

R-Pod : un drone photogrammétrique au service du territoire

Autor(en): **Gervaix, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **109 (2011)**

Heft 9: **Sonderheft**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-236815>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

R-Pod: un drone photogrammétrique au service du territoire

Le système de photogrammétrie à la demande R-Pod a atteint une maturité certaine: les vols sont exécutés avec précision selon un plan de vol adapté, le géoréférencement quasi direct est fiable et les produits classiques (orthomosaïque, MNT, restitution vectorielle) sont de qualité. Le présent article décrit la genèse, le concept, les applications et les perspectives du système. Les effets positifs de l'arrivée de R-Pod se font sentir dans l'enseignement, dans la Ra&D et dans les prestations de services. Il n'est pas exagéré de dire que, si R-Pod est effectivement de la «photogrammetry on demand», le R pourrait bien signifier «révolutionnaire»!

Das Photogrammetriesystem auf Abruf R-Pod hat eine gewisse Reife erlangt: die Flüge werden genau nach einem angepassten Flugplan ausgeführt, die praktisch augenblickliche Georeferenzierung ist zuverlässig und die klassischen Produkte (Orthomosaik, DHM, vektorielle Restitution) sind von guter Qualität. Im folgenden Artikel werden der Ursprung, das Konzept, die Anwendung und die Aussichten des Systems beschrieben. Die positiven Effekte des Eintreffens von R-Pod sind in der Bildung spürbar, in der angewandten Forschung und Entwicklung und in den Dienstleistungen. Es ist nicht übertrieben zu sagen, dass, wenn R-Pod effektiv «Photogrammetrie auf Abruf» ist, das R «revolutionär» bedeuten könnte.

Il programma di fotogrammetria su chiamata R-Pod ha raggiunto una certa maturità: i voli sono eseguiti secondo un piano di volo adeguato, la georeferenziazione praticamente immediata è affidabile e i prodotti classici (ortomosaico, DHM, restituzione vettoriale) sono di buona qualità. Nell'articolo seguente si descrivono l'origine, il concetto, l'applicazione e le prospettive del sistema. Gli effetti positivi dell'avvento del R-Pod si fanno sentire a livello di formazione, ricerca applicata e sviluppo nonché di servizi. Non è eccessivo affermare che se il R-Pod fosse effettivamente la «fotogrammetria su chiamata», la R potrebbe stare per «rivoluzionario».

F. Gervais

La photogrammétrie est reconnue comme une méthode d'acquisition de géodonnées rigoureuse et précise, mais également lourde et coûteuse. R-Pod [1] prétend avoir ces qualités sans ces défauts, procurant une grande flexibilité dans le temps et dans l'espace, à un coût bien moindre. Sur la base d'un drone peu intrusif (encombrement, bruit) et très peu gourmand en ressources (énergie, personnel), les missions sont réalisées avec un excellent taux de succès, dans de multiples situations liées au territoire.

La genèse

L'objectif du projet R-Pod est de fournir un service de photogrammétrie à la demande. Les expériences faites depuis 2005 ont montré qu'un créneau était inoccupé, créneau qu'on peut résumer par l'acquisition de géodonnées dans un espace allant de 1 ha à 1 km². Pour des surfaces plus petites, les méthodes terrestres sont plus adaptées. Pour des surfaces plus grandes, des campagnes d'acquisition «industrielles» sont nécessaires. Les quelques acquisitions réalisées ces dernières années par l'institut G2C (Géomatique, Gestion de l'environnement,

Construction et surveillance d'ouvrages) se sont avérées complexes, lourdes et coûteuses, mais également très motivantes, riches en enseignements et génératrices de perspectives. Des vols avec le Piper Cub HB-PAX (2007) au vol virtuel dans le Musée Historique de Lausanne (2009), ces expériences ont montré le caractère irremplaçable d'une telle étape.

De plus, les idées de synergies avec les domaines voisins dans le département EC+G (Environnement Construit et Géoinformation) ne manquent pas: serveurs de cartes pour les SIG, ancien état ou état actuel pour le développement territorial, couverture du sol et objets divers pour la mensuration officielle, habillage de scans laser terrestres, mise en perspective de dangers naturels ou d'ouvrages, données de base de la gestion de l'environnement ou d'aménagements hydrauliques, trajectographie comme cas de monitoring, etc.

Ne manquait que la plateforme idéale, le vecteur simple d'utilisation et fiable, pour remplir ces missions. La solution retenue est le drone (ou UAV, *Unmanned Aerial Vehicle*) Swinglet CAM de senseFly [2], une petite entreprise basée à St-Sulpice (VD). L'ensemble «aile – caméra – logiciel» est abordable et suffisamment flexible pour être adapté aux exigences de la géomatique. Pour le laboratoire de photogrammétrie et imagerie géomatique, le potentiel de développement du système (*hardware*) et du processus (*workflow*) a été et est toujours énorme et s'exprime en termes de prestation de services à l'interne et à l'externe, d'image modernisée de la spécialité, de motivation accrue pour les collaborateurs et de convergence nouvelle de compétences.

Le concept

L'aile (Fig. 1) est l'élément le plus visible du système. D'apparence sobre, d'une envergure de 80 cm et d'un poids de 500 g, c'est un concentré de technologies qui fonctionnent en harmonie. Moins visible, mais presque plus important, est l'auto-pilote. En effet, sans ce dernier, l'aile n'aurait qu'une durée de vie très limitée. L'au-

topilote est un élément essentiel pour la réussite du projet R-Pod: en effet, l'acquisition doit être complètement automatique pour que les vols soient standardisés et réalisables simplement, précisément et fiablement. Parmi la demi-douzaine de «pilotes» utilisant l'aile au sein du Département, aucun n'est spécialiste de modélisme.

L'efficacité de l'autopilote a été éprouvée lors de plus de 120 vols réalisés entre le lancement du projet en novembre 2010 et l'été 2011. L'aile originale a survécu à 12 incidents et a acquis bravement plus de 9000 photos en un total de 24 heures de vol, avant une révision bien méritée.

Traitement

Une fois l'aile de retour, ne reste « que » le traitement des images. Là aussi, de nouvelles technologies permettent, d'une part d'accélérer le processus, donc de diminuer les coûts et augmenter la réactivité du système, et d'autre part de fiabiliser la production et d'atteindre des standards de qualité élevés (Fig. 2).

Considérons deux éléments critiques d'une chaîne de production photogrammétrique:

- les mesures angulaires de type IMU (*Inertial Measurement Unit*)
- la mesure des points de liaisons par APM (*Automatic Point Matching*)

Dans les deux cas, une solution logiciel originale, moderne et extrêmement efficace est mise en œuvre: Pix4D [3], un SaaS (*Software As A Service*, logiciel en tant que service) spécialement et conjointement développé pour les images issues de drones. Conçu au départ pour des images quelconques (type et orientation), l'application fonctionne superbement bien avec des images du territoire quasi-verticales et régulièrement distribuées. Le logiciel, utilisant le *cloud computing* (traitements déportés sur des serveurs distants), produit en un temps record des angles précis et des points de liaisons fiables et idéalement distribués.

Ne reste alors qu'à mettre toutes ces informations ensemble dans un logiciel photogrammétrique classique (BAE Systems Socet Set et ERDAS LPS sont utilisés

dans le laboratoire) et trianguler le tout avec un module d'aérottriangulation comme Leica Geosystems ORIMA. Le *bundle block adjustment* (ajustement par bloc combiné) prend tout son sens, avec des centaines d'images, des milliers de points et des dizaines de milliers de rayons! Pour fiabiliser le tout, une dizaine de points d'appui sont ajoutés. La répétabilité est excellente, même si des difficultés ont été rencontrées dans les zones escarpées comme le Creux-du-Van ou les Rochers-de-Naye.

Capteur

Une question récurrente est la capacité d'un appareil photo petit format à produire des images de qualité photogrammétrique. Ce n'était pas gagné d'avance, mais les multiples expériences ont démontrés la pertinence d'un tel choix. Une base de données a été conçue pour collecter les statistiques d'un grand nombre de chantiers. Les moyennes pondérées sont issues de 26 chantiers, comprenant entre 34 et 564 images pour un total de 4443 images.

Les variations dans le temps des paramètres principaux de la caméra parlent d'elles-mêmes:

- ck (distance focale): 29.860 ± 0.255 [mm]
 - ppa x et y (point principal d'autocollimation): 0.009 ± 0.024 et 0.031 ± 0.035 [mm]
 - a1, a2, a3 (distorsions radiales): $-0.442E-04, -0.432E-07, 0.797E-10$ [-]
- Les distorsions tangentiellles et les autres



Fig. 1: L'aile prête au décollage, avec batterie, caméra et moteur+hélice.

déformations sont faibles et toujours compensées par auto-calibration. La base de données permet de contrôler à chaque nouveau chantier l'adéquation des paramètres et de détecter une éventuelle valeur aberrante.

Remarque: une caméra virtuelle avec un pixel de 9 µm, un plan focal de 36 par 27 mm et une focale de 30 mm a été créée pour mieux appréhender les valeurs numériques. La taille véritable du pixel est de 1.6 µm.

Les applications

Une septantaine de chantiers ont été réalisés en huit mois et le choix de quelques exemples a été difficile: tous ont leur spécificité, leur contexte et leurs anecdotes!

Exemple 1: Genève

Au début du mois de février 2011, en préambule à la campagne de vol pour les or-

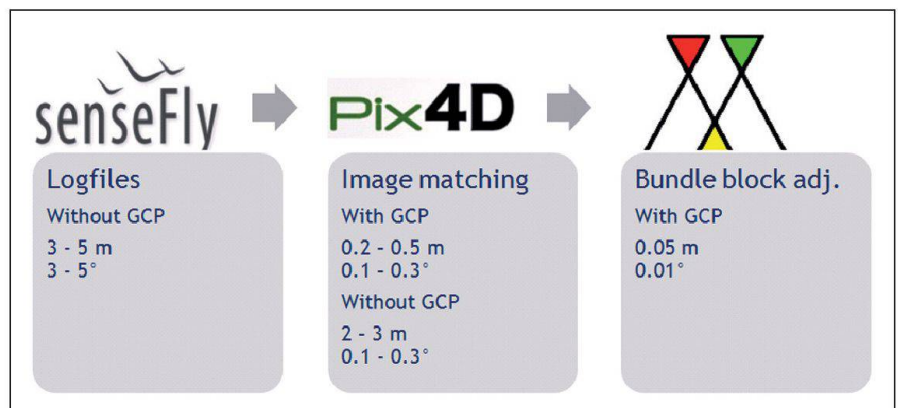


Fig. 2: Chaîne de traitement et précisions obtenues.

thophotos à 5 cm sur l'ensemble du canton de Genève, quatre vols ont été réalisés pour tester le système dans des conditions rurales et urbaines. La vitesse de déploiement du système a permis de profiter au mieux des quelques heures de bonne luminosité de cette époque de l'année. Le choix d'une place de décollage et d'atterrissage est une phase délicate, mais aucune situation n'est insoluble. Le but n'est certainement pas de concurrencer les systèmes lourds tels que la Vexcel UltraCam utilisée pour la couverture complète du canton, mais bien de compléter ponctuellement dans le temps et dans l'espace les données officielles.

Exemple 2: Delémont

Dans le cadre d'un projet de SIG comme outil d'aide à la décision pour la solarisation de toits (potentiel photovoltaïque de bâtiments publics et industriels), le modèle numérique de surface datant de 2002 devait être mis à jour ponctuellement. Une solution LiDAR étant démesurée, la spécificité du système R-Pod a permis, en trois heures et deux équipes, de couvrir six petits chantiers (10 à 50 ha chacun). Les bâtiments restitués stéréoscopiquement ont été intégrés dans le modèle existant avec succès, et leur qualité supérieure (lignes de rupture parfaitement définies, niveau détail élevé, nature des toits interprétable) a pu être appréciée (Fig. 3).

Exemple 3: La Javie (France)

Dans le cadre d'un projet d'étude hydraulique, il était nécessaire de construire une maquette physique de La Javie (Alpes de Haute-Provence), à la confluence de la Bléone et de l'Arigéol (Fig. 4). Le lieu est encaissé, pas très grand mais difficile à arpenter. Une solution aérienne légère était souhaitée. Le moment de la prise de vue était également critique: il fallait un peu d'eau, mais pas trop, dans les deux rivières. Après une planification minutieuse, l'expédition a duré 19 heures (dont 12 sur la route...): en trois heures sous un ciel radieux, plus de 500 images étaient enregistrées et, en trois heures

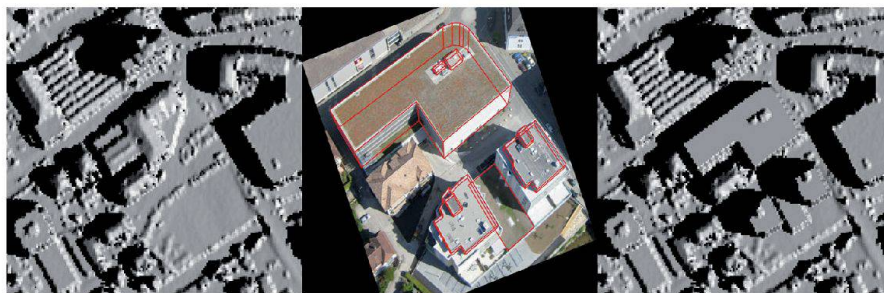


Fig. 3: MNS officiel (à g.), restitution stéréoscopique et MNS mis à jour (à d.).

supplémentaires sous la pluie, une trentaine de points d'appui ont été mesurés. Ainsi, en une visite sur le terrain, l'ensemble des données étaient acquises: MNT (modèle numérique de terrain), MNS (modèle numérique de surface, donc y compris le sursol), couverture du sol, structures 3D telles que ponts, murs et bâtiments. Le traitement a pu se faire tranquillement à Yverdon-les-Bains, ainsi que le montage de la maquette physique au 1:40, sur une surface de 30 x 15 m.

Exemple 4: Rochers-de-Naye

Dans le cadre d'un projet de botanique en relation avec la géomorphologie, un MNT à haute résolution était demandé par le LaSIG (Laboratoire de SIG) de l'EPFL. Les conditions environnementales étaient particulières puisqu'il s'agit d'un site naturel et touristique préservé, accessible uniquement en train. L'autre particularité est l'altitude (> 2000 m) et donc les conditions alpines. L'expérience a été presque concluante puisque le système a fonctionné comme d'habitude, mais le vent omniprésent n'a pas permis de couvrir l'ensemble du secteur. Un élément intéressant est la stratégie de survie de l'aile: lorsque le vent est trop fort (> 6 m/s ou 22 km/h), l'autopilote renonce à prendre des photos et s'efforce de rentrer à son

point de départ. Ce n'est que partie remise: il s'agit simplement d'être patient et de saisir un jour avec vent «faible» et non pas «modéré».

Drones et MO

Une autre forme d'application a été le stage d'un étudiant de l'ENSG (École Nationale des Sciences Géographiques) qui a permis de mettre à jour le «Guide d'assurance de la qualité – photogrammétrie et génération de MNT» datant de 2000 et qui ne traitait que peu de l'imagerie acquise en numérique et encore moins des drones. Ce travail [4] établit des recommandations qui peuvent s'avérer utiles dans le cadre de la Mensuration Officielle, en particulier pour les couches «couverture du sol» et «objets divers».

Mise à disposition de OSM

Un effet collatéral de ces acquisitions «maison» est la possibilité de les mettre à disposition de la communauté de cartographie participative OSM (*Open Street Map*) [5]. Là aussi, les nouvelles technologies orientées Web 2.0 sont impressionnantes de réactivité. A chaque mise à disposition d'orthomosaïque, la mise à jour se fait du jour au lendemain (littéralement !) avec un niveau de détail impressionnant (Fig. 5).

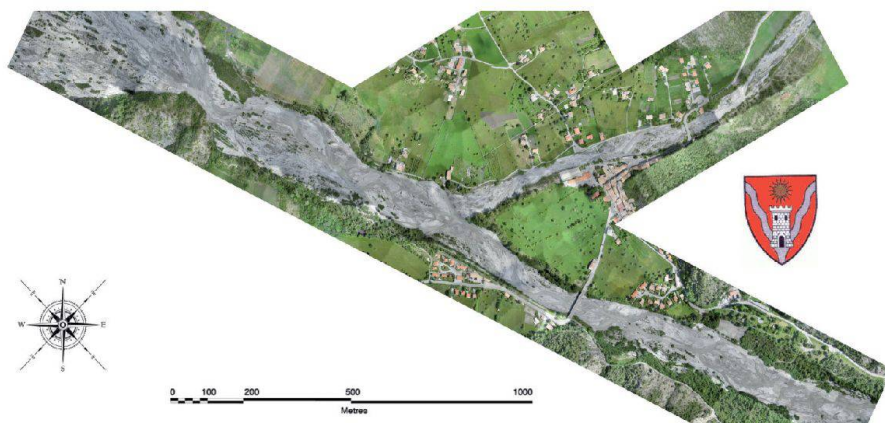


Fig. 4: Orthomosaïque de la confluence à la Javie (blason) à partir d'environ 500 images en trois vols.



Fig. 5: Digitalisation par la communauté OSM à Pomy.

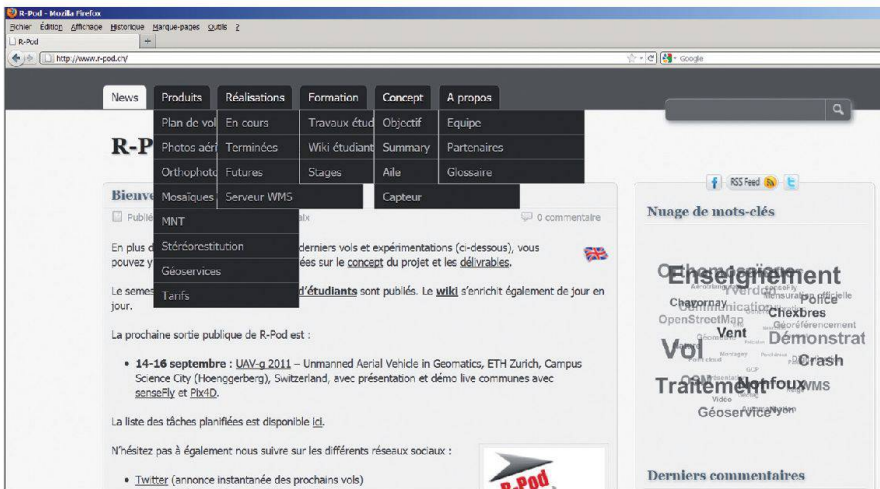


Fig. 6: Site Internet et blog.

Intérêt pour une photogrammétrie accessible

Un autre effet inattendu a été l'élan de sympathie pour le projet, grâce notamment au blog (Fig. 6) avec des news régulières, au profil Facebook avec des informations décalées et au compte Twitter avec des alertes à propos des vols ou des nouvelles fraîches. C'est une première ex-

périence, pas préméditée, mais il est certain que les aventures de R-Pod ont intéressé, amusé et fait trembler des gens sans autre rapport préalable avec la photogrammétrie (Fig. 7).

Impact sur l'enseignement

R-Pod a pu être démontré et appliqué dans pas moins de sept enseignements différents. Le wiki [6] témoigne de cet engouement et de la diversité des thèmes abordés.

Les perspectives

Les huit premiers mois ayant été largement au-dessus de nos attentes les plus élevées, les perspectives sont extrêmement réjouissantes. R-Pod va être présenté à une poignée de conférences:

- World Engineer's Convention, à Genève, du 5 au 9 septembre, avec une présentation orale dans le thème «Urban development and buildings».

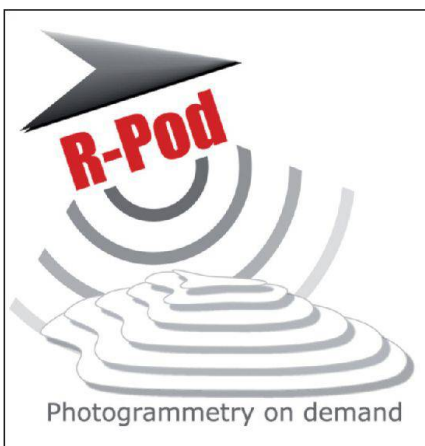


Fig. 7: Logo issu d'un concours.

- UAV-g, à l'EPFZ, du 14 au 16 septembre 2011, qui promet une bataille du ciel sur l'aérodrome de Birrfeld, des présentations de qualité et une riche exposition.
- BAE Systems 2011 GXP User Conference, à Washington (DC), du 19 au 22 septembre, où les performances de Socet Set et ORIMA seront disséquées.

Et dès la rentrée académique, R-Pod sera un élément saillant du cours IMA (Imagerie et photogrammétrie) du MIT (Master en Ingénierie du Territoire) se déroulant à Lausanne. Une nouvelle aventure...

Conclusion

J'aimerais conclure avec une note très personnelle: après six ans passés dans des avions sur tous les continents avec LH Systems et Leica Geosystems GIS & Mapping, le *grounding* vécu à la HEIG-VD depuis 2005 était frustrant, bien que normal. L'arrivée de R-Pod a tout changé: j'ai retrouvé l'adrénaline des missions aériennes et ce sentiment de liberté indescriptible! Cette capacité de production a complètement modifié la perception de la photogrammétrie par les étudiants, mes collègues et nos interlocuteurs. En fait, R-Pod a définitivement révolutionné ma photogrammétrie!

Remarques:

- [1] www.r-pod.ch
- [2] www.sensefly.com
- [3] www.pix4d.com
- [4] «De l'usage des drones dans la mesure officielle», Kévin Aubert, stage ENSG, août 2011.
- [5] www.openstreetmap.org
- [6] www.r-pod.ch/wiki

François Gervais
Département Environnement construit et Géoinformation
Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud
rte de Cheseaux 1
CH-1401 Yverdon-les-Bains
françois.gervais@heig-vd.ch