

M1 UEC41 DE4

Technologies numériques

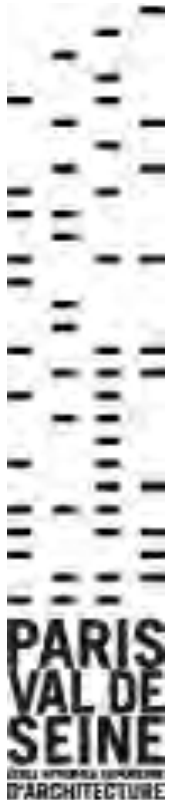
Mai 2018

Olivier Bouet

**Photogrammétrie,
modélisation et drones.**

Résumé

Dépôt des résumés sur <http://numerique.tech.fr>



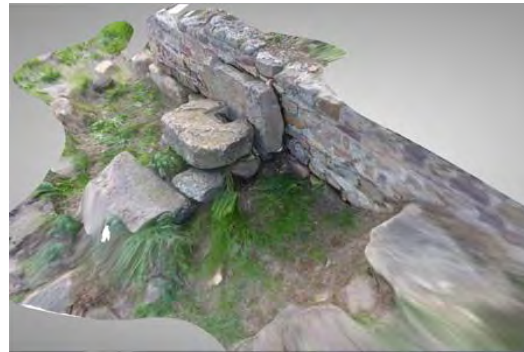
La photogrammétrie

Définitions

La photogrammétrie est une technique qui permet d'exécuter des mesures spatiales à partir de photographies ou d'autres images numériques qui ont des zones communes de recouvrement.



Les derniers développements mathématiques et de vision assistée par ordinateur permettent d'obtenir des nuages de points et des reconstitutions numériques en 3D. Elle concurrence (complète) la lasergrammétrie.



La photogrammétrie

Définitions

" Quelque soit l'objectif de la documentation graphique (étude ponctuelle, inventaire systématique...), la photogrammétrie est une technique clé pour produire des documents métriques de manière efficace et objective, laissant plus de temps à l'architecte pour des investigations spécifiques concernant le monument, le bâtiment.. La photogrammétrie permet aussi de procéder, une fois de retour au bureau, à des mesures supplémentaires qui n'ont pas forcément été envisagées sur le terrain. "

La photogrammétrie

Définitions

Corrélation dense :

Le but est de produire des nuages de points à partir de prises de vues stéréoscopiques numériques très redondantes.

Un nuage de points (points cloud en anglais) est une représentation discrète de l'objet scanné ou photographié. C'est ensemble de points 3D acquis par un **levé au scanner laser** ou par **photogrammétrie**.

Triangulation (maillage)

Le nuage de points ne représente pas complètement la surface d'un objet.

Il est souvent utile de le transformer en une représentation continue.

La triangulation est une méthode permettant de lier les points les uns aux autres.

Un modèle triangulé produit aussi un meilleur rendu, permettant notamment d'appliquer des éclairages artificiels (ombrages) ou des texturations photoréalistes

Cette représentation est nécessaire en particulier pour produire des **orthoimages** .



La photogrammétrie

Les avancées les plus récentes ; la corrélation épipolaire dense

Depuis moins d'une dizaine d'années la conjonction :

- de l'utilisation d'appareils photographiques numériques reflex (ou compacts) numériques de bonnes résolutions ($> 3\text{MO}$) ;
- de processus semi – automatiques ou automatiques (logiciels) utilisant les techniques les plus récentes de traitement d'image multi-vues et de la vision automatique ;
- L'utilisation d'ordinateurs de plus en plus performants,

permettent de faire simplement et facilement de la photogrammétrie mais aussi de créer des nuages de points des objets photographiés et des modèles 3D.

Ces processus utilisent une branche de la géométrie analytique dite de Corrélation Epipolaire Dense (C.E.D. mais aussi C.D. pour Corrélation Dense) et des algorithmes de type SIFT (Scale Invariant Feature Transform) développé par D.G. Lowe.

La photogrammétrie

Les avancées les plus récentes ; la corrélation épipolaire dense

Ce type d'algorithmes permet de trouver automatiquement des points de liaison (en quelque sorte des points homologues) qui vont permettre l'appariement des photographies faites.

Cette technique demande un nombre important de prises de vues redondantes d'un site texturé, avec du relief .

Résultats :

- Relevés
- Nuage de points dense
- Obtention de modèles 3D texturés.
- Orthophotographies,
- MNT,...



La photogrammétrie

Photogrammétrie rapprochée

Le processus

Etape 1 :

Charger les 18 photos.
Vérification des photographies utilisées et estimation du facteur de qualité.

Etape 2 :

Alignement des photos et création du nuage de points clairsemé.
Détermination des paramètres des 18 caméras
Vérification de l'alignement et édition du nuage de points de points clairsemé.

Etape 3 :

Orientation du nuage de points clairsemé.
Construction du nuage de points dense et édition de ce nuage.

Etape 4 :

Maillage
Mesure dans le modèle (Marqueurs et mesures).

Etape 5 :

Mise en texture.

Step 6 :

Exportation des résultats :
Nuage de points clairsemés, dense, modèle 3D, Orthophotos

La photogrammétrie

Les avancées les plus récentes ; la corrélation épipolaire dense

Quelques conseils pour la prise de vues

- Utiliser un appareil numérique de préférence reflex avec une bonne optique et une résolution suffisante(7 MPix ou plus).

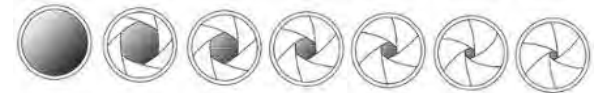


- Eviter les focales trop courtes.

Pour un même bloc de photos conserver le même objectif ou la même focale. Les lentilles à focale fixe sont donc préférables.



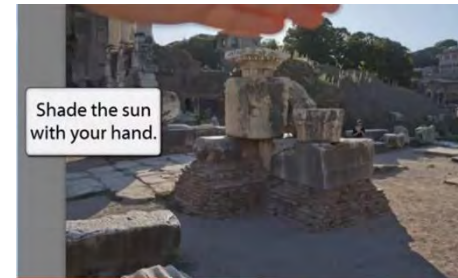
- Prendre toutes les photos **sans modifier l'orientation** de l'appareil.
- Utiliser des fichiers image en Raw ou en TIFF est préférable au JPEG.
- Une sensibilité ISO inférieure ou égale à 100 ou 200. Des valeurs supérieures peuvent induire du bruit additionnel sur les photographies.
- Essayer d'avoir une profondeur de champ importante en **diminuant le diaphragme** f/5.6 or plus petit (chiffre au dénominateur plus grand).
- Vitesse de prise de vue autour du 1/100^{ème} (pas trop lente pour éviter le flou de bouger).



La photogrammétrie

Les avancées les plus récentes ; la corrélation épipolaire dense

- Pas d'objets peu texturés (mur peint de manière unicolore sans détails), réfléchissants ou transparents.
- Eviter les scènes sur ou sous exposées
- Eviter les objets en mouvement.
- Pas de flou : Ne pas « flouter » les images en bougeant lors de la prise de vues



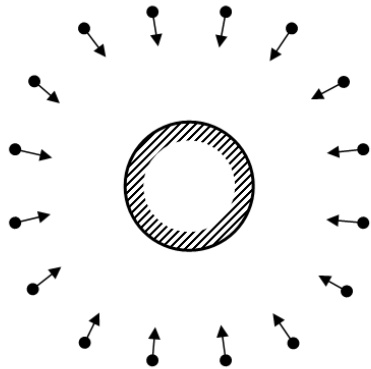
La photogrammétrie

Les avancées les plus récentes ; la corrélation épipolaire dense

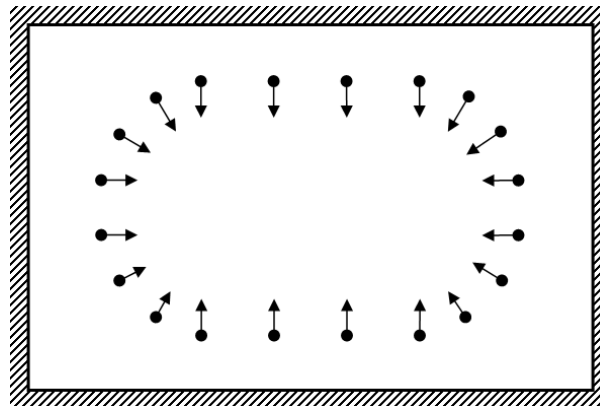
Les logiciels automatique de corrélation dense demandent des prises de vues stéréoscopiques nombreuses et redondantes (qui se chevauchent d'au moins 60% tous les 5 à 10°)



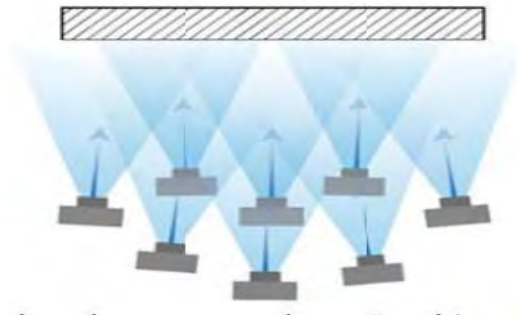
Objet isolé



Intérieur



Façade



La photogrammétrie

Les avancées les plus récentes ; la corrélation épipolaire dense

Logiciels libres:

Autodesk 123D Catch <http://www.123dapp.com/catch> Une partie des calculs dans le Cloud
Pas plus de 70 x 3 Megapixels images
Extension de fichier : .3dp



IGN MICMAC <http://logiciels.ign.fr/?-Micmac,3-> Pack de softwares – Calculs en local
Pas de limite en nombre d'images et en résolution
Pour les spécialistes



Logiciels commerciaux:

Recap 360° Pro <http://recap.autodesk.com/>
Les étudiants peuvent obtenir l'usage de Recap 360° à l'adresse <http://www.autodesk.com/education/home>
Recap 360° : 100 photos, 12 Mo max/photo, export FBX and Obj.
Calculs sur le Cloud via Google Chrome.
Création de maillages 3D textures et de nuages de points.
Recap 360 Pro : 250 photos à n'importe quelle résolution, plus d'export de formats, etc... 55 \$/mois



Agisoft PhotoScan : <http://www.agisoft.ru/>
Calcul en local, pas de limitation du nombre d'images et de la résolution.
Standard Edition 179 \$: Photo alignment, Point cloud generation (sparse / dense), Polygonal model generation, Texture mapping, Export des modèles 3D et des nuages de points).
Professional Edition Public price 3499 \$ - Educational price 549 \$
Standard Edition + Photogrammétrie aérienne + définition du système de coordonnées + Orthophotographie +...



EOS Systems Photomodeler Scanner <http://www.photomodeler.com/index.html>
Educational price : 2100 Euros



Logiciel de visualisation et de traitement des nuages et maillages 3D

MeshLab <http://sourceforge.net/projects/meshlab/files/meshlab/MeshLab%20v1.3.3/>
MeshLab est un logiciel libre de traitement de maillages 3D



La photogrammétrie

La photogrammétrie VS Scanner Laser

Pour terminer

Photogrammétrie.	Scanner Laser
Equipement léger : Appareil photographique (+ pied)	Matériel lourd et encombrant : 3D Laser (entre 5 and 10 kg), cibles, trépied lourd, batteries ou alimentation externe.
Solution peu onéreuse : Appareil photographique de bonne qualité et de haute résolution avec un bon objectif + Logiciel de CEP : 1 500 + 4500 €.	Solution chère : Laser Scanner + accessoires + logiciels au-delà de 55 000 €
Calculs sur ordinateur : Station de travail avec au minimum 32 GO de Ram : 3000 € à 3500 € ou calculs sur le cloud.	Calculs sur ordinateur : Station de travail avec au minimum 32 GO de Ram 3000 € à 3500 € .
Nuage de points : Worflow process (Photographies + calculs) : temps très long dû aux calculs sur la station de travail	Nuage de points : Worflow process (Stations laser + assemblage des nuages de points) : Temps relativement court.
Limitations : objets transparents, réfléchissants ou brillants. Limitation avec des objets non texturés. Limitation dans les zones d'ombre	Limitations avec des objets transparents réfléchissants ou brillants. Utilisable avec n'importe quel type de textures. Utilisable dans les zones peu éclairées (grottes préhistoriques par ex).
Mise à l'échelle du nuage de points : par post traitement.	Mise à l'échelle du nuage de points : directement lors de l'acquisition
Utilisables pour : - Sculptures, - Bas reliefs, - Façades (texturées) - Petits objets	Utilisable pour de grands bâtiments : : - Bâtiments, restes de bâtiments (patrimoine) - Façades de grandes tailles., - Pièces intérieures, - Cloître, ...

Les drones

Introduction

Un système drone est formé de 3 composants :

- le vecteur (véhicule) aérien,
- le ou les capteur(s) permettant l'acquisition des données,
- la station de contrôle en lien à la fois avec le vecteur et les capteurs.



Les drones

Les capteurs



Caméra vidéo



Appareil Photographique



Caméra infrarouge



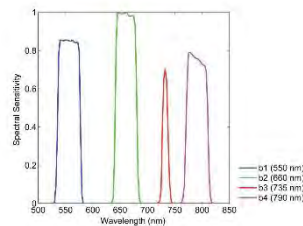
Caméra thermique



Capteur chimique



Capteur acoustique



Phantom 3 professional dji :
Caméra 4K (4096 x 2160 pixels) à 30 images par seconde sur une carte microSD de 32 ou 64 GO

Les drones

Cadre légal d'utilisation

Usage d'un drone de loisir



Je ne survole pas les personnes.

Je respecte les hauteurs maximales de vol.

Je ne perds jamais mon drone de vue et je ne l'utilise pas la nuit.

Je n'utilise pas mon drone au-dessus de l'espace public en agglomération.

Je n'utilise pas mon drone à proximité des aérodromes.

Je ne survole pas de sites sensibles ou protégés.

Je respecte la vie privée des autres.

Je ne diffuse pas mes prises de vues sans l'accord des personnes concernées et je n'en fais pas une utilisation commerciale.

Je vérifie dans quelles conditions je suis assuré pour la pratique de cette activité.

En cas de doute, je me renseigne.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

1

JE NE SURVOLE PAS LES PERSONNES

J'utilise mon drone en veillant à ne pas mettre en danger les personnes et les véhicules à proximité. Je ne les survole pas et conserve une distance minimale de sécurité. Je reste bien éloigné de tout rassemblement de personnes.

2

JE RESPECTE LES HAUTEURS MAXIMALES DE VOL

En dehors des sites d'aéromodélisme autorisés, la hauteur maximale d'évolution est fixée à 150 mètres par défaut mais elle est inférieure aux abords des aérodromes et dans certaines zones d'entraînement de l'aviation militaire pendant leurs horaires d'activation. Je respecte toujours ces hauteurs maximales afin de limiter les risques de collision entre mon drone et un aéronef. Dans tous les cas, je n'entreprends pas un vol ou j'interromps un vol en cours, si un aéronef se trouve à proximité.

3

JE NE PERDS JAMAIS MON DRONE DE VUE ET JE NE L'UTILISE PAS LA NUIT

Je conserve mon drone à une distance telle qu'il reste facilement visible à l'œil nu et je le garde à tout instant dans mon champ de vision. Les vols en immersion (FPV) et l'utilisation de drones suiveurs sont toutefois possibles sous certaines conditions nécessitant notamment la présence d'une seconde personne pour assurer la sécurité. Par ailleurs, afin d'assurer la sécurité des aéronefs volant à basse altitude, comme les hélicoptères réalisant des opérations de secours, la réglementation interdit l'utilisation de drones la nuit, même s'ils sont équipés de dispositifs lumineux.

4

JE NE FAIS PAS VOLER MON DRONE AU-DESSUS DE L'ESPACE PUBLIC EN AGGLOMÉRATION

En agglomération, le survol de mon espace privé avec un drone de petite taille et sans présence de public est possible sous réserve de respecter une vitesse et une hauteur maximale adaptées à l'environnement immédiat (bâtiments, arbres, ...) et permettant de limiter les risques en cas de perte de contrôle. Je n'utilise en aucun cas mon drone au-dessus de l'espace public.

5

JE N'UTILISE PAS MON DRONE À PROXIMITÉ DES AÉRODROMES

Je n'utilise pas mon drone à proximité de tout terrain d'aviation pouvant accueillir avions, hélicoptères, planeurs, ULM, etc. Des distances minimales d'éloignement sont à respecter et peuvent atteindre 10 km pour les aérodromes les plus importants.

6

JE NE SURVOLE PAS DE SITES SENSIBLES

Certains sites sensibles ou protégés ainsi que leurs abords sont interdits de survol. Il s'agit par exemple des centrales nucléaires, de terrains militaires, de monuments historiques ou encore de réserves naturelles et parcs nationaux. Je me renseigne sur l'existence de tels sites avant d'entreprendre un vol.

7

JE RESPECTE LA VIE PRIVÉE DES AUTRES

Les personnes autour de moi et de mon drone doivent être informées de ce que je fais, en particulier si mon drone est équipé d'une caméra ou de tout autre capteur susceptible d'enregistrer des données les concernant. J'informe les personnes présentes, je réponds à leurs questions et je respecte leur droit à la vie privée. Je m'abstiens d'enregistrer des images permettant de reconnaître ou identifier les personnes (visages, plaques d'immatriculation...) sans leur autorisation.

8

JE NE DIFFUSE PAS MES PRISES DE VUES SANS L'ACCORD DES PERSONNES CONCERNÉES ET JE N'EN FAIS PAS UNE UTILISATION COMMERCIALE

Toute diffusion d'image doit faire l'objet d'une autorisation des personnes concernées ou du propriétaire dans le cas d'un espace privé (maison, jardin, etc.) et doit respecter la législation en vigueur (notamment la Loi du 6 janvier 1978 modifiée dite « Informatique et Libertés »).

9

Toute utilisation de drone dont l'objectif est l'acquisition de prises de vues destinées à une exploitation commerciale ou professionnelle est soumise à des exigences spécifiques et nécessite la détention d'autorisations délivrées par la direction générale de l'Aviation civile.

10

JE VÉRIFIE DANS QUELLES CONDITIONS JE SUIS ASSURÉ POUR LA PRATIQUE DE CETTE ACTIVITÉ

Ma responsabilité peut être engagée en cas de dommages causés aux autres aéronefs, aux personnes et aux biens à la surface. Si je n'ai pas contracté d'assurance spécifique, je vérifie les clauses de mon contrat responsabilité civile.

EN CAS DE DOUTE, JE ME RENSEIGNE

Consulter le guide consacré à l'aéromodélisme sur le site de la direction générale de l'Aviation civile pour plus d'informations sur les conditions d'utilisation des drones de loisirs.

Les fédérations d'utilisateurs ainsi que la Commission nationale de l'informatique et des libertés sont également des sources d'information utiles.

DGAC (direction générale de l'Aviation civile) : www.developpement-durable.gouv.fr/-Drones-aeronefs-telepilotes-.html

CNIL (Commission nationale de l'informatique et des libertés) : www.cnil.fr

FFAM (Fédération Française d'AéroModélisme) : www.ffam.asso.fr

FPDC (Fédération Professionnelle du Drone Civil) : www.federation-drone.org

Références réglementaires :

Arrêté du 17 décembre 2015 relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord.

Arrêté du 17 décembre 2015 relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans personne à bord, aux conditions de leur emploi et aux capacités requises des personnes qui les utilisent.

Assurer la sécurité des personnes et des autres aéronefs est de votre responsabilité

L'utilisation d'un drone dans des conditions d'utilisation non conformes aux règles édictées pour assurer la sécurité est passible d'un an d'emprisonnement et de 75 000 euros d'amende en vertu de l'article L. 6232-4 du code des transports.

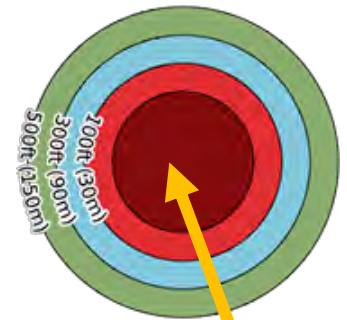
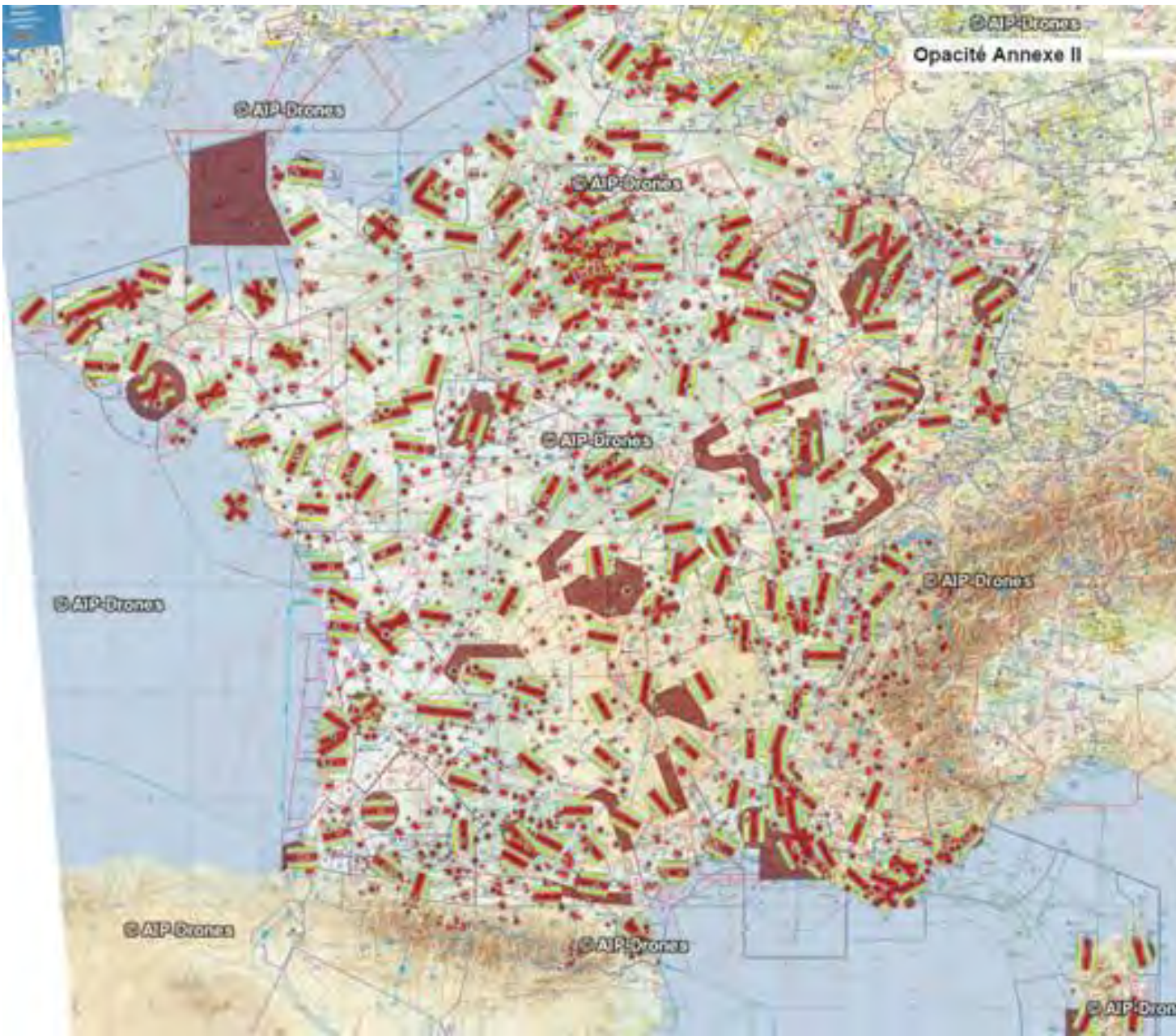
Règles d'un bon usage d'un drone de loisir
Pour plus d'information rendez-vous sur le site de la direction générale de l'Aviation civile :

www.developpement-durable.gouv.fr/-Drones-aeronefs-telepilotes-.html



Les drones

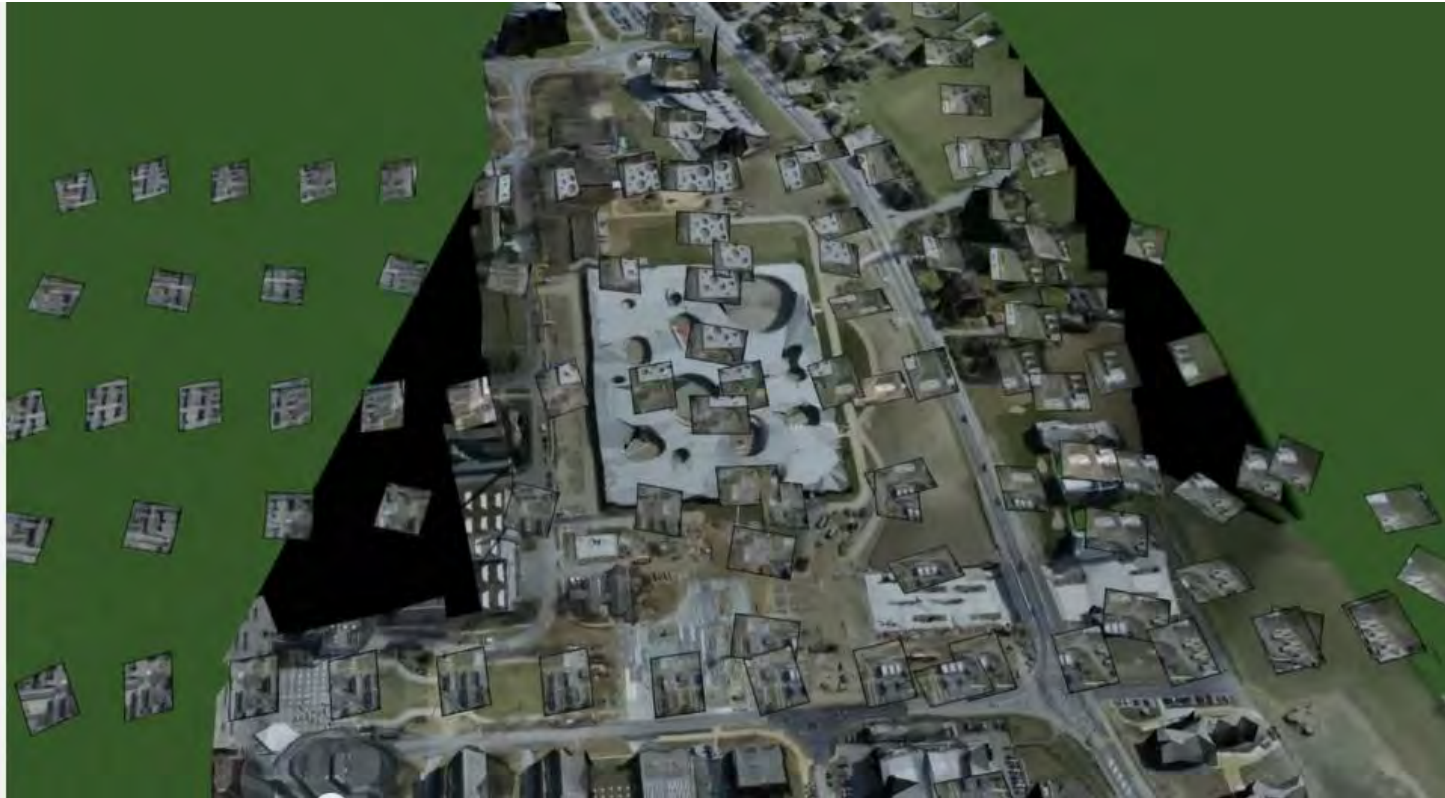
Cadre légal d'utilisation



Zone de protection :
Impénétrable aux
drones

<http://www.aip-drones.fr/>

Drones et photogrammétrie



<https://www.youtube.com/watch?v=cJ-nCgBXZ5I&feature=youtu.be>

Drones et photogrammétrie



<https://www.youtube.com/watch?v=cOCgYIkXqEM>

Drones et photogrammétrie

Pour terminer : les limites.

- La **législation** qui rend les vols dans le cas du travail de l'agence d'architecture et/ou d'urbanisme difficiles : dans ce cas il faut s'adresser à des sociétés spécialisées qui ont le matériel, les autorisations et les compétences.
- **Durée de vol courte** (10 à 15mn).
- **Ecarts de luminosité** durant les prises de vues, ombres portées.
- Grande sensibilité aux **vents**.

- FIN -

Olivier Bouet – Mai 2018

