

Utilisation et intérêts des drones dans un cabinet de géomètres-experts, Archimed-GE

■ Nicolas FEHRENBACH

Ces derniers temps, il n'est pas rare d'entendre parler ou de voir des images de drones. Qu'elles soient belles ou dangereuses, tout le monde en a entendu parler. Et bien évidemment, de plus en plus de monde y voit un moyen de faire du commerce. C'est pourquoi les topographes et les géomètres-experts, veulent s'approprier cette technologie et l'associer à la photogrammétrie. Un Projet de Fin d'Etude au sein du cabinet de géomètres-experts, Archimed-GE, a permis de préparer, d'évaluer et de mettre au point un système de photogrammétrie par drone. L'utilisation d'un drone est un projet qui demande beaucoup de préparation, notamment à cause de la législation française en vigueur et de la multitude de choix possible lors de l'achat du drone. Qu'il soit petit, grand à voilure tournant ou fixe, chaque type de drone ne pourra effectuer que quelques missions bien précises, d'où la nécessité de bien préparer son projet avant de choisir. Cet article va brièvement expliquer les différentes possibilités ainsi que la méthodologie mise au point au sein du cabinet.

■ MOTS-CLÉS

Drone, législation, photogrammétrie, géomètres-experts

Dans notre société où la compétitivité, la rapidité et l'efficacité sont devenues des plus importantes, les drones ont ouvert une brèche dans laquelle bon nombre d'entreprises veulent s'engouffrer. Cette nouvelle technologie, tirée du secteur militaire, est présentée par les médias comme le marché à la mode de ces dernières années. Mais les travaux utilisant les drones ont commencé bien avant leur démocratisation. Au début des années 2000 déjà, les drones sont utilisés comme un nouveau support, un nouvel outil pour réaliser des relevés photogrammétriques, LiDAR ou encore thermiques. Cependant, ces travaux n'étaient encore que des expérimentations, car trop coûteux et pas assez rentables pour un marché très concurrentiel. Puis la technologie s'est popularisée, se rendant accessible économiquement au plus grand nombre.

Voilà pourquoi cette technologie fait tellement débat. N'importe qui peut s'acheter un drone de nos jours, et ceux-ci restent liés, dans l'imaginaire populaire, à leurs fonctions premières :

les armes. Les drones disponibles sur le marché aujourd'hui sont pourtant les descendants directs des petits avions d'aéromodélisme et non des énormes drones de combat utilisés par l'armée. Nous nous en rendons mieux compte lors d'un vol de drone. Le pilotage se fait à partir d'une petite télécommande plus ou moins complexe selon celle utilisée, mais en aucun cas un drone civil ne nécessite plusieurs pilotes ou un ordinateur pour le diriger. Cette utilisation qui peut paraître des plus simples en a donc séduit plus d'un. Après des débuts prometteurs dans le secteur militaire, les drones sont devenus depuis quelques années des outils aux multiples applications pour le secteur civil. Ils sont utilisés dans divers secteurs comme l'archéologie, l'inspection d'ouvrage d'art, le cinéma ou la télévision ou encore la photogrammétrie. En effet, la modélisation 3D par photogrammétrie aérienne est déjà appliquée à l'aide d'avion. Mais ces campagnes de prise de vue sont très coûteuses et ne permettent pas d'avoir des photos proches du sol. C'est pourquoi le cabinet de géomètres-experts

Archimed-GE a décidé d'utiliser le drone appliqué à la topographie.

Cependant, cette nouvelle technologie n'est pas encore complètement adaptée à notre profession et il faut se l'approprier pour obtenir des résultats satisfaisants. Nous pouvons alors nous poser les questions suivantes : Comment mettre en place un système de photogrammétrie par drone au sein d'un cabinet de géomètres-experts et quels sont les intérêts pour un cabinet de posséder un ou plusieurs drones ? Le Projet de Fin d'Etude (PFE) réalisé au sein du cabinet de géomètres-experts Archimed-GE a permis de répondre à ces questions, suite à la mise en place d'un système de photogrammétrie par drone. La mise en place d'un tel système nécessite une préparation importante et minutieuse avant d'obtenir un outil entièrement fonctionnel.

Quel drone choisir ?

A ce jour, les drones disponibles sur le marché sont très variés et le choix peut être difficile pour des novices. En effet, il existe des drones permettant de réaliser des vols sur de très longues distances ou d'autres qui peuvent effectuer des vols stationnaires et se déplacer aisément dans toutes les directions. Ces derniers drones sont des multicoptères. Leur temps de vol est limité, avoisinant les 20 minutes au maximum. Ce sont toutefois les drones les plus polyvalents et ceux-ci permettraient de réaliser un grand nombre de projets divers et variés.

■ Les limites de la législation

Il existe ensuite un autre paramètre très important avant d'acquérir un drone : la législation. On en a beaucoup entendu parler car la France est le premier pays à avoir légiféré le vol de drone, et donc

à avoir ouvert le marché des drones à ses citoyens. Les arrêtés du 11 avril 2012 relatifs à *"la conception des aéronefs civils qui circulent sans aucune personne à bord, aux conditions de leur emploi et sur les capacités requises des personnes qui les utilisent"* et à *"l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord"* sont les deux documents qui régissent les vols de drones en France. Cependant, cette législation est très restrictive, à tel point qu'aucun drone ne pourra réaliser l'ensemble des services que pourraient proposer un géomètre-expert à ses clients. Il faut alors sélectionner les travaux que nous voulons effectuer ou bien acquérir plusieurs drones pour pouvoir réaliser l'ensemble des services d'un cabinet. Par exemple, un drone trop lourd ne pourra pas voler en ville, mais un drone trop léger ne pourra pas voler à plus de 100 mètres du pilote. Des entreprises spécialisées dans la prise de vue par drone disposent souvent d'une flotte d'une dizaine de drones permettant d'effectuer la majorité des travaux possibles.

Il ne faut donc en aucun cas se lancer sur ce marché sans préparer son projet un minimum. Quels types de projets voulez-vous réaliser ? Quel type de drone voulez-vous acquérir ? Et surtout, combien voulez-vous investir dans ce projet ?

■ **Un investissement lourd**

Si les drones sont devenus accessibles au plus grand nombre, une utilisation performante et efficace de votre drone va nécessiter un minimum d'investissement. En effet, le drone seul ne suffira pas à réaliser des projets photogrammétriques. Il faudra aussi prendre en compte l'achat d'un système de pilotage, d'une télécommande, d'une nacelle, de plusieurs batteries et d'un tas d'accessoires plus ou moins indispensables en fonction des projets à réaliser. Tout ces éléments ne concernent que la partie drone, il faudra alors encore prévoir un budget pour l'appareil photo et le logiciel de photogrammétrie si nécessaire. Pour l'ensemble de ces éléments, il existe une diversité de choix assez impressionnante. Et il est bien évident que les variations de prix

sont aussi importantes en fonction de l'achat. En effet, selon que le pilotage du drone sera manuel ou automatique, le prix du système de pilotage peut tripler ou quadrupler. Cependant, un vol automatisé permettra de s'assurer de l'orientation et la bonne répartition des photos sur l'objet à modéliser, ce que ne pourra pas assurer un vol manuel. De plus, les drones sont des objets légers et fragiles. Les accidents dus à de mauvaises manipulations ou à des conditions météorologiques changeantes peuvent être fréquents. Il faudra ainsi prévoir des pièces de rechange dans son budget. On préférera ainsi mettre sur le drone un appareil photo de bonne qualité sans toutefois avoir le meilleur appareil photo du marché sur son drone en cas de problème.

L'investissement financier peut donc rapidement devenir très important, mais il faudra aussi passer beaucoup de temps à préparer les vols ou à obtenir les autorisations de vol de la part de la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC). Aujourd'hui, de nombreux pilotes de drone volent dans l'illégalité du fait de cette législation très restrictive. Cependant, cette législation a été écrite en pensant en priorité à la sécurité de chacun plutôt qu'à la simplicité de se lancer dans un nouveau marché. Il serait donc dommage de ne pas être assuré en cas de problèmes lors d'un vol après les investissements réalisés. Après avoir obtenu les certifications quant à la conformité du drone, le futur pilote de drone doit passer un examen théorique d'ULM. Cette épreuve est la plus simple



Figure 1. Drone DJI S800 en vol

à passer parmi celles proposées par la DGAC pour obtenir les autorisations de vol. Il n'existe malheureusement pas d'épreuve spécifique aux drones pour le moment, mais l'augmentation du nombre d'entreprises spécialisées dans le vol de drone va certainement permettre de changer cela dans les années à venir. Une fois cet examen réussi, il est possible de suivre des formations de pilote de drone, bien que celles-ci ne soient pas obligatoires. Il reste ensuite à rédiger l'ensemble des documents constituant le dossier de demande de vol auprès de la DGAC. Il faut donc obtenir une attestation de dépôt de Manuel d'Activité Particulière (MAP) de la DGAC. Il est interdit de voler sans cette attestation. Le MAP est le document le plus important et le plus complexe du dossier de demande de vol. Il permet à la DGAC de vérifier que l'exploitant du drone a mis en place un ensemble de protocoles, de procédures, de vérifications et de matériels pour respecter la législation dans tous les cas de figure possibles, y compris les situations de vol compliquées.

Le matériel utilisé au sein du cabinet de géomètres-experts

En premier lieu, le cabinet de géomètres-experts Archimed-GE a voulu réaliser un PFE sur les drones pour vérifier que la technologie des drones est bien applicable aux spécificités de la profession de topographe. Ce cabinet a alors fait le choix d'un drone de type multicoptère, lui permettant de réaliser des travaux en dehors des agglomérations. La législation y est bien plus permissive et facile à appliquer et à respecter.

Le drone, un DJI S800 (cf. Figure 1), est un drone fabriqué par DJI Innovation. Il est associé à une nacelle gyroscopisée selon 2 axes et un système de pilote automatique Wookong M aussi fabriqué par DJI Innovation. Son poids au décollage peut varier entre 5 et 7 kilogrammes en fonction des capteurs et des batteries embarqués. Son envergure de 1,18 mètre lui confère une grande stabilité en vol et ses 6 bras détachables permettent de

le transporter aisément. Le fait qu'il ait été conçu parallèlement au système de pilote automatique Wookong M de DJI Innovation permet d'avoir un drone qui réagit parfaitement aux commandes et au pilote. De plus, ses 6 bras lui permettent de voler, même en cas de panne d'une des hélices.

Le système de pilote automatique Wookong M a été conçu pour faciliter l'utilisation du drone pour le pilote grâce à de nombreuses fonctions de sécurité. Ce système est composé, comme la plupart des systèmes de pilote automatique, d'un contrôleur principal, d'une centrale inertielle et d'un GPS. Malheureusement, le GPS n'a qu'une précision comprise entre 1 et 2 mètres et n'est pas utilisable en RTK. De plus, les données de vol ne sont pas enregistrées durant celui-ci. Nous ne pouvons donc pas effectuer de post-traitement. Le logiciel qui est fourni avec ce système permet de paramétrer l'ensemble des commandes et des fonctions du Wookong M. De plus, ce système de pilote automatique n'est pas destiné qu'au drone DJI S800. Il peut être placé à bord d'un autre drone plus petit par exemple, qui nous permettrait de voler en ville.

Le cabinet de géomètres-experts a tiré profit des fonctionnalités du Wookong M au maximum pour faciliter les vols. En effet, le vol de drone n'est pas une chose aisée. Ce système d'aide au pilotage est donc très utile. Il permet de piloter le drone de différentes façons plus ou moins adaptées aux débutants, de limiter les distances horizontales et verticales entre le pilote et le drone en vol, ou encore de faire atterrir le drone automatiquement en cas de problème lors du vol.

La méthodologie de vol

Même si le drone choisi par le cabinet de géomètres-experts ne permet pas d'assurer la totalité des vols possibles prévus par la loi, la préparation de tous ces vols a quand même été effectuée. Nous n'allons pas différencier les vols en agglomération et hors agglomération comme cela est fait dans la législation mais nous allons plutôt différencier les vols selon les objets

que nous voulons photographier et modéliser.

Le premier type de vol est prévu pour la modélisation de terrain nu, sans bâtiment. Il s'apparente à un vol photogrammétrique de longue portée, durant lequel l'aéronef parcourt des bandes parallèles. Nous utilisons pour cela un mode de vol prévu dans le Wookong M, le mode "course verrouillée". Ce mode est très utile pour effectuer un quadrillage comme pour de la photogrammétrie aérienne de longue portée. Peu importe la direction du drone, il se déplacera toujours selon les mêmes directions. Il faut toutefois que la boussole du Wookong M soit correctement calibrée.

Le second type de vol est prévu pour la modélisation de bâtiment. Le vol est divisé selon plusieurs étages. A chaque étage correspond un cercle de prise de vue autour du bâtiment. Nous utilisons pour ce type de projet le mode de vol "position verrouillée" qui permet de se repérer par rapport à une position enregistrée au décollage du drone. Cette position est d'origine celle de l'endroit d'où a décollé le drone mais elle peut être modifiée durant le vol pour pouvoir se repérer à un autre point qui serait mieux situé, comme dans le cadre du survol d'un bâtiment dont le centre n'est pas accessible à pied. La direction vers laquelle se déplacera le drone sera toujours comparée à ce point enregistré. Ce mode est donc utile lorsque le pilote veut tourner autour d'un même objet.

Ces deux modes de vol permettent de survoler la majorité des objets qui pourraient être amenés à être modéliser. Il existe encore des exceptions que le cabinet ne pourrait pas réaliser comme des projets longilignes. Mais cela dépend plus du drone utilisé que de la méthodologie mise en place durant les vols.



Figure 2. Modèle Numérique d'Élévation obtenu avec Recap 360

La modélisation 3D

■ L'expérimentation de logiciels gratuits

Le cabinet de géomètres-experts a ensuite fait le choix d'expérimenter des logiciels disponibles gratuitement sur Internet. En effet, Autodesk, développeur d'AutoCad et d'autres logiciels de DAO ou de CAO, développe depuis 2009 des logiciels gratuits spécialisés dans la modélisation 3D réunis sous le terme Autodesk 123D. Le premier logiciel s'appelait d'ailleurs Autodesk 123D, puis toute une suite de logiciels qui ont chacun leur particularité comme 123D Design, 123D Circuit ou 123D Catch ont suivi la lignée lancée par Autodesk 123D.

Ce dernier logiciel a été le premier logiciel gratuit d'Autodesk dont la particularité est la photogrammétrie. C'était à la base un logiciel simpliste de photogrammétrie, conçu pour le grand public. Puis quelques fonctionnalités ont été rajoutées au fil du temps comme l'ajout de points correspondants entre chaque photo. En 2013, Autodesk a sorti un nouveau logiciel photogrammétrique, Recap 360. Ce logiciel est principalement destiné au professionnel car les fonctionnalités qu'il propose sont bien plus avancées que celle de 123D Catch.

Il existe cependant un problème à l'ensemble des logiciels gratuits : ils ne fournissent pas l'ensemble des fonctionnalités que pourrait proposer un logiciel payant comme PhotoModeler. De plus, il y a un manque d'informations flagrant sur leur fonctionnement et leurs algorithmes de calcul. Il nous est donc impossible de connaître les algorithmes utilisés par Autodesk dans leurs logiciels photogrammétriques. Nous ne pouvons donc, a priori, pas assurer la précision de notre méthode. Cependant, pour vérifier qu'elle soit correcte et précise, nous avons comparé deux Modèles Numériques d'Élévation (MNE). Le premier MNE (cf. Figure 2) a été calculé selon la méthode que nous avons mise au point. Des cibles, qui vont servir à géoréférencer notre MNE, ont été placées au sol puis nous avons réalisé le vol du drone selon la méthodologie mise en place. Le deuxième MNE, qui servira de MNE

de référence, a été créé sous AutoCad à partir d'un semis de points mesurés au tachéomètre. Un point a été mesuré tous les 5 mètres environ et les cibles ont aussi été mesurées pour pouvoir recalculer les deux MNE entre eux. La zone test devait comporter du dénivelé avec, si possible, des lignes de rupture de pentes. De plus, il fallait que le terrain soit dégagé, le mieux étant du sol en terre sans aucune végétation ou alors de l'herbe coupée à ras. Cela permettra par la suite, d'éviter les erreurs dues à la différence entre le sol mesuré au tachéomètre et le sol modélisé par photogrammétrie qui serait couvert de végétation.

En suivant cette méthodologie, nous avons obtenu une différence de 10 centimètres de moyenne sur environ 250 points (cf. Figure 3). Cependant, ces différences ne sont pas homogènes sur l'ensemble de notre modèle car elles sont plus proches de 5 centimètres au centre de notre modèle et 20 centimètres ou plus sur les extrémités du modèle qui sont des zones qui nous intéressent moins. Ces résultats sont satisfaisants pour créer des modèles numériques d'élévation ou pour des projets dont la précision demandée n'est pas trop élevée. Il a donc été envisagé par la suite de se procurer un logiciel de photogrammétrie aux fonctionnalités plus complètes et plus appropriées à des projets requérant une précision plus importante.

■ Le mode de rendu au client

Il s'est ensuite posé la question du rendu au client. En effet, la visualisation de modèle 3D est difficile pour une personne ne disposant pas des logiciels adaptés. Le moyen le plus simple semble de créer une vidéo en tournant autour du modèle 3D et d'envoyer cette vidéo au client. Cependant, il existe depuis quelques années des sites Internet qui permettent d'héberger des modèles 3D et de les visualiser sans avoir à installer un logiciel. Nous avons alors décidé d'utiliser ces sites Internet pour que le client puisse visualiser son projet. De cette manière, nous n'aurons qu'à envoyer par mail au client le lien Internet le redirigeant vers le modèle 3D de son projet, sur le site Internet de Sketchfab ou d'Archimed-GE.

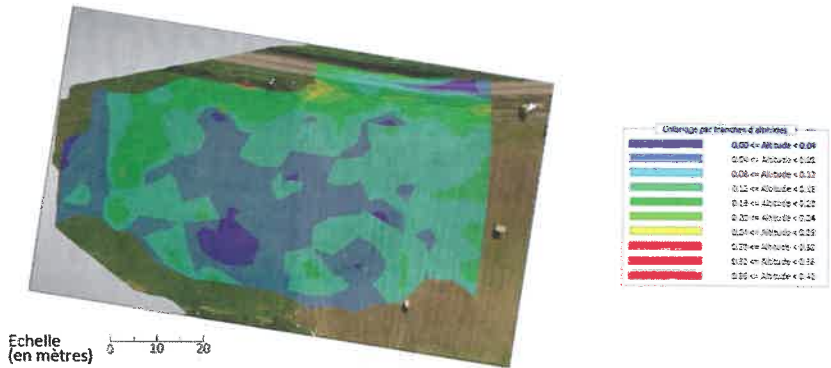


Figure 3. Comparaison des altitudes obtenues entre les deux MNE

Bien entendu, la mise en place de ce système n'est qu'un début et il nécessitera encore des améliorations au fur et à mesure de son application, de l'évolution de la législation ou des technologies disponibles. Lorsque ce système sera entièrement fonctionnel, il nous sera possible de réaliser beaucoup de travaux topographiques qui sont déjà réalisés avec des outils plus conventionnels. Nous pourrions par exemple produire des plans de situations, des relevés de mines, des relevés archéologiques ou encore des suivis de chantier ou de culture agricole, à condition d'avoir des caméras infrarouges. Celles-ci ne sont que quelques-unes des applications qui sont réalisables à l'aide des drones mais il en apparaîtra d'autres dans les années à venir aux vues de l'évolution rapide de ces outils. De plus, certains travaux qui sont déjà réalisés avec des scanners laser seraient réalisés bien plus rapidement grâce à un drone et un appareil photo adéquat à condition d'appliquer une méthodologie de vol efficace.

Conclusion

Finalement, malgré un investissement en temps et en argent lourd, les drones ont un bel avenir dans la profession des géomètres-experts. Dans un premier temps, car ils permettent de réaliser des travaux que fournissent déjà des grandes entreprises de topographie. Ils offrent une alternative aux scanners laser qui se voulaient être le futur de la modélisation 3D avant l'arrivée des drones. Puis ils présentent un attrait indéniable auprès d'une population curieuse de nouvelles technologies.

Enfin, les drones sont de très bons outils qu'il faudra apprendre à utiliser dans un futur proche car le nombre d'applications ne cesse de croître et le marché va se développer très rapidement. Cependant, ce marché nécessite encore de grands changements au niveau de la sécurité des drones, de la réglementation ou de la facilité d'utilisation des méthodologies. ●

Contact

Nicolas FEHRENBACH
Ingénieur géomètre
nfehrenbach@archimed-ge.com

ABSTRACT

Nowadays, it became very easy to hear about drones or to see pictures of drones or taken by drones. These might be beautiful or dangerous but everybody has already heard about drones. In fact, more and more people would like to make some business with that new technology. That is why, land surveyors want to learn how to use drones and to use them for their science. A Final Study Project in a surveying company, Archimed-GE, had for goal to prepare, to evaluate and to work out a system of photogrammetry using a drone. Using a drone is a project that requires a lot of time and preparation, especially because of the french legislation and the several categories of drones that are available on the market. Small or big, able to cover a long distance or to hover, the choice can be difficult if the project is not well prepared. This article aims to shortly describe the different types of drones and the system that has been worked out in the surveying company.