

© Stéphane DUCANDAS

# Photogrammétrie et PVA ULM

■ Gabriel DUCANDAS

**L**es traditionalistes esquissent un sourire hypocrite et les détracteurs s'en donnent à cœur joie. Et pourtant la photogrammétrie précise à partir de prises de vues ULM ça fonctionne ! Merci à ceux qui m'ont fait confiance, ils se reconnaîtront.

Mes premiers pas en photogrammétrie remontent il y a trente deux ans à Vanuatu, anciennement Nouvelles Hébrides, où, avec des Ingénieurs de l'IGN et la RAF, Royal Air Force pour la prise de vue, nous établissions la cartographie de l'archipel. Après d'autres missions épisodiques à travers le monde, je me suis installé à la Réunion depuis plus de dix ans où j'ai créé GUID Océan Indien, avec actuellement deux jeunes associés Géomètres Experts.

Passionné d'imagerie numérique et de sports extrêmes, je me suis entouré de spécialistes dans leur domaine avec l'intention de renouveler cette expérience dans un contexte plus actuel.

## Le concept

Mettre au point un procédé suffisamment portable ayant une bonne réactivité de mise en oeuvre, une précision capable de concurrencer les techniques terrestres avec un coût attractif, et y associer les nouveaux outils numériques de visualisation ; d'où l'idée de réaliser des orthophotographies et de restituer des zones d'études très petites à des échelles allant jusqu'à 1/200 et une précision moyenne de 10 cm en XYZ.

## Prise de vue et chambre métrique

Pour rester dans l'esprit portabilité mon choix s'est naturellement orienté vers l'ULM et la chambre métrique 6X6.

## ■ L'ULM et la prise de vue

Souhaitant convaincre une large clientèle sur la faisabilité de prises de vues dans tous types de relief, notamment les zones escarpées comme certaines "ravines", quatre types







© Stéphane DUCANDAS

FK12 Comet biplan, Incursion dans le "Trou de fer"



© Stéphane DUCANDAS

Phase de synchronisation d'un GPS bi-fréquence embarqué

d'appareils sont actuellement utilisés par notre société :

- le Skyranger ou le FK9 Mark III, ailes hautes, 80 CV, vitesse de décrochage 65 km/h, utilisation fréquente.
- accessoirement, le FK12 Comet biplan est utilisé pour sa maniabilité sur des secteurs encaissés et difficiles d'accès, ou bien pour les altitudes élevées le FK14 Polaris pour sa rapidité (290 km/h en Vne).

Il a fallu adapter une ouverture (trappe) sur deux de ces appareils, les deux autres permettant la prise de vue latérale.

La technique en vol consiste à faire face à un courant laminaire stable et d'utiliser une vitesse lente, dans les limites de la sécurité, exemple :

- avec un vent de face de 30 km/h et une vitesse au "badin" de 80 km/h, la vitesse "sol" est de 50 km/h (80-50). Cette vitesse sol est celle observée dans la majeure partie des missions.

Le relief de l'Ile de la Réunion engendre une météo changeante ; les alizés quasi permanents, les thermiques aux abords des cirques, les courants ascendants ou descendants, rendent le pilotage très pointu.

Nous pouvons intervenir sur des chantiers nécessitant une PVA de 150 m à 3 500 m.

Le pilote est assisté d'un GPS de navigation de type GARMIN GPSMAP 182 C avec un écran couleur aux dimensions conséquentes, lui permettant d'apprécier, presque en temps réel, la dérive de l'ULM, et de conserver un cap précis. L'altimètre, recalé à chaque décollage, complète l'équipement indispensable.

La principale difficulté pour le pilote réside à conserver le cap et l'altitude du plan de vol projeté, sachant qu'il s'aligne 300 à 400 mètres avant la prise du cliché.

Des essais ont été réalisés avec un GPS bi-fréquence TRIMBLE (cadence 5 hertz) embarqué dans l'ULM et synchronisé avec la chambre métrique (chronomètre). Avec une vitesse moyenne "au sol" de 50 km/h (14 m/seconde) la position de la chambre est connue à environ 1,50 m en planimétrie et, compte tenue des turbulences en vol, estimée à 0,50 m en Z.

## ■ La chambre métrique

J'ai opté pour une chambre de type "ROLLEI 6 008 METRIC" avec deux objectifs "métric" PQS et calibrés : un Schneider 2.8-50 mm et un Planar 2.8- 80 mm calibrés.

En exemple le certificat de calibration du 80 mm nous donnent les valeurs de déformation suivantes :

Orientation interne :

CK = -80,12 mm

Xh = 0,12 mm

Yh = 0,36 mm

A1 = -8,5250E-006

A2 = -9,4780E-010

$CK\ DR = A1 * R * (R^2 - R0^2) + A2 * R * (R^4 - R0^4)$

R0 = 20,00 mm

La grille réseau de la chambre est gravée de 9 croix (9/25) dont l'écart moyen est de 0,0005 mm.

La faible vitesse en vol permet l'usage de nivelle sphérique pour la verticalité de l'axe optique.

La stabilisation gyroscopique n'est pas envisageable !

La vitesse de la chambre, associée à un dispositif de suspension en mousse, limite les vibrations et l'effet "vibré" du cliché :

- à 50 km/h le cliché au 1/1 000/seconde donne une traînée théorique de  $50\,000/3\,600/1\,000 = 0,014\text{ m}$

Différentes émulsions couleurs, négatif ou diapo, ont été testées en fonction de leur comportement au scannage. La 100 iso Superia de FUJI résout beaucoup de problèmes !

A court terme le "passage" au dos numérique est à envisager ; pour le moment ceux-ci ne sont pas encore vraiment adaptés à la photo aérienne moyen format (définition insuffisante ou images bruitées, temps d'enregistrement des fichiers volumineux). IMACON propose un dos numérique intéressant, mais le capteur limite la surface utile de l'image à 50 mm x 50 mm, ce qui, pour nous, élimine les fiduciaires périmétriques de la grille réseau.

## Choix du logiciel et traitement des données

### ■ Le choix du logiciel

Plusieurs logiciels ont été testés en fonction de l'objectif de précision à atteindre 10 cm en XYZ.

Le choix s'est porté sur le logiciel GEOimage développé et commercialisé par la société SPACEYES.

Ce logiciel, véritable atelier cartographique, regroupe les fonctionnalités essentielles d'un bon outil de production. Son architecture modulaire permet entre autre :

- de calculer différents modèles de déformation adaptés à la nature des données à traiter, orbitographique Spot, aérien.
- de réaliser des MNT à partir d'images stéréoscopiques satellites ou aériennes, par corrélation avec un éditeur de disparités permettant de contrôler les phases automatiques et d'intervenir le cas échéant.
- la rectification ou l'orthorectification des images avec acquisition de points d'appui de sources différentes.
- de réaliser des mosaïques d'images, avec un outil puissant de correction radiométrique.
- la représentation 3D des données géographiques.
- l'utilisation d'outils de traitement thématique et de photo-interprétation.
- l'utilisation d'un module d'aérotriangulation

### ■ Adaptation du logiciel à notre objectif

Sans être un restituteur analytique GEOimage permet le traitement de nos données. Sa conception au départ ne le destine pas à une précision de 10 cm mais plutôt de l'ordre de 1 m ; il a donc fallu l'adapter (Exemple, modifier le MNT en flottant pour obtenir des décimales, etc.)

Avec l'aide des Ingénieurs de SPACEYES, nous sommes arrivés à des valeurs avoisinant les 30 cm, avec des contraintes de stéréopréparation.

La réalisation d'un modèle homogène nécessite un minimum de points de calage, de 9 à 20 selon la précision souhaitée. L'objectif n'est pas encore atteint, mais le département développement de SPACEYES travaille sur un module permettant de prendre en compte les données de calibration et toutes les fiduciaires.

Après avoir réalisé une ortho sur GEOimage, et pour en améliorer sa précision planimétrique, nous utilisons un autre logi-



### Préparation du plan de vol ; introduction des way-points dans le GPS

ciel "Photoplan" qui permet un réajustement par triangles de tous les points de calage. L'image résultat est donc parfaite aux abords des points de calage, et les écarts constatés sur les nombreux points de contrôle relevés lors de la stéréo préparation n'excèdent jamais 15 à 20 cm, suivant le relief.

Nous effectuons ensuite une restitution planimétrique à partir des orthophotos. Le gros désavantage est la difficulté à reconnaître les détails en sursol (poteaux, murs etc.).

### Le scanner

Avant traitement des données sur GEOimage, nous scannons nos négatifs avec le scanner NIKON COOLPIX 8000, à 4 000 dpi. (6 microns) soit un fichier de 230 Mo ! La visualisation de détails de quelques centimètres est alors possible, mais les problèmes d'artefacts rendent les phases de corrélation délicates. Il est alors nécessaire de rééchantillonner le fichier à 12 microns pour l'élaboration du MNT. Par contre nous utilisons la meilleure définition de scan pour la phase d'orthorectification. A court terme, nous envisageons l'acquisition d'un scanner matriciel pour minimiser les déformations.

Des tests de rectification d'image en sortie de scanner sont en cours ; ces tests sont réalisés avec "Lens Rectifier Pro" qui transforme un cliché brut en cliché orthonormé. Le principe est de photographier une grille de 80 cm x 80 cm avec des lignes et colonnes espacées de 2 cm, et de calculer un modèle de déformation applicable systématiquement aux images issues de la même chambre et scannées. L'image ainsi rectifiée devrait permettre une meilleure précision ; ce qui reste à démontrer.



## Validation de la méthode

Afin de connaître les limites de la méthode (avantages et désavantages) la société LEICA a effectué un test sur trois couples d'image avec leur restituteur analytique LPS :

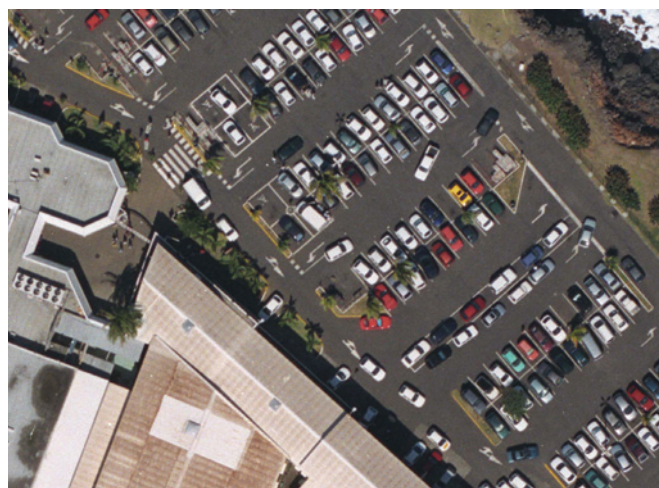
- Altitude de PVA 400 m
- Focale 80.12
- Scan à 4 000 dpi
- Echelle 5000

Les données ci avant ont été introduites dans les calculs et complétées par la prise en compte de toutes les fiduciales et des déformations de la chambre. Les résultats obtenus sont de l'ordre de 10 cm avec des pointés inférieurs à 5 cm. Par ailleurs, ces tests ont mis en évidence la nécessité d'utiliser un scanner matriciel, plus précis. La vision stéréo s'est avérée plus confortable à 3 000 dpi.

## Conclusion

Ce système permet donc la restitution jusqu'au 1/200 en densifiant légèrement la stéréopréparation, surtout en périphérie des images à cause du vignetage, et en utilisant un restituteur analytique type LPS pour avoir une précision optimale et la possibilité d'effectuer une restitution vectorielle. GEOimage est un très bon outil de production jusqu'à 50 cm dans des conditions d'utilisation normales ; la précision, dans sa version actuelle, peut atteindre 30 cm à la condition de densifier les points de calage lors de la stéréopréparation ; son coût attractif peut séduire certains cabinets de Géomètres Experts. GEOimage est par contre un véritable outil de production dans son domaine "métrique".

A tester les logiciels de rectification comme LENS RECTIFIER PRO, voire PHOTODELER qui permet de calibrer soit même une chambre et son objectif. ●



Exemple de définition

## Contact

**Gabriel DUCANDAS**

Géomètre Expert, SARL GUID-OI, Ile de La Réunion  
gd.guidoi@wanadoo.fr

## Remerciement

Remerciements à Didier BOMBAMIR pilote hors pair pour la mise au point en vol, à Stéphane (mon fils) pour ses prises de vues acrobatiques et pour sa participation éclairée dans la mise au point de toute la chaîne infographique, à mes deux associés pour leurs conseils avisés et à quelques ingénieurs de l'IGN (années 1970-1971) pour m'avoir mis le pied à l'étrier, aux Ingénieurs de la Société SPACEYES pour leur patience et la poursuite des développements, à Sylvain GEVREY et Patrice LEMIRE de chez LEICA.



FK9 Mark III en pleine action