

Exploitation des images aériennes obliques au sein de l'entreprise Géophénix pour la production et la diffusion de maquettes 3D virtuelles texturées

PFE présenté par : **Emmanuel Gouraud**
Société d'accueil : **Géophénix**
Directeur de PFE : **Dominique Lenne**
Correcteurs : **Pierre Grussenmeyer**
Emmanuel Alby



1. Contexte et objectifs de l'étude

Ce projet de fin d'études s'inscrit directement dans une démarche de projet réel pour le compte de RFF (*Réseaux Ferrés de France*). En effet, dans le cadre du GPSO (*Grand Projet du Sud-Ouest*), RFF souhaite construire une Ligne à Grande Vitesse ou LGV reliant Bordeaux à Toulouse et Bordeaux à l'Espagne (Irun).

Géophénix intervient lors de l'étape de l'Avant Projet Sommaire (APS). L'objectif est donc de déterminer un premier fuseau de 1000 m de largeur contenant le futur projet. Compte tenu des contraintes techniques (coûts de réalisation, impacts environnemental et acoustique) et des problématiques foncières, il a été décidé de réaliser une acquisition aérienne d'images obliques.

La photogrammétrie aérienne verticale permet d'identifier les emprises des bâtiments grâce à la visualisation des toits. L'acquisition d'images aériennes obliques et la cartographie mobile terrestre apportent un complément d'informations sur l'apparence du bâtiment. Il est ainsi possible de connaître le nombre d'ouvertures et d'étages. En outre, les images obliques ont l'avantage de qualifier les bâtiments plus précisément que la cartographie mobile terrestre en identifiant par exemple les façades inaccessibles depuis la route ou les piscines. Enfin, ce type d'acquisition va permettre de constituer une base de données d'images en vue de la conception d'une maquette 3D texturée. Celle-ci sera alors un outil décisif pour la concertation et notamment pour préparer les études d'APD (Avant-Projet Définitif).

La démarche de ce projet de fin d'études est la suivante :

- Analyser le système MIDAS développé par Track'Air utilisé pour le projet tout en le confrontant à d'autres systèmes de prises de vues obliques ;
- Exploiter les données d'imagerie oblique sur le projet du GPSO afin de réaliser une application permettant de visualiser les images géoréférencées par rapport à leur emprise ;
- Etudier la précision des images avant et après traitement et ainsi évaluer les possibilités et/ou la nécessité de réaliser une aérotriangulation avec le logiciel Match-AT ;
- Gérer et finaliser un processus automatique de texturage des bâtiments à partir d'images acquises depuis plusieurs caméras obliques avec le système MIDAS en utilisant le logiciel RhinoTerrain ;
- Déterminer les moyens et les méthodes disponibles pour produire une modélisation 3D vectorielle des bâtiments au LOD2 (Level Of Detail 2) à partir de la stéréorestitution photogrammétrique et de nuages de points LiDAR ;

- Evaluer les compatibilités entre les maquettes 3D géoréférencées issues de logiciels de CAO type Rhinocéros vers des logiciels de conception, organisation et visualisation de données au sens de l'aménagement du territoire avec pour exemple le logiciel LandSIM3D.

2. Exploitation du jeu de données MIDAS dans le contexte du GPSO

Le jeu de données MIDAS (Multi-camera Integrated Digital Aerial System) est composé avant tout d'images. Le géoréférencement simultané implique aussi des données de calibration de chaque caméra, autrement dit des données d'orientation interne. Il inclut de la même manière les données de la trajectographie, c'est-à-dire des données d'orientation externe. Toutes ces données sont complétées par les métadonnées dans lesquelles figurent tous les enregistrements annexes assurant l'exploitation de l'acquisition.

L'analyse radiométrique des images MIDAS a mis en évidence que leur qualité est parfois altérée par deux types de flou :

- Le flou de filé dû au mouvement de l'avion par rapport au sol ;
- Le flou dû à la surexposition de certaines zones du capteur.

Après avoir analysé les données du système MIDAS, nous l'avons comparé avec d'autres solutions de caméras obliques. Cette étude a permis de mettre en concurrence 3 systèmes commercialisés et connus des professionnels composés de 5 caméras chacun. L'analyse des spécificités de chaque configuration ne permet pas de classer qualitativement chaque système, car les données sont plutôt équivalentes et restent des données « constructeur ».

Dès le départ, l'accent du stage était porté sur l'outil de visualisation des images obliques qui devait être mis à disposition de RFF. Nous avons donc commencé par calculer les emprises des images sur le MNT. Puis nous avons mis en forme et organisé les données en gérant le lien entre les images et les bâtiments et en ajoutant les couches d'informations nécessaires au « Viewer ». Ensuite, il a été possible de réaliser l'interface permettant d'accéder aux données spatiales. Cette interface utilise le standard Geoserver. Il est défini par plusieurs couches de données comme le montre la Figure 1.

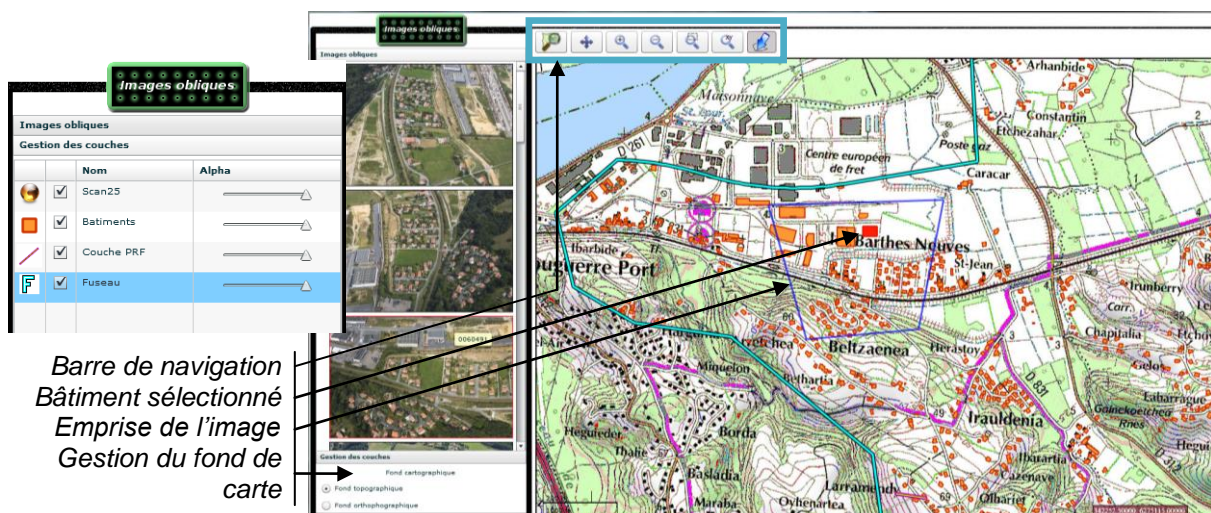


Figure 1 : Aperçu de l'outil de visualisation des images en fonction des bâtiments et l'onglet de sélection des couches à afficher avec le niveau de transparence souhaité.

Grâce à cet outil, il devient aisé d'identifier un bâtiment sous tous ses angles car le « Viewer » contient l'intégralité de la base de données photographiques gérée au moyen d'affichage ciblé. De cette manière, les temps de chargement sont optimisés.

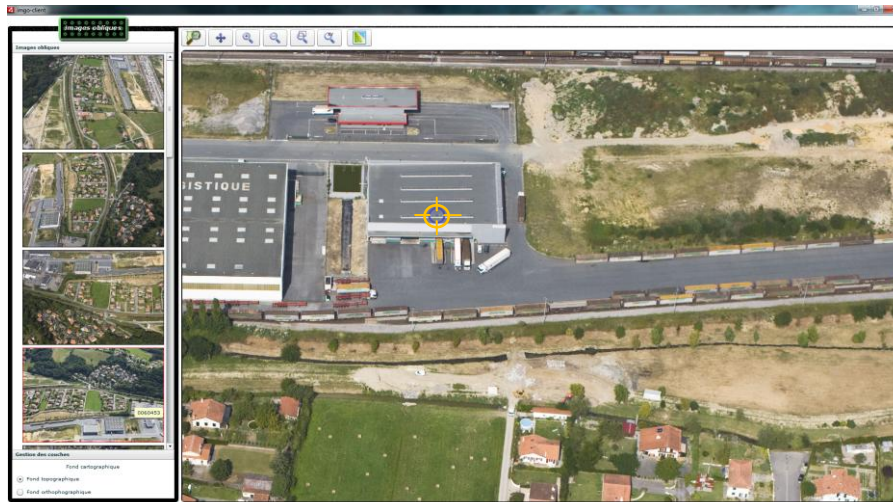


Figure 2 : La position du bâtiment est automatiquement ciblée après un clic sur la vignette.

3. Etude de précision et modélisation 3D

➤ Aérotriangulation

La phase suivante du projet a été consacrée à l'étude des images et plus particulièrement à la qualité de leur radiométrie et du géoréférencement. Pour cela une aérotriangulation des images obliques a été mise en place. Les images ont été acquises avec une résolution spatiale moyenne de 12,5 cm (10 à 18 cm) au sol.

Il a été choisi d'utiliser le logiciel Match-AT comme ressource pour réaliser cette étape. Après plusieurs tests d'aérotriangulation des images sur un bloc d'une centaine de prises de vue, il a été relevé que la précision du géoréférencement après traitement de l'image dépend de plusieurs facteurs: la résolution spatiale, le recouvrement, la radiométrie et l'orientation de l'image.

Dans le cas d'une aérotriangulation d'images obliques, il est donc nécessaire de procéder par zones de faibles étendues et de classer les images suivant leur orientation. Dans ces conditions, il a été possible de corriger les orientations externes des images pour atteindre des précisions absolues de l'ordre de 40 cm sur le terrain (x, y, z confondus).

➤ Modélisation 3D

La modélisation 3D a fait aussi l'objet d'une recherche détaillée. Cette recherche a été menée pour mettre en évidence les moyens disponibles pour produire une modélisation 3D au niveau de détail LOD2. Les recherches ont utilisé deux ressources différentes à savoir :

- La stéréorestitution photogrammétrique avec Pro600 (développé par Leica) ;
- La détection de primitives à partir d'un nuage de points LiDAR aéroporté en utilisant TerraSolid (logiciel applicatif de Microstation consacré principalement au traitement de données LiDAR aériennes et terrestres).

La stéréorestitution est une étape manuelle. Elle assure une précision dépendante de la résolution spatiale des images. Pour pouvoir réaliser une modélisation de bâtiments avec des faces 3D, la stéréorestitution doit être réalisée avec des règles strictes.

D'un autre côté, le traitement à partir du nuage de points LiDAR devient semi-automatique. L'utilisateur dispose d'un rôle d'assistant technique responsable de la qualité des résultats à chaque fin de processus. Désormais, à partir d'un nuage dont la densité de points est d'au moins 4 points/m² avec une précision absolue sur chaque point de l'ordre de 15 à 20 cm (x, y, z confondu), il est possible d'obtenir un modèle 3D du niveau de précision du nuage de points en peu de temps. La technique reste toutefois à explorer plus en détail car les algorithmes de génération de primitives manquent encore de contraintes pour représenter au mieux la réalité.

➤ Texturage automatique

Dès que l'orientation des images a pu être finalisée, mes recherches se sont portées sur la projection de textures à partir de caméras différentes. Ce processus est entièrement automatique. Il est basé sur les paramètres d'orientation interne et externe de la caméra. Dans un premier temps, le logiciel RhinoTerrain trouve toutes les images dans lesquelles la façade est visible. Puis, par un second calcul il évalue la « meilleure » image comme celle qui est la plus normale (au sens de perpendiculaire) à la façade considérée. La qualité de l'orientation externe détermine directement les précisions du texturage à un pixel près. C'est-à-dire que si l'orientation des images est imprécise, le texturage sera de mauvaise qualité. Les performances du logiciel sont telles qu'un texturage de 200 bâtiments soit environ 10000 textures est réalisé en moins d'une minute.



Figure 3 : Textures appliquées avec le logiciel RhinoTerrain à partir de données multi-caméra du GPSO

4. Production et diffusion des données

L'objectif de cette étape est essentiellement de produire un modèle en sortie qui soit dans un format interopérable, esthétiquement agréable et d'une précision suffisante pour effectuer des mesures et représenter au mieux la réalité.

Pour cela deux types de recherches ont été réalisées. Une première recherche estime la capacité des logiciels à modéliser une maquette en CityGML. Ce format est étudié car il a été déclaré par la communauté internationale comme standard en matière de modèle de ville. La deuxième recherche consiste à évaluer les critères de compatibilité des maquettes 3D. Le but est de pouvoir utiliser une maquette d'un logiciel de CAO sur un logiciel d'urbanisme et de visualisation tel que LandSIM3D. Cet outil donne un aperçu d'un modèle 3D avec intégration de la végétation. N'ayant pas pour vocation de représenter la réalité dans les détails, le rendu des bâtiments est légèrement simplifié et standardisé.

5. Conclusion et perspectives

L'ensemble de ce stage s'est attaché à la chaîne de production complète de données 3D géoréférencées. En ce sens, cela incite à comprendre le système en tant que support à des applications réelles. Cela a permis de mesurer les niveaux de précision requis en termes d'acquisition des images, de complexité de la modélisation 3D, de qualité du texturage et enfin du réalisme du rendu final. L'outil de visualisation a été réalisé avec succès. La phase d'orientation des images obliques est le point clef des exploitations futures et notamment du texturage. De son côté, la modélisation 3D au LOD2 dispose d'une grande perspective d'évolution aux égards des moyens actuellement disponibles. Enfin, le texturage automatique est une réussite à condition que la qualité radiométrique et le géoréférencement des images soient satisfaisants.

La maîtrise et l'intégration des différentes techniques d'acquisitions (images aériennes verticales et obliques, LiDAR aérien et terrestre et photographie terrestre) constituent un défi pour les exploitations et la diffusion. Elles offrent en effet un gain de temps considérable par rapport aux méthodes traditionnelles et apportent des données complémentaires.