



REX d'une start-up issue de l'INSU

Emmanuel HUGOT

Chercheur CNRS

Laboratoire d'Astrophysique de Marseille

Co-fondateur de CURVE-One (CURVE s.a.s.)



Chapitre 0: L'objet

CAPTEURS COURBES ET FREEFORM



Device

Variable Curvature

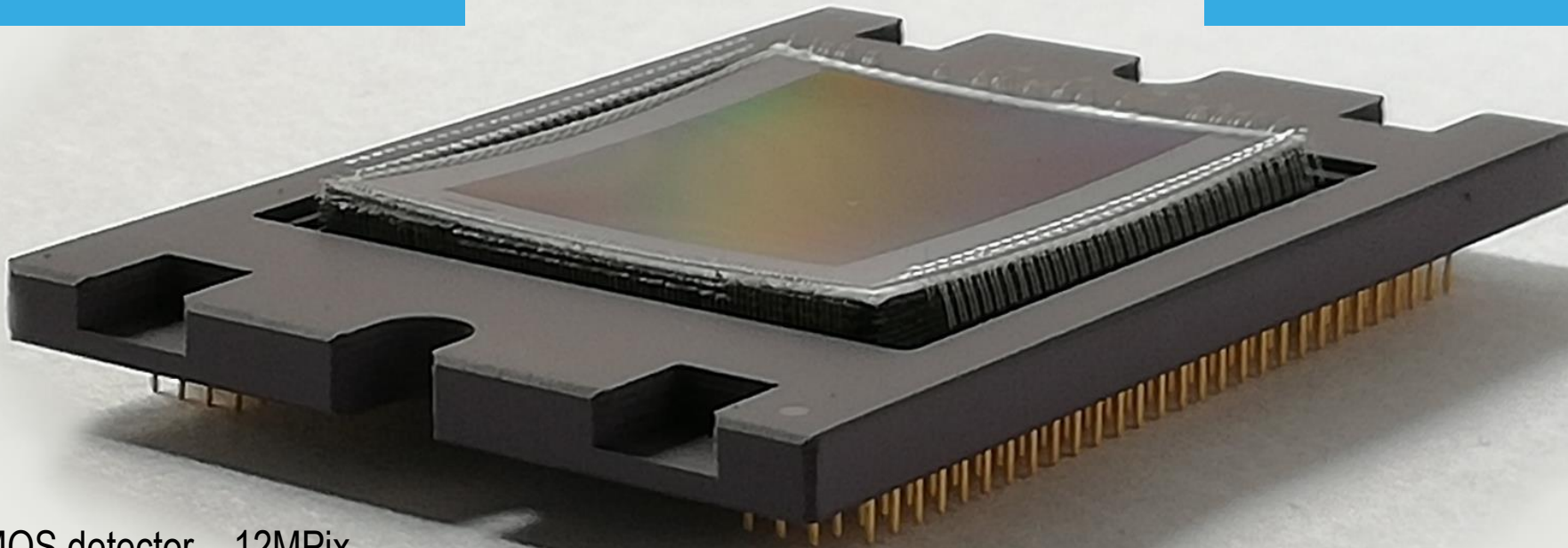
Plug & Play

CURVED DETECTORS

Process

100% success rate

Perfect shape

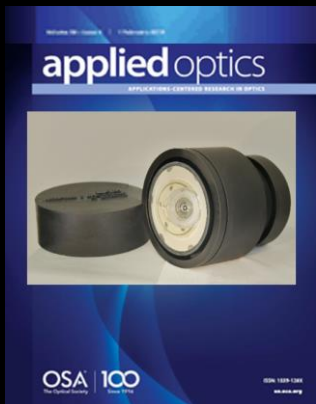


Curved CMOS detector – 12MPix

System

→ Compact imagers

3 PATENTS WITH CEA & CNRS KNOWHOW PROTECTION



*180 degrees
Fish-eye zoom*



IMAGE IMPROVEMENT

1

Uniform illumination

2

Reduced distortion

3

Improved sharpness x5

**VOLUME / MASS
REDUCTION**

Save 40% optics

Wide-field small objective



Comparison with commercial system (TECHSPEC® High resolution lens /63779)



Contrast 50% / 0° / f/2,8	Distorsion	FoV	Lenses	Total length	Curvature
180 cycles /mm	< 3%	42°	10	60mm	+inf. (flat)
180 cycles /mm	< 3%	42°	6	22mm	65mm
Same performance				↓ -40%	↓ -60%

SELF DRIVING CARS SAFETY



16 Cameras per car

60 frames per sec

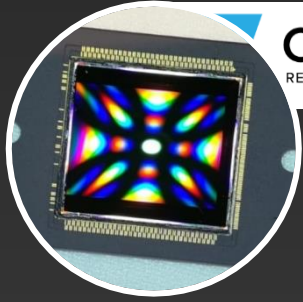
~3.5Millions frames / hr



AI systems

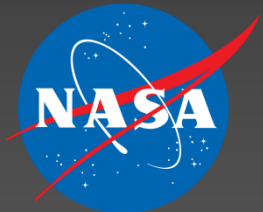
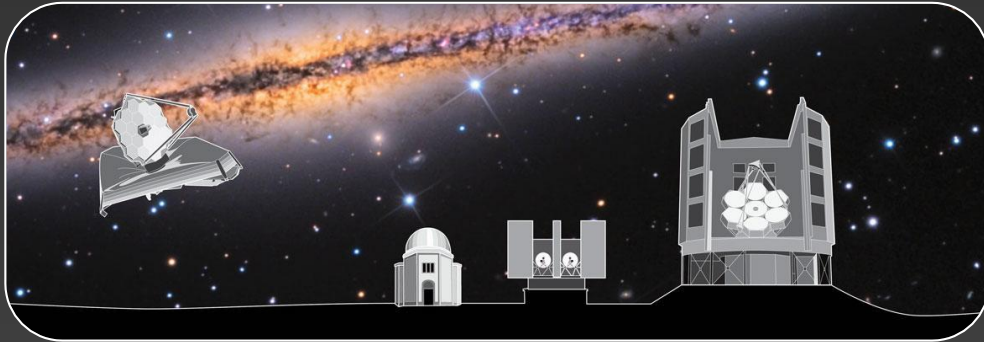
Safety first

MARKETS / DISTRIBUTION CHANNELS



CURVE-ONE
REVOLUTION FOR IMAGING SYSTEMS

Science

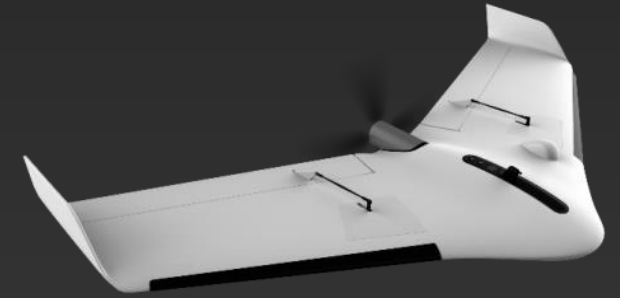


Medical Imaging



Research labs

Autonomous Vehicles



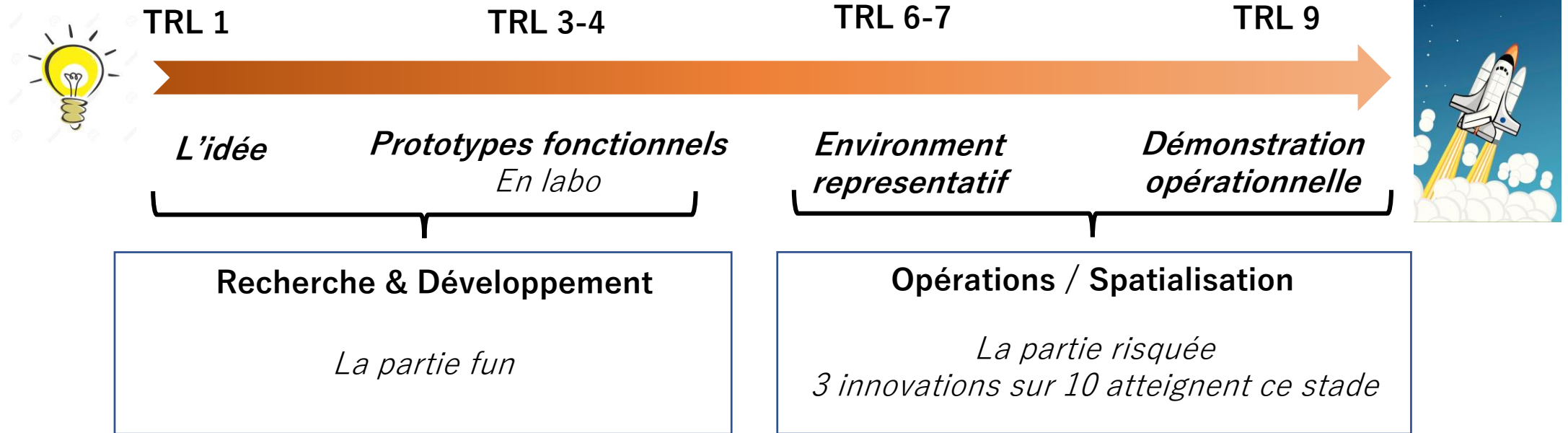
Camera Assemblers



Chapitre I: Genèse

La longue route des TRL/MRL

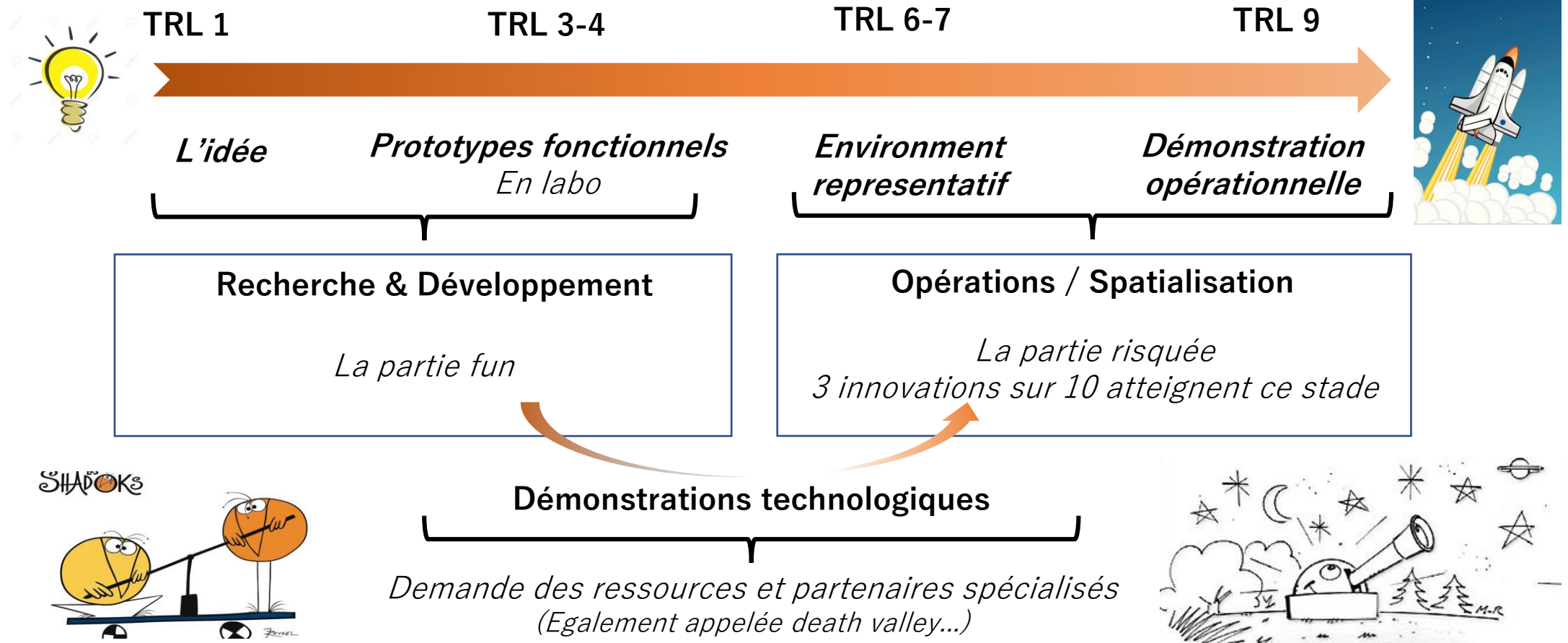
(Technologies/Manufacturing Readiness Level)



NB: Représentation schématique

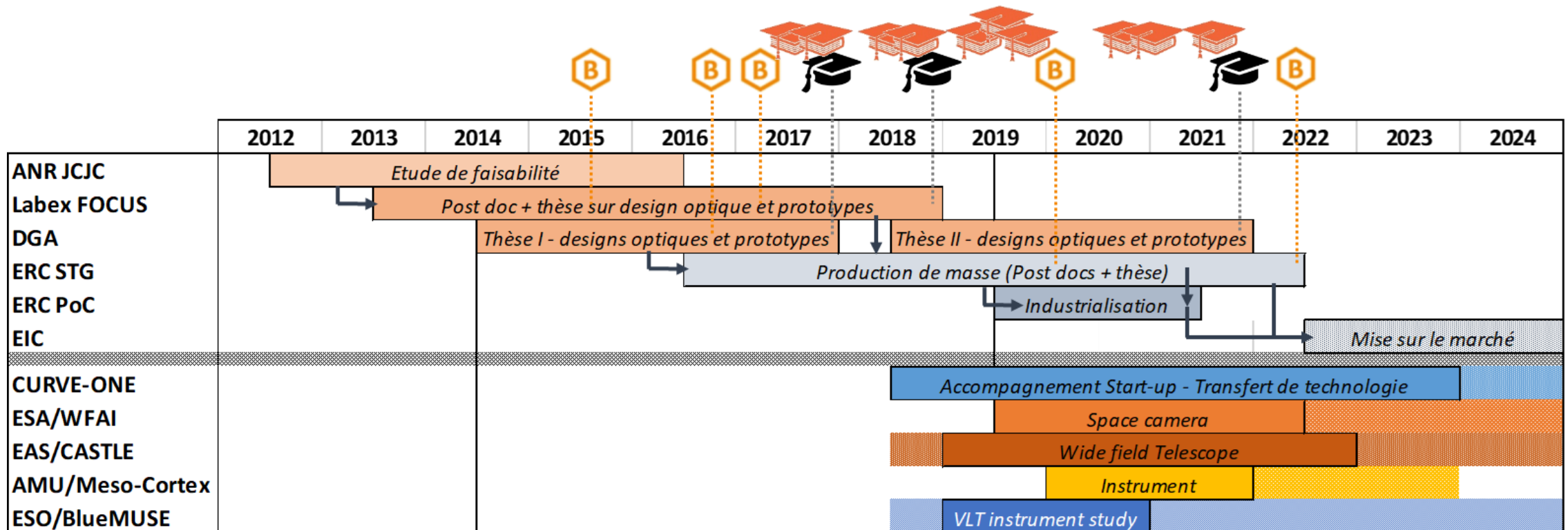
La longue route des TRL/MRL

(Technologies/Manufacturing Readiness Level)



Développement pluri-annuel

Thème Capteurs courbes



Brevet / Savoir-Faire

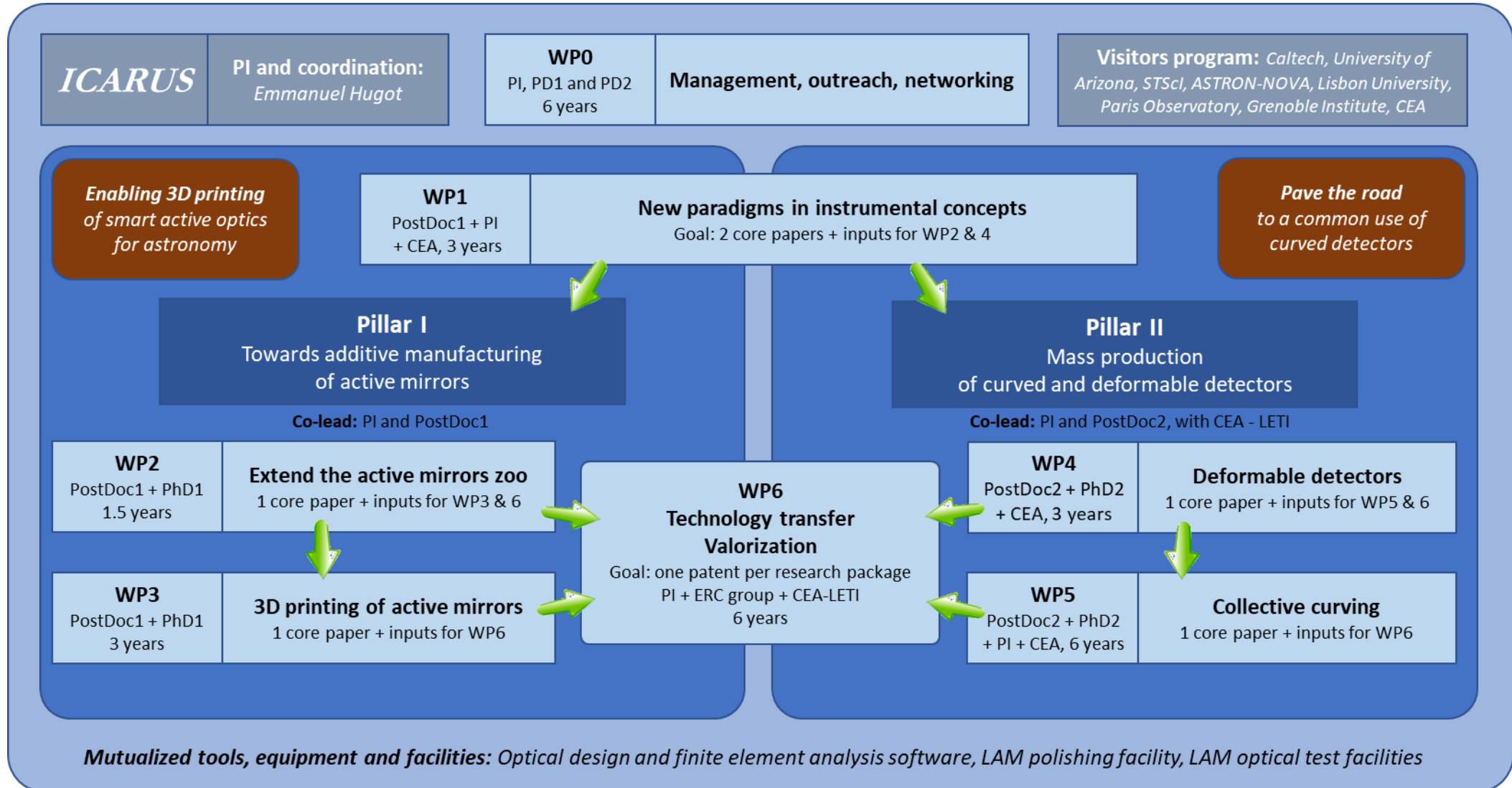


Soutenance de thèse

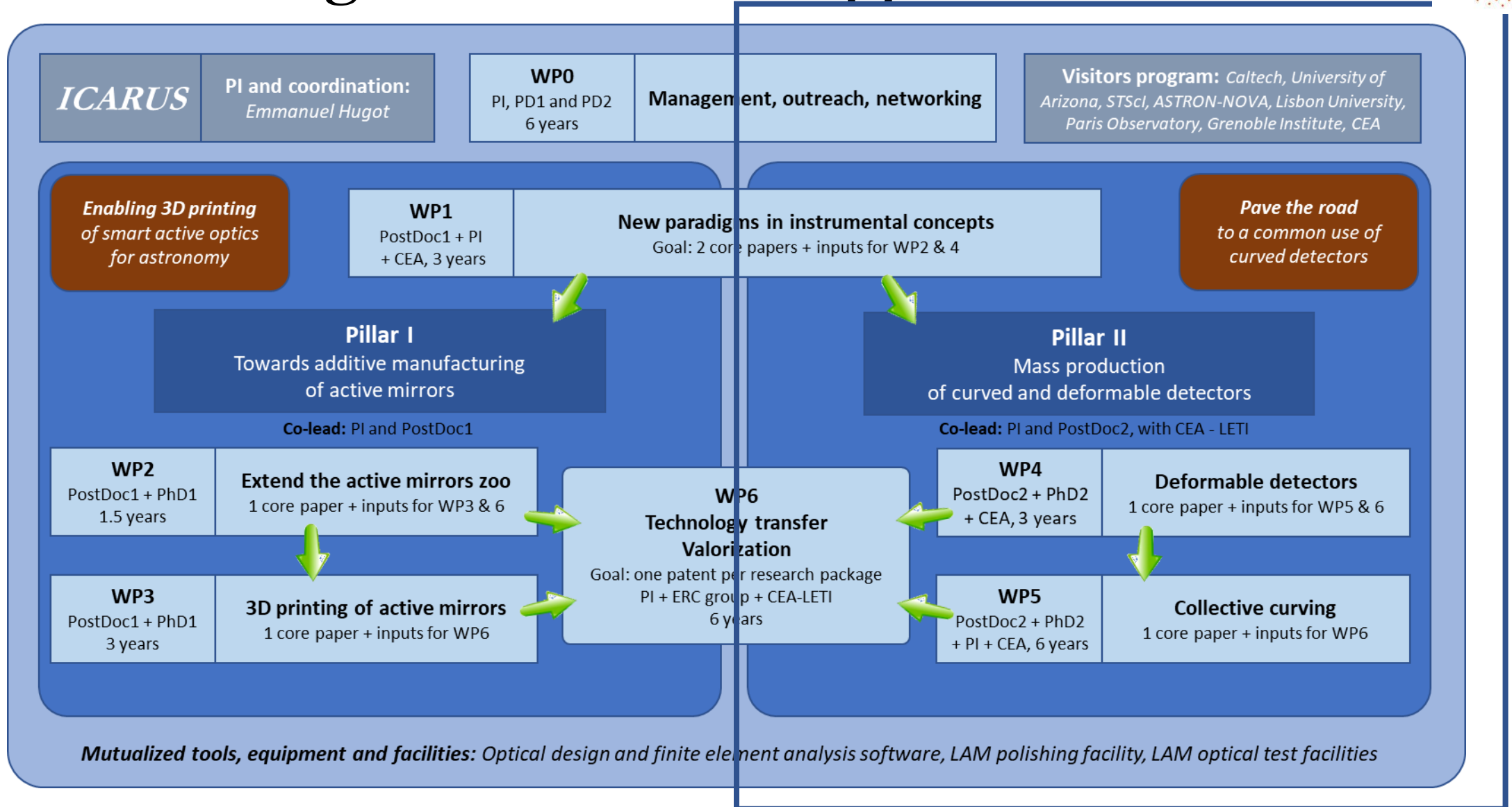


Publication

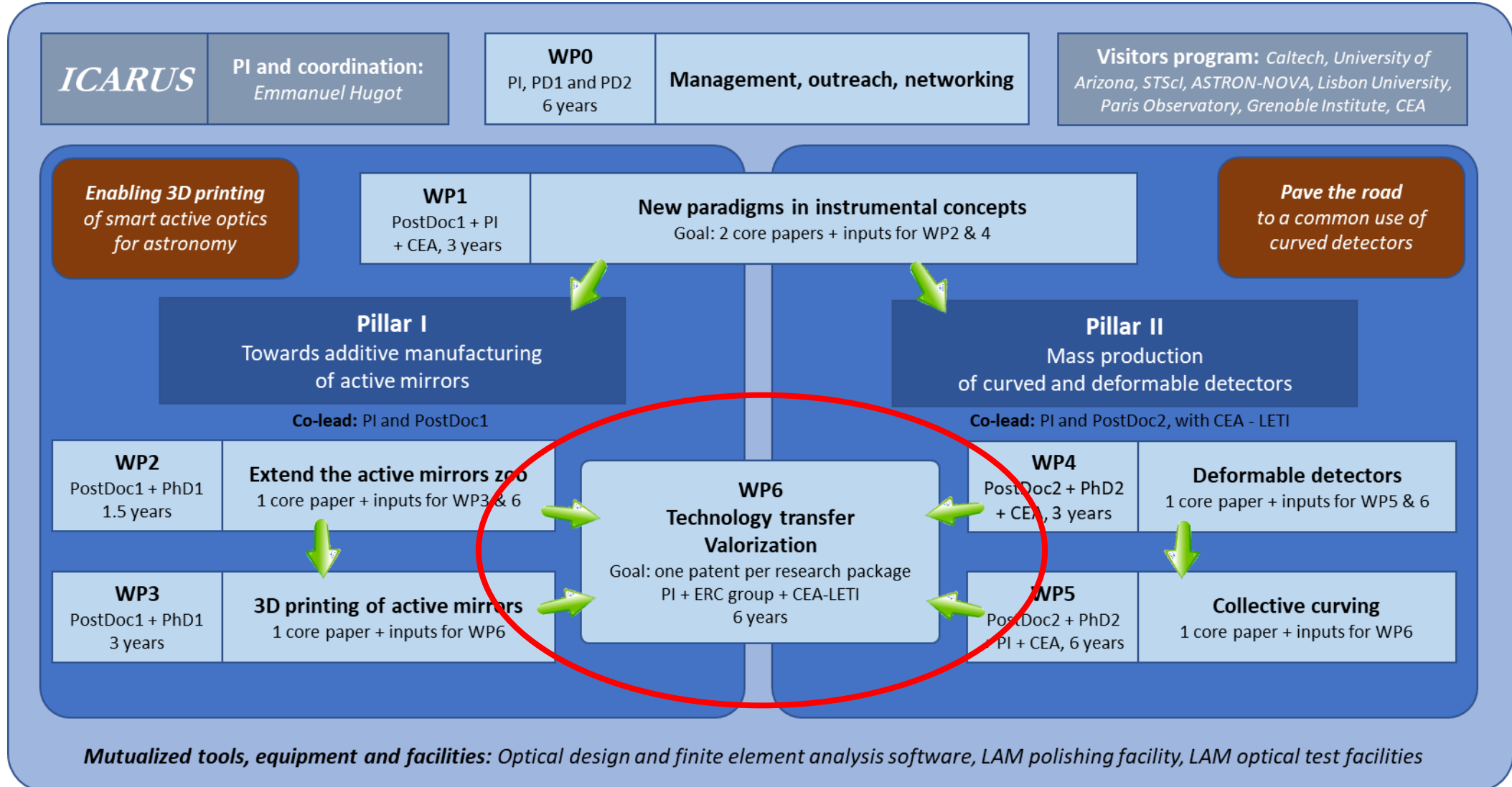
Programme de développement ERC



Programme de développement ERC

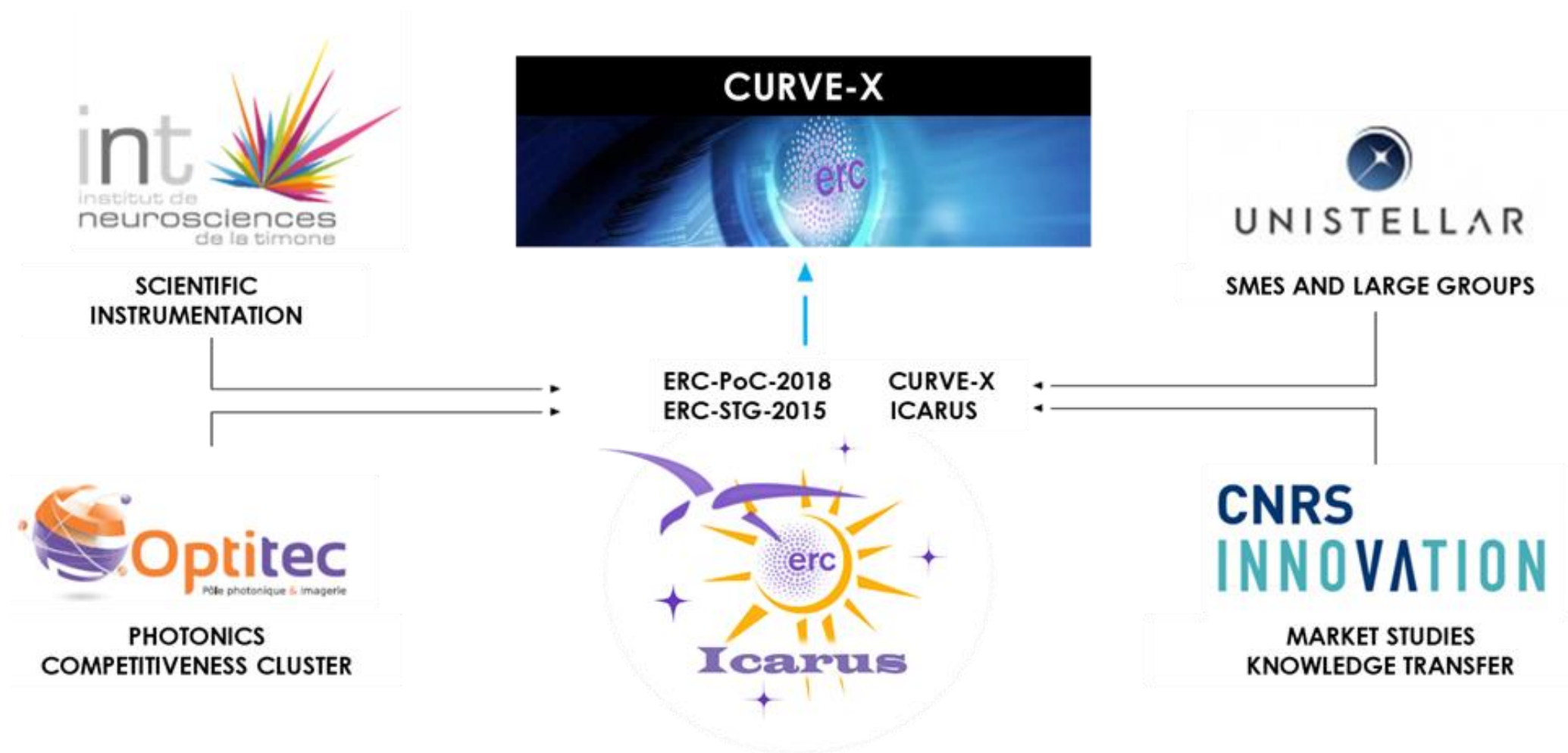


Programme de développement ERC



ERC-Proof of Concept 2018

Accompagnement montage start-up





Chapitre II: Fondation

La fondation

- CURVE-One fondée en Avril 2018
→ investissement ~200k€
Travail de concert avec le CNRS Innovation pour **développer et protéger un savoir faire** à transférer
- Participation à des salons – prise de contacts – sondage de marché
- SPIE Photonics West 2018 & 2019 (San Francisco)
Laser World of Photonics Munich 2019
Viva Tech 2019





Janvier 2019

THE STELLAR TEAM

TECH TRANSFER
VIA CNRS-INNOV

SEBASTIEN

CEO

Executive MBA

THIBAUT

ERC - LAM IR

Devices & mass process

KELLY

ERC PhD student

Space applications

WILFRIED, PhD

Caltech Post Doc

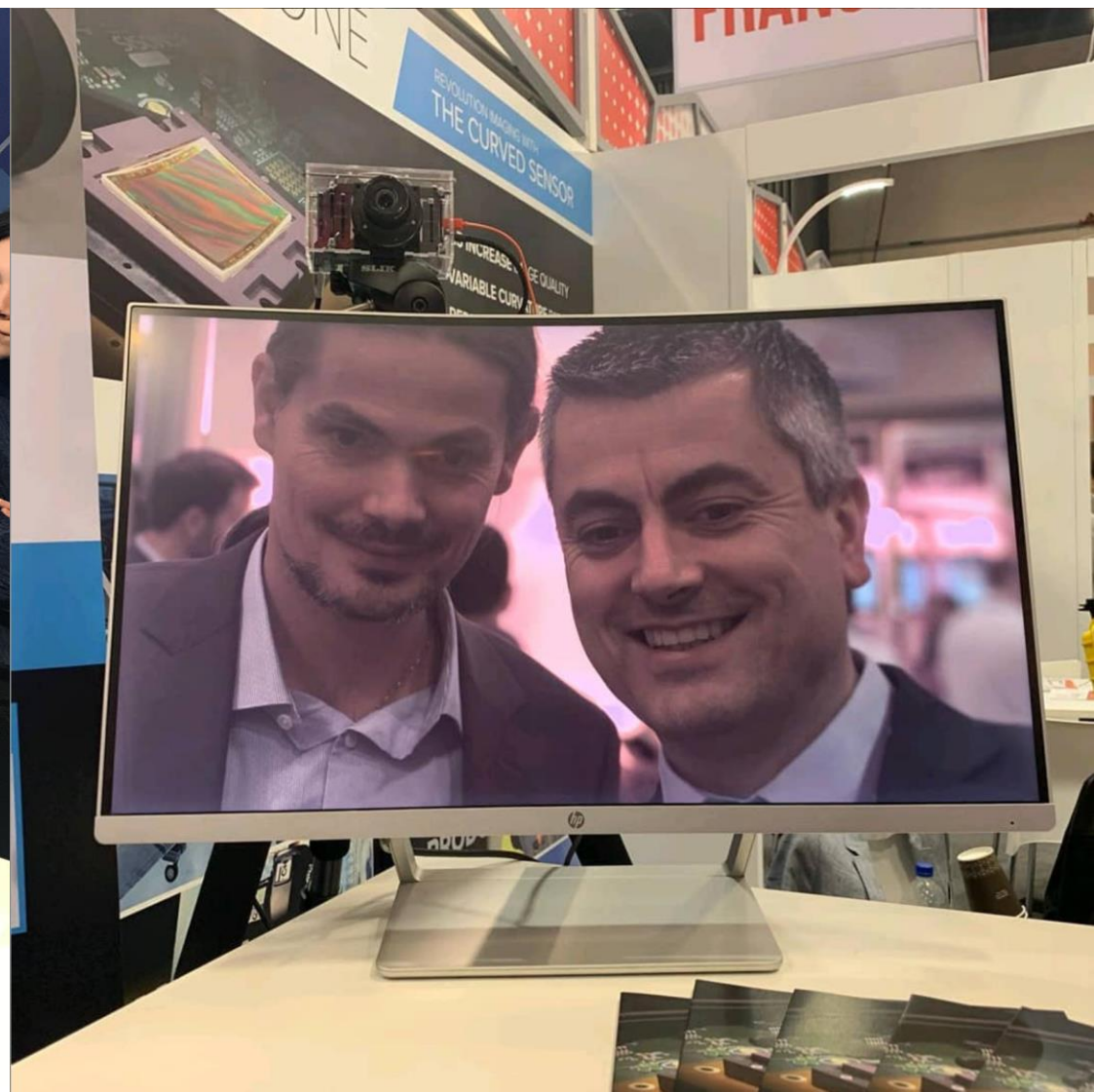
Optical designs & process

EMMANUEL, PhD

CSO

Astrophysicist

Rencontre avec Mme la ministre @VivaTech2019



On parle de nous

LES NUMÉRIQUES

Rechercher un produit, un test, une marque...

Une start-up française lance un premier capteur photo courbe et vise le marché grand public

Par Guillaume du Mesnil d'Engente (@g_dmde) | Publié le 15/12/20 à 10h54

Lense.
NEWS WIKILENSE ANNONCES AGENDA LES

Curve : l'entreprise française livre le premier capteur courbe

Christophe Taillandier

Accueil / Tech / Actualités

FUTURA TECH

Explorer

Vidéos

Photos

Experts

Forum

Bons Plans

Un capteur photo courbe made in France

DIGITAL PHOTOGRAPHY REVIEW
DPREVIEW

Search dpreview.com

News Reviews Articles Buying Guides Sample Images Videos Cameras Lenses Phones

Best cameras and lenses

French startup is preparing its curved CMOS image sensor for mass production

Published Dec 15, 2020 | Jeremy Gray

282

SamaGame.

C'est le premier capteur incurvé développé avec une sortie commerciale

DANS L'ACTU

Confinement

Vaccination

Coronavirus

20

HIGH-TECH Une start-up française a imaginé le premier capteur photo incurvé

Curve-One : Une start-up française a imaginé le premier capteur photo incurvé

START-UP Le capteur incurvé se destine avant tout au milieu scientifique

Jennifer Mertens pour 20 Minutes | Publié le 24/12/20 à 15h23 — Mis à jour le 24/12/20 à 15h23

On parle de nous

LES NUMERIQUE

Rechercher un produit, un test, une marque...

Une start-up française lance un premier capteur photo courbe et vise le marché grand public

Par Guillaume du...

CNRS la lettre innovation

Actualité du 25/02/2021

Curve

Partenariats, création d'entreprises, brevets, licences, événement... Retrouvez tous les mois les dernières actualités de la valorisation et de l'innovation au CNRS.

Start-up

Curve commercialise ses capteurs d'images courbes

La start-up, née des recherches menées au Laboratoire d'astrophysique de Marseille¹, a industrialisé son procédé de production de capteurs d'images courbes pour caméras compactes à grand champ de vue. Le premier capteur a été livré pour une application d'imagerie en neurosciences.

En savoir +

Toutes les lettres

DANS L'ACTU

Confinement

Vaccination

Coronavirus

20

HIGH-TECH Une start-up française a imaginé le premier capteur photo incurvé

Curve-One : Une start-up française a imaginé le premier capteur photo incurvé

START-UP Le capteur incurvé se destine avant tout au milieu scientifique

Jennifer Mertens pour 20 Minutes | Publié le 24/12/20 à 15h23 — Mis à jour le 24/12/20 à 15h23

SamaGame

C'est le premier capteur incurvé développé avec une sortie commerciale



- **ACCOMPAGNEMENT RISE – CNRS-INNOVATION**
- **ETUDE DE MARCHÉ OPTITEC**
- **MEMBRE PHOTONICS FRANCE**
- **DEMI FINALISTE SPIE START-UP CHALLENGE**
- **DEUX PROGRAMMES SOUTENUS H2020**
- **PARTICIPATION À UN PROJET SPATIAL ESA**
- **UNE ÉTUDE SATT-SUD-EST/IM2NP**



CMV 12000 – concave – Rc 155mm – pitch 5.5 μ m
Delivered for Neurosciences instrumentation

CURVE

CURVED SENSORS FOR IMAGING SYSTEMS



Very first commercial curved sensor



Chapitre III: Pandémie

C'est là où ça se corse...



EMBAUCHES EN NOVEMBRE 2019



THE STELLAR TEAM

TECH TRANSFER
VIA CNRS-INNOV

SEBASTIEN

CEO

Executive MBA

THIBAUT

CTO

Devices & mass process

KELLY

PhD student

Space applications

WILFRIED, PhD

COO

Optical designs & process

EMMANUEL, PhD

CSO

Astrophysicist

CONVENTION CONCOURS SCIENTIFIQUE
LOI PACTE
MARS 2020



THE STELLAR TEAM

TECH TRANSFER
VIA CNRS-INNOV

SEBASTIEN

CEO

Executive MBA

THIBAUT

CTO

Devices & mass process

KELLY

PhD student

Space applications

WILFRIED, PhD

COO

Optical designs & process

EMMANUEL, PhD

CSO

Astrophysicist



THE STELLAR TEAM

Lock Down





Chapitre IV: Fondation foudroyée

Les faiblesses sous-jacentes

- Equipe montée en se basant sur la confiance et la transparence
- Anciens et actuels étudiants/ingénieurs
- Protection du procédé par un savoir faire
- Manque de communication dans l'équipe durant le confinement
- Embauche pour développer l'IP interne

Les faiblesses sous-jacentes

- Equipe montée en se basant sur la confiance et la transparence → Incompatible avec la protection d'un savoir faire
- Anciens et actuels étudiants/ingénieurs → Difficultés sur les relations humaines
- Protection du procédé par un savoir faire → Indéfendable
- Manque de communication dans l'équipe durant le confinement → Difficulté pandémique
- Embauche pour développer l'IP interne → Fort risque de fuite

L'espionnage industriel



- Le COO démissionne et est recruté par la Station F à Paris
- Fonde sa start-up concurrente en Février 2022 sur exactement le même produit, la même stratégie, et les mêmes éléments de langage.
- Est sélectionné par divers incubateurs du bassin aérospatial de la région Occitanie, notamment le CNES et le réseau ESA-BIC (Business Incubation Center de l'ESA)
- Siphonne la totalité de mes contacts sur linkedin, (même mes amis....)
- Adopte la stratégie du go-fast



STATION F

L'espionnage industriel



- Levée de fond de 2,5M€ en Sept 2022
auprès notamment du nouveau fond Polytechnique Ventures
- Recrutement de post docs en jouant uniquement sur le CIR.
Notamment chez mes anciens thésards 😊
- Budget spécifique alloué à leur défense en cas d'attaque juridique.



Epilogue: Concurrence et Stabilité

Constat d'échec?



- Sentiment d'être désarmé face à un monde qui ne respecte aucune des règles de déontologie
 - Retour à faire avec la commission de déontologie du CNRS
- Difficile de protéger un produit deep tech au vu de la rapidité des évolutions de ce milieu
- Le concours scientifique à hauteur de 20%, contraint par les problématiques d'IP partagée, freinent le développement d'une start-up.

La philosophie respectée



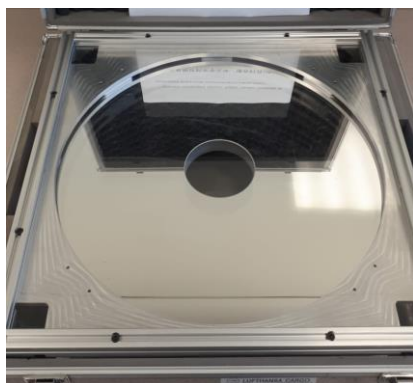
- L'objectif principal de l'ERC était de **démocratiser l'utilisation de capteurs courbes** pour que l'astronomie en bénéficie.
 - → objectif rempli 😊 même si dans la douleur :-/
- CURVE-One a vocation à participer à des projets montés en collaboration avec le CNRS-LAM (ou autre laboratoire) pour **développer de l'instrumentation scientifique de pointe**
- Besoin de monter un projet EIC pour passer à l'étape supérieure



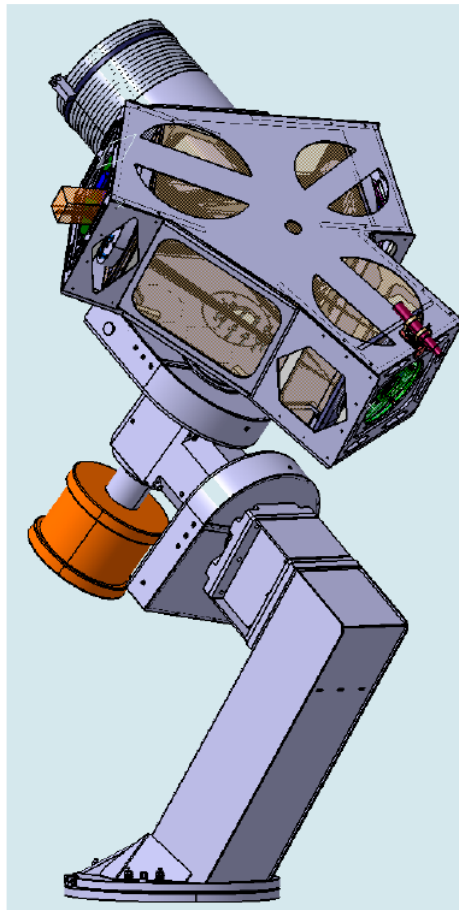
CASTLE @ Calar Alto

Calar Alto Schmidt Lemaitre Explorer

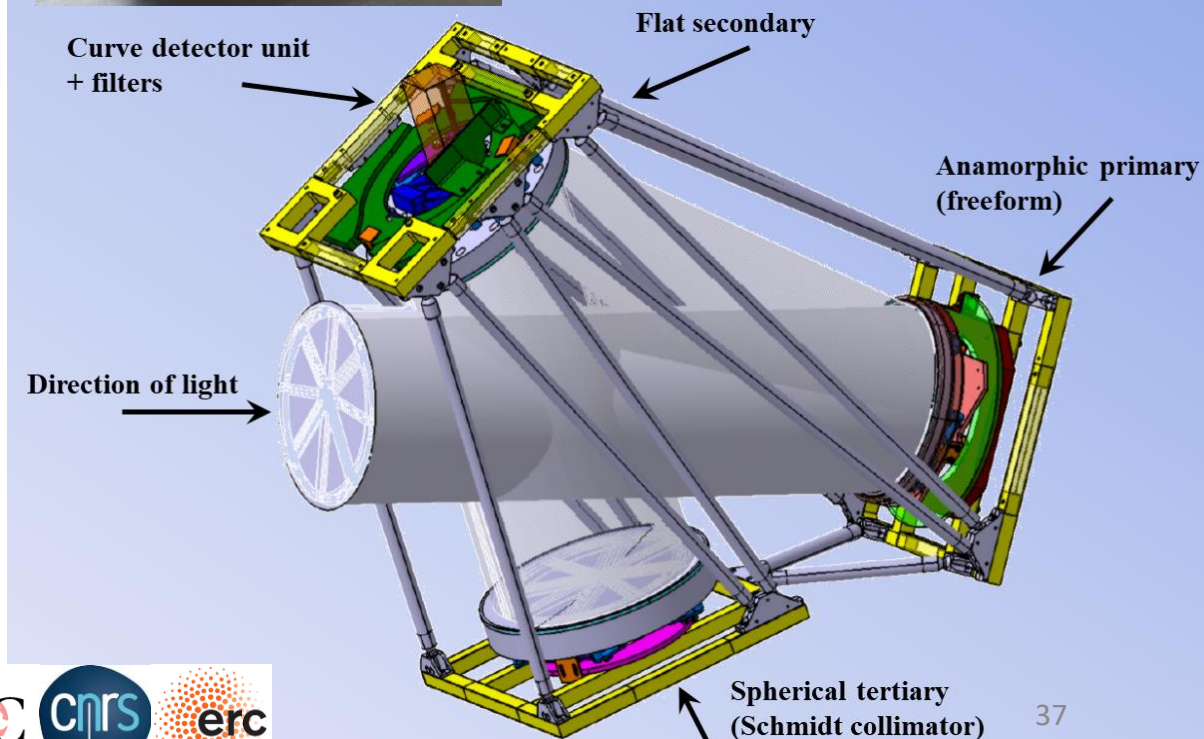
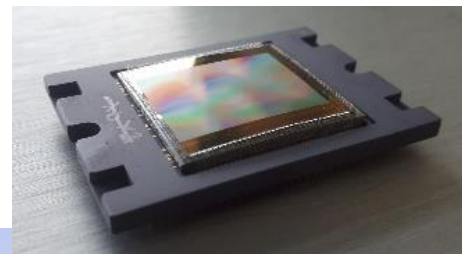
- Design innovant sans obscuration ni lentilles
- Installation du dôme en Septembre 2021
- Miroirs réceptionnés en 2021
- Engineering Curved detector fabriqué en 2021
- Première lumière Octobre 2023
- Monture Robotique financée INSU



Complete CAD model of the telescope



Convex CMOS sensor, 12 MPixels



CASTLE : Entre tempêtes de neige et de sable...



The background of the slide features four curved sensors, each housed in a black frame. The sensors are arranged in a 2x2 grid. Each sensor displays a vibrant, multi-colored rainbow pattern, indicating they are likely image sensors. The frames have some markings, such as 'X5' and 'X5X'.

Merci

CURVE

CURVED SENSORS FOR IMAGING SYSTEMS