



EUCLID

Les mystères de la matière noire
et de l'énergie sombre

Euclide d'Alexandrie (~300 av. J.-C.)

Mathématicien grec - la géométrie euclidienne

- Angles
- Lignes droites
- Les distances



Le père de la géométrie



EUCLID fait partie du programme de planification : «*Cosmic Vision*»

de l'agence spatiale européenne pour la période de 2015 à 2035

comprenant 10 missions lourdes, moyennes et à faibles coûts.



Un deuxième programme, «*Voyage 2050*» prendra le relais pour la

période de 2035 à 2050 qui comprendra également des missions

lourdes, moyennes et à faibles coûts.



EN COURS

Étude des satellites galiléens de Jupiter



2037

l'univers chaud et énergétique
Rayons X



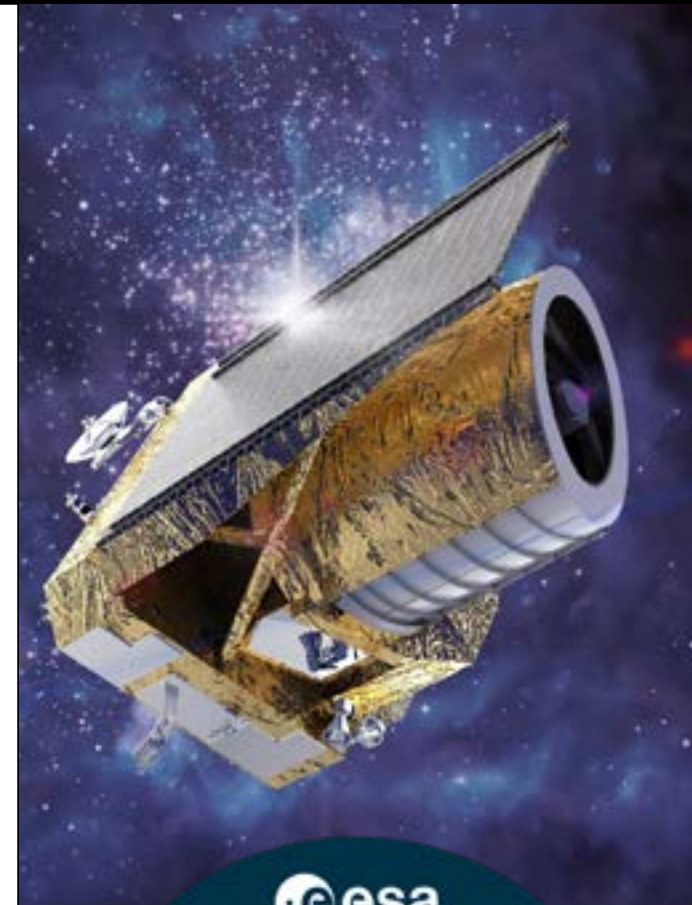
2032

Mesures des ondes gravitationnelles



EN COURS

Observatoire solaire



EN COURS

Étude de l'énergie sombre
Visible & infrarouge



2026

Détection d'exoplanètes



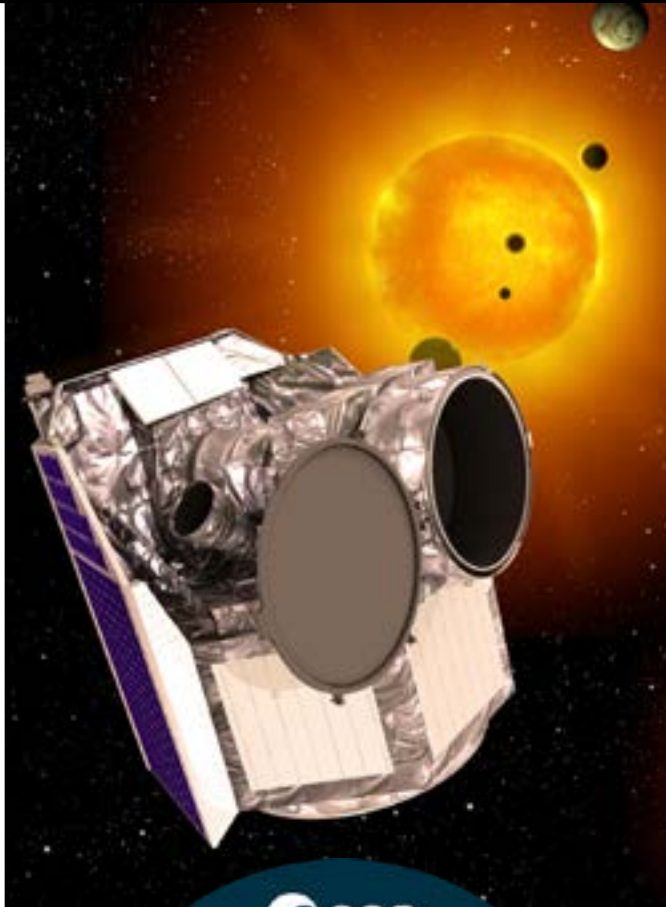
2029

Atmosphère des exoplanètes
Infrarouge



2031-2033

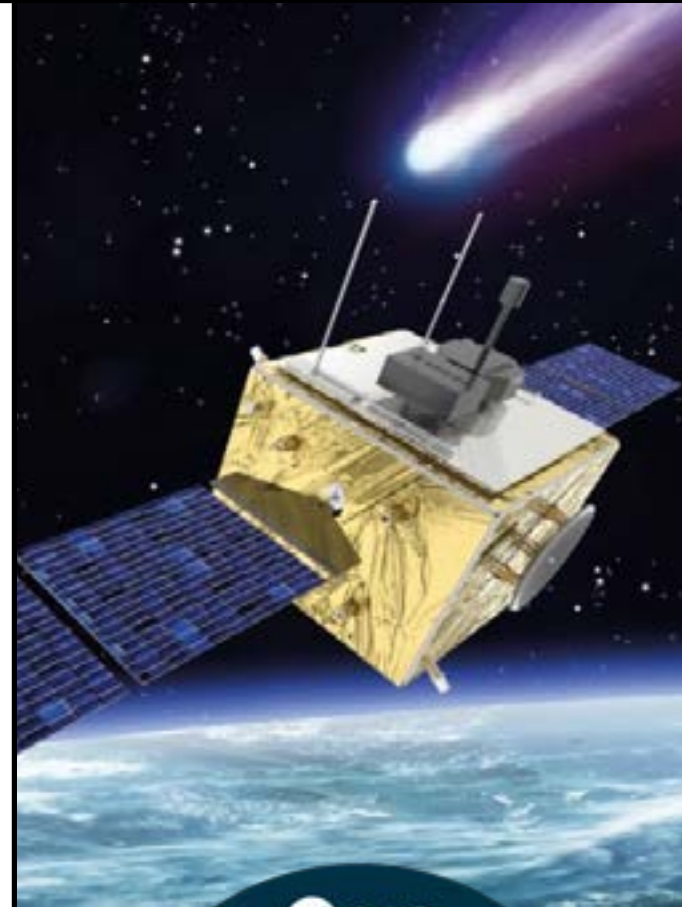
Étude de Vénus



EN COURS

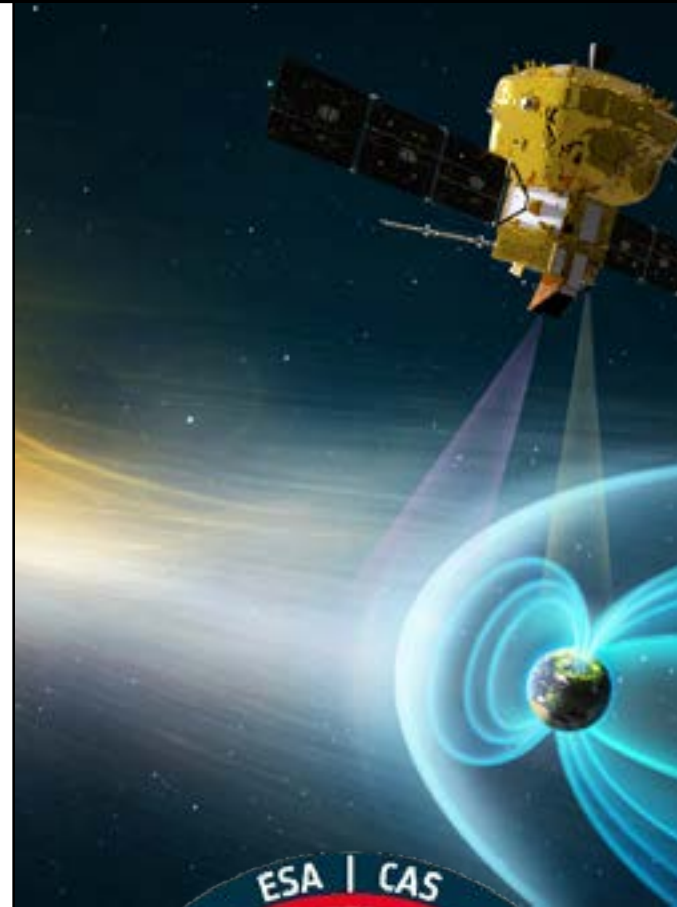
Mesure des caractéristiques des exoplanètes.

Visible & infrarouge



2029

Étude d'une comète dans son état d'origine



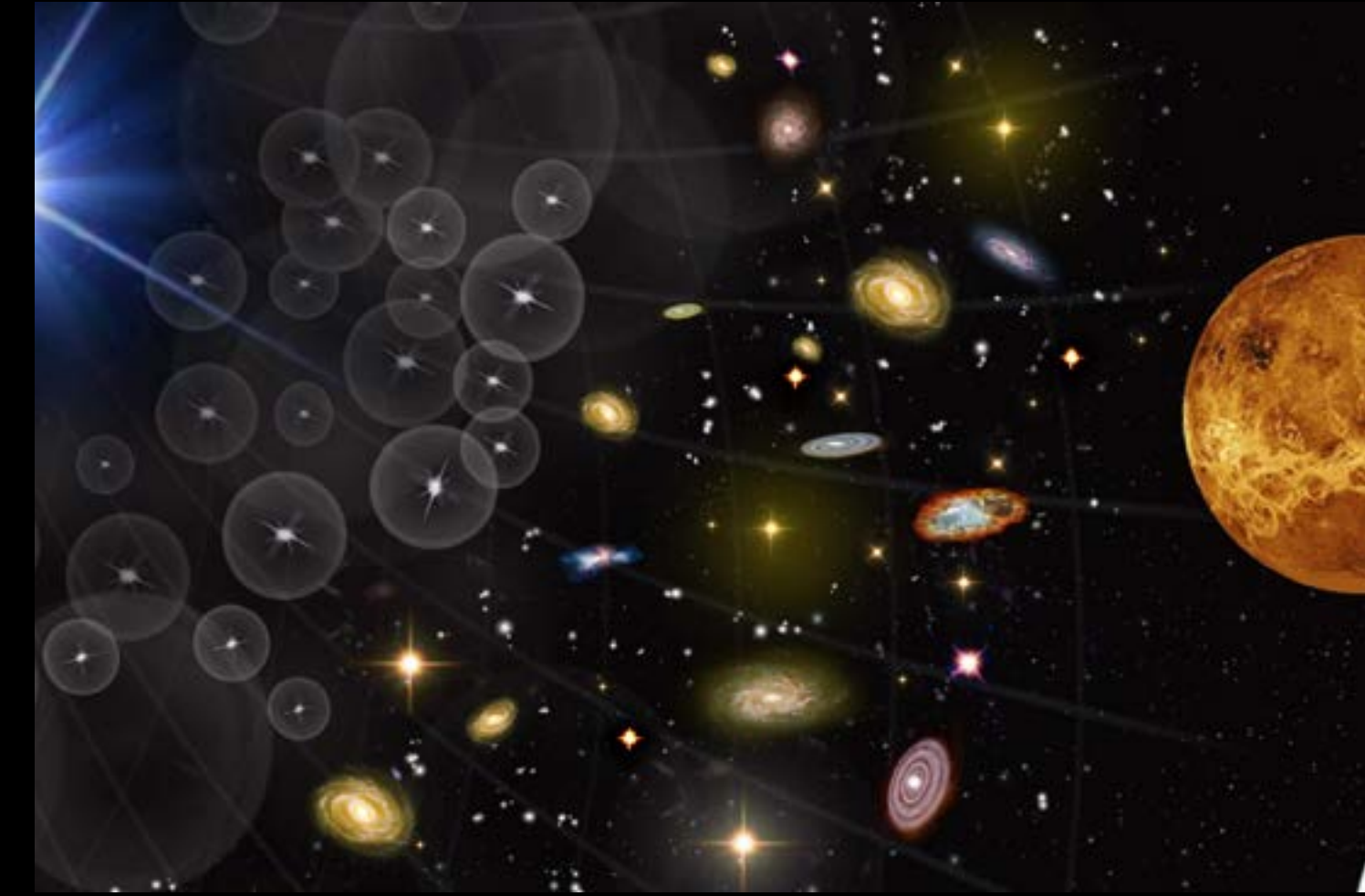
2025

Étude de la magnétosphère par les effets des vents solaires



2025

Observation de galaxies pour tester le modèle standard



en savoir plus !

Tous les articles des missions de l'ESA sur :

MISSION NAVIGATOR



cosmic vision



La mission

C'est une mission principalement dédiée à la **cosmologie**, c'est-à-dire à l'étude de **l'origine**, de la **nature**, de la **structure** et de **l'évolution** de l'Univers.

▪ Accroître nos connaissances sur deux composantes encore mystérieuses de notre univers, l'énergie noire et la matière noire.

- Lancement le 1^{er} juillet 2023 - Cap canaveral/Falcon 9
- Durée de mission : 6 ans - en savoir plus sur la [timeline](#)
- Instruments : VIS et NISP
- Masse d'EUCLID en orbite : 2.1 tonnes
- Diamètre télescope : 1.2 m contre 6.5 m pour J.Webb
- Cartographie : 1/3 du ciel - actuellement ~ 14%
- Produire la carte 3D de l'Univers la plus grande et la plus précise jamais créée : [première tuile de 208 Gigapixels](#)
- Position : Point de Lagrange L2 - 1.5 million de km de la Terre

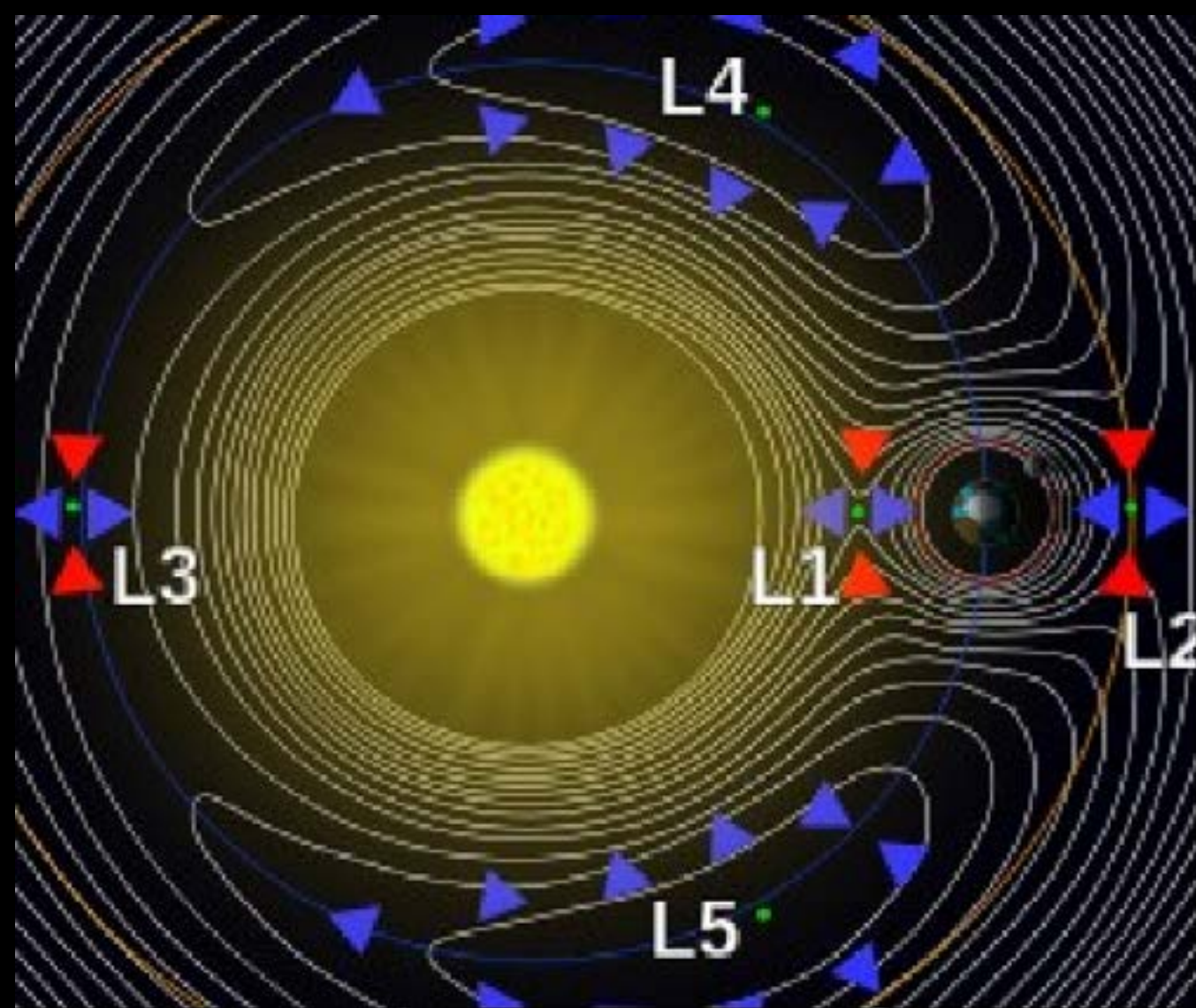
Consortium



La mission

Autres télescopes au point L2

- **WMAP** heliocentrique depuis 2010
- **PLANCK** heliocentrique depuis 2013
- **HERSCHEL** heliocentrique depuis 2013
- **GAIA** heliocentrique depuis 2025
- **JWST** En activité



Le télescope spatial européen Euclid

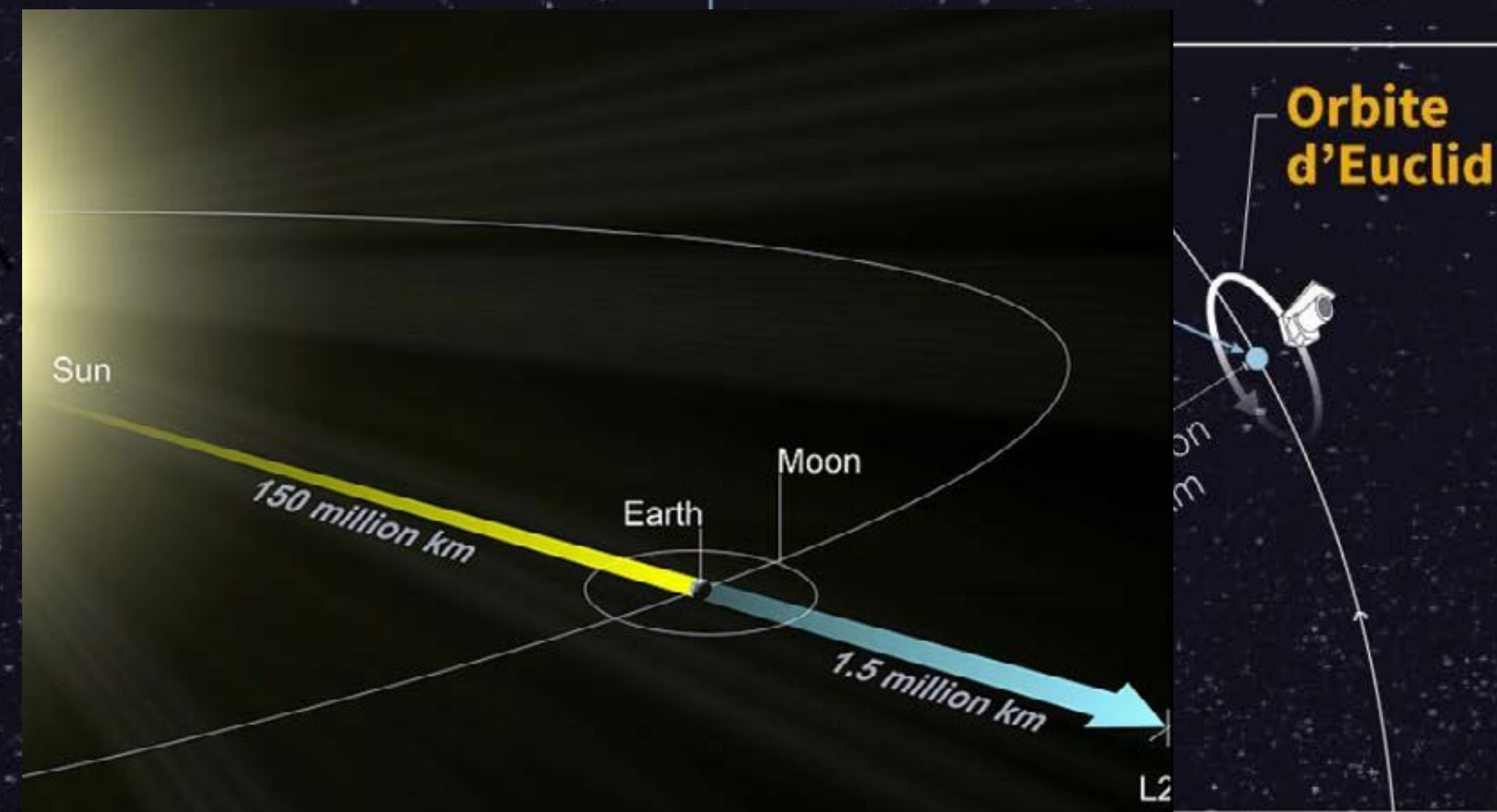
Le vaisseau spatial explorera l'évolution de la matière noire et de l'énergie noire dans l'Univers, en rejoignant le télescope James Webb en orbite autour du **2^e point de Lagrange, ou L2**

Un **point de Lagrange** est un point où les forces gravitationnelles de 2 corps ou plus (par ex., le Soleil et une planète) s'équilibrent



Le point L2 est idéal pour l'observation spatiale

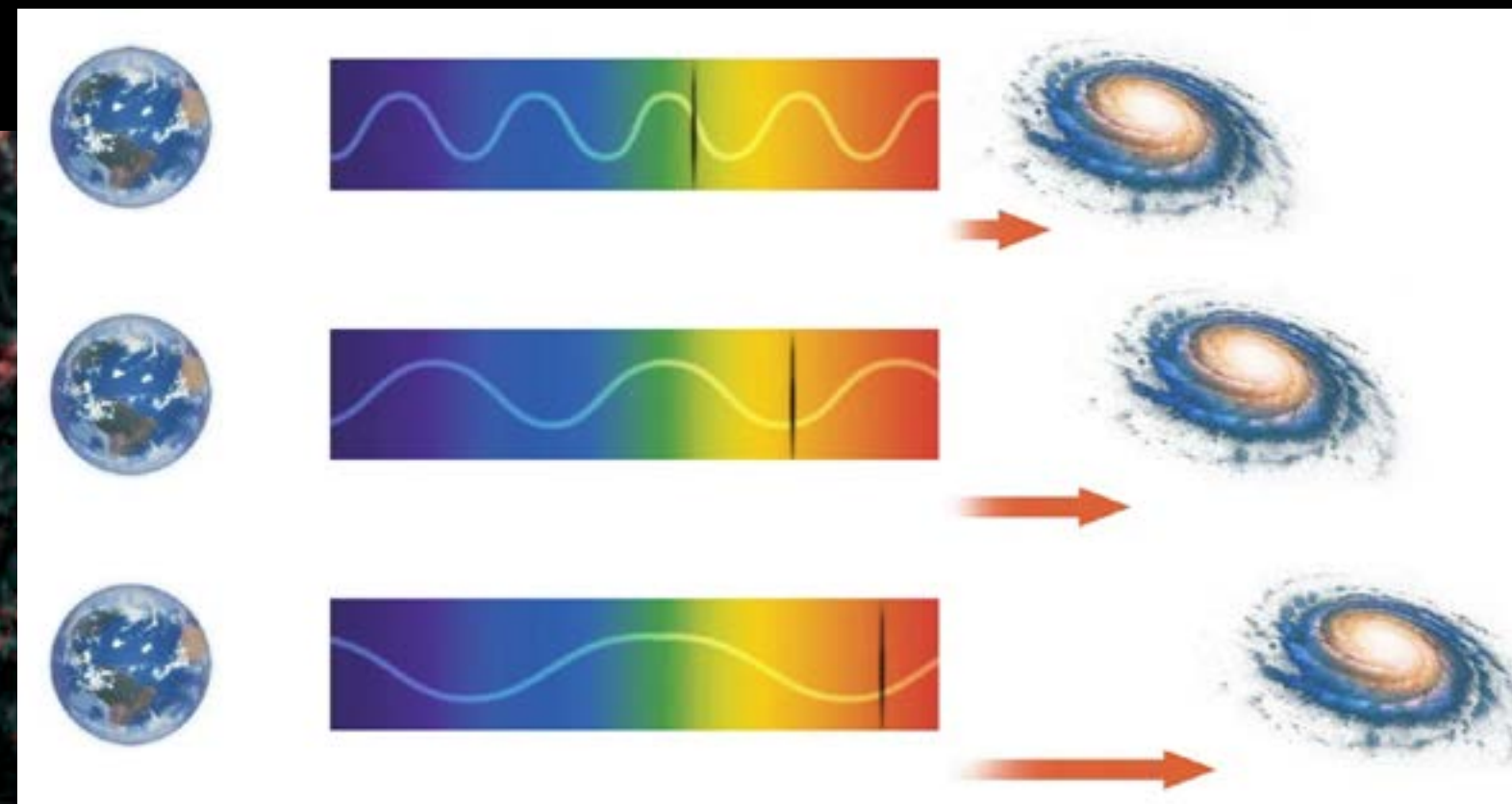
- permettant au satellite de maintenir une distance stable et d'utiliser l'énergie solaire
- offrant une vue entièrement dégagée de l'espace
- évitant au vaisseau d'orbiter autour de la Terre et de passer dans son ombre, mais assez près pour de bonnes communications



La mission

La mission a principalement deux objectifs.

- Le premier est de comprendre pourquoi l'expansion de l'Univers s'accélère sous l'effet de cette mystérieuse « énergie noire ».
- Le second est de cartographier la non moins mystérieuse « matière noire » (ou « sombre »), puisque bien qu'invisible directement à nos yeux et aux instruments, elle participe, avec la matière visible (étoiles, nébuleuses, ...etc) aux effets de gravitation qui lient entre elles les étoiles au sein des galaxies et les galaxies au sein des amas.



- Forces opposées -

La matière noire (25% de l'Univers) et l'énergie sombre (70%) ont des effets opposés: quand la première assure la cohésion des galaxies, l'énergie sombre provoque elle l'expansion de l'Univers.

La mission

Euclid tentera de reconstruire l'évolution de notre univers au cours des 10 derniers milliards d'années sous les effets de ceux-ci grâce à ses deux instruments.

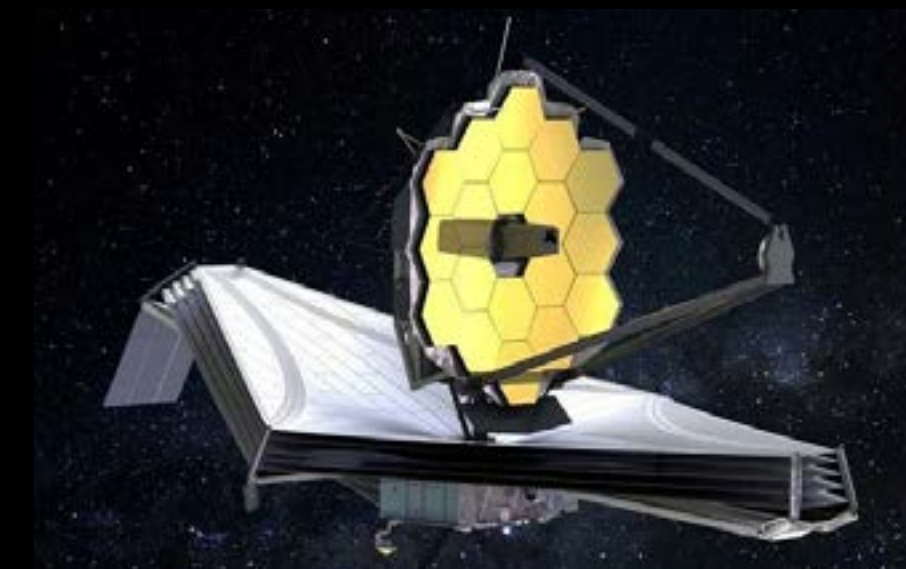
..... VISP

NISP

On en parle plus loin.....



Avec son immense couverture céleste et ses catalogues de milliards d'étoiles et de galaxies, il viendra compléter les données d'autres télescopes comme : J.webb, l'E.ELT, le TMT, ALMA, SKA ou le Vera C. Rubin Observatory étendant ainsi une large couverture du spectre électromagnétique.



J.webb

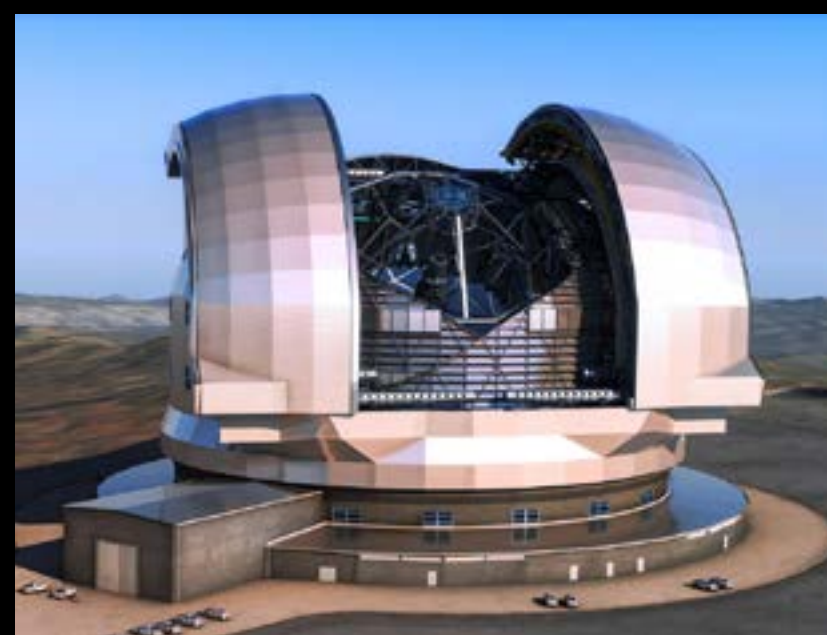


ALMA

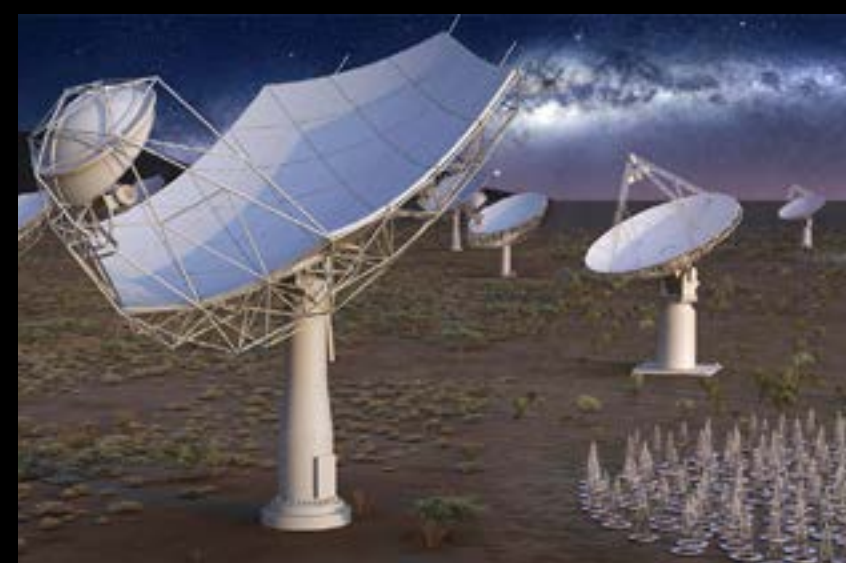


Vera C.Rubin

galaxies primitives



E.ELT



SKA



TMT

ondes gravitationnelles

cosmologie

milieux interstellaires

La mission



L'UNIVERS CLAIR ET SOMBRE

La mission Euclid vise à découvrir les mystères de l'Univers « sombre ». Cette partie invisible du cosmos au nom inquiétant compose plus de **95 % de la masse et de l'énergie dans notre Univers.**



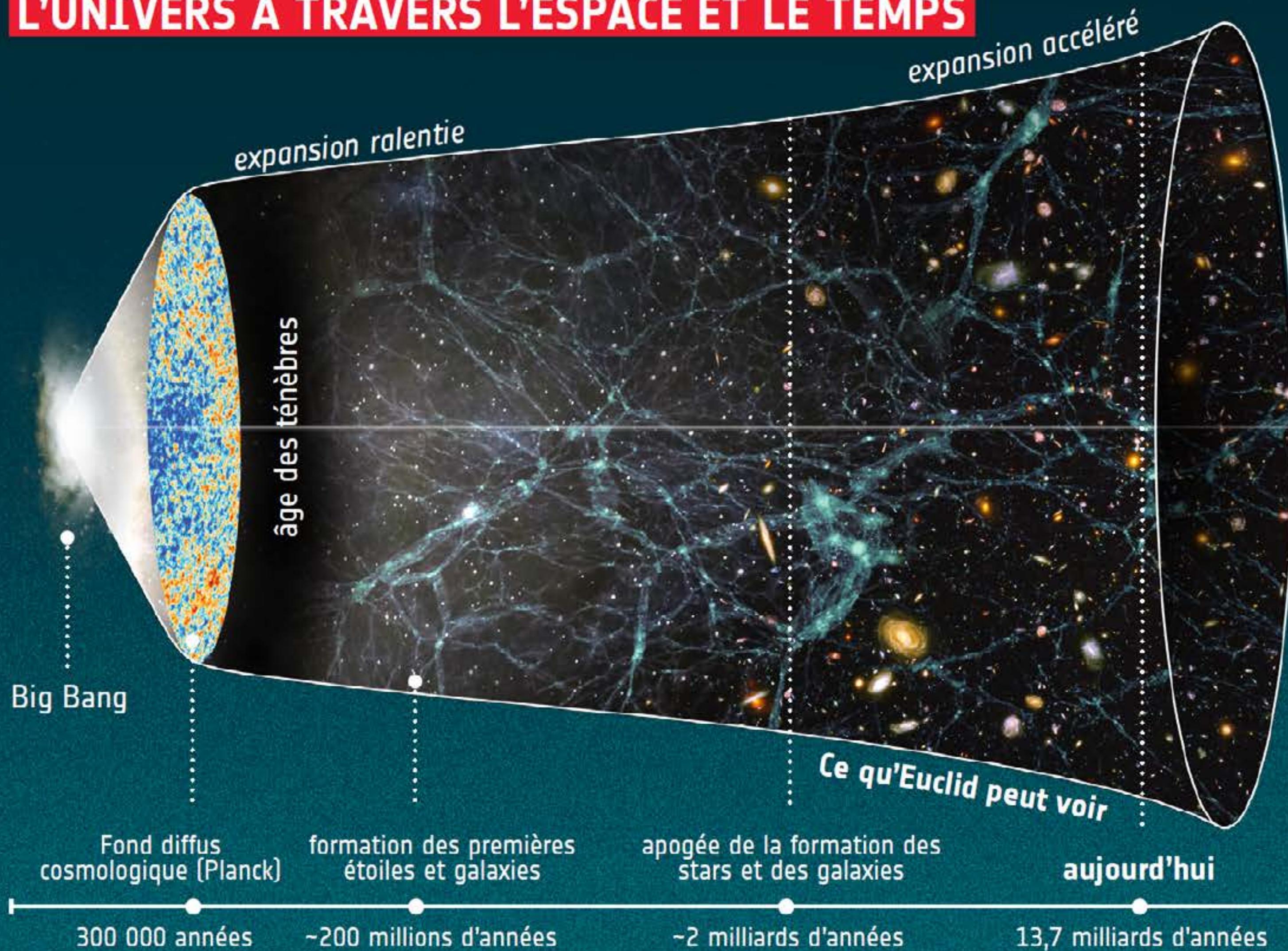
La matière ordinaire qui compose tout ce que nous voyons – des étoiles et aux galaxies en passant par les planètes et les personnes – ne constitue que **5 %** du cosmos

La **matière sombre** constitue **~25%** du cosmos



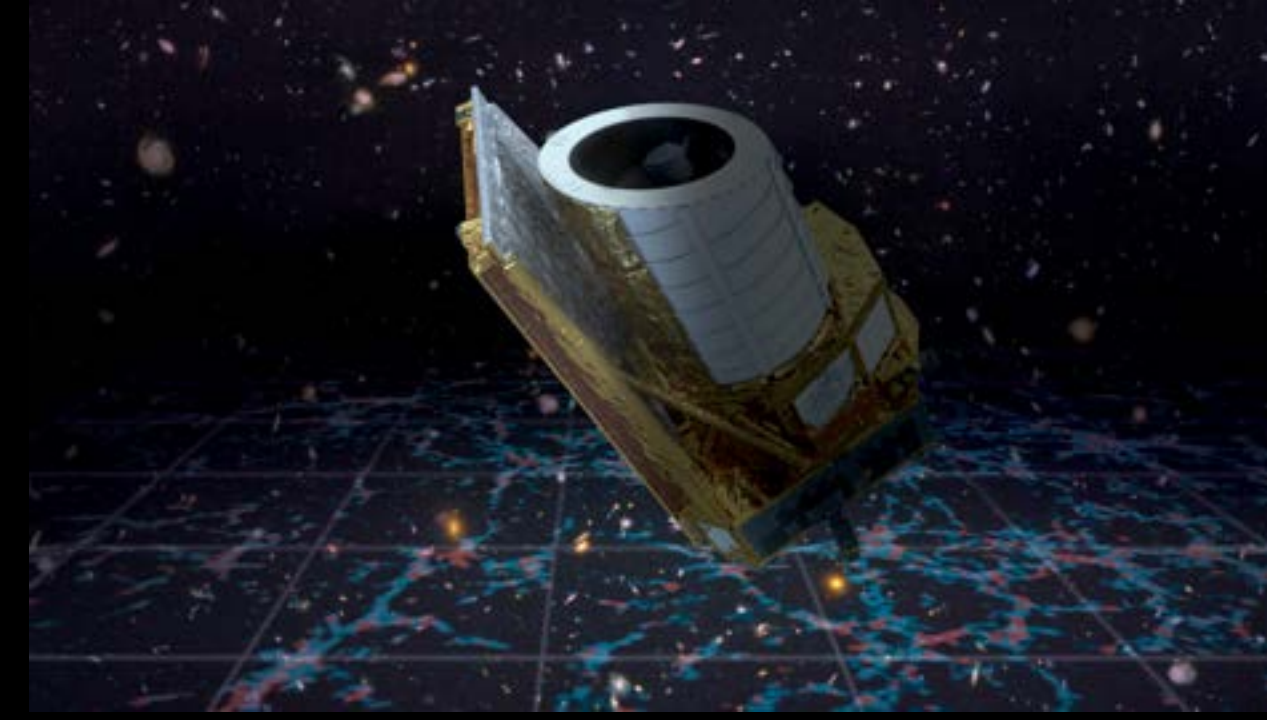
l'énergie sombre constitue **~70%** du cosmos

L'UNIVERS À TRAVERS L'ESPACE ET LE TEMPS



Une « énergie sombre » inconnue semble déterminer l'expansion accélérée actuelle de notre Univers, mais les scientifiques ne comprennent ni comment ni pourquoi. Euclid cartographiera les 10 derniers milliards d'années de l'histoire cosmique à travers plus d'un tiers du ciel – du « midi » cosmique, l'époque à laquelle la plupart des étoiles se sont formées, jusqu'à ce jour. Ce retour en arrière nous montrera les variations de l'accélération cosmique avec une précision extrême, révélant la nature de l'énergie sombre révélant ainsi la nature de l'énergie noire.

Objectifs



- Est ce que l'énergie noire évolue en fonction du temps ?
- Est ce que la gravité est différente à grande échelle ?
- Quelle est la nature de la matière noire ?
- Quelle est la contribution des neutrinos ?
Détermination des masses et influences sur la structure de formation après le Big-Bang
- Quelles sont les conditions initiales de la croissance des grandes structures ?

en savoir plus !

[NEUTRINOS & EUCLID Sebastian Weber](#)



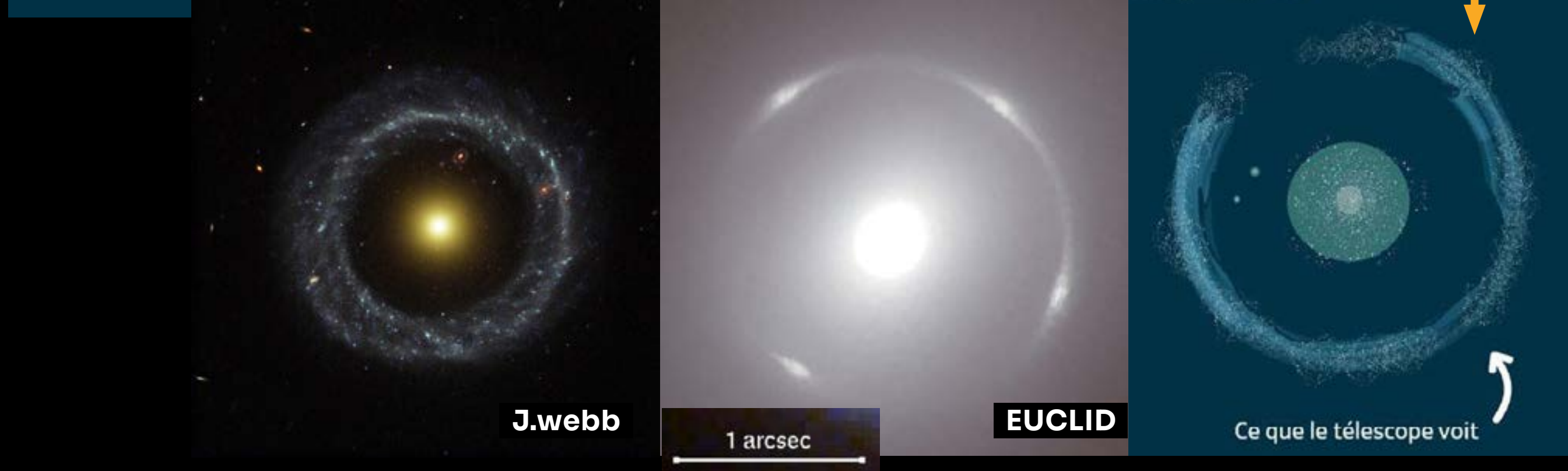
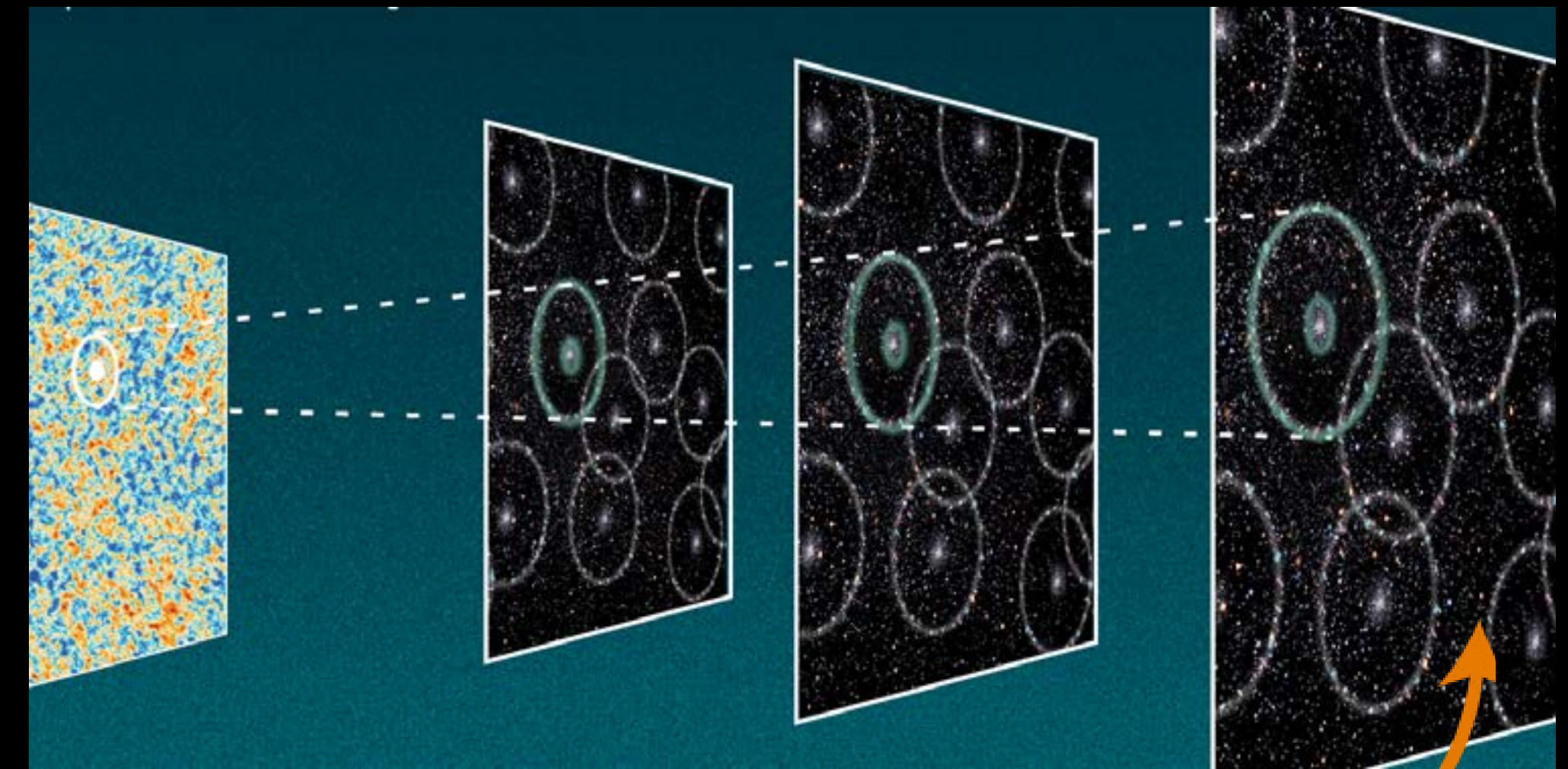
Objectifs

La mission est optimisée pour deux sondes cosmologiques indépendantes et complémentaires :

La tomographie de l'effet lentille gravitationnelle faible



les oscillations acoustiques des baryons



en savoir plus !

[Projets eBOSS et DESI](#)

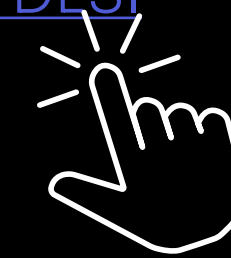


Schéma de la structure des oscillations acoustiques des baryons projetée sur la distribution à grande échelle des galaxies (exaggeration)

Ces deux approches sont particulièrement prometteuses pour sonder à la fois la géométrie de l'Univers et la croissance des structures de matière noire.

Objectifs

Importance des distances/redshifts pour analyser les effets de lentilles gravitationnelles

HST/ACS credit NASA/ESA



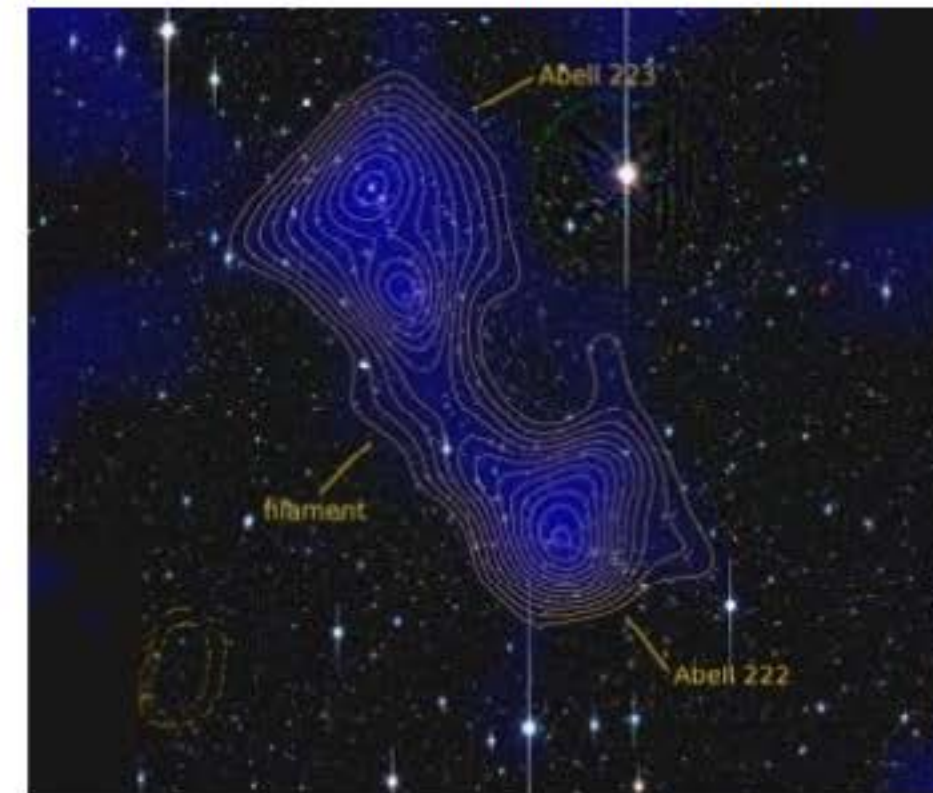
Halo galactique

HST/ACS; credit NASA/ESA



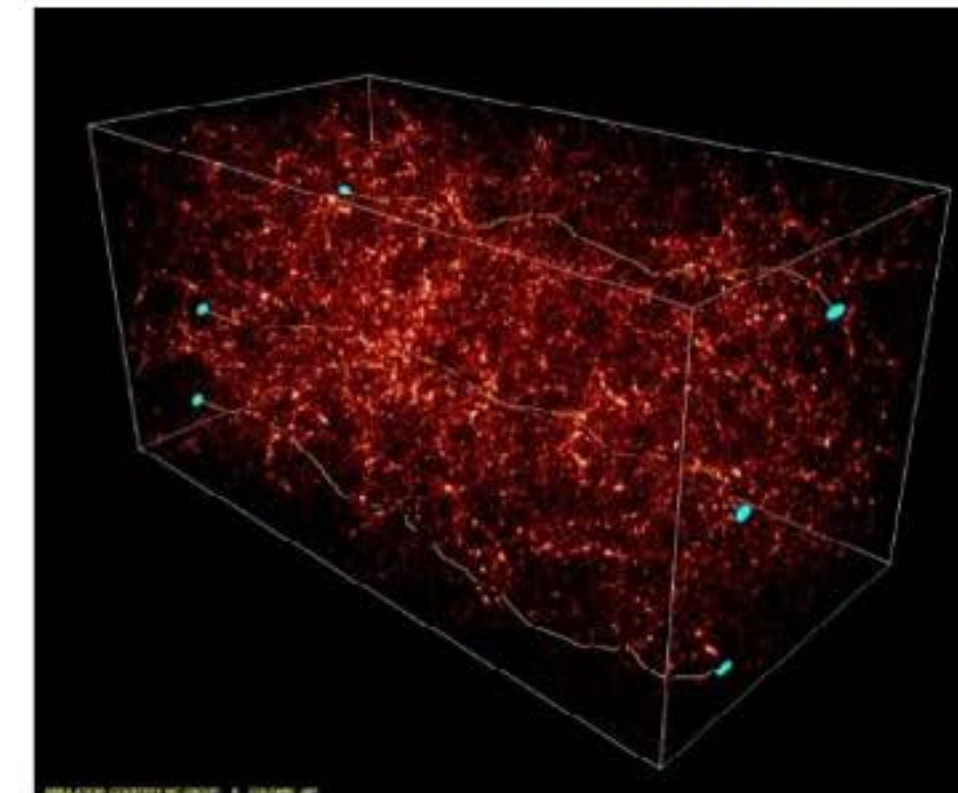
Amas de galaxies

Dietrich et al 2012



Filaments entre amas

Colombi/Mellier



Distorsion cosmologique

Il faut mesurer des distances et donc besoin de redshifts de tous les objets déformés

Concrètement

- observer des centaines de millions de galaxies
- Instruments de haute précision

Objectifs: Mesurer les **effets infimes** de l'énergie sombre et de la gravitation sur

- l'histoire de l'expansion,
- l'histoire de la formation des structures, en observant **l'évolution** de la distribution et la structuration tridimensionnelle **à grande échelle** de :

- la **matière noire**
- des **galaxies**

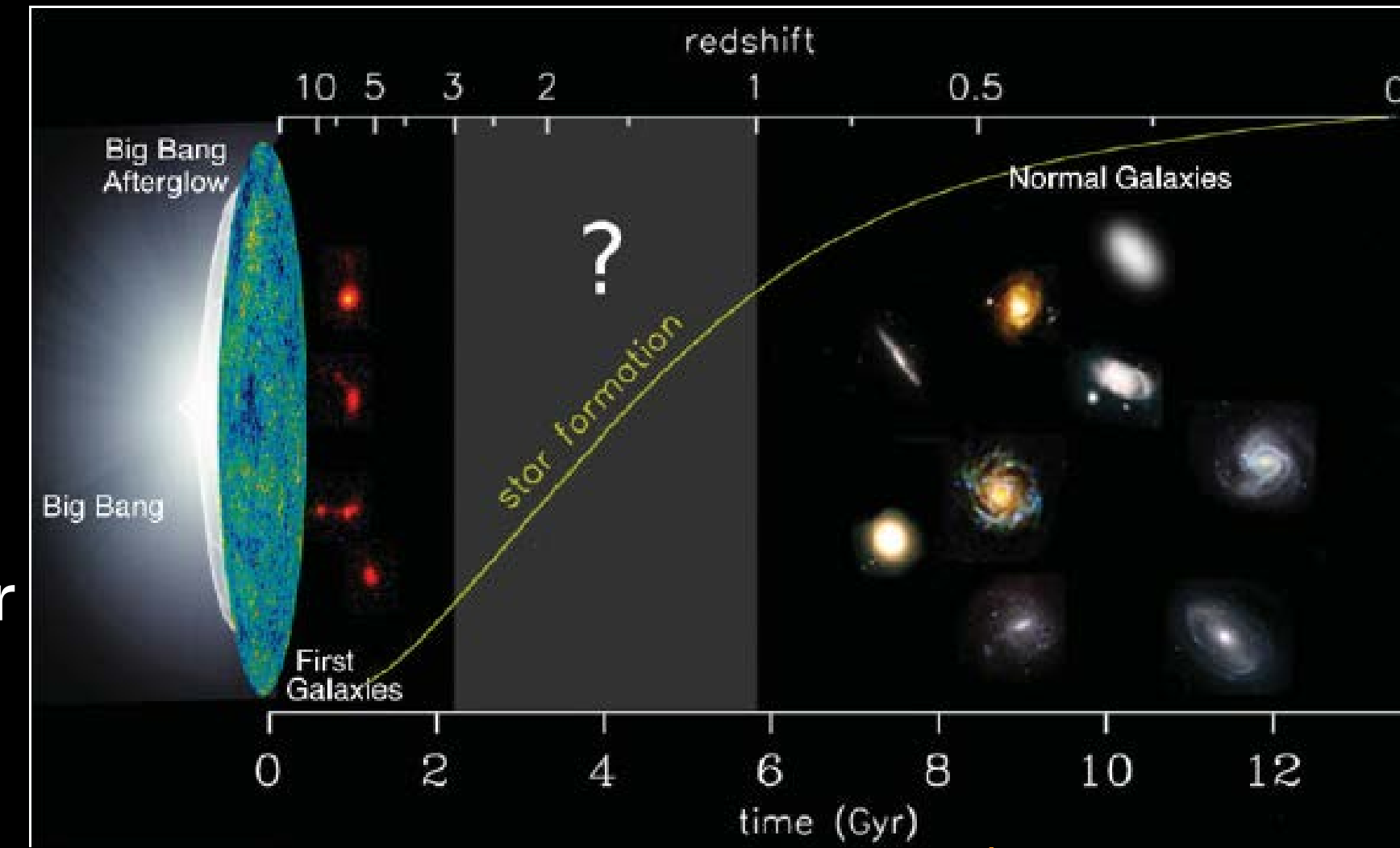
Voir la matière noire avec les effets de lentille gravitationnelle

Couper l'Univers par tranche de temps (-> décalage spectral)

depuis aujourd'hui, jusqu'à la **période de transition** ou la matière noire dominait l'énergie sombre.

Spectroscopie = distance des galaxies

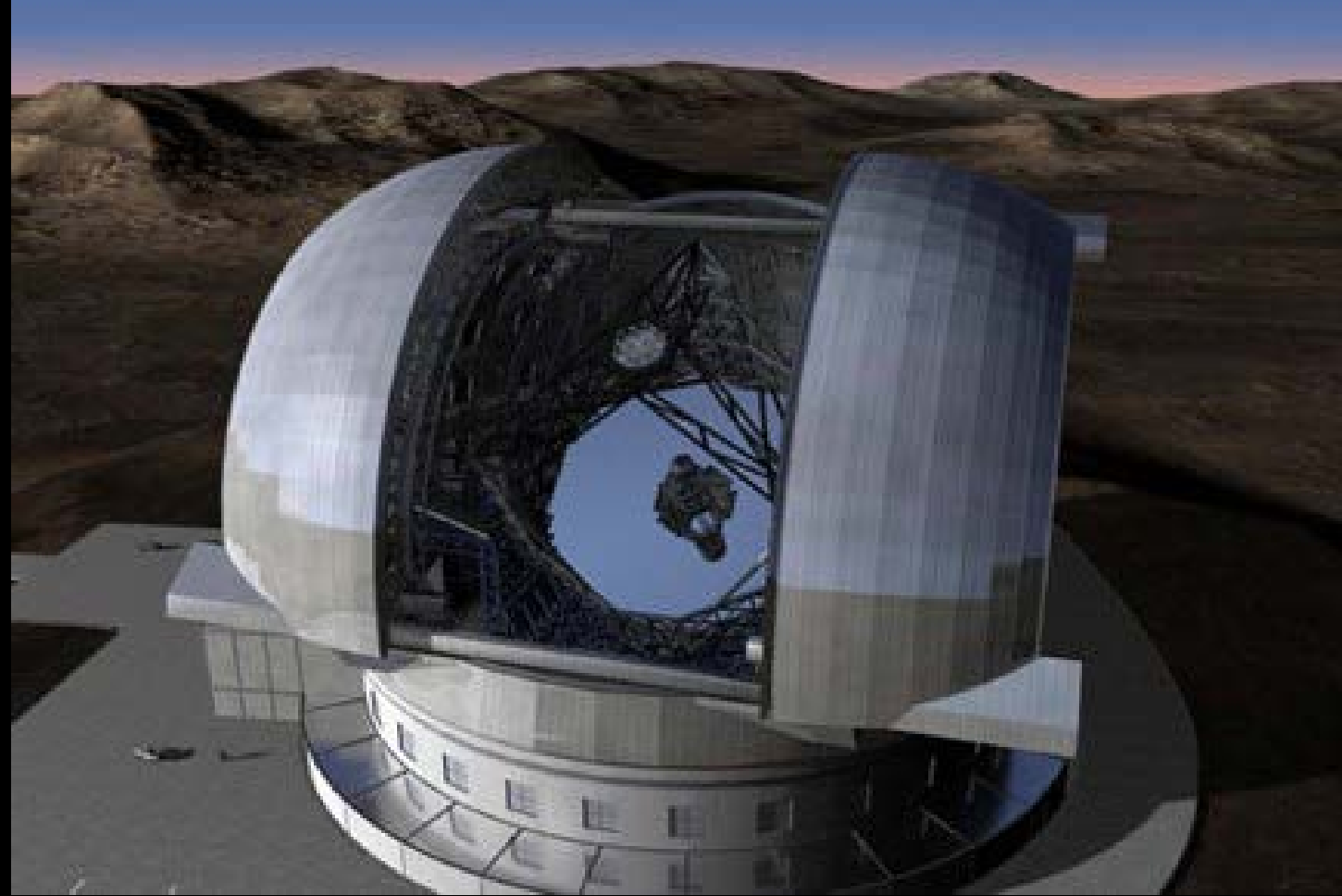
Observer l'Univers entre $z=0$ et $z=3$ ($t=13.5$ =aujourd'hui et $t=2$ milliards d'années)



50 millions de redshifts

«petite» analogie

Mesures de redshifts photométriques : dans le visible «filtres et en IR»



VS

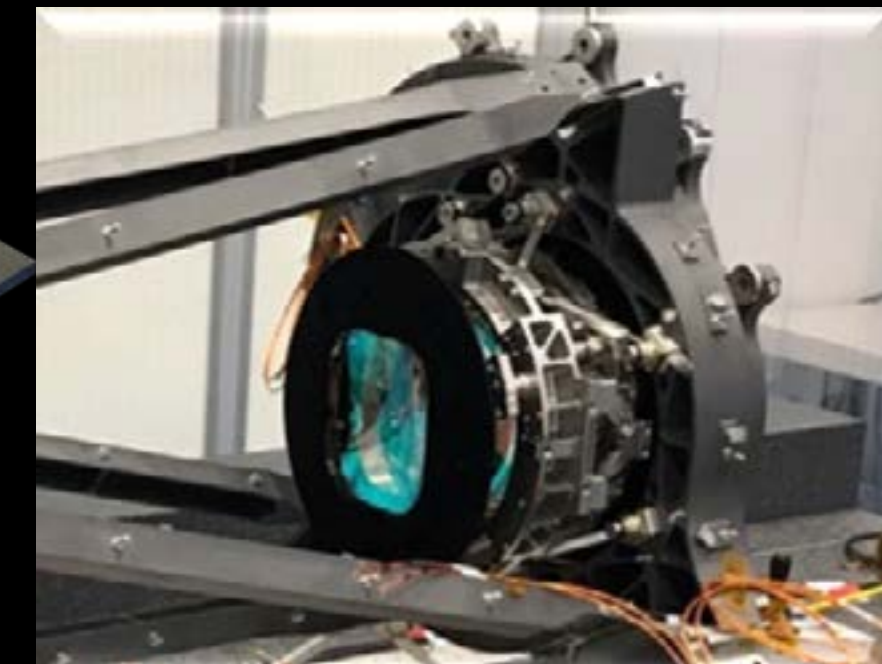
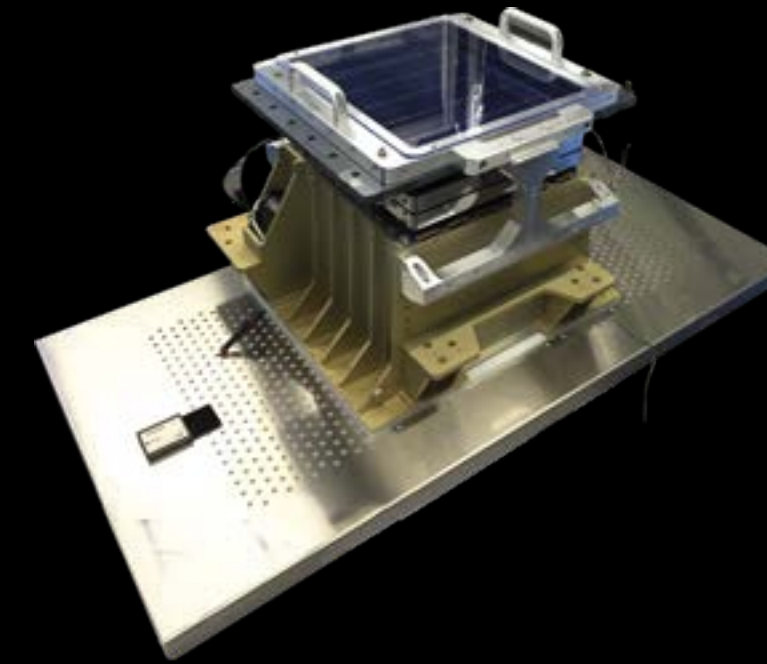
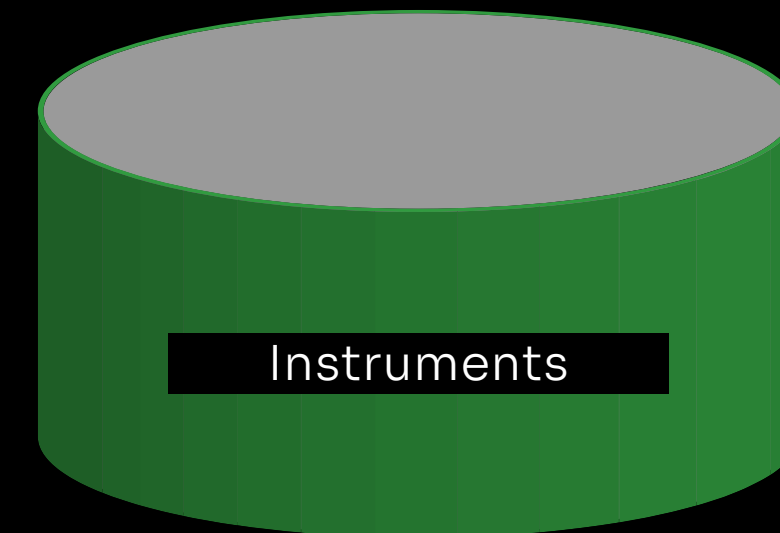
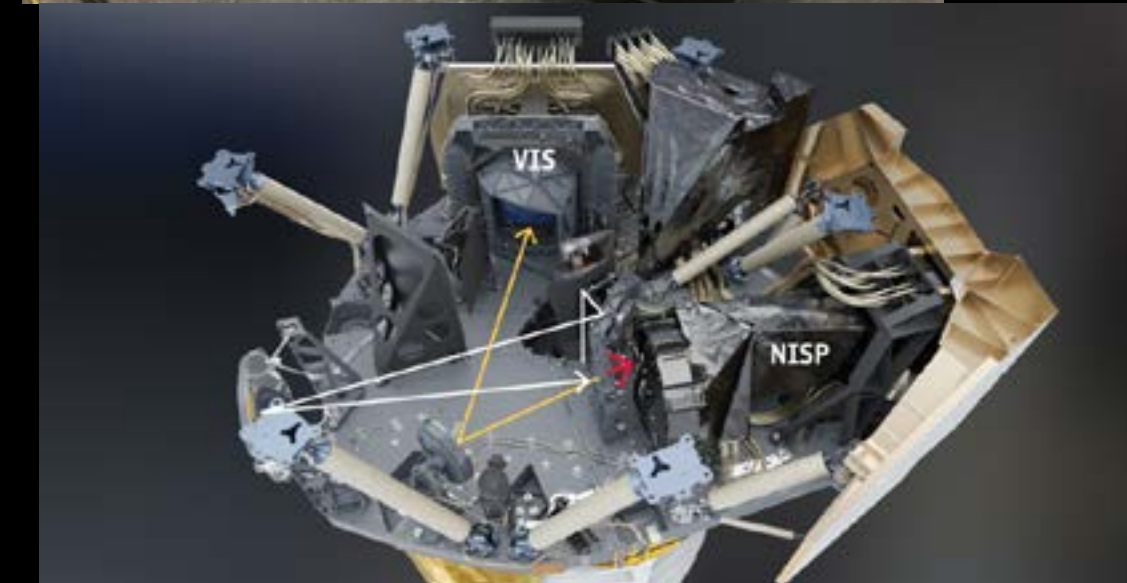
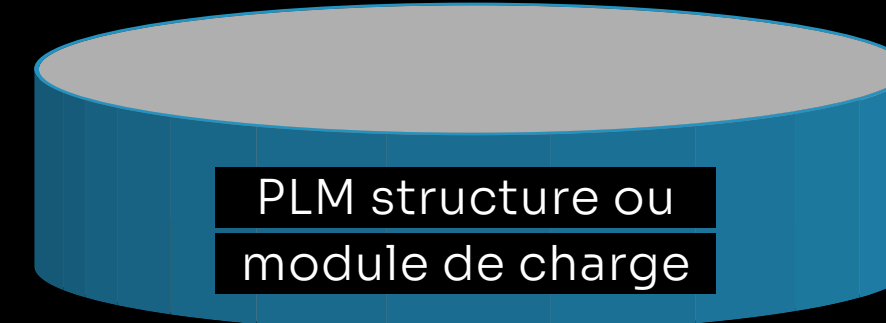
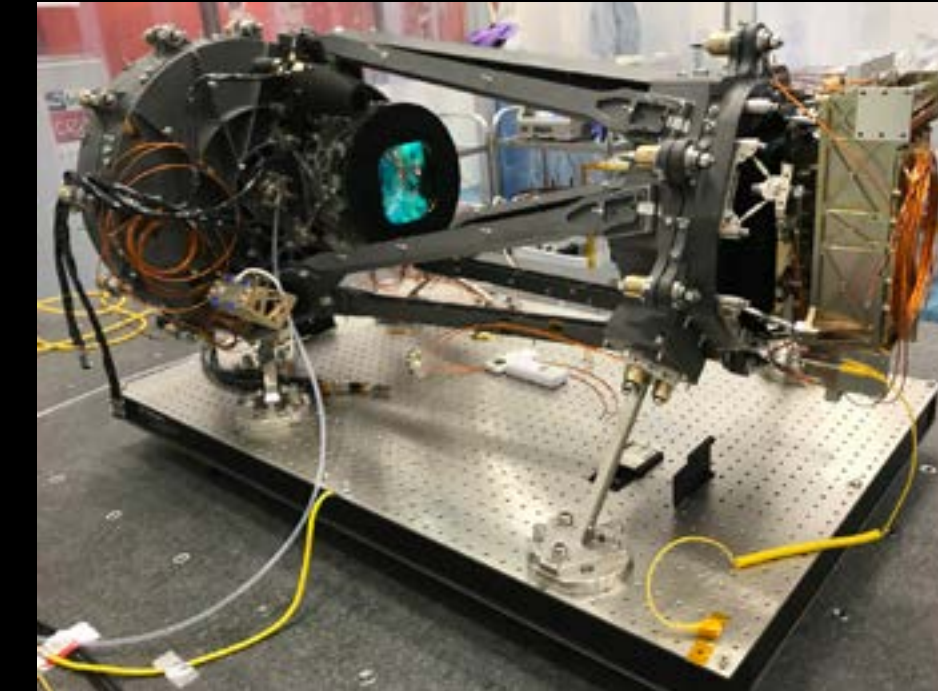
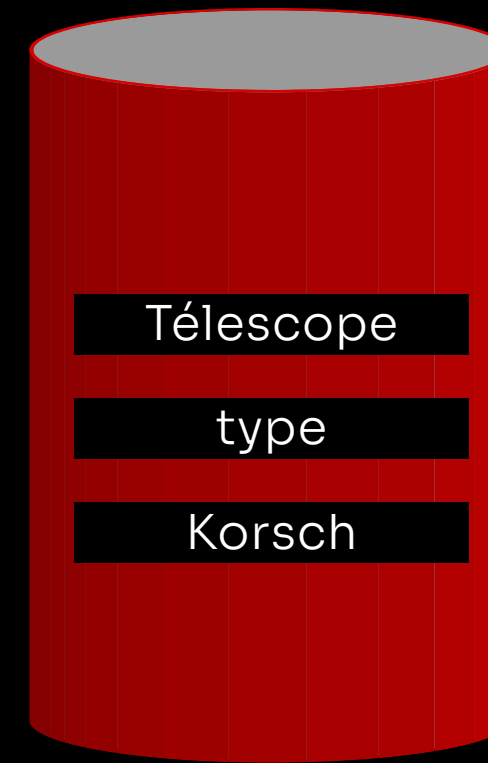


Emission thermique du ciel ou du télescope 1000 fois plus faible qu'au sol:

Si on voulait couvrir les 15000 deg² à la profondeur nécessaire, avec le télescope de l'ESO VISTA (4 mètres de diamètre avec une caméra couvrant un champ 2 fois plus grand qu'Euclid)....

Il faudrait 640 ans!

Conception



Traitement et analyses des données:

10PB, 1 million d'images ou
1 million de Go

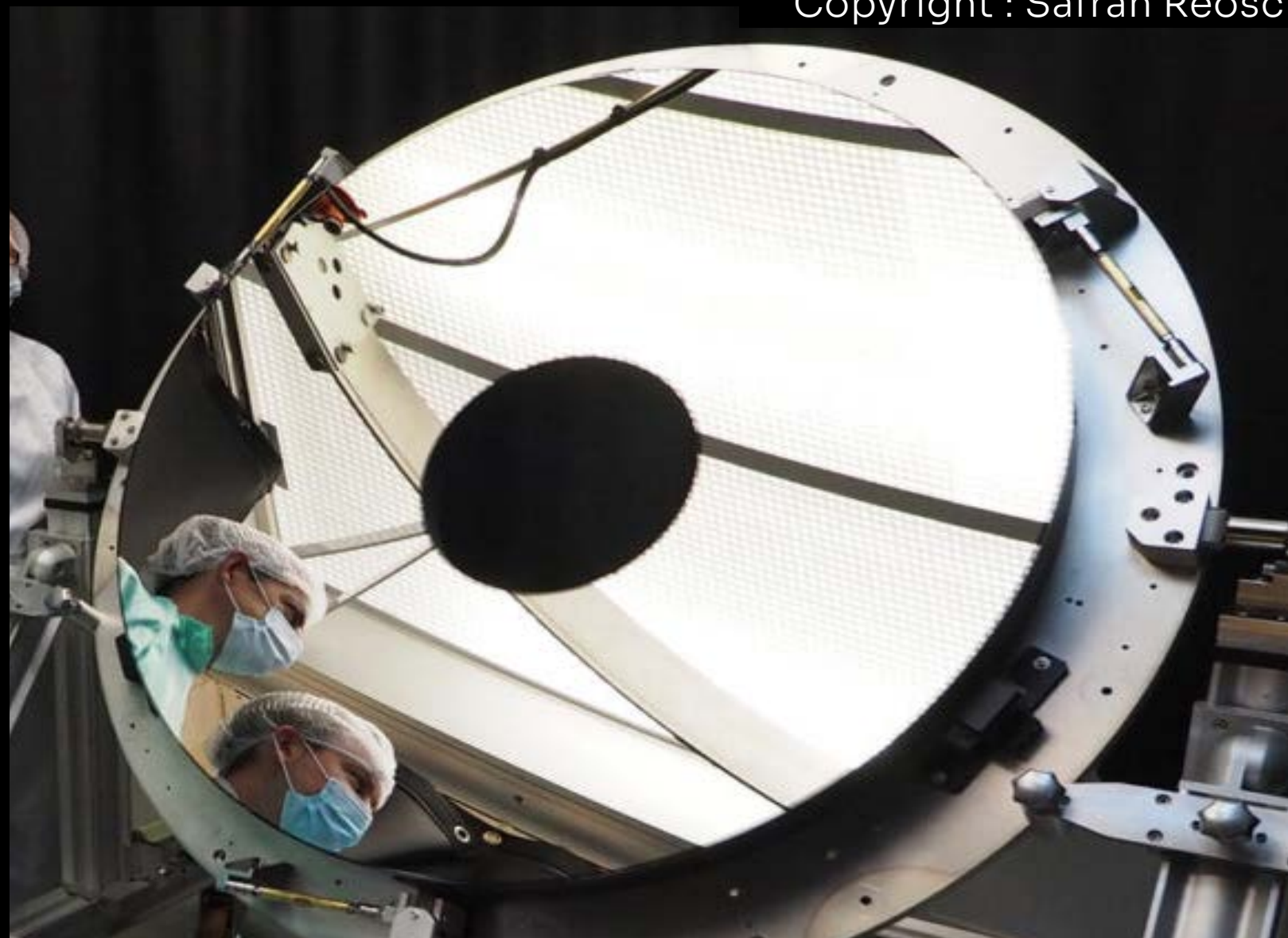
Le télescope

- Type : Korsch (Cassegrain à 3 miroirs)
- Diamètre miroir primaire : 1.2m
- Diamètre miroir M2 : 35cm - M3 : (53x40cm)²
- Focale : 24.5m
- F/D ~ 20.4

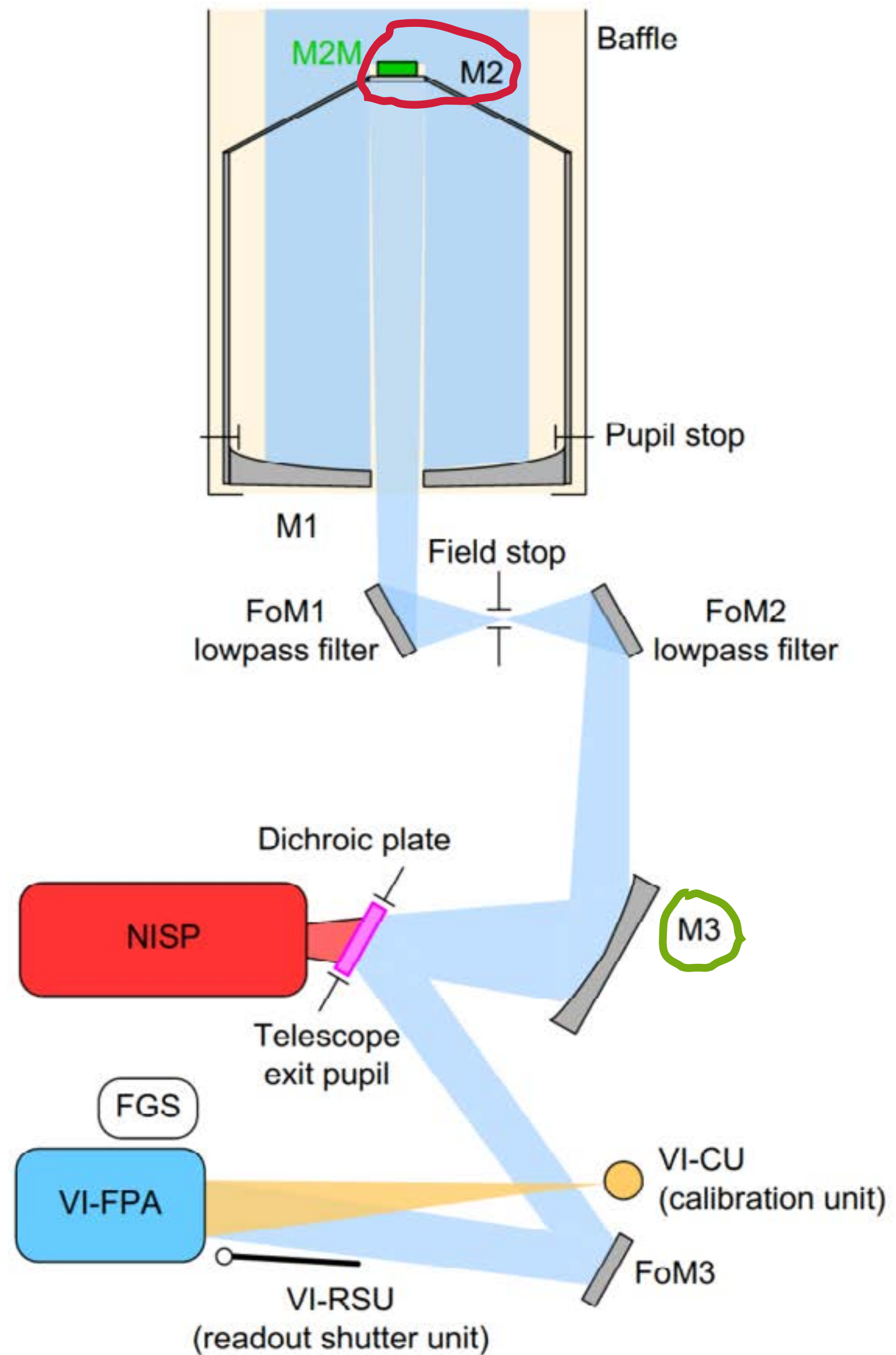
*Les 3 miroirs sont en carbure de silicium

- Excellentes propriétés thermo-élastiques et rigides
- Insensible aux radiations

Copyright : Safran Reosc



Airbus defence & space



- Le télescope est un télescope froid Korsch de 1,2 m, offrant un champ de vision de 1,25 x 0,727 degré 2
- Le miroir primaire est maintenu à une température inférieure à 130K (- 143°C) avec une stabilité thermique supérieure à 50 mK (-273,1°).
- Le polissage méticuleux du miroir primaire, a été effectué de manière robotisée, avec une finition à l'usinage ionique, limitant les défauts de surface à moins de 10 nanomètres.
- Un traitement spécial en argent protégé qualifié spatial a également été déposé sur les trois miroirs M1, M2 et M3.
- Ce revêtement de protection a déjà été utilisé par Safran Electronics & Defense pour traiter les miroirs de plusieurs missions spatiales scientifiques et d'observation de la Terre (James Webb Space Telescope, Gaia, Pleiades Neo).

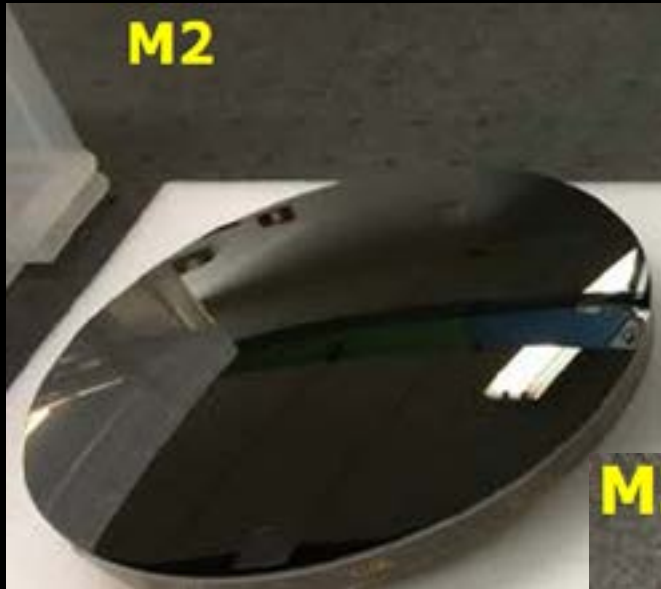


Le télescope

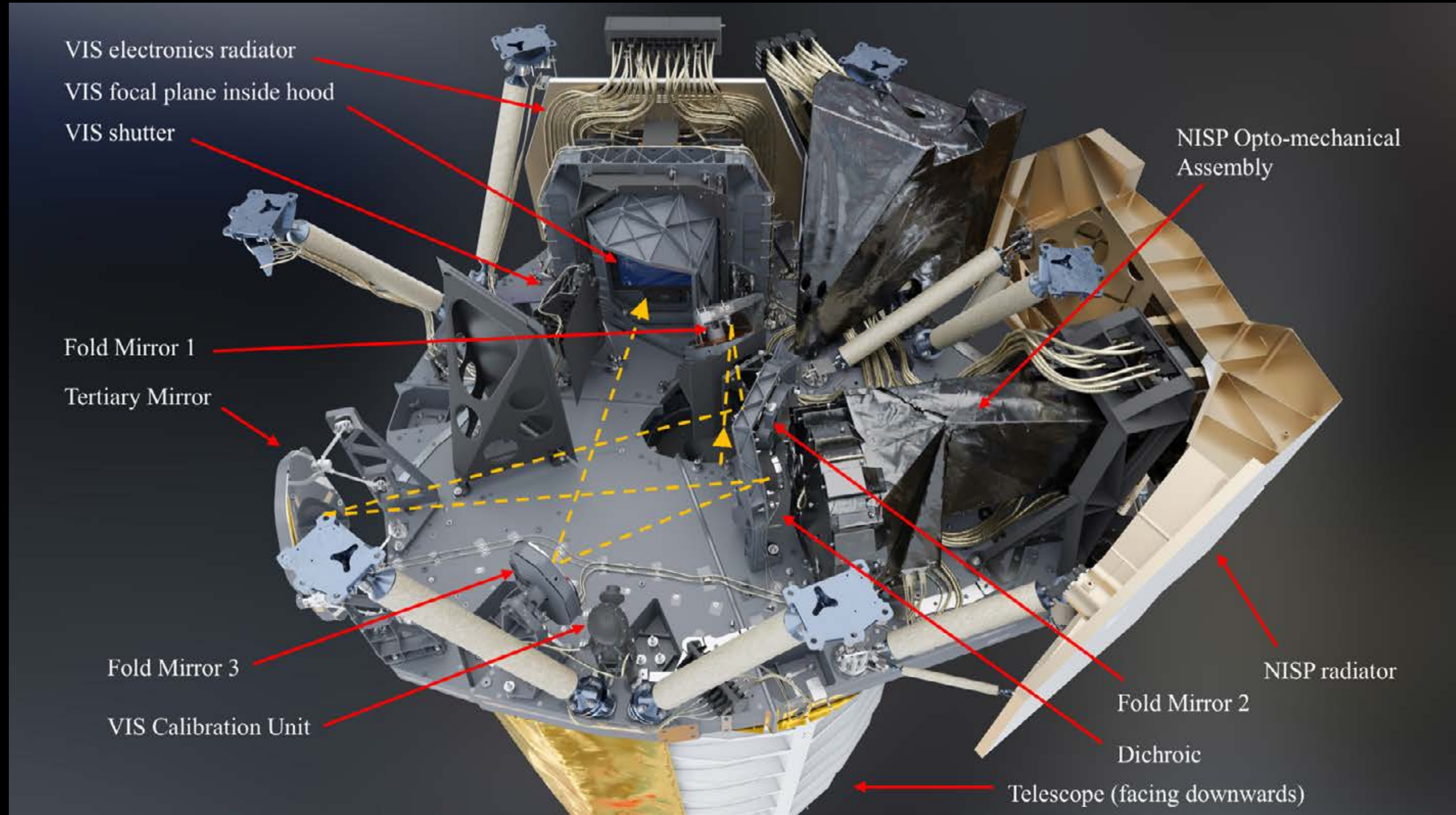
FOM13



M2



M3



Le télescope est situé en bas de l'image, orienté vers le bas, et le faisceau du télescope (en orange) entre vers le haut à travers une ouverture située au centre de la plaque de base du module de charge utile. Cette plaque supporte à la fois le télescope et les instruments, dirigeant le faisceau vers le tertiaire de Korsch. À partir de là, le faisceau est soit transmis vers NISP, soit réfléchi vers VIS.

L'emplacement des trois unités VIS est représenté, avec l'ensemble du plan focal enveloppé dans un capot afin de limiter la lumière parasite et de réduire les dommages dus aux radiations sur les CCDs.

Les instruments

VIS

Domaine d'application : Imagerie dans le spectre visible

Plage spectrale

550 nm à 900 nm

Euclid sera la première mission spatiale à étudier la majeure partie du ciel extragalactique dans la gamme de 0,95 à 2,02 μm

NISP

Domaine d'application

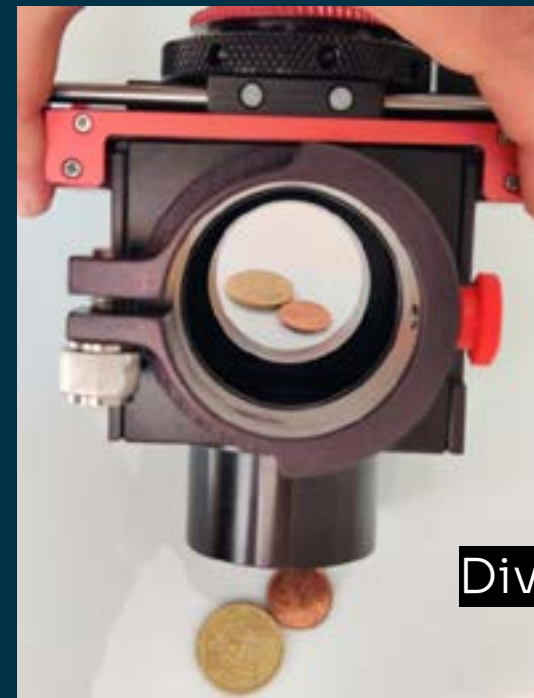
Photométrie NIR imagerie

3 bandes spectrales passantes recouvrantes

NIR Spectroscopie

1100 nm à 2000 nm

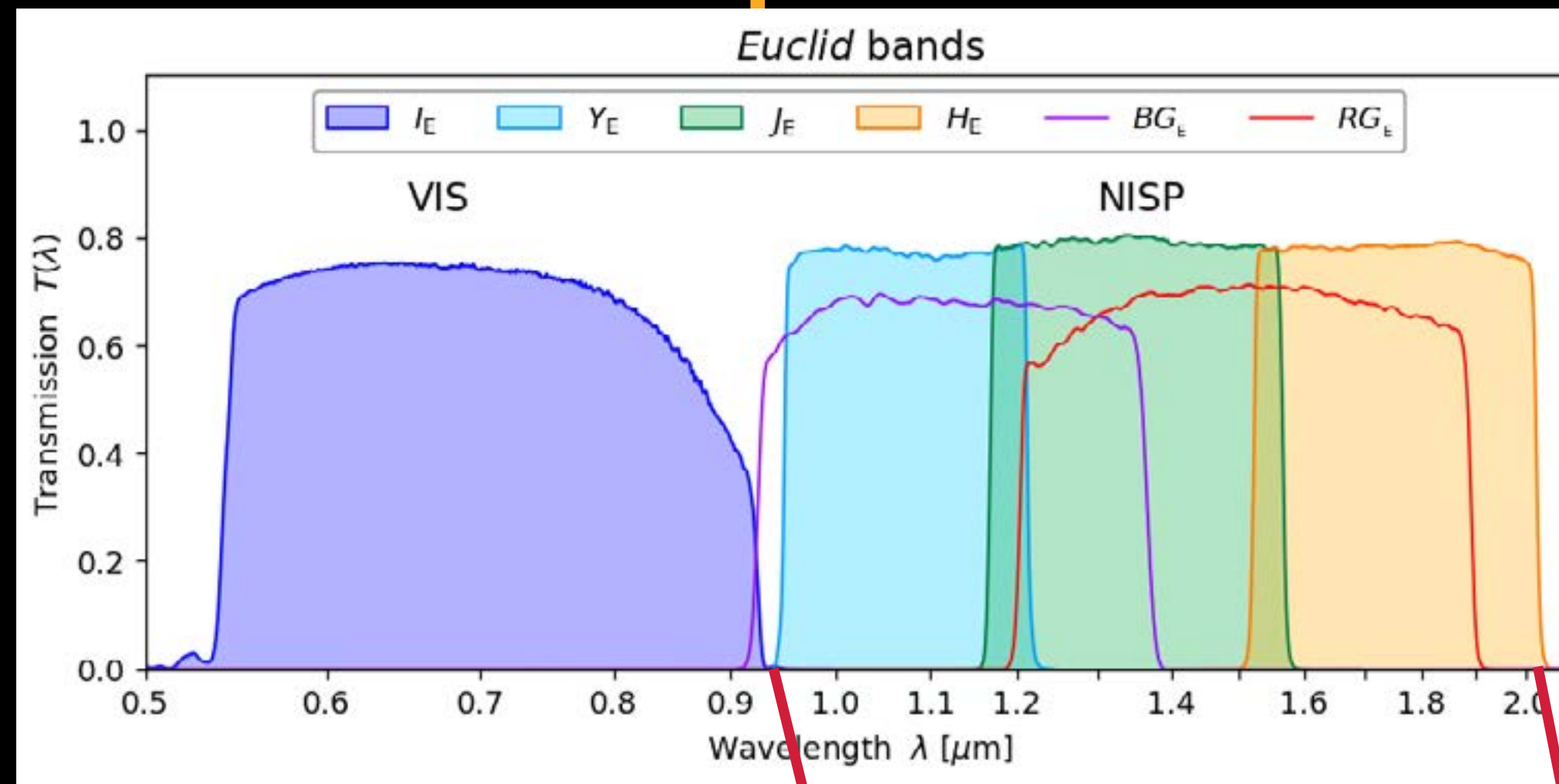
YEAH!!!



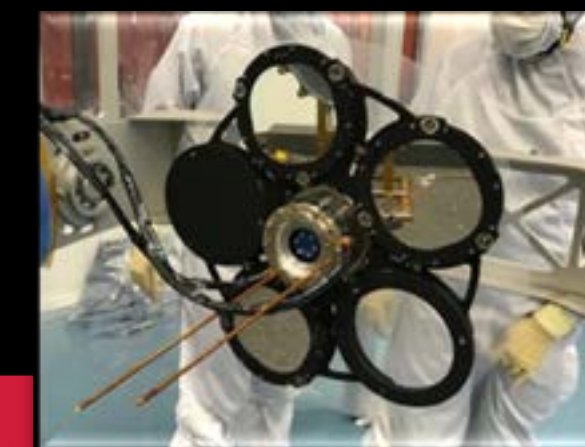
Diviseur dans l'axe



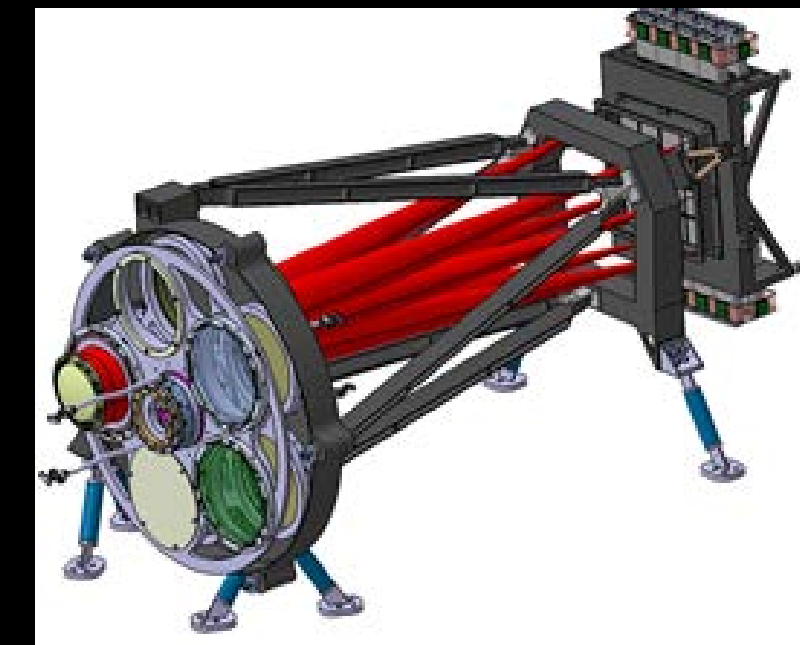
Diviseur hors axe



Le photomètre à trois bandes (Y,J,H) servira à la mesure des redshifts photométriques et le spectromètre sans fente mesurera le redshift pour la sonde BAO «*Baryon Acoustic Oscillations*» grâce à plusieurs Grisms (Grating (réseau) + Prism).



NISP Tourelle à filtres



NISP tourelle à GRISM



Associées à la photométrie terrestre complémentaire, ces bandes passantes permettent le calcul des décalages vers le rouge photométriques moyens



Diviseur optique Dichroic dans l'axe

VIS

BONUS!

Vidéo sur la construction de VIS au Mullard Space Science Laboratory UK

[MSSL](#)

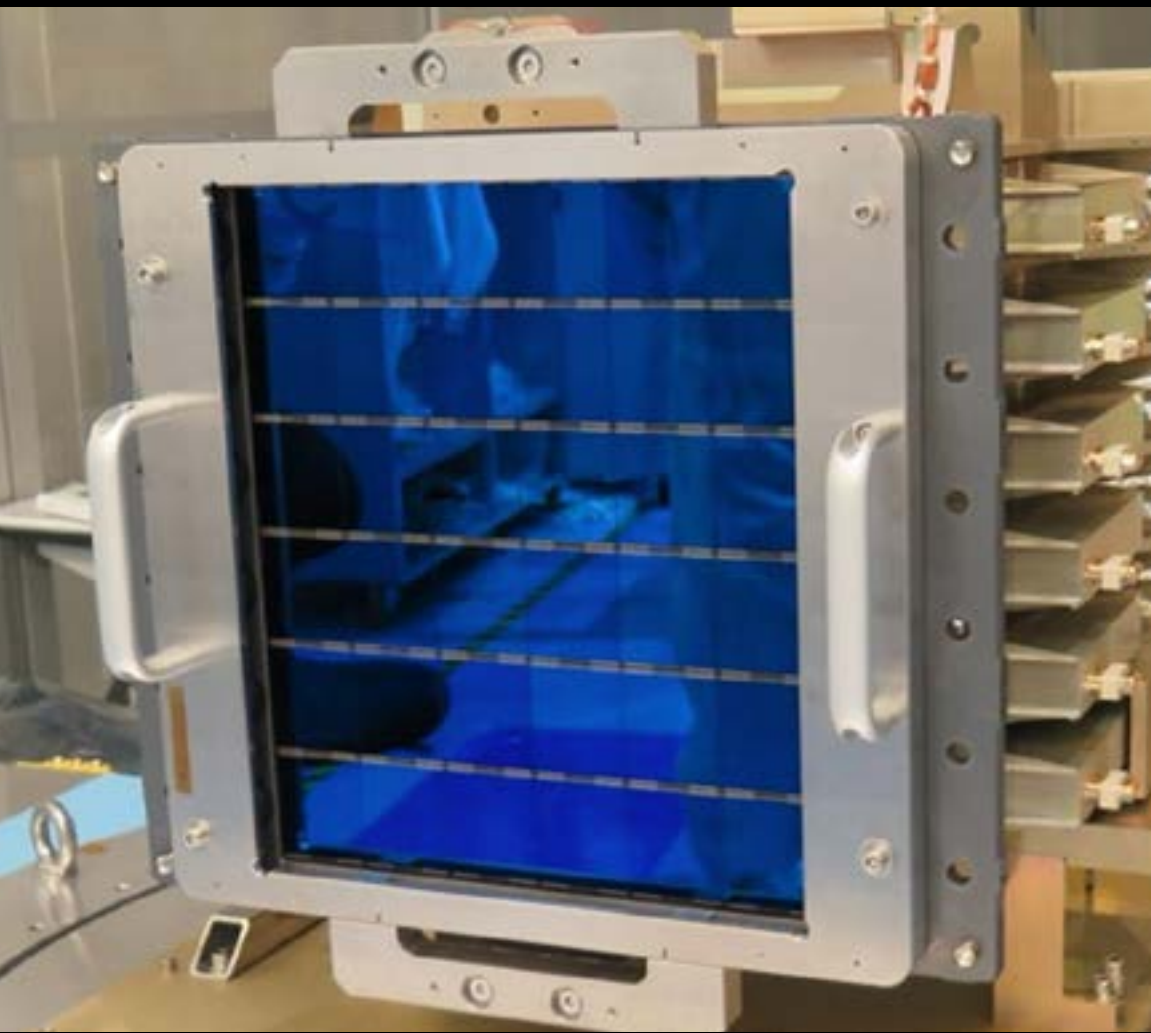


Les détecteurs

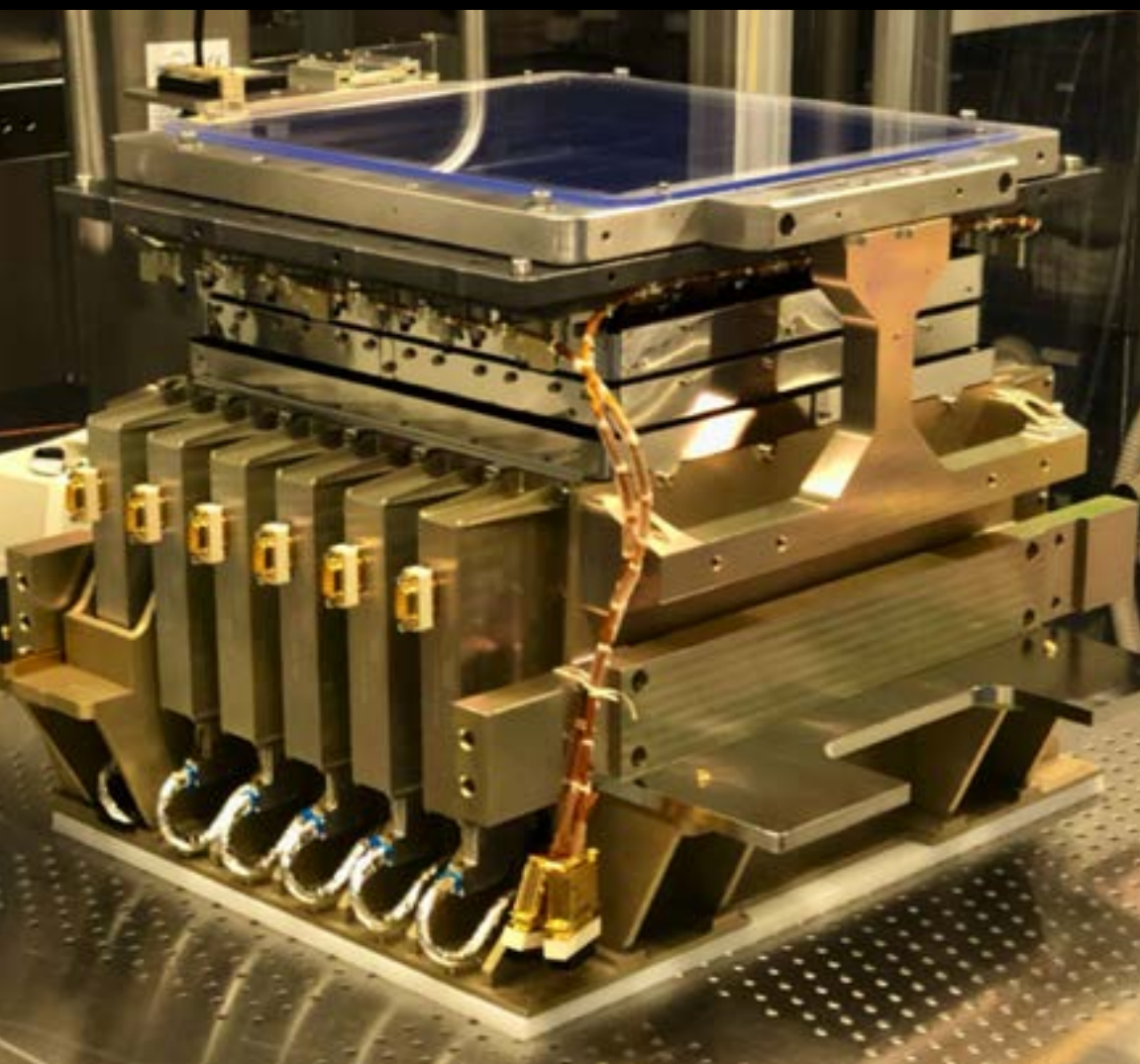
Constructeur : [TELEDYNE USA](#)



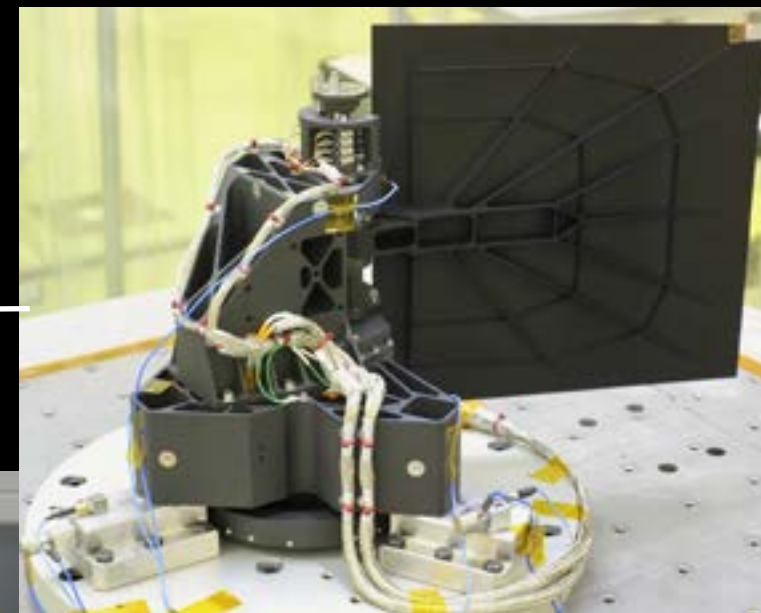
NISP



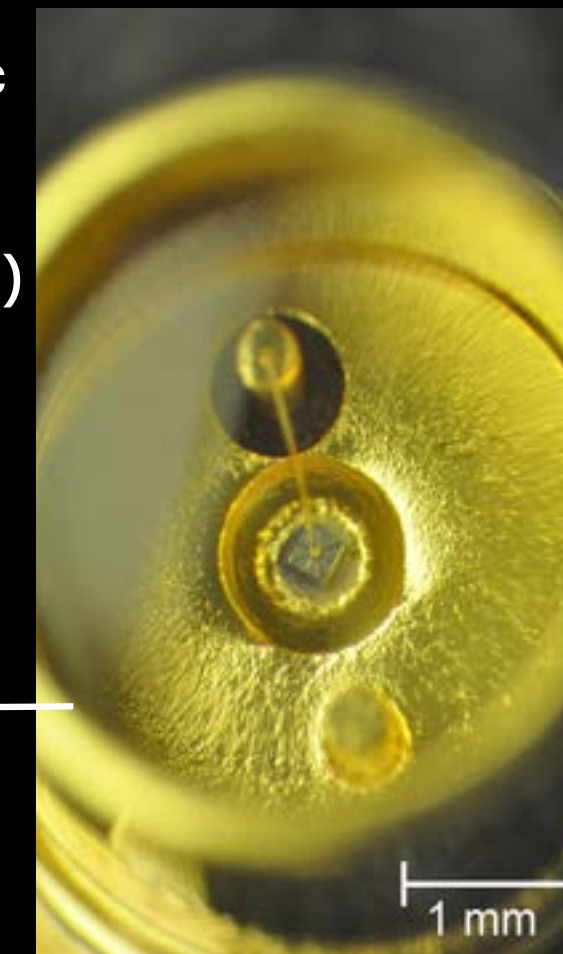
- Capteur : 36 capteurs CCD273-84
609 millions de pixels $12\mu\text{m} \times 12\mu\text{m}$
- Définition : 4x4 k pixels / capteur
- Échelle d'un pixel : 0.1 arcsec
- Résolution angulaire : 0.18 seconde d'arc
- Champ de vision : 0.57° (3x la PL)
- Unité d'obturation
- Source d'étalonnage : LED à 6 longueurs d'onde



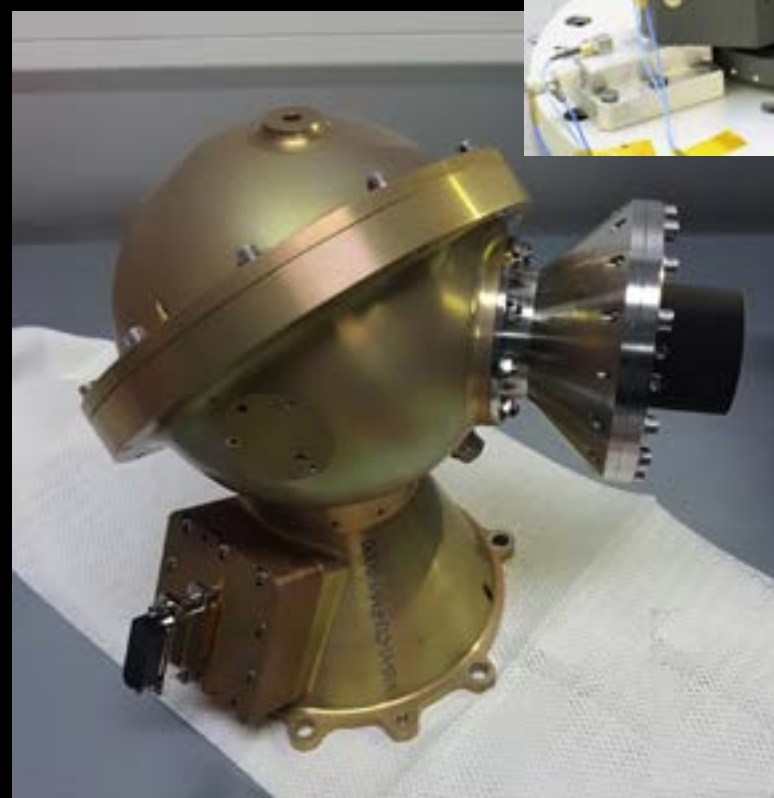
Unité d'obturation



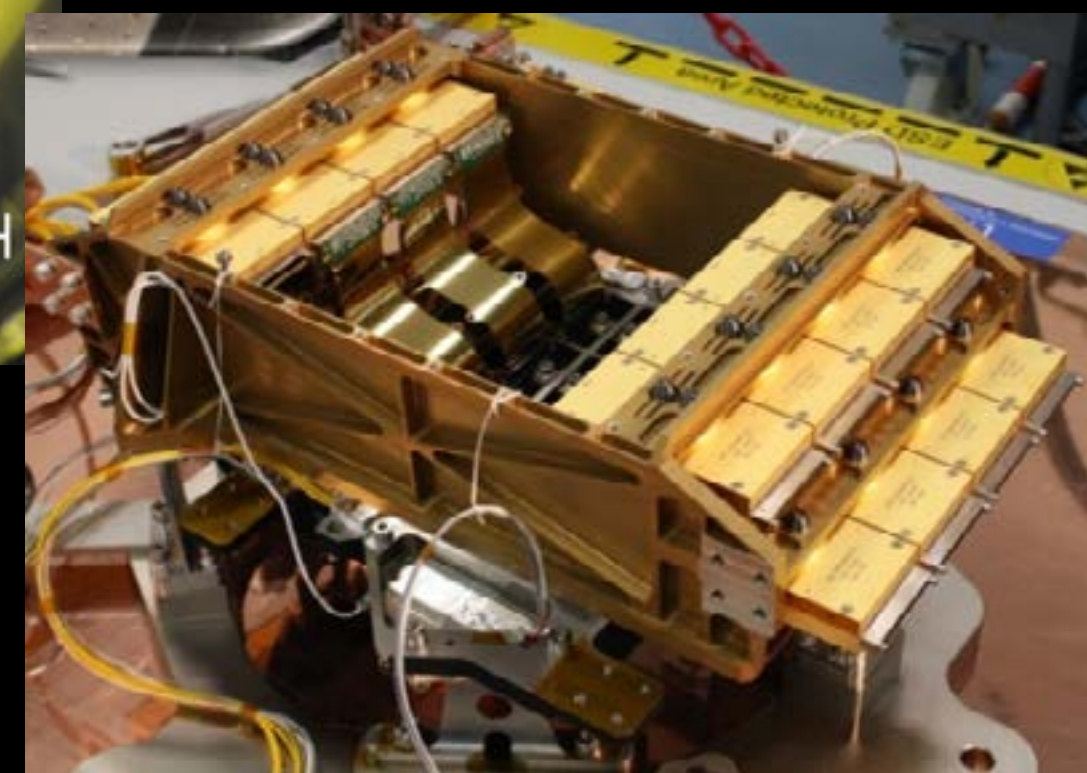
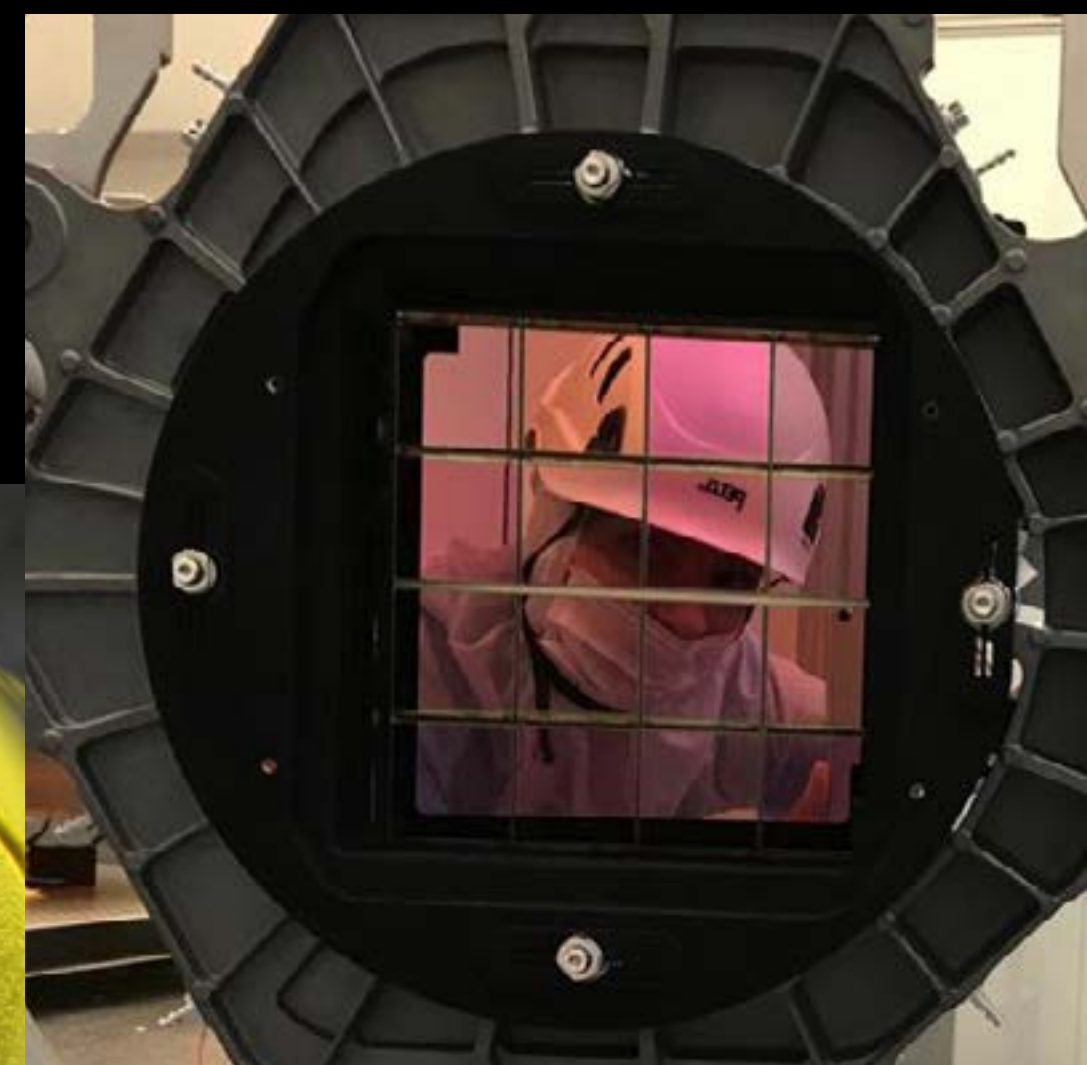
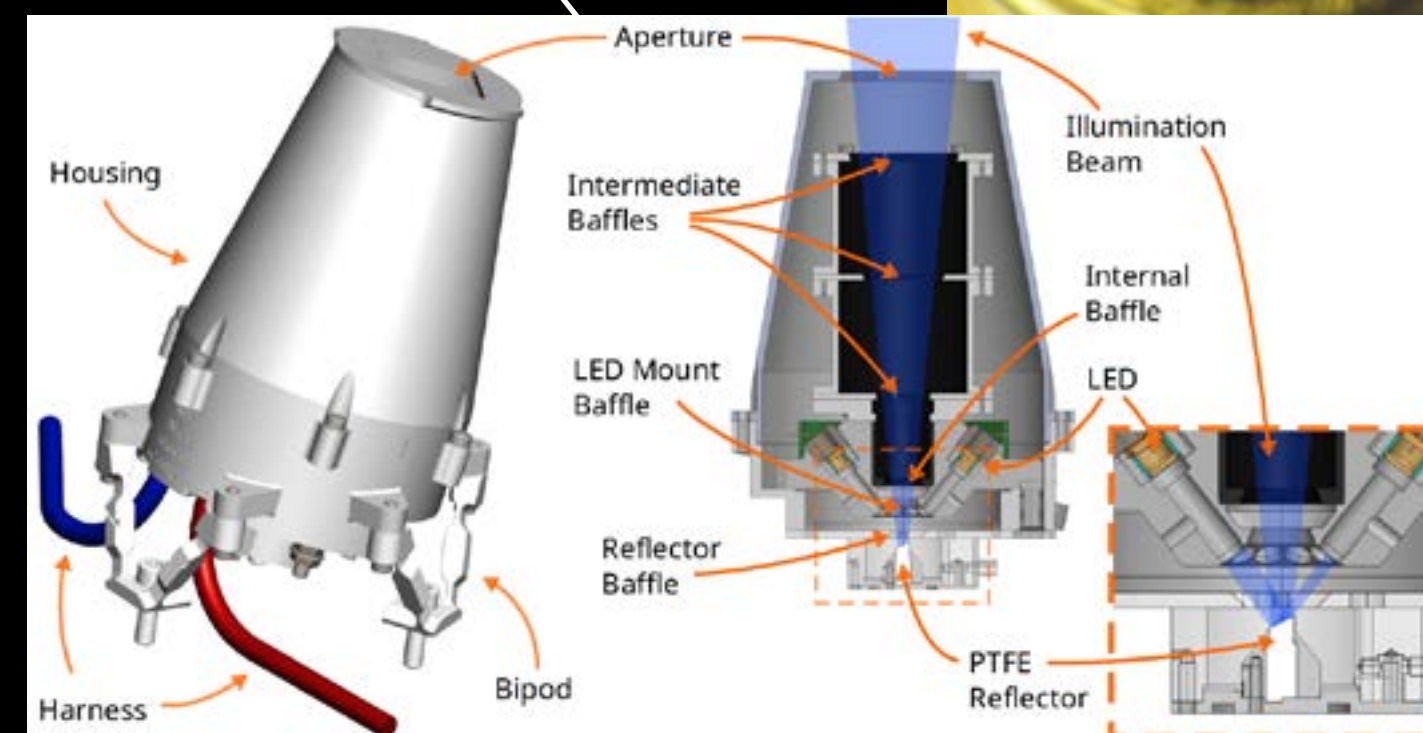
Gros plan sur une LED



Unité d'étalonnage



Unité de calibration





Résumons



OUTILS

- Imagerie grand champ
- Cartographie 3D d'un tiers de ciel
15 000 degrés² à l'extérieur de la galaxie et des plans écliptiques

- Photométrie d'un milliard de galaxies lointaines dans les 3 bandes spectrales : Y J H
- Spectres d'une dizaine de millions de galaxies lointaines

BUTS

- Mesures de formes de galaxies à différentes distances
- Leurs structurations au fil des âges (10 milliards d'années)
- l'effet de la gravitation (matière noire) et de l'expansion (énergie noire)

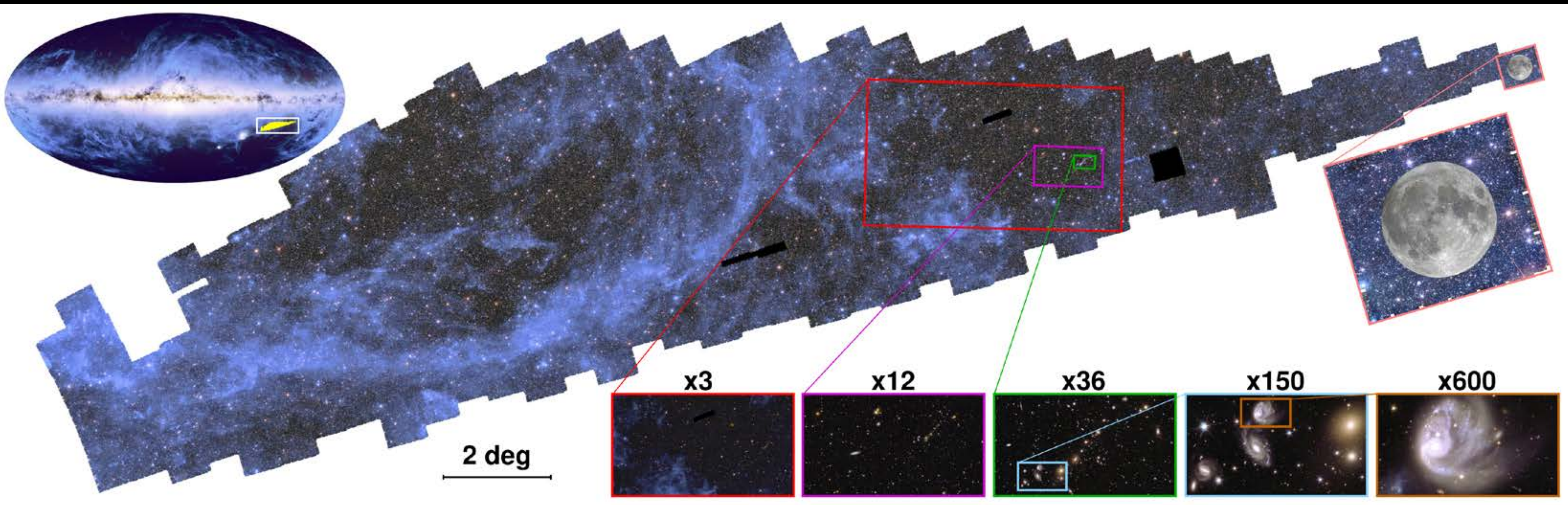
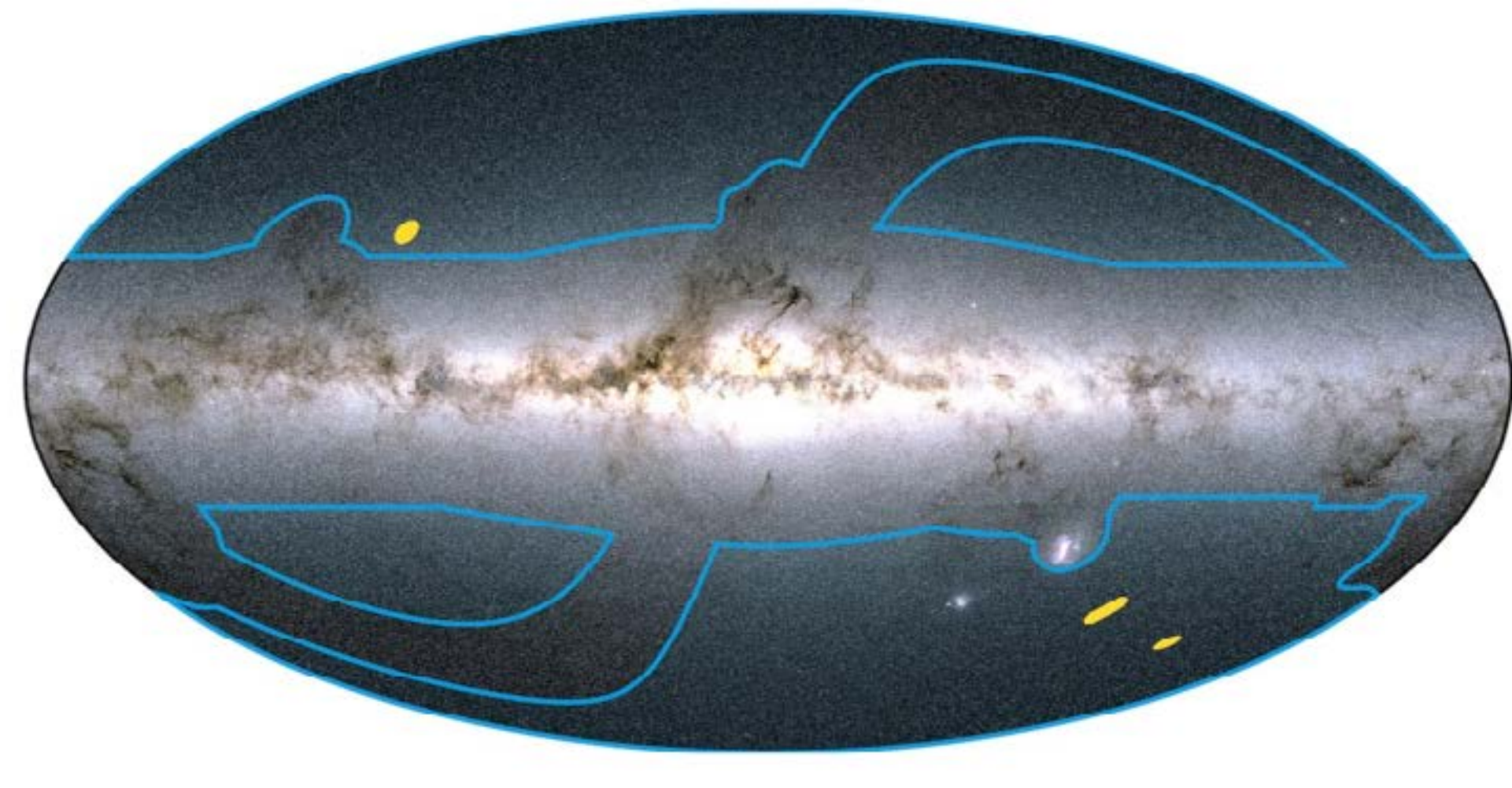
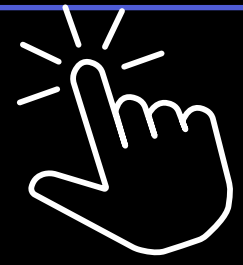
- Révéler la distribution à grande échelle des galaxies
- Leurs structurations au fil des âges (10 milliards d'années)
- l'effet de la gravitation (matière noire) et de l'expansion (énergie noire)

Property	Weak lensing galaxy sample	Galaxy clustering galaxy sample
Redshift range (z)	0-2	0.84-1.88
Redshift measurement and accuracy	Photometric, better than 0.05(1+z)	Spectroscopic, better than 0.001(1+z)
Number of objects	1.5 billion shapes	35 million 3D galaxy positions

Résultats

Le 15 octobre 2024

[Plongée cosmique](#)



CRÉDIT

ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, CEA Paris-Saclay, traitement d'images par J.-C. Cuillandre E. Bertin, G. Anselmi ; ESA/Gaia/DPAC; Collaboration ESA/Planck

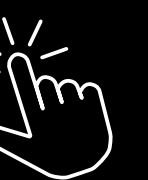
[Conférence lors des RCE 2024 à la cité des sciences de Paris sur les premières images d'EUCLID](#)



- Champ de $0.7^\circ \times 0.7^\circ$ en une seule exposition de 10 mn
- 36 CCD
- Champ 240 x plus grand que celui d'Hubble
- Euclid est le seul télescope capable actuellement d'observer une zone aussi vaste du ciel en une seule séance avec une telle netteté, en lumière visible et proche infrarouge.
- 4000 p X 4000 p pour chaque CCD

CRÉDIT

ESA/ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, S. Brunier



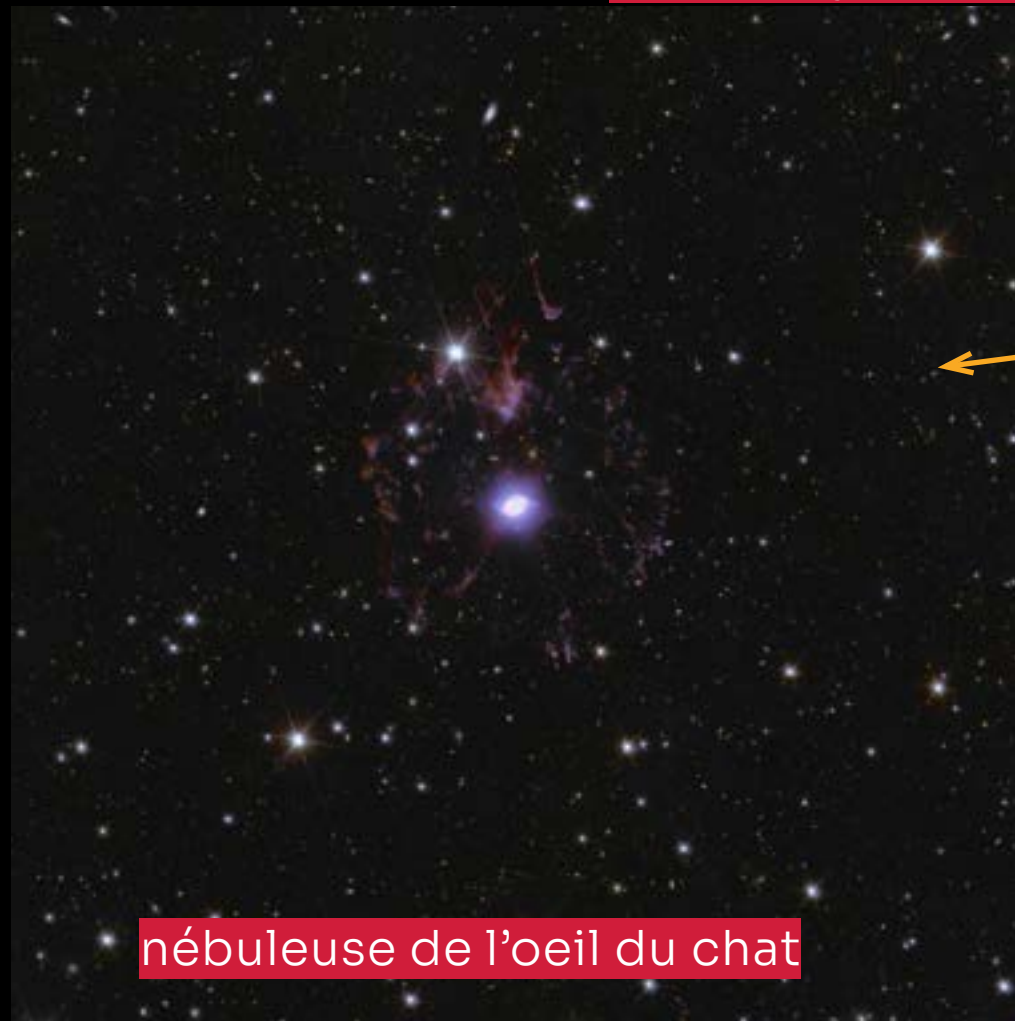
Résultats

Le 19 mars 2025

Au 19 mars 2025, Euclide a observé environ 2000 degrés carrés, soit environ 14 % de la superficie totale de l'étude. Les trois champs profonds comprennent ensemble 63,1 degrés carrés.

© ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA; ESA/Gaia/DPAC; ESA/Planck Collaboration

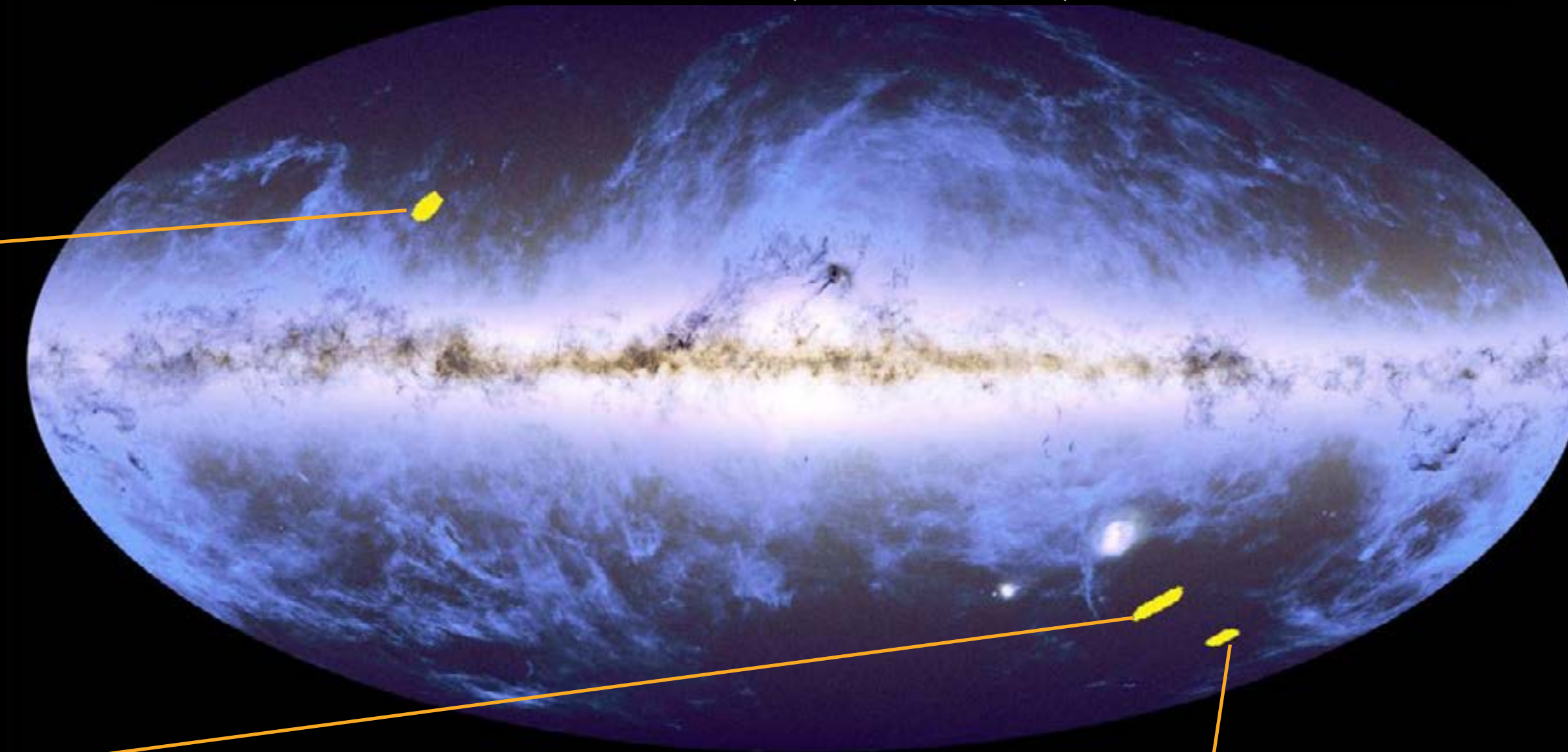
Aperçu du champ profond Nord



nébuleuse de l'oeil du chat

[Explorez cette image dans](#)

[ESASky](#)



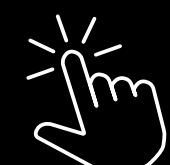
Aperçu du champ profond Sud

Aperçu du champ profond Fornax



[Explorez cette image dans](#)

[ESASky](#)



Zoom X70

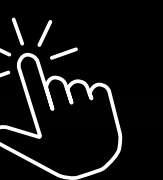


Zoom X16

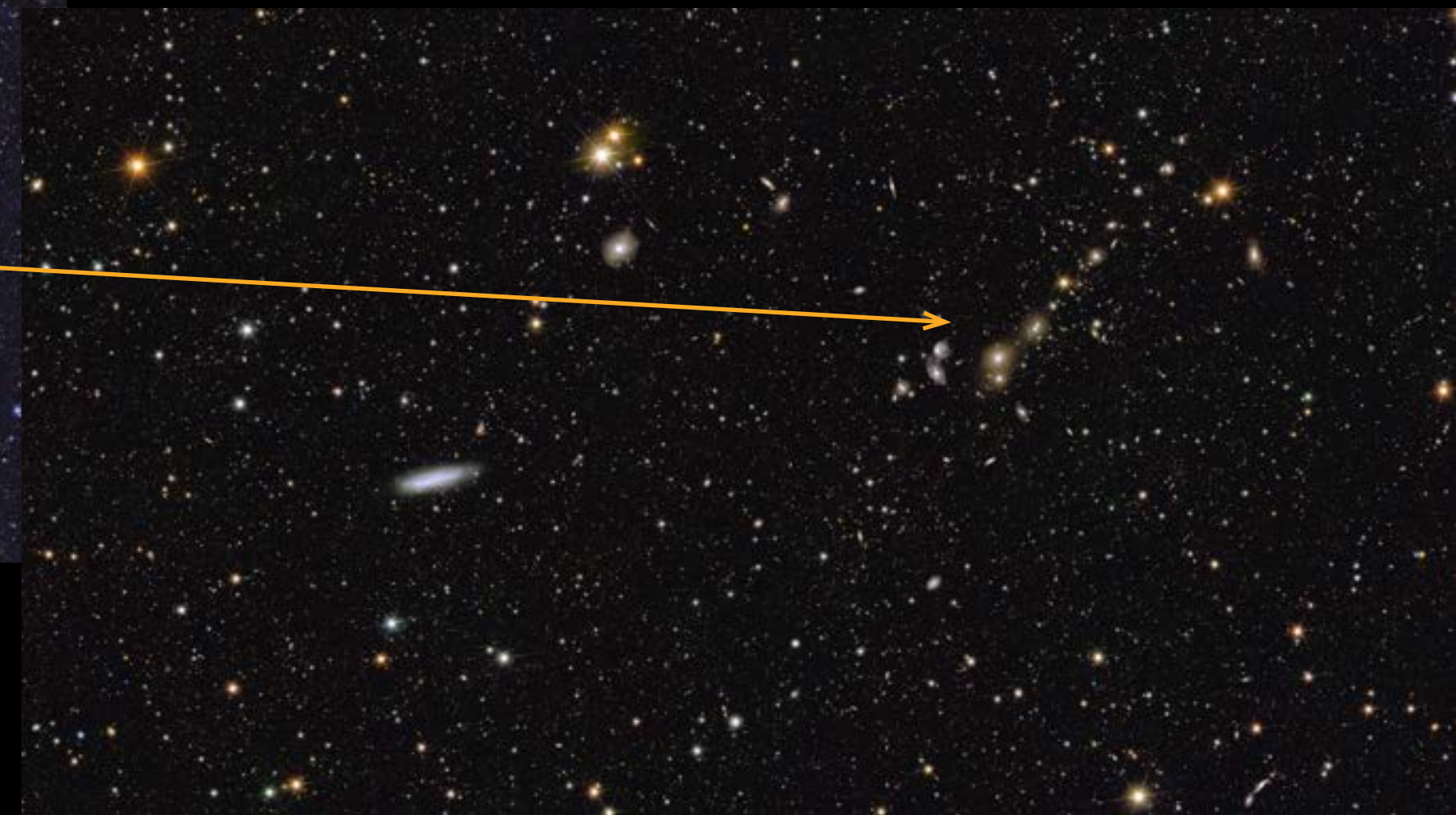
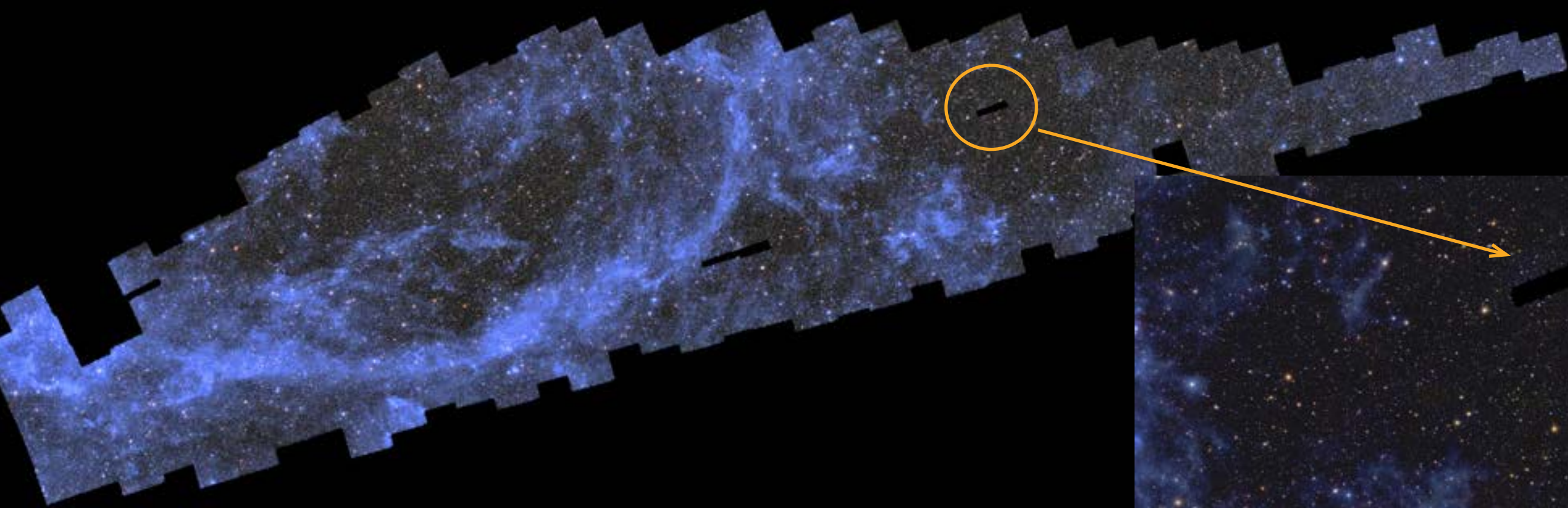


[Explorez cette image dans](#)

[ESASky](#)



© ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by J.-C. Cuillandre, E. Bertin, G. Anselmi

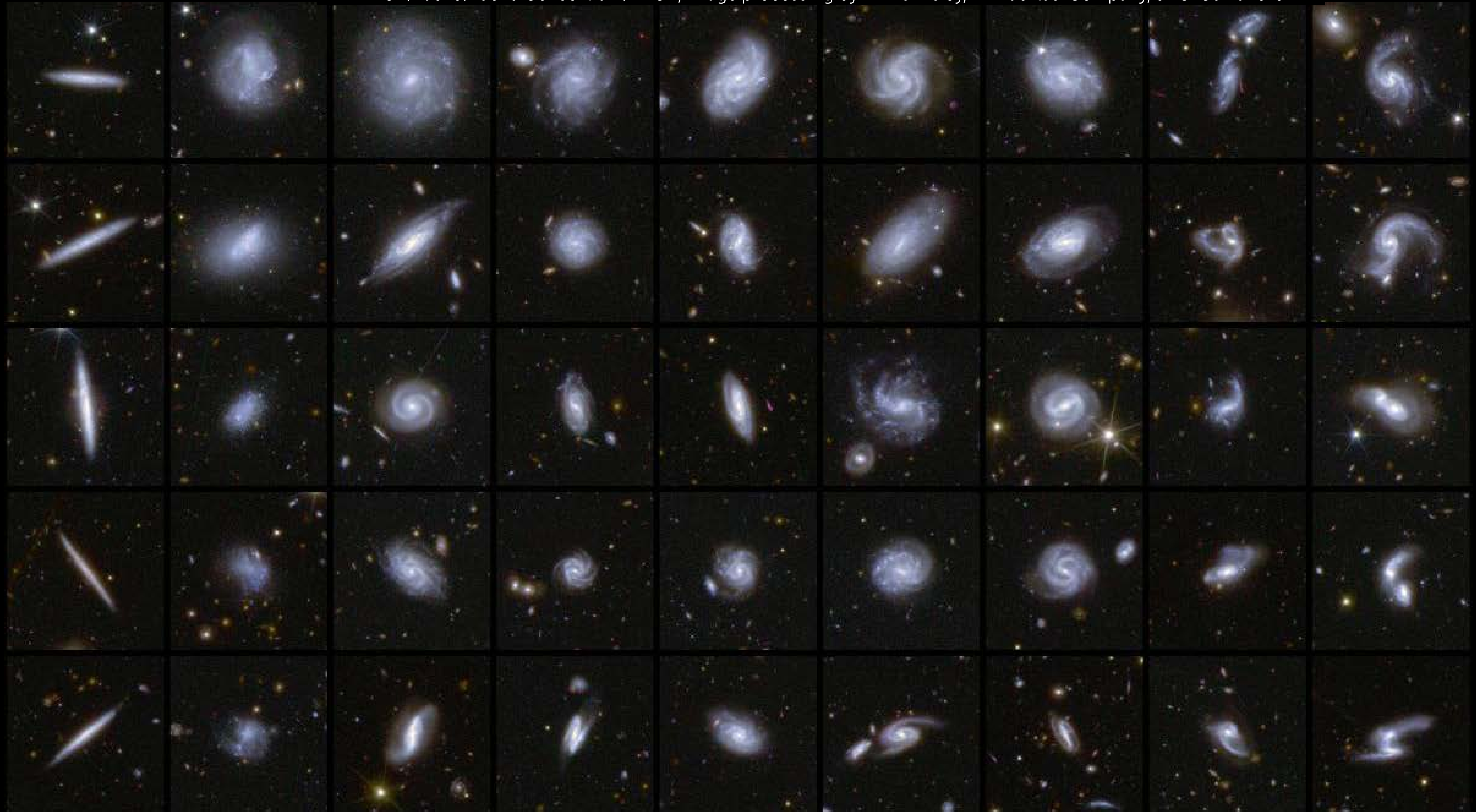


Résultats

Le 19 mars 2025

Galaxies de différentes formes
capturées par Euclid

© ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by M. Wałmsley, M. Huertas-Company, J.-C. Cuillandre

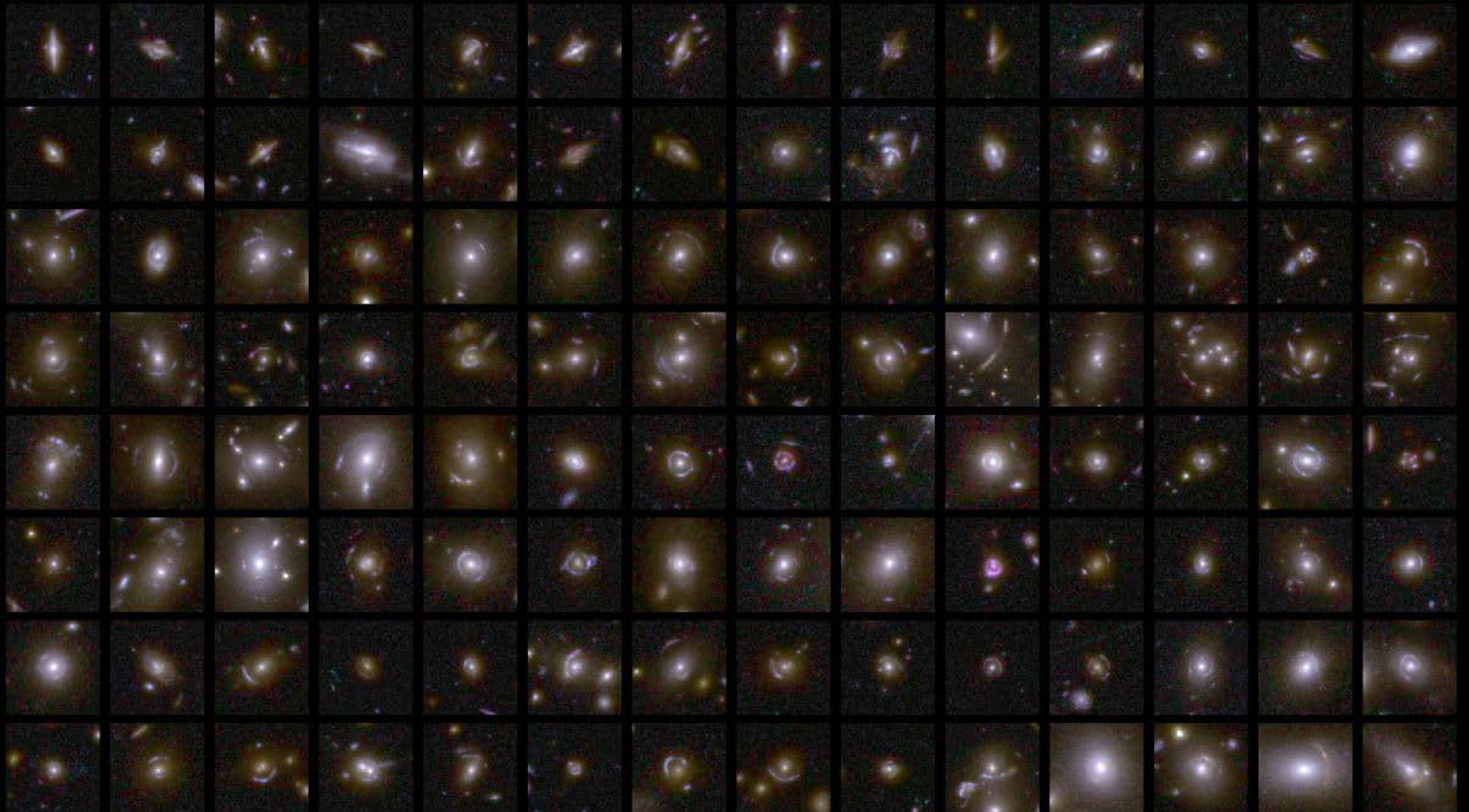


Résultats

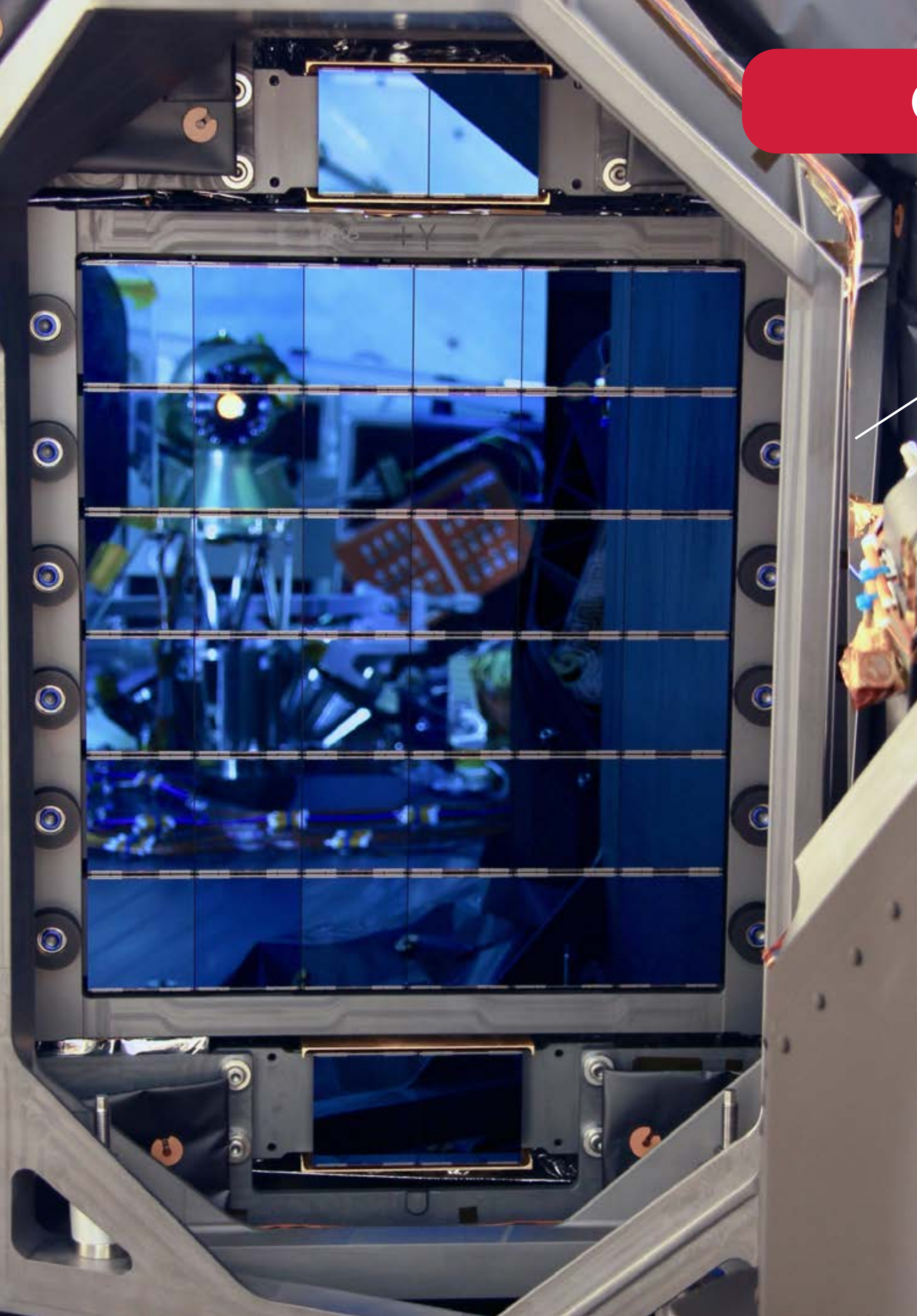
Le 19 mars 2025

Lentilles gravitationnelles capturées par Euclid

© ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by M. Walmsley, M. Huertas-Company, J.-C. Cuillandre

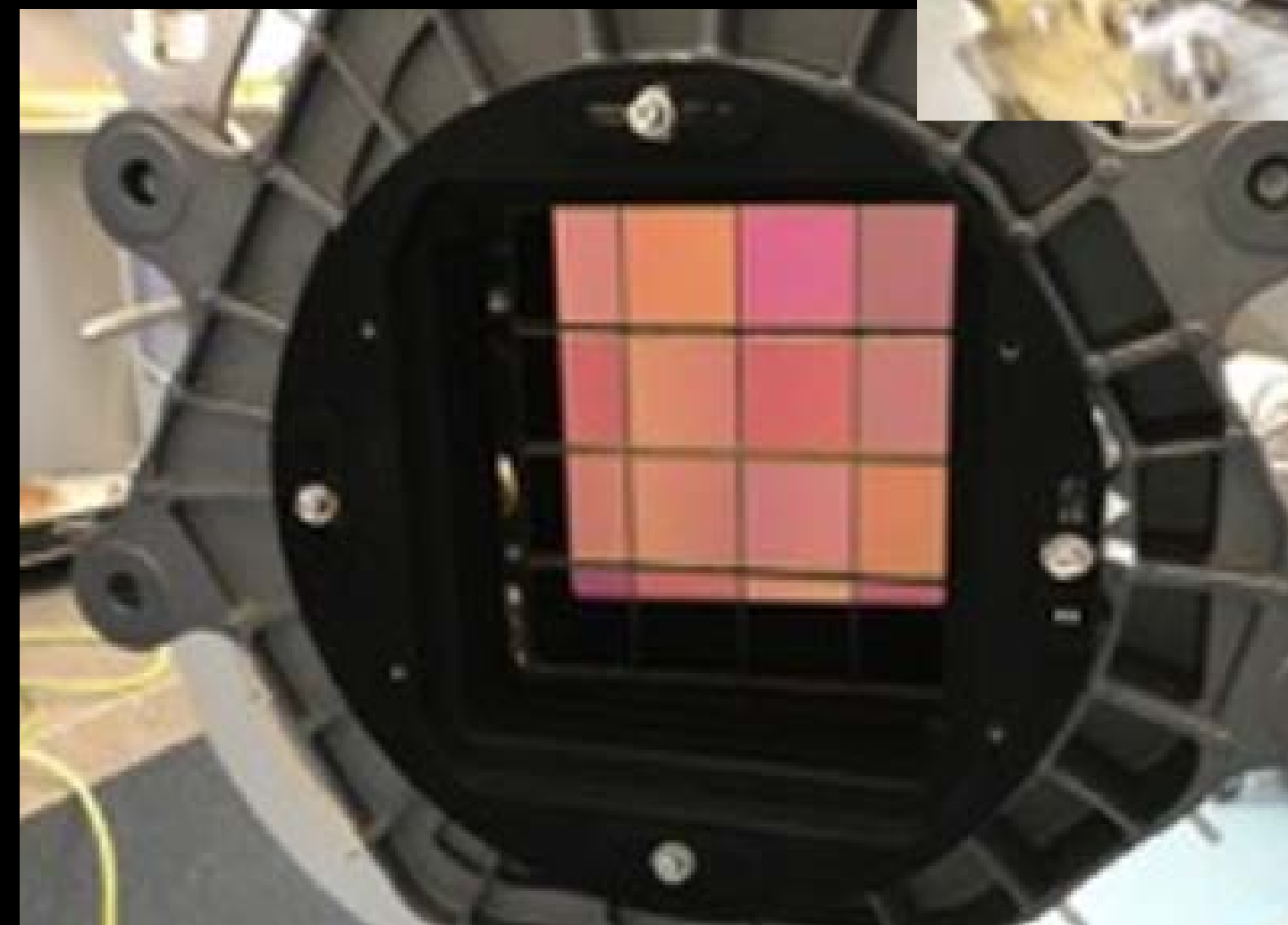
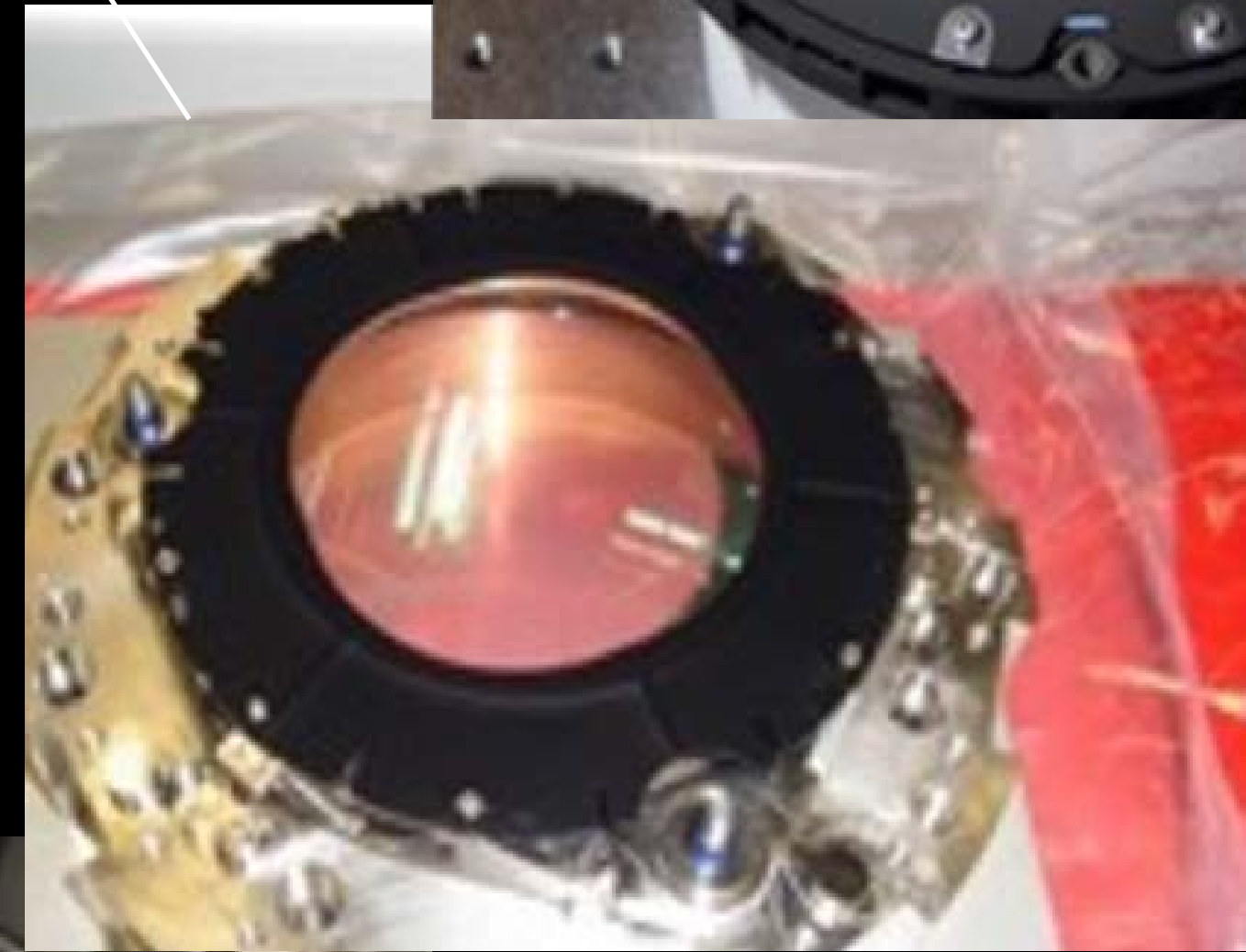
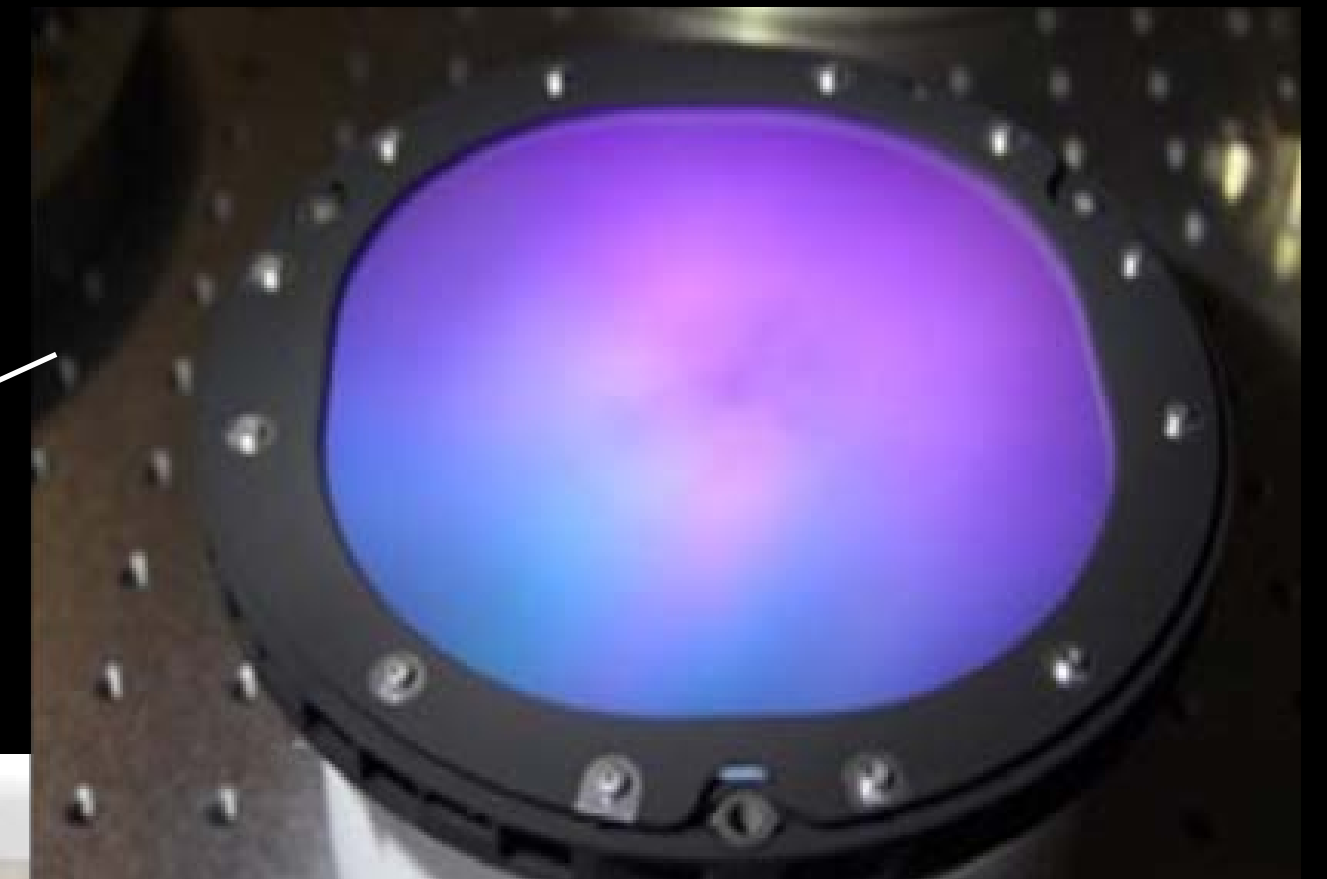


Quelques images

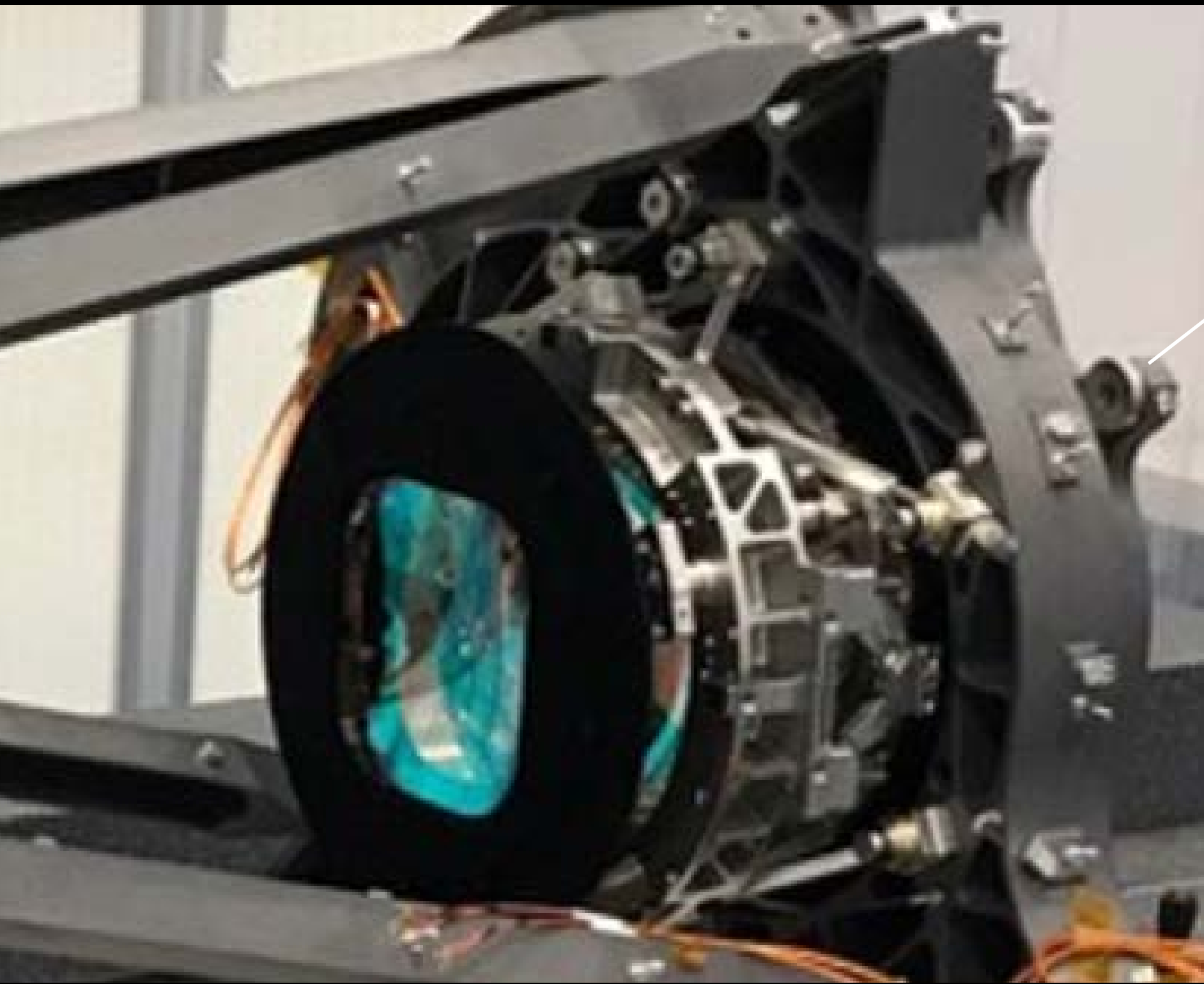


Capteur VIS

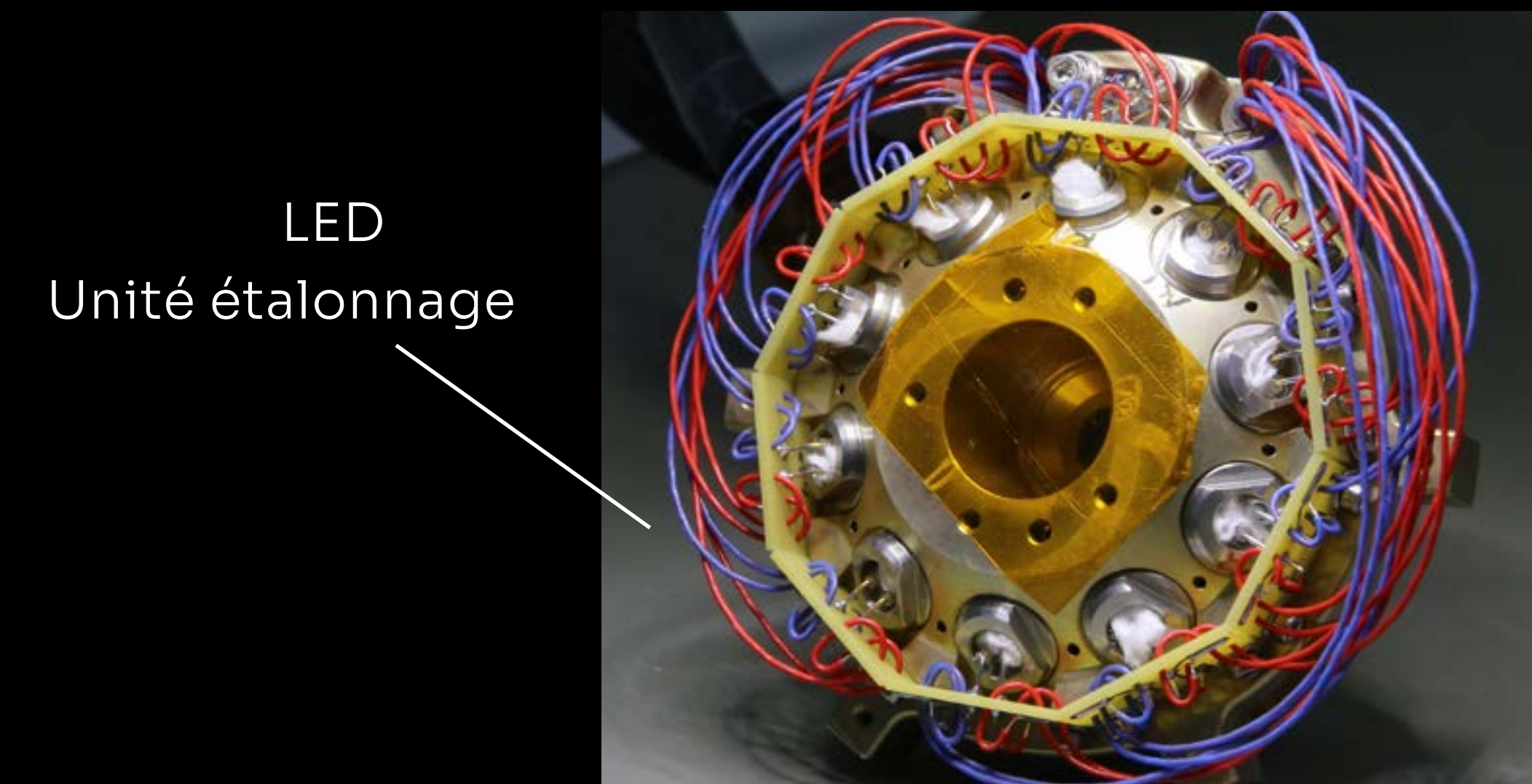
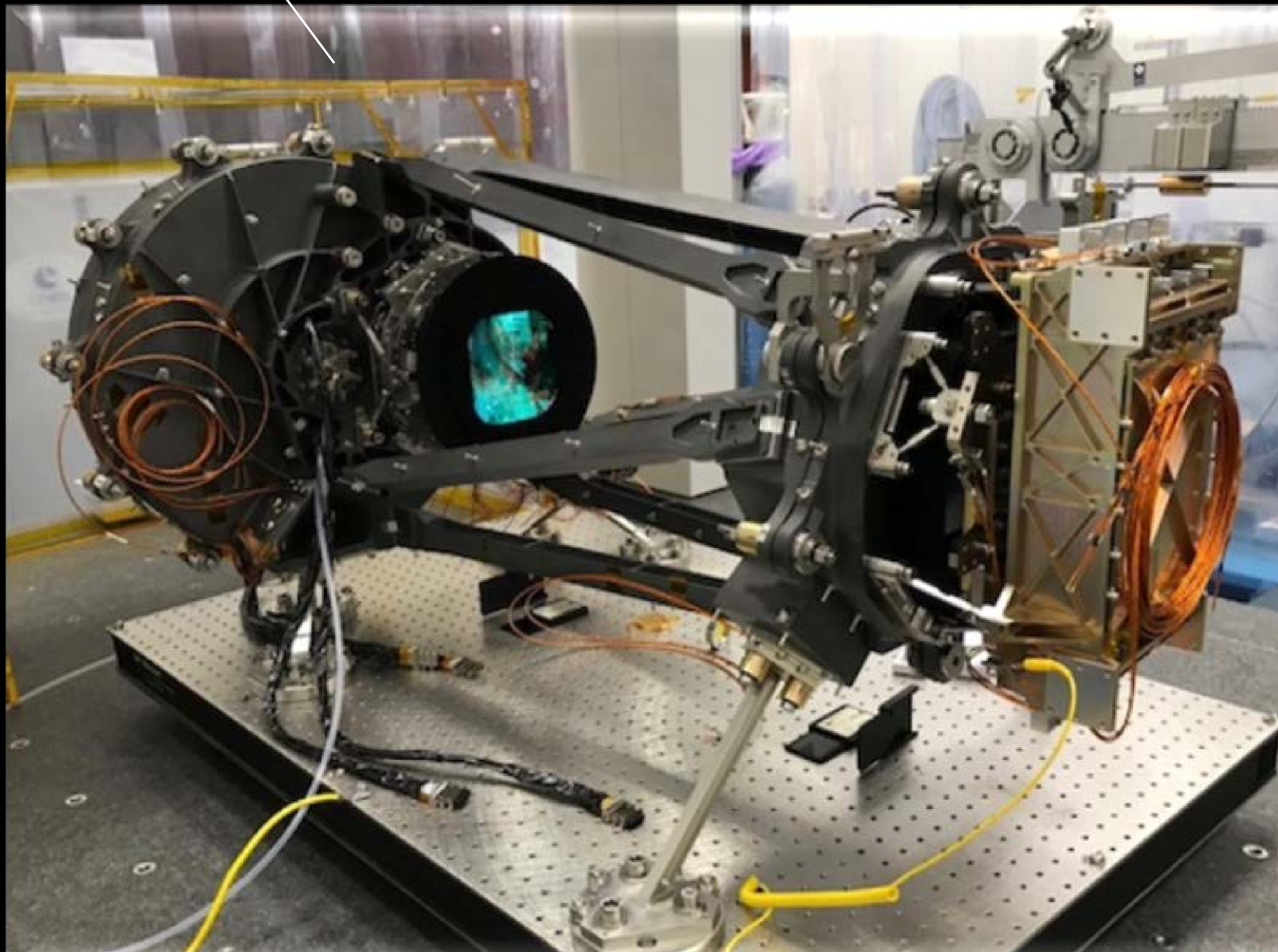
Filtres GRISM



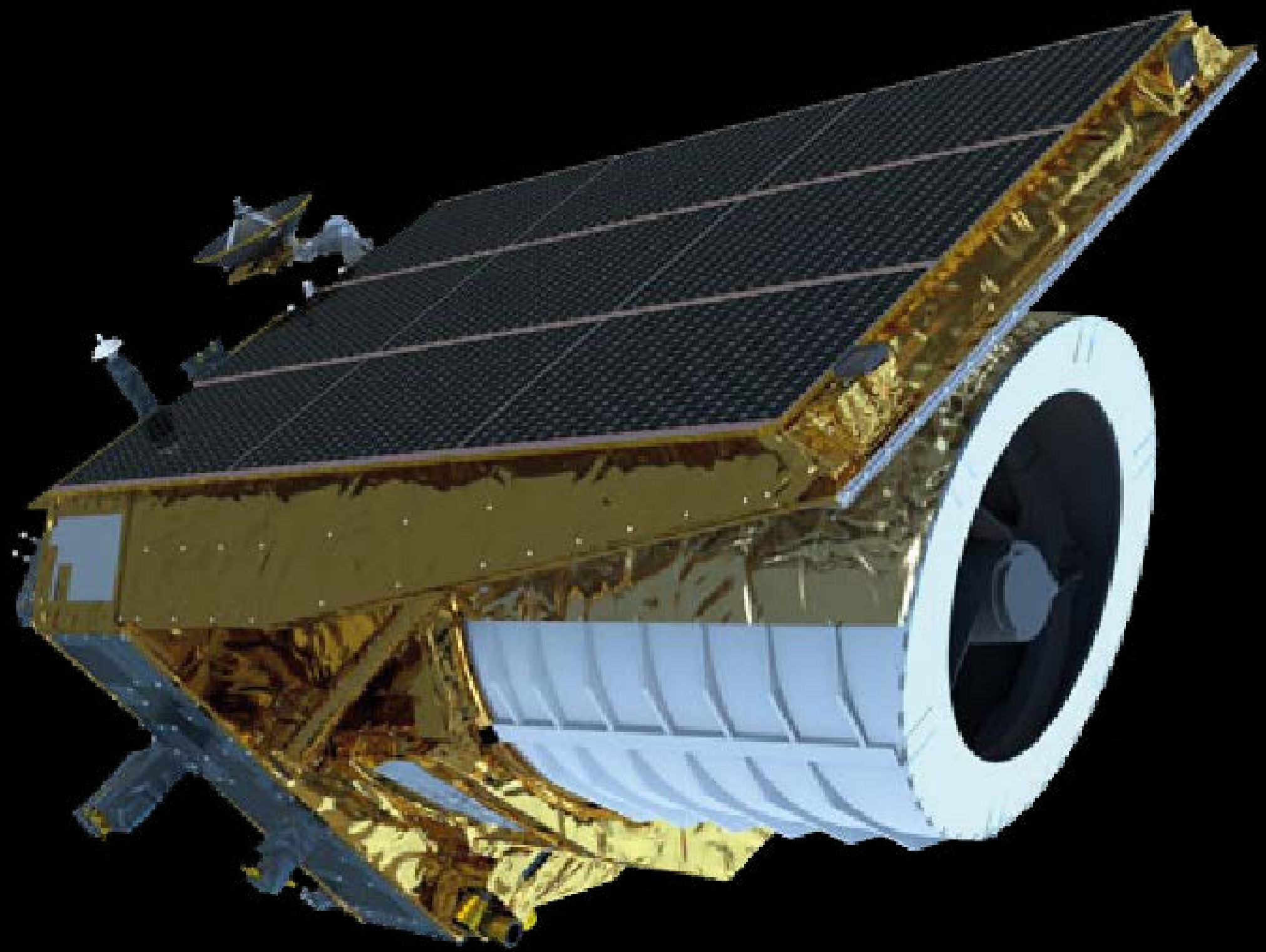
Capteur NISP



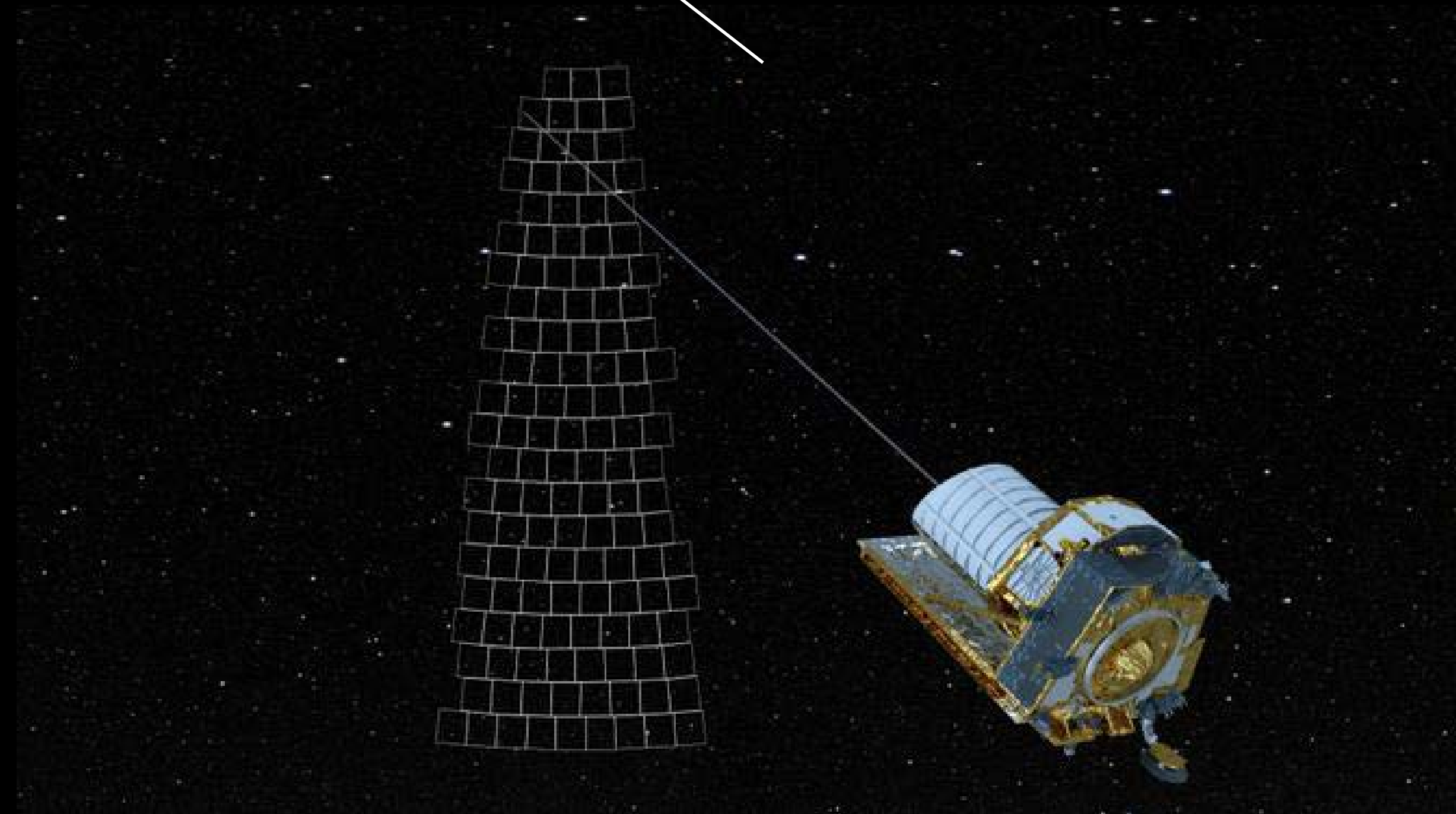
Instrument NISP



LED
Unité étalonnage

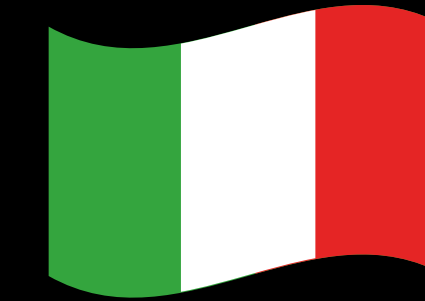
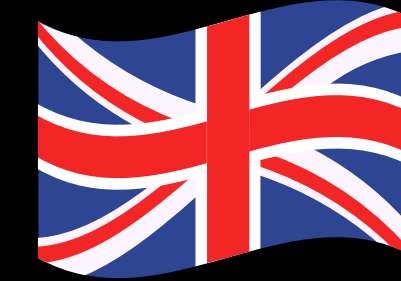
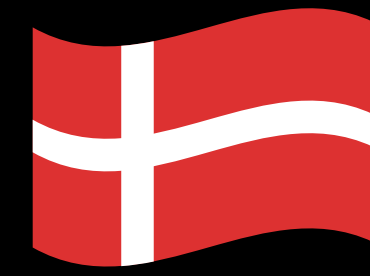


Cartographier 15.000 degrés carrés



Miroir primaire

Partenaires & Consortium international



Le Consortium Euclid est un consortium européen formé pour le projet et regroupant plus de 1 500 personnes, dont 900 chercheurs (astrophysique, cosmologie, physique des particules, physique théorique), réparties dans plus de 200 laboratoires de 16 pays

Curiosités

Ouvrages

- [Mathieu Grousson](#), Euclid. Lumière sur l'énergie noire, Actes Sud, 2023, 216 p.

Podcasts

- Étienne Klein (durée : 58 minutes), « Euclid : la cosmologie noire tirée au clair avec Hervé Dole et Yannick Mellier. [audio], sur France Culture – La Science, CQFD, 29 juin

2023 : [Radio France](#)

- Étienne Klein (durée : 58 minutes), « Saurons-nous bientôt ce qu'est l'énergie dite «noire» ? avec Jean-Charles Cuillandre. [audio], sur France Culture – La Conversation scientifique, 10 mai 2024 : [Radio France](#)

- «Euclid, matière noire à élucider», La Science, CQFD, France Culture, 25 juin 2024 : [Radio France](#)

Sites

- Site du Consortium d'Euclid : [Consortium](#)
- Site officiel d'Euclid : [EUCLID](#)



[Étienne Klein](#), né à Paris le 1er avril 1958, est un physicien, philosophe des sciences et producteur de radio français

[Jean-Charles Cuillandre](#) : Astronome au CEA Paris-Saclay, membre de la mission Euclid de l'ESA

