

Les drones révolutionnent l'administration foncière

Une cartographie sur mesure

■ Kathrine KELM - Traduction Bernard FLACELIÈRE - Anne GIRARDIN

Cet article a été initialement publié en anglais dans le numéro d'octobre 2014 du magazine GIM INTERNATIONAL et est publié ici avec son autorisation. Sa traduction en français a été réalisée par XYZ, qui est responsable de l'exactitude de cette version.

*En 2014, une publication conjointe de la Banque mondiale et de la Fédération internationale des géomètres (FIG) intitulée **Fit-for-Purpose Land Administration** (une administration foncière sur mesure) a noté que 75 % de la population mondiale n'a pas accès à des systèmes formels d'enregistrement et de protection de leurs droits fonciers ; par conséquent, il est urgent de construire des systèmes accessibles et durables pour identifier la façon dont la terre est occupée et utilisée. L'émergence des technologies UAS (Unmanned Aerial Systems) ou drones, systèmes petits et abordables ainsi que les progrès récents dans les techniques de cartographie hautement automatisées offrent un nouvel outil et une méthodologie pour produire plus rapidement des données spatiales à moindre coût dont peuvent bénéficier les organismes de gestion foncière et donc aider à garantir les droits de propriété pour des millions de personnes à travers le monde.*

Une équipe de la Banque mondiale a testé l'utilisation des UAS comme un moyen d'accélérer la production de données spatiales adaptées, ce qui permet ainsi aux gouvernements locaux et nationaux et au secteur privé d'utiliser les données précises et à jour à des fins multiples. Les tests ont été menés en Albanie, pays choisi en raison du besoin urgent de nouveaux plans cadastraux améliorés.

Les tests des solutions à faible coût

Dans le but de tester des solutions à faible coût, l'équipe a utilisé dans la plus grande mesure possible des composants disponibles sur étagère et des logiciels libres. Les principaux tests suivants ont été effectués avec succès :

- Applications de cartographie des régions rurales : une zone rurale a été choisie pour tester si les drones (UAS)

MOTS-CLÉS

Administration foncière, cadastre, drones, UAS, World Bank, FIG

pourraient être utilisés pour fournir rapidement et de manière fiable des orthophotos haute résolution pour l'administration des indemnités

liées aux expropriations pour des projets d'infrastructure. L'exercice a également été utilisé pour tester la technologie de relevés cadastraux avec une forte composante de l'engagement citoyen. Le produit résultant, une orthophotographie d'une précision de 2 cm, a fourni une base absolue contre laquelle la précision et de la pertinence de l'information spatiale existante pouvaient être vérifiées.

- Applications de cartographie urbaine (voir Figure 1) : une zone urbaine a été choisie pour tester si les drones pourraient être utilisés pour fournir des cartes détaillées des zones urbaines densément développées avec des bâtiments à plusieurs étages. La modélisation 3D utilisant la photographie verticale a également été testée.



Figure 1. Drone au-dessus d'une zone urbaine.



- Applications périurbaines : un développement périurbain a été choisi pour tester si les drones pourraient être utilisés dans un contexte urgent de production dans les zones urbaines et périurbaines, et pour des initiatives de légalisation et de régularisation. La photographie oblique a également été ajoutée pour améliorer la modélisation 3D.

Une administration foncière taillée sur mesure

La publication conjointe de la Banque mondiale et de la FIG a défini l'approche "sur mesure", comme celle qui se concentre sur les besoins des citoyens plutôt que sur la technologie haut de gamme. Cette approche doit être souple, accessible, fiable, intégrable dans d'autres techniques, bon marché, évolutive et permettre la participation des parties prenantes. Les tests en Albanie ont démontré que la technologie UAS est en effet adaptée et taillée sur mesure car elle comprend des éléments de l'approche définis ci-dessous.

La souplesse

Étant donné leurs petites dimensions, leur faible poids au décollage, le logiciel libre de planification de vol, leur faible coût d'acquisition et la possibilité de réparer sur le terrain, les UAS sont souples aussi bien en termes de facilité de mobilisation que de but de travail spécifique. La capacité de décollage et d'atterrissage vertical



Figure 2. Délimitation basée sur des orthophotos.

(vertical take-off and landing VTOL) de la plate-forme spécifique choisie pour le contexte Albanais a permis des missions dans les zones rurales ainsi que dans les environnements urbains encombrés. Par rapport aux méthodes de photographie aérienne classique, la technologie des UAS est plus adaptée aux conditions météorologiques, y compris la couverture nuageuse sombre et des vents allant jusqu'à 8 m/s.

L'intégration

L'équipe a constaté que l'équipement utilisé peut être employé sur tous les types de terrain et dans tous les environnements, que ce soit en plaine ou en montagne, en milieux ruraux ou urbains. Ainsi, si les tâches de cartographie sont intégrées à d'autres tâches connexes, cette technologie peut permettre la photographie systématique et la cartographie de tous les territoires d'un pays.

Composants	Prix d'achat approximatif	
Petit UAS capacité VTOL	USD 3,000	EUR 2500
Appareil photo	USD 450	EUR 400
Ordinateur portable	USD 2,000	EUR 1600
Logiciel de structure à partir du mouvement	USD 3,500	EUR 2800
Logiciel de visualisation virtuelle 3D	USD 2,500	EUR 2100
Total	USD 11,450	EUR 9400

Tableau 1. Coût approximatif d'une unité de cartographie par UAS.

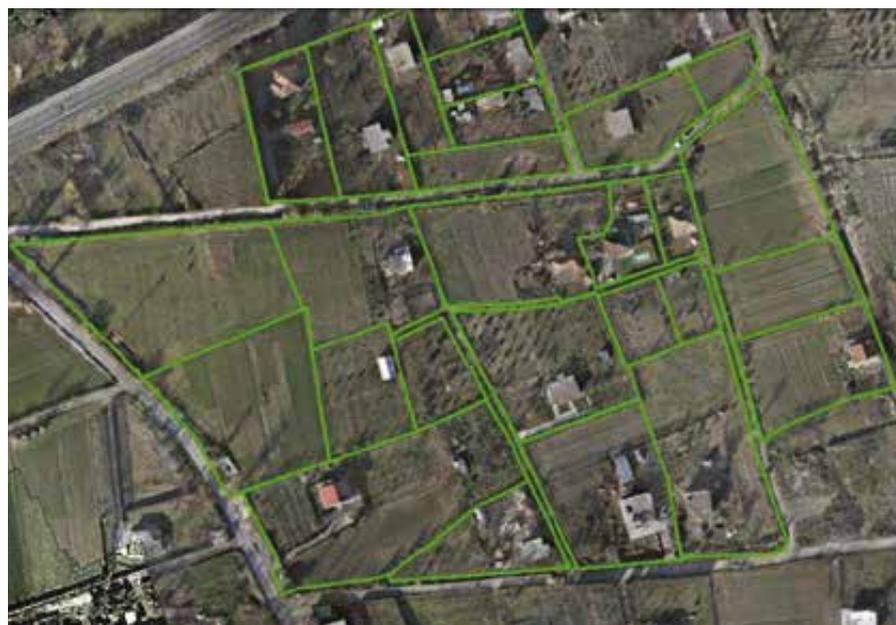


Figure 3. Orthophotos avec des arbitrages de parcelles et leurs limites.

La participation

La technologie UAS bénéficie de la participation et de l'engagement local. Pendant les essais, l'équipe a acquis des images en présence des habitants puis revint quelques jours plus tard pour vérifier si les propriétaires seraient en mesure de délimiter les limites de leur propriété par l'interprétation des orthophotos (voir Figure 2). Cette approche de la collecte et de la production de données géospatiales favorise et facilite la participation des citoyens dans les activités cadastrales, la planification et l'administration foncière.

Les prix accessibles

Les éléments qui composent une petite unité de cartographie simple mais efficace peuvent être achetés pour un montant équivalent au prix d'une classique unité mobile de positionnement GNSS (voir le tableau 1). Le coût abordable et la facilité relative d'utilisation rendent cette technologie





Figure 4. Drone depuis un toit d'immeuble.

▶ accessible aux petites entreprises, ce qui implique que la tâche de cartographie autrefois exclusive et hautement centralisée peut maintenant être déléguée par les agences nationales de cartographie aux entreprises locales de cartographie capables de répondre rapidement aux besoins locaux en matière de cartographie. Par conséquent, les gouvernements peuvent planifier et budgétiser des services locaux plutôt que des projets ponctuels de plusieurs millions de dollars nécessitant des procédures de passation des marchés complexes et chronophages.

La fiabilité

L'équipe a constaté que l'unité utilisée pendant le travail était fiable et opérationnelle à 100 %. Le produit de base d'une opération d'acquisition d'images par UAS se compose d'images aériennes en haute résolution (échantillonnage au sol entre 1 et 5 cm) qui peuvent éventuellement être géoréférencées grâce à l'utilisation d'un récepteur GNSS embarqué ou par l'intermédiaire de la production de points de contrôle par la méthode de *Structure-from-Motion* (SfM) ou la structure à partir

du mouvement¹. Les informations contextuelles contenues dans une image numérique non traitée est un enregistrement objectif d'une situation donnée et est, par conséquent, pas aussi dépendante de l'interprétation subjective des notes recueillies sur le terrain par des observateurs tels que les géomètres-topographes. À cet égard, la photographie aérienne à haute résolution dérivée des drones fournit des informations extrêmement fiables qui peuvent être interprétées par tous les professionnels de l'administration foncière. En outre, depuis que les drones peuvent être rapidement déployés, l'information spatiale peut être mise à jour à une fréquence beaucoup plus élevée et un coût moindre que lors des pratiques conventionnelles de la plupart des scénarios actuels de développements de vastes zones. Par conséquent, la photographie et la cartographie aérienne par les UAS peuvent jouer un rôle déterminant dans la vérification et l'amélioration d'ensembles de

¹ NDLR *Structure-from-Motion* (SfM) : Une structure est reconstituée à partir du mouvement lors des prises de vues, au lieu d'une seule paire stéréo, la technique SfM nécessite plusieurs images qui se chevauchent autour de l'objet, en entrée dans les algorithmes d'extraction et de reconstruction en 3-D.

données géospatiales existantes bien gérées et ciblées.

La remise à niveau des travaux

Le rapport coût-efficacité de cette technologie est encore renforcé par la capacité d'enregistrer tout de suite et de produire la carte plus tard, si nécessaire. Par exemple, des résultats d'arbitrage de limites de propriétés peuvent être enregistrés au moyen d'annotation appropriée directement sur des photos ou des mosaïques plutôt que sur des orthophotos finies (voir Figure 3). La décision de savoir si la géométrie précise est nécessaire peut être laissée pour plus tard. Cependant, il est important que tous les plans de vol prévoient un recouvrement suffisant pour faciliter la production de cartes à une date qui pourra être très ultérieure à la date de la photographie ou de l'arbitrage.

L'avenir des UAS dans l'administration foncière

Les tests en Albanie montrent que la technologie des UAS est un nouvel outil prometteur pour l'amélioration de la conception et la mise en œuvre de projets de capture de données géographiques dans un court laps de temps et à un faible coût (voir Figure 4). Grâce à ses caractéristiques de rapidité et de facilité de déploiement, la technologie des drones est très appropriée pour l'acquisition d'images aériennes numériques haute résolution avec un court délai et sur de petites surfaces. La technologie est hautement automatisée et une navigation précise réduit rapidement les obstacles dans les tâches initiales de la cartographie.

Les données peuvent être utilisées dans de nombreux domaines et applications, les gouvernements, le secteur privé et les partenaires internationaux de développement tels que la Banque mondiale peuvent bénéficier de ces avancées. Cependant, comme avec toute nouvelle technologie, les risques potentiels doivent être considérés et gérés avec soin, d'autant plus que les aspects juridiques et réglementaires



sont à la traîne. Par exemple, la protection et la confidentialité des données, juxtaposées à la tendance plus large d'accès du public aux informations et aux données libres, sont des points de débats juridiques quant à l'utilisation des UAS dans de nombreux pays.

La conclusion

D'autres utilisations de la technologie des drones dans le contexte de projet de développement bénéficieraient de directives opérationnelles générales. Le cadre juridique et réglementaire pour les opérations avec les UAS est en pleine évolution, et depuis que les UAS peuvent être achetés ou assemblés à faible coût, la Banque mondiale et d'autres partenaires de développement devraient avoir des normes minimales concernant la sécurité et les opérations prenant en compte des considérations sociales du contexte du pays. Ces normes ne doivent en aucun cas être lourdes pour les opérateurs, restreindre les fournisseurs ou favoriser un système plutôt qu'un autre. Au contraire, l'établissement de normes minimales relatives à l'équipement et à la sécurité de fonctionnement, aux procédures de mobilisation sur le terrain, à la protection de la vie privée et à celle des données, et au respect des sensibilités locales, permettra de réduire les risques d'accidents et la responsabilité associée ainsi que la possibilité d'un avatar de relations publiques. La technologie UAS a le potentiel de devenir un outil important

et taillé sur mesure de l'administration foncière et d'augmenter, dans le monde, le nombre de personnes ayant accès à des droits de propriété plus sûrs et inclusifs. ●

Bibliographie

Enemark, Stig; Bell, Keith; Lemmen, Christiaan and McLaren, Robin (2014) *'Fit-For-Purpose Land Administration'*, Joint FIG/World Bank Publication, FIG Publication No 60, <http://www.fig.net/pub/figpub/pub60/figpub60.htm>

Barnes, Grenville; Volkmann, Walter; Kelm, Kathrine and Sherko, Romeo (2014) *'Drones for peace: fast and inexpensive spatial data capture for multi-purpose use - part I of II'*; World Bank Annual Land and Poverty Conference in 2014, <https://www.conftool.com/landandpoverty2014/sessions.php>

Kelm, Kathrine; Tonchovska, Rumyana and Volkmann, Walter *'Drones for peace: fast and inexpensive spatial data capture for multi-purpose use - part II of II'*; World Bank Annual Land and Poverty Conference in 2014, <https://www.conftool.com/landandpoverty2014/sessions.php>

L'auteur

Kathrine Kelm est spécialiste senior en administration foncière à la Banque mondiale. En 2013, elle a reçu une subvention en innovation de la part de la Banque mondiale pour tester des drones pour le projet de développement international, de conception, de mise en œuvre et de suivi.

Contacts

Kathrine KELM, Spécialiste senior en administration foncière à la Banque mondiale. kkelm@worldbank.org

Traduction :

Bernard FLACELIÈRE, Association française de topographie

Anne GIRARDIN, Consultante en administration et information foncière.

NDLR : Comment traduire *"Fit-for-Purpose"* de l'anglais ? Par "adapté à l'objectif" ou "adapté à l'usage" ou bien "adapté au besoin", la commission 7 de la FIG (cadastre et gestion foncière) a tranché pour "sur mesure".

ABSTRACT

In 2014, a joint publication by the World Bank and the International Federation of Surveyors (FIG) entitled "Fit-for-Purpose Land Administration" noted that 75 percent of the world's population do not have access to formal systems to register and safeguard their land rights and, therefore, there is an urgent need to build affordable and sustainable systems to identify the way land is occupied and used. The emergence of small, affordable unmanned aerial system (UAS) technology and recent advances in highly automated mapping techniques offer a new tool and methodology for producing faster and cheaper spatial data that can benefit land administration agencies and help to secure property rights for millions around the world.

COMITÉ DE LECTURE D'XYZ

BAILLY André, ingénieur, Paris

BOTTON Serge, ingénieur, ENSG Marne-la-Vallée

CHRISMAN Nicholas, professeur, RMIT (Australie)

DUQUENNE Françoise, ingénieur général des Ponts honoraire, Saint-Mandé

DURAND Stéphane, maître de conférences, ESGT Le Mans

FLACELIÈRE Bernard, ingénieur topographe, Pau

GRUSSENMEYER Pierre, professeur des universités, INSA Strasbourg

HULLO Jean-François, Dr.-Ing., ingénieur de recherche, EDF R&D, Clamart

KASSER Michel, professeur, HEIG-VD (Suisse)

KOEHL Mathieu, maître de conférences, INSA Strasbourg

LANDES Tania, maître de conférences, INSA Strasbourg

MAILLARD Jean-Pierre, géomètre-expert foncier, Marne-la-Vallée

MAINAUD DURAND Hélène, ingénieur topographe, CERN Genève

MISSIAEN Dominique, ingénieur topographe, CERN Genève

MOREL Laurent, maître de conférences, ESGT Le Mans

NATCHITZ Emmanuel, ingénieur, EIVP Paris

PANTAZIS N. Dimos, professeur, TEI Athènes

POLIDORI Laurent, professeur, ESGT Le Mans

REIS Olivier, ingénieur, traducteur Sarreguemines

ROCHE Stéphane, professeur, Université Laval (Québec)

TROUILLET Michel, ingénieur topographe, Lyon

VINCENT Robert, ingénieur, Paris