs :* **Pierre Grussenmeyer et Jihad Zallat**

---

## Introduction

La société S.I.T.E.S. (Société d'Instrumentation et de Traitement d'Essais sur Sites) est spécialisée dans le contrôle et le suivi du vieillissement des structures et environnements. Cette surveillance s'effectue par le biais de méthodes d'instrumentations (utilisation de capteurs), de méthodes vibratoires (calcul de fréquence de la structure), de méthodes topographiques et d'inspection. La société dispose de plusieurs bureaux dans toute la France métropolitaine ainsi que deux filiales en Chine et en Tunisie. Ce projet de fin d'études a été réalisé au sein du pôle de compétences M.I.R. (Mesure Instrumentation Relevés) à Rueil-Malmaison (92).

Une des principales activités de la société est le contrôle des infrastructures de centrales nucléaires comme les bâtiments réacteurs et les tours réfrigérantes. La société intervient également dans la surveillance d'autres bâtiments comme des ouvrages routiers, des monuments historiques ou des tunnels.

Un système d'inspection visuelle à distance, appelé *ScanSites*<sup>®</sup> (visible sur la figure 1), a été mis au point dans les années 1990. Ce système peut être considéré comme un théodolite motorisé muni d'une caméra.



*Figure 1 : ScanSites<sup>®</sup> en station*

## 2. Définition et objectifs de l'étude

### 2.1. Définition

L'étude s'inscrit dans le développement du *ScanSites 3D*<sup>®</sup>, un procédé d'inspection similaire au *ScanSites*<sup>®</sup> basé, entre autres, sur des photographies haute résolution de structures. Ces photographies sont obtenues à partir de prises de vues panoramiques de plusieurs centaines de photographies d'un ouvrage, réalisées avec un appareil photo numérique réflex muni d'un objectif de grande focale et monté sur une tête panoramique. Ainsi grâce à cette photographie haute résolution, une inspection visuelle pourra être effectuée.

### 2.2. Objectifs

L'objectif principal de l'étude est la mise en place d'une chaîne de traitements pour la réalisation d'orthophotographies haute résolution d'ouvrages à partir d'images panoramiques. Ces orthophotographies permettront de cartographier (en deux dimensions) les défauts présents sur les ouvrages.

Une chaîne de traitements existe déjà dans l'entreprise et permet la réalisation d'orthophotographies à partir d'images individuelles (visible sur la figure 2).

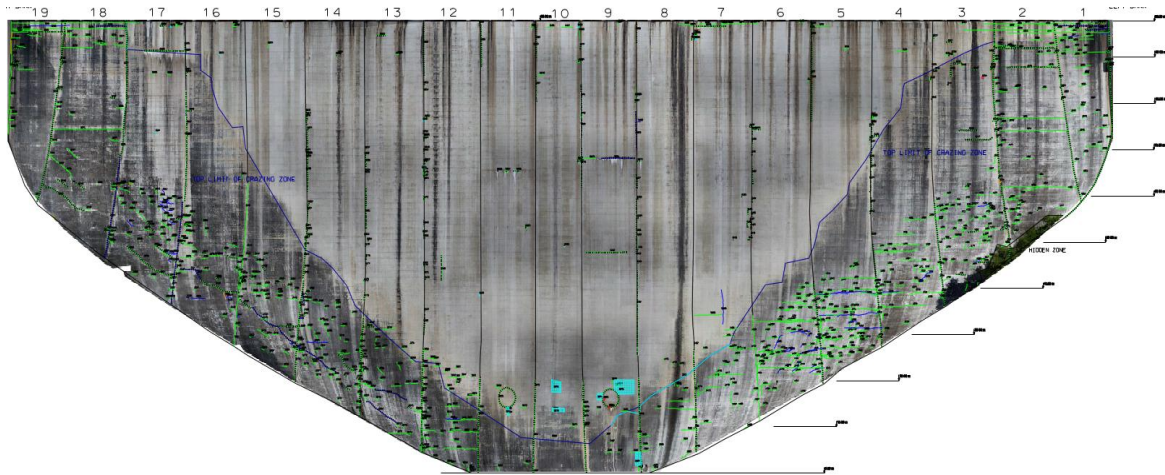


Figure 2 : Orthophotographie d'un barrage avec la superposition des défauts.

Cette chaîne de traitements, bien que fonctionnelle, présente quelques phases longues et parfois laborieuses comme l'étape d'orientation (interne, absolue et relative) qu'il faut répéter pour chaque photographie. L'apport des images panoramiques doit donc simplifier cette étape d'orientation : on oriente un panoramique composé de plusieurs images et non toutes les images du panoramique. Enfin, l'étude entraîne une modification en profondeur du logiciel de réalisation d'orthophotographie développé en *vb.net* au sein de l'entreprise.

### 3. Mise en place de la chaîne de traitement de réalisation d'orthophotographies

Une chaîne de traitement (visible sur la figure 3) utilisant la photographie panoramique a été mise en place en s'appuyant sur des outils déjà présents dans l'entreprise.

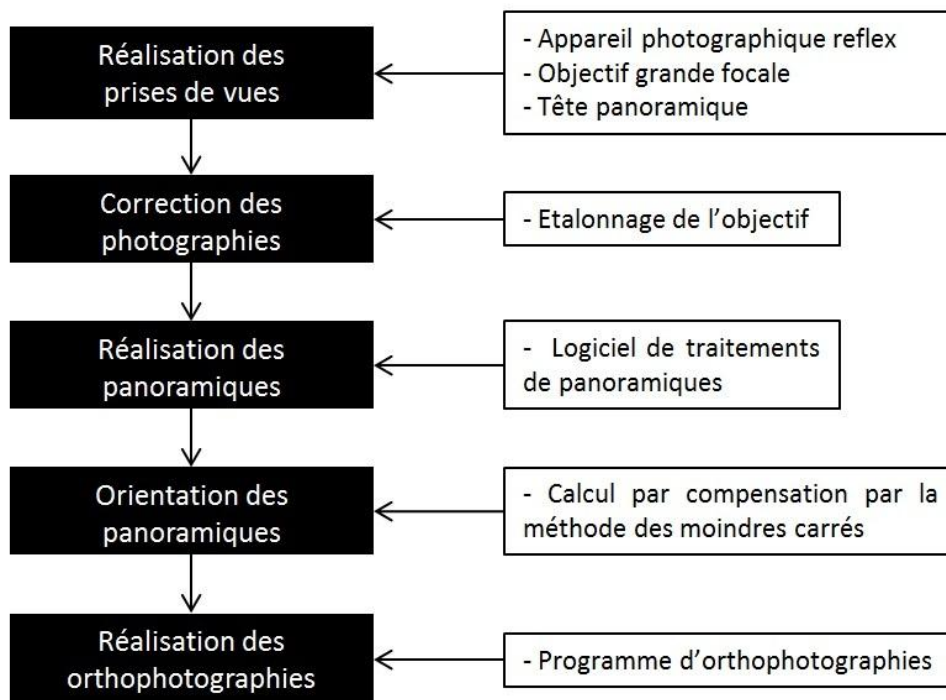


Figure 3 : Chaîne de traitement de la réalisation d'orthophotographies

#### 3.1. Réalisation des prises de vues

Les photographies sont réalisées avec une tête panoramique (figure 4) qui permet une automatisation des prises de vues avec un recouvrement paramétrable entre les photographies du panoramique. L'étude a permis de mettre en évidence quelques inconvénients liés à l'utilisation de la tête panoramique dont le principal est l'absence de prises de vues à cause d'une mauvaise mise au

point automatique. Ainsi, en parallèle de l'étude, des améliorations ont été apportées à la tête panoramique.



Figure 4 : Appareil photo monté sur la tête panoramique

### 3.2. Correction des photographies

Les paramètres d'étalonnage de l'objectif sont déterminés à l'aide d'un logiciel et de neuf prises de vues d'une mire (figure 5).

Cette méthode d'étalonnage a été choisie en raison d'un module de corrections des photographies intégré dans le logiciel de traitement des panoramiques, compatible avec les fichiers fournis par le logiciel d'étalonnage.

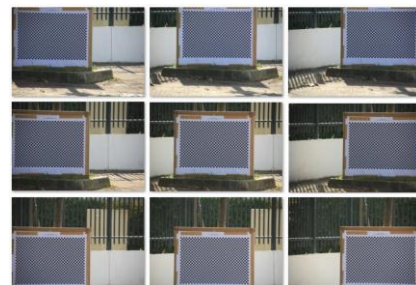


Figure 5 : Prises de vues de la mire pour l'étalonnage de l'objectif

### 3.3. Réalisation des panoramiques

Les images panoramiques sont réalisées avec un logiciel spécialisé qui s'appuie sur une détection de points homologues (avec le procédé *SIFT*) entre les photographies du panoramique. A l'issue de l'assemblage des photographies le logiciel fournit une erreur résiduelle quadratique, exprimée en pixel, sur cet assemblage. Enfin, le logiciel fournit une image panoramique avec une projection sphérique et les valeurs des étendues angulaires (horizontale et verticale) de la prise de vue du panoramique.

### 3.4. Orientation des panoramiques dans l'espace

L'orientation des panoramiques consiste à utiliser un algorithme de relèvement spatial par compensation par la méthode des moindres carrés. Cet algorithme permet de calculer les coordonnées du centre de la prise de vue du panoramique ainsi que les trois angles de rotation ( $\omega$ ,  $\varphi$  et  $\kappa$ ). Le relèvement est réalisé à partir des pixels de l'image convertis en angles horizontaux et verticaux. L'algorithme a été programmé en *vb.net* au sein d'une solution permettant la réalisation de l'ensemble des étapes d'orientation d'un panoramique.

### 3.5. Réalisation des orthophotographies

Les orthophotographies sont obtenues grâce aux modifications apportées au logiciel déjà existant dans l'entreprise. Ce logiciel permet de balayer chaque pixel des images à orthorectifier avec un pas choisi par l'utilisateur et associe à chacun de ces pixels un point du modèle 3D (maillage de triangle). Les pixels sont ensuite projetés sur une surface de projection (plan, cylindre ou cône). La taille des images panoramiques à orthorectifier étant conséquente (plusieurs milliards de pixels), il faut préalablement découper le panoramique pour ensuite orthorectifier chaque découpe de ce panoramique. La figure 6 présente une orthorectification d'une partie de panoramique.

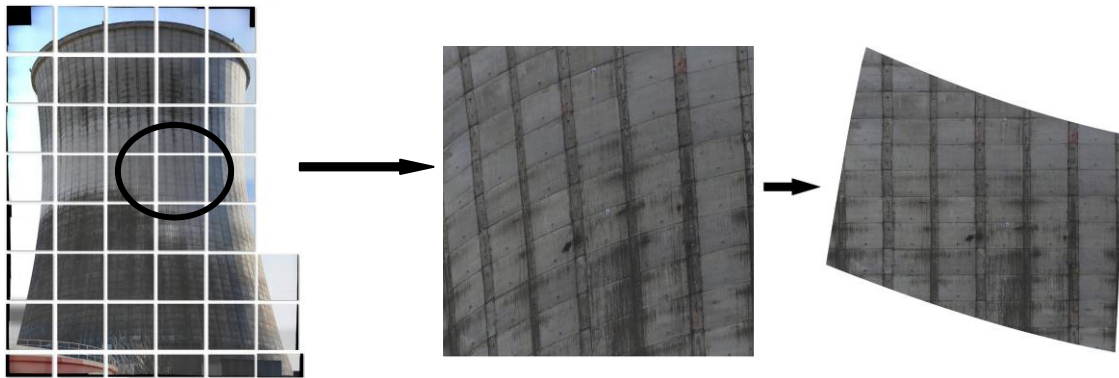


Figure 6 : Orthorectification d'une partie de panoramique (projection conique)

La couverture photographique d'un ouvrage est obtenue à partir de plusieurs panoramiques (issus de plusieurs points de vues) qui, une fois orthorectifiés, seront assemblés pour former l'orthophotographie finale de l'ouvrage sur laquelle les défauts pourront être dessinés. L'orthophotographie est ensuite livrée au client au sein d'une application S.I.G. autonome. Cette orthophotographie finale peut atteindre 50 milliards de pixels pour un réfrigérant atmosphérique de 90m de haut et de diamètre moyen de 55m photographié avec un objectif de focale 500mm.

#### 4. Analyse de la chaîne de traitement

Plusieurs problèmes ont été rencontrés lors de la programmation de l'orthorectification des découpes des panoramiques. Parmi ces problèmes, le traitement des pixels du panoramique ne représentant aucun point du modèle 3D (principalement le ciel), la projection d'une image chevauchant les limites de projection ou encore la réalisation de la projection conique ainsi que les capacités de mémoire des ordinateurs utilisés. La résolution de ces problèmes, reflétant bien souvent des cas particuliers, a engendré des solutions individuelles contribuant ainsi au bon fonctionnement de la chaîne de traitement.

La chaîne de traitement ainsi réalisée présente de nombreux avantages par rapport à la méthode d'obtention d'orthophotographies existante avant le début de l'étude. Ainsi l'étape d'orientation est facilitée et l'exactitude du résultat est améliorée. L'étalonnage de l'objectif, à travers la correction des aberrations chromatiques, permet un meilleur rendu des couleurs.

#### Conclusion

Ce projet de fin d'études démontre que la photographie panoramique est une application très importante dans la photogrammétrie moderne. De nombreux avantages comme la facilité de mise en œuvre sur le terrain ou l'orientation de panoramiques dans l'espace, justifient amplement l'emploi de cette technique.

Cependant la quantité de données acquise pour la couverture d'un ouvrage peut devenir gigantesque et difficilement traitable, même avec les moyens informatiques actuels. La chaîne de traitement a été créée afin de rendre possible l'utilisation des données photographiques avec les moyens de calculs actuels.

Enfin la photographie panoramique est une application essentielle dans la surveillance de structures et s'intègre parfaitement avec les autres techniques de surveillance de la société SITES. La photographie panoramique est au cœur de futurs projets comme la surveillance de tunnels et les outils mis en place lors de ce projet de fin d'études serviront de bases aux futurs développements.

Remarque : En raison de la date avancée de rendu de ce résumé, les études de précisions n'étant pas totalement terminées, aucun résultat numérique n'est présenté.