

# REALISATION D'UNE CAMERA PHOTOGRAMMETRIQUE ULTRA-LEGERE ET DE HAUTE RESOLUTION

Olivier Martin<sup>1</sup>, Christophe Meynard<sup>1</sup>, Marc Pierrot-Deseilligny<sup>1</sup>, Jean-Philippe Souchon<sup>1</sup>, Christian Thom<sup>1</sup>

[Olivier.martin@ign.fr](mailto:Olivier.martin@ign.fr)

[Christophe.meynard@ign.fr](mailto:Christophe.meynard@ign.fr)

[Marc.pierrot-deseilligny@ign.fr](mailto:Marc.pierrot-deseilligny@ign.fr)

[Jean-philippe.souchon@ign.fr](mailto:Jean-philippe.souchon@ign.fr)

[Christian.thom@ign.fr](mailto:Christian.thom@ign.fr)

1: IGN/DRE/SRIG/LOEMI, Saint-Mandé, France

## Résumé

Ces dernières années, l'IGN a participé à des expériences de photogrammétrie très haute résolution au cours desquelles des appareils photo numérique (APN) ont été utilisés sur différents types de drones. Cela nous a permis d'affiner les caractéristiques techniques importantes que devrait proposer une nouvelle caméra photogramétrique ultra-légère et de très haute résolution dédiée à ce type d'application. Le LOEMI, laboratoire en instrumentation de l'IGN, fort de l'expérience qu'il a acquise en concevant et réalisant les caméras aériennes numériques de l'IGN, s'est lancé dans la conception de ce nouvel imageur en 2012 après avoir étudié les possibilités offertes par le marché en termes de capteur et de composant "cerveau" de la caméra. La caméra sera basée sur un capteur CMOS et son électronique d'acquisition et de traitements sur un SoC+FPGA de la société Xilinx. Grâce à la conception modulaire du dispositif, on pourra disposer, en fonction du porteur utilisé, de configurations plus ou moins autonomes et donc plus ou moins lourdes, ou avec plus ou moins de connectivité ou de capteurs annexes. La configuration la plus légère sera constituée du seul "étage imageur" dont une version est, en ce début 2014, en cours de test. Les premiers prototypes fonctionnels devraient être réalisés d'ici la fin de l'année 2014.

**Mots-clés :** photogrammétrie, très haute résolution, caméra numérique, capteur CMOS, SOC+FPGA

## Abstract

*During the past few years, IGN was involved in some photogrammetric experiments based on very high resolution images. During these experiments, off-the-shelf digital cameras were mounted on different kinds of UAV. Thanks to these surveys, the most important features that should propose a new ultralight, very high resolution photogrammetric camera dedicated to this type of application were refined. The laboratory in charge of instrumentation at IGN, the LOEMI, with its experience gathered in designing and building IGN digital aerial cameras began to design this new imaging system in 2012 after having studied opportunities offered on the market for the sensor and the processor of the camera. It will be designed around a CMOS sensor and a SoC + FPGA from Xilinx Company. Thanks to the modular design of the device, we can use more or less autonomous and therefore more or less heavy configurations, with more or less connectivity and more or less auxiliary sensors depending on the carrier used. The lightest configuration will only consist of the "imaging stage", a version of which is tested in early 2014. The first functional prototype should be completed by the end of the year.*

**Keywords:** photogrammetry, very high resolution, digital camera, CMOS sensor, SOC FPGA

## 1. Introduction

**Une réponse à des besoins sociétaux.** Le recours aux drones a tendance à se démocratiser très fortement dans de nombreux domaines ayant recours à l'image, aboutissant à la création d'un véritable écosystème "drones". Les applications vont du film publicitaire ou de promotion touristique à des acquisitions pour une exploitation métrologique des images (accidentologie, surveillance d'ouvrages d'art, archéologie...). Dans ce dernier cas, de plus en plus de sociétés utilisent des drones de différents modèles pour réaliser des prises de vues aériennes à grande échelle ; drones sur lesquels sont montés des appareils photo numériques (APN) commerciaux, plus ou moins modifiés ou adaptés à leurs besoins.

Le poids de ces appareils, lorsque l'on vise une résolution et une qualité d'image suffisantes, impose l'utilisation de drones de grande dimension, et donc plus coûteux à mettre en œuvre. D'où le besoin d'une

caméra ultra-légère, qui même dans le cas où on disposerait de ces drones de grande dimension, permettrait d'en augmenter l'autonomie, ou de multiplier les bandes spectrales ou les angles de vue par l'utilisation de plusieurs caméras.

Par ailleurs, la photogrammétrie terrestre a, elle aussi, des besoins non satisfaits en termes de caméras. Si les appareils photos du commerce conviennent la plupart du temps, il leur manque en général quelques fonctionnalités, comme notamment la possibilité d'être commandés à distance (au bout d'une perche ou dans des endroits peu accessibles), éventuellement sans fil. Pour toutes les applications photogramétriques, la présence de capteurs d'orientation relativement précis (accéléromètres et gyromètres), et de localisation précise (GPS phase) serait un réel atout pour faciliter la gestion des chantiers et accélérer les phases de mise en place des couples stéréoscopiques, et pour éviter la dérive des phases d'aérotriangulation sur certains chantiers linéaires (digues, falaises).

On a clairement l'expression d'un besoin d'une caméra avec des caractéristiques techniques spécifiques : faible masse, capacité photogrammétrique, commande à distance, mesure inertielle...

## 2. Le contexte IGN

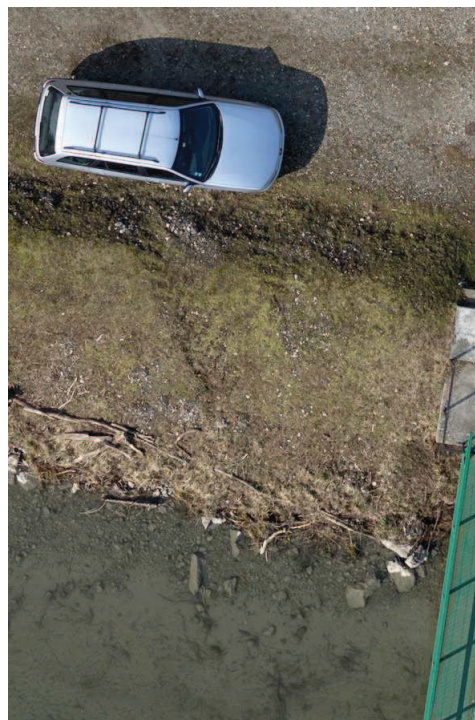
Le Laboratoire d'Opto-Electronique, Métrologie et Instrumentation (LOEMI) de l'IGN fabrique des caméras aériennes numériques depuis plus de quinze ans, et a donc acquis une expérience approfondie dans ce domaine (Souchon et al., 2010 ; Souchon et al., 2012). Grâce aux travaux menés au laboratoire sur les géocubes, nous avons aussi, une bonne connaissance des problèmes de miniaturisation, d'intégration du GPS et de gestion de capteurs type accéléromètres. Bien que la photogrammétrie terrestre à l'IGN reste une application relativement marginale, nous restons néanmoins en contact avec les milieux qui la pratiquent. Il nous a donc semblé que le LOEMI était bien placé pour entamer le développement d'une caméra numérique ultra-légère, destinée principalement à la prise de vue sur drone, mais visant aussi certains aspects de la prise de vue terrestre. La Direction Technique de l'IGN a acquis un drone hexacopteur de Mikrokopter (**Figure 1**) pour la réalisation de certains travaux d'expertise (**Figure 2**). De plus, une personne du Service des Activités Aériennes de l'IGN a acquis l'aptitude au pilotage de ce type de drone. Il sera donc très intéressant d'interfacer notre nouvelle caméra avec ce nouveau vecteur aérien.



**Figure 1** : hexacopteur de la société Mikrokopter utilisé à l'IGN

La mise à jour de la couche Occupation des Sols du Référentiel Grande Echelle (RGE) de l'IGN serait grandement facilitée par une acquisition à l'aide de nos nouvelles caméras. On pense dans ce cas synchroniser plus d'une dizaine de caméras ultra-légères pour concevoir une caméra super-spectrale qui constituera une réelle innovation ayant les avantages d'une caméra hyper-spectrale (haute résolution spectrale) sans en avoir les inconvénients (fauchée réduite/mauvaise résolution spatiale) (Adeline et al., 2013). Cet outil serait particulièrement bien adapté puisqu'il permettrait d'atteindre une résolution spatiale compatible, en profitant des vols de la prise de vue départementale traditionnelle et donc sans surcoût.

On a donc un contexte à l'IGN propice au développement d'un nouvel instrument attendu tant par le Service de Recherche en sciences de l'Information Géographique (SRIG) que par une partie de la production.



**Figure 2** : extrait d'une image acquise par l'IGN sur une digue du Rhône avec un Sony RX1 monté sur hexacopteur

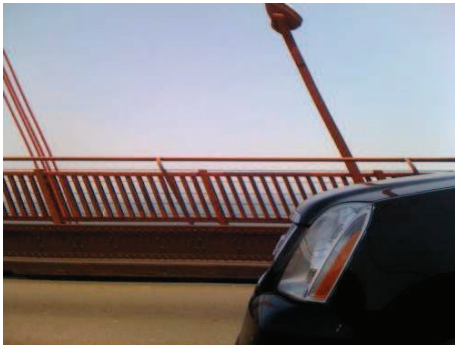
## 3. Choix techniques

**Une caméra ultra-légère.** En 2011, lorsqu'a débuté le développement d'une caméra ultra-légère pour drones, nous avons fait un inventaire des drones existants et de leur charge utile pour en déduire les masses critiques à viser. Afin de pouvoir utiliser des drones type hexacopteur sans trop entamer leur autonomie, nous nous sommes fixé une masse de 300g, optique comprise, pour la configuration minimum de la caméra.

**Un capteur CMOS 20 megapixels.** Dès lors, nous nous sommes orientés vers une caméra sans obturateur mécanique et donc vers un capteur CCD interligne ou un capteur CMOS. Dans le cas de ce dernier nous avons très vite écarté la technologie dite "rolling shutter" aboutissant à une déformation de l'image dans le cas d'un mouvement de la caméra ou du sujet photographié. D'ailleurs, lorsqu'un tel capteur CMOS est intégré dans un APN comme le Sony RX1, il est couplé avec un obturateur mécanique afin d'éviter les effets visibles sur les **Figures 3** et **4** de la page suivante. L'implémentation sur les capteurs CMOS d'un "global shutter" comparable à l'obturateur électronique d'un CCD interligne est la solution pour que ces CMOS soient compatibles avec nos applications aéroportées. Pour départager à l'époque le CCD interligne 29 megapixels TrueSense Imaging KAI-29050 et le CMOS 20 megapixels CMOSIS CMV20000, un critère a été déterminant : la cadence d'acquisition visée. En effet, nous pensons qu'une cadence de 10 images/seconde est souhaitable si on ne veut pas se limiter à des drones à faible vitesse de déplacement pour faire de la photogrammétrie centimétrique. Dès lors le CMV20000 et ses 30 images/seconde s'imposent face au KAI-29050 et ses 4 images/seconde. Ce CMOS a 5120 colonnes pour 3840 lignes.



**Figure 3** : effets indésirables d'un rolling shutter dans le cas d'un objet mobile (source : internet[1])



**Figure 4** : effets indésirables d'un rolling shutter dans le cas d'une caméra mobile (source : internet[2])

**Le Zynq-7030, un SoC+FPGA, composant central de notre électronique.** Le choix du "cerveau" de la caméra a été dicté par le choix du CMV20000 et de ses 16 sorties LVDS à la fréquence de 480MHz. Il nous fallait un CPU associé à un FPGA (Field-Programmable Gate Array) afin de pouvoir gérer ces 16 liens rapides. Nous avons trouvé sur le marché une famille de composants réunissant les deux types de composants : un SoC (System on Chip basé sur un ARM double cœur) + FPGA. C'est la famille Zynq-7000 de la société Xilinx et plus particulièrement le Zynq-7030. Ce composant permet la gestion de mémoires RAM DDR3, et de nombreux périphériques : Gigabit ETHERNET, USB2.0 (+ On-The-Go), lecteur de cartes SD, UART, SPI, I2C.

**Une caméra autonome pour la sauvegarde des données.** L'absence d'un ordinateur d'acquisition et de sauvegarde, extérieur à la caméra via un lien type Firewire ou CameraLink, est un atout, peut-être encore d'avantage pour les applications terrestres qu'aéroportées. Cela permet par exemple de coupler aisément la caméra à un laser tournant sans souci de passage de câble. C'est pourquoi, à terme le Zynq-7030 pourra gérer la sauvegarde des images sur un composant iSSD, une mémoire flash avec interface SATA de 128 Goctets distribuée par SanDisk. La vitesse d'écriture sur cet iSSD devrait nous permettre une cadence de sauvegarde d'un peu plus de 10 images/seconde en pleine résolution d'image (20 megapixels) et la cadence nominal du capteur de 30 images/secondes en mode sous-échantillonné par 4. A noter qu'il existe des SD Card de capacité équivalente voire plus grande mais avec des vitesses d'écriture inférieures.

**Un positionnement et une orientation connus.** Actuellement, en utilisant un APN du commerce, nous

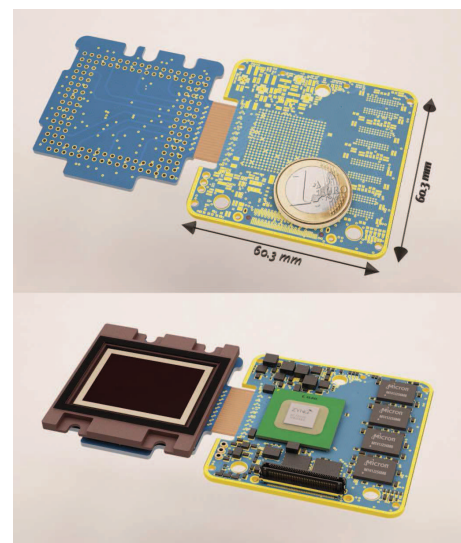
n'avons pas d'information sur le positionnement du sommet de prise de vue ainsi que sur l'attitude de la caméra. Un composant électronique implanté sur la carte électronique de l'étage imageur va constituer l'IMU de la caméra. Ce module de mesure inertielle, comprenant un accéléromètre et un gyroscope 3 axes chacun, va nous permettre de connaître le niveau des vibrations au moment de l'acquisition des clichés et d'avoir une connaissance approchée de la direction de visée. Un module de réception GNSS sera, lui, implanté sur un étage supplémentaire de la caméra et permettra alors une mesure de la position des sommets de prises de vues.

**Un système modulaire.** On vise le plus large choix possible en termes d'objectifs et de filtres utilisables avec notre caméra. Nous avons d'ores et déjà prévu d'interfacer les objectifs de la série M de Leica, même si ceux-ci seront réservés aux applications terrestres en raison de leur poids. D'autres objectifs à monture Leica M et moins lourds existent sur le marché et seront testés.

#### 4. Une structure modulaire

La structure de notre caméra sera modulaire avec plusieurs configurations dictées par le type d'usage, terrestre ou aérien. Dans le cas aérien, les configurations varieront suivant la capacité d'emport des drones et leur capacité à alimenter ou non la caméra.

**La configuration minimum** appelée "étage imageur", sans autonomie énergétique et sans autre lien de communication vers l'extérieur qu'une synchronisation possible avec d'autres caméras. Dans ce cas, l'électronique reçoit l'alimentation de la part du drone ce qui peut avoir un impact sur l'autonomie de celui-ci. L'électronique tient sur une unique carte en flex-rigid (**Figure 5**), ce qui permet de la replier sur elle-même pour un encombrement réduit (**Figures 6**). Elle comprendra, entre autres, le CMOS, le SoC+FPGA, la RAM, l'iSSD et le module de mesure inertielle. Dans cette configuration minimale, le déclenchement est automatique à intervalle régulier du décollage à l'atterrissage de la caméra.



**Figure 5** : vue en images de synthèse de la carte électronique de l'étage imageur de notre caméra





**Figure 6** : vue en images de synthèse de l'étage imageur sans optique

**Le module batterie (Figure 7)**, pourra être ajouté pour des drones associés ayant une charge utile plus importante. Il comprendra la gestion de la batterie simple ou double capacité (respectivement 2100mAh et 4000mAh) et de son chargeur, mais également une interface WIFI permettant d'avoir une interface graphique de gestion de la caméra, la gestion du refroidisseur et éventuellement un composant pour le positionnement GNSS. Avec ce composant et l'interface WIFI, on peut imaginer deux modes de déclenchement. Le premier mode sera basé sur l'exploitation des données de positionnement pour un déclenchement automatique de la prise de vues à l'approche des sommets du chantier saisis au préalable au sol. On aura alors recours à un FMS (Flight Management Software) pour la saisie du plan de vol qu'on rentrera ensuite dans la caméra. Le second mode de déclenchement envisagé sera basé sur l'envoi des ordres de déclenchement depuis le sol via l'interface WIFI. Etant donnée la consommation supposée de la caméra on devrait avoir une autonomie d'une heure avec la batterie simple capacité et de deux heures en configuration double capacité.



**Figure 7** : vue en images de synthèse de l'association étage imageur-module batterie, sans optique

**Le module interface (Figure 8)**, permettra lors de l'utilisation de notre caméra au laboratoire d'exploiter toutes les interfaces prévues par le Zynq-7030. Ce troisième étage comprendra un port Ethernet et un connecteur micro USB pour la liaison USB2.0 avec On-The-Go. Ce dernier permettra de connecter directement un disque à la caméra pour sauvegarder les données en externe, si on ne les décharge pas à l'aide de la liaison Gigabit ETHERNET. Ce connecteur servira également à recharger les batteries du module batterie. Le module interface sera également doté d'un connecteur pour la synchronisation de plusieurs têtes : on essaiera d'utiliser la même interface et le même boîtier d'alimentation-synchronisation qu'avec les caméras v2.



**Figure 8** : vue en images de synthèse de la configuration laboratoire (association étage imageur-module batterie-module interface), sans optique

**La configuration avion (Figure 9)**, sera une variante de la configuration étage imageur + module batterie + module interface. Dans ce cas les caméras seront alimentées par l'avion et on n'aura par conséquent aucun besoin de batterie. On ne gardera en fait que la partie gestion du refroidisseur du module batterie et l'intégralité du module interface. Ce module, comme son nom l'indique sera adapté à la juxtaposition-synchronisation de N caméras à bord d'un avion IGN par exemple. On pense particulièrement à leur utilisation dans le cadre d'un instrument super-spectral.



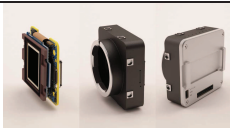
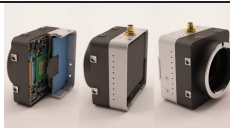


**Figure 9** : vue en images de synthèse de la configuration avion (association étage imageur-module avion), avec une optique Leica

Cette structure à étages permettra d'adapter notre caméra aux applications : à la version la plus légère adaptée à l'usage avec un drone léger permettant d'alimenter la caméra, s'ajouteront les autres pour les usages moins exigeants en terme de poids, mais demandant plus d'ergonomie, ou pour les utilisations en laboratoire (voir **Tableau 1** page suivante).

## 5. Performances attendues

Le passage d'une technologie CCD à une technologie CMOS n'est pas sans conséquence sur les performances attendues pour notre caméra.

**La fin du TDI.** La compensation de filé électronique par TDI (Time Delayed Integration) utilisée jusqu'ici avec nos caméras CCD ne pourra plus être implémentée dans la caméra légère. Le mode d'acquisition de l'image par le capteur CMOS et de lecture de cette image vers l'électronique de la caméra n'est plus compatible avec le décalage ligne par ligne de l'image sur le capteur durant le temps d'exposition, principe de fonctionnement du TDI. Or la compensation de filé s'avère très utile voire indispensable lorsque le pixel sol

	 <b>Etage imageur</b>	 <b>+ module batterie</b>	 <b>+ module interface</b>	 <b>Config° avion</b>
<b>Mode de Déclenchement</b>	Automatique, périodique au décollage, ou synchronisé	Commandé à distance ou par FMS	Commandé à distance ou par FMS ou par liaison ETHERNET	Synchronisation avec caméras avion gérées par FMS
<b>Alimentation</b>	Externe par drone ou batterie	Batterie interne (1 ou 2 h d'autonomie)	Batterie interne (1 ou 2 h d'autonomie) ou alimentation externe	Par avion via un boîtier d'alimentation-synchronisation
<b>Applications visées</b>	Drones légers	Drones	Laboratoire ou application terrestre	Avion : application super spectrale

**Tableau 1. Récapitulatif des caractéristiques de chaque configuration envisagée**

devient très résolu, comme lors des acquisitions sur drones, ou lorsque l'on veut allonger le temps d'exposition pour travailler avec des fenêtres spectrales étroites, comme dans le cas d'un instrument super-spectral. Il faudra donc à l'avenir pallier cette absence liée au passage au CMOS. Dans un premier temps, notre caméra sera utilisée lors de missions diurnes sur des drones à vitesse réduite type hexacopteur en attendant que le problème soit résolu.

**Une cadence d'acquisition élevée**, à 30 images/s, va contribuer à l'avenir à contourner ce problème. Un gain incontestable lorsqu'on passe du CCD au CMOS, réside en effet dans le nombre d'images maximum que le capteur peut acquérir chaque seconde. Nous nous situons au-dessus des performances des CCD interlignes, pour lesquels la cadence d'acquisition avoisine les 5 images/s pour des capteurs de taille comparable au CMV20000. Même si, comme mentionné précédemment, la vitesse d'écriture sur le iSSD nous ramènera à une acquisition-sauvegarde d'environ 10 images/s, le CMV20000 permet d'acquérir 30 images/s et nous pourrions compter sur cette cadence d'acquisition au niveau du Zynq-7030. Pour une image sauvegardée finale, on envisage d'acquérir plusieurs images à temps d'exposition assez court pour ne pas comporter de filé ou d'autres bougés. La puissance de calcul et de traitements du Zynq-7030 devrait nous permettre en exploitant ces images et intégrant les données du module de mesure inertielle et du composant GNSS, de compenser le filé, mais également tous les mouvements parasites du vecteur ainsi que les effets de dérive éventuelle.

La cadence d'acquisition élevée va nous permettre également d'optimiser la radiométrie des images acquises. Nous pourrions en effet optimiser le temps de pose pour une meilleure dynamique en faisant plusieurs images de la scène avec des temps de pose croissants et en ne sauvant que l'image pour laquelle l'histogramme est optimal. Il est envisageable de procéder au même type d'acquisition pour fabriquer ensuite une image composite en High Dynamic Range (HDR) : les zones très sombres seront issues de l'image au plus long temps de pose, celles à fort albedo de l'image au temps de pose le plus court.

**Une nouvelle manière de lire le capteur.** Tout d'abord, il est possible lors de l'acquisition de l'image par le CMOS d'avoir une fonction de réponse à la

lumière linéaire par morceaux afin d'éviter de saturer les zones claires tout en optimisant le remplissage des pixels correspondant à des zones sombres : c'est le mode *High Dynamic Range* du capteur. Cela aboutit à une courbe de réponse à la lumière proche d'une courbe en gamma, avec deux points d'inflexion, alors que cette courbe est linéaire pour un CCD. Ce mode d'acquisition ne sera toutefois pas utilisé en application aéroportée puisqu'il équivaut à des temps d'exposition différents suivant les pixels et leur niveau d'éclairement. Le signal vidéo d'un capteur CCD matriciel se lit de la première à la dernière ligne sans discontinuité avant d'être acheminé vers l'électronique de conversion analogique/numérique. Avec un capteur CMOS, pour limiter le volume de données acquises ou pour augmenter la cadence d'acquisition on peut choisir de ne lire qu'une partie du capteur (windowing) dans la direction des colonnes. On peut ainsi lire qu'une partie des 3840 lignes du CMOS. On peut lire jusqu'à 8 sous-images par cycle de lecture. Ce mode de lecture partiel, fort utile pour le zoom numérique des caméras, présente l'inconvénient de ne pas conserver le champ maximum de la caméra. Mais il pourra être utile dans le futur en cas de stabilisation intelligente de l'acquisition au niveau du CMOS avec l'intégration des données inertielles.

On pourra bien sûr sous-échantillonner les images pleine résolution au niveau du Zynq-7030 et acquérir ainsi un flux vidéo très haute définition (2560 x 1920) à 30 images/s. Mais on peut également augmenter la fréquence trame du capteur CMOS en réduisant le volume de données acquises, en le programmant pour un mode de lecture sous-échantillonné. On peut par exemple lire une ligne sur 2 et au final sauver une image 4 fois moins volumineuse afin d'atteindre des cadences d'acquisition plus rapide que 30 images/s.

**Les caractéristiques radiométriques** des CMOS sont réputées moins bonnes que celles des CCD matriciels en termes de dynamique d'acquisition et de rapport signal à bruit (S/B). A la lecture des performances du CMV20000, le puits de potentiel des pixels à 15000 électrons semble nous conforter dans cette idée (en guise de comparaison, le CCD KAF-39000 des caméras v2 de l'IGN a un puits de potentiel de 60000 électrons). Toutefois on peut également lire que ce CMOS à une dynamique de 66 dB ce qui correspond à environ 2000 niveaux de gris et est tout à fait comparable avec les caractéristiques de nos caméras CCD. Du coup le faible puits de potentiel du CMOS se

révèle plus être un atout, dans notre situation où aucun TDI n'est possible, puisqu'on ne remplira de toute façon jamais le puits de potentiel maximum des pixels sans compensation de filé. Par contre les images seront plus bruitées qu'avec un CCD avec un fort puits de potentiel, puisque le nombre de charges incidentes sera moins élevé.

## 6. Caractéristiques attendues

Même si nous en sommes à une phase de recette-modification de l'électronique de l'étage imageur, nous pouvons nous avancer sur quelques caractéristiques clés de la caméra ultra-légère (Tableau 2).

Capteur CMOS	
Modèle – Fabricant Obturbateur Format Format d'image Numérisation des pixels Cadence d'acquisition pleine résolution Temps de pose min.	CMV 20000 - CMOSIS Electronique : global shutter 24 x 36 mm 5120 x 3840 pixels de 6.4 x 6.4µm <sup>2</sup> 12 bits en sortie de CMOS 30 images/s 94 µs
Alimentation	
Tension d'alimentation en entrée Consommation Capacité batterie Autonomie	5 – 36 V ~ 6 W Simple : 2100 mAh – Double : 4000 mAh 1 ou 2 h suivant module batterie et l'usage
Performances électronique	
Cadence d'acquisition-sauvegarde Format vidéo (@30 images/s) Capacité de sauvegarde Compression des données Positionnement GNSS Données orientation	~ 10 images/s à pleine résolution 2560 x 1920 pixels 128 Go 12 bits → 8 bits par application d'une LUT dans le FPGA suivant configuration oui
Caractéristiques mécaniques	
Dimensions étage imageur (en cm) Masse étage imageur	7 x 7 x 4 ~ 120 g
Caractéristiques optiques	
Objectifs Domaine spectral	Interchangeables : monture Leica M, à focale fixe CMOS Bayer ou N&B avec filtres interchangeables

Tableau 2. Caractéristiques-clés attendues pour la caméra ultra-légère

## 7. Conclusions

Le Zynq-7030 devrait nous permettre d'implémenter de nombreux outils à l'intérieur de la caméra. Notre but est de fournir une plateforme d'acquisition et de traitements d'images avec de nombreuses possibilités offertes pour la recherche. Les activités des chercheurs sur cet outil viendraient enrichir ses fonctionnalités. Les fonctionnalités de base seraient implémentées par le LOEM. On pense par exemple à une stabilisation d'image, à une compression optimisée 12 bits - 8 bits au niveau du FPGA, à un sous-échantillonnage à la volée des images pour avoir une cadence d'acquisition et de sauvegarde permettant un flux vidéo en 30 images/s. Un autre objectif à terme sera de trouver un industriel pour la fabrication de ces caméras en série. Un avantage des CMOS par rapport aux CCD qui n'a pas été cité dans cet article est la plus grande facilité à les remplacer par un autre CMOS plus petit ou plus grand du même fabricant sans grand changement au niveau du SoC FPGA. On envisage ainsi de faire une caméra encore plus petite donc encore plus légère avec un CMOS de CMOSIS plus petit : par exemple le CMV2000 et ses 70 images/s qui ouvrirait la voie à d'autres champs d'exploration...

## Références

[1] : <http://www.ptgrey.com/support/kb/index.asp?a=4&q=115>

[2] : <http://ongardie.net/blog/twin-peaks/>

Adeline K., Le Bris A., Coubard F., Briottet X., Paparoditis N., Viallefont F., Rivière N., Papelard J.-P., David N., Déliot P., Duffaut J., Poutier L., Foucher P.-Y., Achard V., Souchon J.-P., Thom C., Airault S., Maillot G., 2013. Description de la campagne aéroportée UMBRA : étude de l'impact anthropique sur les écosystèmes urbains et naturels avec des images THR multispectrales et hyperspectrales : Urban Material characterization in the sun and shade of Built-up structures and trees and their Retrieval from Airborne image acquisitions over two French cities (UMBRA), Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, n°202 : 79-92

Souchon J.-P., Thom C., Meynard C., Martin O., Pierrot-Deseilligny M., 2010. *The IGN CAMv2 System*,

Photogrammetric Record, Volume 25, Number 132 :  
402-421

Souchon J.-P., Thom C., Meynard C., Martin O., 2012.  
A large format camera system for national mapping  
purposes, Revue Française de Photogrammétrie et de  
Télédétection, n°200 : 48-53