

Acquisition par drone pour les relevés topographiques

■ Marie GROB – Farouk KADDED

Depuis quelques années, le drone civil fait le “buzz”, principalement grâce à des coups médiatiques et publicitaires mais plus rarement pour son utilité pour des travaux réels. Cependant, il est nécessaire de distinguer les activités de loisir opérées dans le monde de l’aéromodélisme aux activités professionnelles, spécifiées par la DGAC, où le drone est devenu un réel outil de travail. Lors de cette étude, nous nous attacherons à nous focaliser sur les utilisations professionnelles du drone dans le monde de la mesure, au même titre qu’une station totale ou un GPS pour la topographie. Depuis 3 à 5 ans, le drone a pu faire ses premières avancées dans le domaine de l’audiovisuel, une activité qui représente 95 % des opérateurs de drone en France. C’est seulement depuis 2 ans que le drone commence réellement à être utilisé dans le secteur de “la mesure”. Le drone civil utilisé pour la mesure devient facile à utiliser grâce aux nouveaux drones et logiciels de photogrammétrie qui favorisent son essor professionnel. L’instrument est fiable et le traitement des photos ne nécessite pas de moyens techniques considérables comme des fermes de serveurs, ni de compétences pointues en photogrammétrie. En offrant de nouvelles méthodes de travail permettant d’aller là où l’opérateur ne peut pas, en démultipliant de nouvelles applications (inspection, plan topographique, relevé de terrains naturels...), en sécurisant les levés présumés dangereux, de façon plus rapide et exhaustive, le drone n’est-il pas en train de révolutionner nos méthodes de travail ainsi que nos métiers ? Comment s’applique cette nouvelle technologie dans le cadre de relevés topographiques ? Afin d’illustrer les enjeux topographiques, nous verrons les protocoles d’utilisations du drone Aibot X6 ainsi que différents rendus possibles et nous terminerons sur un cas d’application topographique avec le relevé d’une rivière.

MOTS-CLÉS

Drone, modélisation orthophoto, plan de vol, photogrammétrie, nuage de points

un savoir-faire pratique sur le terrain et propose différents logiciels à évaluer. Le prêt de la solution a permis l’élaboration d’une étude sur la mise en place de protocoles d’acquisition et le test des logiciels de traitement, réalisée par Marie Grob dans le cadre de la préparation de son Travail de Fin d’Etudes à l’Ecole Supérieure des Géomètres Topographes et au sein de son stage dans l’entreprise GEOMAT.

Le drone et la législation

La législation française est très stricte et complexe en ce qui concerne l’utilisation de l’espace aérien. Il est donc primordial de s’intéresser d’un peu plus près aux lois en application sur le territoire avant de faire voler un drone et d’en diffuser les informations.

La réglementation de l’utilisation des drones repose sur deux arrêtés principaux du 11 avril 2012 relatifs à l’utilisation de l’espace aérien, à la conception des drones et à leur emploi. Les drones ou UAV (Unmanned Aerial Vehicles), sont classés en catégories selon leur masse au décollage. Quatre scénarios de vol ont aussi été établis afin d’indiquer à chaque opérateur les conditions de vol à respecter. Chaque catégorie de drone ne peut effectuer tous les types de scénarios. Le drone Aibot X6 est de catégorie E et est déclaré à la Direction Générale de l’Aviation Civile (DGAC) pour suivre le scénario de vol S2. En visualisant le tableau ci-dessous, on comprend donc qu’un pilote de l’Aibot X6 en scénario S2, pourra tendre jusqu’à une distance maximale de 1000 mètres par rapport au drone.

Aussi, chaque télé-pilote doit se prémunir de son brevet d’ULM ainsi que d’une formation pratique sur drone (déclaration de niveau de compétence), puis la rédaction d’un document administratif

Le drone, initialement réservé aux militaires, est bel et bien entré dans le domaine civil, et ce, à toutes les échelles. S’il reste un jouet pour certains qui n’en connaissent pas très bien les règles et se heurtent aux autorités lors de la diffusion des images (Nans Thomas à Nancy en février 2014), le drone trouve aujourd’hui sa place dans des utilisations professionnelles toujours plus variées. Le milieu de la topographie et de la surveillance d’ouvrages commence à adopter cet outil. Plusieurs études ont déjà prouvé l’utilité des drones, notamment pour lever des endroits difficiles d’accès voire dangereux. Afin d’analyser la place de cette technique de relevé, une étude des

différentes phases d’acquisition et de traitement des données a été menée dans le but de mettre en place un protocole d’acquisition fiable.

Contexte

Afin d’apporter de nouvelles connaissances sur l’utilisation du drone dans le cadre d’études topographiques, un partenariat avec Leica Geosystems et la société GEOMAT située à Fougères en Bretagne a été mis en place. Le partenariat consistait pour Leica Geosystems à fournir un aéronef Aibot X6, conçu par la société Aibotix et commercialisé par la société Leica Geosystems en France. Leica geosystems apporte



scénario	vue direct	zone peuplée	distance max. du pilote	hauteur de vol
S1	oui	non	100 m	150 m
S2	non	non	1 000 m	50 m du sol et des obstacles artificiels
S3 agglomération ou rassemblement	oui	oui	100 m	150 m
S4	non	non	illimitée	150 m

Figure 1. Caractéristiques des scénarios de vol

(MAP : manuel d'activité particulière) et enfin la validation du MAP par la DGAC.

Test de relevé topographique avec drone (Modèle utilisé Aibot X6)

■ Sélection du drone

Les drones motorisés sont répartis dans deux catégories principales : les voilures fixes, appelées également "ailes" et les "multicoptères". Les différences sont de celles qu'il y a entre un avion et un hélicoptère. L'avion vole plus longtemps et couvre de plus grandes distances ou surfaces de vol, alors que le multicoptère est plus polyvalent et permet le vol stationnaire, ce qui ne nécessite pas de grandes surfaces de décollage ou d'atterrissage. Le modèle de drone sélectionné et testé, l'Aibot X6, est un hexarotor en fibres de carbones dont les hélices sont protégées par un bouclier. La présence de six moteurs indépendants assure la stabilité de l'appareil et permet d'assurer l'atterrissage en cas de défaillance de l'un d'eux. Le multicoptère est extrêmement stable et facile d'utilisation par le grand nombre d'assistants qu'il propose.

Le décollage et l'atterrissage du drone peuvent se faire en mode automatique, pour des vols 100 % autonomes. A l'intérieur du drone se trouvent : un récepteur GPS, un gyroscope, un accéléromètre,

un baromètre, un magnétomètre ainsi qu'un capteur d'ultrasons. Ces éléments envoient des informations au pilote et lui indiquent notamment l'altitude et la vitesse de l'appareil. Le GPS fournit la position du drone à plus d'un mètre et permet juste un repositionnement des clichés, ce qui est largement suffisant pour des applications de lever ou de cartographie.

L'objectif étant, pour des géomètres topographes de profession, d'utiliser le drone facilement et ce, même à une fréquence moyenne, grâce à l'assistance du drone. Il est par exemple possible de lâcher les commandes, le drone se maintient de façon stable, ce qui reste rassurant et sécurisant pour l'utilisateur. Aussi, lors d'une descente en altitude, le drone s'arrête par défaut à 1.50 m de l'obstacle qui est situé en dessous (sol, arbre, haie). Tout est fait pour que le drone soit sécurisant pour l'utilisateur occasionnel.

■ Préparation du vol

Avant d'effectuer le vol, il est possible d'étalonner l'appareil photographique numérique (APN). Cette étape est réalisée en deux phases : la prise de photographies d'un polygone ou d'un mur d'étalonnage, puis la détermination des paramètres en utilisant ces clichés dans un logiciel adéquat. Au cours du TFE, un premier mur d'étalonnage a été installé dans le

cabinet et un second en extérieur qui permettra de tester l'étalonnage directement en vol. De nombreux tests ont été réalisés, en photogrammétrie terrestre principalement, afin de vérifier la stabilité des résultats obtenus par les logiciels et de les comparer aux données d'auto-étalonnage fournis par les logiciels. En effet, PhotoModeler Scanner, PhotoScan et APS proposent systématiquement un calcul des paramètres internes de la caméra lors du traitement d'un jeu de clichés. La phase d'étalonnage n'est donc plus impérative avant le vol. Le vol peut se faire soit de manière totalement manuelle, soit en suivant un plan de vol préalablement défini. L'établissement du plan de vol demande de renseigner la hauteur et la vitesse de vol, la distance entre deux lignes de vol et entre deux clichés, l'inclinaison de la caméra pour s'assurer d'un recouvrement suffisant. Il faut au moins un recouvrement de 60 à 80 % en longitudinal et 60 % en transversal. Le Aibot X6 est stable de par sa conception et sa qualité de fabrication et l'appareil photo l'est encore plus grâce à la nacelle "gyrostabilisée" qui compense les effets du vent relatif, l'ensemble des photos s'alignent correctement dans les logiciels et les déchets sont moindres. Le logiciel estime en fonction du poids de l'appareil photo le temps de vol pour réaliser le plan de vol et la distance à parcourir. Ceci nous permet de savoir si le plan de vol se fera en un ou 2 ou 3 jeux de batteries, sachant que son autonomie est de 15 minutes dans la configuration où nous l'avons utilisé. Le logiciel permet aussi de voir l'emprise de la photo au sol, en fonction de la taille du capteur photo, de la hauteur de vol et de l'orientation du drone. Pour fournir au drone l'emplacement du chantier, le plan de vol est dessiné sur un fond de plan qui peut provenir soit d'une vue aérienne, soit d'un



Figure 2. Drone Aibot X6, de la société Aibotix acquise par le groupe Hexagon (Leica Geosystems) et sa télécommande



Figure 2bis. Vue avec la nacelle supérieure surtout utile pour les inspections

Source : Aiproflight

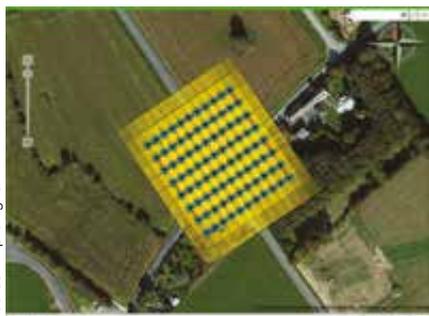


Figure 3. Plan de vol



fond cartographique type Google, Bing, etc. Dans le plan de vol il est possible de faire un stop sur certains "waypoints" pour faire par exemple des vues obliques en même temps, ou encore de faire monter le drone pour avoir des prises de vues à des hauteurs différentes. Il est possible de faire des plans de vol verticaux pour les levés de façade. On utilise ici la souplesse de vol d'un multicoptère.

Une fois le vol effectué, le logiciel Aiproflight permet aussi de vider les points GPS du drone par câble ou par wifi et de les intégrer aux photos. Ainsi chaque photo est correctement placée dans le logiciel de traitement et donc le calcul de l'aérotriangulation est plus rapide.

La dernière phase de préparation du vol consiste en la mise en place de points de contrôle au sol qui permettront le référencement du nuage de points dans le système souhaité. Ces repères doivent être facilement identifiables sur le terrain et judicieusement répartis. Si trois points sont théoriquement suffisants pour déterminer un plan, au minimum cinq points seront utilisés, ce qui permet d'avoir des contrôles.

Station	No.	Nom	Longitude (deg)	Latitude (deg)	Altitude (m)	Elevation (deg)	Orientation (deg)	Diffus (m)	Profil (m)	Heading (deg)	Position (deg)	Heading (deg)	Target
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Figure 4. Téléchargement des données

Source : Aiproflight



Figure 5. Nuage de points dense

Source : APS et 3DReshaper

■ Lever en plan

Les 88 clichés pris au-dessus d'un carrefour ont été traités dans trois des logiciels. Les photographies sont recalées à l'aide de 10 points qui avaient été levés au GPS. Une fois le traitement réalisé et les nuages de points denses créés, il est possible de comparer les nuages entre eux sous le logiciel 3DReshaper. Il ressort de ces comparaisons que les nuages de

points sont cohérents mais affichent cependant des écarts. Quel que soit le logiciel utilisé, les nuages présentent des écarts en Z de moins de 2 centimètres pour environ 75 % des points. Il apparaît également que les zones situées entre les points de contrôle au sol qui ont été utilisés pour le calage du nuage, fournissent moins de décalages. Cela confirme donc l'importance de la répartition des points de contrôle au sol utilisés.



Figure 6. Orthophoto de photoscan



Figure 7. Intégration de l'orthophoto dans Google Earth



Figure 8. Modèle 3D texturé de l'église



Figure 9. Détail de l'église

■ Lever de façade

Les levés de façades sont possibles avec les drones à hélices puisqu'ils peuvent faire du vol stationnaire et prendre des clichés avec un axe optique oblique ou horizontal. Le drone permet de déclencher des photos manuellement depuis la télécommande tout en regardant le retour vidéo sur écran sur trépied. Une autre méthode est possible en configurant le déclenchement automatique de photos sur une fréquence (ex. : toutes les secondes), puis de voler à côté de l'objet. Cette dernière méthode a été utilisée pour le lever d'une église. La protection des hélices du drone rassure énormément le télépilote quand on passe près d'un mur, quand on estime difficilement la distance ou qu'une rafale de vent pousse le drone.

■ Modèle 3D

L'alliance de clichés en vue nadirale et de clichés en vue oblique dans le but de réaliser des modèles 3D a été testée dans ce TFE. Il s'agit de traiter simultanément les résultats d'un vol en plan classique et de vues obliques réalisées autour d'un édifice pour avoir une représentation complète du modèle. Le lever a eu lieu sur une église, le bâtiment est ouvragé, un lever classique avec un tachéomètre est impossible pour un rendu complet de tous les détails et l'utilisation d'un scanner laser 3D laisserait des zones vides dans le nuage de points (toitures...). Les traitements ont eu lieu sous les logiciels PhotoModeler Scanner et PhotoScan. La précision relative du modèle est estimée à 2 centimètres, après avoir contrôlé des distances sur toutes les faces de l'église. La création de modèles 3D fournit un produit esthétique et

complet. Le drone prouve alors son efficacité dans ce type de travaux qui ne peuvent être effectués aussi complètement d'une autre manière.

Cas d'Application – Le relevé topographique d'une rivière par multicoptère

Afin de mieux appréhender les multiples applications du drone dans le domaine de la topographie, voyons la réalisation d'une étude topographique réalisée en Allemagne avec la solution du drone Aibot X6.

Gravement affectée par un accident chimique en mars 2012, la partie inférieure de la Haute Alz, une rivière bavaroise (Allemagne), sera bientôt entièrement revitalisée et régénérée. Le projet inclut notamment la démolition de plusieurs parties de la berge transformée, afin que la rivière puisse reprendre son cours naturel et retrouver sa structure initiale.

Pour évaluer la réussite de cette mesure dans un ou deux ans, le Service des eaux compétent a besoin d'un modèle de terrain représentant exactement le tronçon de la rivière affecté. Le bureau d'études Ing engineers a donc été chargé des levés pour la génération des données. Ils ont utilisé le multicoptère Aibot X6, produit par l'entreprise allemande Aibotix. "Pour nous, c'est la meilleure solution, et aussi la plus rapide," a déclaré Markus Prechtel, employé chez Ing engineers. Il explique : "Un levé par GPS n'aurait pas fonctionné car la réception satellite aurait été entravée par la forêt environnante. Nous aurions dû utiliser un tachéomètre qui nous aurait donné uniquement des coupes individuelles,

et il nous aurait fallu au moins trois à quatre jours pour terminer ce levé. A l'inverse, avec le Aibot X6, nous avons pu capturer le site entièrement et en un temps très court."

Avec l'hexacoptère, le tronçon de 3,6 km complet a été parcouru deux fois : une fois avec une caméra vidéo et une fois avec un appareil photo numérique. "Avec la vidéo, nous avons obtenu une documentation complète de l'état réel au moment du levé aérien," poursuit Prechtel. "Dans deux à trois ans, nous pourrions facilement la comparer aux nouveaux enregistrements." Nous avons traité les images géoréférencées prises avec l'appareil photo numérique, pour en faire un modèle détaillé du tronçon de la rivière en 3D. Dans ce modèle, le cours et le sommet de la pente de la rivière sont représentés avec une résolution au sol (GSD) de 2,5 cm. Prechtel explique : "À partir du modèle en 3D, il est possible de tracer en détail les changements de la rivière au fil du temps."

Ici, le drone a permis de diminuer le temps des ingénieurs passé sur le terrain et d'intégrer une acquisition exhaustive du terrain, évitant des retours pendant la période d'observation. Une utilisation au tachéomètre aurait été moins complète et n'aurait pas empêché l'oubli de points pendant le relevé. Lors de la comparaison future (2 à 3 ans), il sera possible d'ajouter de nouvelles informations relevées dans l'étude.

Conclusion et perspectives

L'outil qu'est le drone fournit, en cas de terrains assez dégagés de végétation, des données exhaustives de la zone et



Figure 10. Le relevé de la rivière par drone Aibot X6



Figure 11. Le rendu du nuage de points obtenu avec le drone

▶ les nuages de points denses donnent une quantité d'informations très importante et difficilement égalable avec d'autres méthodes, à moins de scanner la zone avec un scanner laser terrestre statique ou dynamique. Cependant, même si cette méthode de lever est très rapide sur le terrain (rarement plus d'une heure), les traitements, en fonction de la quantité de données à calculer, peuvent être longs mais sans intervention humaine. Il faut avoir un ordinateur puissant où alors utiliser des services de Cloud pour utiliser des serveurs puissants. Il faut également veiller à préparer le lever en vérifiant la topographie du terrain et les hauteurs de vol possible, et en déterminant les points de contrôle au sol qui doivent être les plus facilement détectables possible sur les clichés. De plus, de nombreux travaux actuels visent à améliorer encore les nacelles porteuses de capteurs et les capteurs eux-mêmes dans le but d'améliorer encore la qualité des rendus et surtout de varier les capteurs. Des scanners ainsi que des GPS bi-fréquences, des caméras hyperspectrales, des caméras thermiques, des caméras infrarouges commencent à être embarqués. Les drones sont donc utilisés depuis de nombreuses

Détails techniques

Appareil photo : Nikon Coolpix A
 Résolution du capteur : 16,0 Megapixel
 Altitude de vol : 100 m
 Chevauchement des images : 60 % dans chaque direction (gauche, droite, avant, arrière)
 Résolution au sol : 2,5 cm
 Traitement des données : synchronisation des informations GPS avec les images prises par le gestionnaire d'images aériennes pour un post-traitement rapide (logiciel aiproflight)
 Traitement approfondi avec le logiciel de photogrammétrie Agisoft

Rendus :

Nuage de points de haute densité
 Modèle 3D Orthophoto de haute précision

années en tant que porteurs de caméras, notamment pour l'audiovisuel, mais leurs capacités pour des mesures de précision sont en plein essor et on peut donc laisser penser que ces nouveaux outils trouveront une place grandissante dans l'univers de la mesure. De par son potentiel sans limite, le drone doit être considéré comme un nouvel outil, un vecteur simple et doit être distingué des autres types de drones pour le loisir. Les drones donnent une nouvelle impulsion économique sur différents secteurs en permettant la création d'opportunités et de nouveaux emplois en France. Nous avons aussi la chance d'avoir une réglementation évolutive sur le territoire national qui encadre son utilisation. Cependant, le

drone n'est que l'outil d'acquisition et les compétences pour traiter et convertir la donnée en information sont encore plus riches de valeur ajoutée.

Parmi les 1 000 exploitants de drones recensés, on remarque que très peu de géomètres topographes sont représentés et que certains tentent "l'aventure" sans prédisposition. Pourtant, la profession est, dans le monde de la mesure, la mieux placée pour fournir des données fiables et complètes. Une opportunité que les professionnels de la mesure devraient saisir pour de nouveaux développements de leurs activités. ●

Contact

Marie GROB,
 marie.grob08@gmail.com
 Farouk KADED, Leica Geosystems
 farouk.kaded@leica-geosystems.fr

ABSTRACT

Keywords: UAV's, surveying, modeling, Point of clouds

In recent years, the civil drone is mainly famous through media and advertising operations but rarely for its usefulness for real jobs . However, it is necessary to distinguish between leisure activities operated in the world of model airplanes and professional activities where the drone has become a real tool. In this study, we will focus on the use of the drone in the workplace, along with a total station or GPS Surveying. UAV's allow the operator to go and measure where he cannot accede. With this new technology, professionals can run an infinite number of new applications and new working methods. UAV allow the operator to go and measure where he cannot accede, providing new working methods and new applications (inspection, survey plan...). The drone is it revolutionizing the way we work and our business? However, to apply this new technology in the context of surveying, which guideline surveyors need to follow? How to apply this new technology in the context of surveying? To illustrate the topographical issues, we will see the protocols uses (with Aibot X6 model), different deliverables and a real application survey with the topographic survey of a river.