

# DANS L'ESPACE, DE NOUVELLES FENÊTRES S'OUVRENT SUR L'UNIVERS

En quelques années, l'observation directe dans l'espace a permis des percées inédites, et même surprenantes, dans la connaissance de nos origines. De nouvelles moissons d'informations sont attendues. Remontons le temps avec l'astrophysicienne **Françoise Combes**, à la pointe de ces recherches.

Dans le cadre de notre partenariat avec l'Académie des sciences, des académiciens et académiciens analysent et apportent leur éclairage sur les grands enjeux du monde contemporain au travers de questions scientifiques qui font l'actualité.

**D**u télescope spatial James-Webb qui vient d'être lancé par Ariane pour rejoindre son site opérationnel à 1,5 million de km de la Terre jusqu'aux missions d'exploration de planètes comme Mars ou Jupiter à plus de 600 millions de km, les agences spatiales américaine et européenne ouvrent des fenêtres sur l'Univers.

## LE JAMES-WEBB : DE CHRYSALIDE À PAPILLON

Le télescope James-Webb, le plus grand observatoire astronomique spatial, a été mis en orbite le jour de Noël 2021, du Centre spatial de Kourou en Guyane. Il va nous permettre de remonter le temps et d'assister à la naissance des premières étoiles et galaxies. Le projet, préparé depuis trente ans par les agences spatiales américaine (Nasa), canadienne (ASC) et européenne (ESA), a connu des contretemps et un surcoût d'un facteur supérieur à 3 : le budget final atteint 10 milliards de dollars (dont 700 millions d'euros pour l'Europe).

Le télescope a atteint son orbite autour du point de Lagrange L2, à 1,5 million de km de la Terre, le 24 janvier 2022, après que tous ses composants se sont déployés d'une manière spectaculaire (bouclier thermique en millefeuille de 20 m, miroirs primaire et secondaire). Le miroir primaire a pour diamètre 6,5 m ; il est composé de 18 segments hexagonaux.

Pour le lancement, le télescope était replié comme une chrysalide à l'intérieur de la coiffe de la fusée Ariane. Maintenant que le papillon est parfaitement déployé, il faut cinq mois de réglages et de vérifications. Les premières observations astronomiques commenceront en juin 2022. En février, le télescope a fait l'image d'une étoile, qui s'est en fait décomposée en 18 images qui vont permettre d'aligner les 18 segments avec une précision bien inférieure au micron. Contrairement à son prédécesseur, le télescope spatial Hubble (HST), qui fonctionne dans le visible, le télescope James-Webb (JWST) fonctionne dans l'infrarouge, à des longueurs d'onde comprises entre 0,6 et 28 microns. Car l'Univers est en expansion, et la dilatation de l'espace allonge aussi la longueur d'onde de la lumière émise par les objets lointains. Plus la source est lointaine, plus le décalage vers le rouge est grand. Dans l'espace, regarder loin, c'est remonter le temps, car les signaux émis par ces galaxies primordiales ne peuvent pas aller plus vite que la lumière. Le JWST verra les galaxies en train de se former, peu de temps après le big-bang qui remonte à 13,8 milliards d'années.

## COMMENT SE FORMENT LES GALAXIES : À LA RECHERCHE DE NOS ORIGINES

Bien que le HST ait aussi observé des galaxies très lointaines, il n'a pu détecter que les plus brillantes. Avec son diamètre de 6,5 m (contre 2,4 m pour le

HST), le JWST captera sept fois plus de lumière et va ainsi dévoiler toute la population de ces jeunes galaxies qui sont à l'origine des premières lueurs de l'Univers, après l'âge sombre. Cette période, quelques centaines de millions d'années après le big-bang, est appelée l'aube cosmique. L'Univers est encore essentiellement rempli de gaz d'hydrogène atomique, neutre. Peu à peu, le rayonnement ultraviolet des premières étoiles dans les premières galaxies va ré-ioniser l'Univers ; cette période de ré-ionisation va se terminer environ après un milliard d'années. Le JWST va permettre une percée dans ce domaine de la connaissance de nos origines. Le JWST embarque quatre instruments de pointe. Trois d'entre eux fonctionnent de 0,6 à 5 microns : Nircam, pour faire des images ; Nirspec, pour observer le spectre de 200 objets simultanément ; Niriss, un spectro-imageur à basse résolution spectrale, étudiant la température, la masse et la composition chimique des astres. Seul Miri va fonctionner de 5 à 28 microns, prenant des images et des spectres des objets froids et lointains. Miri a été construit par les Européens – une grande partie en France. L'Europe

**CONTRAIREMENT À SON PRÉDÉCESSEUR HUBBLE,  
QUI FONCTIONNE DANS LE VISIBLE, LE TÉLESCOPE  
JAMES-WEBB ŒUVRE DANS L'INFRAROUGE.**

**PROFIL**  
Astrophysicienne, professeure au Collège de France, titulaire de la chaire « Galaxies et cosmologie », Françoise Combes est membre de l'Académie des sciences. Elle travaille à l'Observatoire de Paris sur la formation et l'évolution des galaxies, leur dynamique et leur coévolution avec les trous noirs supermassifs, ainsi que sur la matière noire.

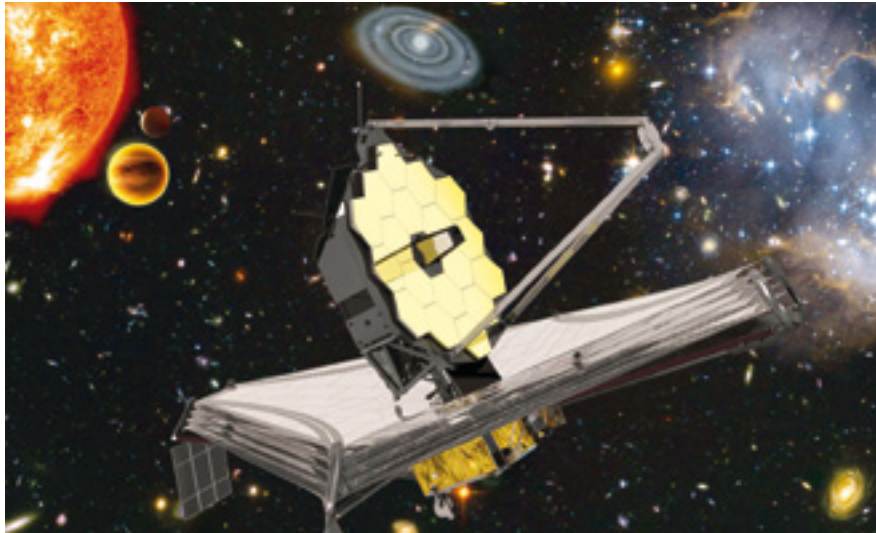
dispose ainsi de 15 % du temps de télescope. Un élément essentiel dans l'évolution des galaxies est la présence d'un trou noir supermassif dans leur noyau. Mais ce noyau est le plus souvent caché par un dense nuage de poussière. Le JWST va permettre de traverser la poussière et de mieux comprendre ce qui se passe près des noyaux actifs, comme les quasars, et comment ces noyaux régulent la formation des étoiles dans les galaxies.

## LES NOUVELLES ÉTOILES, L'ATMOSPHÈRE DES PLANÈTES EXTRA-SOLAIRES

Le JWST en infrarouge pourra traverser les cocons de gaz et de poussière qui donnent naissance aux nouvelles étoiles dans notre Galaxie. L'infrarouge est aussi le domaine du rayonnement thermique des objets froids, plus froids que les étoiles comme le Soleil, qui rayonnent dans le visible. C'est le domaine des étoiles naines, et aussi des exoplanètes, ces planètes qui orbitent autour d'une autre étoile que le Soleil. Depuis plus de vingt-cinq ans maintenant, près de 6 000 exoplanètes ont été identifiées, en orbite autour d'étoiles dans le voisinage du Soleil. Les astronomes cherchent aujourd'hui à mieux les connaître, et, en particulier, à étudier la composition de leur atmosphère. Une exoplanète est dite « habitable » lorsque les conditions sont réunies pour qu'il puisse exister de l'eau liquide à sa surface, elle ne doit pas être trop près de son étoile, car l'eau aurait déjà été évaporée, ou trop loin, complètement gelée. Mais rien ne vaut la mesure directe. Grâce à sa grande sensibilité en infrarouge, le JWST pourra traquer ces exoplanètes et, lors de leur transit devant leur étoile, mesurer le spectre de leur atmosphère en absorption sur le disque stellaire. Un seul transit ne suffira peut-être pas, mais on pourra cumuler plusieurs transits, si la période de révolution autour de l'étoile est petite. Cette période est égale à un an pour la Terre autour du Soleil, mais il est possible de trouver des exoplanètes plus proches, avec des périodes bien plus courtes, de l'ordre de quelques jours. C'est le cas du système Trappist-1, à quarante années-lumière de la Terre, dans lequel sept planètes rocheuses ont été découvertes. Certaines ont des caractéristiques proches de la nôtre, tournant autour d'une étoile plus froide que notre Soleil. Comme leur étoile est une naine rouge froide, les planètes habitables se trouvent bien plus proches, avec des révolutions de un à dix jours. Dans leur atmosphère, les astronomes espèrent trouver des bio-signatures, des spectres de molécules telles que nous pourrions les voir dans le spectre infrarouge de l'atmosphère terrestre : comme eau, oxygène, ozone, méthane, dioxyde de carbone et ammoniac. »



PATRICK IMBERT



Dans la fusée Ariane, le télescope était replié comme une chrysalide. Une fois le papillon déployé, il faut encore cinq mois de réglages et de vérifications.

### » NOTRE GALAXIE, LA VOIE LACTÉE

L'Agence spatiale européenne a lancé le satellite astrométrique Gaia, en 2013, afin de mesurer la distance et les mouvements propres de plus d'un milliard d'objets, essentiellement des étoiles dans notre Galaxie. Le satellite fonctionne toujours, au point de Lagrange L2, avec grand succès. Il balaie l'ensemble de la voûte céleste de manière à cumuler, à l'issue de sa mission, au minimum 60 observations de tous les objets identifiables par ses instruments. La mission est un défi immense de collecte d'informations et de traitement des centaines de téra-octets collectés. Les résultats, dont les derniers seront présentés en 2022, sont surprenants. Ils montrent que notre Galaxie est loin d'être à l'équilibre: au contraire, elle est sans cesse perturbée par l'interaction avec des petites galaxies compagnons et par la barre stellaire en son centre. Il a pu être montré que la Voie lactée a subi une fusion majeure avec une autre galaxie massive, il y a huit milliards d'années, appelée Gaïa-Encelade, et ce fut l'occasion d'une flambée de formations d'étoiles.

### L'EXPLORATION SPATIALE

De multiples missions ont exploré pratiquement toutes les planètes ou satellites du Système solaire, la planète Mars étant la plus visitée. L'ESA a même réussi à mettre en orbite, autour de la comète Tchouri, la sonde spatiale Rosetta, qui y a fait atterrir le robot Philae en 2014. Les comètes n'ont pas été beaucoup transformées depuis le début du

Système solaire, il y a 4 milliards d'années, et sont des témoins précieux de sa formation. Aujourd'hui, de multiples robots sillonnent la surface de Mars, nous envoient des photos du paysage, prélèvent des échantillons, et font parvenir leur composition sur Terre. Actuellement, le rover Perseverance de la Nasa sublime des échantillons de roches par laser et examine le spectre produit. Le robot avance 3 mètres par jour et explore l'ancien grand lac Jezero. Il ramasse des carottes de roche, qui seront déposées sur plusieurs sites et récupérées par une autre mission. Le retour des échantillons sur Terre, comme pour la Lune, devrait apporter encore plus d'informations.

Après le succès des missions Apollo et des voyages de l'homme sur la Lune, certains pensent que la prochaine étape serait d'envoyer des humains sur Mars. Mais il s'agit surtout d'un énorme défi, d'une mission à grand prestige politique, certainement pas d'une nécessité scientifique, puisque les robots nous permettent déjà d'explorer la planète. Une telle mission, outre le fait d'être extraordinairement coûteuse, serait extrêmement périlleuse pour les humains. Durant le temps du voyage, de six mois à un an, il serait impossible d'être à l'abri des radiations, source de cancers, alors que, sur Terre, la magnétosphère nous protège. Autre souci, une rencontre à 30 000 km/h avec des poussières et petits débris peut faire beaucoup de dégâts dans le vaisseau pressurisé. La planète Mars n'est pas habitable. S'il y a de l'eau, elle est confinée dans le sous-sol, à l'état de glace. De quelle énergie disposer pour se chauffer, pour trouver l'oxygène? À ce jour, ces problèmes sont loin d'être résolus, les crédits énormes pour une telle expérience ne sont pas réunis, et, pendant ce temps, les missions robotiques permettent d'explorer peu à peu toute la planète. ●

**ENVOYER DES HUMAINS SUR MARS?  
PRESTIGIEUX MAIS SCIENTIFIQUEMENT  
INUTILE : LES ROBOTS SUFFISENT.**

### EN SAVOIR PLUS

**Le site de l'Académie des sciences :**  
[www.academie-sciences.fr](http://www.academie-sciences.fr)

**Le site français du télescope spatial James-Webb (JWST);** aussi riche qu'accessible, mis à jour, il foisonne d'informations aussi bien sur son histoire et ses enjeux, en lien avec d'autres programmes, ses composantes, que sur ses résultats successifs : [www.jwst.fr](http://www.jwst.fr)

**Le JWST sur le site de la Nasa :**  
[www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

**Le site français de l'Agence spatiale européenne sur Rosetta :**  
[www.esa.int](http://www.esa.int)