# Drones : quels usages pour la topographie ?

Guy HOUIN - Stéphane HOPP - David DESBUISSON

*Les drones civils étant de plus en plus utilisés dans de nombreux domaines d'applications, les dirigeants de la société TPLM-3D, spécialisée en lasergrammétrie et photogrammétrie, ont décidé de réaliser plusieurs séries de tests avec cet outil. Pour ce faire, TPLM-3D a fait appel à la société Rhône Alpine Drone Expertise, spécialisée en inspection technique aérienne.*
*L'objectif de ces essais était de valider la pertinence de cette nouvelle technologie pour plusieurs applications topographiques, telles que : le relevé de terrains, de façades, la génération d'orthophotos ou encore la modélisation 3D.*

MOTS-CLÉS
Drone, modèle numérique de terrain, auto-corrélation, modèle numérique de surface, nuage de points, orthophoto

Dans un premier temps, les essais effectués courant septembre ont permis de valider que les moyens déployés par la société Drone Expertise étaient en adéquation avec les besoins inhérents aux applications citées précédemment, notamment en matière d'orthophoto de terrains et de façades. La comparaison s'appuie sur 3 axes d'études :

- Précision du modèle numérique de surface de façades : nuage de points obtenu par procédé photogrammétrique, à partir d'images obliques prises par le drone, à comparer avec un nuage de point de scanner laser terrestre.
- Orthophoto de façade issue du modèle scanner laser à comparer avec l'orthophoto de façade issue du modèle drone.
- Précision du modèle numérique de terrain : nuage de points obtenu par procédé photogrammétrique, à partir d'images nadirales prises par le drone à comparer avec un relevé de points de détails effectué au tachéomètre et/ou au scanner laser terrestre.

La finalité de ces comparaisons est de pouvoir quantifier les précisions du relevé effectué par drone (notamment le nuage de points qui est la donnée d'entrée pour la génération des livrables) afin de pouvoir proposer des solutions innovantes, tout en ayant le contrôle de la précision annoncée.

Une campagne de relevé sur un site de 3 000 m² a été effectuée en septembre 2014. Le choix de ce site répondait à plusieurs critères qui devaient être testés :

- Présence d'un édifice historique (chapelle du 12e siècle), dont les façades sont un cas d'école pour une orthophoto (pierres de taille maçonnées avec joints apparents).
- Terrain environnant avec différents types de revêtement (herbe rase, enrobé sur route, champs).
- Présence de végétation haute (problématique du filtrage).
- Sommet de colline exposé aux vents, avec des vitesses stabilisées d'environ 20 km/h et des rafales de 30 à 40 km/h.
- Possibilité de réaliser des vols en mode semi-automatique et automatique à différentes hauteurs.
- Site placé hors agglomération, idéal pour la réalisation de tests en scénario S1.

## Matériel utilisé pour ce test

### *Production de données de références*

- Scanner laser terrestre Leica HDS6100
- Tachéomètre Leica TCRP 1205
- Cibles pour le géoréférencement du scan terrestre de la façade orientale de la chapelle

Zone relevée pour les orthophotos comparatives entre drone et scanner laser

Figure 1. Photo de situation de la zone relevée.

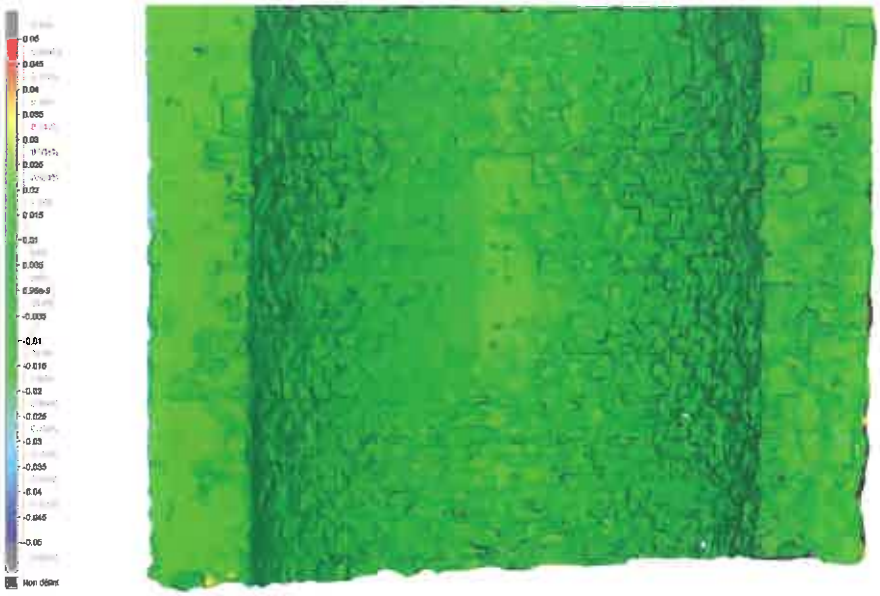


Figure 2. Comparaison entre nuage de points "drone" et nuage de points laser scannés sur la façade

- Cibles pour le calage des images drone *(Ground Control Points)*
- Logiciels de traitements des données (Pix4D, Cyclone, Img Surveyor – logiciel de photogrammétrie développé par TPLM-3D, 3D Reshaper, Covadis, AutoCAD).

## Production de données par drone

- Drone hexacoptère homologué Direction Générale de l'Aviation Civile pour les scénarios S1 (à vue, hors agglomération) et S3 (à vue, en agglomération).
- Fonction data link intégrée permettant des vols automatiques, à vitesse et hauteur d'évolution constante. Cette fonction est obligatoire afin d'assurer le taux de recouvrement nécessaire pour l'auto-corrélation.
- Appareil photo à focale fixe d'une résolution de 18,4 Mp, avec intervallomètre et GPS intégré.

## Procédure de mise en œuvre et méthode d'évaluation des résultats obtenus

**Relevé de façade, géométrie**

Nous avons fait évoluer le drone à une hauteur et une distance constante autour du bâtiment, en privilégiant des points de vue perpendiculaires aux façades, dans le but de générer ensuite l'orthophoto de la façade orientale.

Toujours dans le but "d'étalonner" le nuage de points issu de la photogrammétrie, nous avons également scanné la façade en question avec un scanner laser HDS 6100 et effectué la comparaison entre les deux nuages à l'aide de 3D Reshaper *(figure 2)*.

On notera immédiatement que 94 % des points du nuage de points "drone" sont dans la fourchette des [-15 mm / + 15 mm] par rapport au nuage de point "scanner laser" (maillé). Cette précision nous semble suffisante pour la grande majorité des orthophotos.

Pour des surfaces avec décrochés ou ornements, la définition du maillage doit être extrêmement fidèle afin d'obtenir une projection mathématique exacte des images orientées sur le modèle. Dans ce cas, la précision du nuage de points acquis par drone peut se révéler insuffisante, étant donné la nature aérienne de l'acquisition, mais aussi la finesse de l'auto-corrélation.

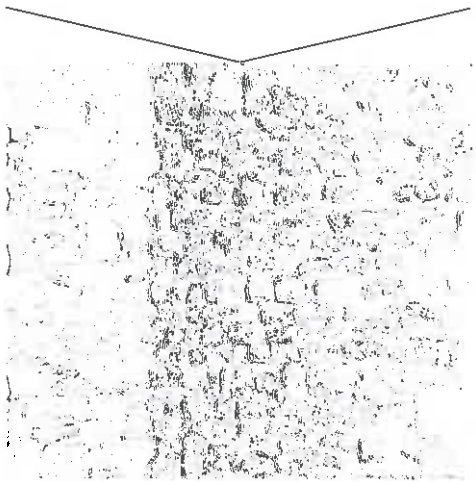
Le bruit du nuage de points n'a pas été étudié pour le moment.

**Relevé de façade, orthophoto**

Les photos utilisées pour la génération de l'orthophoto sont celles du

Orthophoto : modèle drone + photos drone

Orthophoto : modèle scanner laser + photos



Comparaison, écarts de pixels

Figure 3.
Echelle de l'orthophoto : 1 pixel = 5 mm soit une surface d'environ 3,50 x 2,80 m

drone uniquement, le seul paramètre que nous avons fait varier pour la comparaison est le maillage triangulaire 3D nécessaire au redressement orthophotographique.

Les orthophotos de façade sont générées sous IMG Surveyor, logiciel de photogrammétrie propriétaire TPLM-3D, dédié notamment à leurs productions.

Les données d'entrée permettant la génération des orthophotos ont été ici :

- les modèles 3D maillés (drone ou scanner laser),
- les photos prises par le drone,

La comparaison a été opérée sur des "orthophotos élémentaires" (c'est-à-dire avant mosaïquage) afin de bien cerner les éventuels écarts qui pourraient être induits par la mise en œuvre de l'une ou l'autre géométrie. La *figure 3* montre le résultat d'une "soustraction pixel à pixel" de 2 orthophotos élémentaires, mettant en lumière les zones de légers décalages de géométrie sur le résultat final (orthophoto).

L'on notera notamment que les écarts sont minimes (de l'ordre d'un pixel - 5 mm sur cette orthophoto), mais nombreux, notamment au niveau des pierres de tailles du chœur qui sont plus affleurantes. La maçonnerie sans pierres affleurantes (côté gauche du mur) fait apparaître des écarts du même ordre mais beaucoup plus rares : la finesse du nuage de points issu du drone n'arrive pas à celle du scanner laser, le nuage est plus lisse, prend moins en compte les rugosités de la façade. Pour les besoins d'une orthophoto de façade, cela reste néanmoins très acceptable pour beaucoup d'applications.

Certaines parties de la chapelle (notamment la toiture au-dessus du chœur) ne peuvent être photographiées depuis le sol (emploi d'un mât nécessaire), et surtout, ne peuvent être relevées facilement depuis le sol au scanner laser (zone très rasante). La couverture photo faite par le drone permet de pallier ce problème de manière très efficace, et d'avoir, au final, une orthophoto complète.

**Relevé de terrain :**
Après avoir disposé 4 GCP[1] au sol (sur le pourtour de la zone, et au centre), nous avons effectué plusieurs vols automatiques avec le drone, à des vitesses et des intervalles de trajectoires devant permettre un recouvrement de 60 %.

Nous avons également relevé un semis de points dans la zone herborée du terrain, avec la station totale, dans le but d'avoir la surface réelle du sol (hauteur d'herbe entre 5 et 10 cm).

1 GCP : Ground Control Point ou point d'appui

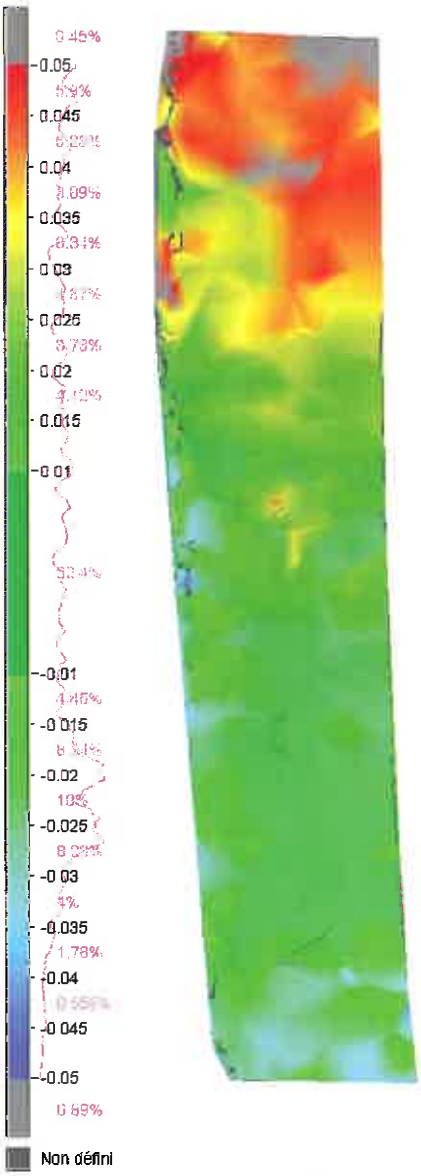



**Figure 4. Enrobé : Comparaison entre nuage de points "drone" et nuage de points scanner laser**
**94 % des points se trouvent dans une fourchette de -15 mm ; + 15 mm**

Parallèlement, la route a été relevée par ses points caractéristiques (axe + bords) avec la station totale, et une portion scannée au HDS 6100.

La comparaison a à nouveau été réalisée sous 3D Reshaper, en projetant le nuage "drone" sur un maillage issu de données scanner laser ou tachéométrique *(figure 4)*.

La précision d'un nuage de points sur une route peut, dans notre exemple, n'être pas suffisante pour du dessin de plan topographique (calculs de pentes, de dévers, etc.)

Cependant, ce nuage de points est largement adapté pour la création d'orthophotos (impact quasi nul avec des images nadirales).

L'enrobé ne présentant pas de "points d'accroche" au niveau des pixels, PIX 4D crée un nuage de points qui peut parfois dériver de la surface réelle, l'exemple ci-dessus montre en effet un bruit de mesure plus important sur ce type de surface.

Le terrain naturel en herbe présente également quelques écarts, mais plus systématiques : la hauteur de l'herbe a été mesurée à 5-10 cm sur le terrain, ce qui correspond, dans les grandes lignes, à la répartition statistique du nuage de points "drone" par rapport à la surface de référence (sol en dur, relevé par tachéométrie) *(figure 5)*.

## *Limitations à l'usage du drone :*

- l'autonomie du drone de 13 min, et la législation en vigueur, limite la surface à survoler depuis un même point de décollage / atterrissage. Le gain de temps est réel, mais n'est pas encore optimisé. Pour certaines zones non peuplées de grandes dimensions, le drone à voilure fixe peut être une solution intéressante, mais sa mise en œuvre (atterrissage, décollage et législation) peut s'avérer plus délicate ;
- accroître la prise de données liées à une photo (angles de visée, hauteur, cap...) permettra de réduire le temps de traitement aval ;
- la météorologie, principalement la vitesse du vent et les précipitations, peut nécessiter le report de missions,

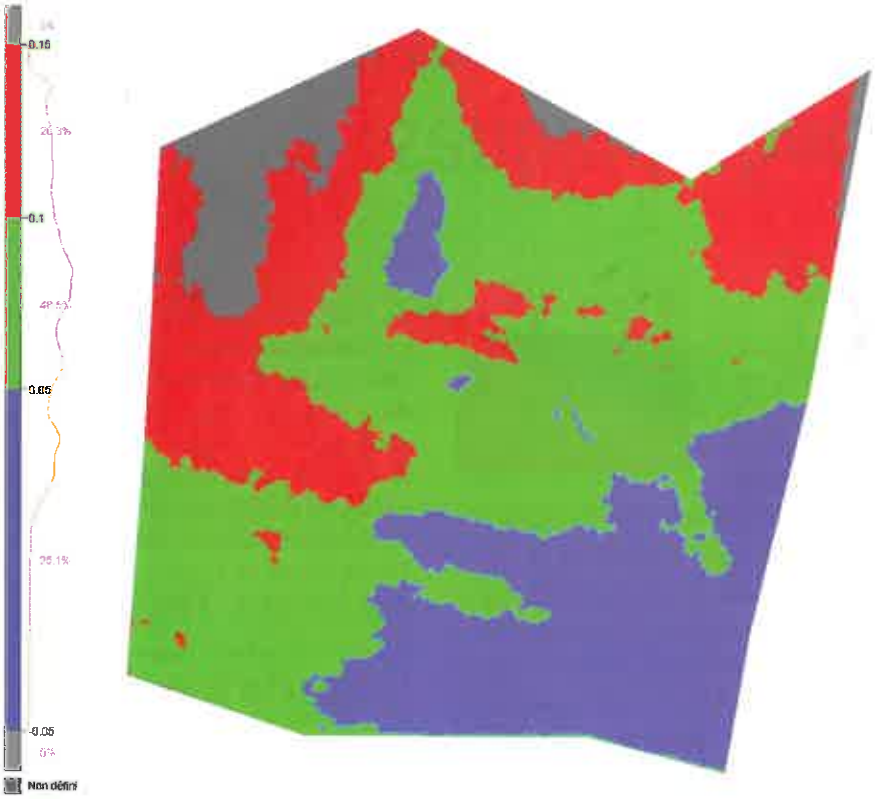



**Figure 5.** Terrain naturel en herbe : comparaison entre nuage de points "drone" et relevé de terrain naturel à la station totale

et par voie de conséquence des modifications de plannings.

- l'utilisation de drones nécessite des compétences et habilitations spécifiques, ainsi que des investissements coûteux, justifiant de faire appel à des entreprises spécialisées.

## Conclusions

- La génération d'une orthophoto de terrain est chose aisée, avec une précision de l'ordre de 5 cm (dépendant bien sûr du capteur utilisé et de la hauteur de vol).
- Lorsque les surfaces photographiées contiennent de nombreux "points d'accroche" et ont une bonne dynamique, le nuage de points généré est précis et proche du relevé scanner laser (exemple façade).
- Par contre, et de manière logique, lorsque les surfaces photographiées sont plus uniformes, sans "points d'accroche", le nuage de points généré perd en précision et peut présenter des phénomènes de "creux et bosses" (exemple enrobé).
- La végétation reste un problème, notamment dans les prises de vues nadirales.
- Les conditions d'ensoleillement sont un point important à prendre en compte : les ombres portées seront notamment un frein à la production d'une orthophoto homogène, en présence d'arbres, bâtiments.

Les tests effectués ont démontré l'intérêt du drone pour nos applications topographiques et nous ont permis de réaliser deux premières prestations cet automne. Sa rapidité de mise en œuvre, sa précision d'évolution, sa capacité à atteindre des points de vue englobant, idéaux pour un relevé de géomètre, à s'élever à des hauteurs difficilement atteignables sans moyens lourds et coûteux, et enfin, son usage possible, bien que fortement réglementé, en agglomération, sont des atouts indéniables pour les géomètres. Même si nous ne sommes qu'au début du développement de cette nouvelle technologie pour notre métier, il est évident que le drone étoffe la palette d'outils à disposition des topographes. Suite aux résultats concluants de ces essais, TPLM-3D et Drone Expertise ont été sélectionnés pour une mission de relevé d'un site industriel en déconstruction. ●

## Références

**Frédéric Taurelle** - Mémoire de fin projet de fin d'Etudes, INSA Strasbourg 2014 *"Acquisition automatisée de textures réelles et réalité augmentée"*

**H. Bendeaa, F. Chiabrandoa , F. Giulio Tonolob, D. Marenchinoa** XXI International CIPA Symposium, 01-06 October 2007, Athens, Greece *"mapping of archaeological areas using a low-cost uav, the augusta bagiennorum test site"*

**Anette Eltner** DGPF Tagungsband 22 2013 - Dreiländertagung DGPF, OVG, SGPF *"Konzeption einer Methode zur quantitativen Erfassung von Bodenerosion durch integrierte Aufnahme mit einer Mikrodrohne und einem terrestrischen Laserscanner"*

## Contacts

**Guy HOUIN** Drone Expertise
guy.houin@droneexpertise.com

**Stéphane HOPP** TPLM-3D
stephane.hopp@tplm-3d.fr

**David DESBUISSON** TPLM-3D
david.desbuisson@tplm-3d.fr

## ABSTRACT

*The UAV technology has been strongly developing since 2012. More than simple pictures and videos, these tools can take high resolution cameras on board, able to produce photogrammetric quality images. Coupled with softwares that extract geometry (point clouds computed by automatic correlation, orthophotos...), these new technologies - still changing - open new perspectives to the land surveying sector.*
*Thus this article's goal is to compare the accuracy of a point cloud derived from auto-correlation with a point cloud of terrestrial (fix) laser scanner. This test has also allowed to validate the generation of ground orthophotos with lower budget, and to tackle the technical specifications for a survey achieved by UAV: vegetation cover, weather and sunlight conditions.*