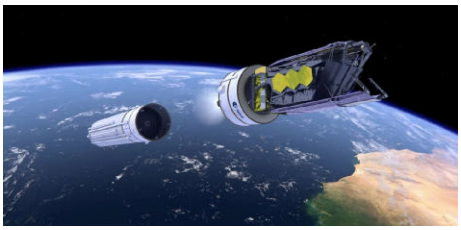
Le télescope James Webb

Une prouesse technique et financière incommensurable

James Webb Space Telescope : 30 ans plus tard, enfin le lancement et le délicat déploiement



NEXTINPACT 14 octobre 2021 / Sébastien Gavois

7 pages

James Webb: A $10bn machine in search of the end of darkness

BBC 15 December 2021 / Jonathan Amos

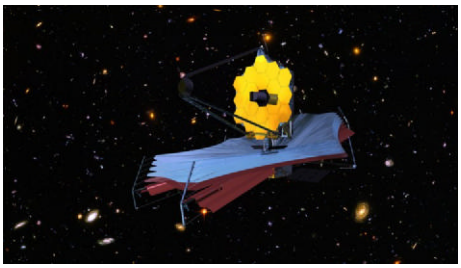
11 pages

Le télescope le plus cher du monde s'apprête à partir dans l'espace

LE TEMPS 20 décembre 2021 / Fabien Goubet

4 pages

Lancement réussi du télescope spatial James Webb



LA LIBERTÉ 25 décembre 2021 / ATS, AFP

2 pages

Le site de la NASA dédié à James Webb

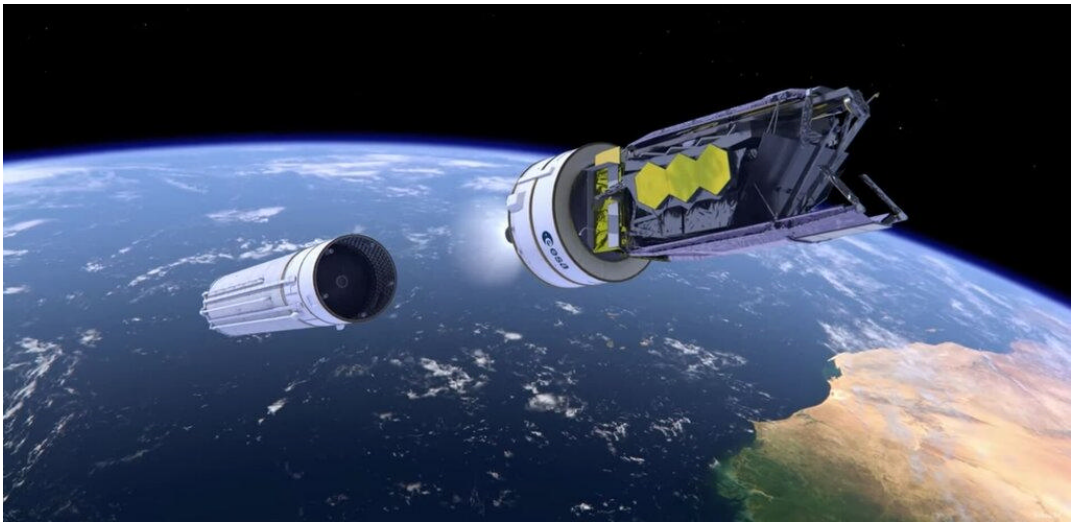
WEBB SPACE TELESCOPE

NASA

1 page

Plus deux liens Wikipedia Total 25 p

James Webb Space Télescope :
30 ans plus tard, enfin le lancement et le délicat déploiement



Sébastien Gavois

14 octobre 2021

Le télescope spatial JWST doit permettre d'analyser les confins de l'univers. Après des années d'attente et des soucis de dernière minute, il devrait décoller dans deux mois. Les scientifiques attendent avec une certaine appréhension son déploiement, une étape longue et compliquée.

Les promesses et attentes autour du télescope James Webb sont élevées : « *Tandis que la sensibilité limitée dans le domaine de l'infrarouge de Hubble l'empêchait de voir plus loin que 500 millions d'années après le Big-Bang, le JWST sera capable de voir des étoiles seulement 200 millions d'années après la naissance de l'Univers* » selon le CEA.

Avant de voir les instruments qu'il embarque et comment les scientifiques comptent en arriver là, faisons un retour en arrière sur ce projet qui a débuté il y a plus de… trois décennies. Ses prémices remontent à 1989 lorsque Ricardo Giacconi (alors directeur du Space Telescope Science Institute à Baltimore et futur Prix Nobel de physique en 2002), réalise qu'il « *fallait un minimum de 20 ans entre les premières études et la mise en orbite d'un projet spatial* ».

Hubble n'était pas encore lancé, que son successeur était déjà dans toutes les têtes, pour une raison simple : « *On sait ce que* [Hubble] *ne va pas découvrir. L'univers infrarouge le plus profond, on sait que Hubble ne l'explorera pas* », nous explique Olivier La Marle, responsable du programme Sciences de l'Univers au CNES et délégué français au Science Program Committee de l'ESA.

Du NGST de 1989 au JWST du début des années 2000

Ricardo Giacconi lance donc un projet afin de préparer l'après Hubble Space Telescope (HST), qui était alors prévu pour… 2005, un calendrier bien trop ambitieux. Le nom de code de ce projet était alors New Generation Space Telescope (NGST). Il reste ensuite quelque temps en gestation, notamment parce que suite au lancement de Hubble en avril 1990, l'Agence spatiale américaine est occupée à corriger son problème de vue : il prenait des photos floues.

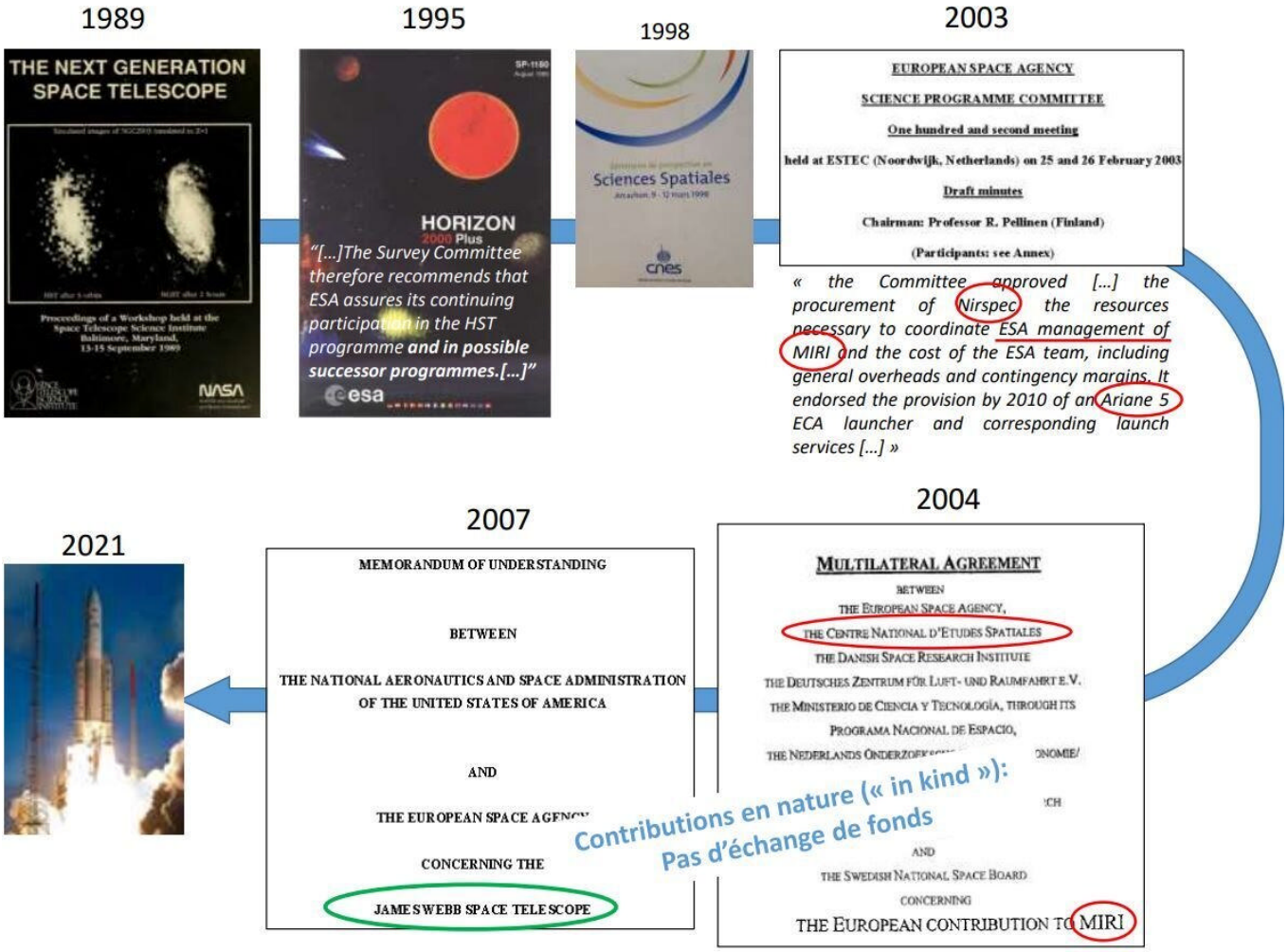
Au milieu des années 90, Dan Goldin (alors directeur de la NASA) demande à ses scientifiques de penser « *plus vite, meilleur et moins cher* ». Si le James Webb Telescope réussit sans aucun doute sur le deuxième point, c'est une tout autre paire de manches pour les deux autres… Avec le NGST, le souhait de l'époque était d'avoir un miroir de 8 mètres, mais les coûts étaient bien trop importants et les ambitions ont donc été revues à 6 mètres « seulement ».

L'ESA et l'Agence spatiale canadienne rejoignent le projet du New Generation Space Telescope en 1997. Le lancement était alors prévu 10 ans plus tard, un calendrier qui ne sera lui non plus pas du tout tenu. Au début

des années 2000, la NASA juge le projet « *suffisamment mature* » pour passer la seconde. Les Américains attendent de leurs partenaires européens qu'ils fournissent le lanceur Ariane 5 (qui était le seul à l'époque assez grand pour accueillir le télescope) et l'instrument scientifique Nirspec. Les chercheurs font pression auprès de la NASA pour que le satellite étudie aussi les infrarouges avec l'instrument MIRI (Mid-InfraRed Instrument).

Problème, il faut le refroidir à 7 K pour qu'il fonctionne correctement… ce qui refroidit aussi un peu les responsables de la NASA. Finalement, en 2003 elle cède et l'Agence spatiale européenne vote sa participation au projet, qui comprend donc Ariane 5, Nirspec et MIRI (nous aurons l'occasion de revenir sur le fonctionnement de ces instruments). Olivier La Marle précise que « *tous ces accords reposent sur le principe de contribution en nature : aucune agence ne transfère de l'argent à une autre agence* ».

Toujours au début des années 2000, le NGST change de nom pour une raison assez inattendue. En effet, la construction du satellite est confiée à Northrop Grumman et plus précisément à sa filiale Space Technologies… soit le sigle NGST. Le choix s'est donc porté sur James Webb, le second administrateur général de la NASA. Un choix désormais contesté par certains qui accusent James Webb d'avoir participé à la persécution des homosexuels aux États-Unis. Une enquête interne a été ouverte, puis refermée par la NASA. Le nom reste inchangé.



Crédits : CEA David Elbaz

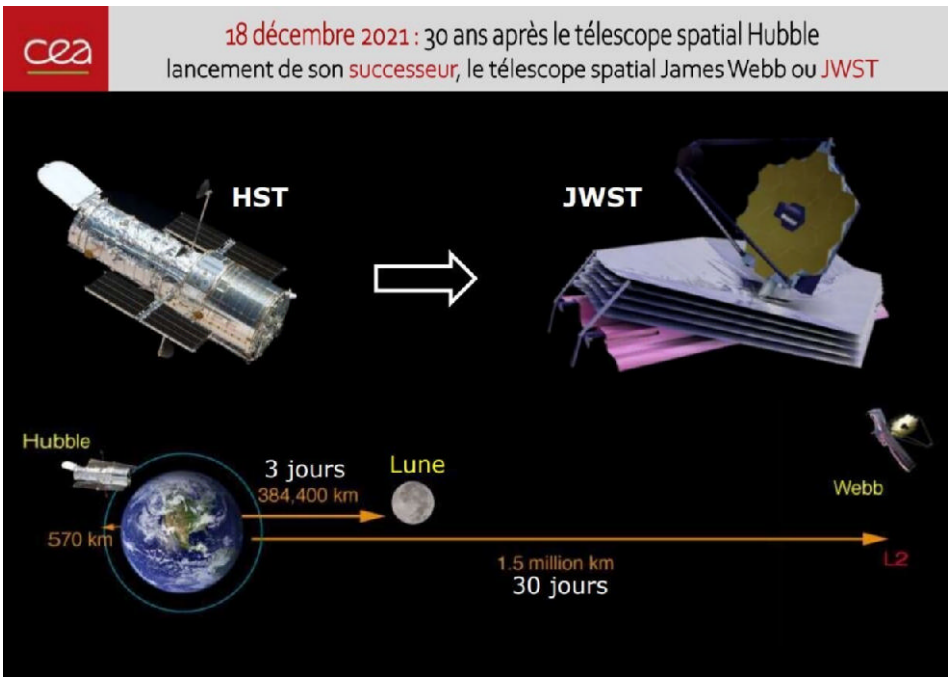
Dans l'espace, la taille c'est très important

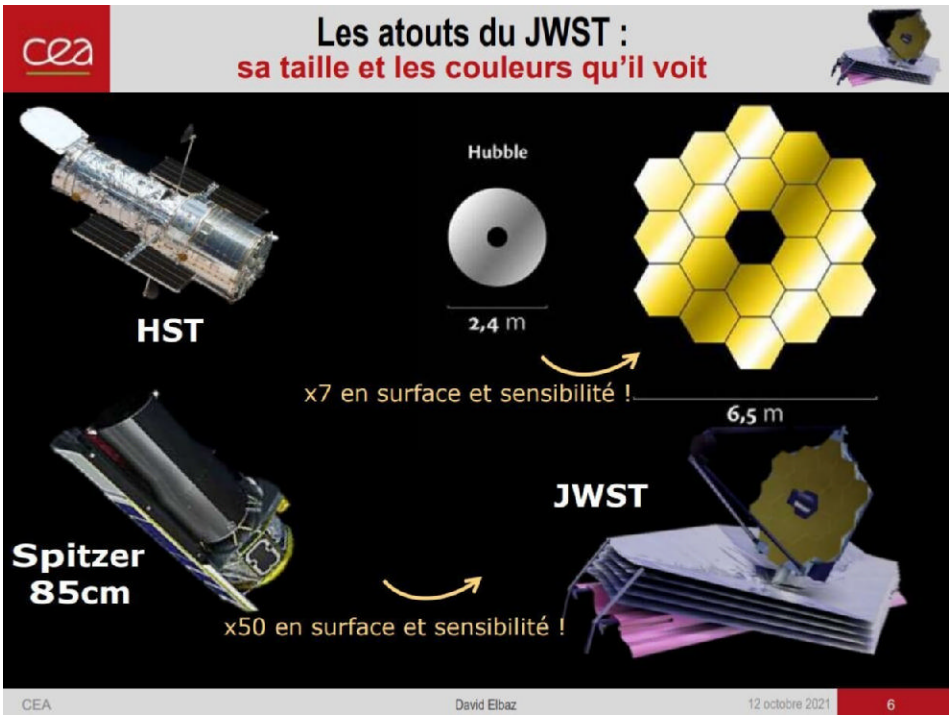
Au final, le télescope dispose d'un miroir primaire de 6,5 mètres. David Elbaz, directeur de recherche au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, remet ce chiffre en perspective : « *En 1929, Hubble publie l'article qui montre que l'univers est en expansion. Qu'est-ce qui le distingue de ses prédécesseurs ? Un mètre. Avant lui le plus grand télescope du monde mesurait 1,5 mètre de diamètre. Hubble a bénéficié le*

premier du télescope de 2,5 mètres du Mont Palomar. Le HST a le même diamètre que le télescope du Mont Palomar », mais il se trouve dans l'espace et n'est donc pas soumis à la « pollution » terrestre pour les mesures. « *Avec les JWST on ne va pas gagner un mètre, mais 4 mètres, ça fait un facteur 7 en surface et donc en sensibilité. On peut donc s'attendre à d'étonnantes découvertes imprévues. Mais ce qui est encore plus remarquable, c'est que le JWST observera dans le domaine de l'infrarouge moyen, il faudrait donc le comparer au précédent satellite dans ce domaine, Spitzer et cette fois c'est un facteur 50 que l'on va gagner en surface et sensibilité, car Spitzer avait un miroir de 85 cm* », ajoute-t-il. Il permettra de voir des choses totalement inaccessibles dans le passé.

La recherche avec Hubble s'articule autour de quatre piliers, détaille David Elbaz lors d'une conférence :

- Quand et comment sont nées les premières galaxies ?
- Quand et comment les galaxies ont-elles donné naissance à leurs étoiles, trous noirs et ont-elles acquis leur forme ?
- Quand et comment sont nées les planètes et les exoplanètes ?
- Quand et comment sont nées les molécules dans les exoplanètes ? Peut-on identifier des biosignatures ?





MIRI est prêt depuis des années, il attend bien sagement

L'instrument MIRI est développé par la France et l'Europe. Il est terminé au début des années 2010 et livré en 2012/2013 aux Américains. Le lancement du télescope était alors prévu quelques années plus tard, aux alentours de 2018 (déjà largement en retard sur le calendrier initial), avant d'être repoussé à mars 2021, puis octobre et enfin au 18 décembre de cette année. Pendant tout ce temps, MIRI est resté bien sagement dans les locaux de la NASA.

Les scientifiques ont néanmoins profité de ce délai pour mener des tests complémentaires. Ils nous confirment que ce retard n'entache ni ne compromet les performances de l'instrument ou sa durée de vie. La mission nominale est prévue pour durer 5 ans et le décompte de la « garantie » des constructeurs débute au moment du lancement.

Pour quelques milliards de dollars de plus

Avec presque 15 ans de retard, difficile donc de parler de « *plus vite* » comme souhaité par Dan Goldin. En ce qui concerne le « *moins cher* » aussi c'est loupé dans les grandes largeurs. Alors que les premières ambitions étaient de tourner aux alentours des 500 millions de dollars (lors des phases préliminaires), la facture a explosé.

Elle passe rapidement à 1 milliard puis on arrive à 5 milliards en 2008 et enfin près de 10 milliards de dollars aujourd'hui. L'ESA n'est qu'un partenaire « junior » sur cette mission, elle ne voit donc pas ses coûts exploser de la même manière. Puisque l'instrument est livré depuis près de 10 ans, les coûts résiduels sont principalement liés aux équipes à maintenir en place (mais ils sont bien moins nombreux que lors de la phase de conception).

« *À titre de comparaison, le HST aura coûté 4,1 milliards, entre la première phase de son étude et son lancement, auxquels il convient d'ajouter 250 millions par année pour son fonctionnement* », rappellent le CNES, le CEA et le CNRS sur ce site officiel dédié au satellite. Quoi qu'il en soit, le James Webb Telescope est désormais dans les starting-blocs et les chercheurs attendent avec impatience le lancement.

Plusieurs d'entre eux nous expliquent être relativement confiants pour le décollage, qui se fera sur Ariane 5 ECA. Il faut dire que la fusée affiche un excellent taux de réussite malgré une frayeur en 2018. On n'est en tout cas pas du tout dans la même situation que le lancement des missions ExoMars à bords d'une fusée Soyouz, avec quelques « surprises » pour la mission dont les « *Russes se sont bien gardés* » de parler, expliquait alors Francis Rocard, responsable du programme d'exploration du système solaire au CNES.

Les scientifiques pourront souffler après le déploiement

La partie qui inquiète le plus est le déploiement du satellite dans l'espace. Plusieurs étapes sont nécessaires et, contrairement aux lancements qui se font régulièrement, ce sera une première.

Le miroir est composé de 18 segments hexagonaux de 1,315 mètre de côté. Les trois sur la droite et les trois autres sur la gauche se replient pour prendre place dans la coiffe d'Ariane 5, avant de reprendre leur position dans l'espace. Le tout est monté sur un mât télescopique. Bref, c'est un origami complexe.

Cette délicate opération de déploiement doit durer deux semaines tout de même, soit la moitié du temps nécessaire pour atteindre la position finale. Les scientifiques ont même anticipé d'éventuels soucis en redondant « *tout ce qui est possible de l'être* ». Le télescope peut même fonctionner – dans un mode dégradé – si un seul des deux pans du miroir se met en place.

Le dernier report de quelques semaines est d'ailleurs en lien avec le déploiement du satellite et plus particulièrement les cinq couches du bouclier thermique, d'une surface équivalente à un terrain de tennis pour chacune d'entre elles. Ces dernières sont primordiales, car elles doivent protéger les miroirs et les instruments scientifiques de la lumière et de la chaleur de notre Soleil. Les attaches en « plastiques » inquiétaient un peu les scientifiques, qui ont donc décidé d'apporter des changements au carénage d'Ariane 5.

« *À la demande de la NASA, nous avons introduit une légère modification dans le carénage qui a un impact sur la pressurisation a sa base. Nous avons trouvé la solution et l'avons appliqué pour ce vol* [VA253 en aout 2020, ndlr]. *Je suis donc impatient de voir les résultats* », expliquait Daniel Neuenschwander (le directeur du transport spatial à l'ESA) en septembre 2020. Il y a ensuite eu VA254 en juillet de cette année et VA255 qui est prévu pour le 22 octobre.

Le JWST partira avec la mission VA256 le 18 décembre, Arianespace et la NASA auront donc eu plusieurs missions pour vérifier le fonctionnement de son carénage et la parfaite compatibilité avec le télescope. Le compte à rebours n'est pas encore lancé, mais James Webb touche au but puisque le satellite vient d'arriver en Guyane Française. Il va ensuite pouvoir être installé dans la coiffe d'Ariane 5 en version ECA.

Près de six tonnes, pour 10,5 m de haut et 4,5 m de large une fois plié. Crédits : NASA/Chris Gunn

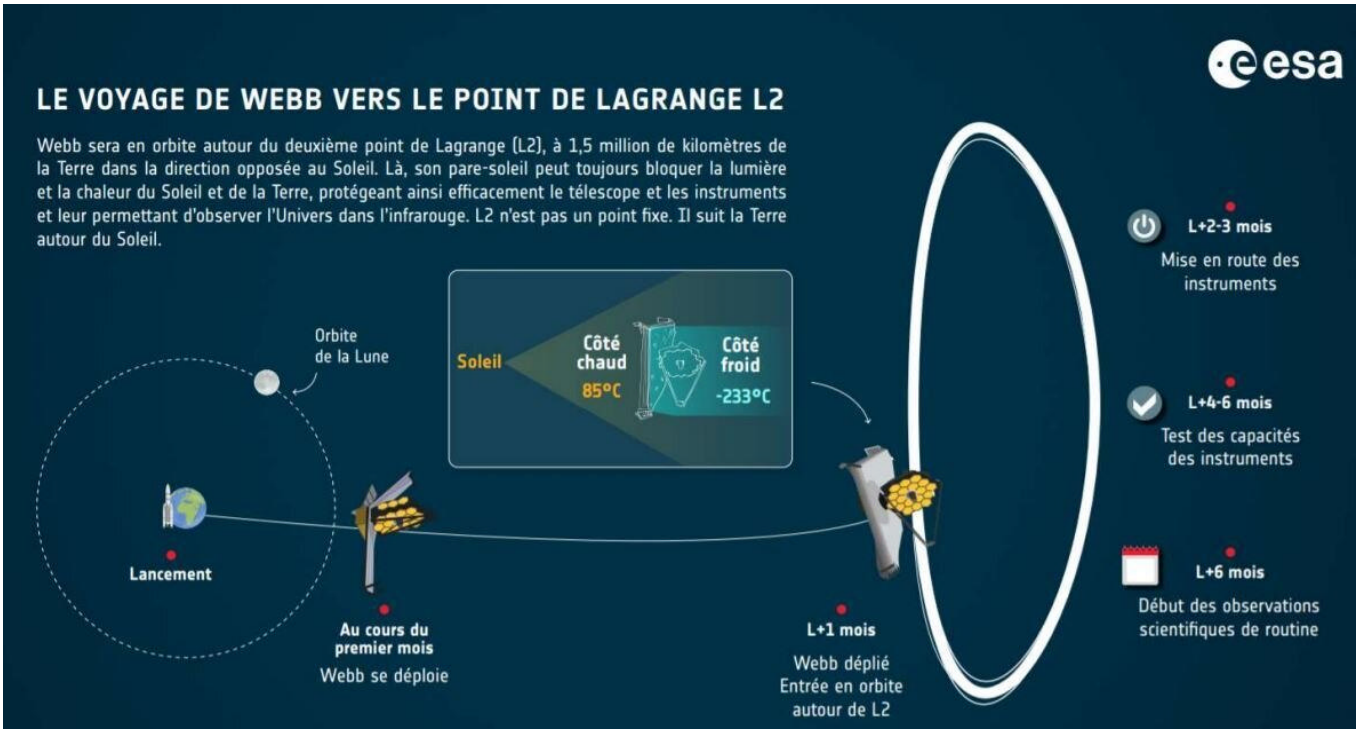
Si tout va bien, début des hostilités en juin 2022

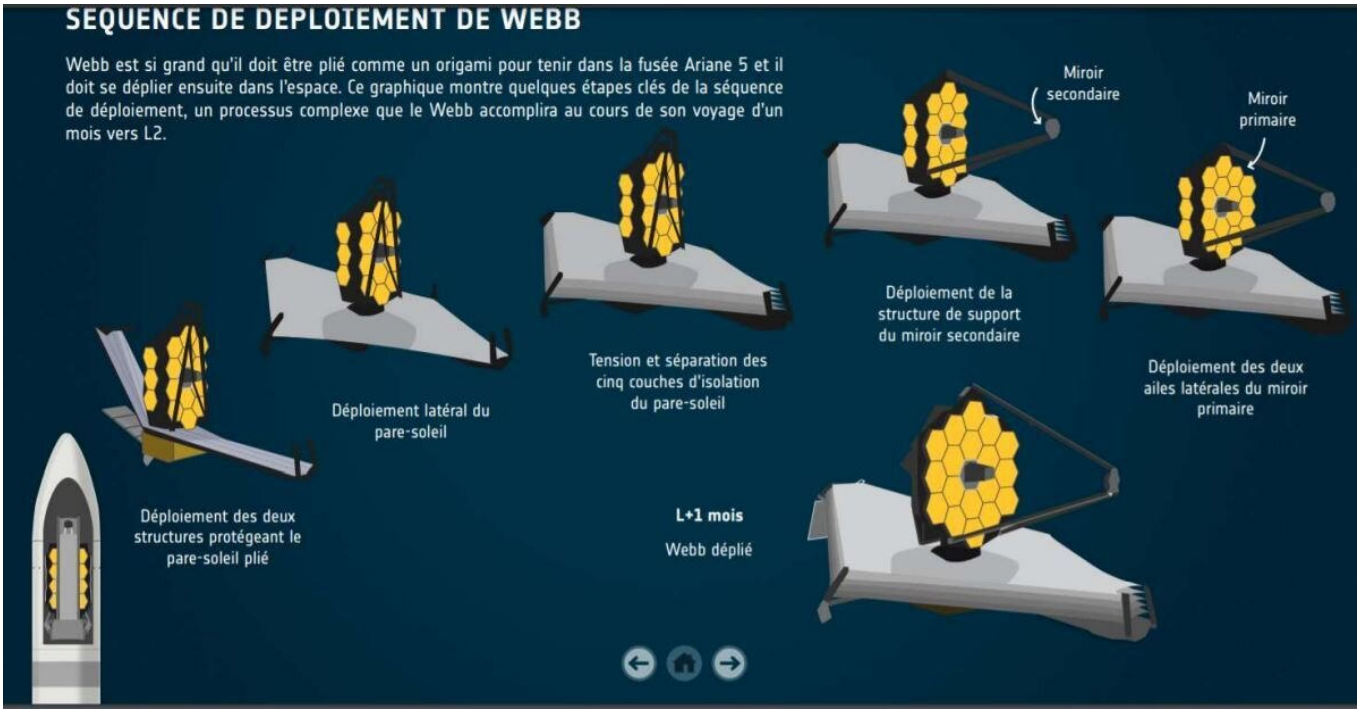
Une fois dans l'espace et déployé, le télescope devra encore rejoindre son camp de base au point de Lagrange L2 à environ 1,5 million de kilomètres de la Terre. Cette période de transit doit durer environ un mois. S'il est lancé à la date prévue, le télescope « *passera l'orbite de la Lune le 21 décembre puis il atteindra sa place le 18 janvier 2022, en accompagnant la Terre autour du Soleil, mais de loin* », explique le CEA.

Le réveil des instruments et une vérification complète seront alors lancés, une procédure qui doit durer au total six mois. Les scientifiques s'attendent donc à commencer les expériences et obtenir les premières « images » dès le mois de juin 2022… si tout va bien.

Contrairement à Hubble qui a eu droit à des missions de maintenance, notamment dès le début pour corriger son problème de vue, ce ne sera pas possible avec le James Webb Telescope. En effet, il ne se trouve pas « *dans la proche banlieue* » de notre planète. La durée nominale de la mission est de 5 ans, mais les scientifiques espèrent bien aller beaucoup plus loin. Cette durée étant un engagement contractuel de la part des fournisseurs, ajouter des années couterait des millions.

Mais comme nous avons eu l'occasion de le voir avec les rovers martiens, des sondes spatiales (les sondes Voyager en sont un parfait exemple) et Hubble, l'obsolescence programmée n'a pas (encore ?) cours dans l'espace.





Ce contenu est désormais en accès libre
Il a été produit grâce au soutien de nos abonnés, l'abonnement finance le travail de notre équipe de journalistes

NEXTINPACT 14 octobre 2021

James Webb: A $10bn machine in search of the end of darkness

By Jonathan Amos BBC Science Correspondent 15 December 2021

Image source, ESO/P.Horálek

Darkness. Total and complete. Few of us get to experience it.

At the bottom of a cave, perhaps; or in a basement when the power shuts off. But there's usually some faint glow coming from somewhere. Even the night sky never seems truly black, not least because there's usually a star or two twinkling in the distance.

So it's hard to imagine a time when all that existed was darkness, when you could travel in any direction for millions of years and still see absolutely nothing.

But this is the story that scientists tell us, of the "dark ages" that gripped the Universe before the first stars ignited. And very shortly, they intend to show us that time, or rather how it ended - how the cosmos ultimately became filled with light.

They'll do it using the biggest telescope ever placed beyond the Earth: The James Webb Space Telescope.

Launching in the coming days, JWST is on a mission to look deeper into the Universe - and therefore further back in time - than even the legendary Hubble Space Telescope, which it succeeds.

Image source, NASA Simply mesmerising: Webb's huge mirror is made from beryllium coated in gold

Equipped with a 6.5m-wide (21ft) mirror and four super-sensitive instruments, Webb

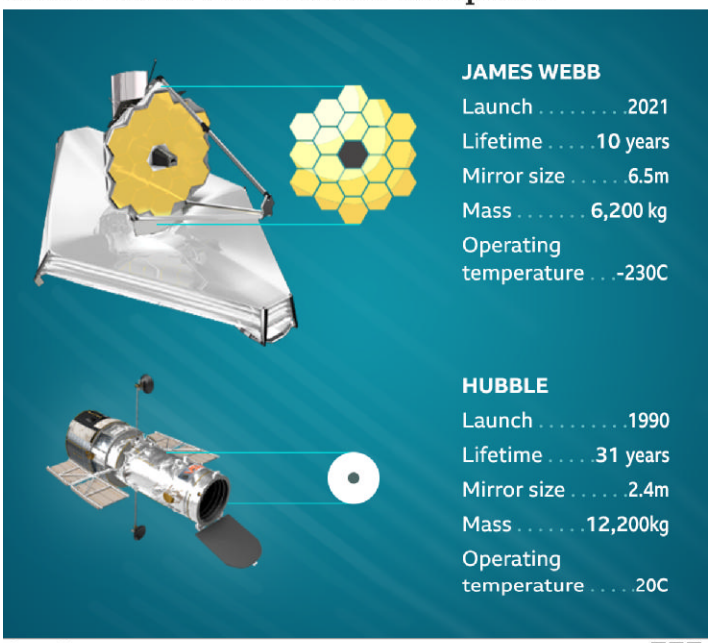
will stare for days at a very narrow spot on the sky to detect light that has been travelling through the immensity of space for more than 13.5 billion years.

"They will be just little red specks," says JWST senior project scientist and Nobel Prize winner John Mather.

"We think there should be stars, or galaxies, or black holes maybe beginning at 100 million years after the Big Bang. There won't be many of them to find at that time but the Webb telescope can see them if they're there, and we're lucky," the US space agency (Nasa) researcher tells a special edition of Discovery on the BBC World Service.

It's an astounding idea that you might still be able to witness such a thing. But that's the consequence of light having a finite speed in a vast and expanding cosmos. If you keep probing deeper and deeper, you should eventually get to retrieve the light from the pioneer stars as they group together into the first galaxies.

James Webb and Hubble compared



Source: Nasa BBC

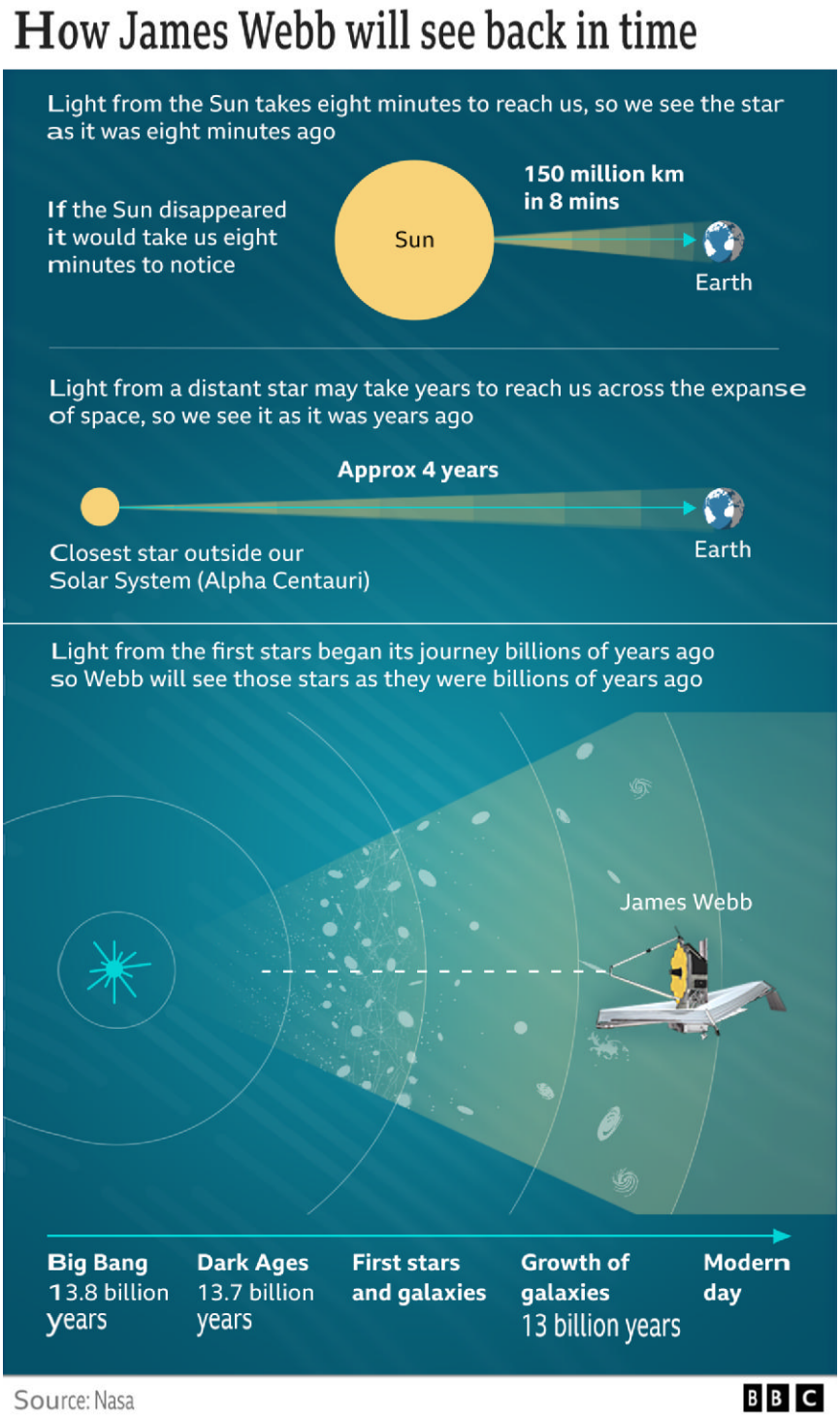
For what purpose, though? Why spend 10 years conceiving, and another 20 years building, a $10bn machine to detect some faint, red blobs on the sky?

Well, essentially it comes down to the most fundamental of questions: Where do we come from?

When the Universe was formed in the Big Bang, it contained only hydrogen, helium and a smattering of lithium. Nothing else.

All the chemical elements in the Periodic Table heavier than these three had to be forged in stars. All the carbon that makes up living things; all the nitrogen in Earth's atmosphere; all the silicon in rocks - all these atoms had to be "manufactured" in the nuclear reactions that make stars shine, and in the mighty explosions that end their existence.

We're only here because the first stars and their descendants seeded the Universe with the material to make stuff.



"Webb's mission is about the formation of all likeness; it's the 'we're all made of stardust' argument," ponders Rebecca Bowler, a University of Oxford astronomer who's a team-member on Webb's NIRSpec instrument.

"It's about the formation of the first carbon atom ever. It's absolutely amazing to me that we could actually observe that process in progress."

We don't know much about the first stars. We can put the laws of physics into computer models and run them to get a sense of what might be possible. And it sounds fantastical.

"Estimates range from anywhere of order 100 to 1,000 times the mass of our Sun," says Marcia Rieke, the principal investigator on Webb's NIRCam instrument. "And, in fact, all stars follow the rule that the length of time they can exist as a star is inversely proportional to their mass - meaning, the more massive a star, the faster it uses up its fuel. And so these early stars might have only lasted at most a million years or so."

Live fast, die young. Our own Sun seems so timid in comparison. It's already burned for nearly five billion years and will probably keep on burning for another five.

The emphasis on the search for the first starlight makes Web sound like a "one note flute". It's actually anything but.

It'll observe just about everything there is to see out there beyond Earth - from the icy moons and comets in our own Solar System to the colossal black holes that seem to reside at the core of all galaxies. It should be particularly adept at studying planets around other suns.

Webb has, however, been tuned to look at all its targets in a very particular way... in the infrared.

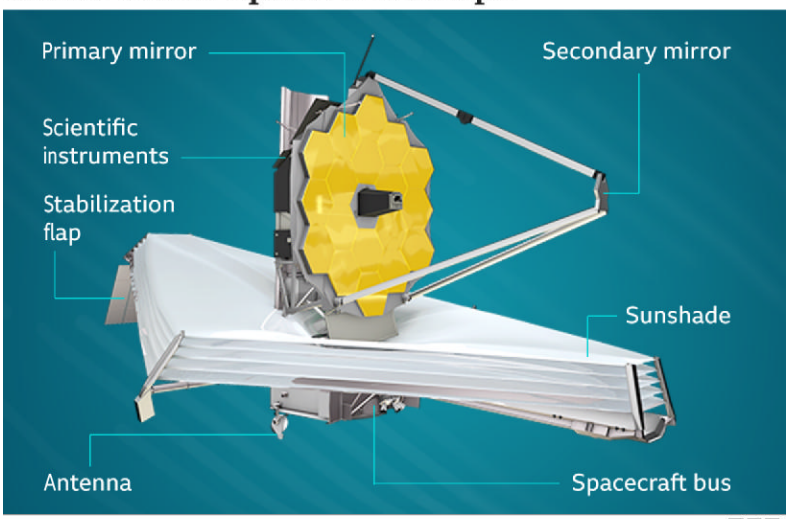
Hubble was designed to be sensitive to light predominantly at optical, or visible, wavelengths. That's the same type of light we detect with our eyes.

Webb, on the other hand, is set up specifically to detect longer wavelengths, which, although invisible to our eyes, are exactly in the regime where the glow from the most distant objects in the Universe will show up.

"Distant starlight gets stretched by the expansion of the Universe and shifts into the infrared region of the spectrum. We call it redshift," explains Richard Ellis, a University College London astronomer who's impatient to explore the end of the dark ages.

"The limiting factor we have with Hubble, for example, is that it doesn't reach far enough into the infrared to detect the starlight signal we want. It's also not a particularly large telescope. It's been a pioneering facility, for sure. Amazing pictures. But the diameter of its mirror is only 2.4m, and the power of a telescope scales with the square of the diameter of the mirror. And that's where JWST comes in."

James Webb Space Telescope



Source: Nasa

It was the 18th-Century astronomer William Herschel who discovered the infrared. He also revolutionised the production of telescope mirrors.

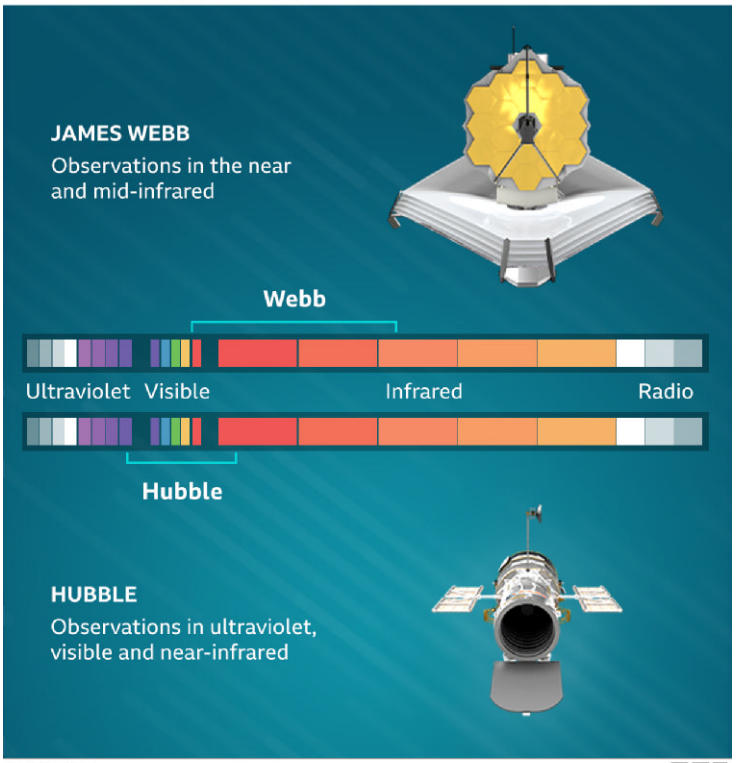
His hand-cranked polishing machines could achieve a super-smooth reflecting surface on a disc cast from an alloy of tin and copper.

Herschel would have appreciated the innovation that went into producing Webb's mirrors.

They're made from the metal beryllium, which is light-weight and holds its shape at very low temperatures. And then there's the gold coating. It's extremely thin, just a few hundred atoms thick, but this addition turns the mirrors into near-perfect reflectors in the infrared.

Ninety-eight percent of incident light is bounced back, ensuring the emission from distant stars experiences minimal loses by the time it reaches Webb's instruments.

Telescopes cover different parts of the electromagnetic spectrum



Source: Esa

Anyone who's seen the telescope's segmented 6.5m primary mirror will attest to its mesmerising quality. Even those who've worked on it for two decades never tire of its beauty.

"There was a time when the mirror was pointed downwards and I had to climb under it to do an inspection of the aft optics," recalls Nasa's Lee Feinberg, who's led the Webb mirror team.

"So, there I was in my bunny suit, looking up at all those gold surfaces and seeing myself being reflected back. It was really quite amazing - all these surfaces focusing back on me. I had this incredible feeling of energy being at the centre of it all."

Hubble famously had a major problem with its primary mirror.

When the telescope arrived in orbit in 1990, scientists realised the reflector hadn't been polished correctly. Its initial pictures of galaxies were blurred.

It wasn't until astronauts could take up some corrective optics that Hubble started to see the cosmos with clarity. And perhaps not unreasonably, it's because of that experience that everyone asks whether Webb's mirror can be guaranteed to be flawless.

James Webb will open up the infrared Universe

Image made with visible light

Image made with infrared

Images: Nasa

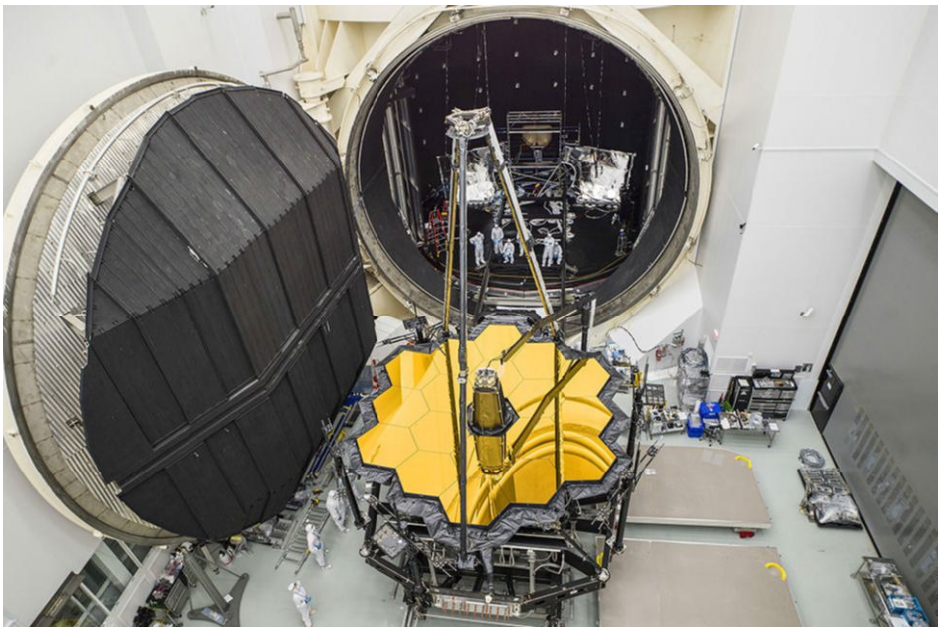
August 2017 was the month that saw Hurricane Harvey stall over Texas, dumping a staggering 127 billion tonnes of rainwater on the state.

It's noteworthy because in the midst of that deluge, Webb was actually "in town", in Houston, at Nasa's Johnson Space Center, undergoing critical testing that would prove its optics were fit to fly.

Engineers had put the telescope in the space simulator that was used in the 1960s to run the rule over Apollo hardware, and even space-suited astronauts.

Chamber A, as the vacuum vessel is known, is gargantuan in volume, and was able to swallow the telescope whole (minus its sunshield). The purpose of the three-month test was to take Webb down to its operating space temperature of just below -233C (40 kelvin), to see if all its mirrors would focus as designed.

It would also give the teams working on Webb's four instruments the chance to see how their systems performed in mock off-world conditions. Assuming, that is, Hurricane Harvey would oblige.



NASA/Chris Gunn *The Apollo chamber gave Webb a taste of what it will be like to operate in space*

At times, the computer consoles talking to Webb inside Chamber A had to be covered in plastic sheeting to protect them from the risk of water dripping from the ceiling. But tucked away behind the thick walls of the vacuum vessel, Webb itself was secure and demonstrating it didn't have a "Hubble problem".

"The segments on the primary mirror have actuators behind them that allow us to move them around, to even change their curvature," explains Lee Feinberg. "When first deployed in space, those segments will be misaligned. But all those actuators will take us from a misalignment measured in millimetres, all the way down to just nanometres. A factor of a million improvement."

Those actuators will make the 18 segments behave as though they're a single, monolithic mirror.

Nasa instrument systems engineer Begoña Vila adds: "This is what we demonstrated in the test chamber. We know when we first focus on a star in space, we'll actually see 18 different spots of light because the 18 individual mirror segments won't be aligned. But then we'll adjust the mirrors to bring all the spots together to make a single star that's not aberrated and good for normal operations. We know Webb works."

"This isn't any old Tupperware; it's space-qualified Tupperware. It meets all the international standards for keeping things flawlessly clean for years," the UK Astronomy Technology Centre director says.

If you want to understand just how brilliant Webb is, but also why it's taken so long to build - some 20 years in the construction phase - you need to look in Gillian's plastic box.

It contains a spare "slicing mirror" from the Mid-Infrared Instrument (MIRI) that she and colleagues have built for the telescope.

About the size of a British 50-pence piece, it looks like a mini musical accordion made for a doll. The little mirror - once again coated in gold - contains a series of slanted "steps".

The arrangement allows the mirror to acquire both an image of the sky but also to chop up the light from, say, a galaxy or the edge of a black hole, and then send that light into a spectrograph. This device will reveal the chemistry, temperature, density and velocity of the targets under study.

"But not just at one point in the image, but at every point across the image, all at the same time. You go from 2D to 3D - to what we call a data cube," she tells me.

Image NASA

James E Webb was a key figure at Nasa tasked with implementing the Apollo Moon-landings project

This had been done in ground-based astronomy, but was novel for Webb. What's more the level of engineering precision required was extremely challenging. The steps had to be very carefully machined so that they had

supremely sharp edges, otherwise light of different wavelengths would bleed across the mirror, contaminating the data.

It took a year to convince the space agencies that MIRI's slicing mirrors would meet the specifications. And here's the thing: this is but one small component in one part of a giant telescope.

When they assembled Webb, every such element had to be tested and then tested again when joined to another element. The whole edifice was built up like a Russian doll.
Former Nasa project scientist Mark Clampin explains: "Because it's such a big and complex observatory, and also because it has to work at cryogenic temperatures, you can't just put everything together at once, and then test it. You put everything into sealed, thermally isolated packages, starting with the smallest pieces and working upwards, testing at every stage. And then as everything gets bigger and bigger, it becomes virtually impossible to go back because you found a problem in a detector, let's say."

Imagine towards the end of the telescope's construction they realised one of MIRI's slicing mirrors was defective.

Disassembling the multi-billion-dollar observatory to get at the sub-standard part would be the nightmare of all nightmares.

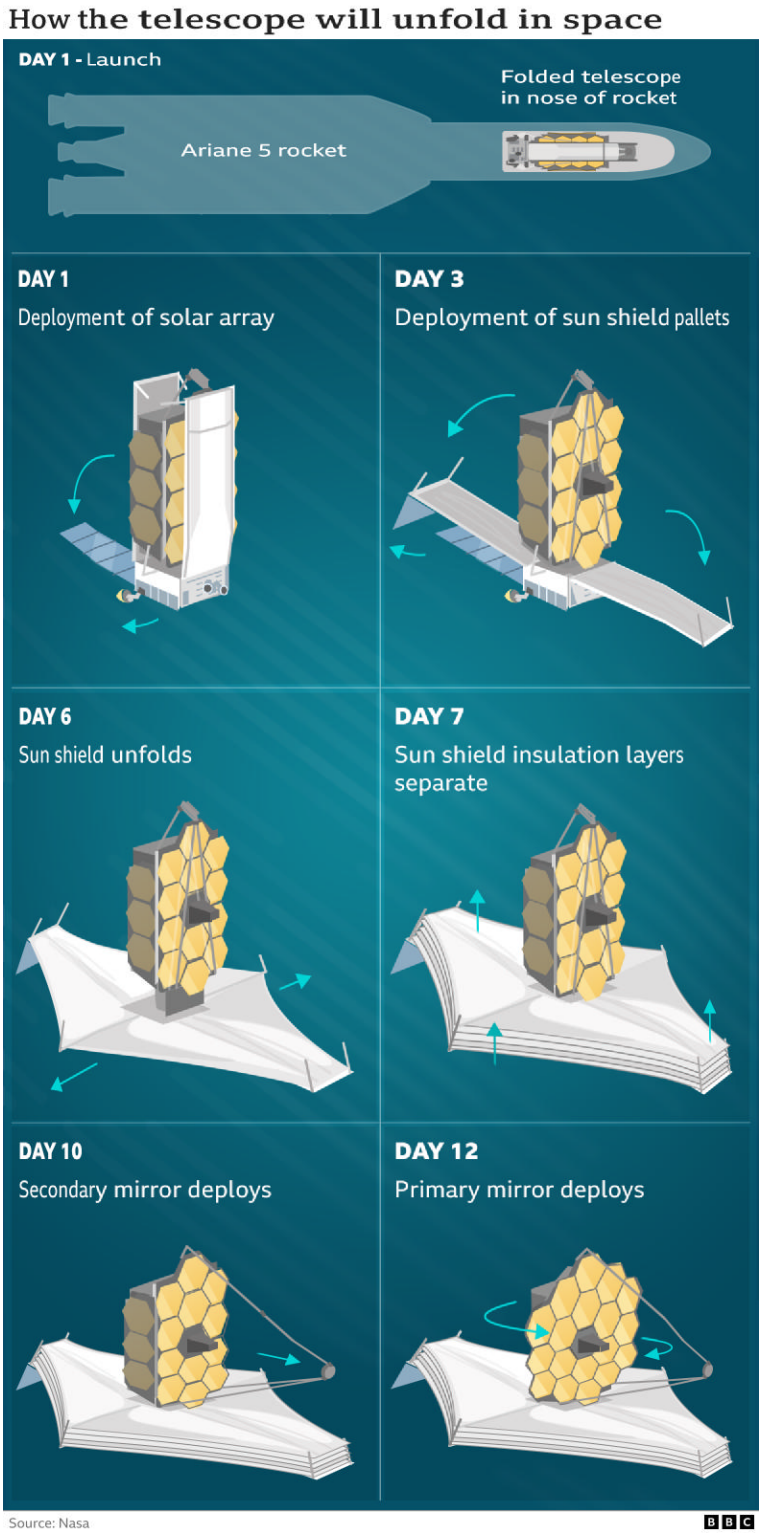
Image NASA/Chris Gunn James Webb is so big it has to be folded to fit in the nosecone of its launch rocket

Mark McCaughrean is a British infrared astronomer who's worked on the project for 23 years in an advisory capacity for the European Space Agency. He's seen bits and pieces of Webb before, but just weeks before the expected launch, from the Kourou spaceport in French Guiana, he's getting the chance to examine the completed observatory for the first time.

"I have no idea what to say. It's astonishing." There's emotion in his voice.

The mirrors and insulation blankets are a blaze of gold and silver. The latter colour has a slight purple tinge to it. We're viewing Webb in its folded configuration, but still it's the size of a single decker bus.
This "bus" has been upended to fit snuggly in the nosecone of its Ariane launch rocket.

"It has an amazing scale to it," comments Mark. "When it unfolds in space - a bird flying freely in space - wouldn't that be a thing to see!"



Webb has had to battle the naysayers all through its development. "It's too complex," they would say. And when you consider the sequence of deployments the telescope must complete in order to begin its observations of the cosmos, it is kind of scary.

Engineers refer to "single point failures" to describe the actions, which, if they don't occur on cue and in the right order, are likely to scupper the whole undertaking. Webb must get past 344 of these decisive hurdles.

Some actions should be very straightforward, such as the deployment of a solar panel and radio antenna in the minutes immediately after launch.

Even the opening of the wings of the primary mirror ought to be regarded as a fairly standard operation. But the actions concentrated around the unfurling of the tennis court-sized shield that will keep Webb cool and protect its vision from the glare of the Sun - that's another matter.

"Some of the key hardware includes 140 release mechanisms, about 70 hinge assemblies, eight deployment motors; we have bearings, springs, gears; about 400 pulleys are needed and 90 cables, totalling 1,312ft (400m)," says Krystal Puga from aerospace manufacturer Northrop Grumman.

"To perfect the sequence, we performed multiple deployment testing over several years on both small and full-size models. We practised not only the deployment but also the stowing process. This gives us the confidence that Webb is going to deploy successfully."

For those of us who haven't been directly involved in the project, the whole unfolding process looks terrifying. What if one of the cords pulling on the super-thin membranes snags, or, worse still, snaps?

John Mather is the calming voice. His many years on the Webb venture have led him to a philosophical position.

"I'm confident," he says, "and yet, I'm also aware that no matter how good a plan we have - and we have a very good plan - bad things can still happen. But my opinion has no effect on the hardware. And, consequently, my worrying also has no effect on the hardware. So I mostly don't worry."

Image NASA/ESA Given all that Hubble has shown us, the old telescope now looks like a very solid investment

I've left the topic until last, but it cannot pass without some comment. The cost.

The figure everyone quotes is $10bn (£7.5bn; €9bn). It covers the direct 20-year build period, the launch and five years of operations in space.

As a cold number, it is eye-watering. But it's worth remembering that Hubble was also very expensive. The legendary observatory had cost more than $7bn in 2021 dollars by the time it had been launched and repaired. It must be nearer twice that now.

But given all that Hubble has shown us about the Universe, and our place in it, the old telescope seems good value.

Image NASA/Chris Gunn For Europeans, the cost of Webb has amounted to the price of a cheap cup of coffee

If Webb succeeds in showing us our atomic origins, who will continue to quibble about cost?

"On face value there's a lot of zeroes, and Europe alone has spent €700m (£600m; $800m) on James Webb," says former European Space Agency project manager Peter Jensen.

"But when you look at it as a cost per inhabitant in Europe, it comes down to a cheap cup of coffee in a cheap café, drunk over a period of 20 years."

BBC 15 December 2021

./.

Le télescope le plus cher du monde s'apprête à partir dans l'espace

Avec un retard astronomique et un budget aussi dilaté que l'espace-temps, la NASA s'apprête enfin à lancer le James Webb à la recherche des toutes premières galaxies. Le jeu en vaut-il encore la chandelle pour ce télescope le plus cher et le plus sophistiqué? Evidemment

LE TEMPS

20 décembre 2021

Fabien Goubet

Pièce maîtresse du James Webb, le miroir a subi de nombreux tests, comme ici au Centre de vol spatial Marshall de la NASA. © David Higginbotham / NASA

Avec sa forme de losange, il ressemble à un croiseur interstellaire sorti de *Star Wars.* Le télescope spatial James Webb (JWST) ne va cependant pas partir à l'assaut de flottes rebelles, mais à la découverte des pans les plus secrets de l'Univers et, par là même, de nos origines les plus profondes.

Le James Webb est l'instrument de tous les superlatifs: le plus sophistiqué, le plus prometteur, mais aussi un des plus chers et des plus controversés. Et des plus en retard, aussi. On n'ose y croire à l'heure d'écrire ces lignes, tant nous l'avons déjà écrit par le passé, mais le lancement de cette Arlésienne spatiale est vraiment sur le point d'arriver, le 24 décembre. Après moult reports et des records somme toute astronomiques: quatorze ans de retard et un budget multiplié par 20 établi aujourd'hui à 10 milliards de dollars. Alors, probablement pour la dernière fois avant son départ pour les étoiles, ne boudons pas notre plaisir et revenons sur cet instrument à nul autre pareil.

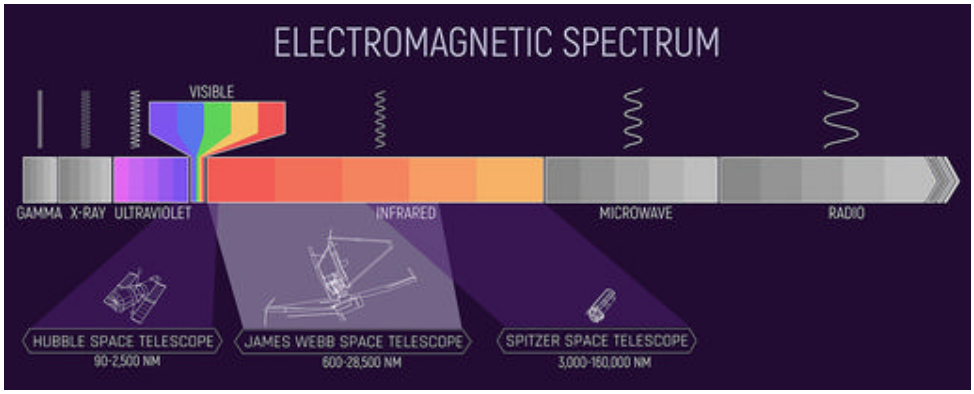
Des yeux infrarouges

Ce beau jouet conçu par les agences spatiales américaine (NASA), européenne (ESA) et canadienne (CSA) est avant tout le télescope le plus puissant jamais construit. Cela grâce à la pièce maîtresse de l'ouvrage, son vaste miroir principal de 6,5 mètres dont les alvéoles hexagonales sont d'un doré iridescent.

Un test de repli du miroir principal. Northrop Grumman

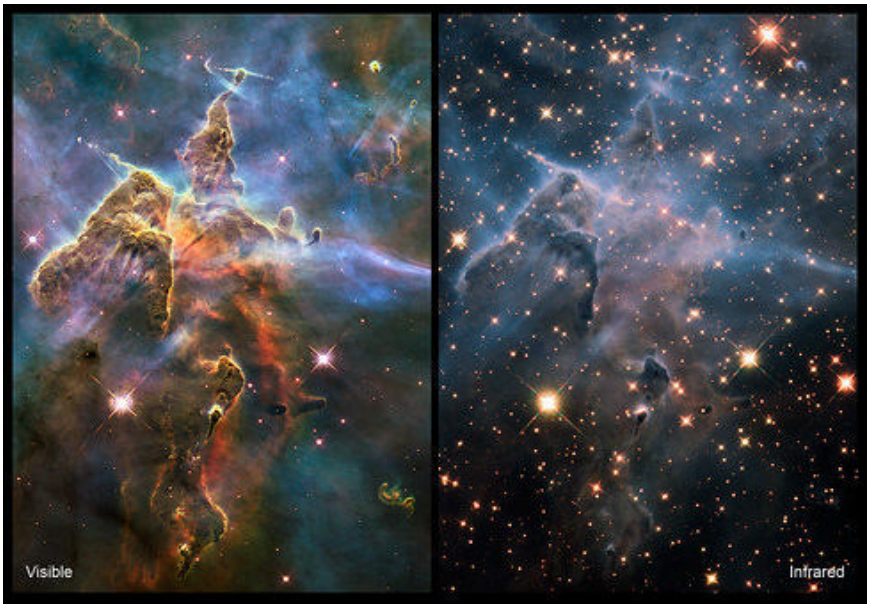
C'est avec ce miroir que le James Webb va sonder l'Univers très ancien tel qu'il existait peu après sa naissance, il y a plus de 13 milliards d'années: un Univers peuplé de galaxies primordiales, apparues quelques dizaines de millions d'années après le Big Bang et soumises à des processus physiques inconnus gouvernés par des forces mystérieuses, peuplées de matière invisible et autres trous noirs cyclopéens. Tout ce joyeux zoo a naturellement émis de puissants rayonnements, et c'est en capturant ce qu'il en reste à l'aide d'un télescope que l'on pourra enfin connaître le chapitre introductif de notre histoire.

Telle fut du moins l'idée initiale des astronomes de la NASA dès 1996. Ne leur restait plus qu'à imaginer l'instrument répondant à ces besoins. Expansion accélérée de l'Univers oblige, les objets cosmiques s'éloignent de nous, et de plus en plus vite. En termes physiques, cela s'explique par une dilatation de l'espace qui « étire » la lumière de ces anciennes galaxies, augmentant ainsi sa longueur d'onde jusqu'au domaine des infrarouges (les astronomes appellent ce phénomène le *redshift*, ou décalage vers le rouge). Pour résumer de manière plus pragmatique, plus l'objet observé est lointain, plus la partie visible de sa lumière est décalée vers l'infrarouge.



Comparaison des domaines de longueurs d'onde détectées par les télescopes Hubble, James Webb, et Spitzer (le prédécesseur du JWST). NASA / STScI

Voilà pourquoi le James Webb va scruter ce type de lumière, dans des longueurs d'onde jusqu'à 28 micromètres (µm), là où le télescope spatial Hubble, conçu pour d'autres domaines d'observation, « voit » jusqu'à 1,6 µm. Autrement résumé, le Webb pourra voir beaucoup plus loin dans l'espace et le temps que son cousin. « Les plus anciennes galaxies détectées par Hubble existaient vers 400 millions d'années après le Big Bang, rappelle Pascal Oesch, de l'Université de Genève. Les simulations prédisent que les premières galaxies se seraient formées vers 250 millions d'années après le Big Bang. Mais qui sait ce que le James Webb va trouver? »

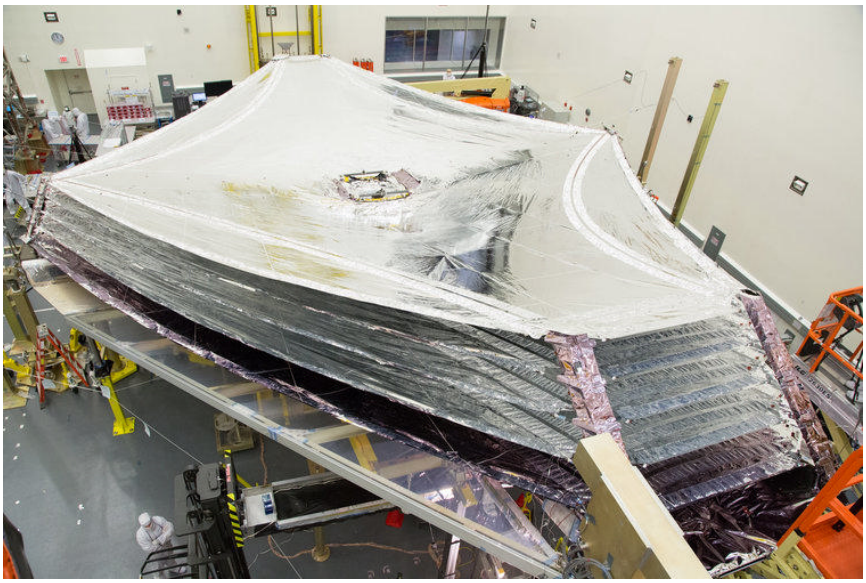


Deux photos de la Nébuleuse de la Carène prises par Hubble en visible (gauche) et en infrarouge. Cette dernière révèle ce qui se cache derrière les nuages de gaz opaques. NASA

Marche à l'ombre

Regarder par le judas de nos origines n'a rien d'une sinécure. D'abord parce que l'Univers ancien n'est pas le seul à rayonner dans l'infrarouge. N'importe quelle source de chaleur en émet également, du Soleil à notre propre corps. Depuis la Terre, parvenir à discerner les infrarouges des toutes premières étoiles dans le brouhaha ambiant revient à essayer d'écouter le bruit d'un moustique au voisinage d'un marteau-piqueur.

Impensable donc d'utiliser un télescope terrestre: il faut expédier le Webb dans l'espace, là où il sera bien au frais, à l'abri des perturbations. L'endroit retenu est situé loin, très loin dans l'espace profond, au point de Lagrange 2, un point d'équilibre gravitationnel situé quatre fois plus loin que la Lune, à 1,5 million de kilomètres dans la direction opposée au Soleil.



Le bouclier thermique du James Webb, composé de 5 feuillets en kapton, un film de polyamide. Northrop Grumman

Là, le télescope sera aligné avec la Terre dont il suivra l'orbite, notre planète bloquant une part importante des infrarouges solaires. Le parasol terrestre ne suffisant pas, le Webb est de surcroît équipé d'un bouclier thermique constitué de cinq couches en forme de losange qui maintiendra les instruments à l'ombre, à -233° C, parés à capter les subtiles lumières de l'aube des temps.

Le miroir, défi d'ingénierie

Celles-ci sont captées par le miroir principal, merveille d'ingénierie de précision qui fait rêver les astronomes, mais donne des cauchemars aux ingénieurs. D'abord parce qu'un miroir de plus de 6 mètres, c'est fragile, forcément. Et c'est lourd, trop pour une fusée. Pour gagner en poids, il a fallu totalement repenser sa conception en utilisant du béryllium, matériau poids plume et résistant. Comparé au miroir de Hubble, il est plus léger d'un facteur 10, à unités de surface équivalentes.

Les ingénieurs ont ensuite dû trouver un moyen de le faire rentrer dans une fusée. Pour ce faire, ils ont imaginé sa structure en 18 alvéoles hexagonales de 1,3 mètre, qui permet notamment au miroir de se replier comme un éventail et de tenir dans la coiffe de la fusée Ariane 5.

Une fois replié, le JWST occupe pratiquement toute la coiffe d'Ariane 5. NASA

Mais le plus vertigineux est ailleurs. Pour être sensible aux infimes lumières ancestrales, le miroir doit être parfaitement plat. Chaque hexagone a donc été poncé, poncé, et encore poncé avec une telle obsession que s'il occupait la superficie des Etats-Unis, la bosse la plus grande ne dépasserait guère la taille d'une tasse à café. Chacun est en outre plaqué d'or pur, afin de réfléchir davantage les infrarouges. Enfin, de petits actuateurs ajustent l'inclinaison de chaque hexagone avec une précision diabolique d'1 nanomètre, soit à peu près un dixième de la taille du coronavirus SARS-CoV-2.

Plus que les risques inhérents au lancement, c'est la phase de transit qui sera la plus cruciale. La séparation de la fusée, le déploiement du miroir puis du bouclier, dont les feuillets se déplieront comme une voile, les corrections de trajectoire: tout cela donnera des sueurs froides aux scientifiques durant le premier mois. Viendra ensuite une période de calibration des quatre instruments principaux, avant que la science ne démarre réellement.

Mini-éclipses

Outre les galaxies et les étoiles anciennes, le James Webb s'intéressera également aux exoplanètes. Un quart de son temps leur sera dédié, témoignant de l'ascension de ce champ de recherche qui en 1996 n'en était qu'à un stade embryonnaire (la première exoplanète ne fut découverte qu'en 1995).

Les exoplanètes lointaines sont difficiles à observer en imagerie directe car noyées dans la lumière stellaire bien plus intense. Pour y parvenir, la caméra de l'instrument MIRI est équipée de dispositifs optiques appelés coronographes qui permettent d'occulter la lumière de l'étoile, comme si l'on créait une mini-éclipse. « Avec ses coronographes spécialement optimisés pour l'infrarouge moyen aux alentours de 10 µm, la caméra de MIRI est le seul instrument capable de produire des images directes d'exoplanètes géantes jeunes à ces longueurs d'onde », se réjouit Anthony Boccaletti, astrophysicien au Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique de l'Observatoire de Paris-PSL.

Les yeux infrarouges de Webb lui permettront en outre de partir à la recherche de traces de vie ailleurs. « Il pourra détecter des signatures moléculaires de méthane, d'ammoniac et d'autres composants organiques éventuellement présents dans l'atmosphère d'exoplanètes », annonce David Ehrenreich, astrophysicien à l'Observatoire de Genève et responsable scientifique du télescope Cheops. L'instrument piloté depuis la Suisse travaillera de concert avec le James Webb, en lui signalant les candidates exoplanètes les plus intéressantes. « Avec le James Webb, les astronomes auront à leur disposition une chaîne de production de découvertes d'exoplanètes: le satellite TESS détectera les nouvelles, Cheops analysera leur taille et leur densité, et enfin le James Webb étudiera les plus intéressantes. » « A chaque fois que l'on a posé le regard sur de nouvelles longueurs d'onde, on a fait de grandes découvertes », abonde Pascal Oesch.

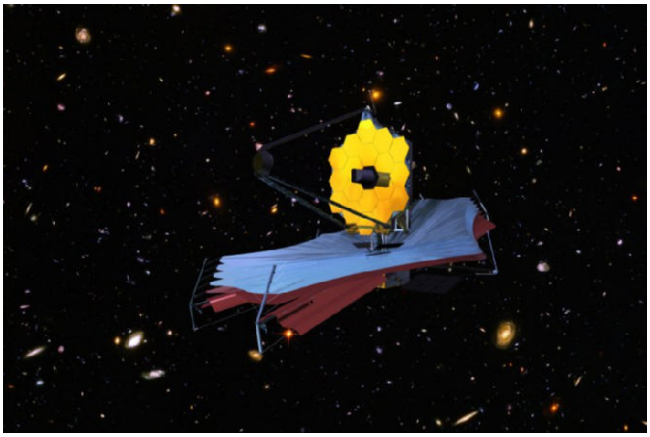
Mais encore faudra-t-il mettre le JWST en service sans accroche. Nul doute que la communauté internationale aura les yeux fixés vers Kourou, d'où il partira très prochainement. « C'est un lancement d'une complexité colossale. Si tout fonctionne, ce sera prodigieux », dit David Ehrenreich. Enthousiasme partagé par Anthony Boccaletti: « Cela fait vingt ans que l'on travaille sur ce projet. Après les retards, les reports, la pandémie, cette fois on y est! » Sauf imprévu.

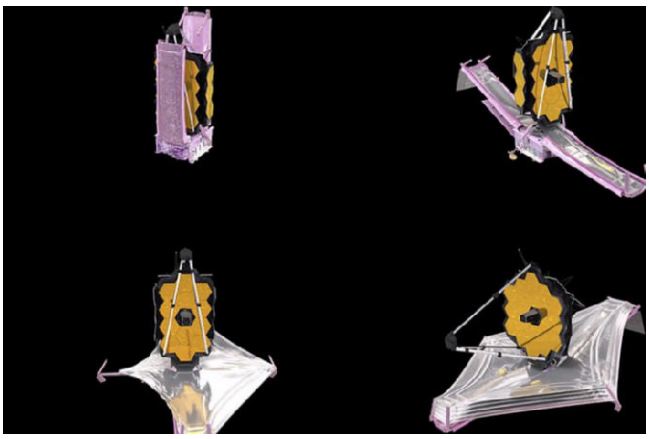
L'homophobie supposée de James Webb au cœur d'une controverse

Au vu de la complexité de sa construction, c'est certain, trouver un nom au télescope a dû être une simple formalité. Erreur. Le choix de « James Webb », ancien administrateur de la NASA pendant le programme Apollo entre 1961 et 1968, ne fait pas l'unanimité au sein de la communauté scientifique. Plus de 1200 personnes – dont des astronomes ayant obtenu du temps d'observation sur l'instrument – ont signé en mai une pétition réclamant à la NASA un changement de nom, au prétexte que les gays et lesbiennes ont été persécutés sous la direction de James Webb.

Après avoir mené sa propre enquête avec l'aide d'archivistes et d'historiens, la NASA a conclu en septembre ne pas avoir trouvé de preuve de son implication directe, notamment au sujet du licenciement en 1963 de Clifford Norton, un employé alors suspecté d'homosexualité. La décision de conserver le nom et l'absence de transparence de l'enquête, non dévoilée, ont suscité de nombreuses critiques. James Webb a été sous-secrétaire d'Etat de 1949 à 1952 sous l'administration Truman, dont on sait qu'elle acceptait, voire encourageait le licenciement des homosexuels, rappelle à *Nature* Rolf Danner, un astronome de l'agence américaine. Déçus, certains scientifiques envisagent de rappeler les positions anti-LGBT de Webb dans leurs publications, quand pour d'autres l'acronyme JWST sera désormais le « Just Wonderful Space Telescope ». 20.12.2021 LE TEMPS

Lancement réussi du télescope spatial James Webb





LA LIBERTÉ

25.12.2021 ATS, AFP

Successeur de Hubble, le télescope spatial James Webb devrait permettre aux chercheurs de mieux connaître les exoplanètes et les premières galaxies qui se sont formées après le Big Bang. © NASA/ESA

Le télescope spatial James Webb (JWST) a décollé samedi avec succès de Kourou sur une fusée Ariane 5 pour rejoindre son poste d'observation, à 1,5 million de km de la Terre. Il était attendu depuis trente ans par les astronomes du monde entier.

Le JWST, le plus puissant télescope spatial jamais conçu, a décollé du Centre spatial guyanais à 13h20, avant de se séparer 27 minutes plus tard, comme prévu. "Bonne séparation Webb télescope, Go Webb", a annoncé le directeur des opérations de lancement Jean-Luc Voyer depuis le bocal du centre de contrôle sous des tonnerres d'applaudissements.

"Une importante étape a été franchie", a tweeté la Nasa, qui a fabriqué le JWST avec la collaboration des agences spatiales européenne (ESA) et canadienne (ACS). Le groupe Arianespace a salué de son côté "le meilleur cadeau de Noël qui soit", avec ce lancement.

Juste après son envol, le télescope a survolé l'Atlantique, puis l'Afrique, jusqu'à la séparation finale, intervenue à 1400 km d'altitude et une vitesse de plus de 34'000 km/h. Une caméra embarquée sur l'étage supérieur d'Ariane a montré cette séparation et surtout le déploiement des panneaux solaires du James Webb.

Le télescope mettra environ un mois pour rejoindre sa position finale. Avec l'ambition d'éclairer plus avant l'humanité sur deux questions qui la taraudent: "D'où venons-nous?" et "Sommes-nous seuls dans l'Univers?". Et apercevoir ainsi les lueurs de "l'aube cosmique", quand les premières galaxies ont commencé à éclairer l'Univers depuis le Big bang, il y a 13,8 milliards d'années.

Dans les pas d'Hubble

Il permettra de mieux comprendre la formation des étoiles et des galaxies, et observer les exoplanètes dont les astronomes découvrent toujours plus de spécimens, pour y identifier peut-être un jour d'autres Terres.

Le James Webb va marcher dans les pas du télescope Hubble, qui a révolutionné l'observation de l'Univers: c'est grâce à lui que les scientifiques ont découvert l'existence d'un trou noir galactique au centre de toutes les galaxies, ou de vapeur d'eau autour d'exoplanètes.

Imaginé par la Nasa dès le lancement de Hubble en 1990, le JWST s'en distingue à plus d'un titre. La taille de son miroir, de 6,5 mètres d'envergure, lui procure une surface et donc une sensibilité sept fois plus grande, suffisante pour détecter la signature thermique d'un bourdon sur la Lune.

Autre différence: son mode d'observation. Là où Hubble observe l'espace essentiellement dans le domaine de la lumière visible, James Webb s'aventure dans une longueur d'onde échappant à l'oeil: l'infrarouge proche et moyen. Un rayonnement que tout corps, astre, humain ou fleur, émet naturellement.

Cette lumière sera étudiée par quatre instruments, munis d'imageurs et de spectrographes pour mieux la disséquer. Leur développement a mobilisé une pléthore d'ingénieurs et scientifiques, sous la houlette de laboratoires et industriels américains et européens.

Grâce à cela "en regardant les mêmes objets (qu'avec Hubble), on verra de nouvelles choses", expliquait à Paris l'astronome Pierre Ferruit, co-responsable scientifique du télescope pour l'ESA. Par exemple les premières galaxies, des objets dont l'éloignement a fait virer leurs lumières vers le rouge. Ou les jeunes colonies d'étoiles, qui grandissent masquées dans les nuages de poussière de leurs pouponnières. Ou encore l'atmosphère des exoplanètes.

Dix milliards de dollars

La condition impérative au bon fonctionnement du JWST est une température ambiante si basse qu'elle ne trouble pas l'examen de la lumière. Hubble est en orbite à quelque 600 km au-dessus de la Terre. A cette distance, le JWST serait inutilisable, chauffé par le soleil et sa réflexion sur la Terre et la Lune.

Il va être placé à l'issue d'un voyage d'un mois à 1,5 million de km de là. Et sera protégé du rayonnement solaire par un bouclier thermique de cinq voiles souples qui dissipera la chaleur, abaissant la température (qui est de 80°) à -233 degrés côté télescope.

Mais avant d'en arriver là, la machine et ses concepteurs vont devoir réaliser un véritable exploit: son déploiement sans failles, avec une série d'opérations impliquant par exemple pour le seul bouclier 140 mécanismes d'ouverture, 400 poulies et presque 400 mètres de câbles.

Car l'observatoire, avec ses 12 mètres de haut et un bouclier équivalant à un court de tennis, a dû être plié pour se glisser dans la coiffe d'Ariane 5. "L'encapsulage" s'est effectué avec guidage laser pour éviter tout dommage à l'instrument, dont le développement a coûté quelque dix milliards de dollars.

Pour ces manœuvres, la Nasa a aussi imposé des mesures draconiennes de propreté pour éviter toute contamination du miroir du télescope, par des particules ou même une haleine chargée. Il faudra plusieurs semaines pour savoir si le télescope est prêt à fonctionner. Avec une entrée officielle en service prévue en juin.

Le site de la NASA dédié à James Webb

De l'arrivée à l'installation de lancement de l'ESA à Kourou en Guyane française, en passant par le lancement et le déploiement, les pages liées ici sont votre point de départ pour explorer le lancement et la mise en service de Webb.

https://jwst.nasa.gov/

Voir aussi

https://fr.wikipedia.org/wiki/James-Webb_(t%C3%A9lescope_spatial)
https://fr.wikipedia.org/wiki/James_E._Webb