

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES POUR LE JWST

Le JWST est destiné à résoudre les questions clés en suspens concernant notre place dans l’Univers en évolution. Il s’agit d’un observatoire polyvalent couvrant un large éventail de sujets astronomiques.

Afin de guider la conception du télescope et de ses instruments, les scientifiques ont identifié quatre sujets généraux comme thèmes scientifiques centraux pour le JWST.

* [**L’Univers primitif :**](https://sci.esa.int/j/33137)À quoi ressemblait l’Univers primitif ? Quand les premières étoiles et galaxies ont-elles émergé ?
* [**Galaxies dans le temps :**](https://sci.esa.int/j/33138)Comment les premières galaxies ont-elles évolué au fil du temps ? Que pouvons-nous apprendre sur la matière noire et l’énergie noire ?
* [**Le cycle de vie des étoiles :**](https://sci.esa.int/j/33140)Comment et où se forment les étoiles ? Qu’est-ce qui détermine combien d’entre eux se forment et leurs masses individuelles? Comment les étoiles meurent-elles et comment leur mort affecte-t-elle le milieu environnant ?
* [**Autres mondes :**](https://sci.esa.int/j/33141)Où et comment les systèmes planétaires se forment-ils et évoluent-ils ?

## **L’UNIVERS PRIMITIF**

**À quoi ressemblait l’Univers primitif ? Quand les premières étoiles et galaxies ont-elles émergé ?**

Nous sommes sur le point de pouvoir voir les premiers objets lumineux de l’Univers. Pour la première fois dans l’histoire de l’humanité, nous avons l’occasion d’étudier directement l’origine des galaxies.

Le terme « âge des ténèbres » est utilisé pour décrire l’époque peu après le début de l’Univers entre le moment où le rayonnement de fond micro-ondes a été émis et la période où les étoiles et les galaxies sont devenues communes.

Cette période a duré environ 1 à 2 milliards d’années, mais les premiers objets à éclairer l’obscurité sont trop faibles pour être détectés par les télescopes actuels.

L’une des principales forces du JWST réside dans sa capacité à sonder la région infrarouge du spectre avec une sensibilité exquise. Cela lui permettra de voir plus loin que les télescopes optiques et d’attraper la faible lumière décalée vers le rouge des objets les plus éloignés.

Les premières étoiles ont non seulement illuminé un Univers sombre, mais ont produit les éléments chimiques nécessaires à la formation des planètes et, en fin de compte, à l’existence même de la vie.

Le JWST permettra également aux scientifiques de faire face à un autre problème important lié aux trous noirs. Nous savons de l’Univers proche que la plupart des galaxies hébergent un trou noir géant à leur cœur qui représente environ 1% de leur masse totale. Ces trous noirs provoquent des phénomènes spectaculaires, observables sur de nombreuses longueurs d’onde différentes, des ondes radio aux rayons X.

Cependant, nous ne savons pas encore comment ces trous noirs sont apparus et comment leur formation est liée à la formation et à l’évolution des étoiles au sein des galaxies. Le JWST nous aidera à déterminer à quoi ressemblaient les premières galaxies.

## **LES GALAXIES AU FIL DU TEMPS**

**Comment les premières galaxies ont-elles évolué au fil du temps ? Que pouvons-nous apprendre sur la matière noire et l’énergie noire ?**

Les galaxies d’aujourd’hui sont très différentes en taille et en forme des premières galaxies qui ont été vues par le télescope spatial Hubble. Le JWST retracera l’évolution des premières galaxies, montrant comment elles évoluent au fil du temps.

Le JWST sera également un outil particulièrement puissant dans l’étude des effets, et peut-être révéler la nature des mystérieux composants sombres de l’Univers: la matière noire et l’énergie noire. On sait que ceux-ci représentent plus de 90% de la masse de l’Univers, mais leur nature n’est pas encore identifiée.

Il est relativement facile pour les astronomes modernes de « voir » la matière noire, bien qu’indirectement: les effets de son attraction gravitationnelle sont clairement observables dans de nombreuses galaxies lointaines à partir de mesures de la vitesse des étoiles aux bords des galaxies spirales. Les cosmologistes ont déduit l’existence de l’énergie noire à partir des dernières études sur la géométrie de l’Univers.

Bien que le JWST, comme les autres télescopes, ne puisse observer que des objets lumineux, il sera capable de détecter des distorsions subtiles dans les formes des galaxies les plus lointaines causées par les déviations gravitationnelles de masses qui ne peuvent pas être vues directement. De cette façon, il sera possible de déduire comment cette matière noire est distribuée.

La connaissance de la relation entre la matière noire et la matière lumineuse est au cœur de la compréhension de l’évolution des galaxies comme la nôtre. En outre, la densité totale de matière noire et d’énergie noire décide de la géométrie globale de l’Univers et de son destin final: va-t-il s’étendre indéfiniment ou s’effondrer dans un avenir lointain?

## **LE CYCLE DE VIE DES ÉTOILES**

**Comment et où se forment les étoiles ? Qu’est-ce qui détermine combien d’entre eux se forment et leurs masses individuelles? Comment les étoiles meurent-elles et comment leur mort affecte-t-elle le milieu environnant ?**

Les étoiles sont les « chaudrons des sorcières de l’Univers » - elles transforment les éléments lumineux simples en éléments plus lourds et les répandent dans le gaz interstellaire à partir duquel de nouvelles étoiles se forment.

Les éléments les plus lourds sont d’une importance cruciale pour la création des planètes et, à son tour, pour la vie elle-même. La naissance des premières étoiles a déclenché la chaîne continue de recyclage cosmique à laquelle nous devons notre existence. Les processus par lesquels les étoiles et les planètes sont fabriquées sont encore mal compris.

Lorsque des étoiles se forment, elles sont généralement nichées à l’intérieur d’un cocon poussiéreux. Ces cocons empêchent une grande partie de la lumière visible des jeunes objets proto-stellaires (étoiles dans les premiers stades de formation) de nous atteindre.

En utilisant la partie infrarouge du spectre, le JWST sera en mesure de pénétrer dans les enveloppes poussiéreuses autour des étoiles nouveau-nées et d’examiner de plus près les étoiles elles-mêmes.

Le JWST sera également assez sensible pour étudier de très petits objets qui ne sont pas assez massifs pour devenir des étoiles. Ces objets - naines brunes et planètes de la taille de Jupiter - deviendront les cibles d’études intensives avec le JWST.

De cette façon, le JWST permettra des observations cruciales pour notre meilleure compréhension de la formation des étoiles et des planètes.

Le JWST étudiera la distribution des masses stellaires trouvées dans les amas en formation d’étoiles pour tenter de répondre à des questions clés telles que: Quels sont les paramètres qui établissent la masse d’une étoile en formation? Cela aidera à déterminer si l’étoile éventuelle sera comme notre Soleil, ou une géante bleue comme Rigel, l’étoile bleue au pied d’Orion.

## **AUTRES MONDES**

**Où et comment les systèmes planétaires se forment-ils et évoluent-ils ?**

Jusqu’à récemment, le seul système planétaire que nous pouvions étudier était notre propre système solaire. Maintenant, les astronomes ont trouvé les signatures de nombreux autres systèmes de ce type.

Bien que les planètes elles-mêmes soient difficiles à imager directement, la haute résolution du JWST permettra de voir comment d’autres systèmes planétaires se forment et nous permettra ainsi de reconstituer une image de l’évolution d’autres systèmes solaires.

Notre propre système solaire est composé de nombreux types de matériaux différents, y compris une collection variée de poussière et de corps plus petits. À l’extrémité inférieure de l’échelle se trouve la poussière zodiacale. Cela se trouve dans le système solaire interne et est composé de grains de poussière qui ne mesurent généralement que quelques millièmes de millimètre. Au-delà de la planète Neptune, dans les confins du système solaire, se trouve un disque aplati de planétésimaux glacés appelé ceinture d’Edgeworth-Kuiper. Les planésimaux ont des dizaines à des centaines de kilomètres de diamètre et on pense qu’ils sont des vestiges de la formation du système solaire il y a environ 4,5 milliards d’années.

## **LA SUITE D’INSTRUMENTS JWST**

**Vue d’ensemble de la suite d’instruments JWST**

JWST transportera quatre instruments scientifiques:

|  |  |
| --- | --- |
| **NIRSpec** [Near-Infrared Spectrograph](https://sci.esa.int/jwst/45694), fourni par l’ESA avec certains éléments fournis par le Goddard Space Flight Center de la NASA. Un spectromètre proche infrarouge multi-objets à large champ (3,4' × 3,6') couvrant des longueurs d’onde de 0,6 μm à 5 μm à des résolutions spectrales de R ~100, R~1000 et R~2700. NIRSpec permettra de grands relevés spectroscopiques d’objets astronomiques comme les étoiles ou les galaxies lointaines, rendus possibles par le puissant mode de spectroscopie multi-objets (MOS) capable d’obtenir des spectres allant jusqu’à près de 200 objets simultanément. | NIRSpec. Crédit : Airbus Defence and Space GmbH |
| **MIRI** [Mid-Infrared Instrument](https://sci.esa.int/jwst/46826), fourni par un partenariat composé de l’ESA, d’un consortium d’instituts européens financés au niveau national, du Jet Propulsion Laboratory de la NASA et du Goddard Space Flight Center (GSFC) de la NASA. Une caméra infrarouge moyenne combinée (1,3' × 1,7') et un spectrographe (R ~ 100 et R ~ 3000) couvrant des longueurs d’onde de 5 μm à 28,3 μm. Il comprend également un coronographe. MIRI soutiendra toute la gamme des objectifs scientifiques de JWST, de l’observation de notre propre système solaire et d’autres systèmes planétaires à l’étude de l’Univers primitif. C’est le seul instrument capable d’observations dans l’infrarouge moyen et, en tant que tel, il est refroidi à -266 degrés Celsius, ce qui est plus de 30 degrés plus froid que les autres instruments de l’observatoire JWST, obtenus avec un refroidisseur cryogénique. | MIRI. Crédit : STFC/RAL Space |
| Caméra proche infrarouge **NIRCam,** fournie par l’Université de l’Arizona. Une caméra proche infrarouge à deux canaux (2,2' × 4,4') couvrant des longueurs d’onde de 0,6 μm à 5 μm avec un grand choix de filtres. NIRCam fournira également des mesures clés pour l’ajustement en orbite de la forme des segments de miroir primaires de JWST. C’est la caméra principale de l’observatoire qui permettra d’acquérir certaines des images proche infrarouge les plus profondes jamais obtenues et de détecter la lumière des premières étoiles et galaxies. NIRCam dispose également de capacités coronagraphiques et spectroscopiques qui peuvent être utilisées pour caractériser les exoplanètes et les systèmes planétaires. | NIRCam. Crédit : NASA/Chris Gunn |
| **FGS/NIRISS** Fine Guidance System/Near-InfraRed Imagered and Slitless Spectrograph, fourni par l’Agence spatiale canadienne. NIRISS comprend une caméra à grand champ (2,2' × 2,2') qui sera utilisable en parallèle avec la caméra principale de NIRCam pour fournir des capacités d’imagerie supplémentaires, un spectrographe sans fente et un mode spectroscopique spécialement conçu pour la caractérisation des exoplanètes à l’aide de la spectroscopie de transit pour étudier la composition chimique de l’atmosphère d’une exoplanète. Le capteur de guidage fin (FGS) de l’instrument guidera JWST pour pointer avec précision afin qu’il puisse obtenir des images et des spectres haute résolution. | FGS/NIRISS. Crédit : COM DEV Canada |

Les quatre instruments sont logés dans le module de charge utile JWST appelé [Integrated Science Instrument Module (ISIM).](https://sci.esa.int/jwst/45756)

|  |
| --- |
|  |
| Cette photographie montre le module d’instruments scientifiques intégrés (ISIM – la structure noire) du JWST après l’intégration des quatre instruments du JWST. Crédit : NASA/Chris Gunn |

## **RÉSUMÉ**

**Le télescope spatial James Webb (JWST) est le prochain grand observatoire des sciences spatiales. Depuis 1996, la NASA, l’ESA et l’Agence spatiale canadienne (ASC) collaborent à la définition et à la construction d’un successeur au télescope spatial Hubble (HST). Connu initialement sous le nom de Next Generation Space Telescope (NGST), le projet a ensuite été rebaptisé James Webb Space Telescope en l’honneur du deuxième administrateur de la NASA qui a dirigé l’agence pendant le programme Apollo.**

|  |
| --- |
|  |
|  |

JWST abordera un certain nombre de sujets clés de l’astronomie moderne en fournissant aux astronomes les outils nécessaires pour comprendre la formation des galaxies, des étoiles, des planètes et, en fin de compte, de la vie.

Les principaux objectifs scientifiques guidant la conception de JWST peuvent être regroupés en quatre grands thèmes :

* **L’Univers primitif :** À quoi ressemblait l’Univers primitif ? Quand les premières étoiles et galaxies ont-elles émergé ?
* **Galaxies dans le temps :** Comment les premières galaxies ont-elles évolué au fil du temps ? Que pouvons-nous apprendre sur la matière noire et l’énergie noire ?
* **Le cycle de vie des étoiles :** Comment et où se forment les étoiles ? Qu’est-ce qui détermine combien d’entre eux se forment et leurs masses individuelles? Comment les étoiles meurent-elles et comment leur mort affecte-t-elle le milieu environnant ?
* **Autres mondes :** Où et comment les systèmes planétaires se forment-ils et évoluent-ils ?

|  |
| --- |
|  |
| Maquette grandeur nature de JWST sur le terrain de GSFC. Crédit : NASA |

Les observations nécessaires pour aborder ces thèmes scientifiques nécessitent un grand télescope sensible au rayonnement infrarouge.

JWST se compose d’un télescope à ouverture de 6,5 m refroidi passivement qui est optimisé pour des performances limitées par diffraction dans la région proche infrarouge (2-5μm). Les sensibilités de détection s’étendent de chaque côté de cette bande, s’étendent dans le visible (0,6-2μm) et l’infrarouge moyen (5-28μm).

La grande ouverture de JWST et son passage à l’infrarouge sont motivés par le désir de détecter le contenu de l’Univers extragalactique faible dans le temps et de le décalage vers le rouge à l’époque de la « Première Lumière », lorsque les toutes premières étoiles se sont enflammées. Néanmoins, comme le HST, le JWST sera un observatoire à usage général et transportera une série d’instruments capables de traiter un large éventail de problèmes astronomiques en suspens. Contrairement à HST, cependant, JWST sera placé sur une orbite de halo Soleil-Terre L2 et ne sera pas utilisable après le lancement.

## **FICHE**



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | **FAITS EN BREF** | **JWST** | |
| |  |  | | --- | --- | | **Date de lancement :** | au plus tôt le 24 déc 2021 | | **Fin de la mission :** | La durée nominale est de 5 ans; l’objectif est de 10 ans | | **Lanceur :** | Ariane 5 | | **Masse de lancement :** | 6200 kg, y compris l’observatoire, les consommables en orbite et l’adaptateur du lanceur | | **Phase de la mission :** | Implémentation | | **Orbite:** | Orbite du halo Soleil-Terre L2 | | **Objectifs:** | L’objectif premier de JWST est de faire la lumière sur nos origines cosmiques : il observera les premières galaxies de l’Univers, révélera la naissance d’étoiles et de planètes, et cherchera des exoplanètes ayant le potentiel de la vie. | |

L’ESA, la NASA et l’Agence spatiale canadienne (ASC) collaborent depuis 1996 à la définition d’un successeur au télescope spatial Hubble (HST).

Le télescope spatial James Webb (JWST) est un observatoire polyvalent doté d’un télescope à grande ouverture optimisé pour les observations infrarouges et d’une suite d’instruments astronomiques de pointe capables de résoudre de nombreux problèmes en suspens en astronomie.

## **OBJECTIFS DE LA MISSION**

Les enquêtes de JWST couvriront des questions telles que: À quoi ressemblait l’Univers primitif? Quand les premières étoiles et galaxies ont-elles émergé ? Comment les premières galaxies ont-elles évolué au fil du temps ? Que pouvons-nous apprendre sur la matière noire et l’énergie noire ? Comment et où se forment les étoiles ? Qu’est-ce qui détermine combien d’entre eux se forment et leurs masses individuelles? Comment les étoiles meurent-elles et comment leur mort affecte-t-elle le milieu environnant ? Où et comment les systèmes planétaires se forment-ils et évoluent-ils ?

## **NOM DE LA MISSION**

Le télescope spatial James Webb rend hommage au deuxième administrateur de la NASA, James E. Webb, qui a dirigé l’agence de février 1961 à octobre 1968, au moment du programme Apollo. Le télescope spatial James Webb (JWST) était auparavant connu sous le nom de télescope spatial de nouvelle génération (NGST).

## **OBSERVATOIRE**

L’observatoire JWST comprend trois éléments principaux, le module d’instrument scientifique intégré (ISIM), l’élément de télescope optique (OTE) et l’élément de vaisseau spatial qui comprend le bus du vaisseau spatial et le pare-soleil. Certaines des principales caractéristiques de JWST sont:

* Le miroir primaire aura un diamètre de 6,5 mètres et est composé de 18 segments de miroir de béryllium recouvert d’or;
* Il aura un bouclier géant protégeant le télescope et les instruments de la lumière du Soleil. À 21,2 m × 14,2 m, c’est à peu près la taille d’un court de tennis;
* La gamme de longueurs d’onde de JWST couverte par les instruments scientifiques sera d’environ 0,6 μm à 28,5 μm (visible à la lumière infrarouge moyenne), par rapport à HST de 0,1 μm - 2,5 μm (ultraviolet à proche infrarouge);
* La masse totale de l’observatoire sera de 6200 kilogrammes

JWST opérera sur une orbite autour du point L2, à environ 1,5 million de kilomètres de la Terre. Cela rend son fonctionnement, son pointage et ses exigences de stabilité beaucoup plus simples par rapport à la TVH.

## **INSTRUMENTS**

JWST transportera quatre instruments scientifiques:

* **NIRCam :** Une caméra proche infrarouge à large champ (2,2' × 4,4') couvrant des longueurs d’onde de 0,6 à 5 μm;
* **NIRSpec:** Un spectrographe proche IR multi-objets à champ large (3,5' × 3,5') couvrant des longueurs d’onde de 0,6 μm à 5 μm à des résolutions spectrales de R ~100, R~1000 et R~2700;
* **MIRI:** Une caméra IR moyenne combinée (1,4' × 1,9') et un spectrographe (R ~ 3000) couvrant des longueurs d’onde de 5 à 28 μm;
* **FGS/NIRISS :** Un système combiné de guidage fin d’observatoire et d’imageur proche infrarouge et spectrographe sans fente couvrant des longueurs d’onde de 0,6 μm à 5 μm avec un champ de vision de 2,2' × 2,2'.

## **ORBITE**

JWST sera lancé sur une fusée Ariane 5 depuis le port spatial européen en Français en Guyane en 2021. Il voyagera pendant un mois pour atteindre son emplacement d’exploitation final, à environ 1,5 million de kilomètres de la Terre (environ quatre fois la distance Terre-Lune), sur une orbite autour du deuxième point de Lagrange du système Soleil-Terre, L2.

À l’aide d’un écran solaire déployable de la taille d’un court de tennis, JWST sera maintenu dans l’ombre perpétuelle. Cela permet au télescope et aux instruments de fonctionner à la température extrêmement basse de -233 ° C, ce qui empêche l’émission infrarouge de l’instrument de submerger les signaux des cibles astronomiques.

## **CENTRE DES OPÉRATIONS**

Le Space Telescope Science Institute (STScI) à Baltimore, aux États-Unis, est le centre scientifique et opérationnel (SOC) de JWST. L’équipe du SOC, qui comprendra 15 astronomes de l’ESA, sera responsable du fonctionnement scientifique de l’observatoire, notamment :

* Sélectionner, planifier et réaliser toutes les observations scientifiques approuvées;
* Les opérations aériennes, qui consistent à effectuer des observations, des données de liaison montante et descendante et à surveiller le comportement de l’observatoire, le tout en temps quasi réel;
* Générer des données calibrées, et
* Archivage et distribution des données brutes et calibrées de l’observatoire.

## **OBJECTIFS**

Le télescope spatial James Webb (JWST) est le prochain grand observatoire des sciences spatiales après Hubble, conçu pour répondre aux questions en suspens sur l’Univers et faire des découvertes révolutionnaires dans tous les domaines de l’astronomie. JWST verra plus loin dans nos origines - des premières galaxies de l’Univers, à la naissance d’étoiles et de planètes, et d’exoplanètes avec le potentiel de la vie. Plus près de chez nous, JWST examinera également notre propre système solaire sous un nouveau jour.

Les objectifs scientifiques du télescope spatial James Webb sont organisés selon les quatre thèmes suivants :

* **L’Univers primitif :** À quoi ressemblait l’Univers primitif ? Quand les premières étoiles et galaxies ont-elles émergé ?
* **Galaxies dans le temps :** Comment les premières galaxies ont-elles évolué au fil du temps ? Que pouvons-nous apprendre sur la matière noire et l’énergie noire ?
* **Le cycle de vie des étoiles :** Comment et où se forment les étoiles ? Qu’est-ce qui détermine combien d’entre eux se forment et leurs masses individuelles? Comment les étoiles meurent-elles et comment leur mort affecte-t-elle le milieu environnant ?
* **Autres mondes :** Où et comment les systèmes planétaires se forment-ils et évoluent-ils ?

Bien que les deux premiers de ces thèmes soient de nature extragalactique et concernent l’exploration de la formation des étoiles et des galaxies dans l’Univers éloigné aux premiers temps, ils sont intimement liés aux deux derniers thèmes principalement galactiques, qui visent à comprendre le processus détaillé de formation des étoiles et des planètes dans notre propre galaxie.

L’objectif principal de JWST est de faire la lumière sur nos origines cosmiques. Il observera les premières galaxies de l’Univers, révélera la naissance d’étoiles et de planètes, et cherchera des exoplanètes ayant le potentiel de la vie.

## **ORBITE / NAVIGATION**

### INTRODUCTION

Pour que JWST puisse effectuer des observations infrarouges précises, il est nécessaire que le télescope et ses instruments soient refroidis. Cela garantit qu’ils n’émettent aucun rayonnement infrarouge qui interférerait avec les signaux des objets astronomiques observés. Cette exigence est l’une des raisons pour lesquelles l’orbite de JWST sera loin de la Terre parce que la lumière du soleil réfléchie par les nuages et les océans de la Terre crée suffisamment de chaleur pour perturber les observations.

|  |
| --- |
|  |
| Une orbite L2 fournit un environnement bénin et stable. Crédit : ESA |

Un point spécial dans l’espace, à 1,5 million de kilomètres de la Terre, est particulièrement stable et favorable aux engins spatiaux. Il est appelé L2, ou le deuxième point de Lagrange Terre-Soleil, et c’est là que JWST sera « garé ». Plus précisément, il se déplacera sur une petite orbite de « halo » autour du point L2.

La distance du point L2 correspond à environ quatre fois la distance entre la Terre et la Lune, et est située du côté opposé de la Terre par rapport au Soleil. (Il y a un autre point stable, L1, entre la Terre et le Soleil d’où le vaisseau spatial SOHO de l’ESA observe le Soleil.)

L’emplacement éloigné de JWST à L2 impose des limites strictes à ses spécifications physiques. Pour pouvoir voler jusqu’à L2, JWST est limité à environ 6200 kilogrammes de masse, et il aura besoin d’un puissant équipement de transmission radio pour « transmettre » des données à la Terre.