

James WEBB Space Telescope



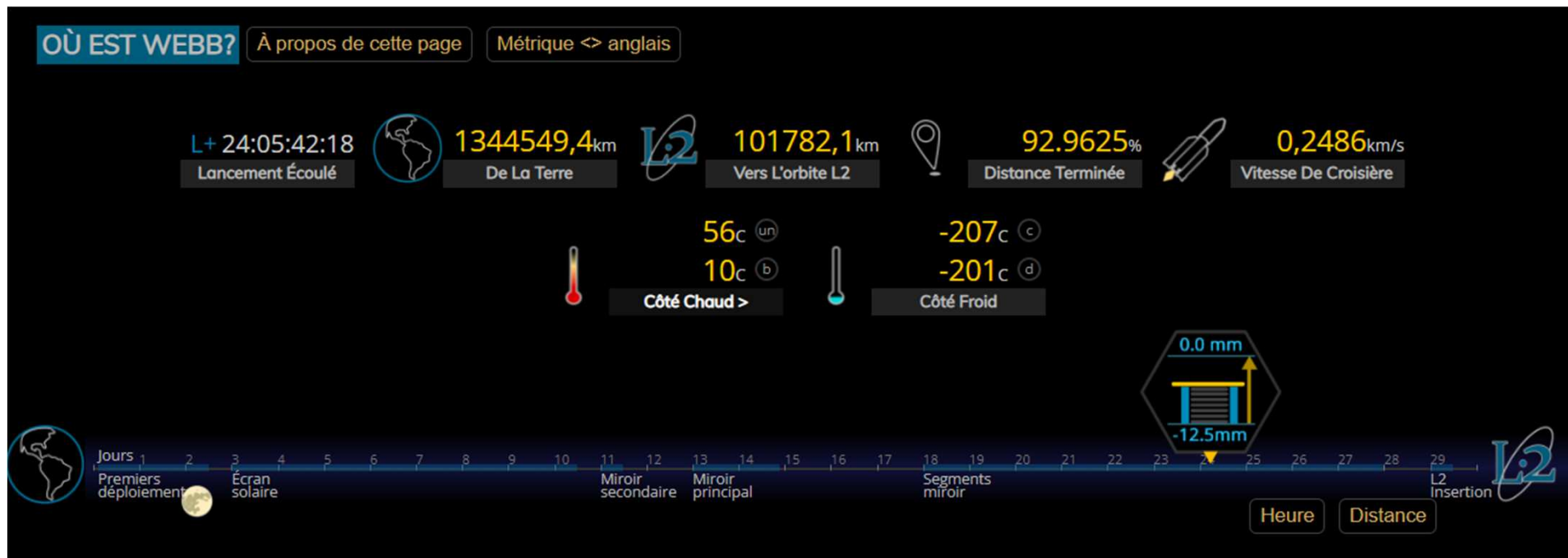
SOMMAIRE

- LANCEMENT ET DEPLOIEMENT
- OBJECTIFS SCIENTIFIQUES
- INSTRUMENTS SCIENTIFIQUES
- RAPPEL PUISSANCES DE 10
 - Auteurs de la présentation :
 - Isabelle PERIS
 - Geneviève ANGLES
 - Elisabeth ROUSSEL
 - Marie-Hélène DIVOULE
 - Mise en images : Joël TOURRE-LEDOUX
- Documentation :

Remerciements à ESA, NASA, CEA, CIEL et ESPACE

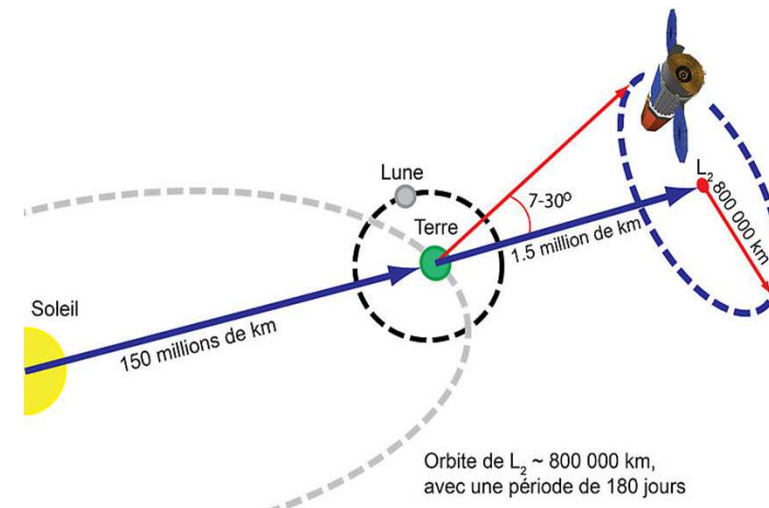
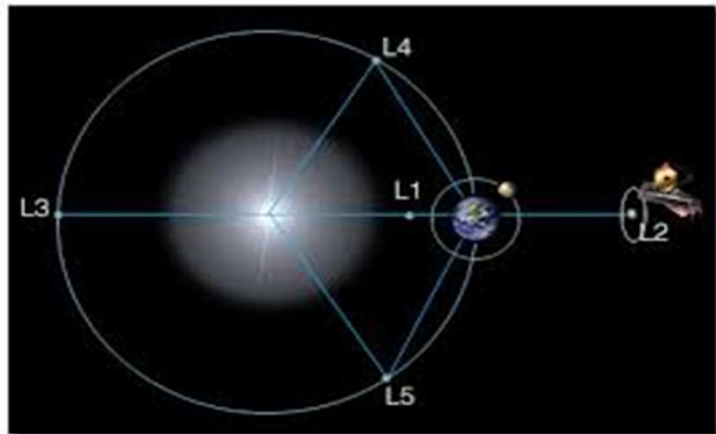
Mais où est WEBB ?

- 18 janvier 2022 à 19h01



Le lancement et le déploiement

- Après moults reports le lancement du JWST devrait s'effectuer le mercredi 22 décembre 2021 à 13h30 heure française.
- Parti de la Californie, il a voyagé 16 jours à bord du MN Colibri, une traversée de 5.800 kms, arrivé le 12 octobre en Guyane. Le site de lancement est le port spatial européen de Pariacabo d'où il sera propulsé à bord de la fusée Ariane 5.
- Le télescope ne rejoindra son objectif à proximité du point de Lagrange L2 dans un orbite de halo du système Soleil-Terre, situé à 1,5 million de km, qu'au bout de 29 jours de voyage, soit le 20 janvier 2022. Ce point L2 permet au télescope de tourner autour du Soleil à la même vitesse que la Terre.



Le lancement et le déploiement



- Le JWST a besoin d'utiliser du propergol pour maintenir son orbite au niveau de L2, sa réserve est calculée pour 10 ans bien que la mission soit programmée pour seulement 5 ans.
- On sait maintenant que grâce à la précision de la trajectoire impulsée par Ariane 5, du carburant (168 kg d'Hydrazine/133 kg de Peroxyde d'azote) été économisé. On parle maintenant d'une durée de vie de 15 à 20 ans

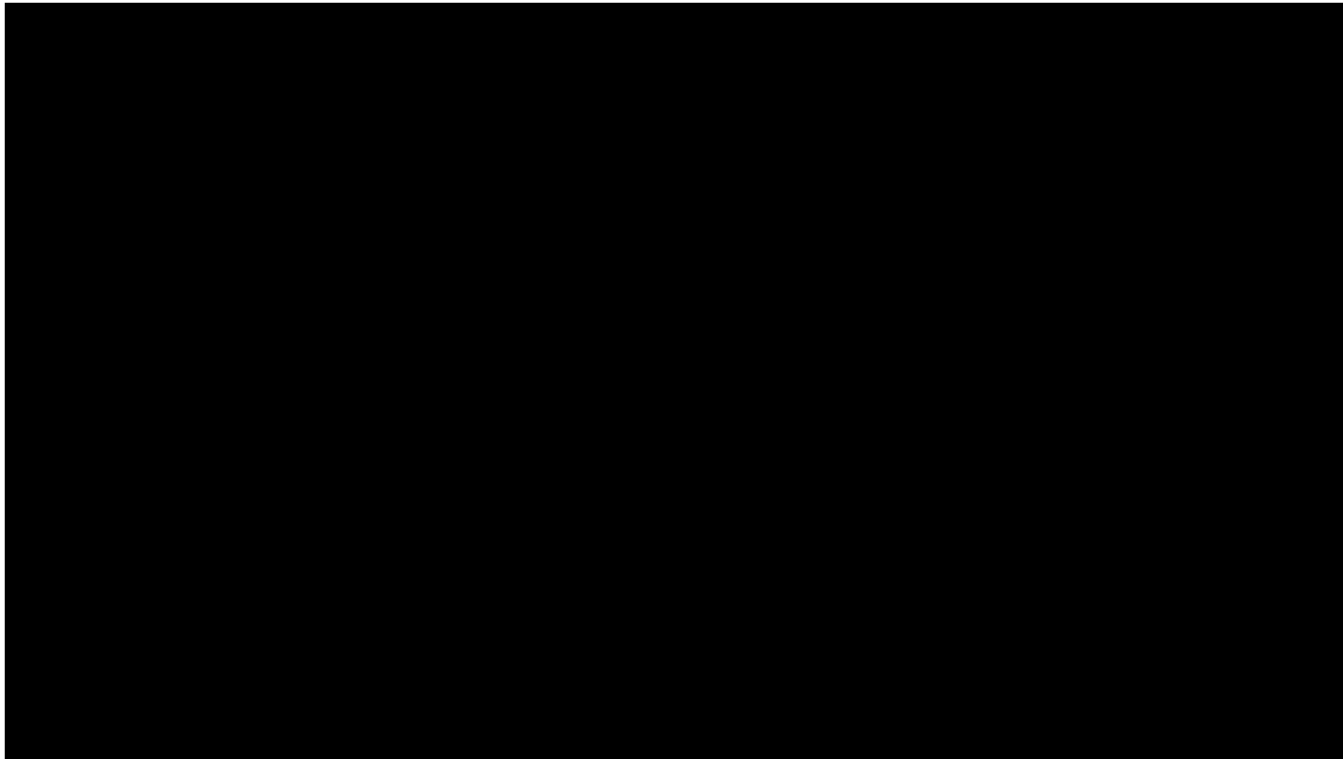
Le lancement et le déploiement

- Le déploiement



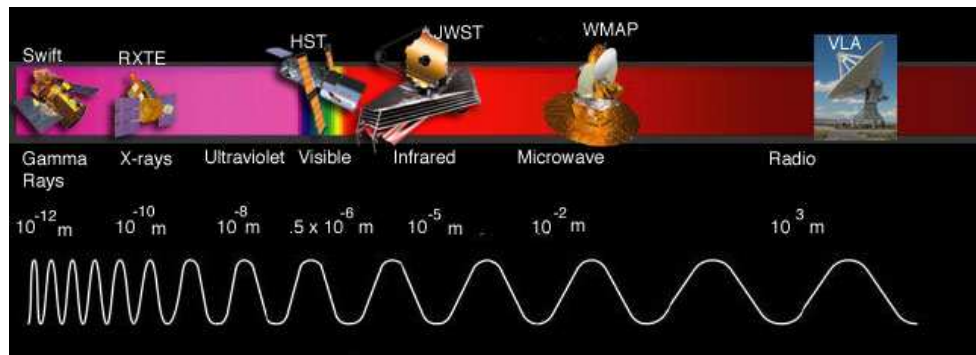
Le lancement et le déploiement

- Le trajet complet



Les objectifs scientifiques

- LA RECHERCHE DE LA LUMIERE DES PREMIERES ETOILES ET GALAXIES qui sont apparues dans l'univers après le Big Bang. Ces objectifs seront remplis en étudiant la lumière dans le rayonnement infra-rouge plutôt que la lumière visible.



INSTRUMENT

Pourquoi observer dans l'infrarouge ?

Comme son nom l'indique, l'infrarouge (IR) se trouve « en dessous » de la couleur rouge, sur le plan de la fréquence ou de l'énergie. Invisible pour nos yeux, nous le percevons malgré tout : c'est la chaleur. Les concepteurs du JWST en ont fait le champ d'exploration principal du télescope, contrairement à Hubble cantonné au visible et au très proche IR. L'intérêt d'observer l'Univers dans cette partie du spectre est triple.

- 1 Cela permet de voir des astres qui brillent très peu,
- 2 Contrairement à la lumière visible, la lumière infrarouge se faufile entre les particules de poussière,
- 3 L'IR correspond à la couleur des astres des débuts de l'Univers, même si, à l'origine, leur lumière est émise dans l'ultraviolet, ou le visible. Cela vient du fait que l'Univers est en expansion, depuis sa naissance. La lumière des premières galaxies parvenue jusqu'à nous a donc subi une importante dilatation. Cela se traduit par un étirement de sa longueur d'onde, la faisant passer dans le domaine de l'IR.

des planètes en formation par exemple, ou des naines brunes, car tout corps émet un peu de chaleur en comparaison du froid de l'espace.

Le spectre électromagnétique

The diagram shows the electromagnetic spectrum with the visible spectrum (rainbow) and the infrared region (purple) highlighted. The visible spectrum is labeled 'Visible' and the infrared region is labeled 'Infrarouge'. The microwave and radio regions are also shown. Instruments are indicated by arrows pointing to their respective wavelength ranges: Hubble (Visible), JWST (Infrared), and Spitzer (Infrared).

Le télescope spatial James-Webb (JWST) a été spécialement conçu pour les observations en infrarouge, un atout pour capter la naissance des premières étoiles et galaxies.

Les objectifs scientifiques

- L'ETUDE DE LA FORMATION DE LA GALAXIE ET DE SON EVOLUTION : Les galaxies spirales, dont la nôtre, n'ont pas toujours eu cette forme. Elles se sont formées sur plusieurs milliards d'années par le biais de plusieurs processus dont la collision entre des galaxies. Les galaxies les plus éloignées, donc les plus anciennes, ont une structure très différente. Elles sont petites et ramassées avec des régions où se forment de nouvelles étoiles. Le passage de cette forme à celle des galaxies spirales n'est pas expliqué.
- LA COMPREHENSION DES MECANISMES DE LA FORMATION DES ETOILES.
- L'ETUDE DES SYSTEMES PLANETAIRES ET DE LA FORMATION DE LA VIE.
- [OBJECTIFS SCIENTIFIQUES POUR LE JWST.docx](#)

Les objectifs scientifiques

Les missions du télescope James-Webb

The infographic features a central illustration of the James Webb Space Telescope (JWST) in space. The telescope's large, gold-colored primary mirror is composed of many smaller hexagonal segments. A secondary mirror is positioned further out along the telescope's structure. A large, white thermal shield is deployed behind the mirrors. The background is a dark space filled with stars and galaxies. Several hexagonal callouts provide scientific objectives, and various dimensions are indicated with dashed lines and arrows.

Étudier le cycle des étoiles, de leur naissance à leur mort

Enquêter sur la façon dont les systèmes planétaires se forment et évoluent

Comprendre la formation des galaxies et des trous noirs

Découvrir à quoi ressemblait l'univers primitif et quand les premières étoiles se sont formées

Miroir primaire

Miroir secondaire

Bouclier thermique

Rechercher et étudier des exoplanètes, leurs atmosphères, les formes de vie qu'elles pourraient abriter

12 mètres

23 mètres

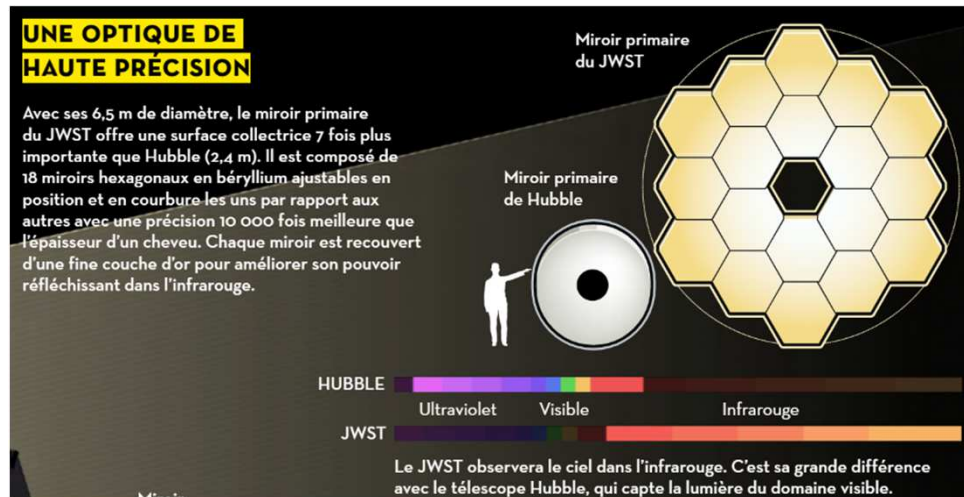
6,5 m de haut

Source : esa.

Infographie : Ouest-France.

Les instruments scientifiques

- C'est le plus gros et le plus puissant engin d'observation jamais envoyé dans l'espace. Tous les voyants sont enfin au vert et c'est le 22 Décembre que ce "monstre" de 22 mètres d'envergure, aussi grand qu'un terrain de tennis, échafaudé par la NASA, les agences spatiales européennes l'ESA et canadiennes l'ESC, va enfin être envoyé dans l'espace à bord d'Ariane 5 pour rallier sa "place de parking" dans une région de l'espace situé à 1,5 millions de km de la Terre : le point de L2 seul point qui se situe de l'autre côté de la Terre par rapport au Soleil. Le JWST sera ainsi protégés des dards de notre étoile et pourra observer l'espace lointain.
- En plus du miroir principal d'un diamètre de 6,5 m, du pare-soleil et des panneaux solaires, quatre instruments scientifiques sont situés derrière le miroir principal. Grâce à un système de refroidissement passif, qui est constitué de cinq couches de polymères métallisés se comportant un peu comme des couvertures de survie.
- Grâce à ce système de refroidissement 3 des 4 instruments opérant dans le proche infrarouge pourront parfaitement fonctionner.



Les instruments scientifiques

UN TÉLESCOPE D'EXCEPTION POUR SONDER L'INFRAROUGE

Le Webb est un bijou de technologie conçu pour tirer le meilleur parti de sa situation dans le vide à 1,5 million de kilomètres de la Terre.

QUATRE INSTRUMENTS NOUVEAUX

NIRSPEC
Fabriqué en carbure de silicium très stable au froid, ce spectrographe européen peut analyser 200 sources simultanément sur un champ d'environ 3 minutes d'arc de côté.

NIRCAM
À la fois imageur et spectrographe, Nircam observe comme Nirspec et Niriss entre 0,5 et 5 µm (infrarouge proche). Sa résolution atteint 31 millisecondes d'arc par pixel.

NIRISS
Cet imageur et spectrographe dispose d'un mode interférométrique qui lui permet d'atteindre une résolution record sur les objets brillants. Il est conçu par l'agence spatiale canadienne.

MIRI
C'est le seul instrument capable de faire des images et des spectres entre 5 et 29 µm (infrarouge moyen). Il est refroidi jusqu'à -266 °C par un cryogénérateur mécanique.



NIRSPEC

NIRCAM

NIRISS

MIRI

Antenne de communication

Miroir primaire

Miroir tertiaire

Miroir de guidage fin

UNE OPTIQUE DE HAUTE PRÉCISION

Avec ses 6,5 m de diamètre, le miroir primaire du JWST offre une surface collectrice 7 fois plus importante que Hubble (2,4 m). Il est composé de 18 miroirs hexagonaux en béryllium ajustables en position et en courbure les uns par rapport aux autres avec une précision 10 000 fois meilleure que l'épaisseur d'un cheveu. Chaque miroir est recouvert d'une fine couche d'or pour améliorer son pouvoir réfléchissant dans l'infrarouge.

Miroir primaire du JWST

Miroir primaire de Hubble

HUBBLE

JWST

Ultraviolet Visible Infrarouge

Le JWST observera le ciel dans l'infrarouge. C'est sa grande différence avec le télescope Hubble, qui capte la lumière du domaine visible.

PARCOURS DE LA LUMIÈRE

Rabat de correction d'altitude

Panneaux solaires

-235 °C

125 °C

Rayons du Soleil

Antenne à haut gain

Visuels d'étoiles

UN BOUCLIER SOLAIRE EFFICACE

Les cinq couches du pare-soleil du JWST doivent lui permettre d'observer en permanence dans l'ombre et dans le froid. Elles sont en Kapton, un film de polymère stable sur une grande plage de températures, recouvert dans de l'aluminium. La couche exposée au Soleil bénéficie en plus d'un traitement réfléchissant. Chaque couche est plus froide que la précédente et évacue la chaleur vers l'extérieur.

LES PREMIÈRES CIBLES SCIENTIFIQUES

Le temps d'observation du JWST sera réparti entre les "Early Release Science Programs", exécutés dans les cinq premiers mois de fonctionnement du télescope et immédiatement rendus publics, le "temps garanti" réservé aux équipes ayant conçu les instruments et enfin, pour 80 % du total, le "temps ouvert" distribué entre 289 projets durement sélectionnés. La répartition par type de programme des 6 000 h de ce temps ouvert montre la variété des domaines de l'astronomie auquel le JWST va contribuer.



Exoplanètes et disques protoplanétaires

Système solaire

Grandes structures de l'Univers

Trous noirs supermassifs et galaxies actives

Physique stellaire

Galaxies et milieu intergalactique

Populations d'étoiles et milieu interstellaire

Les instruments scientifiques

- Mais le quatrième instrument le MIRI (Mid Infra Red Instrument) fabriqué par la NASA, l'ESA et le CEA est le seul qui inspectera l'Univers dans l'infrarouge moyen jusqu'à 28 micromètres.

LES DÉFIS DU CEA #246 27

TOUT S'EXPLIQUE

PAR AUDE GARNIER, EN COLLABORATION AVEC PIÉRIE-OUVRIER LAGAGÉ (CEA-IRFU)



Mirim, l'imageur du télescope Webb

Conçu au CEA, l'imageur Mirim embarquera à bord du télescope Webb jusqu'au point de Lagrange L2, à 1,5 million de km de la Terre. Objectif : observer pendant cinq à dix ans l'Univers dans le large domaine de l'infrarouge, et ainsi en dresser un nouveau portrait.

Le James Webb Space telescope (Webb) est amené à remplacer les télescopes Hubble et Spitzer, respectivement lancés en 1990 et 2003. Il sera capable de voir les étoiles et les premières galaxies datant de 200 millions d'années après le big bang, tandis que Hubble ne pouvait voir au-delà des 500 premiers millions d'années. Il pourra également découvrir des parties cachées de notre système solaire, regarder à l'intérieur des nuages de poussière où se forment les étoiles et les systèmes planétaires, et révéler plus en détail la composition des atmosphères des exoplanètes. Concentré de technologies, sa sensibilité est cinquante fois supérieure à celle d'Hubble, et sa résolution angulaire sept fois meilleure que celle de Spitzer. À cet effet, le Webb dispose de quatre instruments (Nirxam, Nirsxpec, Niriss et Miri) à la pointe de la technologie, qui peuvent observer l'Univers à des longueurs d'onde supérieures à la lumière visible, à savoir dans le proche et le moyen infrarouge.

Les trois modes d'observation de Mirim

L'un d'eux, Miri, est l'assemblage d'un spectromètre et de l'imageur Mirim dont le CEA a la responsabilité technique et scientifique. Opérant dans la longueur d'onde de l'infrarouge moyen (précisément de 5 à 28 micromètres), Mirim est doté de trois modes d'observation :

- « imagerie » pour photographier le ciel à diverses longueurs d'onde grâce à neuf filtres interchangeables ;
- « spectrographie », décomposant la lumière afin d'y rechercher la signature d'éléments et de molécules cosmiques ;
- « coronographie » permettant « d'éteindre » la lumière d'une étoile pour observer son voisinage.

FOCUS

Une mission internationale

La réalisation et l'exploitation du Webb est une mission de la Nasa (National Aeronautics and Space Administration) avec l'esa (European space agency) et l'ASC (Agence spatiale canadienne). À son bord, l'instrument Miri codéveloppé par les États-Unis et l'Europe. La contribution européenne de dix pays (Royaume-Uni, France, Belgique, Pays-Bas, Allemagne, Espagne, Suisse, Suède, Danemark et Irlande) est pilotée par l'Observatoire royal d'Edimbourg. Celle de la France porte sur Mirim, l'imageur de Miri. Sous contrat avec l'esa, la Cnes en assume la responsabilité générale et a délégué au CEA, via son institut Irfu, la direction des aspects techniques liés à sa construction ainsi que la direction scientifique impliquant trois autres laboratoires (Lcsa), Observatoire de Paris, IAS/Université Paris-Sud / Lam/Marseille.

Les composants de Mirim

L'imageur est composé de divers dispositifs : banc optique (CEA-France) ; miroirs (CSL, Belgique) ; prismes optiques (université de Cologne, Allemagne) ; coronographes (Astris France) ; filtres (Observatoire de Stockholm, Suède, et Dublin Institute for Advanced Studies, Irlande) ; cryostatisme de la tour porte-filtres (MPIA, Allemagne) ; module détecteur (JPL, États-Unis).

Les instruments scientifiques

Le voyage de Mirim

Avant de pouvoir observer l'Univers, l'imageur infrarouge moyen Mirim du télescope Webb aura nécessité huit étapes, depuis sa conception au CEA jusqu'à la réception de ses données.

CONCEPTION, RÉALISATION, ASSEMBLAGE ET TESTS

1 MIRIM
 Conception au CEA de l'imageur Mirim, dont les nombreux composants (doux optiques, filtres, coronographes, cyanoémissives, détecteurs) sont fournis par différents pays. Réalisation de deux prototypes avant l'assemblage final du modèle de vol, testé par et sous la responsabilité du CEA.
 SACLAY (FRANCE), 2004-2005

2 MIRI
 Intégration de Mirim à un spectromètre, par le Rutherford Appleton Laboratory, pour former le spectro-imageur Miri. Puis tests de vol réalisés avec une forte contribution du CEA.
 OXFORD (ANGLETERRE), 2009-2012

3 ISIM
 Réalisation du télescope (mirrors de 18 segments intégrés sur une structure pliable) et assemblage avec l'isim pour former l'OTIS. Celui-ci subit des tests grandeur nature dans une cuve cryogénique au Johnson Space Center (JSC) de la Nasa, avec la participation du CEA.
 BALTIMORE (USA), 2012-2014

4 OTIS
 Assemblage et tests.
 HOUSTON (USA), 2013

5 WeBB
 Assemblage et tests finaux.
 PASADENA (USA), PREMIER SEMESTRE 2018

6 ARIANE 5
 Lancement.
 Kourou (FRANCE)

7 ORBITE
 Déploiement.
 Point de Lagrange L2, lancement + 4 semaines

8 CENTRE D'EXPERTISE
 Réception et exploitation des données.
 SACLAY (FRANCE), orbite + 6 mois, pendant 5 ans

LES DÉFIS DU CEA #248

TOUT S'EXPLIQUE

1 Départ pour le Goddard Space Flight Center (GSFC) de la Nasa où Miri est intégré avec les trois autres instruments (Nirx, Nispec et Nispec du Webb) dans l'isim (« charge utile » du satellite). Nouvelles séries de tests, mobilisant une équipe du CEA.

2 Assemblage, par l'industriel américain Northrop Grumman Aerospace, de l'OTIS aux derniers composants du Webb : la plateforme d'alimentation électrique et de communication, et le bouclier thermique permettant de refroidir les instruments qui observent dans l'infrarouge.

3 Après un long voyage en bateau, le Webb est installé dans le lanceur de la fusée Ariane 5 sur la base spatiale du Cnes.

4 Déploiement en vol du bouclier thermique et des miroirs du Webb, arrivée au point de Lagrange L2 (à 1,5 million de km de la Terre), puis démarrage et tests des instruments pendant cinq mois.

5 Réception des données, notamment du CEA qui anime le centre d'expertise français et européen et pourra exploiter les données au profit du temps d'observation accordé par la mission.

Les instruments scientifiques

- Parmi les trois éléments qui composent le télescope, l'ISIM abritera les quatre principaux instruments scientifiques et un capteur d'orientation précise. Il a une masse de 1400 kg et correspond à environ 1/4 de la structure fournit l'énergie électrique, les ressources de calcul, le refroidissement passif et la stabilité structurelle du télescope.
- Ces instruments sont :
 - NIRCam (*Caméra proche infrarouge*), fournie par l'Université de l'Arizona
 - NIRSpec (*Proche infrarouge spectrographe*), conçu par l'ESA, avec des composants fournis par la NASA /Goddard Space Flight Center (GSFC)
 - MIRI (*Instrument infrarouge moyen*), fournies par l'Agence spatiale européenne (ESA) et la NASA Laboratoire Jet Propulsion (JPL)
 - FGS / NIRISS (*Guidage fin / Près Imager et spectrographe InfraRed sans fente*) fournies par l'Agence spatiale canadienne

Les instruments scientifiques

- MIRI ayant déjà été décrit, il reste :
- (NIRCam) : la caméra dans le proche infrarouge est l'imageur principal du JWST dans le domaine de l'infrarouge proche (entre 0,6 et 5 microns). NIRCam est particulièrement adaptée aux principaux thèmes de recherche pour lesquels le JWST a été conçu : la détection des premières phases de formation stellaire et galactique telles que les précurseurs des amas globulaires que nous observons aujourd'hui ; la morphologie et les couleurs des galaxies à très grands décalages vers le rouge (*redshifts*) dans le cadre de référence des longueurs d'onde visibles; la détection et l'élaboration des courbes de lumière de supernovae distantes ; les relevés de matière noire via des effets de lentilles gravitationnelles ; l'étude des populations stellaires dans les galaxies proches ; la détection, l'imagerie et la spectroscopie de proto-étoiles, disques proto-planétaires et exoplanètes.
- NIRSpec est un spectrographe dispersif multi-objets qui opère dans l'infrarouge proche. Cet instrument peut observer simultanément plus de 100 sources sur un champ de 3'x3'. C'est le premier instrument jamais envoyé dans l'espace à avoir cette capacité dans un domaine de 1 à 5 microns, ou avec une basse résolution spectrale entre 0,6 et 5 microns.
- FGS/NRIS est une caméra extrêmement sensible qui fournit un support essentiel à la mission puisqu'elle assure le système de contrôle d'attitude (ACS) de l'observatoire. La caméra image deux champs adjacents d'environ 2,4' x 2,4' et peut être configurée pour lire une matrice de 8 x 8 pixels à une fréquence de 16 fois par secondes

Les instruments scientifiques

QUATRE INSTRUMENTS NOVATEURS

NIRSPEC

Fabriqué en carbure de silicium très stable au froid, ce spectrographe européen peut analyser 200 sources simultanément sur un champ d'environ 3 minutes d'arc de côté.



NIRSPEC

NIRCAM

À la fois imageur et spectrographe, Nircam observe comme Nirspec et Niriss entre 0,5 et 5 μm (infrarouge proche). Sa résolution atteint 31 millisecondes d'arc par pixel.



NIRCAM

NIRISS

Cet imageur et spectrographe dispose d'un mode interférométrique qui lui permet d'atteindre une résolution record sur les objets brillants. Il est conçu par l'agence spatiale canadienne.



NIRISS

MIRI

C'est le seul instrument capable de faire des images et des spectres entre 5 et 29 μm (infrarouge moyen). Il est refroidi jusqu'à $-266\text{ }^\circ\text{C}$ par un cryogénérateur mécanique.



MIRI

Rappel puissances de 10 et préfixes

Rappel sur les puissances de 10		
Préfixe		
Méga (M)	10^6	= 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10
		= 1 000 000
		= 1 million
Giga (G)	10^9	= 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10
		= 1 000 000 000
		= 1 milliard
Téra (T)	10^{12}	= 1 000 000 000 000
		= (10 x ----- 12 fois ----- x 10)
	10^0	= 1
milli (m)	10^{-3}	= 1/(10 x 10 x 10)
		= 0,001
micro (μ)	10^{-6}	= 1/(10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10)
		= 0,000001
nano (n)	10^{-9}	= 1/(10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10 x 10)

- [Unités Astro.xlsx](#)