CAMLIGHT

Une caméra photogrammétrique ultra-légère et de haute résolution

LOEMI

Contexte

- Généralisation de l'usage des drones
- Un besoin d'acquisition images aériennes THR avec ces drones
- On veut faire de la photogrammétrie avec ces images

- Plus généralement, besoin d'une caméra légère photogrammétrique avec stockage interne pour applications aéroportées ET terrestres

- Marché des APN déjà très mature mais limité aux applications grand public

Les différents drones

Drones légers *Drones lourds*

Modèle	Aile delta (LP960, eBee…)	hexakopter	Blimp 2C	Copter 4	Altimum 4
Charge utile	~ 350 g	1 kg	900 g	10 kg	4 kg
Autonomie	25' – 45'	20-30'	1h	1 h 30'	6 h
Hvol max.	~ 1000 - 1500 m	~ 350 m	150 m	2500 m	4000 m
Vitesse (km/h)	20-80	0-50	0	0-36	70-130
Rayon d'action	3 à 5 km	1 km	captif	10 km	> 100 km

Les pré-requis pour un usage photogrammétrique

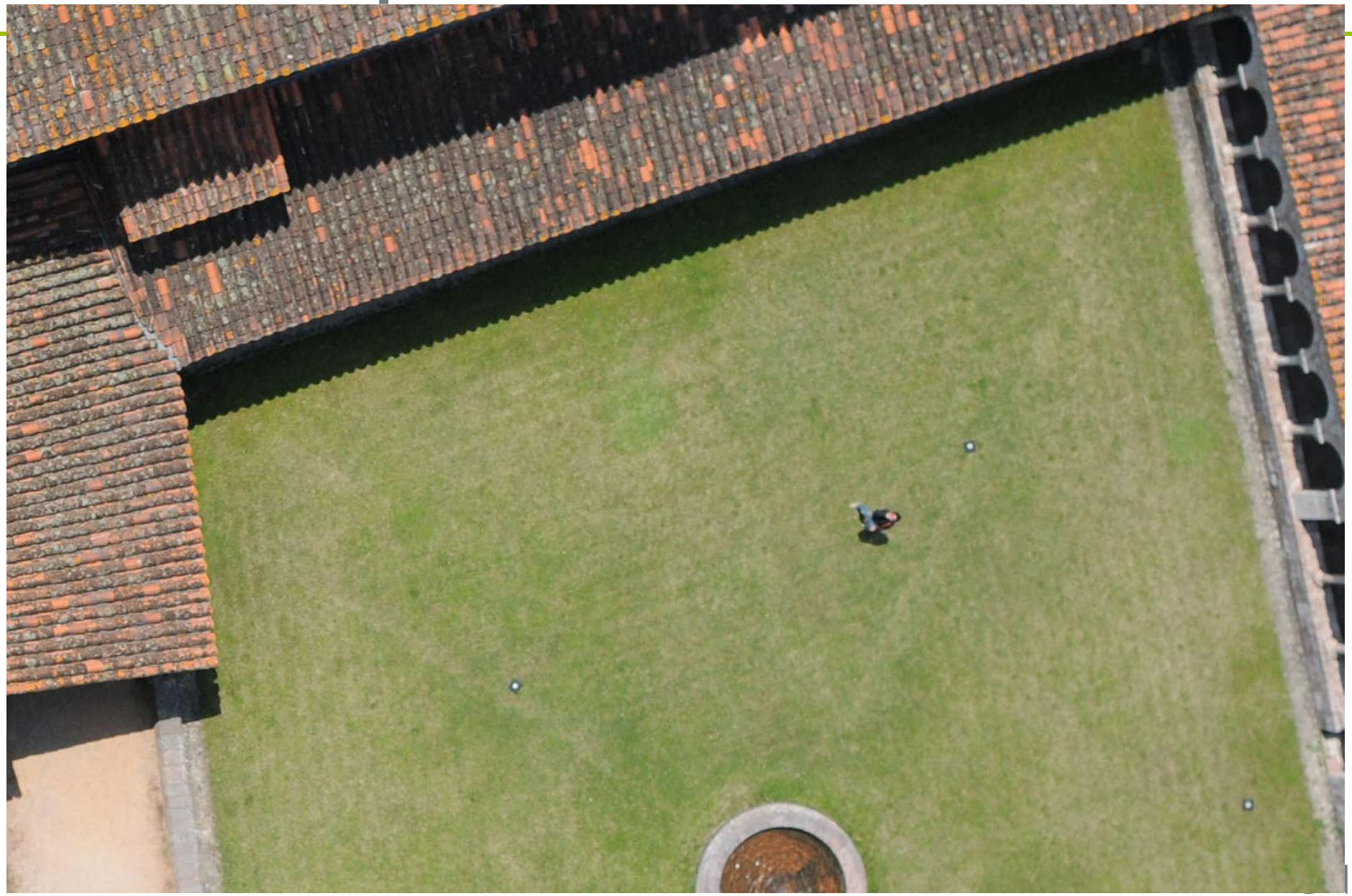
- **Des images aux déformations modélisées et reproductibles**
  - Une netteté acceptable dans tout le champ de l'objectif
  - Des aberrations modélisées et corrigées par étalonnage
- **Des cadences d'acquisition élevées :**
  - 10 img/s permet de ne pas se limiter aux quadri ou hexa-copter pour stéréoscopie centimétrique
  - en photogrammétrie terrestre, aujourd'hui, beaucoup d'expérience en acquisition vidéo : 10 vraies img/s idéale pour ces applis
- **Des objectifs interchangeables à focales fixes**
- **Un format d'image non dégradé**
- **En option : connaissance position et/ou orientation caméra**

Qu’est-ce que la THR ?

- **Pour les satellites THR (or VHR) signifie 50cm**
- **Pour le vecteur aérien expériences IGN :**
  - Clermont-Ferrand à 8cm de pixel sol : mission pour le laboratoire MATIS
  - Golf d’Apremont (Oise) à 3cm de pixel sol : vol test caméra
- **Expériences IGN menées avec drones jusqu’ici : ~ 1cm pixel sol**
  - Survey Copter 4 + appareil Reflex Canon 12MPixels : Saint-Michel de Cuxa (mission MAP-CNRS)
  - Hexakopter + appareil Compact Sony RX1 24MPixels : relevé d’une digue plan Rhône (travail de thèse)

Qu’est-ce que la THR avec drone ?

Qu’est-ce que la THR avec drone ?

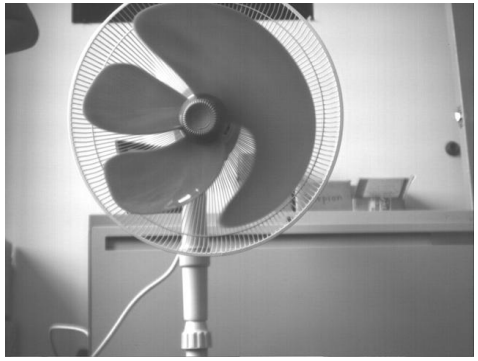


Qu’est-ce qu’on vise comme appareil ?

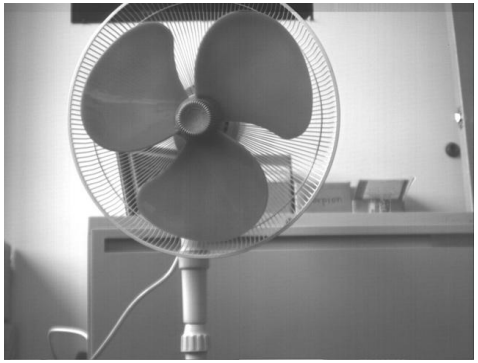
- **Quelle masse ?**
  - si > 2kg : besoin drone grande envergure plus couteux à mettre en œuvre
  - si < 1kg-1.5kg : adapté à drone léger (type Hexakopter) mais faible autonomie
  - si ~ 300g : adapté à tous les drones et autonomie plus grande

Qu'est-ce qu'on vise comme appareil ?

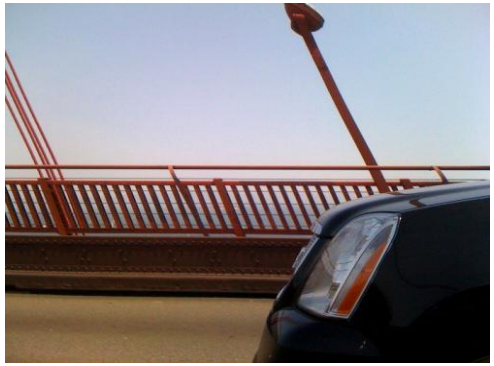
- **Quel capteur ?**
  - CCD full frame : cadence plus faible et besoin obturateur
  - CCD interligne : plus besoin d'obturateur, conviendrait…
  - CMOS avec rolling shutter : à proscrire si mouvement scène ou appareil
  - CMOS avec global shutter : conviendrait



Rolling shutter



Global shutter



Rolling shutter

Qu’est-ce qu’on vise comme appareil ?

- **Analyse de l’existant en CCD interligne :**
  - CCD Truesense Imaging KAI-29050 (6576x4384 pixels) intégré dans au moins 2 caméras industrielles :

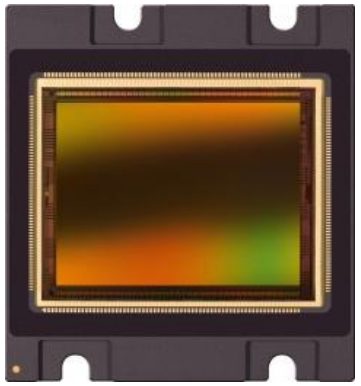
- Illunis RMV 29M : 417 g sans optique – 4.8 img/s max.

- IMPERX-ICL B6640 : 360 g sans optique – 4.65 img/s max.

MAIS aucun moyen de sauvegarde interne

Qu’est-ce qu’on vise comme appareil ?

- **Analyse de l’existant en CMOS avec global shutter :**
  - En 2011 : un CMOS 20MPixels avec global shutter chez CMOSIS : le CMV20000 (5120x3840 pixels) avec cadence max. à 30 img/s



  - En 2013 : un CMOS 25MPixels avec global shutter chez ON Semiconductor : le NOIV1SN025KA (5120x5120 pixels) avec cadence max. à 53 img/s

Qu’est-ce qu’on vise comme appareil ?

- **Exemple du Sony RX1 :**

  - Appareil Compact Numérique
  - Capteur CMOS 24,3MPixels
  - Objectif indémontable 35mm avec obturateur central : Carl Zeiss® Vario Sonnar® F2,0/35mm
  - Masse : 482g
  - Rolling shutter MAIS mise en route après fermeture obturateur
  - Cadence max. continue d’acquisition : 0.6 img/s

Bonnes performances et assez bonne qualité image

MAIS absence de caractéristiques clés : cadence rapide, objectifs amovibles, connectique pour déclenchement…

Qu’est-ce qu’on vise comme appareil ?

- **Exemple de customisation du Sony RX1 :**

  - besoin de déclenchement à distance avec interface de l’Hexakopter sur la mission du plan Rhône
  - ouverture du RX1 pour y brancher deux fils nécessaires à la commande à distance

Caractéristiques attendues

On vise :

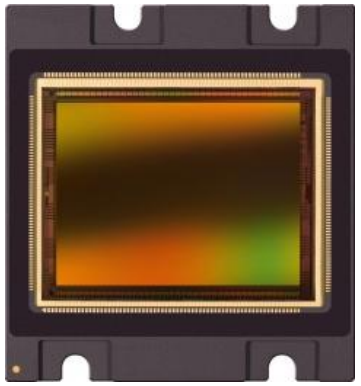
- caméra haute résolution et haute cadence : CMOS CMV20000
- caméra ultra-légère : masse ~300 g optique comprise
- caméra autonome pour sauvegarde : iSSD
- mesure inertielle intégrée

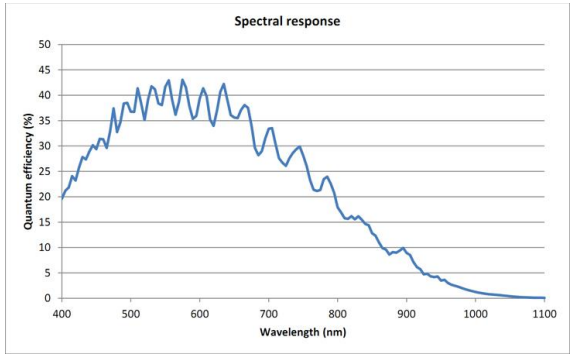
Suivant les applications et les configurations étendues adaptées

- caméra autonome en énergie : batterie intégrée
- possibilité mesure GPS intégrée
- possibilité de commande à distance

Le capteur : CMOS CMV20000

- 20 MPixels : 5120 colonnes x 3840 lignes
- Pixel : 6.4µm x 6.4µm
- 16 sorties LVDS @480MHz
- Cadence maximale : 30 image/s
- 12 bits/pixel
- Existe en version N&B et en version Bayer
- Format 24 x 36
- Possibilité fenêtrage et sous-échantillonnage
- Global shutter
- Réponse spectrale compatible avec nos bandes spectrales traditionnelles



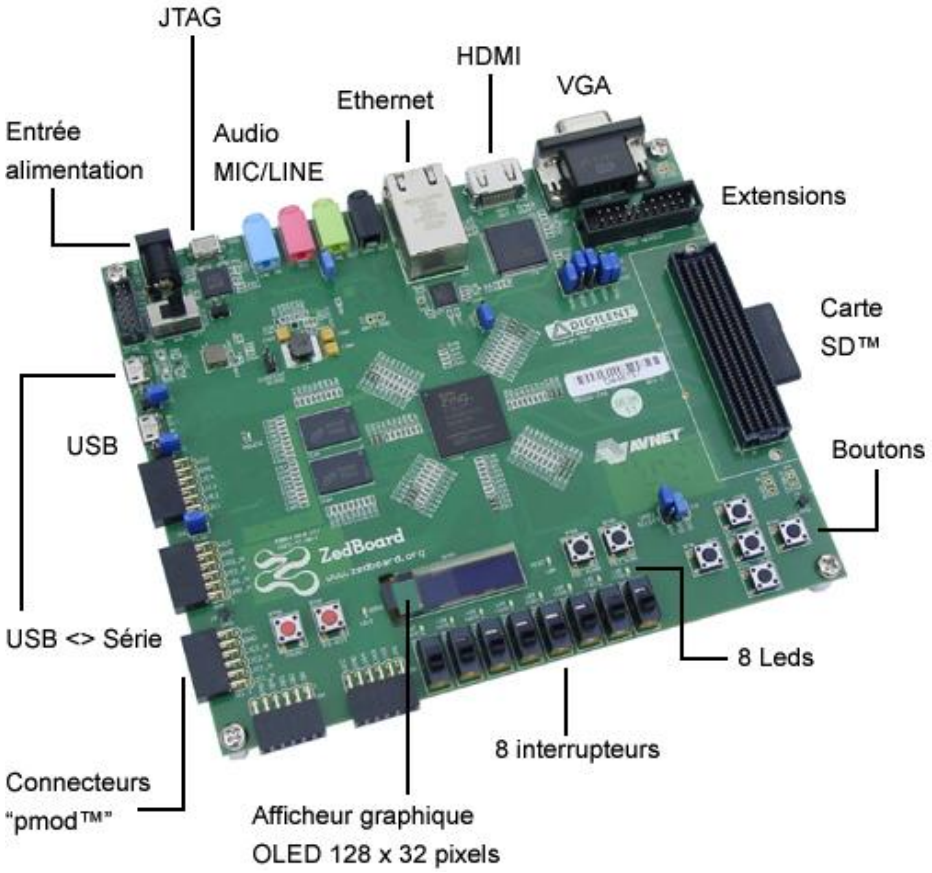


Le cerveau de la caméra : le SoC+FPGA ZYNQ-7030

- SoC(System on Chip)+FPGA (Field-Programmable Gate Array) de la société Xilinx
- SoC basé sur deux ARM® Cortex-A9
- Accès à de nombreux périphériques : GigaEthernet, USB2.0 (+On-The-Go), lecteur cartes SD, UART, SPI, I2C
- Utilisation mémoire RAM DDR3
- Boîtier BGA 484 pins 23mm x 23mm

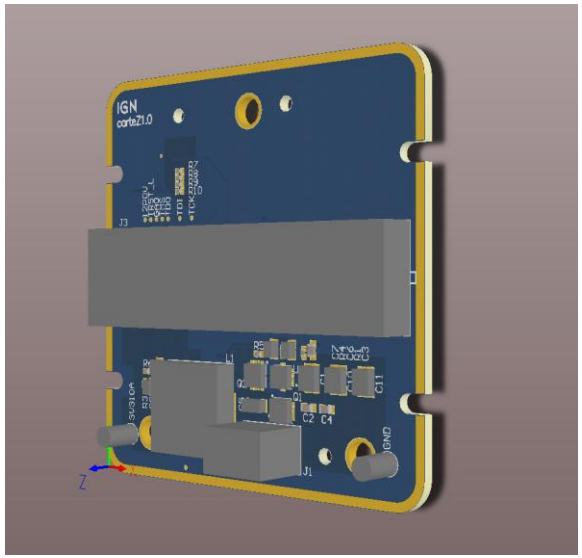
Phase1 de l'AR CAMLIGHT : Prise en main Xilinx

- Acquisition d'une ZedBoard (base de développement pour composants programmables Xilinx Zynq™-7000)

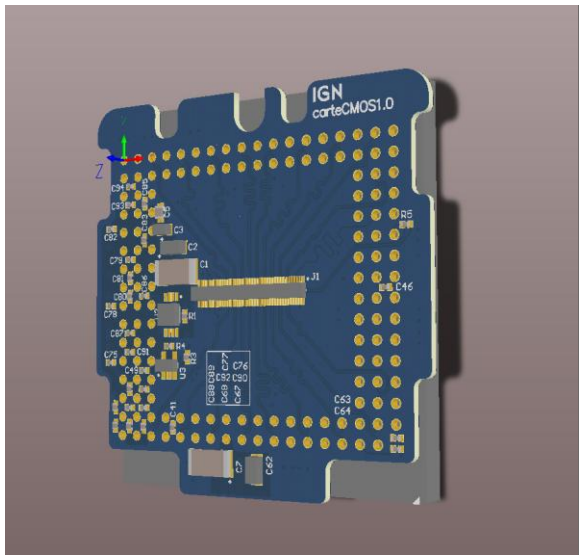


Phase1 de l'AR CAMLIGHT : Prise en main Xilinx

- Acquisition d'une ZedBoard (base de développement pour composants programmables Xilinx Zynq™-7000)
- Fabrication CarteCMOS et CarteZ et interfaçage avec ZedBoard



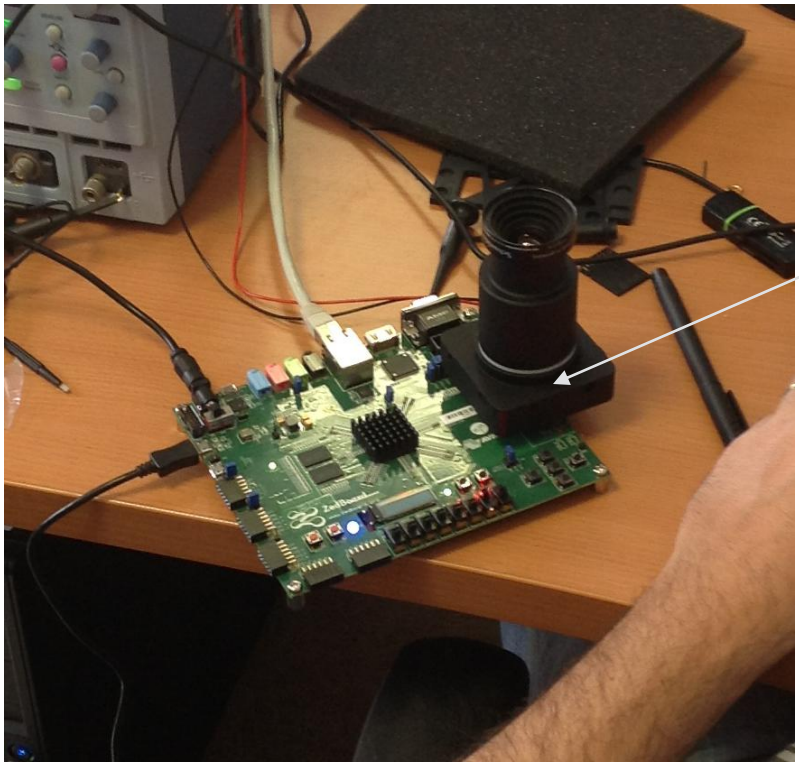
CarteZ



CarteCMOS

Phase1 de l'AR CAMLIGHT : Prise en main Xilinx

- Acquisition d'une ZedBoard (base de développement pour composants programmables Xilinx Zynq™-7000)
- Fabrication CarteCMOS et CarteZ et interfaçage avec ZedBoard



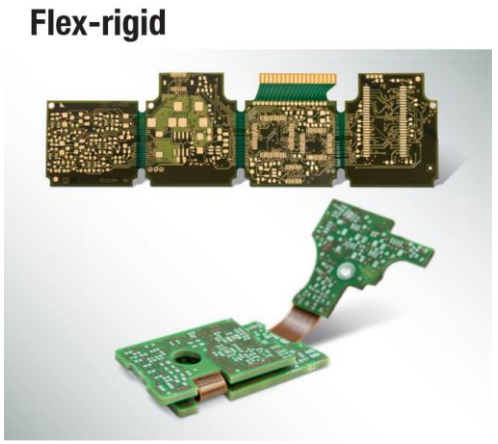
CarteCMOS et CarteZ montées dans prototype caméra

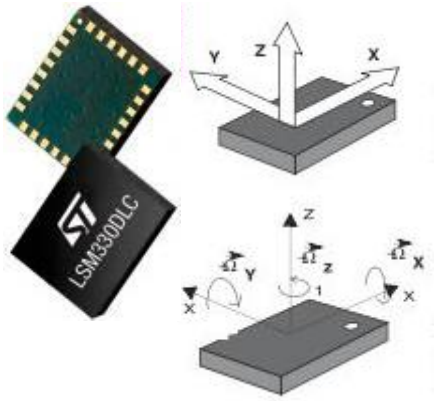
Phase1 de l'AR CAMLIGHT : Prise en main Xilinx

Phase2 de l’ AR CAMLIGHT : conception prototype caméra

Choix techniques

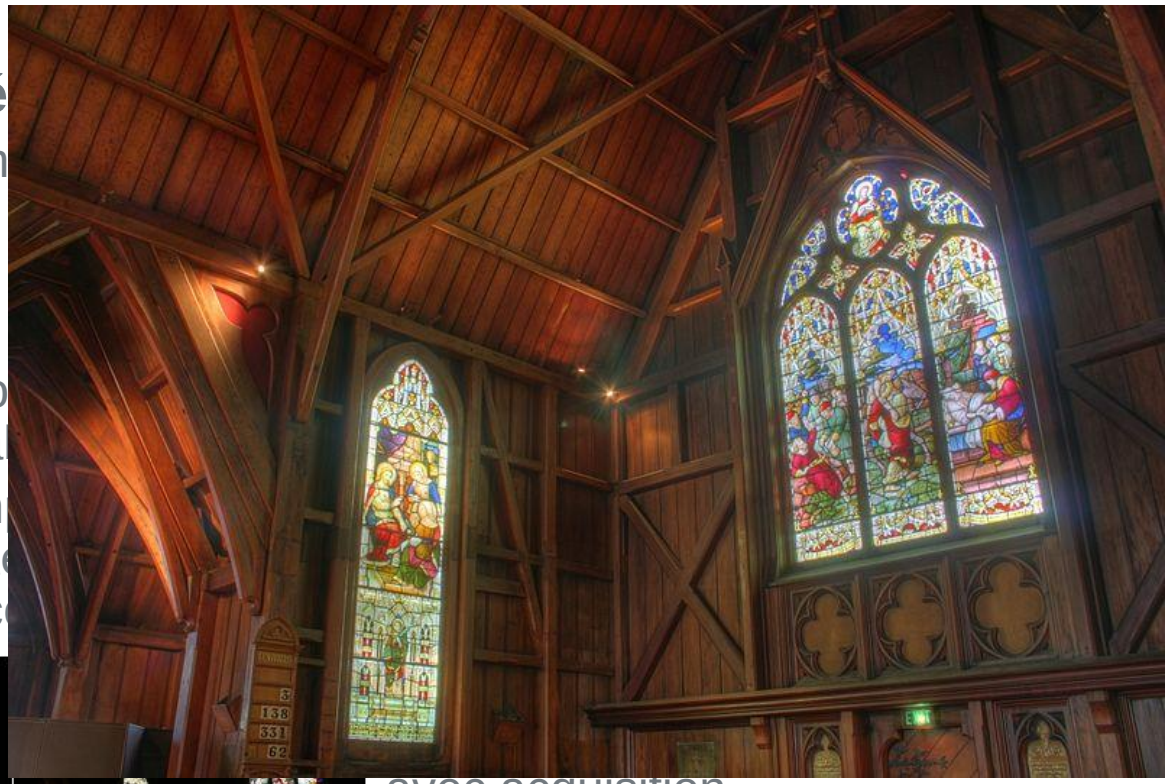
- **Sous-traitance cartes câblées**
- **Choix de cartes électroniques Flex-Rigid**
- **Optique :**
  - test des objectifs en stock au LOEMI et de leur compatibilité avec les micro-lentilles
  - interfaçage mécanique avec objectifs LEICA
- **Adoption d'une architecture à étages : plusieurs configurations en fonction du mode de fonctionnement**
- **Implantation d'un module de mesure inertielle au niveau du CMOS : accéléromètre et gyroscope 3 axes**
- **Conservation de l'interface d'alimentation-synchronisation des CAMv2**

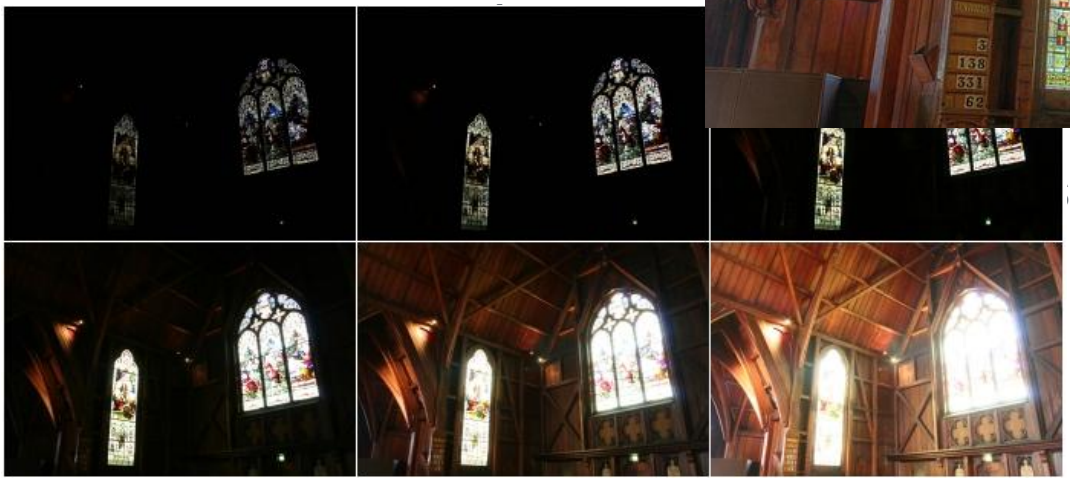




Perspectives

- **Exploitation des capacité**
  - stabilisation image en tem
    mémoire
  - stabilisation image temps
    module inertiel
  - étude possibilité corrélatio
    et acquisition vidéo pour ha
  - nouvelle méthode de com
    rafales d'images sans filé (t
    superposition dans image c

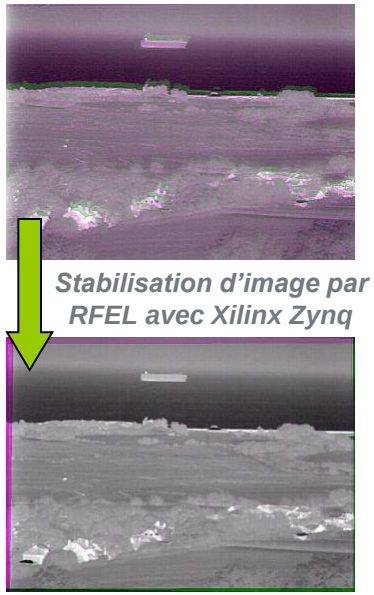




avec acquisition
recalage

Perspectives

- **Exploitation des capacités de traitements du Zynq :**
  - stabilisation image en temps réel avec plusieurs images en mémoire
  - stabilisation image temps réel avec apport des données du module inertiel
  - étude possibilité corrélation temps réel pour MNE "à la volée" et acquisition vidéo pour habillage de ce MNE
  - nouvelle méthode de compensation de filé : acquisition de rafales d'images sans filé (temps de pose court) et superposition dans image composite finale sauvegardée
  - calcul instantané de statistiques sur image acquise : choix du temps de pose optimal à partir de plusieurs images
  - possibilités en HDR (High Dynamic Range) avec acquisition plusieurs images avec différentes poses puis recalage



Stabilisation d'image par RFEL avec Xilinx Zynq

Des outils existants et présents sur certains APN mais tous rassemblés sur une plateforme de recherche

Perspectives

- Exploitation de l'autonomie de la caméra du point de vue de la sauvegarde : pas besoin de câble ni de contacts tournants si on désire coupler notre caméra avec laser tournant par exemple
- Petite taille + interface alimentation-synchronisation CAMv2 : opportunité de faire des acquisitions super-spectrales (Nbre de canaux > 10) à bord d'un avion
- Possibilité d'acquisition d'un flux vidéo en mode 5 MPixels
- Une fois l'interfaçage CMOS-ZYNQ maîtrisé : passage aisé à des CMOS plus grands (beaucoup plus aisé que pour CCD)

Etat d’avancement de l’AR

- Fonctionnement actuel CMOS+ZedBoard : 12 img/s max
- Réception ZYNQ-7030 au laboratoire
- Sous-traitance électronique étage imageur début mai 2013

A court terme :

- Phase de prise en main du ZYNQ-7030
- Caméra "étage imageur" pour septembre-octobre 2013
- Parallèlement développement des cartes électroniques des étages supplémentaires

Conclusions

Merci