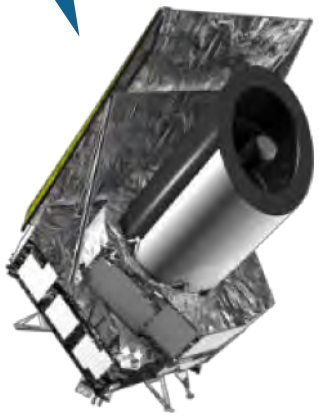
Présenté par Patrick S. le 02/03/18

Découvrir l'invisible



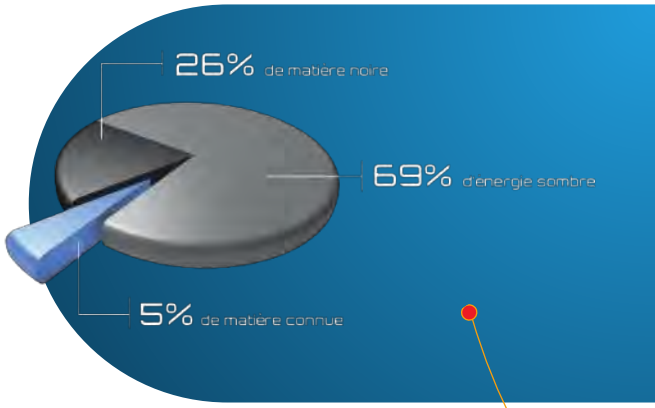
L'univers que nous observons est constitué à 70% d'une énergie inconnue, et à 25% d'une matière inconnue !

En 1929 Edwin Hubble découvre que notre univers est en expansion.
En 1998 est découverte l'accélération de cette expansion !

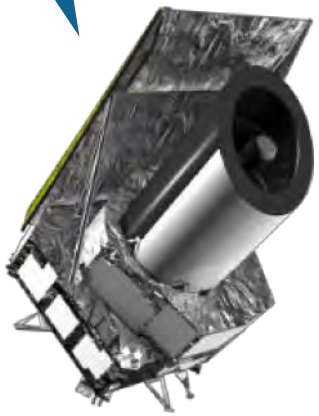
Pour quelle raison ?

Une énergie inconnue
en serait-elle la cause ?

Notre univers serait constitué à 95%
de matière noire et d'énergie sombre ...
dont on ne connait pas
les vraies natures !



Découvrir l'invisible



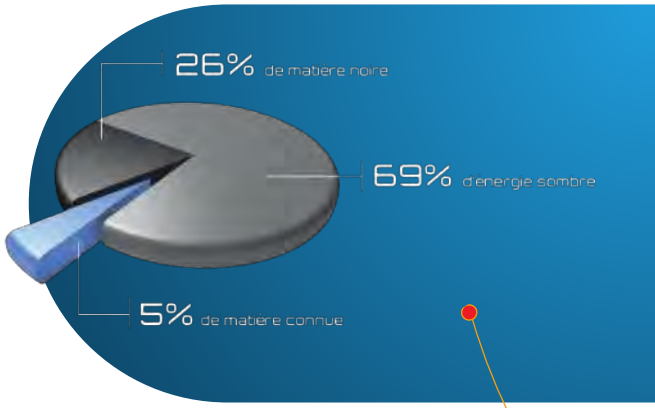
L'univers que nous observons est constitué à 70% d'une énergie inconnue, et à 25% d'une matière inconnue !

En 1929 Edwin Hubble découvre que notre univers est en expansion.
En 1998 est découverte l'accélération de cette expansion !

Pour quelle raison ?

Une énergie inconnue
en serait-elle la cause ?

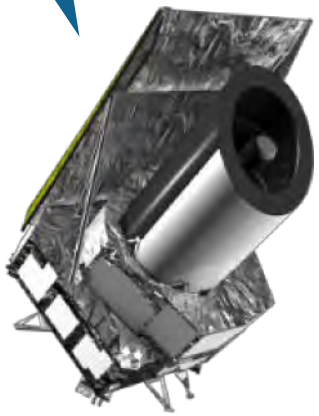
Notre univers serait constitué à 95%
de matière noire et d'énergie sombre ...
dont on ne connait pas
les vraies natures !



Pour expliquer cette accélération, plusieurs hypothèses furent élaborées :

- Notre univers ne serait pas homogène et isotrope.
- Les lois de la gravitation ne seraient plus adaptées à de grandes structures.
- Existerait-il une énergie sombre "répulsive" ?

Découvrir l'invisible



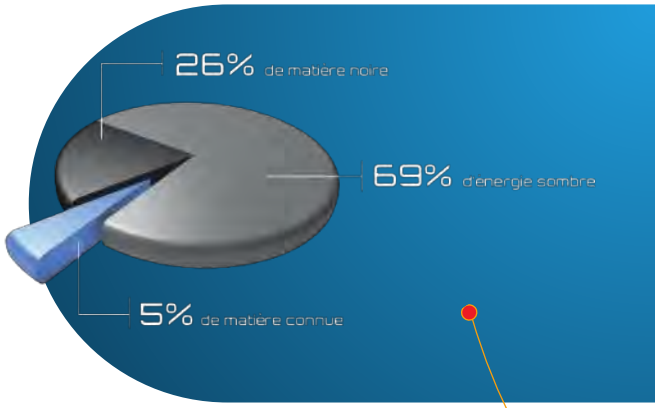
L'univers que nous observons est constitué à 70% d'une énergie inconnue, et à 25% d'une matière inconnue !

En 1929 Edwin Hubble découvre que notre univers est en expansion.
En 1998 est découverte l'accélération de cette expansion !

Pour quelle raison ?

Une énergie inconnue
en serait-elle la cause ?

Notre univers serait constitué à 95%
de matière noire et d'énergie sombre ...
dont on ne connait pas
les vraies natures !



Pour expliquer cette accélération, plusieurs hypothèses furent élaborées :

- Notre univers ne serait pas homogène et isotrope.
- Les lois de la gravitation ne seraient plus adaptées à de grandes structures.
- Existerait-il une énergie sombre "répulsive" ?

Le modèle cosmologique qui prévaut actuellement chez les scientifiques est :

qu'une énergie sombre agit pour forcer l'univers à s'étendre de plus en plus vite, à l'encontre de la gravité à très grande échelle.

Ce que mesure Euclid

le Weak Lensing

La lumière est déviée lors de son passage à proximité de la matière noire... les images des galaxies nous apparaissent donc déformées.

La statistique des déformations (excentricité et orientation) donne accès à la répartition de matière noire sur la ligne de visée.

La répartition de matière noire “sur la profondeur“ (donc au fil des âges) reflète le taux d’expansion de l’Univers

Observed region → Raw lensing measurement → Dark matter distribution

Massey et al.
Image Hubble Space Telescope (comparable à celles d’Euclid)

Instrument VIS

Imager les galaxies sur une grande partie du ciel, avec une excellente qualité d’image

Ce que mesure Euclid

les oscillations baryoniques acoustiques (BAO)

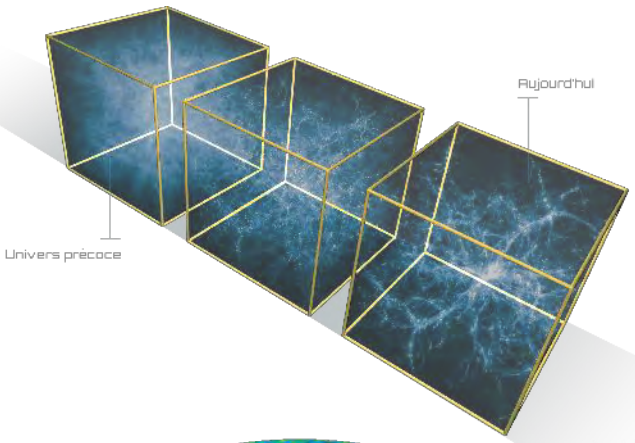
La naissance des grandes structures ...

Des oscillations de pression circulent dans un plasma ultra-dense et ultra-chaud.

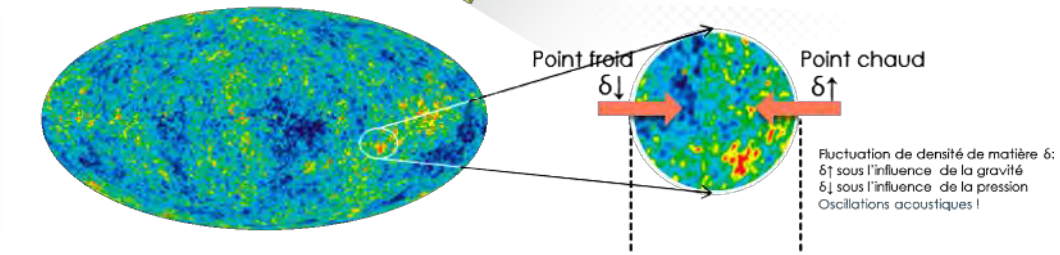
Ces oscillations ne se propagent plus. Leur empreinte reste imprimée dans la carte de la matière baryonique (les atomes) et va guider la formation des grandes structures visibles.

Puis l'univers va s'étendre avec les grandes structures le composant, en même temps que celles-ci évoluent et se rassemblent en amas.

Mesurer la lumière des galaxies …



La mesure du décalage spectral, effectuée sur un très grand nombre de galaxies sur le ciel et sur une grande "profondeur" nous montrera l'évolution "géométrique" des grandes structures, donc l'effet et la répartition de l'énergie noire.



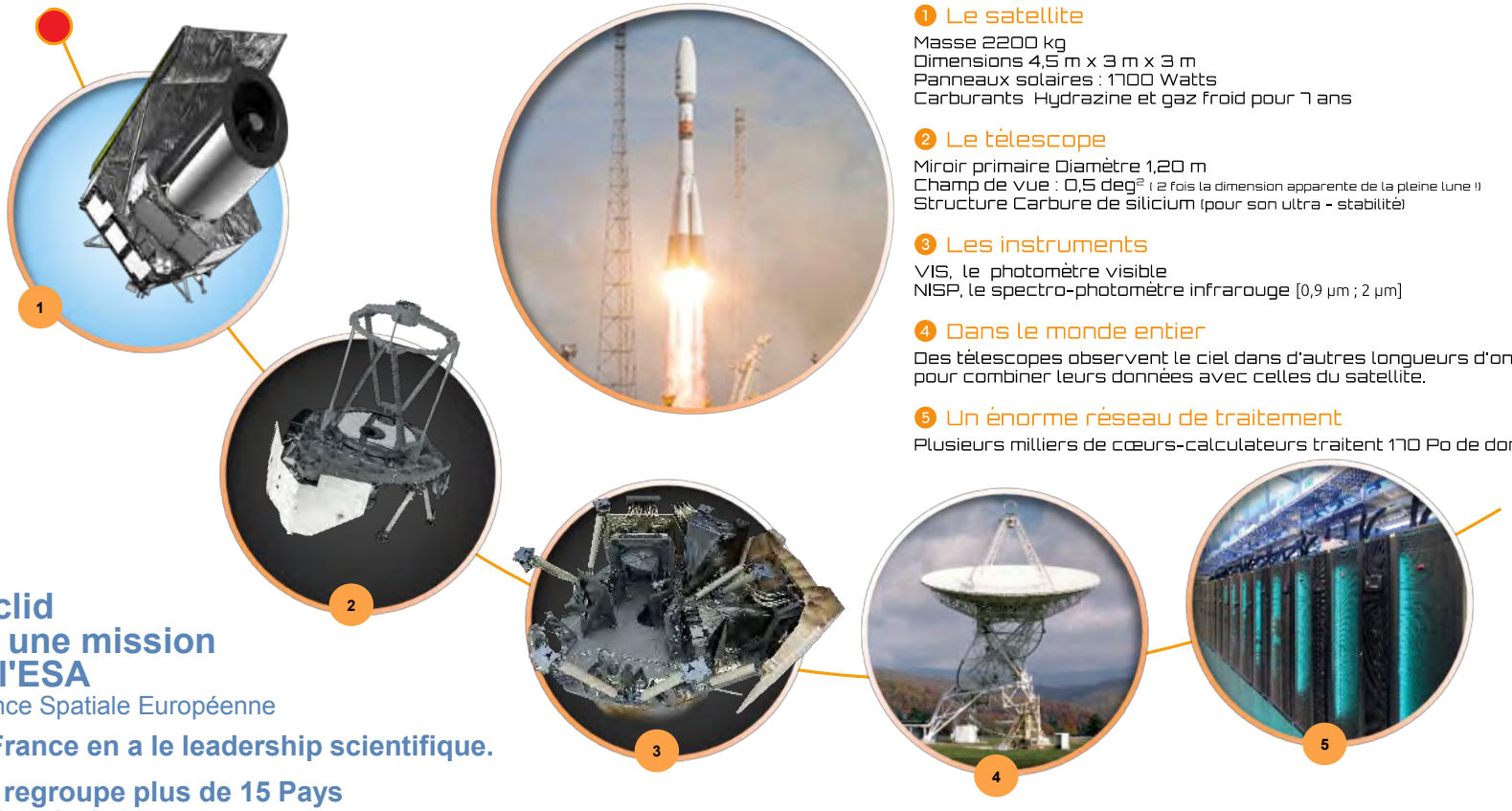
Instrument NISP

Observer par spectroscopie infrarouge les décalages spectraux (redshifts spectroscopiques) des galaxies sur une grande partie du ciel

La mission Euclid

Lancement prévu en 2021 depuis la base de Kourou, par une fusée Soyouz

6 ans de mission autour du point L2 Terre / Soleil, 6 mois de recette en vol et de préparation à l'exploitation, une couverture du ciel de 15 000 deg^2



1 Le satellite

Masse 2200 kg
Dimensions 4,5 m x 3 m x 3 m
Panneaux solaires : 1700 Watts
Carburants Hydrazine et gaz froid pour 7 ans

2 Le télescope

Miroir primaire Diamètre 1,20 m
Champ de vue : 0,5 deg^2 (2 fois la dimension apparente de la pleine lune !)
Structure Carbure de silicium (pour son ultra - stabilité)

3 Les instruments

VIS, le photomètre visible
NISP, le spectro-photomètre infrarouge [0,9 µm ; 2 µm]

4 Dans le monde entier

Des télescopes observent le ciel dans d'autres longueurs d'onde pour combiner leurs données avec celles du satellite.

5 Un énorme réseau de traitement

Plusieurs milliers de cœurs-calculateurs traitent 170 Po de données

Euclid est une mission de l'ESA
Agence Spatiale Européenne

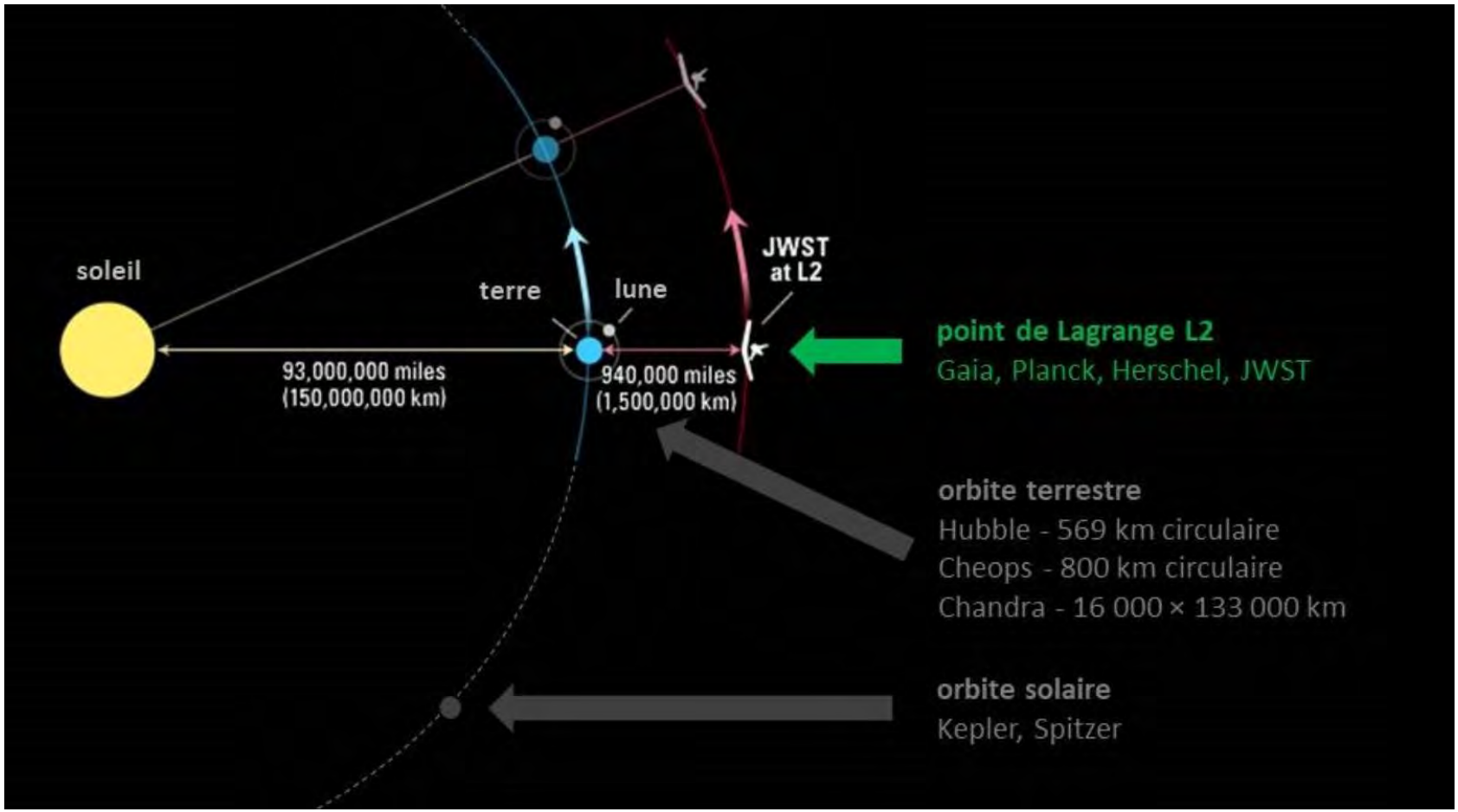
La France en a le leadership scientifique.

Elle regroupe plus de 15 Pays et plus de 1500 personnes.

La mission Euclid

Lancement prévu en 2021 depuis la base de Kourou, par une fusée Soyouz

6 ans de mission autour du point L2 Terre / Soleil,
6 mois de recette en vol et de préparation à l'exploitation,
une couverture du ciel de 15 000 deg^2



Organisation du consortium Euclid

16 pays
225 laboratoires
1487 membres
78 membres "at large"
200 Alumni
(novembre 2017)

Part Française :
30% à égalité avec l'Italie
Les autres gros contributeurs sont Allemagne & Royaume-Uni (~10%), NASA, Japon (Subaru), Canada (CFHT)

esa

EST
Euclid Science Team
10 membres

Euclid Consortium Board (ECB)
22 membres

ECL
Yannick Mellier
(IAP)

ECL Support

- *Support Office*
- *Coordination support*
- *Mission System*
- *Mission survey WG*
- *Calibration WG*
- *Science Performance Verification*
- *Tracking Team*
- *Communication*
- *Complementary data group*
- *Coordination Group*
- *Editorial Board*

SWG (Science Working Groups)

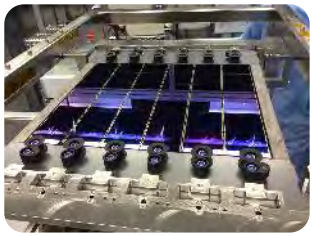
Cosmology

- *Weak Lensing*
- *Galaxy Clustering*
- *Clusters*
- *CMB Cross Correlation*
- *Strong Lensing*
- *Cosmology theory*
- *Cosmological simulations*

Legacy

- *Primeval Universe*
- *Galaxy & AGN evolution*
- *Local Universe*
- *Planets*
- *Super Novae & transients*
- *Solar System Objects*
- *Milky Way & resolved stellar population*

VIS



NISP

SGS

OBS

Euclid en France

35 Laboratoires
425 Membres
(novembre 2017)

EST
Euclid Science Team
10 membres

Yannick Mellier (IAP)

Anne Ealet (CPPM)

Euclid Consortium Board (ECB)
22 membres

Yannick Mellier (IAP)

Olivier Le Fèvre (LAM)

ECL
Yannick Mellier
(IAP)

SWG (Science Working Groups)

Cosmology

- *Weak Lensing*
- *Galaxy Clustering*
- *Clusters*
- *CMB Cross Correlation*
- *Strong Lensing*
- *Cosmology theory*
- *Cosmological simulations*

Legacy

- *Primeval Universe*
- *Galaxy & AGN evolution*
- *Local Universe*
- *Planets*
- *Super Novae & transients*
- *Solar System Objects*
- *Milky Way & resolved stellar population*

VIS

NISP

Anne Ealet (CPPM)

SGS

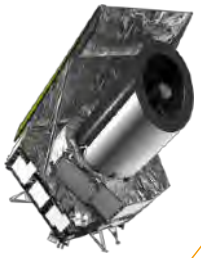
Marc Sauvage (CEA)

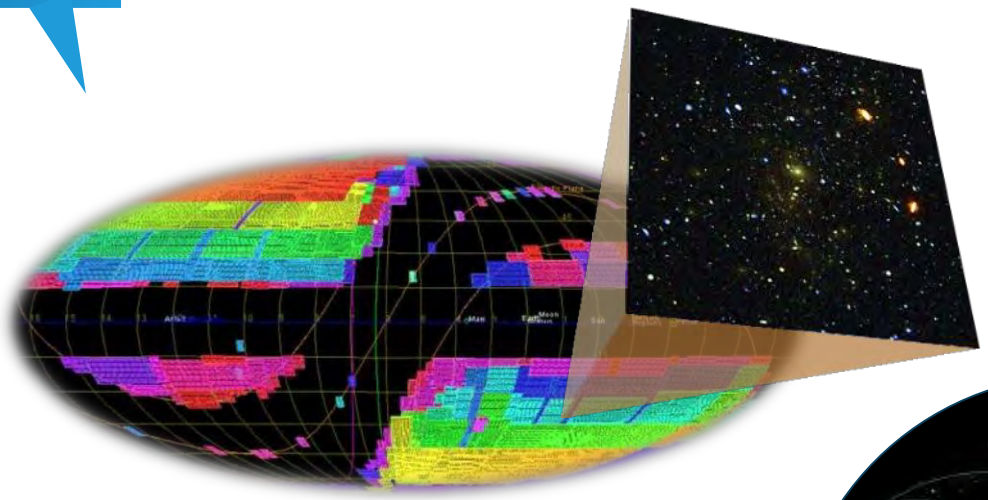
OBS

Le survey

Observer des milliards de galaxies comme "traqueur" statistiques permettant de comprendre la formation des grandes structures de l'univers

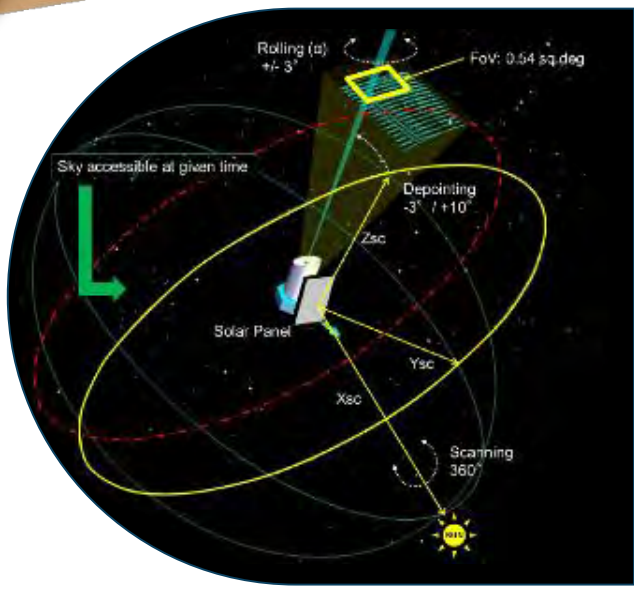
Survey de 15000 deg²
Visible & infrarouge
Diamètre de 1.2 m
Champ de 0.5 deg²

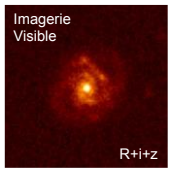


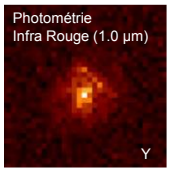


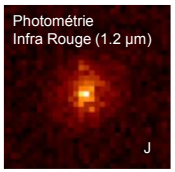
Un survey de 15 000 deg² constitué de :

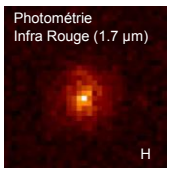
30 000 champs observés de 0,5 deg² chacun sur le ciel
10 000 champs de calibrations
Choix des meilleures zones du ciel (minimisation de la lumière zodiacale et de la contamination par les étoiles)
Contraintes complexes sur le satellite pour minimiser les perturbations thermiques

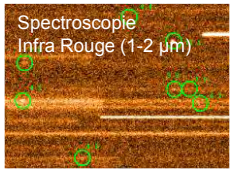












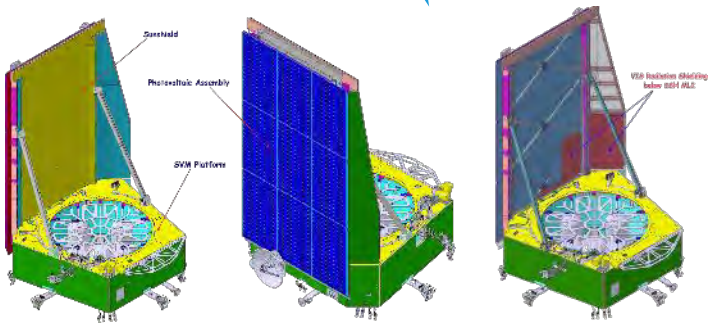
10 milliards de galaxies observées en photométrie visible et infrarouge

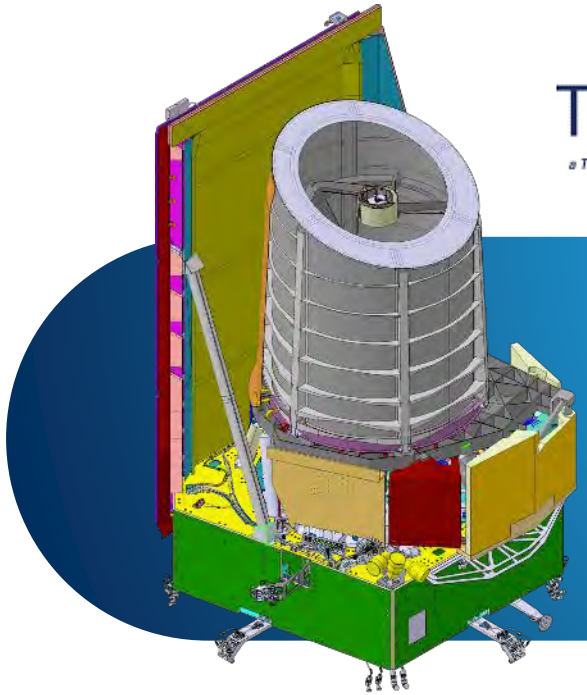
50 millions de spectres infrarouges

Satellite et module de service

Attribution mi-2014 de la maitrise d'œuvre du satellite à Thalès Alénia Space (Turin, Italie)

CDR satellite prévue en 2018





ThalesAlenia Space
a Thales / Leonardo company

Fiche Technique

Masse : 2160 kg avec adaptateur
Puissance entre 1800 W et 2400 W
Propulsion hydrazine (~140 kg)
Pare soleil en fibre de carbone
Mémoire de masse de 4 To (3 jours de données scientifiques)
Communication en bande K par une antenne HGA de 70 cm à deux degrés de liberté (74 Mbits/s)
Fine Guidance Sensor (FGS, astrométrie)
Gaz froid : pointage relatif à 75 millièmes de seconde d'arc (mas) sur 700 s et absolu à 7,5 secondes d'arc

Module charge utile

AIRBUS DEFENCE & SPACE

Maitrise d'œuvre
Airbus Defense & Space (Toulouse, France)

CDR passée en octobre 2017

Fiche Technique

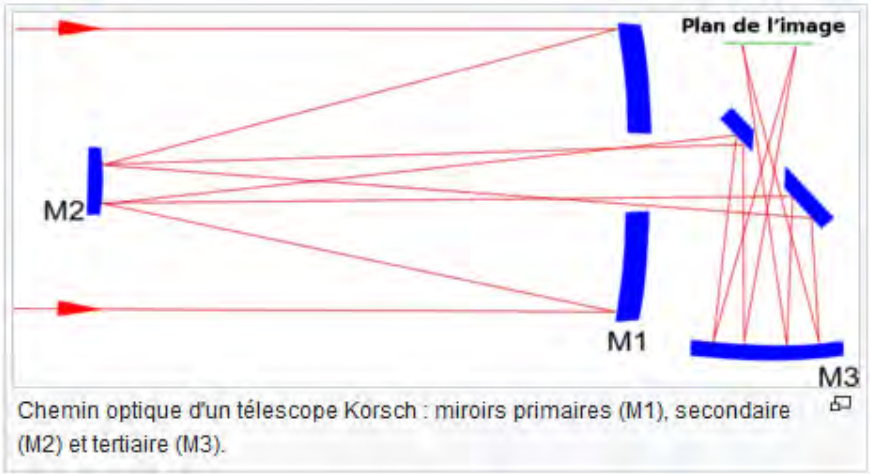
Masse : 570 kg
Structure entièrement en carbure de silicium (SiC)
Contrôle thermique passif
Korsch fait de 3 miroirs anastigmates et donnant plus de 1 m^2 de surface collectrice
Miroir M1 de diamètre 1,2 m
Miroir M2 monté sur un mécanisme à 3 degrés de liberté pour corrections en vol du foyer
Champ de 0,5 deg^2
Séparation des signaux visible et infra-rouge par une lentille dichroïque

Module charge utile

AIRBUS DEFENCE & SPACE

Maitrise d'œuvre
Airbus Defense & Space (Toulouse, France)

CDR passée en octobre 2017



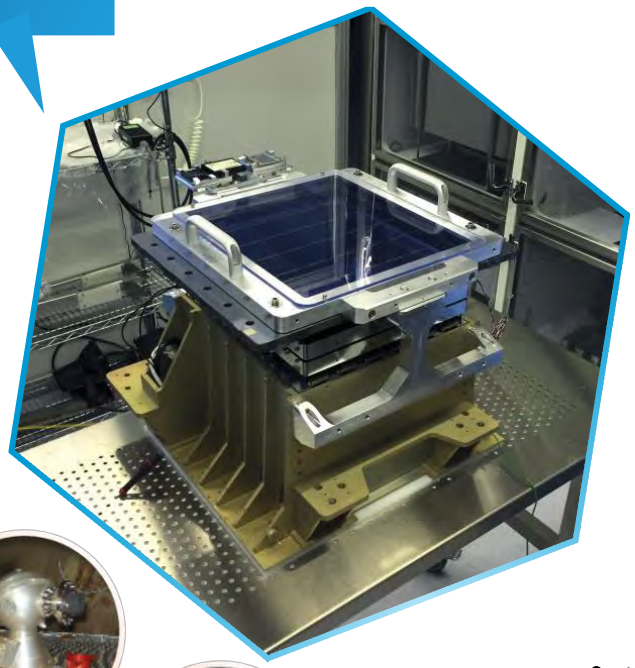
Chemin optique d'un télescope Korsch : miroirs primaires (M1), secondaire (M2) et tertiaire (M3).

france for euclid

euclid

Instrument VIS

Depuis Marseille, sa précision lui permettrait de détecter une mouche posée sur un ballon de foot à Paris !



Plan focal

Basé sur 36 détecteurs CCD
4056 x 4056 pixels de 12 µm
soit environ 600 millions de pixels !
Plan focal refroidi à 150K (-123 °C)

La maîtrise d'œuvre de l'instrument VIS est effectuée par le Mullard Space Science Laboratory (MSSL, Angleterre).

Intégration du plan focal

Chaînes de lecture

Unité de calibration

Mécanisme d'obturation

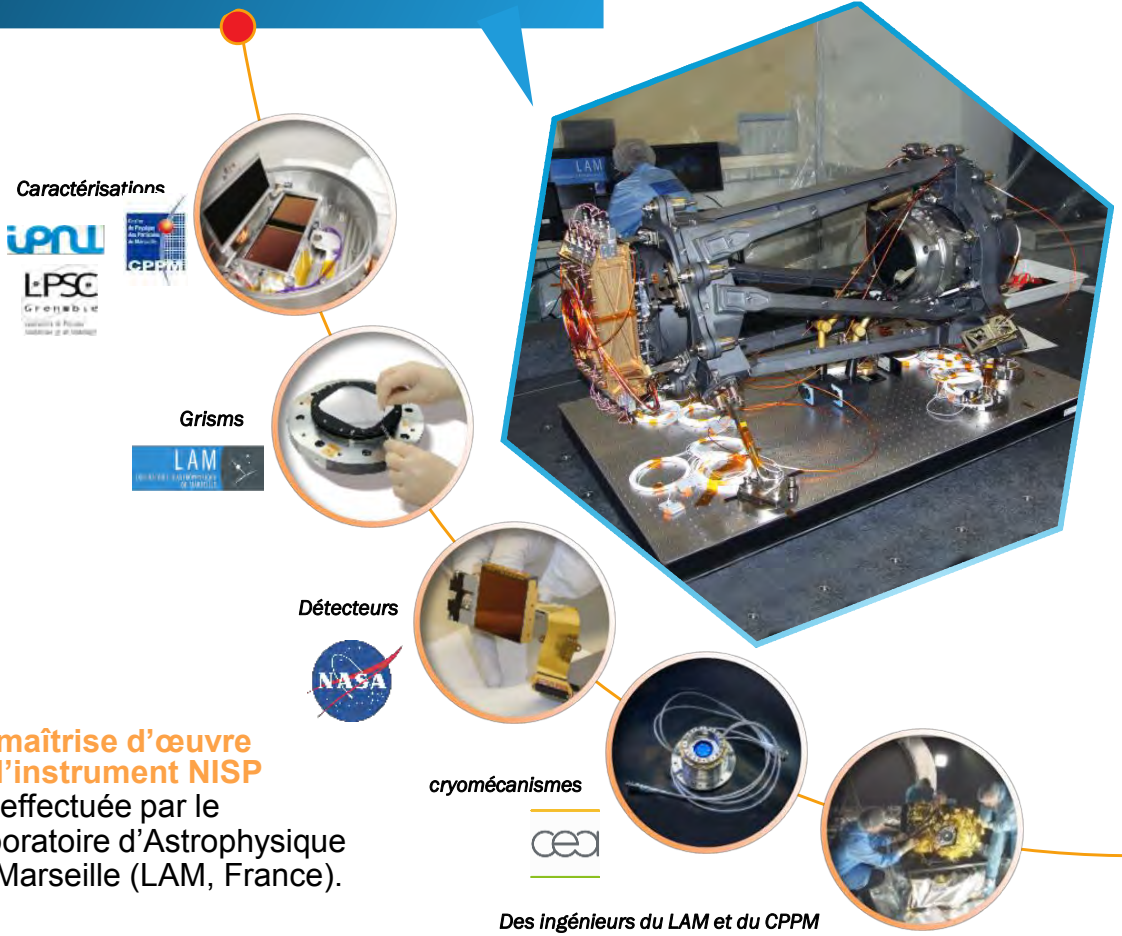
Calculateur & données

Contrôle puissance & mécanismes

Plan focal

Instrument NISP

Cette caméra infra rouge, la plus grande jamais lancée dans l'espace donnera des mesures d'une précision inégalée à ce jour.



Des ingénieurs du LAM et du CPPM préparent NISP pour des tests

La maîtrise d'œuvre de l'instrument NISP est effectuée par le Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (LAM, France).

Plan focal

Basé sur 16 détecteurs H2RG
De 2048 x 2048 pixels de 18 µm
Soit environ 64 millions de pixels !
Plan focal refroidi à 95K (-178 °C)

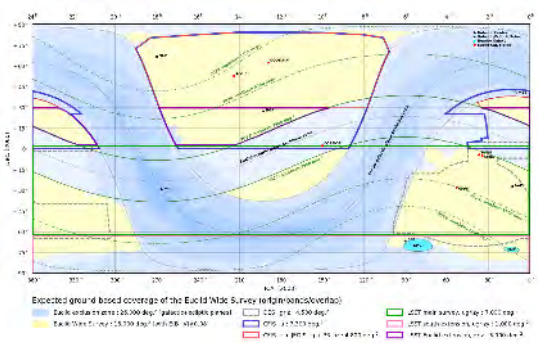
Caractéristiques

200 W
160 kg
240 Gbits / jour
1 m x 0,5 m x 0,5 m

Partenaires

Italie : calculateur, traitement de données, roue à grisms, logiciels
Espagne : hardware calculateur, roue à filtres
Allemagne : optiques (hors grisms), lampe de calibration
Norvège : bipodes
Danemark : banc optique
Belgique : tests mécaniques
NASA : détecteurs (via ESA)

Observatoires sol



Le troisième instrument

Pour compléter les observations spatiales, le “survey“ Euclid requiert l’accès à des télescopes sol les meilleurs au monde (du fait de la profondeur optique des observations).

Or le Consortium Euclid n’a aucun financement pour ce faire. L’obtention des données nécessaires dans plusieurs bandes spectrales se fait donc par négociations directes avec les entités en charge de ces télescopes sur la base d’échanges de données scientifiques.

Deux types de mesure sont requises :

Un survey photométrique “grand champ“ basé sur 800 nuits d’observation.
*(télescopes : **CFHT, JST, Pan-Starrs, LSST, Blanco**)*

Un survey spectrométrique dont les données sont utilisées pour la calibration des redshifts photométriques :
*Télescopes **Keck** (45 nuits, hémisphère nord)*
*et **VLT** (40 nuits, hémisphère sud)*

Present and upcoming wide–field imagers relevant to Euclid

Etendue ↑

Facility	Year	Aper.	FOV	IQ	CCD class	Type	Hemisphere
LSST	2021	6.6m	9.6 sq.deg.	0.8"	Deep depletion	Surveyor	South
Subaru	2013	8.2m	1.8 sq.deg.	0.6"	Fully depleted	Observatory	North
Blanco	2013	4.0m	3.0 sq.deg.	0.9"	Fully depleted	Observatory	South
JST	2018	2.5m	4.8 sq.deg.	0.7"	Deep depletion	Surveyor	North
CFHT	2003	3.6m	1.0 sq.deg.	0.6"	EPI	Observatory	North
PS1	2008	1.5m	7.0 sq.deg.	1.0"	Fully depleted	Surveyor	North

Euclid

9 centres de traitement dans le monde entier !

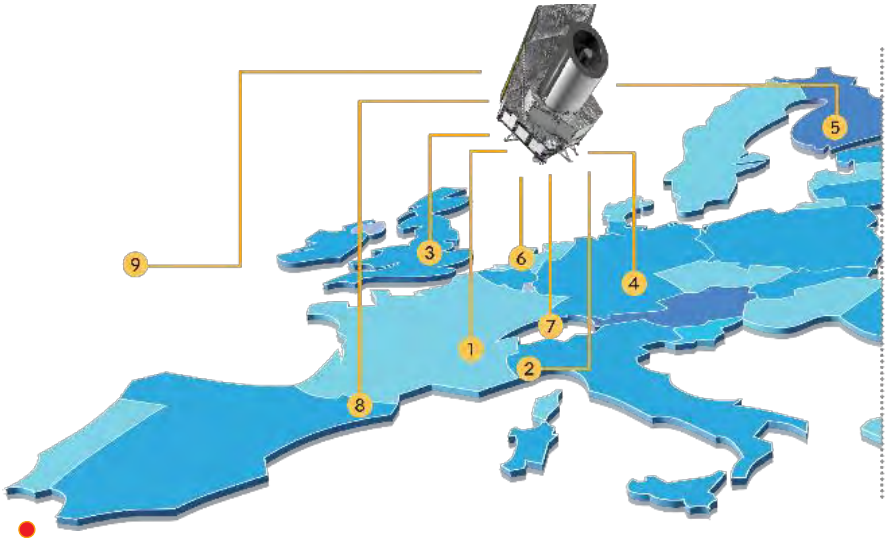
Plus de 170 millions de gigaoctets de données ! La France en traitera 30%

Equivalant à 170 000 disques durs

Soit une pile de disques durs de 2,6 km de haut !

Un travail de traitement des données colossal pour 15 pays , 200 laboratoires, 200 développeurs

3 millions de lignes de code à écrire, à tester et à valider...



1. Centre de Calcul de l'IN2P3 - Lyon - France
2. Astronomical Observatory of Trieste - Italie
3. Institute for Astronomy - Edimbourg - Royaume-Uni
4. Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics - Münich - Allemagne
5. University of Helsinski - Finlande
6. Donald Smits Centrum voor Informatie Technologie - Gröningen - Pays-Bas
7. Département d'astronomie de l'université de Genève - Suisse
8. Port d'Informació Científica - Barcelone - Espagne
9. IPAC, Caltech , Pasadena - Californie - USA

Développement des pipelines

Nous sommes leader pour :

L'élaboration des catalogues de spectres (LAM)

L'élaboration des produits scientifiques (CEA)

Le traitement des données de l'instrument visible (IAP)

Et Co-leaders pour :

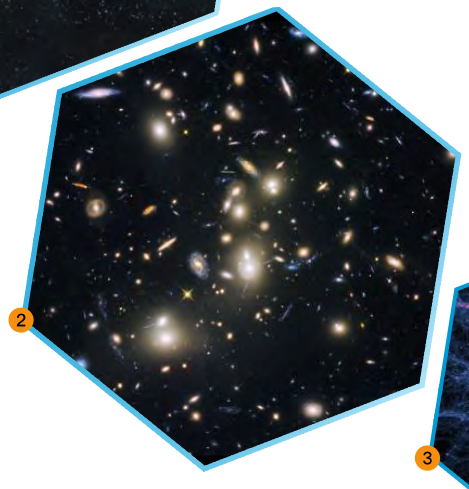
La simulation de l'ensemble de la chaîne de traitement scientifique (CPPM)

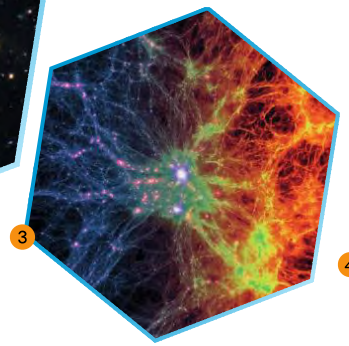
Le traitement des données spectrométriques de l'instrument infra rouge (IPNL)

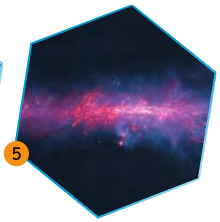
La fusion & la normalisation des données spatiales et sol (IAS)

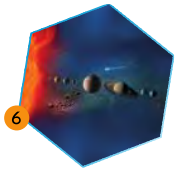
Euclid

Un nombre de retombées scientifiques incalculables









1 L'étude des populations de galaxies

La galaxie d'Andromède dans toute sa beauté.
Euclid permettra d'étudier plusieurs milliards de galaxies et d'avoir ainsi tous leurs types, leurs formes, d'étudier leur histoire. Nous ferons une véritable zoologie des galaxies.

2 Les amas de galaxies

Ici le cœur de l'amas Abell 2744 imagé par le télescope spatial Hubble. Euclid va découvrir des centaines de milliers d'amas massifs comme celui-ci, contenant chacun des centaines de galaxies. Les amas sont aussi des formidables télescopes gravitationnels qui nous permettent de "voir" les galaxies les plus faibles et les plus distantes connues à ce jour grâce à l'effet de lentille gravitationnelle (certains de ces "mirages gravitationnels" sont visibles sur l'image sous forme d'arcs).

3 La répartition de la matière noire

Les simulations prédisent que la matière noire se distribue sur des filaments comme la matière visible dans les grandes structures. L'image ci-contre nous montre comment devrait se répartir la matière noire (à gauche) dans l'un des plus gros amas de galaxies (la matière baryonique est à droite).

4 Les exoplanètes

Euclid, en observant le centre de notre galaxie, sera une extraordinaire machine pour trouver des planètes extrasolaires froides. On détectera une dizaine de planètes de la masse de la Terre par mois d'observation, par effet de lentille gravitationnelle. Le télescope sera sensible aux planètes de la masse de Mars et pourra aussi trouver des Lunes en orbite autour de planètes extrasolaires.

5 Les populations stellaires

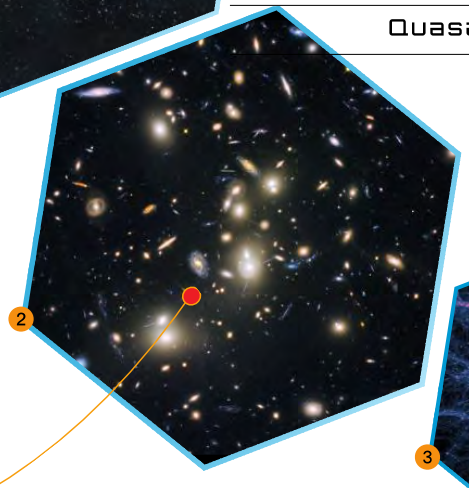
Grâce à son télescope très puissant, et à l'instar de la mission GAIA, Euclid fera les images de millions d'étoiles de notre galaxie et de l'univers proche.

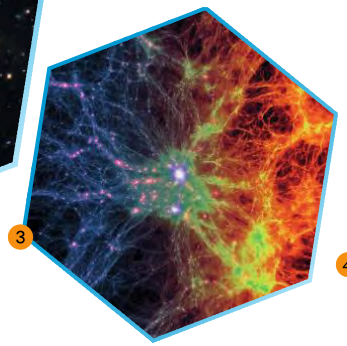
6 Notre système solaire

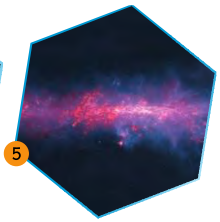
Avec Euclid nous pourrons par exemple détecter sur le fond d'étoiles et de galaxies, les empreintes des trajectoires des petits corps qui "croisent" aux confins de notre système solaire.

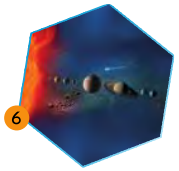
La révolution Euclid

	Avant Euclid	Après Euclid
Galaxies récentes (1 < z < 3)	5 millions	200 millions
Galaxies massives	quelques dizaines	quelques centaines
Galaxies naines	aucune	100 000
Noyaux actifs de galaxies (0,7 < z < 2)	1000	10000
Quasars lointains (z>8)	aucun	30

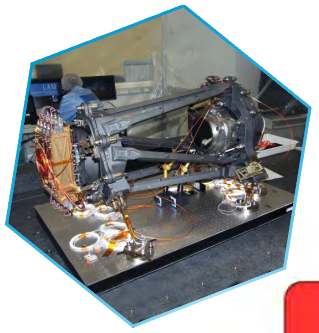


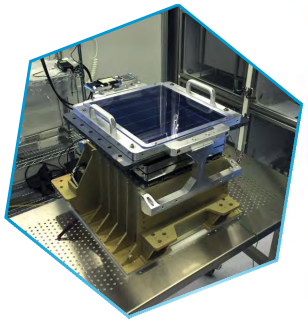


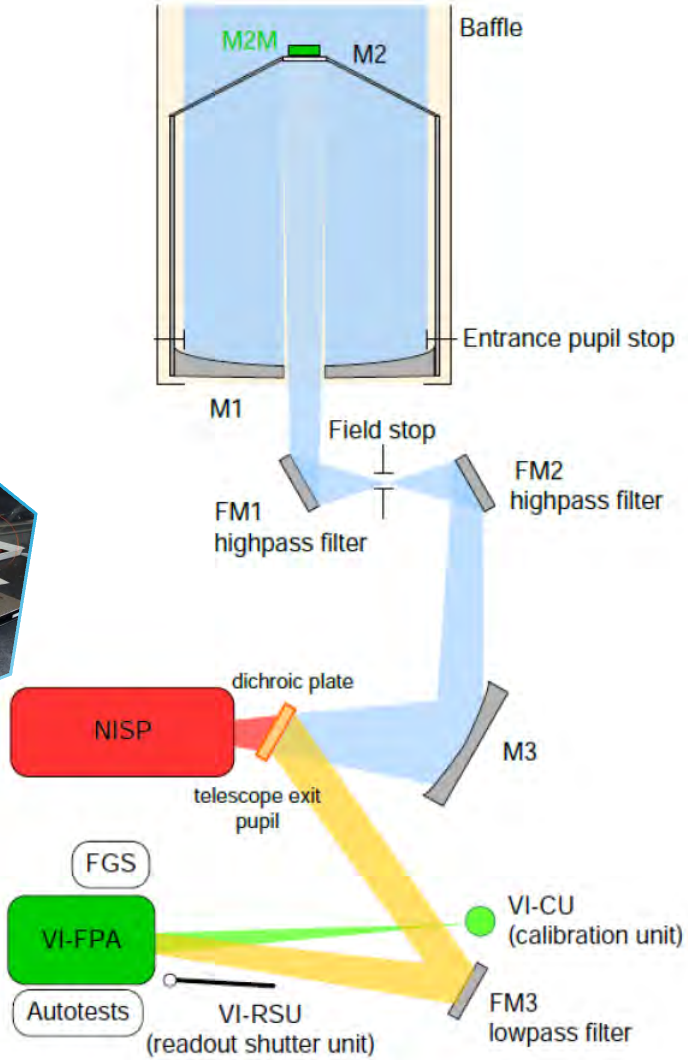




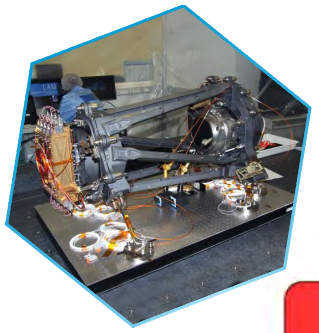
Instrumentation sur le Module de charge utile (PLM)

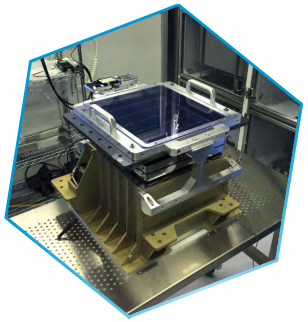


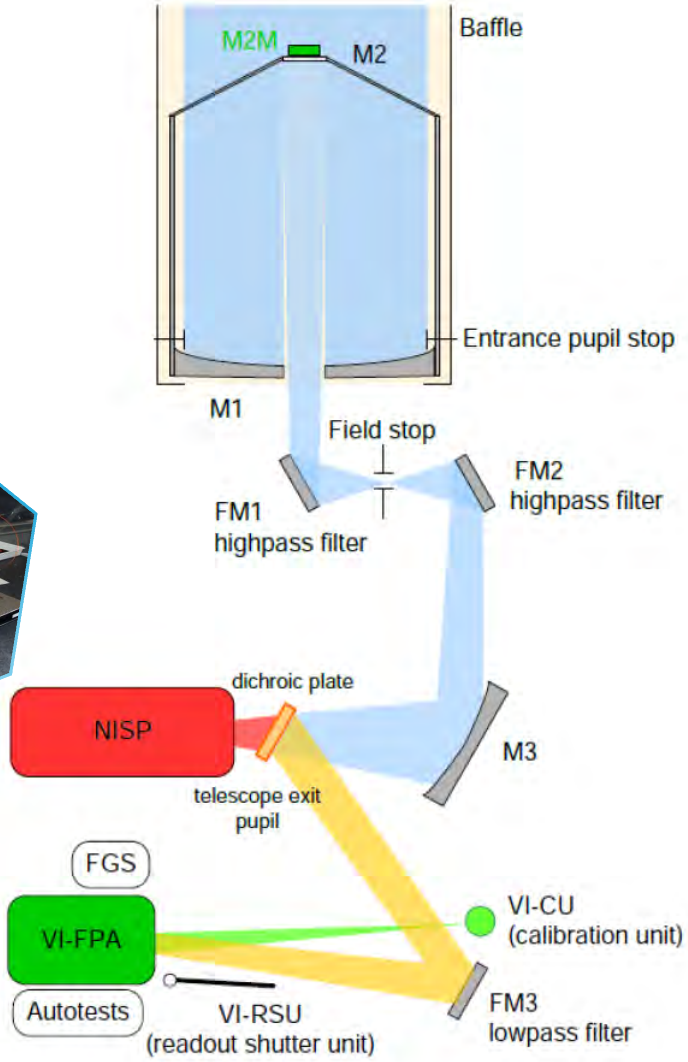


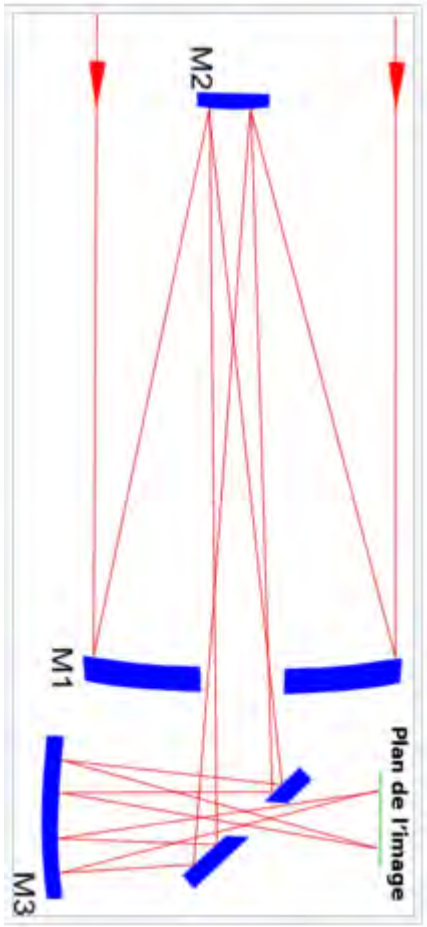


Instrumentation sur le Module de charge utile (PLM)

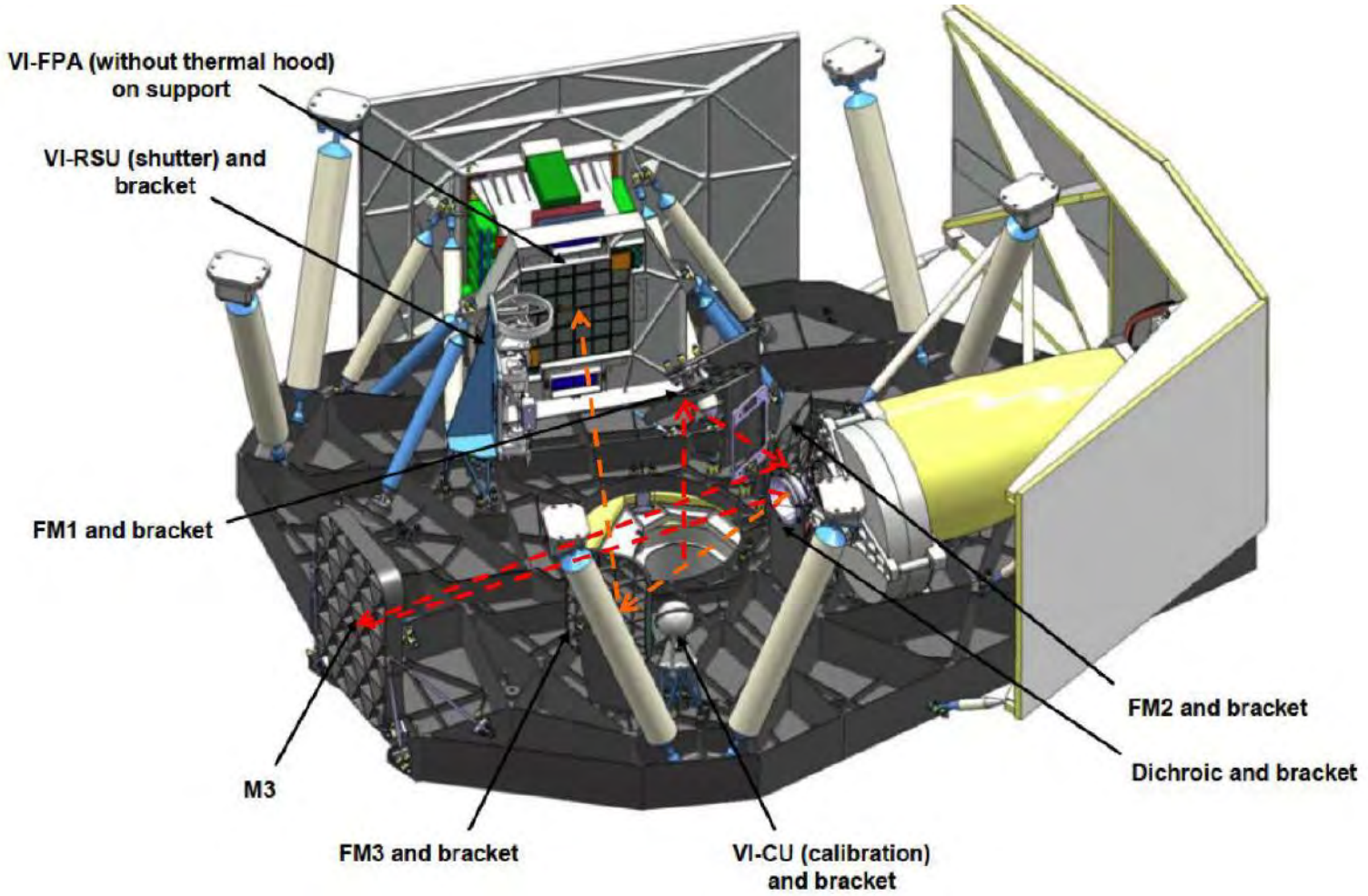




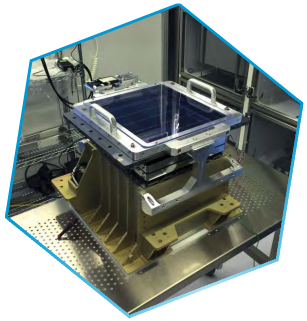




Instrumentation sur le Module de charge utile (PLM)

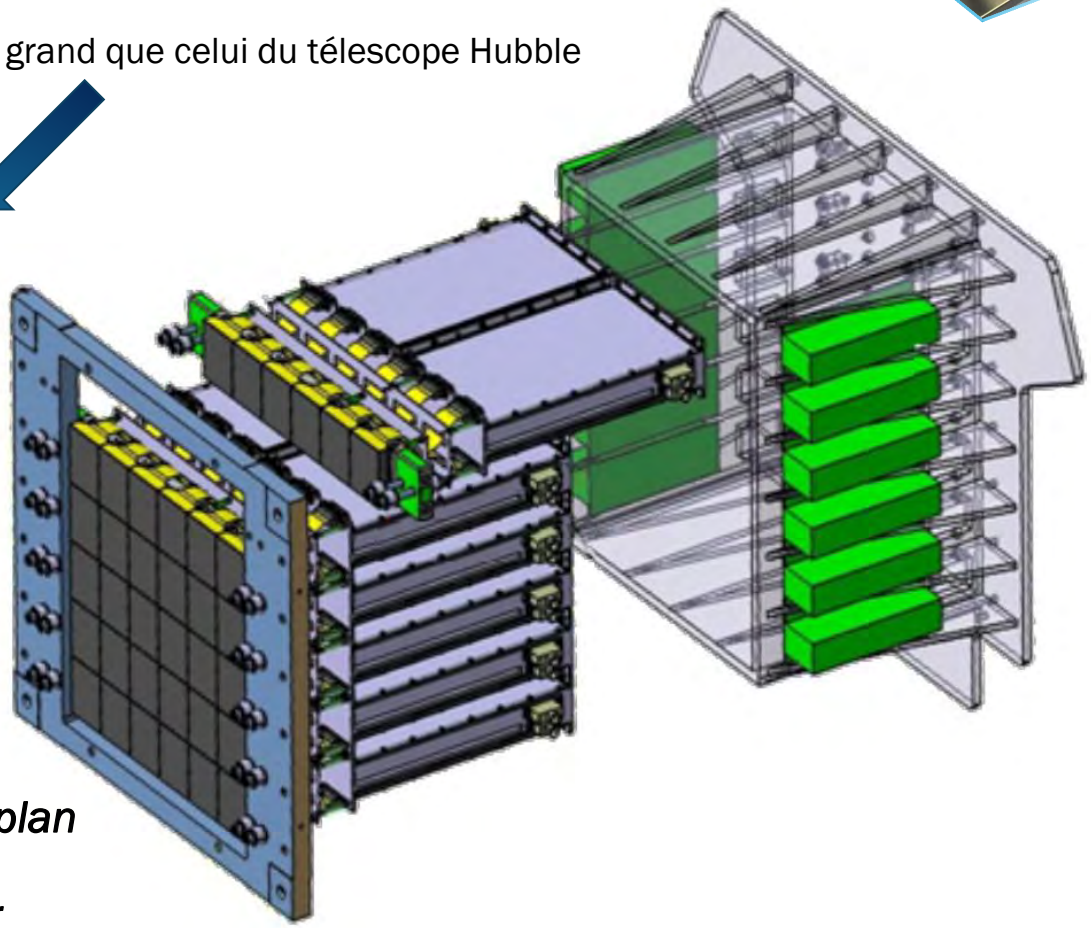


EUCLID
Imageur VIS



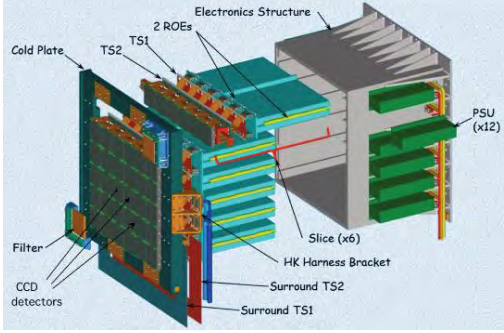
100 fois plus grand que celui du télescope Hubble

Instrument VIS	
Champ de vue	0,787×0,709 deg^2
Système de détection	36 CCD 4k × 4k pixels
Résolution pixel	0,1 arcsec
Bande	550-900 nm (RIZ)
Magnitude limite SNR=10 pour source de 1 arcsec	m_{AB} =24,5



Vue 3D de l'instrument VIS avec le plan focal 6x6 CCDs et leur électronique de lecture pour chaque ligne de six détecteurs ("slice")

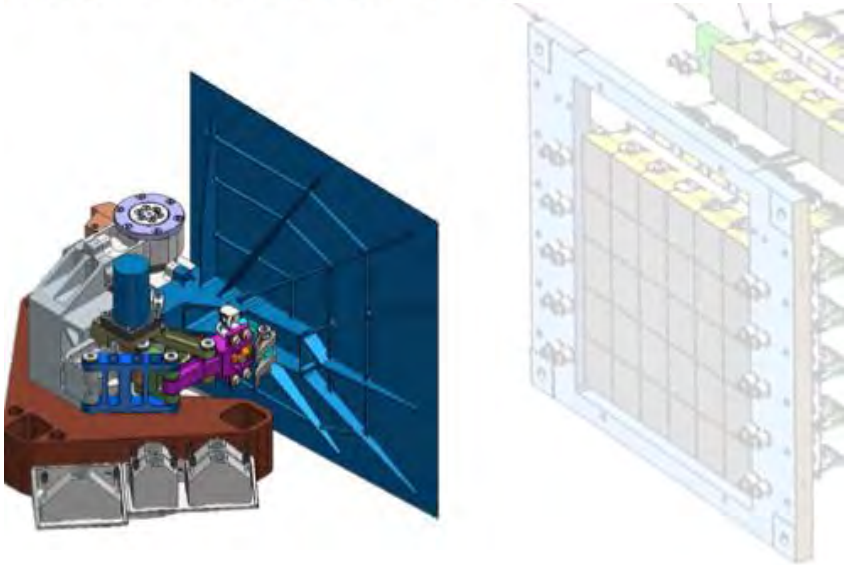
Description détaillée



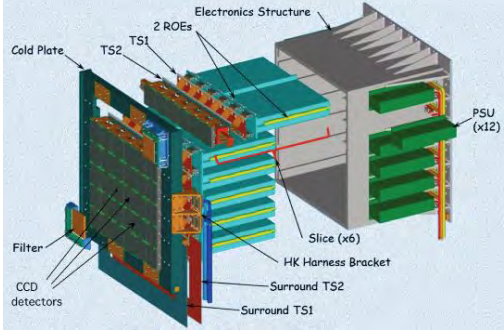
L'instrument VIS est composé de plusieurs sous-systèmes :

Un obturateur, placé en amont du plan focal. Dès qu'une observation se finit (quelques centaines de secondes chacune) celui-ci est fermé pour éviter la présence de lumière parasite pendant le traitement des données.

Read-out Shutter Unit



Description détaillée



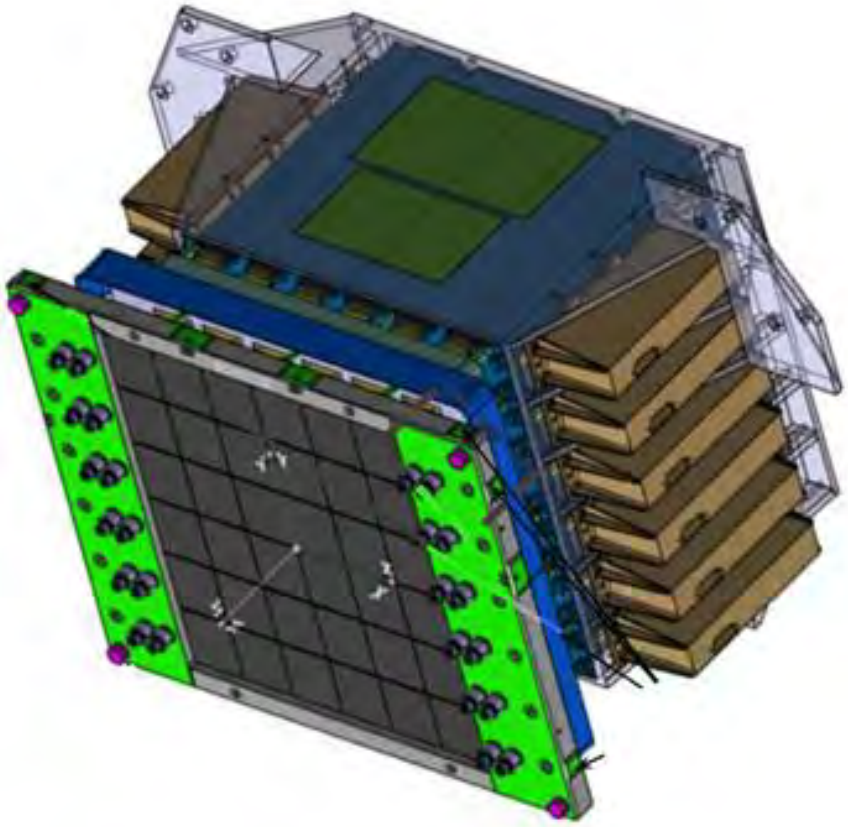
L'instrument VIS est composé de plusieurs sous-systèmes :

Un plan focal, qui est le cœur de l'instrument, il est équipé de 36 CCDs avec des pixels de 12 µm.

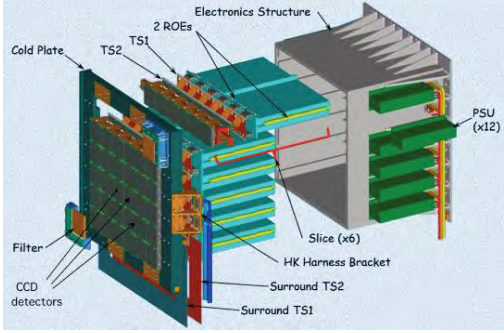
Ce plan focal va permettre l'observation d'un champ de vue dans le visible de 0,5 deg^2 (qui correspond environ à la taille de la lune vue de la Terre).

Chaque détecteur consiste en une matrice de 4096 x 4096 pixels.
Au total, plus de 600 millions de pixels qui représentent une dimension de 29 cm x 29 cm.

Ces détecteurs sont opérationnels avec une température de fonctionnement de 150 °K (-123 °C).



Description détaillée

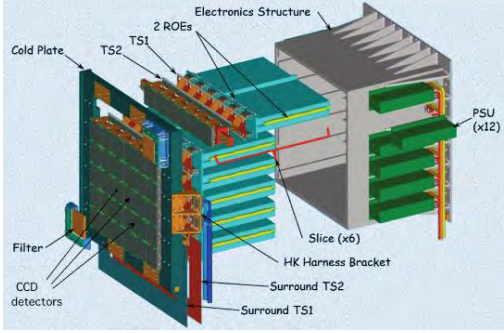


L'instrument VIS est composé de plusieurs sous-systèmes :

Une unité de calibration, en charge de fournir une source d'éclairage parfaitement connue pendant le vol, sera utilisée pour les campagnes de calibration de l'instrument pendant la mission. Elle consiste en une sphère intégrante équipée de LEDs, fournissant ainsi une illumination uniforme sur l'ensemble du plan focal.

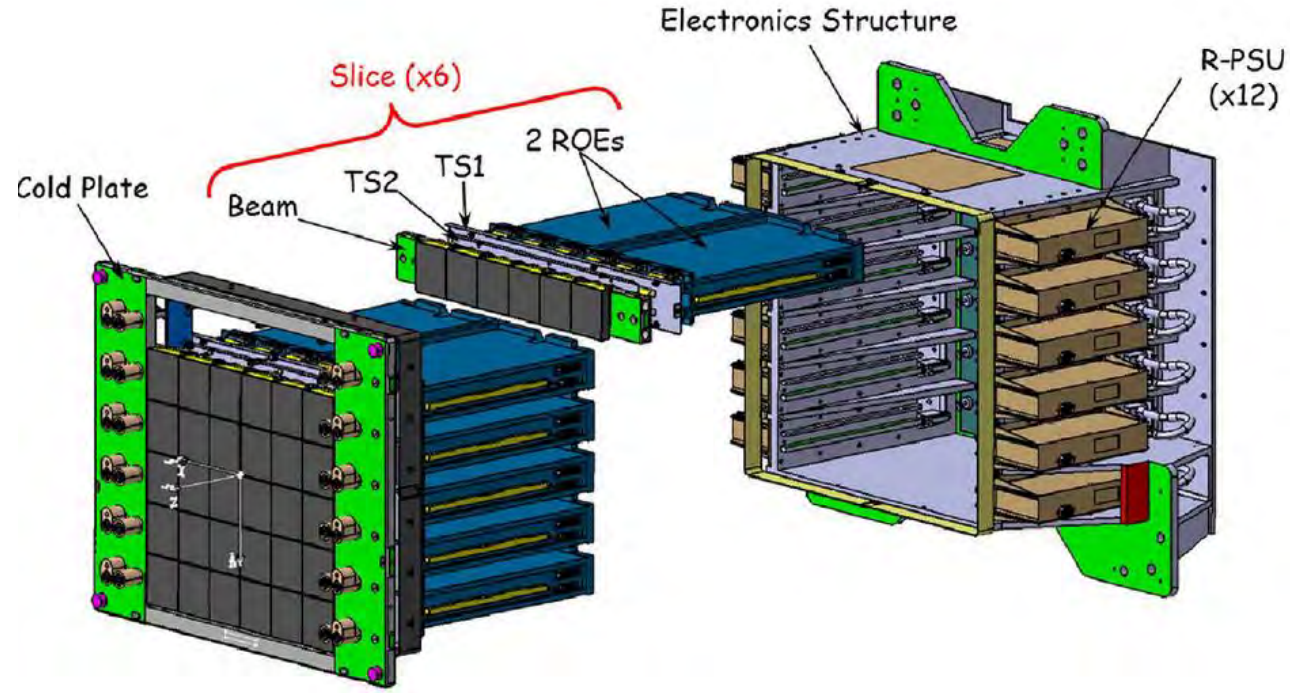
Calibration Unit

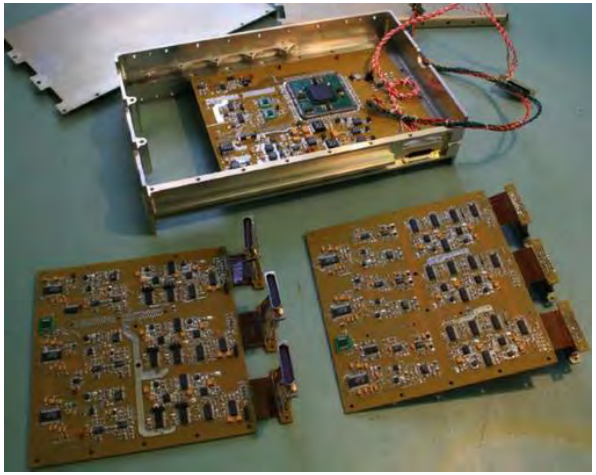
Description détaillée



L'instrument VIS est composé de plusieurs sous-systèmes :

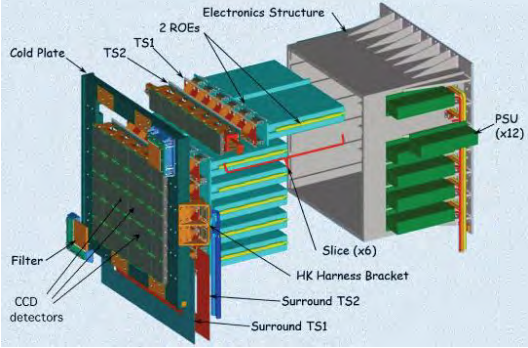
Deux boitiers électroniques, l'un ayant la charge du contrôle et du traitement des données de l'instrument, l'autre celle de contrôler les mécanismes et la puissance allouée à l'instrument.



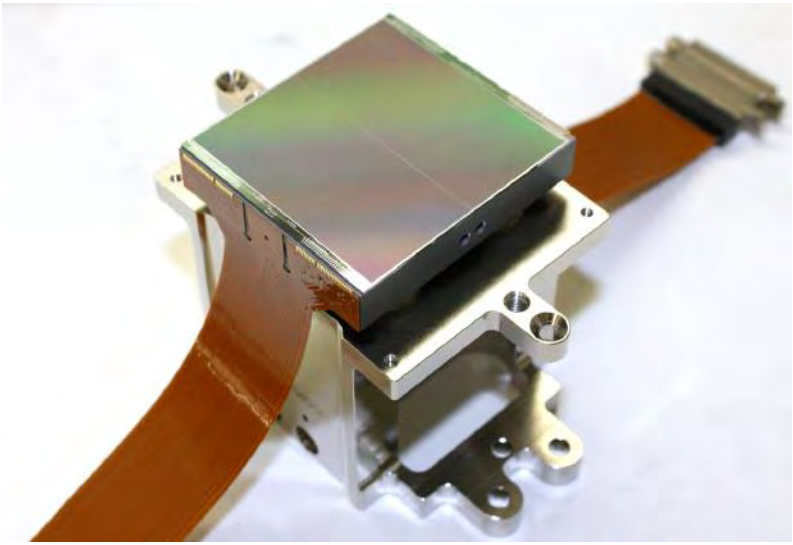


EUCLID
Imageur VIS

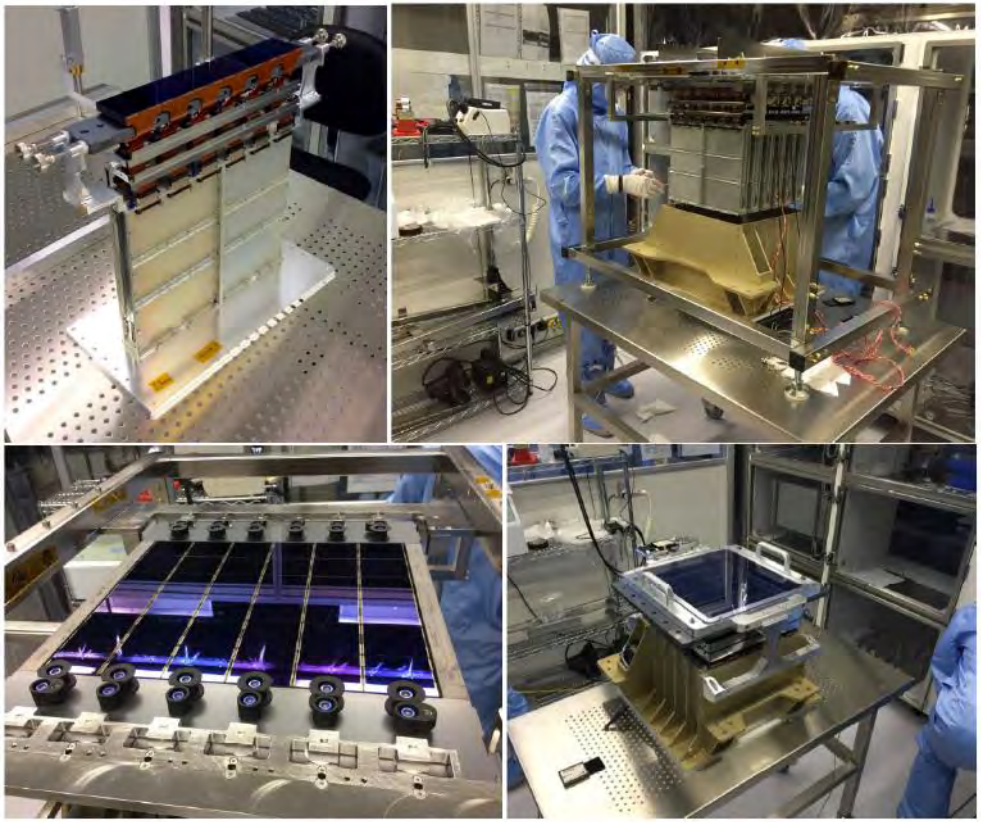
Description détaillée



CCD273-84, spécialement conçu pour EUCLID par e2V.



TELEDYNE e2v
Everywhereyoulook™



>300 KUSD

e2v

CCD231-84 Back Illuminated Scientific CCD Sensor 4096 x 4096 Pixels, Four Outputs Non-inverted Mode Operation

INTRODUCTION

This device extends e2v's family of scientific CCD sensors. The CCD231 has been designed to provide a large image area for demanding astronomical and scientific imaging applications. Back-illuminated spectral response combined with very low readout noise give exceptional sensitivity.

DESCRIPTION

The sensor has an image area having 4096 x 4096 pixels, split readout registers at both top and bottom with charge detection amplifiers at both ends. The pixel size is 15 µm square. The image area has four separately connected sections to allow full-frame, frame transfer, split full frame or split frame-transfer modes. Depending on the mode, the readout can be through 1, 2 or 4 of the output circuits. A gate-controlled drain is also provided to allow fast dumping of unwanted data.

The output amplifier is designed to give very low noise at readout rates of up to 3 MHz. The low output impedance simplifies the interface with external electronics and the optional dummy outputs are provided to facilitate common mode rejection.

The package provides a compact footprint with guaranteed flatness at cryogenic temperatures. Connections are made at the top and bottom of the device via two flexi connectors that also provide a thermal break. The sides may be close butted if needed.

Specifications are tested and guaranteed at 173 K (–100 °C).

The CCD231 devices described here are non-inverted (non-MPP) types.

VARIANTS

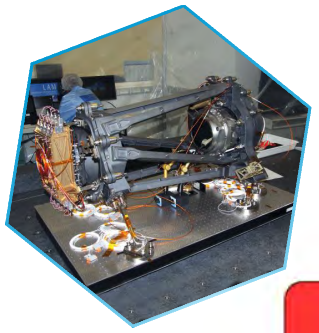
Standard silicon and deep depletion silicon device types are available with a range of AR coatings. Graded coatings and two-layer coatings are available as custom variants.

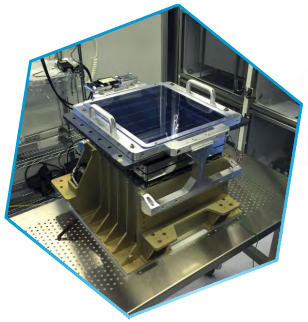
Devices with other formats (e.g. 8192 x 3172 pixels) or 3-side butting can also be provided in the same family.

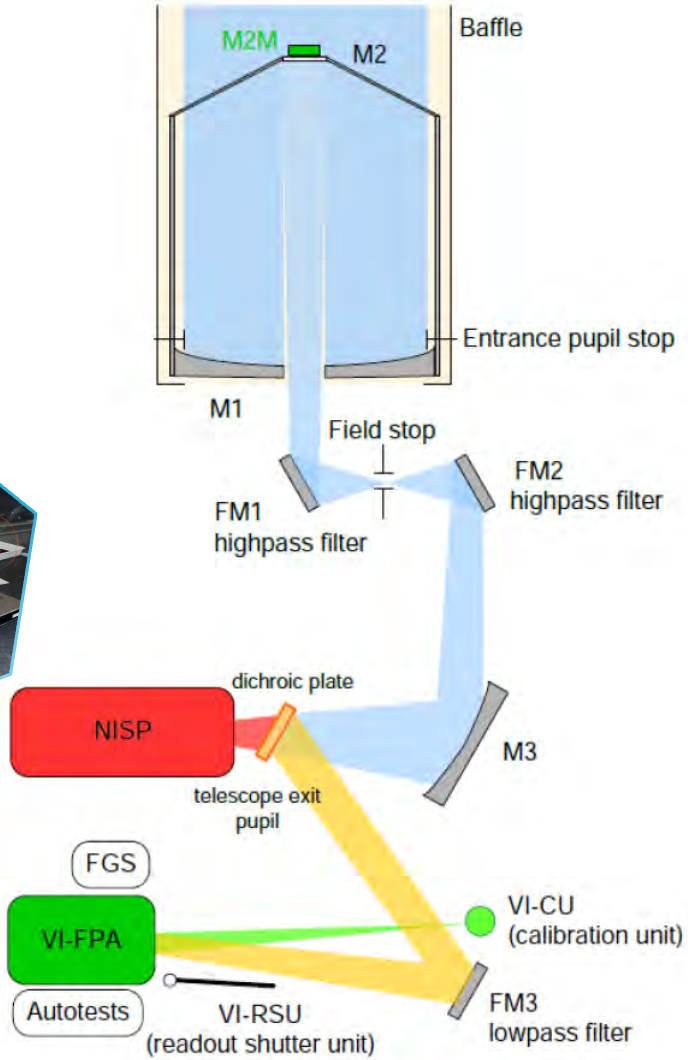
SUMMARY PERFORMANCE (Typical)

Number of pixels	4096(H) x 4112(V)
Pixel size	15 µm square
Image area	61.4 mm x 61.4 mm
Outputs	4
Package size	63.0 x 69.0 mm
Package format	silicon carbide with two flexi connectors
Focal plane height, above base	15.0 mm
Height tolerance	±10 µm
Connectors	two 37-way micro-D
Flatness	<20 µm (peak to valley)
Amplifier sensitivity	7 µV/e^-
Readout noise	5 e^- at 1 MHz 2 e^- at 50 kHz
Maximum pixel data rate	3 MHz
Charge storage (pixel full well)	350,000 e^-
Dark signal	3 e^-/pixel/hour (at –100 °C)

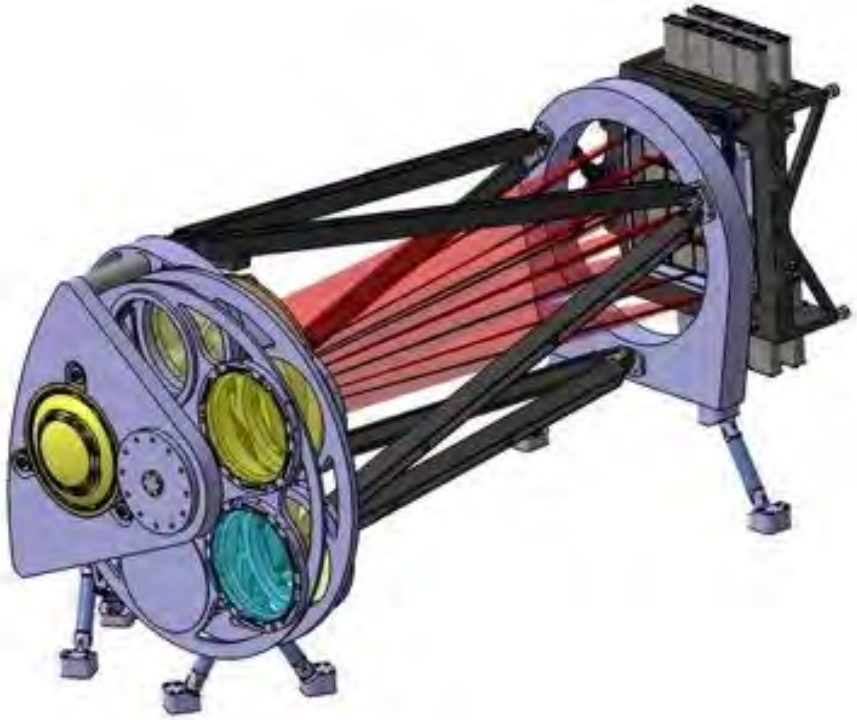
Instrumentation sur le Module de charge utile (PLM)





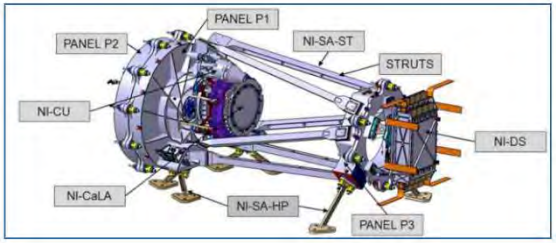


EUCLID
Photomètre NISP



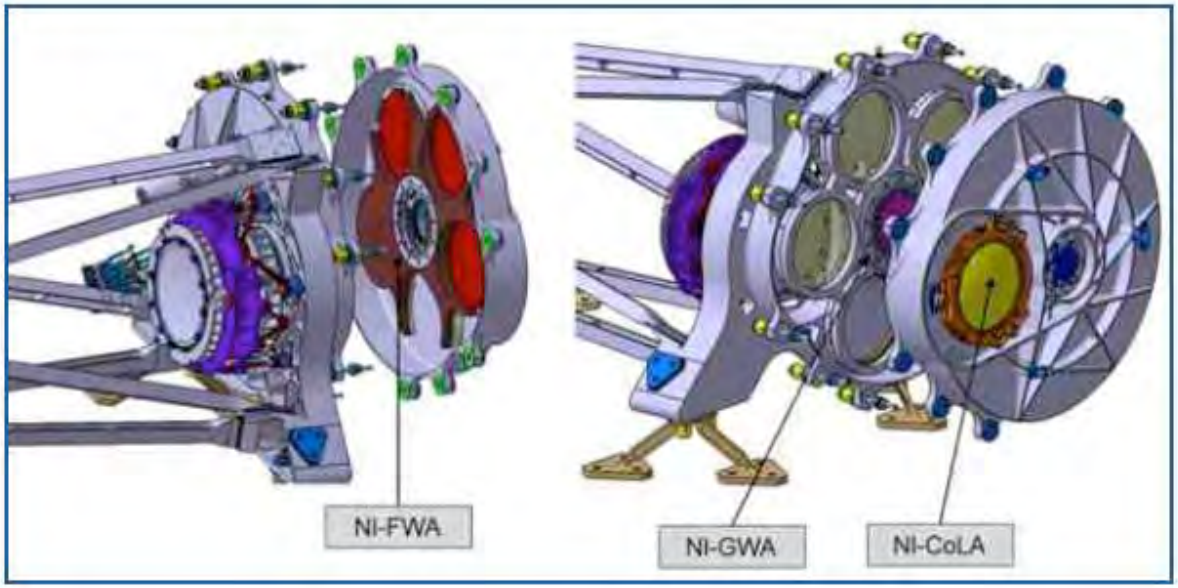
Instrument NISP		
Champ de vue	0,763×0,722 deg^2	
Système de détection	16 H2RG 2k×2k pixels	
Résolution pixels	0,3 *arcsec*	
Bande photométrie	920-2000 nm (en trois filtres Y-J-H)	
Magnitude limite photométrie	$m_{AB} = 24$	SNR=5 pour source ponctuelle
Bande spectrométrie	900-1825 nm	4 grisms, R=250
Sensibilité spectrométrie	2×10^{-16} erg.s^{-1}.cm^{-2}	SNR=3,5 raie non résolue

Description détaillée

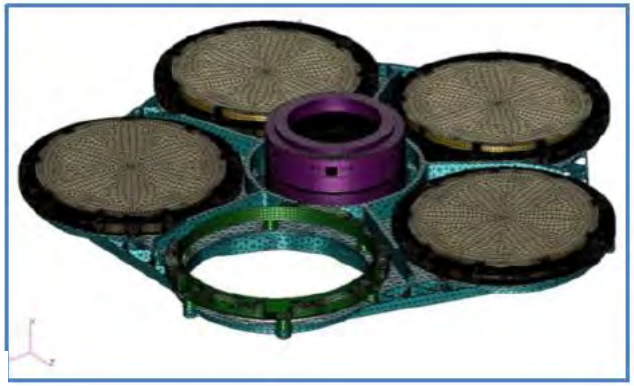


L'instrument NISP est composé de plusieurs sous-systèmes :

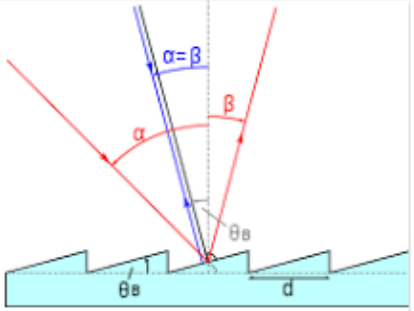
Deux roues à filtres (NI-FWA/GWA), situées en amont de l'instrument.
l'une accueillant les différents filtres optiques nécessaires pour les observations en mode photométrique (dans les bandes Y, J et H).
L'autre des **grismes** permettant de faire l'observation spectrométrique sans fente et donc de plusieurs centaines de galaxies en même temps.



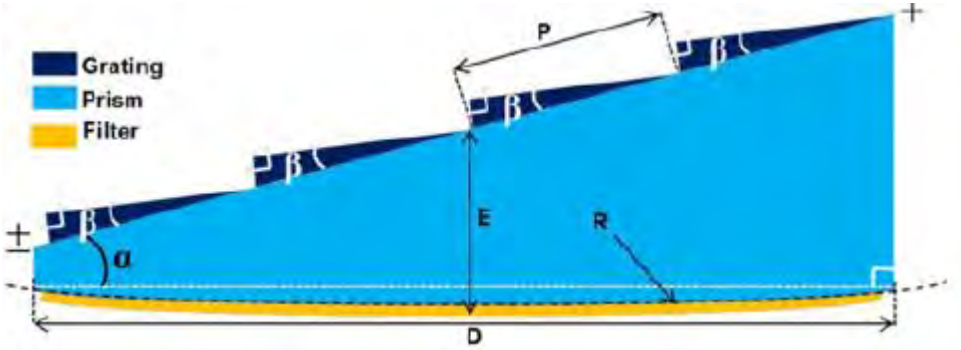
GRISM ?



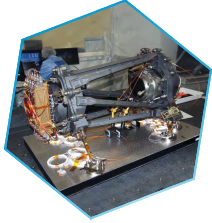
Un grisme, ou **grism**, est un prisme dont une des faces est usinée de façon à former un réseau de diffraction afin de ne laisser passer qu'une seule longueur d'onde du faisceau de lumière incident.



Grisme — Wikipédia
https://fr.wikipedia.org/wiki/Grisme

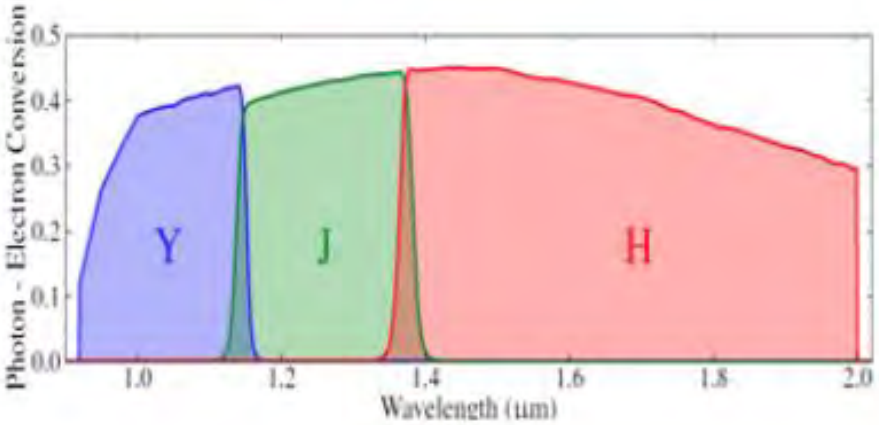


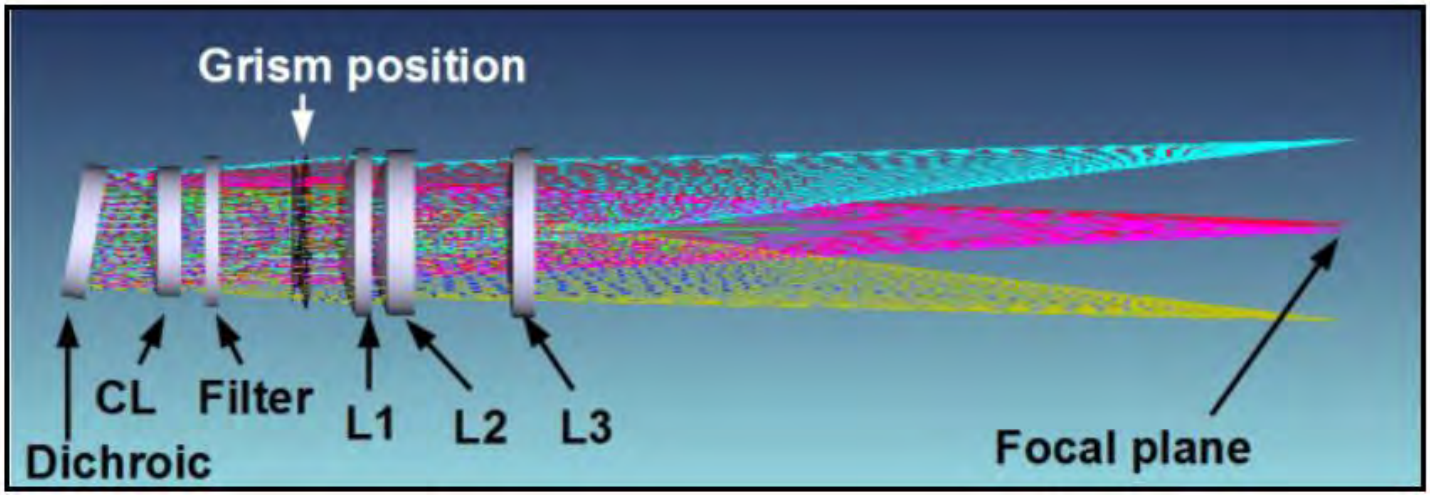
Description détaillée



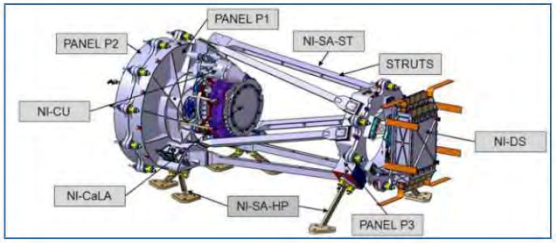
NI-GWA

NI-FWA



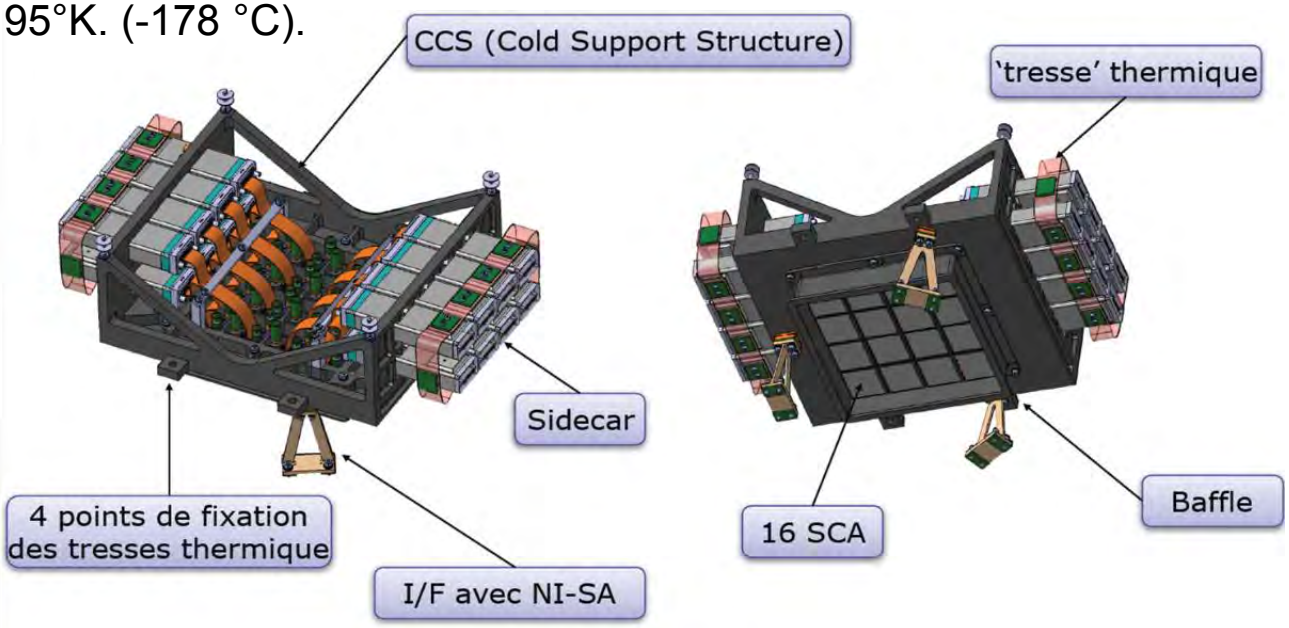


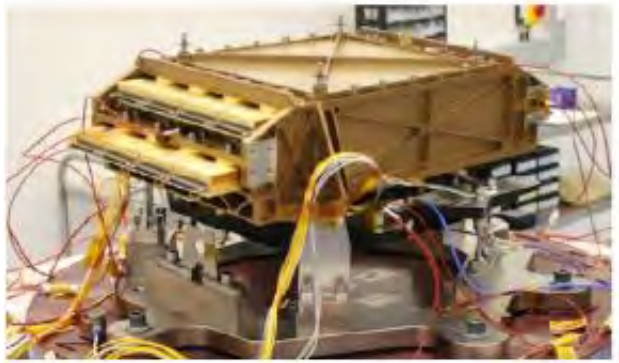
Description détaillée



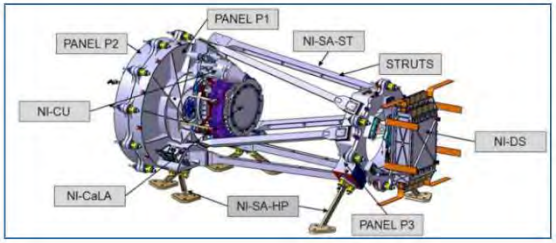
L'instrument NISP est composé de plusieurs sous-systèmes :

Un **plan focal** (NI-DS), situé à l'aval de l'instrument est équipé de 16 détecteurs de type H2RG avec des pixels de 18 µm (Hawaii) permettant l'observation d'un champ de vue dans le proche infrarouge de 0,5 deg^2. Chaque détecteur consiste en une matrice de 2048x2048 pixels, ce qui donne pour l'ensemble du plan focal plus de 60 millions de pixels, représentant une dimension de 16cmx16cm. Ces détecteurs seront opérationnels avec une température de fonctionnement de 95°K. (-178 °C).



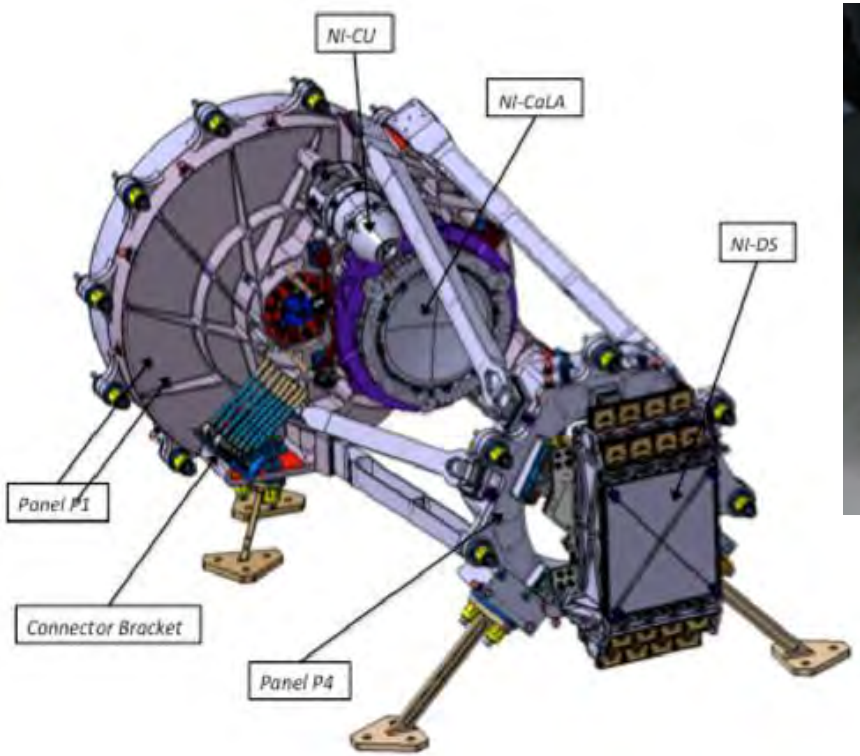


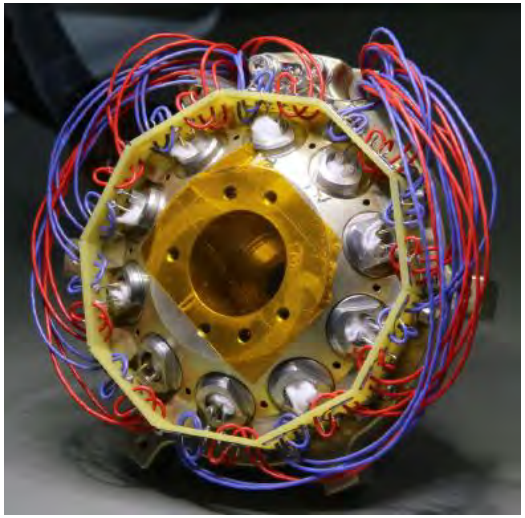
Description détaillée



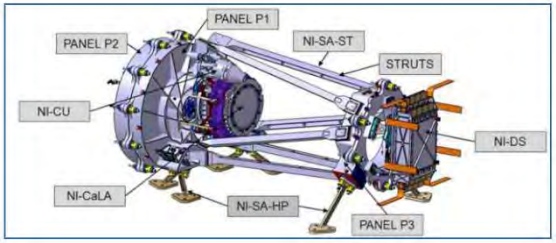
L'instrument NISP est composé de plusieurs sous-systèmes :

Une unité de calibration à LEDs (NI-CU), située proche de la roue à filtre.



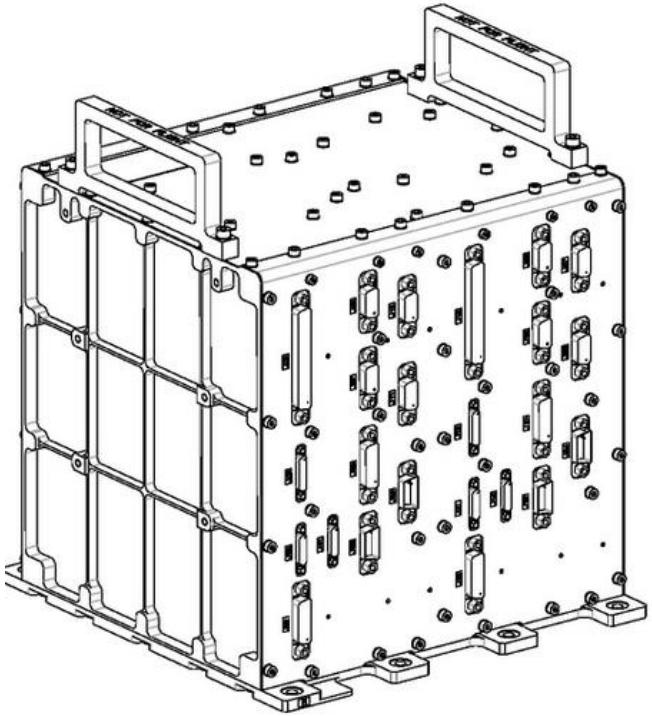


Description détaillée



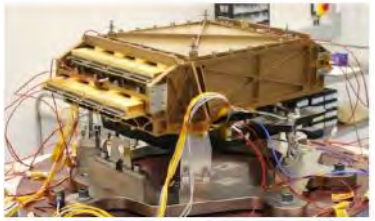
L'instrument NISP est composé de plusieurs sous-systèmes :

Un boitier d'électronique qui permet les acquisitions synchrones des 16 détecteurs situés sur le plan focal, ainsi que du pré-traitement des données en vol avant de renvoyer les informations au sol.



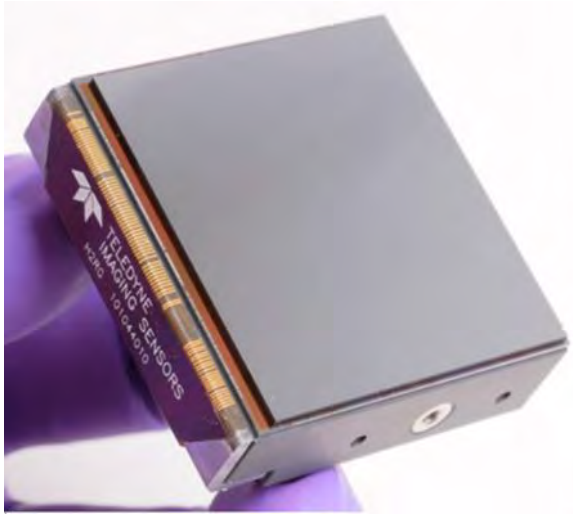
EUCLID
Photomètre NISP

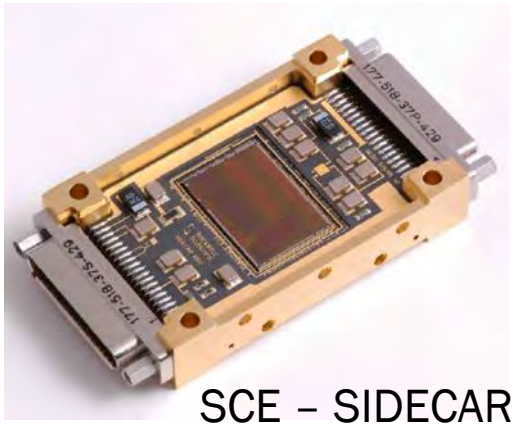
TELEDYNE IMAGING SENSORS
A Teledyne Technologies Company



The 2048×2048 pixel H2RG™

SCA – H2RG



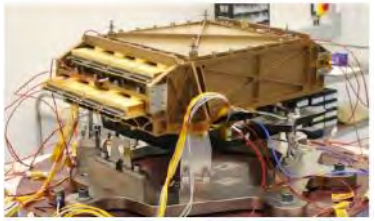


SCE – SIDECAR

Parameter	Unit	Value		
		1.7µm	2.5µm	5.3µm
Array Format [1]		2048 x 2048 pixel, 18 µm pitch		
Number of Outputs	#	Programmable 1, 4, 32		
Frame rate	Hz	3 (slow mode, 480 Kpix/sec/output, 32 outputs) 76 (fast mode, 10 Mpix/sec/output, 32 outputs)		
Power Dissipation	mW	≤ 4 [2] / ≤ 300 [3]		
Detector Material		HgCdTe		
Detector Substrate		CdZnTe - Removed		
Cutoff wavelength (50% of peak QE): 1.75µm: @ 120 K 2.5µm: @ 77 K 5.3µm: @ 37 K	µm	1.65 - 1.80	2.45 - 2.65	5.1 - 5.5
Mean Quantum Efficiency (QE) at 800 nm	%	≥ 50 (goal is ≥ 70)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 1,000 nm	%	≥ 50 (goal is ≥ 70)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 1,230 nm	%	≥ 70 (goal is ≥ 80)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 1,500 nm	%	≥ 70 (goal is ≥ 80)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 2,000 nm	%	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 3,500 nm	%	0	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)
Mean Quantum Efficiency (QE) at 4,400 nm	%	0	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)
Median Dark current: 1.7µm: @ 0.25 V bias and 120 K 2.5µm: @ 0.25 V bias and 77 K 5.3µm: @ 0.18 V bias and 37 K	e-/s	≤ 0.05 (goal is ≤ 0.01)		
Median Readout Noise, correlated double sampling (CDS) at 100 KHz pixel readout rate	e-	≤ 30 (goal is ≤ 15)	≤ 18 (goal is ≤ 12)	≤ 15 (goal is ≤ 12)

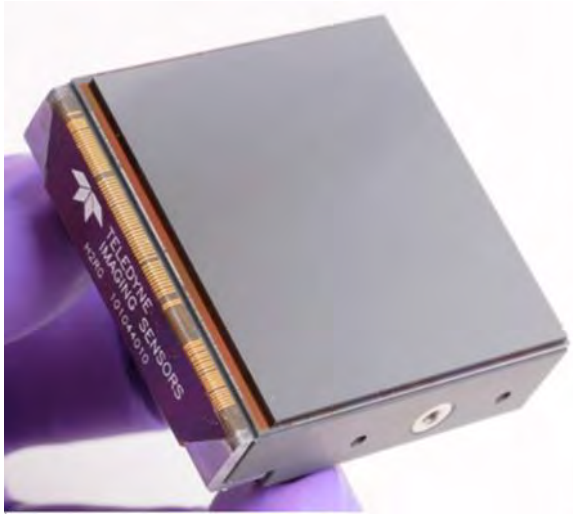
EUCLID
Photomètre NISP

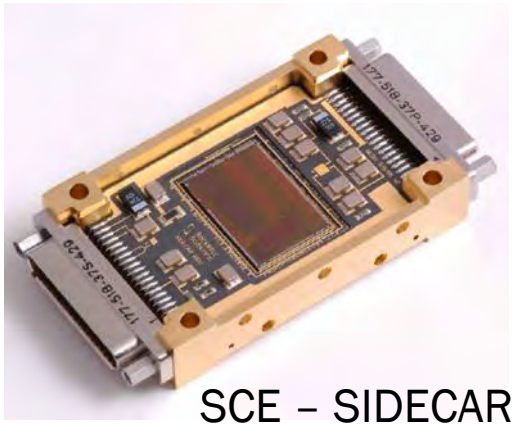
TELEDYNE IMAGING SENSORS
A Teledyne Technologies Company



The 2048×2048 pixel H2RG™

SCA – H2RG



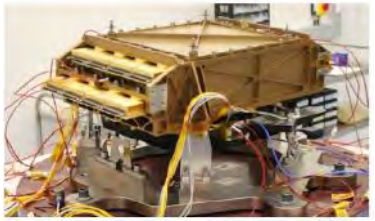


SCE – SIDECAR

Parameter	Unit	Value		
		1.7µm	2.5µm	5.3µm
Array Format [1]		2048 x 2048 pixel, 18 µm pitch		
Number of Outputs	#	Programmable 1, 4, 32		
Frame rate	Hz	3 (slow mode, 480 Kpix/sec/output, 32 outputs) 76 (fast mode, 10 Mpix/sec/output, 32 outputs)		
Power Dissipation	mW	≤ 4 [2] / ≤ 300 [3]		
Detector Material		Tellurure de mercure-cadmium		
Detector Substrate		Tellure de cadmium et zinc		
Cutoff wavelength (50% of peak QE): 1.75µm: @ 120 K 2.5µm: @ 77 K 5.3µm: @ 37 K	µm	1.65 - 1.80	2.45 - 2.65	5.1 - 5.5
Mean Quantum Efficiency (QE) at 800 nm	%	≥ 50 (goal is ≥ 70)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 1,000 nm	%	≥ 50 (goal is ≥ 70)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 1,230 nm	%	≥ 70 (goal is ≥ 80)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 1,500 nm	%	≥ 70 (goal is ≥ 80)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 2,000 nm	%	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 3,500 nm	%	0	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)
Mean Quantum Efficiency (QE) at 4,400 nm	%	0	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)
Median Dark current: 1.7µm: @ 0.25 V bias and 120 K 2.5µm: @ 0.25 V bias and 77 K 5.3µm: @ 0.18 V bias and 37 K	e-/s	≤ 0.05 (goal is ≤ 0.01)		
Median Readout Noise, correlated double sampling (CDS) at 100 KHz pixel readout rate	e-	≤ 30 (goal is ≤ 15)	≤ 18 (goal is ≤ 12)	≤ 15 (goal is ≤ 12)

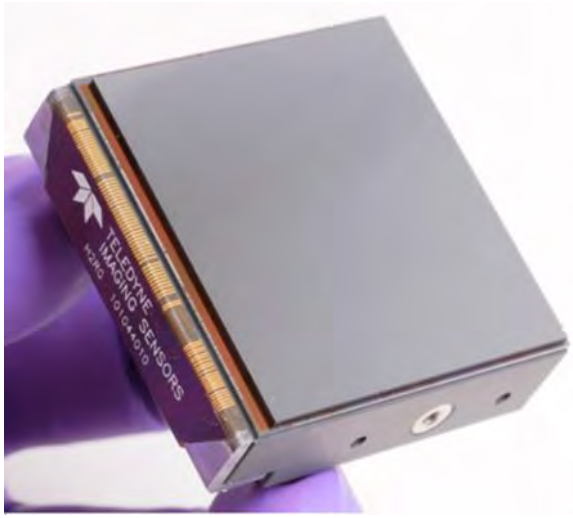
EUCLID
Photomètre NISP

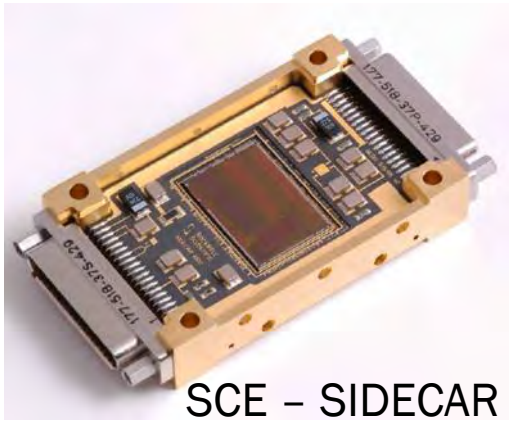
TELEDYNE IMAGING SENSORS
A Teledyne Technologies Company



The 2048×2048 pixel H2RG™

SCA – H2RG



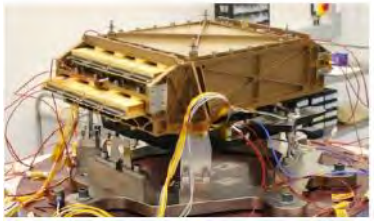


SCE – SIDECAR

Parameter	Unit	Value		
		1.7µm	2.5µm	5.3µm
Array Format [1]		2048 x 2048 pixel, 18 µm pitch		
Number of Outputs	#	Programmable 1, 4, 32		
Frame rate	Hz	3 (slow mode, 480 Kpix/sec/output, 32 outputs) 76 (fa mode, 10 Mpix/sec/output, 32 outputs)		
Power Dissipation	mW	≤ 4 [2] / ≤ 300 [3]		
Detector Material		HgCdTe		
Detector Substrate		CdZnTe - Removed		
Cutoff wavelength (50% of peak QE): 1.75µm: @ 120 K 2.5µm: @ 77 K 5.3µm: @ 37 K	µ	1.65 - 1.80	2.45 - 2.65	5.1 - 5.5
Mean Quantum Efficiency (QE) at 800 nm		≥ 50 (goal is ≥ 70)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 1	%	≥ 50 (goal is ≥ 70)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 1,230 nm	%	≥ 70 (goal is ≥ 80)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at ,500 nm	%	≥ 70 (goal is ≥ 80)	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 2,000 nm	%	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)	
Mean Quantum Efficiency (QE) at 3,500 nm	%	0	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)
Mean Quantum Efficiency (QE) at 4,400 nm	%	0	0	≥ 70 (goal is ≥ 80)
Median Dark current: 1.7µm: @ 0.25 V bias and 120 K 2.5µm: @ 0.25 V bias and 77 K 5.3µm: @ 0.18 V bias and 37 K	e-/s	≤ 0.05 (goal is ≤ 0.01)		
Median Readout Noise, correlated double sampling (CDS) at 100 KHz pixel readout rate	e-	≤ 30 (goal is ≤ 15)	≤ 18 (goal is ≤ 12)	≤ 15 (goal is ≤ 12)

~250 KUSD

H2RG ??



HAWAII Heritage

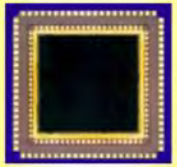
On-chip butting

Reference pixels

Guide mode & read/reset opt.

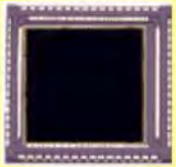
Stitching

HAWAII - 1
1994



1024 x 1024 pixels
3.4 million FETs
0.8 µm CMOS
18 µm pixel size

HAWAII - 2
1998

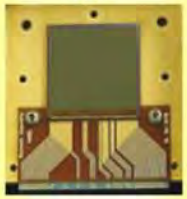


2048 x 2048 pixels
13 million FETs
0.8 µm CMOS
18 µm pixel size

HAWAII - 1R
2000

1024 x 1024 pixels
3.4 million FETs
0.5 µm CMOS
18 µm pixel size

HAWAII - 1RG
2001



1024 x 1024 pixels
7.5 million FETs
0.25 µm CMOS
18 µm pixel size

HAWAII - 2RG
2002

2048 x 2048 pixels
29 million FETs
0.25 µm CMOS
18 µm pixel size

HAWAII-4RG-15
2008 (proposed)

4096 x 4096
110 million FETs
0.25 / 0.18 µm CMOS
15 µm pixel size

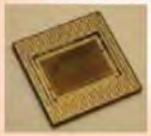
15µm pixels

HAWAII-4RG-10
2006

4096 x 4096
110 million FETs
0.25 µm CMOS
10 µm pixel size

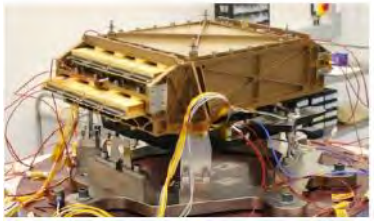
Smaller pixels, Improved performance, Scalable resolution

SIDECAR ASIC
2003
Control chip for H1RG, H2RG and H4RG-10/15



TELEDYNE IMAGING SENSORS
A Teledyne Technologies Company

HgCdTe ??



Tellurure de mercure-cadmium

Le **tellurure de mercure-cadmium** (**HgCdTe**), souvent appelé « mercatel » (abréviation du nom anglophone *mercury cadmium telluride*) est un alliage de tellurure de mercure (HgTe) et de tellurure de cadmium (CdTe). Le premier étant un semi-métal (pas de gap) et le second un semi-conducteur binaire de gap 1,5 eV à température ambiante, le tellurure de mercure-cadmium est un semi-conducteur ternaire dont le gap varie entre 0 et 1,5 eV, en fonction de la proportion de mercure et de cadmium. C'est l'un des matériaux semi-conducteurs dont le gap peut être le plus petit, et il trouve ses applications dans le domaine de l'opto-électronique infra-rouge (photodétecteur infra-rouge, capteur infra-rouge, cellule photovoltaïque), la variation du taux mercure/cadmium permettant d'ajuster le gap aux applications du matériau. Le tellurure de mercure-cadmium est parfois considéré comme le troisième plus important semi-conducteur après le silicium et l'arséniure de gallium.

france for
euclid
MERCI