

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,

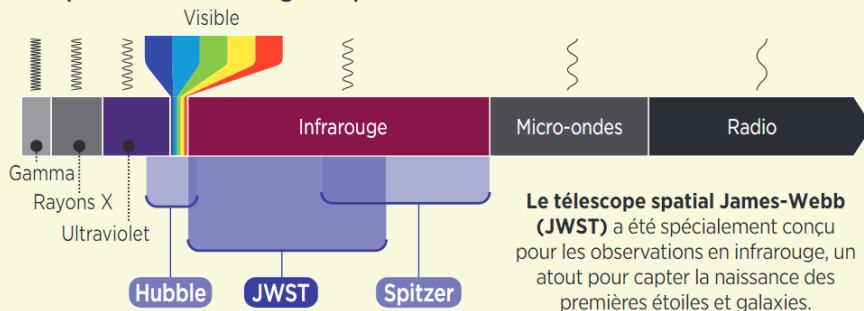
des planètes en formation par exemple, ou des naines brunes, car tout corps émet un peu de chaleur en comparaison du froid de l'espace.

② Contrairement à la lumière visible, la lumière infrarouge se faufile entre les particules de poussière,

révélant la présence d'astres cachés derrière cette poussière, comme une étoile ou des planètes en formation dans un nuage protoplanétaire.

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.

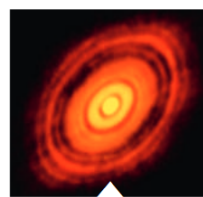
Le spectre électromagnétique



► *l'atmosphère d'exoplanètes géantes. Ce sera possible grâce à la grande couverture en longueurs d'onde des instruments, et notamment de la caméra infrarouge MIRI, explique Pierre-Olivier Lagage, astrophysicien au CEA (Saclay, Essonne) et coresponsable de MIRI. Elle observera les exoplanètes dans l'infrarouge moyen, une gamme jusqu'ici peu utilisée sur ce type d'astres. Or, en regardant dans ce domaine du spectre, nous sonderons la présence de nombreuses molécules (méthane, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, ammoniac, eau...) dans des couches atmosphériques différentes de celles sondées à plus courtes longueurs d'onde. Nous allons aussi pouvoir déterminer la composition des nuages.* De telles détections seront obtenues grâce à la méthode dite des transits.

Lorsque la planète passe devant son étoile, les molécules de l'atmosphère bloquent une partie de la lumière de l'astre, ce qui révèle leur présence. Les longueurs d'onde pour lesquelles la lumière est absorbée constituent en effet une signature propre à chaque type de gaz. Mais l'instrument sera aussi capable de voir la lumière émise par l'atmosphère des exoplanètes, porteuse d'autres informations plus passionnantes encore. Un exemple. « En observant la variation de cette émission lorsqu'une exoplanète orbite de façon synchrone [lui présentant toujours la même face] autour de son étoile, nous

pourrons repérer où se situe le point chaud longitudinal. Cet endroit, le plus chaud de la planète, correspond au point le plus proche de l'étoile. Si nous constatons qu'il se déplace, cela traduira la présence de vent. » Non seulement les astrophysiciens verront l'atmosphère en 3D, mais en plus, ils la verront donc s'animer...



Les systèmes planétaires en formation seront observés avec plus de précision.

Mieux encore : MIRI permettra d'analyser l'atmosphère d'exoplanètes de type « Terre » ou « super-Terre » (jusqu'à dix fois la masse de la Terre). Jusqu'à présent, seules les atmosphères de quelques géantes gazeuses ont pu être étudiées. En accédant à des planètes potentielle-

BRUNO BOURGEOIS

ALMA (ESO/NAO/JRAO)

ment habitables, l'enjeu sera tout autre car la question du vivant se posera inévitablement... Peut-on espérer trouver des preuves d'une vie extraterrestre dans le cocktail de gaz formant ces atmosphères ? « *Quoi que l'on trouve, cela prendra du temps avant de conclure à une origine biologique*, tempère Pierre-Olivier Lagage. *Car il faudra d'abord prouver qu'aucun processus inerte ne peut être à l'origine de ce cocktail.* » Toutefois, la recherche de vie extraterrestre devrait bel et bien progresser grâce au JWST. « *Mieux nous comprendrons la chimie et la physique de ces atmosphères variées, plus nous serons capables de repérer des anomalies dans leur composition, nous mettant sur la piste du vivant.* »

La naissance des planètes

Les quasi 800 systèmes à planètes multiples recensés par L'Encyclopédie des planètes extrasolaires témoignent d'une grande diversité en matière de taille et de position des planètes par rapport à leur étoile. Notre système solaire, avec ses planètes telluriques proches du Soleil et ses géantes gazeuses fermant la marche, est loin d'être la norme. Comment relier la forme et la composition du disque protoplanétaire à la disposition finale des planètes ? Cette question sera l'un des grands enjeux du JWST. Pour y répondre, le télescope utilisera un principe assez fascinant puisqu'il s'agira, en quelque sorte, d'assister à la naissance de systèmes solaires.

D'ores et déjà, l'interféromètre ALMA ou l'instrument SPHERE du Very Large Telescope (VLT), tous situés dans le désert de l'Atacama au Chili, ont permis d'observer de vastes disques de gaz et de poussières au sein desquels se forment une étoile puis son cortège de planètes. Ces observations, encore rares, devraient beaucoup progresser. « *Le JWST, et notamment l'instrument MIRI, couvrira une gamme de longueurs d'onde complémentaire à celle couverte*

GALAXIES LOINTAINES

L'espoir de nouvelles surprises

Impossibles à prévoir, les surprises seront de fait très attendues, comme l'explique Hakim Atek, chercheur à l'Institut d'astrophysique de Paris, prenant exemple sur Hubble : « *L'une de ses plus grandes découvertes est la multitude des galaxies très lointaines. À l'époque, en 1995, les astrophysiciens avaient décidé de braquer l'instrument sur une zone du ciel vide en apparence, et d'attendre. Ils n'ont pas été déçus en apercevant sur l'image des centaines de galaxies lointaines, donc très peu lumineuses, d'une grande variété ! Cela a révolutionné toute l'étude des galaxies, et suscité bon nombre des missions que le JWST va effectuer. Et c'est encore dans le domaine des galaxies lointaines que nous espérons des surprises, sur leur âge ou leur composition.* »

par ALMA et VLT, avec une sensibilité inégalée», précise Pierre-Olivier Lagage. Par ailleurs, en observant dans l'infrarouge, il sera sensible aux poussières (silicates, argiles, carbonates...) et glaces qui constituent la matière première de ces pouponnières d'étoiles et de planètes. Il fournira ainsi la composition chimique de ces disques, en plus de leur structure.

Les confins du Système solaire

S'il est taillé pour voir loin, le JWST ne sera pas pour autant presbyte. Capable d'observer aussi « de près », il complètera le travail des nombreuses sondes expédiées dans le Système solaire auprès de Mars, Jupiter, Saturne... Avec un net avantage sur elles : sa sensibilité. Sur Mars, cela permettra par exemple d'observer la partie de la planète dans la nuit, ou dans la pénombre de l'aurore ou du crépuscule. « *Pour l'instant, nous ne savons pas bien comment se comporte la vapeur d'eau lorsque la nuit arrive : condensation au sol ou nuages ?* s'interroge Thierry Fouchet, astronome à l'observatoire de Paris et impliqué dans un programme d'observation du Système solaire. *Avec le JWST, nous allons pouvoir le faire, et chercher aussi d'autres gaz très peu abondants liés à la chimie de l'oxygène : CO, O₂, O₃...* »

Autre atout du télescope : la capacité d'observer les objets dans la durée, au moins cinq ans, et sans doute dix. « *Nous*

enregistrerons ainsi le cycle des saisons sur Titan [satellite de Saturne visité par la sonde Huygens en 2005], détaille Thierry Fouchet. *Près de Jupiter, nous étudierons les éruptions volcaniques du satellite Io, ou encore l'atmosphère de Ganymède, seul satellite avec Titan à en posséder une. Ganymède figure aussi dans les objectifs de JUNO [lire S. et A. n° 892, juin 2021], mais la résolution spectrale du JWST nous permettra d'avoir accès à un plus grand nombre de molécules.* »

Malgré cette exploration planétaire, son activité se concentrera sur les confins du Système solaire, beaucoup moins éblouissants pour cet instrument avant tout taillé pour observer des objets faiblement lumineux. « *Le James-Webb va s'intéresser aux petits corps glacés du Système solaire, comme les astéroïdes, les comètes [il cherchera la trace d'Hale-Bopp, passée spectaculairement près de la Terre en 1997], et jusqu'à la ceinture de Kuiper, où se trouve Pluton. Cette région du Système solaire reste mal connue, malgré la sonde New Horizons qui l'explore depuis 2015. Elle est constituée de milliards de petits corps glacés qui étaient déjà là lorsque les planètes du Système solaire se sont formées, il y a 4,5 milliards d'années. Le JWST nous livrera leur composition : des glaces d'eau, de CO₂, d'ammoniac... En découvrant plus en détail ces petits astres sombres, nous accéderons directement aux briques élémentaires à partir desquelles les planètes, dont la Terre, ont été forgées.* » ■ F. N. @fnicot07