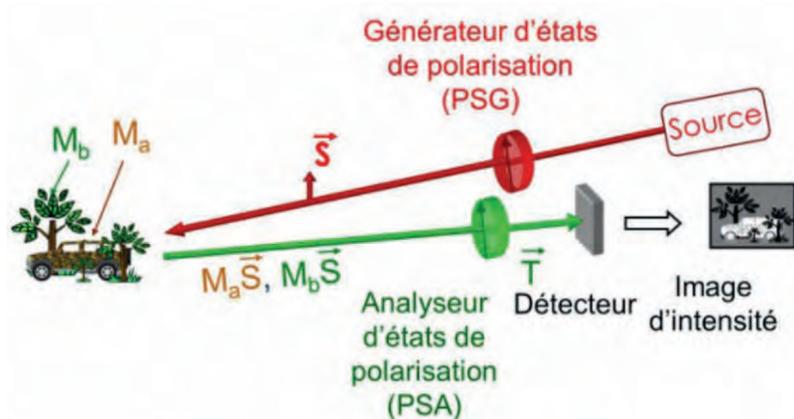


AUTOPOL - IMAGERIE DE POLARISATION AUTOMATISÉE

Révéler des contrastes invisibles à l'œil humain
et aux caméras classiques, pour des applications de décamouflage



PRINCIPE DE L'INSTRUMENT



EXEMPLE D'APPLICATION :

détection d'objets métalliques derrière un filet de camouflage



Image bande visible

Objets métalliques derrière un filet de camouflage



Image active d'intensité

dans le proche infra-rouge (1.5 μm)

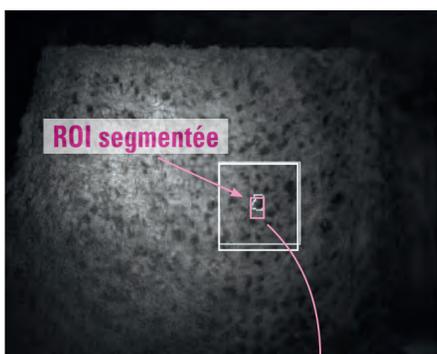


Image polarimétrique non optimisée :

Désignation d'une région d'intérêt (ROI) et segmentation

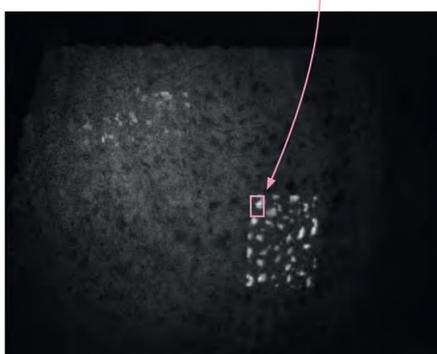


Image polarimétrique optimisée

Les objets métalliques apparaissent

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES DES TRAVAUX

- Conception d'un système d'imagerie polarimétrique actif permettant de révéler des contrastes invisibles dans les images classiques, panchromatiques ou multispectrales.
- Optimisation du contraste de l'image par contrôle en temps réel des états de polarisation d'illumination et d'analyse à l'aide de cellules à cristaux liquides.
- Système adaptatif piloté par des algorithmes de segmentation d'images polarimétriques ultra-rapides afin de s'adapter à la scène observée.

→ Conception d'un système d'imagerie global (imageur + traitement).

APPROCHE SCIENTIFIQUE

- Conception d'un démonstrateur d'imagerie polarimétrique active dans le proche infrarouge :
 - Illumination laser à 1.5 μm.
 - Portée de 10 m.
 - Contrôle des états de polarisation à 10 Hz.
- Conception d'algorithmes de segmentation d'images ultra-rapides (quelques millisecondes) adaptés aux images fortement bruitées.
- Intégration de l'imageur et des algorithmes, conception de stratégies de pilotage adaptatif du système.
- Validation sur des scénarios de décamouflage.
- Étude prospective sur d'autres applications, militaires ou duales.

PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS ET FAITS MARQUANTS

- Réalisation du premier imageur polarimétrique au monde à mettre en œuvre de manière conjointe des algorithmes de segmentation d'images et un système agile en polarisation.

PERSPECTIVES ENVISAGÉES

- Développement d'un système de plus grande portée, miniaturisé et robuste pour des tests en conditions réelles.

APPLICATIONS MARCHÉ

Les imageurs polarimétriques apportent une plus-value dans les applications de détection / identification quel que soit le domaine :

Défense : décamouflage

Civil : imagerie médicale et biologique

Dual : vision à travers les milieux diffusants.

CONTACT

Laboratoire Charles Fabry - François Goudail • francois.goudail@institutoptique.fr

DURÉE DES TRAVAUX

30 mois

PARTENAIRES

Laboratoire Charles Fabry (Equipe SPIM),
Institut Fresnel (Equipe PHYTI),
Thales Research and Technologies

NANOSTRUCTURES POUR LE FILTRAGE SPECTRAL

Un vitrail pour voir l'infrarouge en couleur

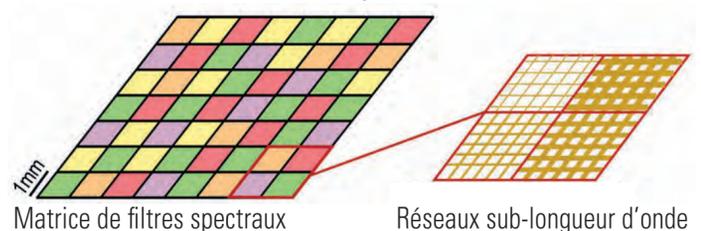
Thèse

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

Cette thèse traite du filtrage infrarouge à l'aide de composants structurés à l'échelle de la longueur d'onde, et de ses applications à l'imagerie multispectrale. Le projet propose ainsi de faire le lien entre les études amont (conception de réseaux sub-longueur d'onde et développement d'un procédé de nanofabrication) et les études applicatives (intégration dans un système optique complexe et mise en œuvre du démonstrateur). Concrètement, il s'agit de réaliser une matrice de filtres spectraux et de l'intégrer dans une caméra à architecture optique de type « multi-voies », inspirée de la vision animale. Ce système, en rupture technologique, permet ainsi de réaliser de l'imagerie multispectrale en temps-réel et donc d'analyser des phénomènes de courte durée.

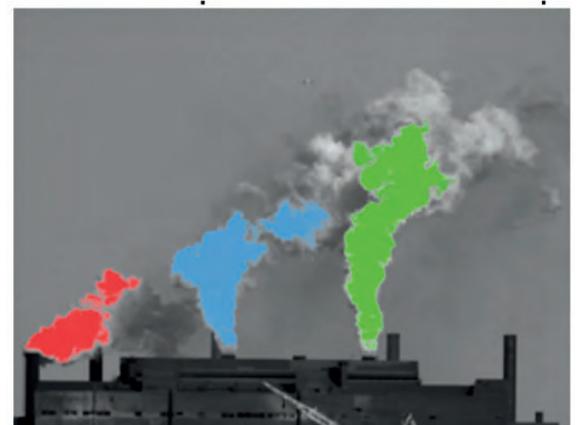
APPROCHE SCIENTIFIQUES

La réalisation d'une matrice de filtres spectraux est très difficile à réaliser avec des technologies classiques d'empilement de couches minces, notamment du fait des épaisseurs variables d'un filtre à l'autre. Les travaux ont ainsi permis de développer des composants dont la nanostructuration latérale permet d'ajuster la longueur d'onde à filtrer, et ce à épaisseur constante. La fabrication de 20 filtres présente ainsi une difficulté technologique équivalente à celle d'un filtre unique.



APPLICATIONS

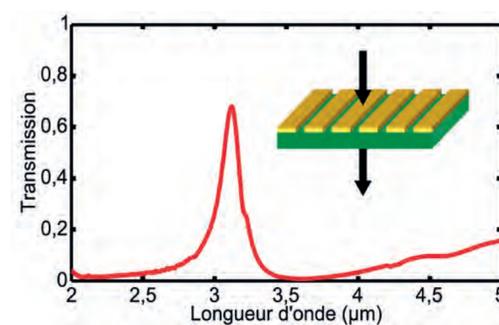
Dans l'infrarouge comme dans le visible, les « couleurs » émises par une scène permettent de renseigner sur la nature des objets. L'imagerie spectrale multivoies aide donc à identifier un objet en fournissant des informations supplémentaires par rapport aux imageurs standards à « niveaux de gris ». Les applications en lien avec la défense sont nombreuses. Par exemple, un composé chimique possède une signature spectrale dans l'infrarouge, caractéristique des molécules qui le composent. Un imageur multispectral permet donc de localiser et d'identifier un composé chimique (polluant ou potentiellement dangereux présent sur la scène). L'identification d'un objet passe également par l'analyse de sa forme, de l'angle de vue, mais aussi de sa température. Par exemple, un objet chaud émet des photons selon une distribution spectrale en lien avec sa température, qui peut donc être déduit en triant les photons par « couleur ».



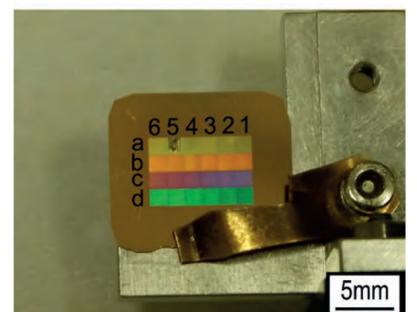
Analyse spectrale d'un dégagement gazeux

RÉSULTATS

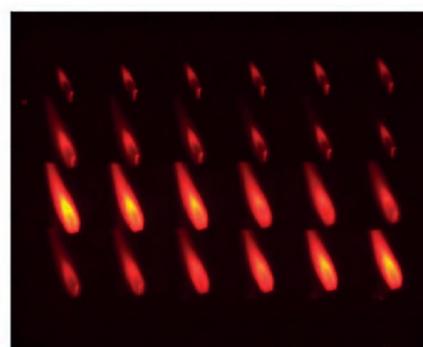
- Définition d'une architecture de filtre spectral nanostructuré, composé d'un réseau d'or sur couche mince
- Développement d'un procédé de fabrication pour réaliser une matrice de 24 filtres dans la bande II de l'infrarouge
- Caractérisation optique de cette matrice puis intégration dans un imageur multivoies.
- Acquisition d'images spectrales de propergols en combustion



Transmission spectrale d'un filtre nanostructuré



Matrice de filtres sur porte-échantillon



Images multispectrales d'une flamme dans l'infrarouge moyen

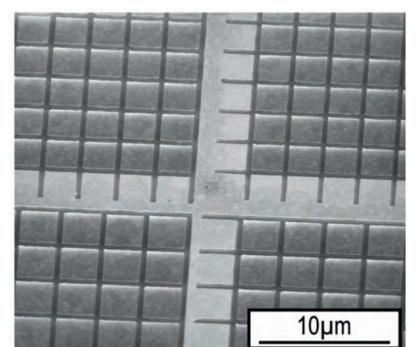


Image au microscope de filtres nanostructurés

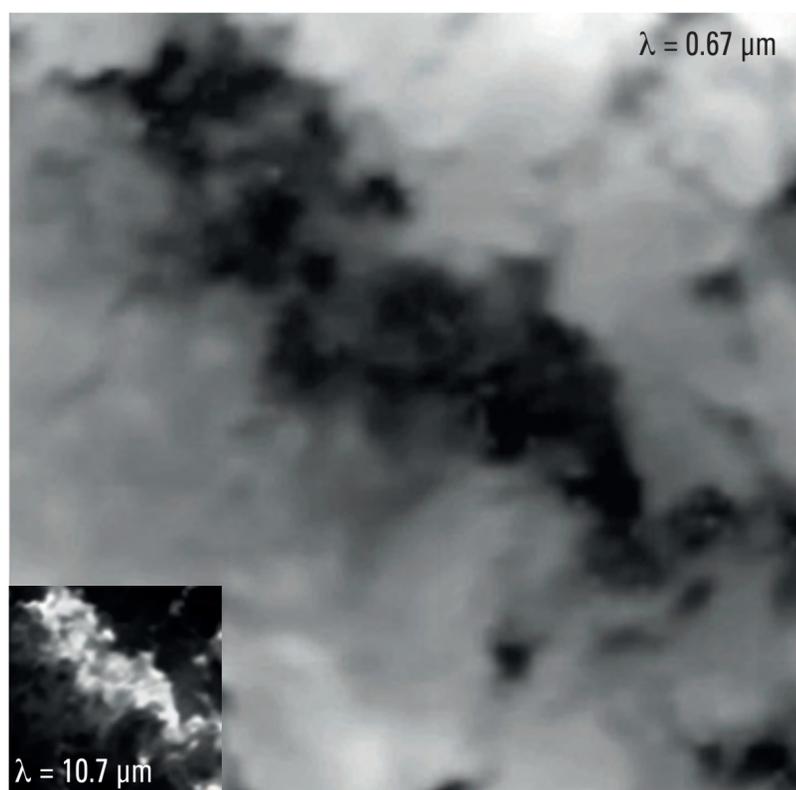
CONTACTS

DOCTORANTE : Émilie SAKAT • emilie.sakat@gmail.com
Encadrement • grégory.vicent@onera.fr • riad.haidar@onera.fr • jean-luc.pelouard@onera.fr

PARTENAIRES
ONERA, CNRS, EDX

NUAGES 3D

SIMULATION PHYSIQUE DE SCÈNES NUAGEUSES,
DU VISIBLE À L'INFRAROUGE



OBJECTIFS TECHNOLOGIQUES DU PROJET

Génération « rapide » de fonds nuageux par la résolution de l'équation de transfert radiatif à partir de données microphysiques en trois dimensions .

- Le réalisme et la validité physique nécessitent l'utilisation d'un milieu à haute résolution spatiale ce qui implique des calculs très coûteux
- Deux approches sont développées :
 - Optimisation du code de transfert radiatif 3D de référence : SHDOM (Alyotech Technologies)
 - Méthode simplifiée permettant des calculs rapides (ONERA DOTA)

Validation des différentes approches à partir d'images mesurées (Thales Optronique).

INNOVATIONS DEVELOPPÉES PAR LE PROJET ET RÉSULTATS OBTENUS

- Optimisation algorithmique et informatique (parallélisation sur carte graphique) d'une méthode de référence : calculs jusqu'à 30x plus rapides pour le rendu (selon le milieu et la longueur d'onde)
- Développement d'une nouvelle méthode de transfert radiatif approchée permettant d'obtenir un gain de temps de calcul important tout en garantissant des écarts faibles vis-à-vis de la méthode de référence
- Résultats très prometteurs, la validation des images produites est en cours

APPLICATIONS MARCHÉS

Applications marché défense :

Conception de nouveaux algorithmes de détection pour des systèmes optroniques de veille

Applications marché civil :

Imagerie satellitaire : correction atmosphérique et problème inverse

Climatologie : estimation du forçage radiatif des nuages

CONTACT

Alyotech Technologies • Pierrick BONAFONS • pierrick.bonafons@alyotech.fr • Tél. +33 (0)2 23 21 11 11



DURÉE DES TRAVAUX

24 mois

PARTENAIRES

ONERA DOTA, Thales Optronique

TEMOIN PHASE 2

Une nouvelle génération de caméras infrarouges compactes aux fonctions d'imagerie avancées

PEA

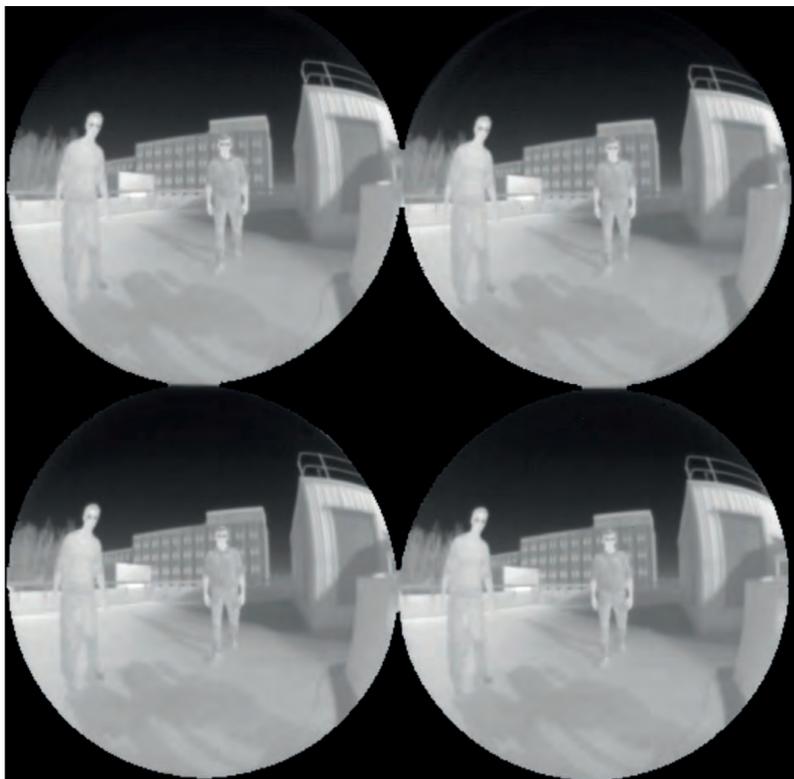


Image issue de la caméra sur puce

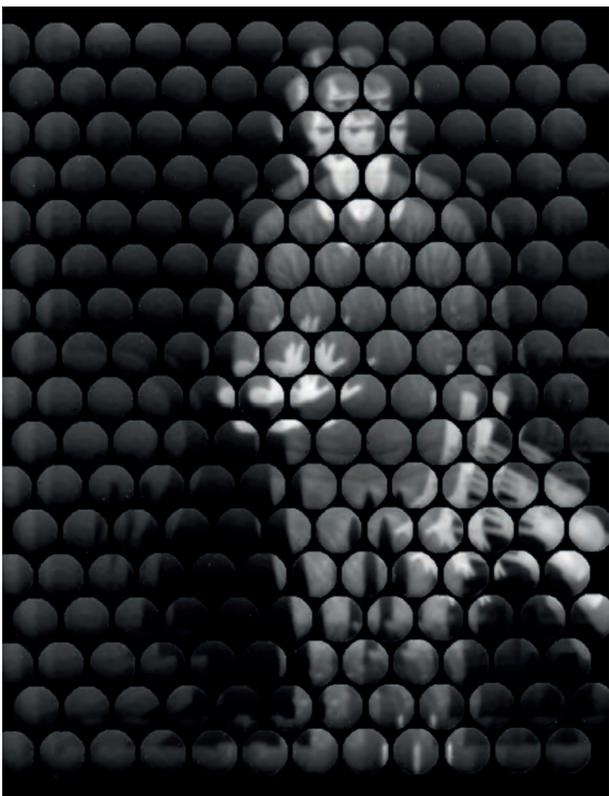


Image issue de la caméra plénoptique



Caméra sur puce au salon 2014 SPIE Defense and Security à Baltimore

OBJECTIFS DU PROJET

Démontrer l'intérêt d'intégrer des fonctions optiques dans un cryostat infrarouge pour réduire l'encombrement des caméras ou pour leur donner une fonction d'imagerie comme la 3D, l'autofocus ou la correction de la courbure de champ. Pour cela, réaliser et tester en laboratoire des composants de démonstration (VTT, CTT, CST)..

CONTRAINTES

Démarche de conception conjointe avec le fabricant de détecteur pour développer des architectures optiques intégrables dans un cryostat et compatible avec les contraintes cryogénique et d'industrialisation de cet environnement. Définition d'une nouvelle génération de caméras infrarouges compactes avec des fonctions d'imagerie avancée comme l'imagerie 3D.

ÉTAPES FRANCHIES

- Proposition aux industriels de solutions à forte valeur ajoutée basées sur des concepts de bas TRL.
- Développement d'un partenariat fort avec l'industriel SOFRADIR pour maîtriser les coûts d'industrialisation et réaliser des démonstrateurs intégrés dans leurs cryostats.
- Identification d'un réseau de PME et de centrales de technologie pour des démonstrations en boucle courte.

RÉSULTATS OBTENUS

Plusieurs démonstrateurs de caméras réalisés dont une à maturité industrielle :

- Caméras ultra-compactes de type « caméra sur puce » (intégrées au plus près du détecteur) qui produisent simultanément plusieurs images de la scène. La combinaison de ces images permet d'augmenter l'information perçue (super-résolution, 3D, multi-spectral).
- Caméras plénoptiques infrarouges capables de restituer une information 3D de la scène.
- Courbure de détecteurs MCT pour s'inspirer des rétines du monde animal.
- Lentille liquide IR (société Wavelens) pour l'autofocus
- Lentille de Fresnel adaptée à l'imagerie.

APPLICATIONS

- Nouveaux besoins : les capteurs infrarouges embarqués sur plateformes à faible emport pour la télédétection, le pilotage, la veille, l'autoprotection.
- Nouvelles capacités de renseignement aux systèmes actuels en intégrant de nouvelles fonctions optiques (discrimination spectrale, information 3D).
- Domaines d'activités :
 - Défense (pilotage/mobilité, veille, renseignement) ;
 - Sécurité (surveillance de zones) ;
 - Civile (télédétection, thermographie, domotique).

CONTACT

ONERA • G. DRUART, responsable du projet



DURÉE DES TRAVAUX

36 mois

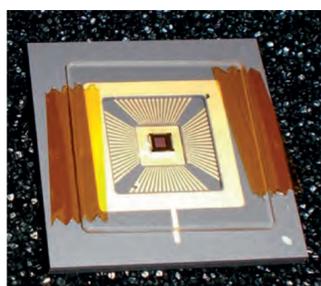
Marché notifié fin 2011

PARTENAIRES

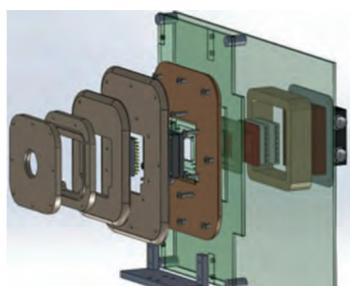
ONERA, SOFRADIR, CEA LETI

MULTIMOS - EMC MOS, MULTIPLICATION DE CHARGES À L'ÉTAT SOLIDE

Pour une nouvelle brique technologique dans l'imagerie bas niveau de lumière



Imageur EMC MOS 128x128



Mise en œuvre du circuit test

OBJECTIFS TECHNOLOGIQUES DU PROJET

L'objectif du projet est de valider une brique technologique dans le domaine de l'imagerie bas niveau de lumière :

- Basée sur une technologie CMOS standard ;
- Utilisant des méthodes de caractérisation innovantes.

L'objectif à terme est de concevoir des systèmes d'imagerie digitale compacts, flexibles et basse consommation.

INNOVATIONS DÉVELOPPÉES PAR LE PROJET ET RÉSULTATS OBTENUS

Modélisation du gain unitaire et du facteur de bruit en excès (ENF).

- Validation de la carte de mise en œuvre et du circuit test CMOS.
- Caractérisation des designs de pixels EMC MOS.
- Vérification physique du concept de multiplication de charges à l'état solide sur une technologie CMOS. Gain unitaire et coefficient d'ionisation par impact.
- Gain de multiplication effectif et mesurable.
- Amélioration du SNR à bas niveau de lumière.

Identification du fort potentiel technologique.

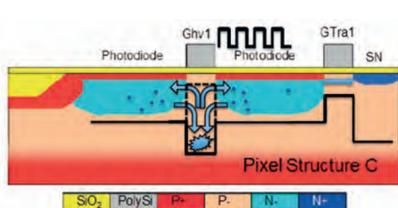
APPLICATIONS MARCHÉS

Applications des marchés de défense

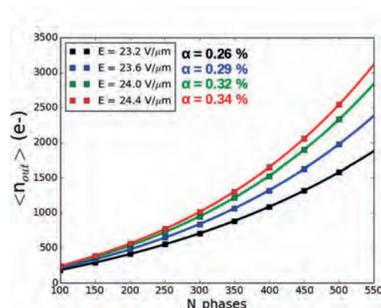
- Hélicoptères, drones, véhicules blindés (caméras digitales, vision de jour et de nuit, périscope).
- Surveillance, désignation, tracking (jumelles, viseurs, guidage).

Applications des marchés civils

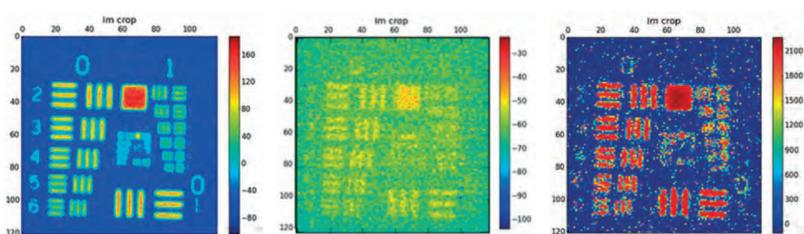
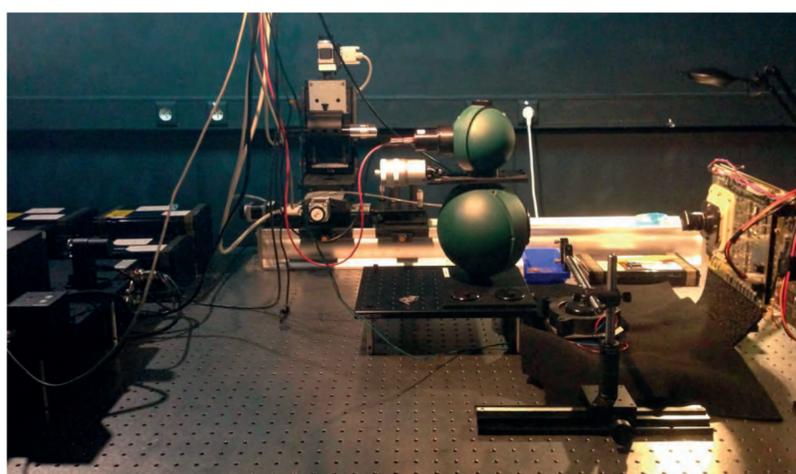
- Application scientifique (microscopie, science du vivant, fluoroscopie, spectroscopie, détection moléculaire, imagerie rapide en luminescence faible).
- Vision industrielle.



Principe de multiplication à l'état solide



Valeurs mesurées



Fort éclaircissement
Gain = 1 x

90 μlx.s
Gain = 1 x

90 μlx.s
Gain = 50 x

CONTACTS

e2v - Pierre FERREYRE • pierre.fereyre@e2v.com • Tél. +33 (0)4 76 58 31 16
IPNL-IN2P3 - Rémi BARBIER • rbarbier@ipnl.in2p3.fr • Tél. +33 (0)4 72 43 12 22



DURÉE DES TRAVAUX

36 mois
Décembre 2010 à janvier 2014

PARTENAIRES

e2v, IPNL

FLORAC

Caméra d'imagerie active portable



OBJECTIFS TECHNOLOGIQUES DU PROJET

- Conception d'un dispositif portable d'imagerie active utilisant un capteur solide (sCMOS) dans le spectre proche infrarouge (NIR), discret et à faible puissance lumineuse
- Proposer une caméra jour/nuit sur une seule voie Optique, permettant d'assurer des missions d'identification, notamment identification faciale, grâce à l'apport de l'imagerie active

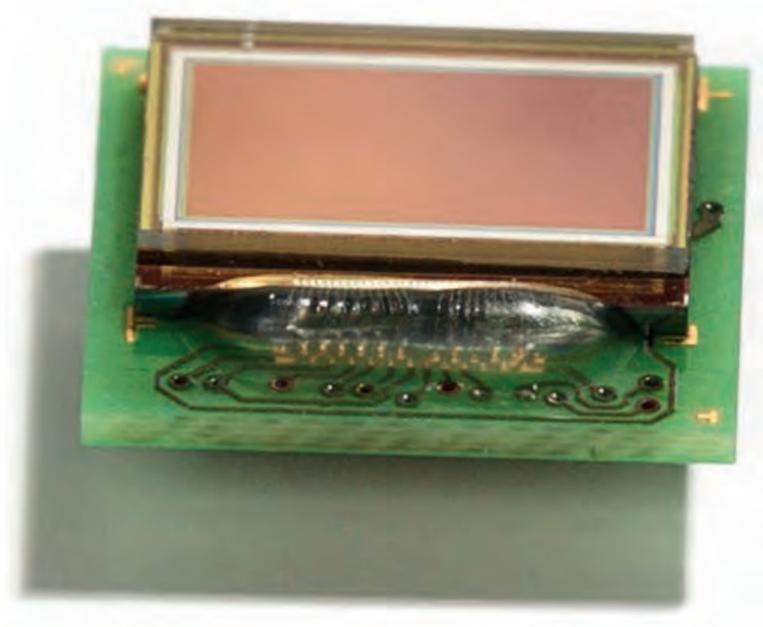
INNOVATIONS DÉVELOPPÉES PAR LE PROJET ET RÉSULTATS OBTENUS

- Obturation ultra rapide et Mode de Lecture non conventionnel sur capteur image non intensifié
- Mise en forme d'un illuminateur à haut rendement, sur des technologies d'usage industrielles
- Algorithmes de pré-traitement vidéo → Correction des défauts intrinsèques du capteur & amélioration des images
- Algorithme de mesure de focus (utilisé pour la fonction d'autofocus)
- Compacité et portabilité de l'ensemble

APPLICATIONS MARCHÉS

Applications civiles et militaires

- Défense : Missions de Renseignement à distance de sécurité. Bénéficiaires : Armée de Terre et Marine ; Commandos Opérations Spéciales (COS) ; DGSE
- Sécurité : Missions de Surveillance de Frontières, Contrôle des Zones Maritimes anti-piraterie, Contrebande et Immigration Illégale, Intervention en Contexte urbain.
- Transport ferroviaire
Bénéficiaires : Forces de l'ordre, Forces d'intervention (RAID/ GIGN/DCRI) ou Douanes (Terrestres/Maritimes)



CONTACT

LHERITIER • info@lheritier-alcen.com • Tél. +33 (0)1 34 24 38 20 • lheritier-alcen.com

DURÉE DES TRAVAUX

26 mois

PANORAMIR

Systeme de veille infrarouge panoramique très haute définition



OBJECTIFS TECHNOLOGIQUES DU PROJET

Concevoir et réaliser un démonstrateur de système de veille panoramique infrarouge haute résolution / longue portée, incluant :

- Un capteur optronique doté d'un détecteur megapixel de dernière génération
- Une unité de traitement des images et de pistage automatique des menaces
- Une IHM utilisateur

CARACTÈRE INNOVANT

- Résolution spatiale : première mise en œuvre d'un détecteur matriciel 1280 x 1024 et acquisition d'une image panoramique 100Mpix
- Qualité d'image : principe optique éliminant le flou dû à la rotation continue et assurant la stabilité d'image, de conception compacte et robuste
- Architecture informatique distribuée adaptée au débit de données (algorithmes optimisés, traitement parallèle multi-processeurs)

ÉTAPES FRANCHIES

- Réalisation et mise au point du capteur optronique
- Conception et réalisation de la baie de calcul
- Optimisation des algorithmes de détection – pistage
- Mise en œuvre des fonctions de visualisation et d'enregistrement d'image haute résolution.

RÉSULTATS OBTENUS

Les premières images panoramiques haute résolution sur scènes réelles, ont mis en évidence des éléments de la scène non décelables par les capteurs panoramiques de plus basse résolution, équipés de détecteurs de générations précédentes. Validation des performances des algorithmes de traitement sur des séquences d'essais en environnement opérationnel (TFA, pistage).

Enregistrement continu de la scène infrarouge en pleine résolution sur une longue période.

APPLICATIONS

- Surveillance de :
 - Sites industriels sensibles
 - Ports / aéroports
 - Bases ou camps militaires
 - Frontières, côtes
- En utilisation embarquée :
 - Détection de menaces asymétriques
 - Aide à la navigation
 - Lutte contre le trafic de drogue

Les algorithmes sont adaptés à la détection de menaces terrestres, maritimes comme aériennes.

CONTACTS

HGH : Vincent Leboucher • vincent.leboucher@hgh.fr

CMM : Serge Beucher • serge.beucher@mines-paristech.fr



DURÉE DES TRAVAUX

36 mois

PARTENAIRES

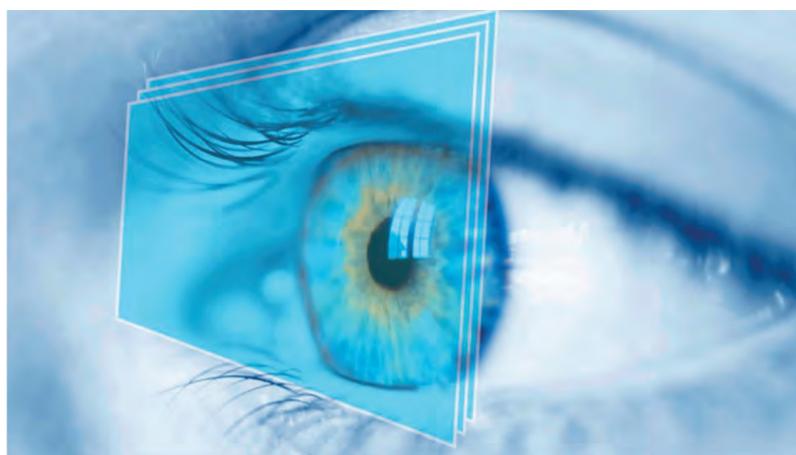
HGH Systèmes Infrarouges (Pilote du projet)
Mines ParisTech,
Centre de Morphologie Mathématique

SIMFFOniE 2

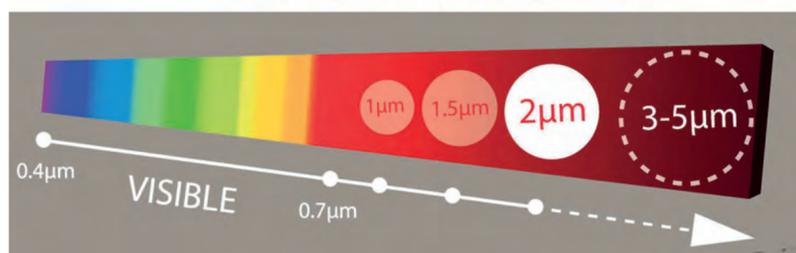
SOURCE IMPULSIONNELLE FIBRÉE DE FORTE ÉNERGIE À 2 μM

Le laser à fibre à tout faire

rapid



LA GAMME SPECTRALE 2 μm
>> Eye-safe augmenté



LE LASER À FIBRE
>> Une technologie éprouvée



OBJECTIFS TECHNOLOGIQUES DU PROJET

- Une maîtrise de la technologie de base (composants fibrés à 2 μm) afin de pouvoir garder le plus longtemps possible un avantage concurrentiel.
- Un développement d'un prototype de laser à fibre déclenché émettant vers 2 μm , monomode et à maintien de polarisation.

INNOVATIONS DÉVELOPPÉES PAR LE PROJET ET RÉSULTATS OBTENUS

IXFIBER

- Fibres dopées Tm et Tm-Ho, large cœur, monomodes, et à maintien de polarisation.

ISL

- Record de puissance mondiale pour le pompage d'un OPO à 2 μm de longueur d'onde (laser expérimental, publication scientifique).

KEOPSYS

- Collimateurs forte puissance à 2 μm (dépôt de brevet).
- Combineurs de pompe et tête optique à 2 μm (fabrication en cours).
- Prototype laser à fibre déclenché forte puissance émettant vers 2 μm (fabrication en cours).

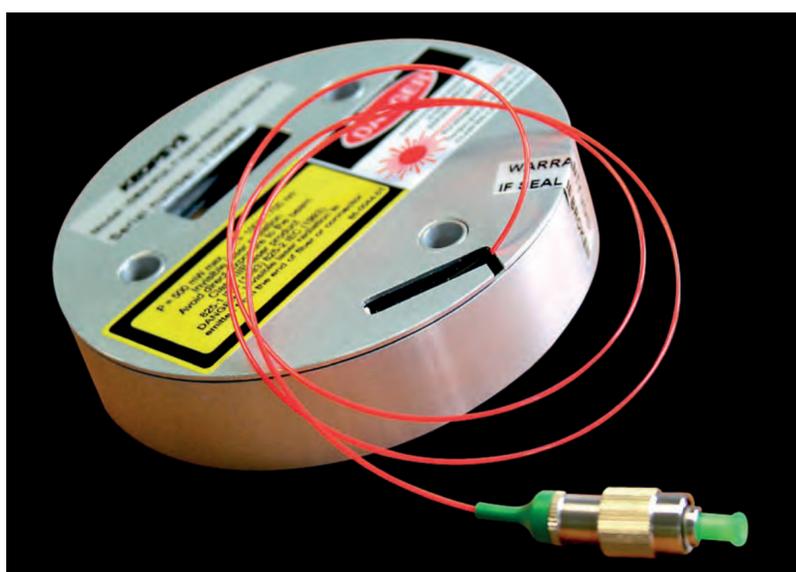
APPLICATIONS MARCHÉS

Applications marché défense

- Contre-mesure optronique.
- Télémétrie/imagerie/détection d'obstacle.

Applications marché civil

- Médical (chirurgie non invasive du cerveau, lithotripsie, urologie).
- Instrumentation et scientifique.
- Mesure de polluants, détection de turbulence, anémométrie.



CONTACT
Keopsys

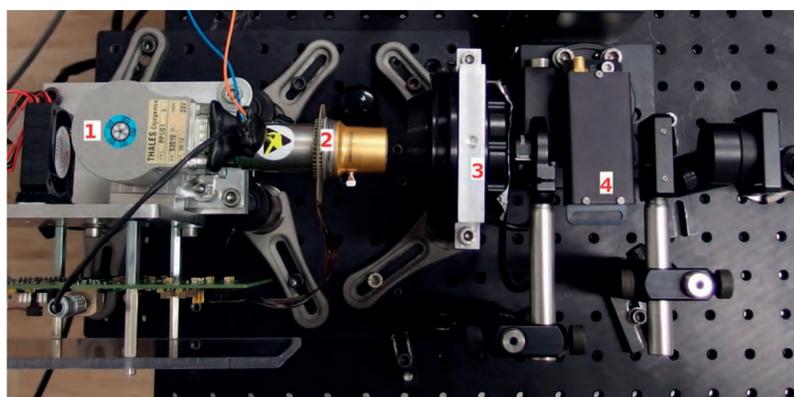
DURÉE DES TRAVAUX
36 mois

KEOPSYS
THE LIGHT TOUCH



IXFIBER
AN IXBLUE COMPANY

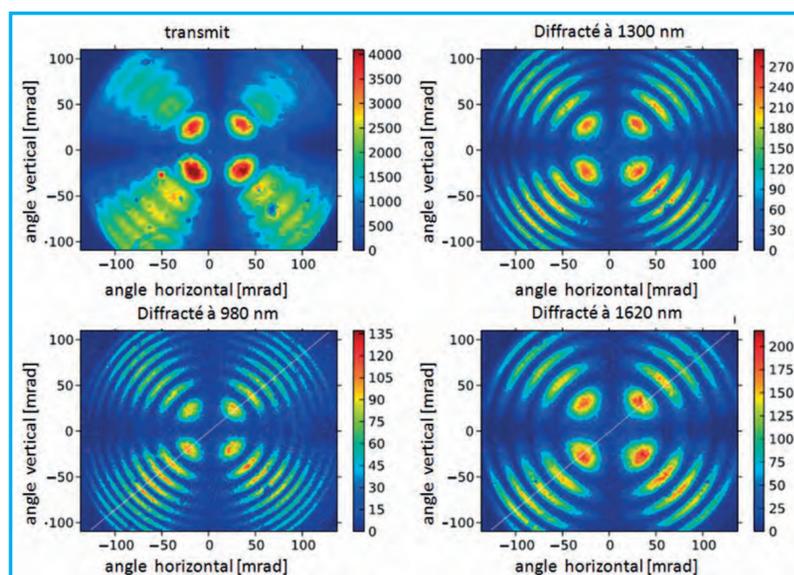
PARTENAIRES
Keopsys, ISL, IXFIBER



Dispositif d'imagerie spectrale pour la bande 3-5 µm.

Les éléments principaux : ❶ cryostat du détecteur (T=80K) ;

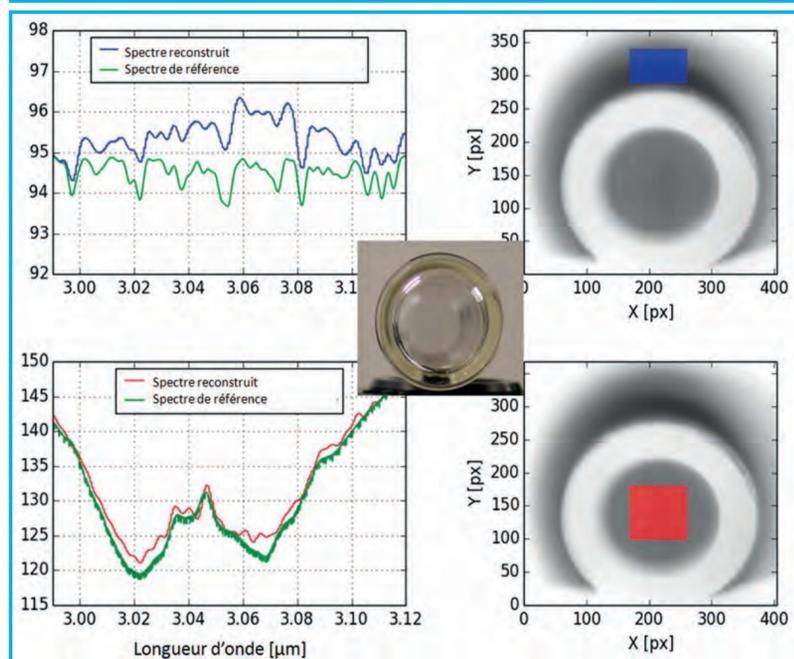
❷ détecteur matriciel (HgCdTe) ; ❸ objectif ; ❹ filtre acousto-optique.



Objet artificiel qui présente une variation spectro-angulaire.

En haut à droite : toutes les longueurs d'onde confondues.

Les trois autres images : filtrage spectral.



Objet naturel : une cellule à gaz (acétylène).

En haut : le spectre mesuré en dehors de la cellule (absorption de la vapeur d'eau atmosphérique),

en bas : le spectre mesuré à l'intérieur de la cellule (absorption de l'acétylène).

OBJECTIF TECHNOLOGIQUE DU PROJET

Démontrer la faisabilité de filtres AOTF à haute résolution spectrale dans une très large gamme de longueur d'onde allant de 0.55 µm à 20 µm, dans le cadre applicatif de l'imagerie hyperspectrale.

INNOVATIONS DÉVELOPPÉES PAR LE PROJET ET RÉSULTATS OBTENUS

- Utilisation d'une géométrie colinéaire d'interaction acousto-optique pour le filtrage spectral des images.
- Utilisation d'un matériau (Calomel) adapté au domaine spectral de l'infrarouge moyen.
- 4 prototypes pour 4 différents domaines spectraux (Visible, NIR, SWIR, et LWIR).

Méthode

- Une procédure d'extraction de l'image permettant de s'affranchir de la dépendance angulaire de la longueur d'onde filtrée, dans les configurations où cette dépendance est un facteur limitant

Électronique et logiciel

- Interfaçage du détecteur matriciel avec l'ordinateur.
- Utilisation d'un langage interprété (Python) pour le contrôle/commande et l'acquisition/traitement des données.

APPLICATIONS MARCHÉS

Application marché défense

- Caractérisation des départs de missiles.
- La détection de bâtiments fixes sous couvert végétal partiel et détermination du type de bâtiments pour l'aide au ciblage.
- Détection de gaz toxiques.

Applications marché civil

- Identification de gaz et caractérisation de leur concentration et distribution.
- L'étude de la cryosphère.
- La caractérisation des sols.

CONTACT

FASTLITE • Raman MAKSIMENKA • raman@fastlite.com • Tél. +33 (0)4 88 13 17 56



DURÉE DES TRAVAUX

24 mois + 6 mois

PARTENAIRES

FASTLITE, CIO/DOTA/ONERA

BATCAM

Stabilisation mécanique et électronique d'une caméra sur une embarcation

OER



OBJECTIFS DU PROJET

Stabiliser l'image d'une caméra infra-rouge fixée sur une embarcation légère de type zodiac.

Le projet vise un rapport performance sur coût favorable par utilisation simultanée d'une stabilisation mécanique et d'une stabilisation électronique.

CONTRAINTES

- La caméra à stabiliser pèse 3 kg.
- La stabilisation doit fonctionner pour une houle de 1 mètre.
- L'équipement doit pouvoir résister à une immersion momentanée.
- L'équipement est alimenté par sa propre batterie et son autonomie doit être supérieure à huit heures.

PRINCIPES APPLIQUÉS

La fonction de stabilisation d'image se décompose en une stabilisation primaire et une stabilisation fine.

- La stabilisation primaire est une stabilisation mécanique deux axes, en site et en gisement. Les mesures des mouvements sont assurées par deux gyromètres.
- La stabilisation fine est une stabilisation électronique selon trois axes : site, gisement et roulis.

INNOVATION

- L'équipement est portable et autonome. L'exploitation se fait par une monocommande.
- Pour la stabilisation électronique, plusieurs filtrages des mouvements caméra ont été développés pour s'adapter au type de scène: scène défilante ou scène fixe.

RÉSULTATS OBTENUS

Le résidu de stabilisation est de 0,3 milli radian rms.

Les essais menés démontrent que l'on combine les avantages des deux techniques :

- La stabilisation mécanique est efficace pour les mouvements porteurs basse fréquence.
- La stabilisation électronique est efficace pour les perturbations haute fréquence.

APPLICATIONS

- Surveillance longue distance.
- Vidéo protection.
- Prise de vues, broadcast.



CONTACT
INPIXAL



DURÉE DES TRAVAUX

12 mois

Phase 1 : définition du prototype
du 1^{er} novembre 2013 au 30 Avril 2014

Phase 2 : réalisation du prototype
du 1^{er} mai 2014 au 30 octobre 2014