

Systèmes d'imagerie 3D flash LiDAR pour applications spatiales

Alexandre Pollini, Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique
Toulouse, 07.04.2013

atelier "**Systèmes embarqués d'imagerie 3D par laser**"

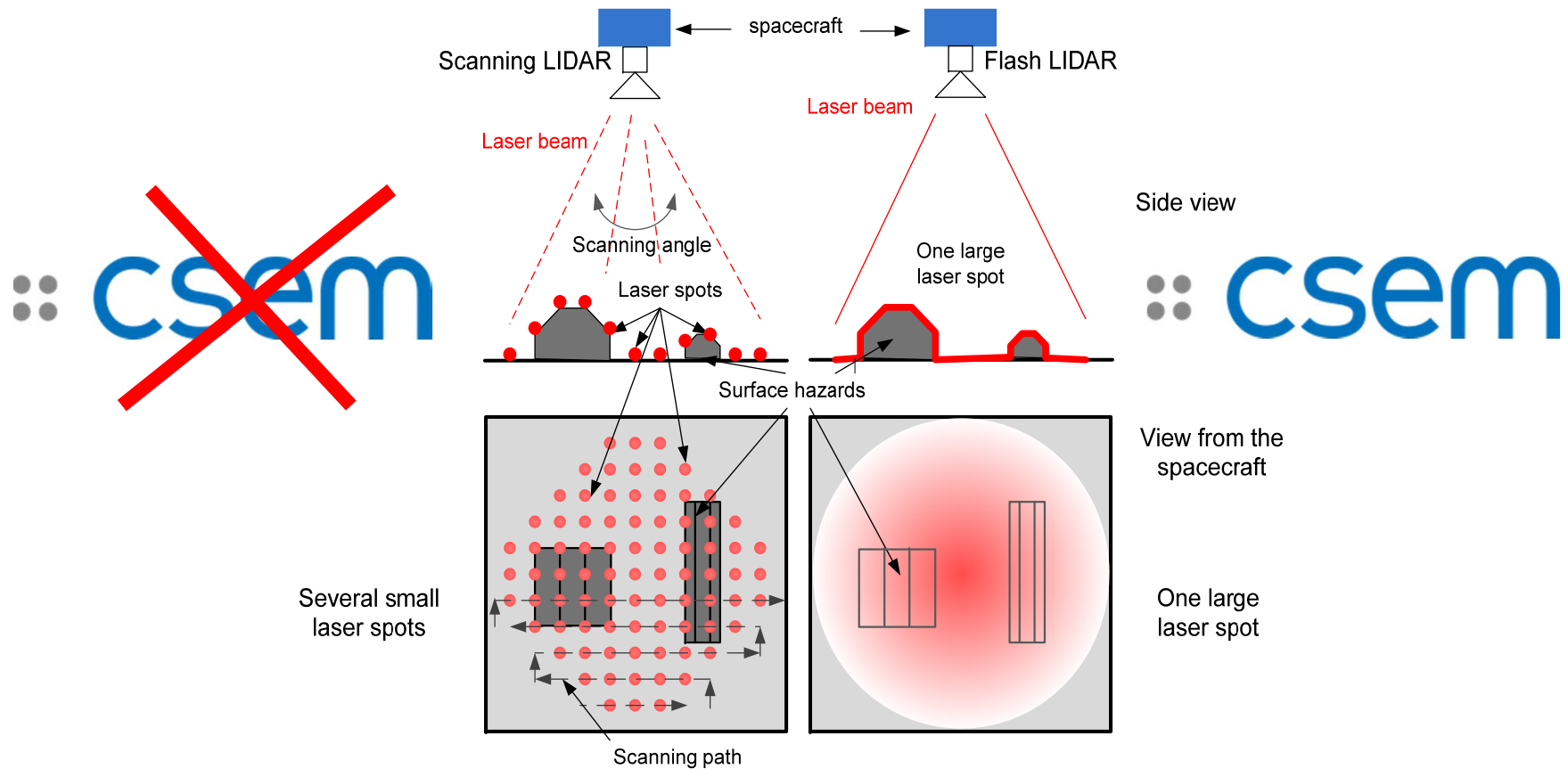
OPTIM ,
Fondation "**Sciences et Technologies pour l'Aéronautique et l'Espace**"

Présentation

- Flying-spot vs. flash imaging LiDAR
- Applications spatiales des flash imaging LiDAR
- Cahier des charges - missions réelles
- Architecture flash imaging LiDAR
- Approche du CSEM = hybrid flash imaging LiDAR
- Prototype FOSTERNAV

Flash Imaging LiDAR

- Par opposition au flying spot LiDAR ou scanning LiDAR



Le besoin: scenario de missions

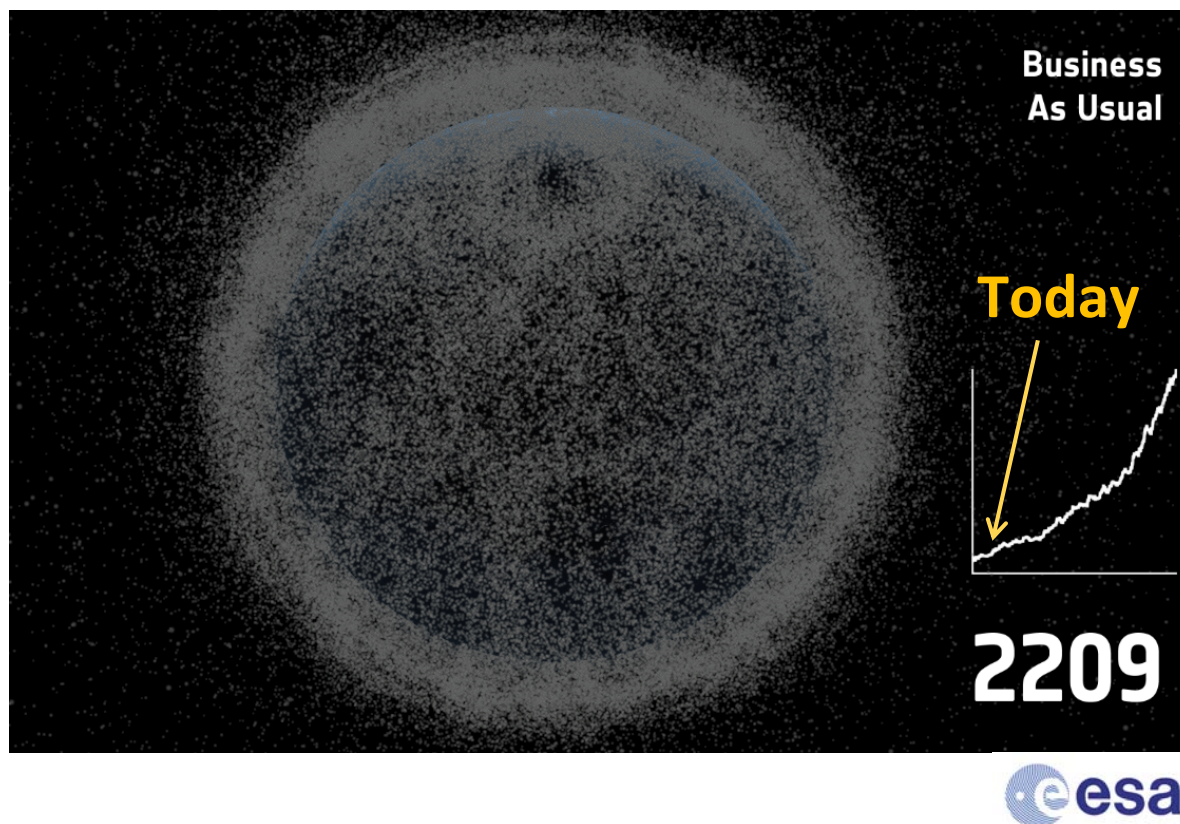
- Applications spatiales principales

1. Récupération automatisée des débris spatiaux → Mission en court de définition
2. Atterrissage doux sur des corps célestes → Recueil d'échantillon sur astéroïde

- Cahier des charges commun

- Navigation automatisée de **proximité** près d'**objets non-coopératifs**
- **Besoin = déterminer attitude + vitesse relative sonde-objet**
→ Extraites d'images 3D

Récupération automatisée des débris spatiaux



70% objets en GEO passifs

- 958 objets Jan.2013
(Space News Oct.28 2013)

12'000 objets surveillés

- De plus de 5cm en LEO
- De plus de 30cm en GEO
- 6% de satellites opérationnels
- 94% d'objets passifs
(2/3 résultant de fragmentations)

→ **Débris spatiaux = risque majeur pour les missions**

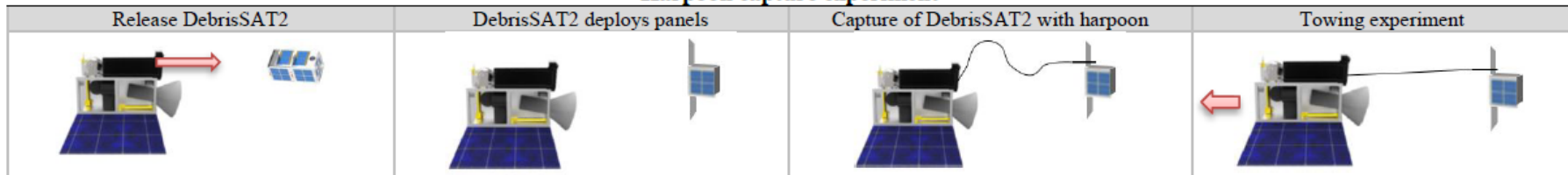
Cahier des charges, récupération automatisée de débris spatiaux

- projet RemoveDebris, FP7-SPACE, coord.: Surrey Space Center, Prof.V.Lappas
- Lancement 2015

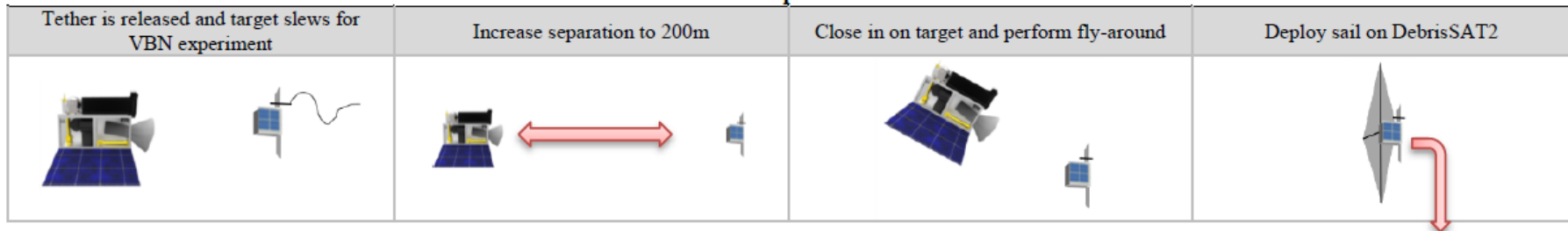
Net capture experiment



Harpoon capture experiment

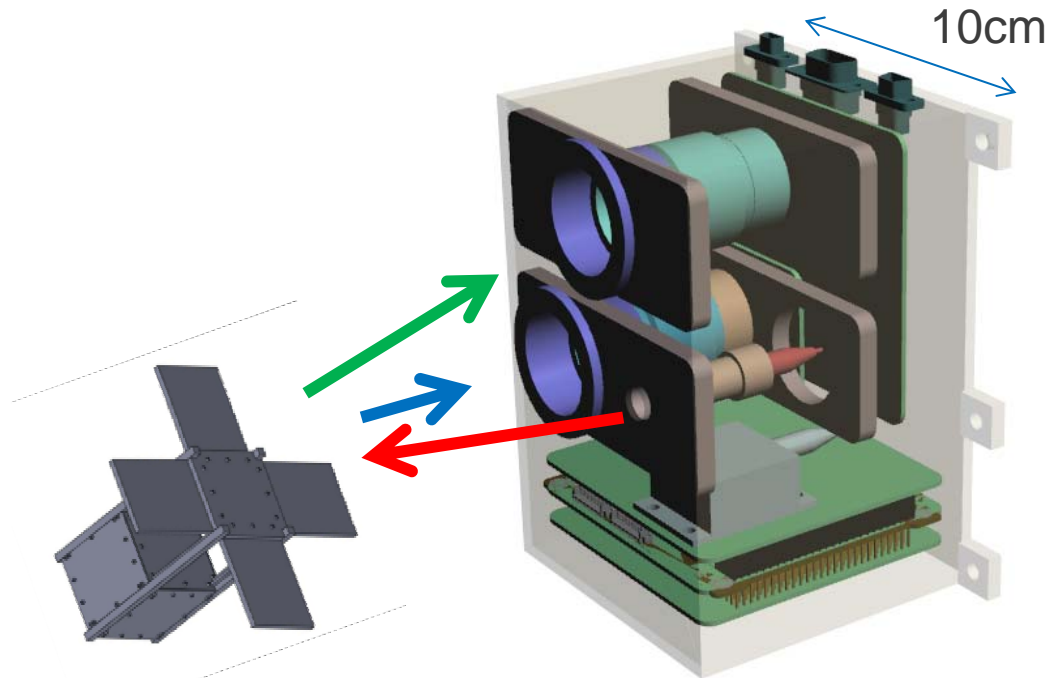


VBN experiment



Vision-based Sensor for RemoveDebris

- CSEM fournit le Visual Based Sensor (= caméra HR + flash imaging LiDAR)
- Airbus D+S Toulouse fournit algorithmique traitement d'image

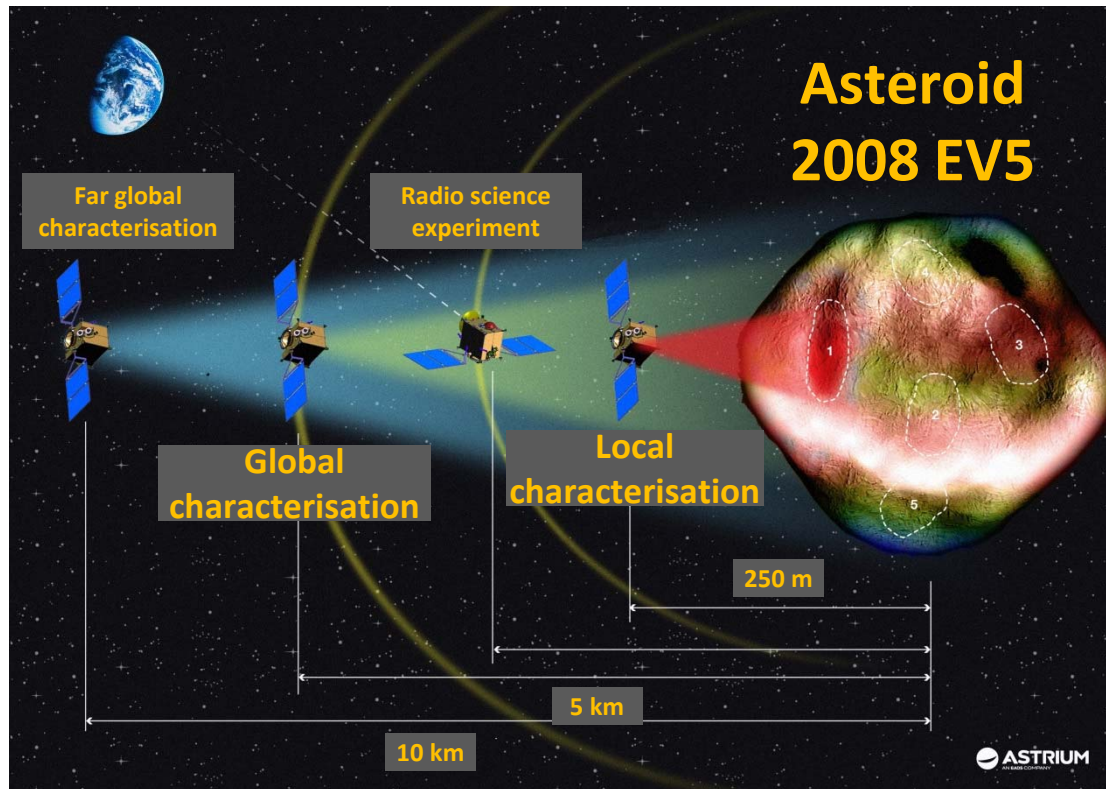


DebrisSat 2

1.5U cubesat

Paramètres	Valeur
Distance	20 - 200m
Précision en distance	+/- 0,1m
Asimut - Déclinaison	< 5°
Vitesse relative sonde-débris	0 cm/s – 10 cm/s
Vitesse angulaire	< 0.1°/s

Cahier des charges d'une mission sur astéroïde (MarcoPolo-R)

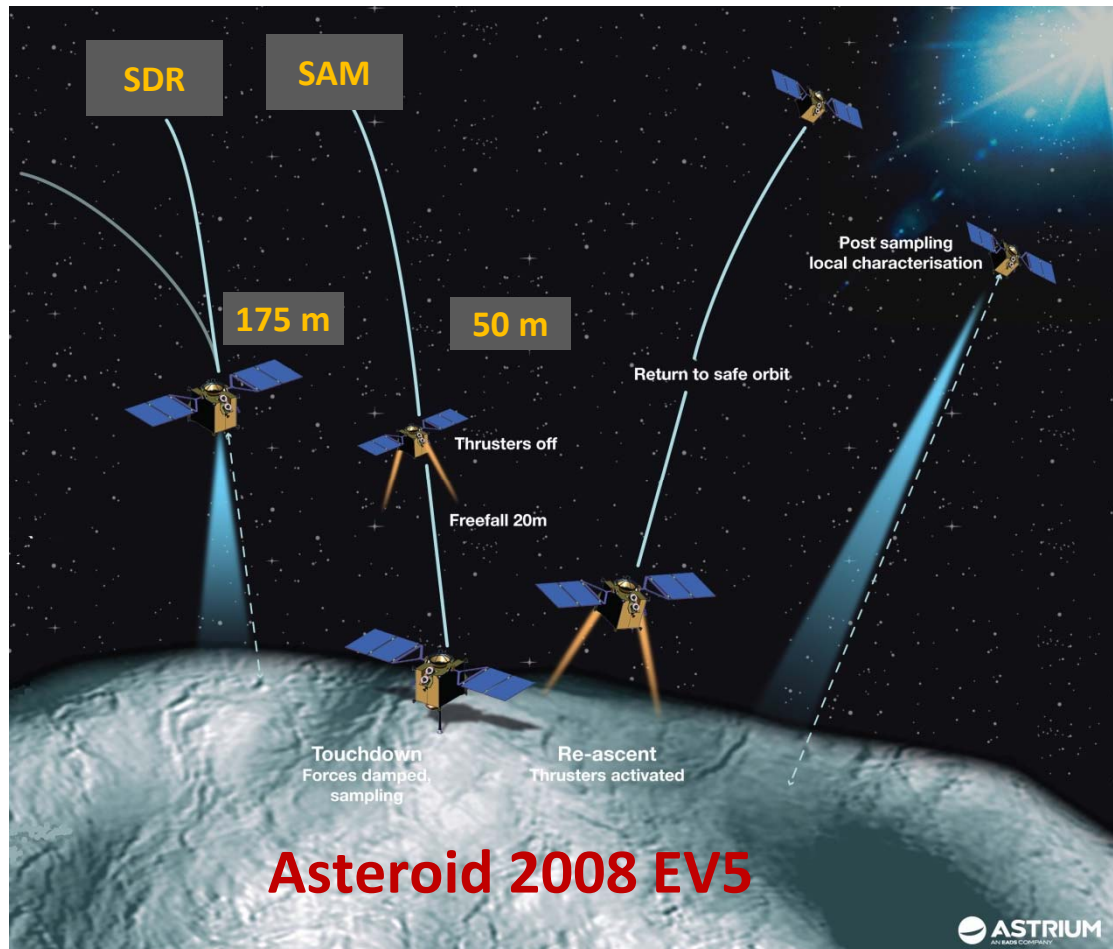


Courtesy: ESA, Astrium

- **Caractérisation globale**
 - $6000 > \text{distance} > 4000 \text{ m}$
 - Précision distance $< 1 \text{ m}$
 - Résolution $< 10 \text{ m}$
 - Fréquence de mesure $> 2 \text{ Hz}$
- **Caractérisation locale**
 - $300 > \text{distance} > 200 \text{ m}$
 - Précision distance $< 10 \text{ cm}$
 - Résolution $< 20 \text{ cm}$
 - Fréquence de mesure $> 2 \text{ Hz}$

Data from MarcoPolo-R Mission and System Requirements Documents

Navigation de proximité et atterrissage doux automatique



Courtesy: ESA, Astrium

- **Essais de descente**
 - 250 > range > 100 m
 - Précision distance < 5 cm
 - Résolution TBD
 - Fréquence de mesure > 2 Hz
- **Descente et atterrissage (5 fois)**
 - 100 > range > 5 m
 - Précision distance < 5 cm
 - Résolution TBD
 - Fréquence de mesure > 2 Hz

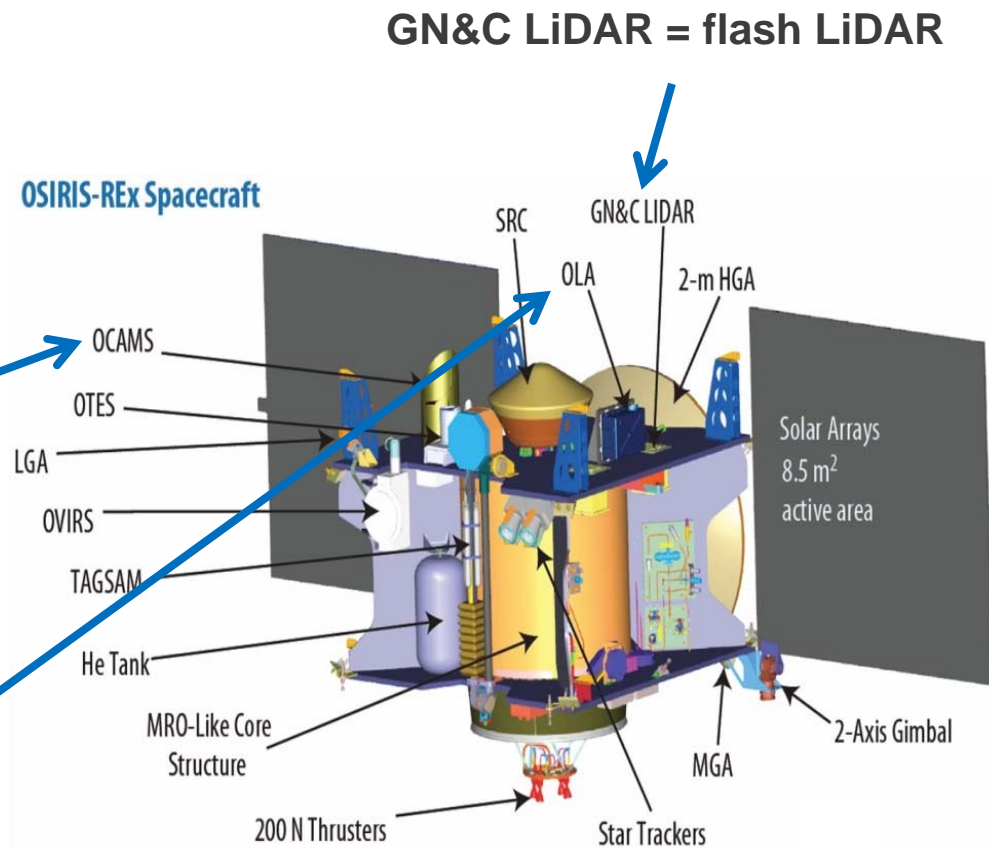
Data from MarcoPolo-R Mission and System Requirements Documents

Capteurs de vision pour une mission sur astéroïde

- **Mission: Osiris-Rex**
 - Mission américaine
 - Lancement en 2016, retour 2023
 - **Etat de l'art**,
combinaison de capteurs pour la navigation de proximité

- **OCAMS:** 3 cameras, inclus:
 - télescope de 8'',
 - caméras de haute-résolution

OLA: Osiris-Rex Laser Altimeter



<http://osiris-rex.lpl.arizona.edu>

LiDARs d'Osiris-Rex

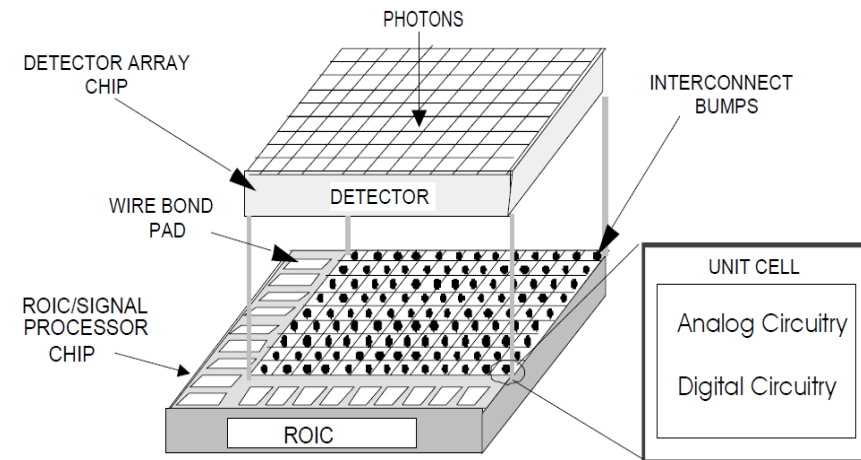
- OLA, scanning LiDAR

Performances	Valeur
Distance	0.5 - 7.5 km
Précision en distance	5 - 30 cm
Champ de vue	+/- 10°
Taille de la tâche laser	0.05 – 2 m

- GN&C LiDAR = flash imaging LiDAR

Résolution	128 x 128
Champ de vue	45° x 45°
Distance	Jusqu'à 1.5 km
Débit d'images	5 to 30 Hz
Puissance optique	2.5 to 7 mJ
Longueur d'onde	1570 nm
Température en op.	0 to 45 °C
Précision en distance	+/- 15 cm
Consommation	35 W
Poids	3 kg
Taille	112 x 132 x 119 mm ³

- Technologie détecteur TOF
InGaAs or HgCdTe APD array + CMOS ROIC



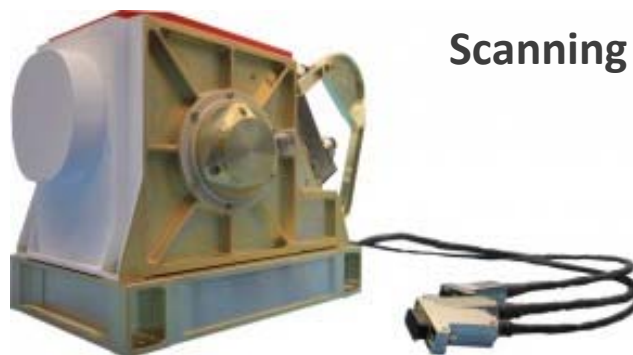
- Technologie onéreuse ...

Technologie Européenne la plus proche pour mission réelle

- Expérience de rendezvous avec un objet non-coopératif
- Prochaine mission ATV, Georges Lemaître
- Démonstrateur = LIRIS (Laser Infra-Red Imaging Sensors)



Caméra infra-rouge, Sodern

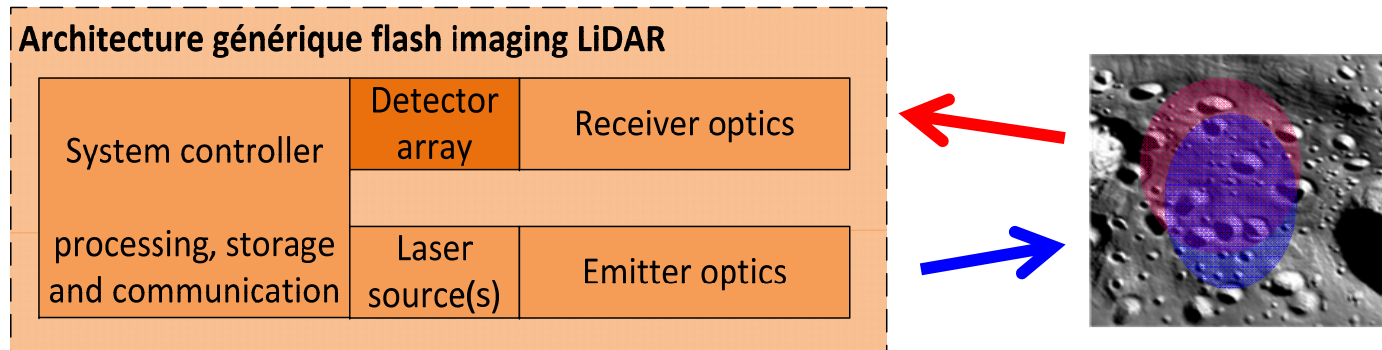


Scanning LiDAR, Jena Optronik

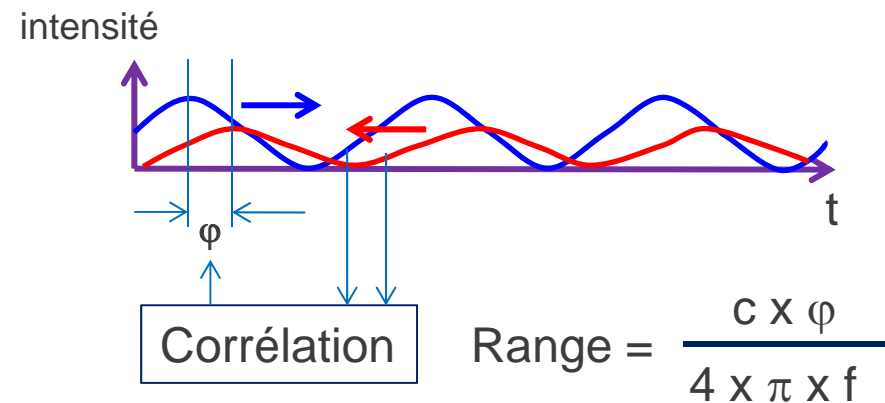
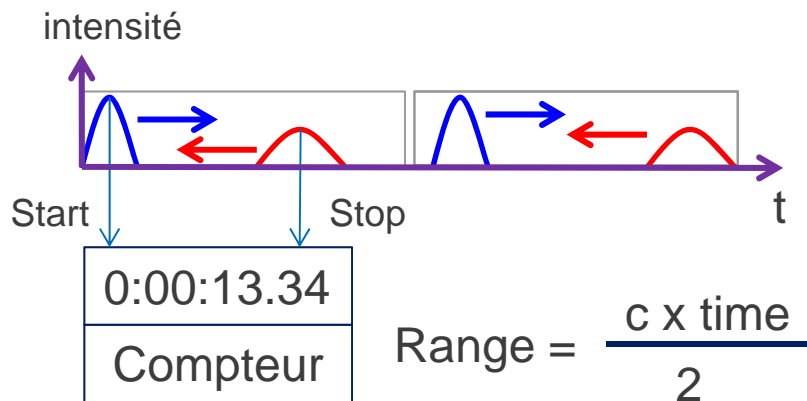
Distance	1 m to 5 km (avec 7-corner-cube)
Précision distance(3σ)	+/- 2 cm at 1 m and +/- 1 m at 5 000 m
Débit d'images	1 Hz (< 1 min in acquisition mode)
Champ de vue	20° x 20°
Précision angulaire	0.2°
Détecteur	N/A
Consommation	50 W
Poids	10 kg
Taille	N/A

Approche CSEM: architecture hybrid flash imaging LiDAR

- **Composant clé:** détecteur matricielle Time-Of-Flight (TOF)

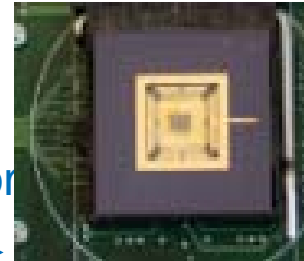
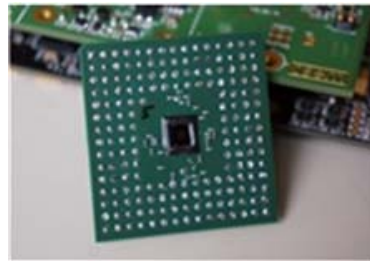


- 2 méthodes pour imagerie 3D: direct et indirect TOF

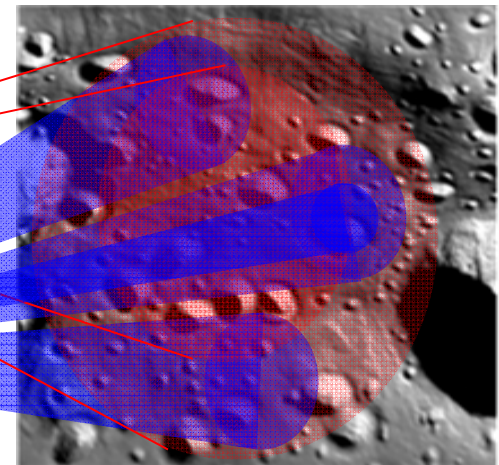
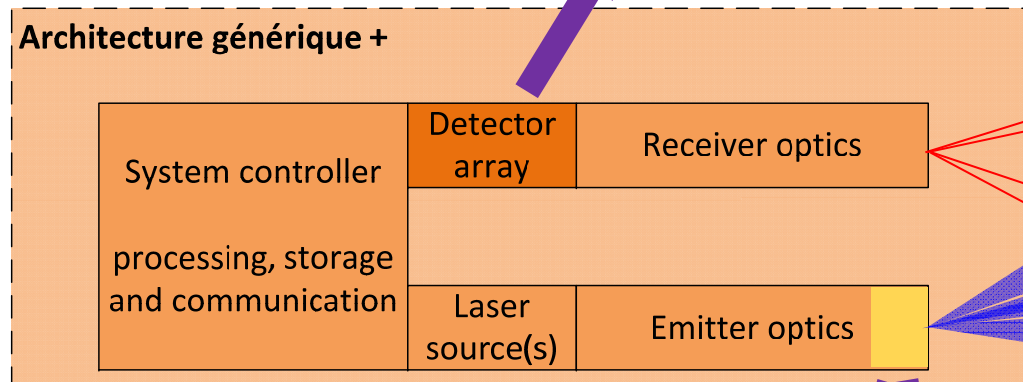


Hybrid flash imaging LiDARs du CSEM

Indirect TOF
CW-laser ← CMOS-IPPD

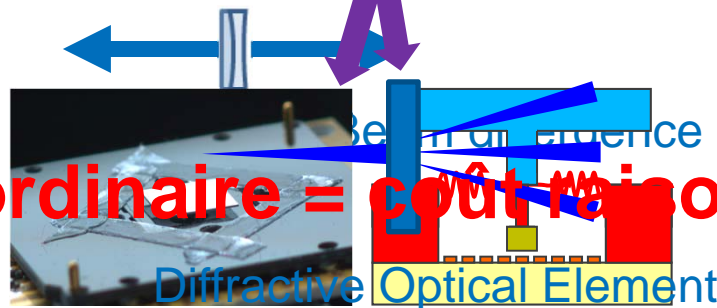


Direct TOF
CMOS-SPAD
↓
Q-switched μ pulse-laser

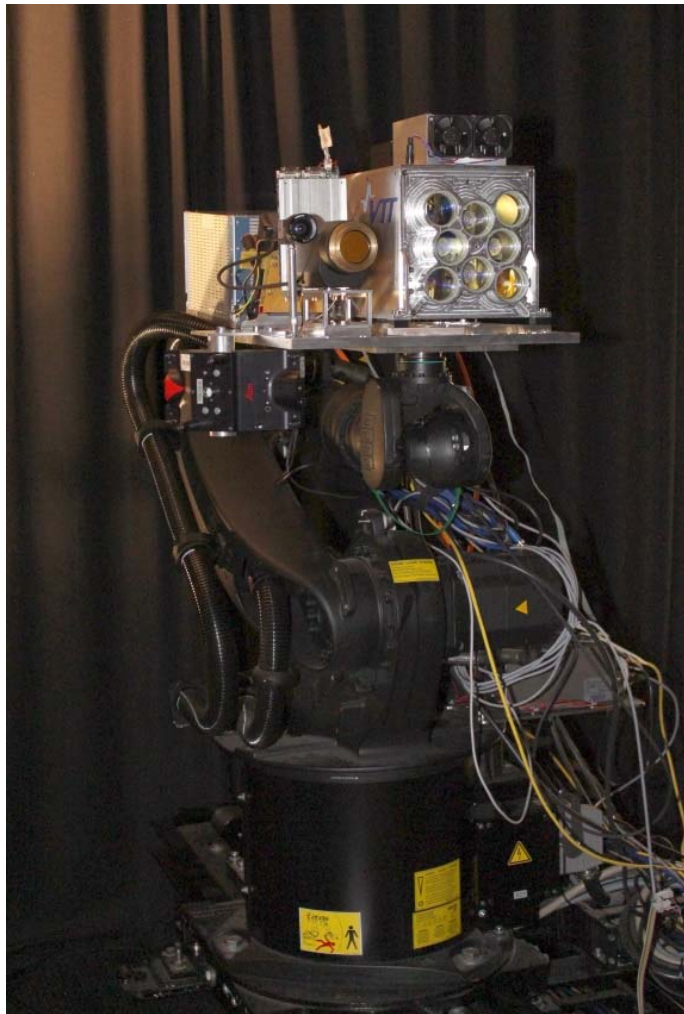


4 mm x 4 mm
MOEMS-mirror

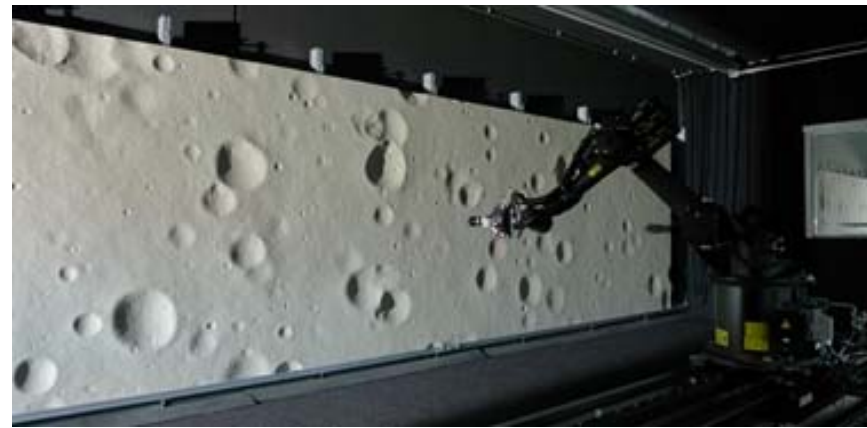
CMOS ordinaire = coût raisonnable



Prototype FOSTERNAV, projet space FP7



↕ 35cm



- Taille : 40 x 40 x 35 cm
- Consommation: une centaine de Watt
- 8 lasers, 4 avec divergence réglable
- Détecteur APS CSEM 240x232
0.18um CMOS with BPD option
- 808 nm

Nous engageons!

- Vous êtes dynamique-proactif,
- Vous connaissez les **systèmes d'imagerie active**
- Regardez: <http://www.csem.ch> jobs & careers
- Position: **R&D Engineer in Physics or Microengineering**

- **J'attend votre cv**
- Des questions sur le poste: **alexandre.pollini@csem.ch**

Merci pour votre attention !

Questions ?