

LE TELESCOPE SPATIAL JAMES WEBB A LA DECOUVERTE DES PREMIERES ETOILES ET GALAXIES

Trinh Xuan Thuan
Professeur émérite d'Astronomie
Université de Virginie

L'humanité a eu un merveilleux cadeau Noël dernier : le 25 décembre 2021, la NASA, en collaboration avec les agences spatiales européenne et canadienne, a mis en orbite le plus grand et le plus puissant télescope spatial de tous les temps, le James Webb Space Telescope (ou Webb, nommé d'après le nom de l'administrateur de la NASA qui fut responsable des vols Apollo qui propulsèrent l'homme vers la Lune dans les années 1960 et 1970). Webb, qui promet de nous apporter une moisson spectaculaire de découvertes, dont la planification a commencé dès 1989 (avant même le lancement de son prédécesseur, le télescope spatial Hubble en 1990), et dont le coût s'élève à 10 milliards de dollars, a été lancé par une fusée Ariane 5 depuis le centre spatial Kourou en Guyane. Webb a mis environ un mois pour arriver à destination, dans une orbite située à 1,5 million de kilomètres de la Terre, du côté opposé au Soleil. Après son lancement, plus de six mois ont été encore requis pour déployer son énorme miroir et tester et calibrer ses instruments scientifiques sophistiqués. Jusqu'ici tout s'est déroulé à la perfection : la NASA n'a pas droit à l'erreur car, à de telles distances, il n'y aura aucun moyen d'envoyer une mission humaine de réparation comme cela a été le cas pour Hubble, en orbite à 600 kilomètres au-dessus de la surface terrestre. La NASA a rendu public les premières images prises par Webb le 12 Juillet 2022. Elles sont d'une qualité et d'une beauté extraordinaires, dépassant toute attente.

Webb est un bijou de technologie. D'une masse de 6,2 tonnes, il est doté d'un miroir de 6,5 mètres de diamètre (comparé à 2,4 mètres pour Hubble), et est équipé d'un énorme bouclier pare-soleil, de la taille d'un court de tennis, qui le protège de la chaleur brûlante de notre astre. Le miroir, composé de 18 segments, et recouvert d'une mince couche d'or, est optimisé pour capter la lumière infrarouge (tandis que Hubble l'est pour la lumière ultraviolette et visible) (voir la figure 1). Pourquoi privilégier l'infrarouge ? Parce que l'un des objectifs scientifiques majeurs de Webb est de remonter le temps aussi loin que possible dans le passé et de scruter en direct la naissance des premières étoiles et galaxies, quelques centaines de millions d'années après le Big Bang. La lumière émise par les premières étoiles est de nature ultraviolette et visible. Mais l'expansion de l'univers fait que plus une galaxie est éloignée dans l'espace et le temps, plus elle s'éloigne vite de la Voie lactée et plus sa lumière est décalée vers le rouge. L'optimisation de Webb pour la lumière infrarouge lui permet donc d'observer les objets les plus lointains, aux temps les plus reculés. Il est prévu que Webb restera opérationnel pendant au moins une vingtaine d'années.

L'univers du XXI^e siècle est celui du Big Bang. La vaste majorité des cosmologues pensent aujourd'hui que l'univers a commencé son existence dans une fulgurante explosion à partir d'un état extrêmement petit, chaud et dense, il y a 13,8 milliards d'années. Pendant les soixante dernières années, la cosmologie a acquis le statut d'une

science exacte. Non seulement parce qu'elle est fondée sur deux solides piliers théoriques, tous deux élaborés au début du XXe siècle : la relativité générale, la physique de l'infiniment grand, et la mécanique quantique, celle de l'infiniment petit. Mais aussi parce qu'elle repose, non plus sur de vagues spéculations philosophiques et métaphysiques, mais sur des observations précises et rigoureuses, obtenues par de gigantesques télescopes au sol et dans l'espace. Ces instruments sophistiqués permettent de capturer et d'analyser la précieuse lumière porteuse d'information des objets célestes.

Depuis que, en 1609, Galilée a pointé la première lunette astronomique vers le ciel et découvert monts et merveilles, la lumière constitue le moyen privilégié de l'homme pour communiquer avec l'univers. Les télescopes n'ont pas cessé de s'agrandir et de se perfectionner, nous révélant les secrets de l'univers. Grâce à la conquête spatiale, l'astronome a pu aussi « satelliser » ses yeux. Depuis sa mise en orbite en 1990, le télescope spatial Hubble n'en finit plus de nous émerveiller en nous envoyant des images aussi magnifiques que révélatrices de nouvelles réalités scientifiques, porteuses d'émotions et de rêves. Mais après plus de trente années de bons et loyaux services (je l'utilise toujours), Hubble a pris de l'âge : il risque de défaillir à tout moment. D'où le projet de Webb. Celui-ci étudiera toutes les phases importantes de notre histoire cosmique. En particulier, il scrutera la fin de l'ère des ténèbres, la formation des premières étoiles et galaxies et la ré-ionisation de l'univers.

L'histoire de l'univers est celle d'une ascension incessante vers toujours plus de complexité. A mesure que l'univers poursuit son expansion, il se dilue et se refroidit. A la fin des cinq premières minutes, l'univers est rempli d'électrons et de noyaux d'hydrogène et d'hélium. En l'an 380 000 après le Big Bang, un événement majeur se produit : les électrons se combinent avec les protons pour former des atomes d'hydrogène et d'hélium. L'univers, opaque auparavant, devient transparent : la lumière peut se propager librement et le rayonnement fossile remplit tout l'univers.

Pendant les premières centaines de millions d'années de l'univers, il n'y avait ni étoile ni galaxie. Il n'existait que des nuages d'hydrogène et d'hélium. L'univers était plongé dans une obscurité totale : c'est l'ère des ténèbres. Puis les nuages d'hydrogène et d'hélium s'agglomèrent et s'effondrent sous l'effet de leur gravité et la densité et la température grimpent en leur cœur. Les réactions nucléaires s'enclenchent, l'hydrogène fusionne en hélium, libérant de l'énergie. Les premières étoiles massives, de masse entre 30 et 1000 celle du Soleil, viennent au monde, chacune aussi brillante que des millions de Soleils, illuminant l'univers. C'est la fin de l'ère des ténèbres.

Quelques millions d'années s'écoulent. Les premières étoiles épuisent leur carburant : leur cœur s'effondre en un trou noir de quelques dizaines à quelques centaines de masses solaires, tandis que l'étoile explose dans une gigantesque déflagration appelée supernova, enrichissant le gaz environnant d'éléments lourds qui se retrouveront dans de futures générations d'étoiles. Les trous noirs se mettent à dévorer le gaz à proximité et les étoiles proches pour devenir des mini-quasars. Ceux-ci se rassemblent sous l'effet de la gravité pour devenir les trous noirs supermassifs de millions, voire de milliards de masses solaires, qui résident aujourd'hui au centre de la majorité des galaxies.

Un autre événement important survient : la lumière ultraviolette énergétique des premières étoiles (et peut-être aussi celle des mini-quasars) casse les atomes d'hydrogène en électrons et protons dans un processus appelé « ionisation ». La période qui s'étend de la fin de l'ère des ténèbres jusqu'à environ le premier milliard d'années, quand tout l'hydrogène est ionisé, est appelée « période de ré-ionisation » (le préfixe « ré » indique que c'est une deuxième période d'ionisation, après la première, associée au Big Bang).

Nous ne connaissons pas exactement l'intervalle de temps qui sépare l'apparition des premières galaxies de la ré-ionisation totale de l'hydrogène. La tâche revient à Webb de le préciser. Nombre d'autres questions se posent concernant la formation et l'évolution des galaxies à travers le temps : les agents de ré-ionisation sont-elles des galaxies de la première génération ou des galaxies des générations subséquentes ? Quels sont les processus physiques qui donnent naissance aux différentes catégories de galaxies : spirales, elliptiques et irrégulières ? Comment le gaz des galaxies s'est-il enrichi en métaux lourds par les générations successives d'étoiles massives ? Quel est le rôle des sursauts de formation d'étoiles et des trous noirs super-massifs dans la formation des galaxies ? Pour étudier l'évolution des galaxies, Webb obtiendra des clichés et des spectres de milliers d'objets primordiaux de plus en plus faibles en luminosité (il est capable de photographier une supernova ou un mini-quasar individuel), donc de plus en plus éloignés et reculés dans le temps. En astronomie, voir faible, c'est voir loin dans l'espace et tôt dans le temps.

En plus de l'étude des objets les plus lointains dans l'univers, la vision perçante de Webb en infrarouge lui permettra aussi de scruter en détail la naissance d'étoiles jeunes dans la Voie lactée et des systèmes protoplanétaires qui les entourent. Elle lui permettra de regarder à travers les nuages massifs de poussière qui enveloppent les pouponnières stellaires de notre galaxie, et qui les rendent opaques à des télescopes, tel Hubble, qui fonctionnent dans la lumière visible (voir la figure 2). Webb obtiendra aussi des spectres d'atmosphères d'exoplanètes qui permettront d'analyser leur composition chimique, et qui sait, il pourra peut-être même identifier les bases de la vie quelque part ailleurs dans l'univers.

Comme Hubble, Webb nous fera accomplir un fantastique bond en avant dans la compréhension de nos origines cosmiques. De nouveau, il bouleversera de fond en comble notre vision du monde.

Charlottesville, Virginie Septembre 2022

Figure 1 :

En plus des exoplanètes et des pouponnières stellaires dans la Voie lactée, le télescope spatial James Webb étudiera la naissance des premières étoiles et galaxies, quelques centaines de millions d'années après le Big Bang (Dessin d'artiste, NASA/ESA/CSA).

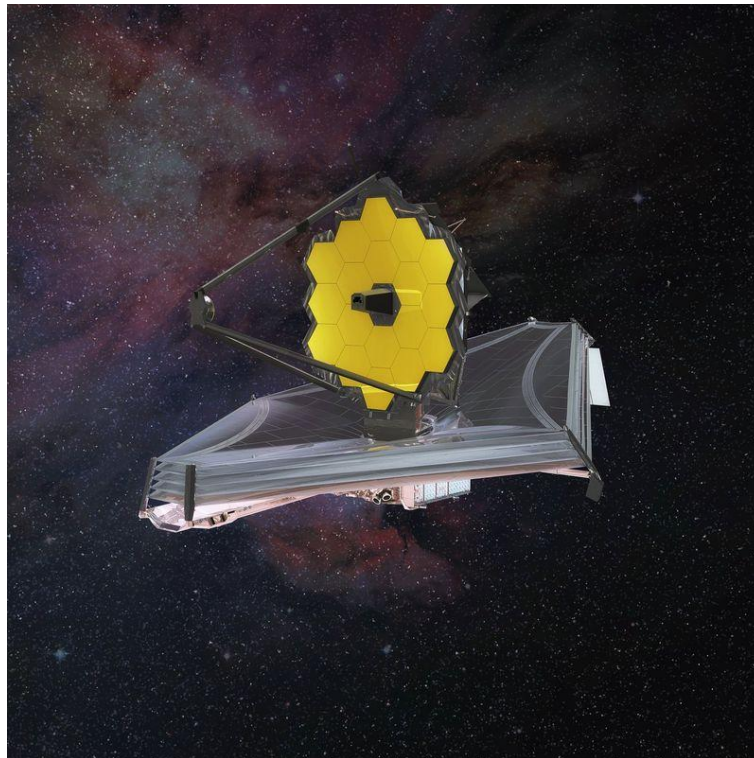


Figure 2 :

La pouponnière stellaire de la Carène, à une distance de 7 600 années-lumière, photographiée par Webb (NASA/ESA/CSA)

