

# L'USAGE DES DRONES POUR LE CONTROLE NON DESTRUCTIF

Yoann JOBARD

Société AIR MARINE, 1 allée Jean Rostand, 33 650 MARTILLAC, France  
[yoann.jobard@air-mairne.fr](mailto:yoann.jobard@air-mairne.fr)

Les Journées COFREND

20 – 22 mai 2014, Palais des Congrès, Bordeaux

MOTS CLES : drone, contrôle par examen visuel, thermographie, photogrammétrie, modes de vol

Depuis 2012 et la promulgation en France d'une réglementation permettant des missions commerciales, le recours à des drones devient de plus en plus fréquent. La société AIR MARINE, leader sur le marché de la surveillance aérienne par avion et pionnière sur le marché des drones remplit des missions de contrôle non destructif par drone. Cet article vise à présenter le type de matériel et les modes opératoires associés aux missions de contrôle. Des retours d'expériences illustrant les avantages et les contraintes de ce type de mission seront développés.

## 1. INTRODUCTION

Le 11 avril 2012, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) promulgue une réglementation permettant le travail des drones civils et leur insertion dans l'espace aérien Français. Cette réglementation a ouvert la voie au développement d'une filière "drone" Française quasi unique au monde de par le nombre d'opérateurs et de solutions techniques proposées.

L'arrêté du 11 avril 2012 décrit 4 scénarios différents. Les scénarios dits « S1 », « S2 » et « S3 » limitent l'utilisation des drones à une portée maximum d'un kilomètre. Le scénario « S4 » autorise des survols longues distances mais avec des contraintes opérationnelles importantes. Le contrôle d'ouvrage linéaire ne fait pas partie du champ d'étude ici présenté.

Les 350 opérateurs de drone déclarés officiellement auprès de la DGAC proposent leurs services à deux type d'utilisateurs finaux : d'une part les sociétés de productions audiovisuelles, chaînes de télévision, agences de communication et d'autre part les industriels.

Outre l'ouverture procurée par la réglementation, la qualité et la fiabilité des systèmes missions proposés par les

acteurs du marché permettent de couvrir des missions de plus en plus complexes. Le contrôle non destructif par examen visuel et thermographique a ainsi été rendu possible.

La présentation du matériel mis en œuvre et des modes opératoires pour ces missions de contrôle sera effectuée. Des retours d'expériences sur des missions de contrôle seront développés afin d'illustrer le déroulement des opérations et les rendus obtenus.

## 2. MATERIELS UTILISES

Les missions de contrôle non destructif sont effectuées en deux temps : une phase d'acquisition de données aériennes puis une phase de traitement

### 2.1. Acquisition de données

L'acquisition de données se fait à partir d'un système de mission MICRODRONES. Celui-ci est composé des éléments ci-dessous :

- un vecteur aérien (le drone en lui-même). Les drones utilisés pour les missions de contrôle sont des drones à décollage et atterrissage vertical (VTOL) de la marque MICRODRONES. Ils se distinguent notamment par un rapport charge utile / endurance extrêmement favorable. Le porteur grande capacité de la gamme (MD4-1000) dispose d'une capacité d'emport de 1,2kg pendant 40 minutes



Figure 1. Drone MD4-1000

- Une station de contrôle/commande "sol" fournissant un retour vidéo des capteurs et la transmission des données de vols (vitesse du drone, jauge de batterie, qualité de la réception GPS, vitesse du vent, distance à l'opérateur,...)
- Une radio-commande pour le pilotage manuel de l'aéronef par le télépilote
- Une charge utile permettant l'acquisition de données de diverses natures (photo/vidéo dans le visible, cliché infra-rouge ou multi spectre, LIDAR,...). La charge utile est montée sur un support gyro-stabilisé compensant les mouvements et les vibrations de l'engin et permettant une orientation des images dans une demi-sphère sous le drone.



Figure 2.  
SONY NEX 7  
sur nacelle  
d'emport

- Un logiciel offrant la possibilité de construire des plans de vols qui seront réalisés automatiquement par la machine via des points de passage GPS (cf paragraphe 3.2.)

## 2.2. Traitement des données

Le traitement des données aériennes est différencié en fonction de leur nature et des méthodes d'acquisition décrites plus bas.

La méthode par vérification visuelle se fait à partir de photographies dans le spectre visible. Ces photos sont examinées selon deux manières :

a) L'examen peut se réaliser sur les données brutes. Le repérage et la caractérisation des anomalies sont effectués à partir de la base de photos puis le géo-référencement de chaque anomalie est effectué sur un plan de l'ouvrage ou une photo d'ensemble.

b) Les clichés aériens donnent lieu à une reconstruction via un logiciel de photogrammétrie. Ce procédé permet de générer un modèle 3D de l'ouvrage puis éventuellement un redressement des clichés sur ce même modèle 3D. Le repérage, caractérisation, mesure et géo-référencement des anomalies se font directement sur cette modélisation 3D.

La méthode de contrôle par thermographie est effectuée à partir d'un logiciel « mission » dédié à la lecture du flux de données infra-rouges enregistré à bord de l'aéronef. Ce logiciel permet le repérage des points chauds et leur géoréférencement.

## 3. MODES OPERATOIRES

Deux grands modes opératoires doivent être distingués dans la conduite des opérations de contrôle à partir d'un aéronef télépilote : un mode manuel et un mode automatique.

### 3.1. Vol en pilotage manuel

Le mode manuel est utilisé principalement sur des ouvrages ne nécessitant que des prises de vue sporadiques afin d'effectuer des levés de doute.

Dans ce cas, le télépilote du drone positionne l'aéronef devant la zone de contrôle et assure un cadrage de l'image à l'aide des commandes de vols et du retour vidéo. A chaque cliché les coordonnées GPS, barométriques et d'angles de vue du capteur sont enregistrés à bord de l'aéronef. Ces données seront utilisées pour le géo-référencement des anomalies.

### 3.2. Vol en pilotage automatique

Un mode de vol automatique est employé sur des ouvrages nécessitant une inspection exhaustive. Ce mode de vol accroît de manière significative la sécurité des vols et la qualité des données aériennes. En effet l'exécution de plan de vol automatique permet de garder des distances aux ouvrages, des angles de vue et des niveaux de recouvrement conformes aux souhaits des opérateurs.

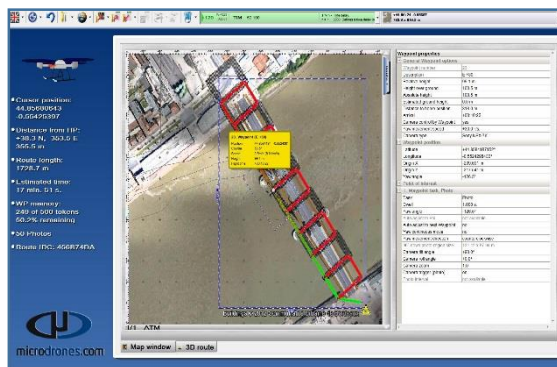


Figure 3. Outil de planification des vols automatiques

Le mode de vol en automatique implique de disposer de données précises (50cm en X,Y,Z) sur le positionnement dans l'espace de l'ouvrage contrôlé. En cas d'erreur de planification le télépilote sera en mesure de reprendre le drone en mode manuel, mais

les données ne seront plus collectées automatiquement.

Par ailleurs le guidage du drone se fait à partir d'une réception GPS. De ce fait, la qualité de la réception GPS doit être contrôlée lors de la reconnaissance terrain qui est effectuée avant chaque mission. Celle-ci est en outre anticipée de manière logicielle.

### 3.3. Contraintes de la modélisation 3D

Quel que soit le mode de vol choisi durant les missions, la modélisation 3D lorsqu'elle est nécessaire est effectuée à partir de photos dont le recouvrement est important. Ce haut niveau de recouvrement (au minimum 75% en longitudinal et 60% en latéral) est propre aux principes de la photogrammétrie.

Afin d'atteindre des niveaux de précision importants (inférieur au centimètre) l'intégration de points de calage est nécessaire. Ceux-ci doivent être marqués avant le vol de sorte de pouvoir être repérés sur les clichés aériens. Le relevé à l'aide d'outil topographique peut être fait après le vol.

## 4. PRESENTATION DES RESULTATS DE MISSION

### 4.1. Contrôle de soudures

AIR MARINE a effectué l'acquisition de photos aériennes sur des structures métalliques pour le compte de l'APAVE en octobre 2013. Cette opération visait à fournir des clichés à un expert qualifié.

Cette opération s'est tenue dans une zone « peuplée » au sens de la réglementation. L'emploi d'un drone léger de type MD4-200 équipé d'un capteur photo compact était de ce fait imposé.



Figure 4.  
Vue  
générale de  
la zone  
d'inspection

La zone d'évolution étant complexe (présence d'arches métalliques en hauteur et de haubans) et les zones à inspecter étant très localisées, les vols se sont déroulés en mode manuel. Un opérateur, ainsi que le maître d'œuvre, étaient placés au sol à proximité du retour vidéo renvoyé



Figure 5. Photographie de soudure douteuse

## 4.2. Inspection de barrage

AIR MARINE a réalisé l'inspection d'un « barrage-poids » en béton. Cette mission avait pour but la modélisation numérique du parement aval de l'ouvrage et de la crête du barrage. L'inspection se déroulant hors « zone peuplée », un porteur lourd (MD4-1000) équipé d'un appareil photo professionnel a été utilisé.

Les photos ont été réalisées avec un angle de vue horizontal à l'exception des photos du pied du parement pour lesquelles l'angle de vue était de 45°.

Le vol le long du parement du barrage a été réalisé en mode manuel. La faible probabilité d'avoir une réception GPS de bonne qualité au pied du parement disqualifiait pour des raisons de sécurité un vol en mode automatique.

Un nombre important de photos a été pris de sorte à assurer un niveau de recouvrement permettant un traitement par logiciel de photogrammétrie (PIX4D MAPPER). Le cadrage des photos était

par le drone afin de guider par communication radio le télépilote, concentré sur la sécurité du vol.

L'inspection a permis de collecter des clichés de toutes les zones douteuses puis d'effectuer une interprétation. L'intervention avec une nacelle se serait faite à un coût 5 fois supérieur à celui d'une prestation par drone. Elle aurait par ailleurs obligé un arrêt partiel du chantier.

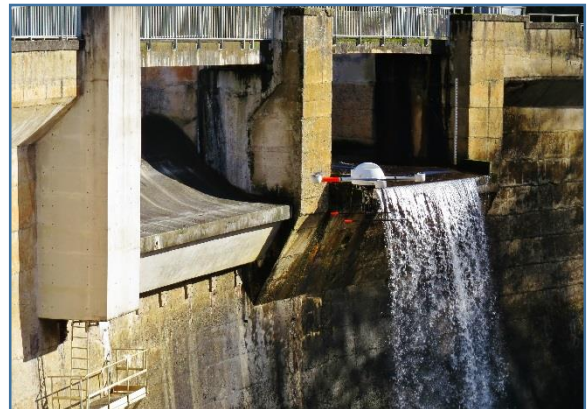


Figure 6. Acquisition d'image sur barrage

contrôlé par un opérateur à proximité du retour vidéo.

Le mode opératoire et les caractéristiques techniques du matériel ont permis une acquisition de clichés d'une résolution de 2 à 4 mm qui correspondait aux données du cahier des charges. Une résolution millimétrique pourrait être atteinte.

Ces clichés aériens ont été intégrés grâce au logiciel PIX4D MAPPER dans le but de réaliser une modélisation numérique de la surface du barrage. Une mise à l'échelle de ce modèle a été réalisée à partir de points de calage connus sur le barrage. Ainsi une fois les anomalies détectées (impact, fissure, coulure,...), des mesures peuvent être réalisées afin d'établir un suivi et une caractérisation.

La crête du barrage a été modélisée à partir de données aériennes acquises lors d'un vol en automatique. Ces clichés aériens ont été intégrés sous PIX4D MAPPER pour réaliser la modélisation numérique.



### 4.3. Thermographie sur centrale photovoltaïque

AIR MARINE propose des prestations de thermographie sur panneaux photovoltaïques. Elle vise la détection, la localisation et la caractérisation de points chauds. Ces anomalies entravent le bon fonctionnement des centrales solaires et entraînent des pertes de production électrique.

Le vecteur utilisé est le MD4-1000 ou le MD4-200 équipé d'un capteur infrarouge. Positionné à la verticale des installations, il met en évidence les points chauds. Le drone est programmé selon un plan de vol automatique et réalise des acquisitions d'images de l'ensemble de l'installation.

Ces données sont traitées par un logiciel dédié. Celui-ci est conçu pour la transmission des données de vol infrarouges et visibles. Il permet également de localiser les anomalies dans le champ photovoltaïque et d'éditer un rapport.

## 5. CONCLUSIONS ET TRAVAUX FUTURS

L'utilisation de drone pour des missions de contrôle offre des possibilités importantes. Les limites établies à juste titre par la réglementation n'entravent que très partiellement ces missions sur des ouvrages localisés. La qualité des données aériennes permet le repérage d'anomalie ponctuelle et/ou la modélisation numérique d'ouvrage par photogrammétrie. Cette méthode offre la possibilité d'un suivi d'une inspection à l'autre tout comme d'effectuer

Cette méthode permet de diagnostiquer de manière récurrente des dizaines d'hectares et de repérer rapidement et précisément des points chauds. La maintenance intervient directement sur les anomalies et l'exploitation gagne en rentabilité.

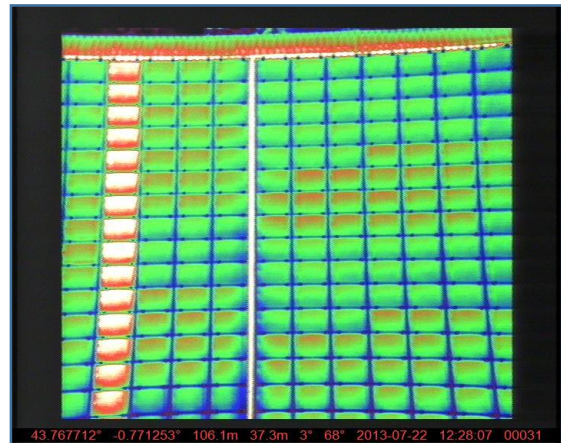


Figure 7. Détection panne sur chaîne de module

des mesures précises aidant à la caractérisation. Le coût d'une prestation drone par rapport à des moyens conventionnels (cordiste, nacelle) ainsi que la sécurité des personnels sont deux arguments très favorables à l'utilisation de drones.

Des contraintes opérationnelles restent à lever. Les pertes de GPS constituent un danger important pour les aéronefs dont la stabilisation est asservie à cette donnée. En outre, la collision avec les ouvrages reste un risque important. L'intégration d'outil de mesure de distance entre l'aéronef et l'ouvrage fournirait un élément de réponse à cette problématique.