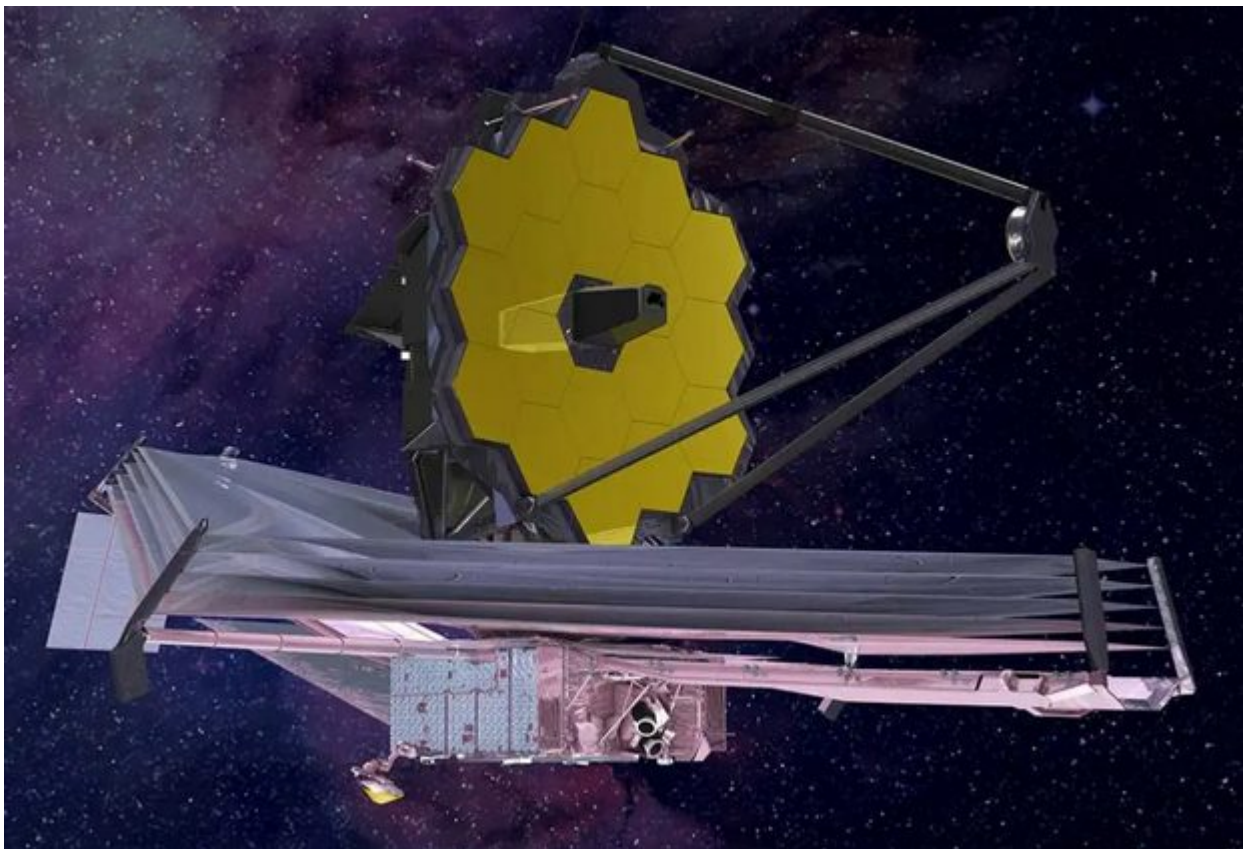
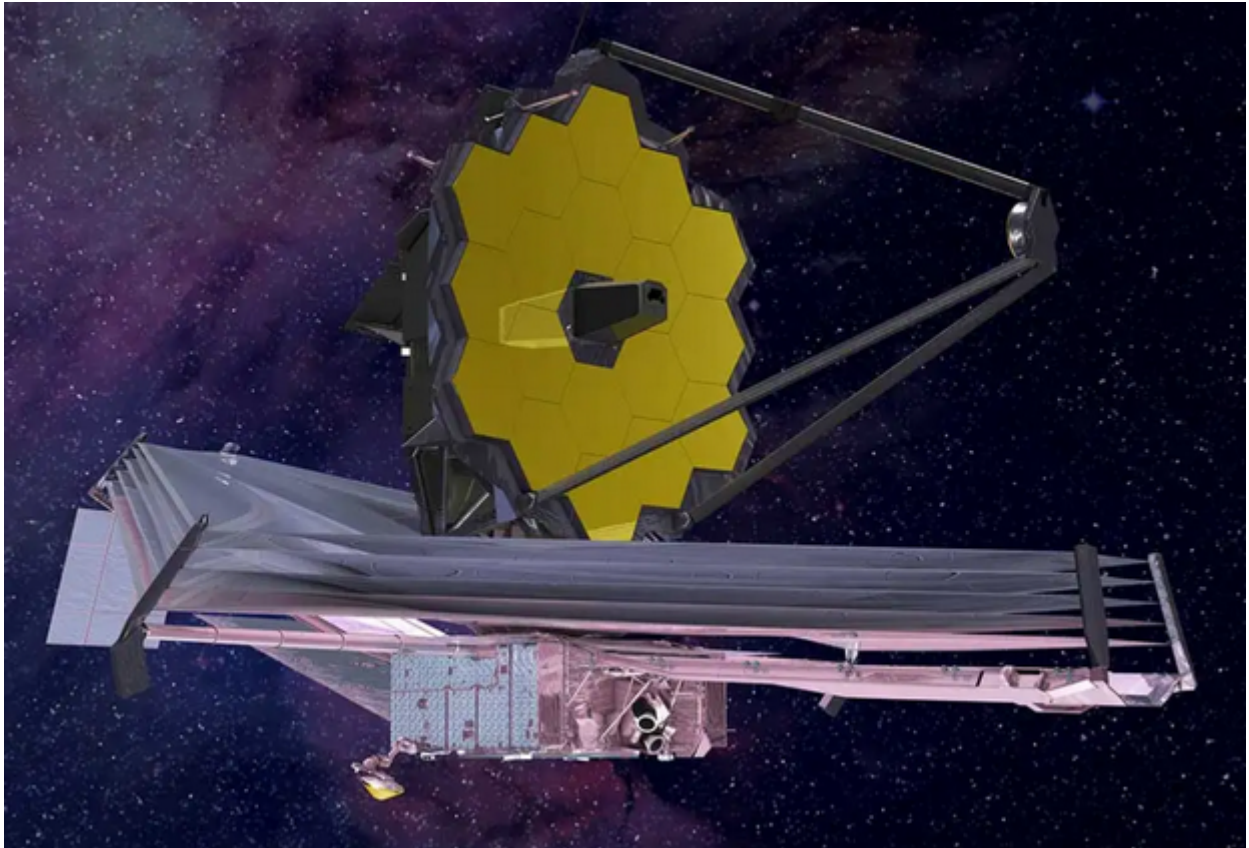


Le plus puissant télescope spatial jamais lancé, le JWST sera mis en orbite le 18/12/2021 !

écrit par Professeur Tetenlair | 29 septembre 2021





Développé par la NASA en coopération avec l'Agence Spatiale Européenne (ESA) et l'Agence Spatiale Canadienne (ASC), il observera l'univers dans l'infrarouge.

Le JWST : 10 milliards de dollars, 30 ans de développement et 12 ans de retard.

HUBBLE ET APRÈS ...

Hubble (HST) est actuellement, désormais plus pour très longtemps si la mise en orbite du James Webb n'est pas à nouveau retardée, le plus extraordinaire et magnifique des télescopes spatiaux qui a donné des millions de photos toutes plus sublimes les unes que les autres, et fait découvrir des milliers de choses nouvelles.

Pour cela, je t'invite à relire (ou lire) l'article de ton serviteur sur RR publié le 29/04/2021, intitulé « *Beau à en pleurer : tu ne peux pas mourir avant d'avoir vu les photos de Hubble* » en [cliquant ici](#).

Après maintenant 31 ans, la mission qui lui avait été impartie

pour scruter l'Univers proche a été accomplie summa cum laude (= avec la plus haute louange). À tel point que l'heure de sa retraite est loin d'avoir sonné ! Elle est au contraire sans cesse repoussée. Placé en orbite en 1990 à 570 km au-dessus de la Terre et pesant 11 tonnes, le 13 juin 2021, un des ordinateurs de Hubble a cessé de fonctionner. Il s'agit du «Payload Computer» qui contrôle les instruments scientifiques. La panne signifiait donc qu'Hubble ne pouvait plus accomplir d'observations...Sniff !

Mais c'était sans compter sur l'esprit de conceptions et prévisions avec lesquels la NASA construit ses télescopes. En effet, après une panne d'un mois, Hubble a repris les observations scientifiques en photographiant 2 galaxies. Le télescope spatial a été réparé à distance, par la mise en route d'un ordinateur de secours à son bord le 15 juillet 2021. Fallait y penser, mettre un ordinateur de secours dans le télescope, lequel ordinateur ne sera mis en route que 31 ans plus tard, qui permettra au télescope de continuer de fonctionner normalement. Moi, je dis « chapeau » !!

POURQUOI LE TÉLESCOPE SPATIAL JAMES-WEBB ?

Il reste que non seulement tous les télescopes vieillissent, mais à mesure que leurs utilisations nous aident à amplifier nos connaissances, elles suscitent en nous de nouvelles interrogations, auxquelles ceux-ci ne peuvent plus répondre, faute d'avoir été conçus pour ce faire.

La devise de l'astronome est simple : voir toujours plus loin, et toujours mieux.

Non seulement le HST (Hubble), mais aussi Chandra, XMM-Newton, et Spitzer depuis l'espace, et les très grands télescopes actuels au sol, le géant VLT, les jumeaux Gemini, le couple Magellan, et les télescopes siamois Keck ont aiguisé la gourmandise des astrophysiciens, dont l'appétit est insatiable (y'a pas qu'les frites dans la vie qui mettent en appétit...).

Si l'on plaçait les objets de l'Univers local, vus par Hubble en lumière ultraviolette et visible, à des distances dites cosmologiques, c'est-à-dire, en fait, si on les reculait encore beaucoup, beaucoup plus loin, ils ne seraient visibles que dans la lumière émise à des longueurs d'onde qui correspondent au rouge lointain et à l'infrarouge. Et l'astronomie ne se réduit pas à la cosmologie ! De nombreux thèmes demandent à être explorés plus en avant. Pendant longtemps, l'existence d'exoplanètes n'avait pu être prouvée par l'observation. La distance, mais aussi le manque de luminosité de ces objets célestes rendent leurs détections très difficiles.

D'une part, une planète ne produit pas de lumière : elle ne fait que diffuser celle qu'elle reçoit de son étoile, ce qui est bien peu.

D'autre part, la distance qui nous sépare de l'étoile est de loin bien plus importante que celle qui sépare la planète de son étoile : le pouvoir séparateur de l'instrument de détection doit donc être très élevé pour pouvoir les distinguer.

Voir plus loin dans l'Univers cela ne consiste pas seulement à utiliser un télescope plus puissant : il faut prendre en compte l'expansion de l'Univers, qui décale le spectre des objets lointains vers le rouge.

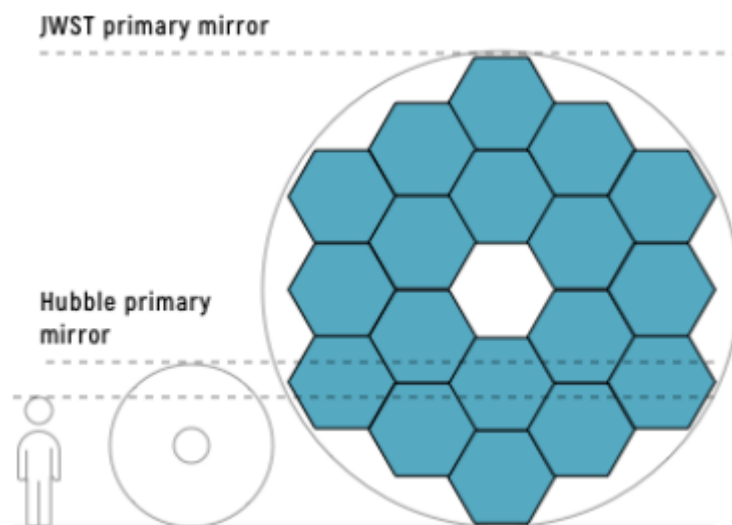
Par conséquent, pour pouvoir répondre aux questions laissées en suspens par son illustre prédécesseur, le nouveau télescope spatial qu'il fallait construire ne devait pas être seulement un « Super-HST » (« Super Hubble »), mais il devait aussi être spécialement adapté pour « voir » de tels rayonnements, l'infrarouge.

Le JWST effectue ses observations de l'orange du spectre visible à l'infrarouge moyen, de 0,6 à 28 micromètres. Il surpasse le télescope spatial Hubble pour l'observation dans

l'infrarouge, mais ne permet pas, contrairement à celui-ci, d'observer le spectre lumineux dans l'ultraviolet et en lumière visible (tous deux observables par les télescopes au sol).

Le miroir du JWST aura un diamètre de 6,5 m. Or, si fabriquer un miroir de cette dimension ne pose plus de problème de nos jours, le placer en orbite est une toute autre histoire : en effet, si le HST, qui n'a "qu'un" diamètre de 2,4 m, était mis à l'échelle du JWST, il serait beaucoup trop lourd pour pouvoir être placé dans l'espace ! De plus, aucune fusée n'est actuellement assez grande pour contenir un miroir monolithique de cette taille puisque le diamètre utile d'Ariane 5 (qui lancera le JWST) ne dépasse pas 5 m.

Le JWST a fait l'objet de nombreuses innovations (et prouesses) techniques (tout comme Hubble à son époque me diras-tu !)



Ne serait-ce qu'en ce qui concerne la fabrication du miroir primaire, en particulier avec l'utilisation de béryllium pour qu'il soit ultra-léger, mais aussi pour le rendre pliable et, surtout, *pour que sa forme puisse être ajustée*, une fois les segments assemblés dans l'espace.

Le JWST a aussi bénéficié de développements récents réalisés sur les détecteurs, qui doivent pouvoir enregistrer des

signaux extrêmement faibles, du contrôle de micro-obturbateurs par des systèmes de micro-électromécanique (pour le positionnement des objets à observer avec le spectrographe), et le système cryogénique requis pour refroidir le détecteur de MIRI jusqu'à une température de 7 K !

Toutes ces technologies « de pointe » ont été « qualifiées », c'est-à-dire que leur efficacité et fiabilité ont été dûment démontrées, certifiées conformes aux spécifications requises, et aptes pour leur utilisation dans l'espace, et ce, depuis janvier 2007.

IL EST D'USAGE DE DIRE QUE LE JWST EST LE SUCESSEUR DE HUBBLE. EST-CE VRAIMENT LEGITIME ?

Il y a, bien sûr, des similitudes : les deux télescopes sont placés dans l'espace. Les deux ont pour objectif de parfaire nos connaissances des phénomènes astrophysiques, par exemple les mécanismes qui gouvernent la formation d'une étoile et de son système planétaire, ou la formation et l'évolution des galaxies. Mais il existe cependant des différences fondamentales entre le HST et le JWST.

Les quatre principaux objectifs scientifiques du JWST sont :

1. la recherche de la lumière des premières étoiles et galaxies qui sont apparues dans l'univers après le big bang,
2. l'étude de la formation de la galaxie et de son évolution ;
3. la compréhension des mécanismes de formation des étoiles ;
4. l'étude des systèmes planétaires et de la formation de la vie.

VISION D'ENSEMBLE DE L'OBSERVATOIRE

Le JWST est un satellite de 6,2 tonnes. Il est composé de 4 éléments principaux :

- la plateforme
- le bouclier solaire
- le télescope
- la charge utile.

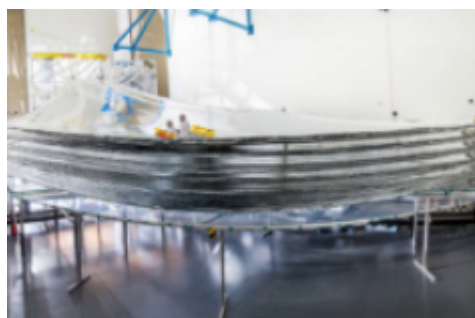
L'intégration du télescope avec les instruments a été réalisée en 2017 au Centre Spatial Johnson à Houston, et celle de l'ensemble de l'observatoire (télescope et vaisseau spatial) s'est terminée en octobre 2019.

Les éléments principaux :

La plate-forme (ou bus) qui regroupe toutes les fonctions de support : contrôle et maintien de l'orbite, alimentation électrique, contrôle thermique et communications avec la Terre et entre les équipements de l'observatoire.

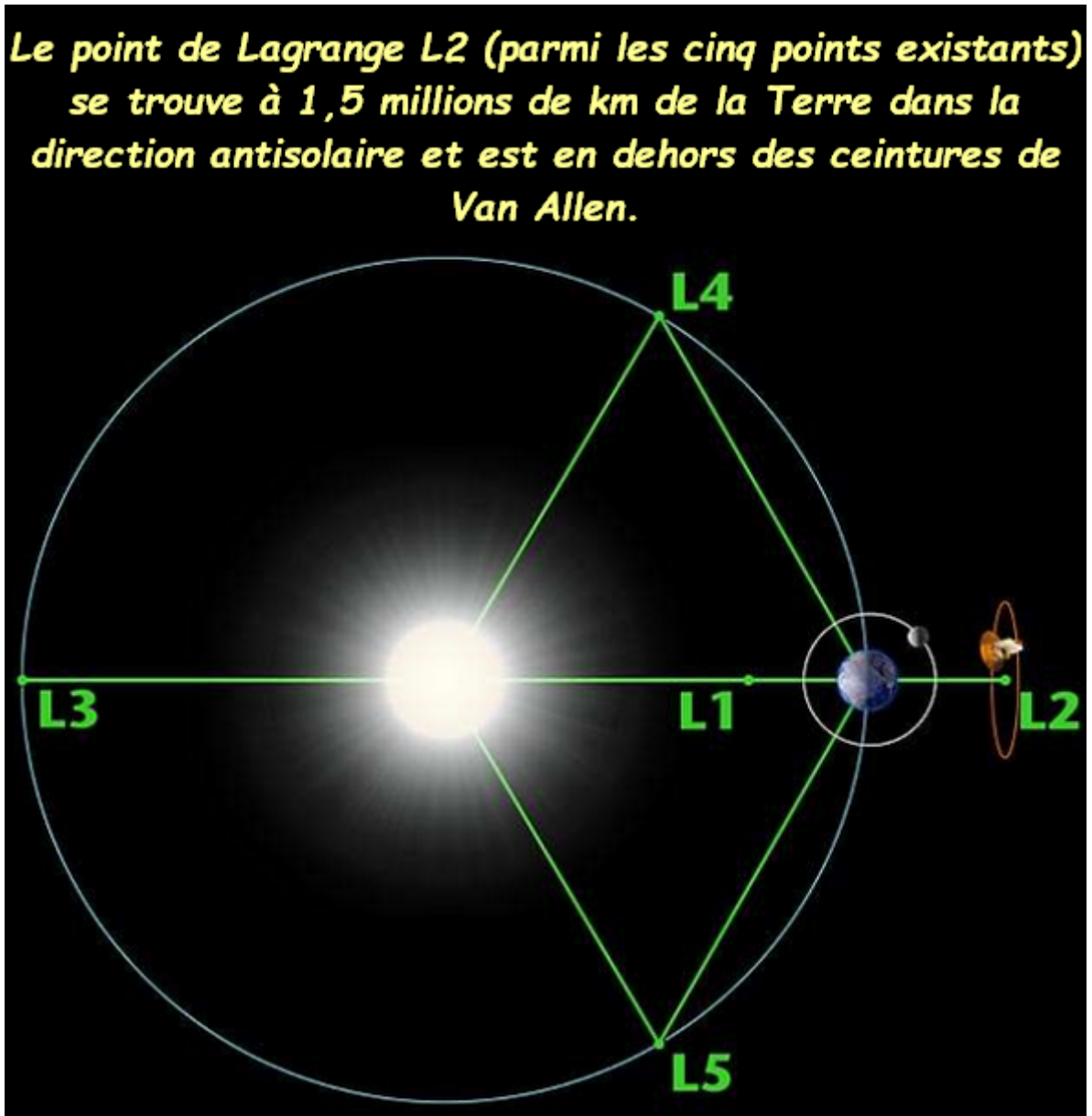


Le bouclier thermique métallisé qui doit protéger les parties les plus sensibles du télescope des infrarouges en provenance du Soleil, de la Terre et de la Lune ainsi que de ses propres équipements ; ce bouclier thermique métallique renvoie les rayons infrarouges en provenance du Soleil, de la Terre et de la Lune.

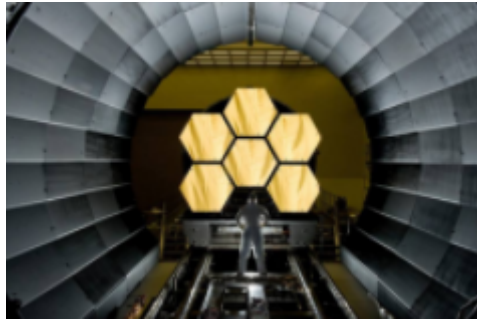


Le JWST sera positionné au point de Lagrange L2, à 1,5

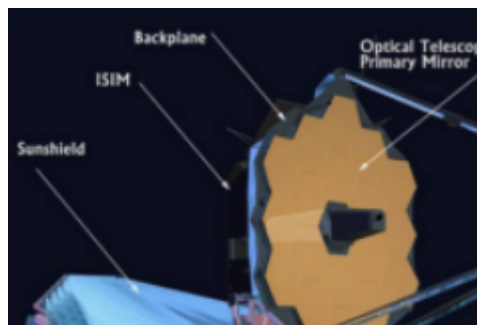
millions de kilomètres de la Terre, ce qui permettra au télescope d'avoir systématiquement le bouclier thermique entre ses capteurs et les 3 astres.



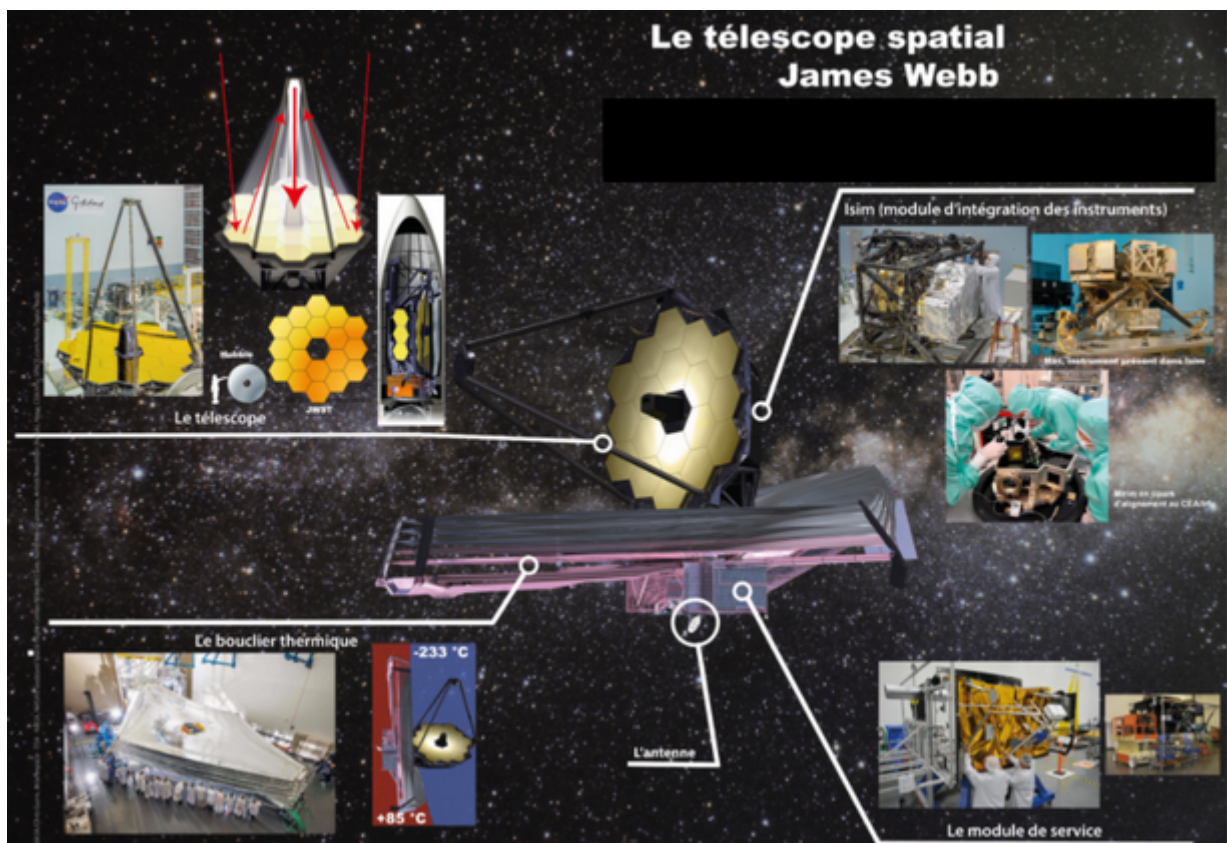
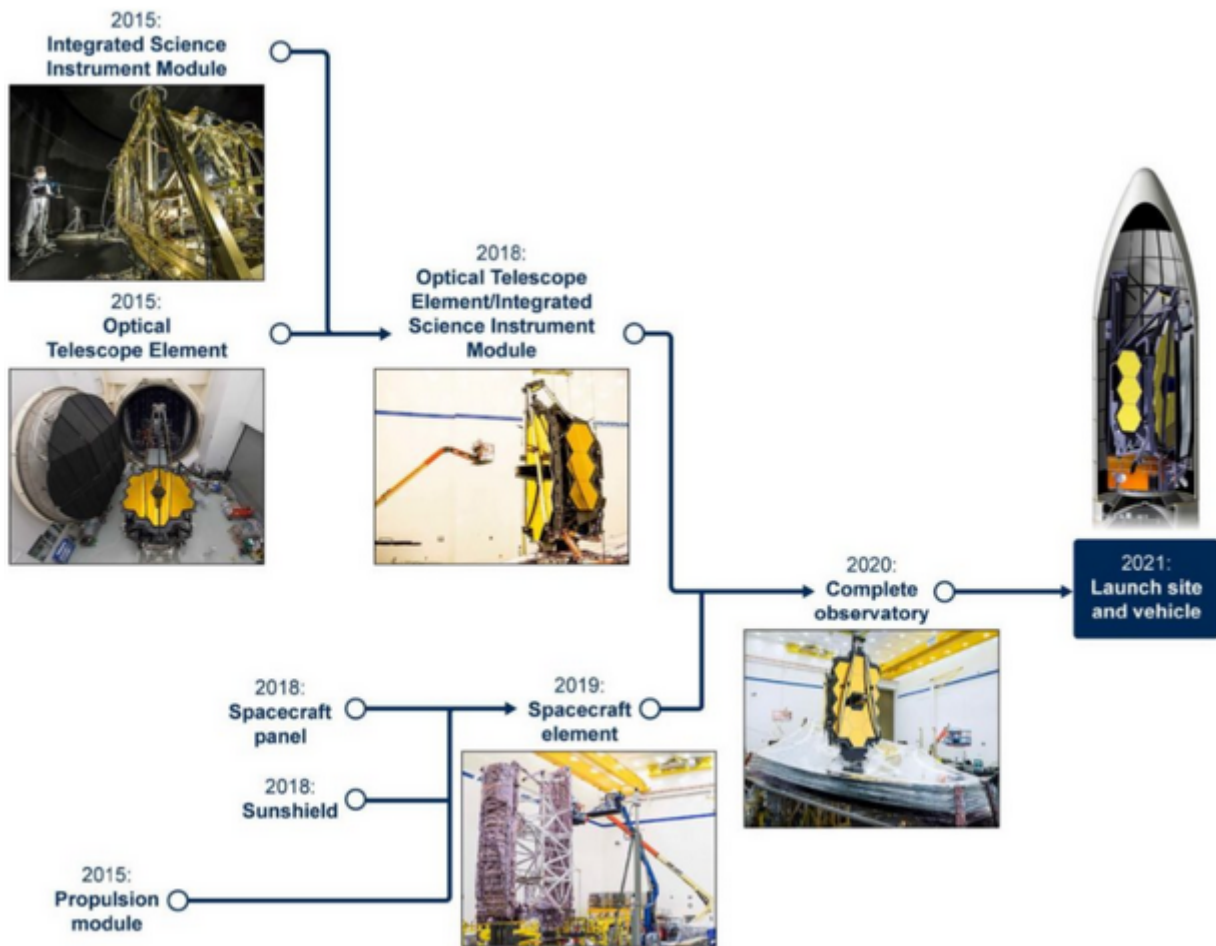
Le télescope qui collecte le rayonnement infrarouge et le renvoie vers les instruments scientifiques : composé du réflecteur primaire et du miroir secondaire. Le réflecteur primaire est un miroir segmenté d'un diamètre de 6,5 m environ (au lancement du projet il était prévu un miroir de 8 m) et d'une masse de 705 kg, qui se compose de 18 éléments hexagonaux en béryllium de 1,3 mètre de large



La charge utile qui porte l'appellation d'ISIM (Integrated Science Instrument Module) et a la forme d'un boîtier quadrangulaire dans lequel sont regroupés les quatre instruments scientifiques qui doivent analyser le rayonnement infrarouge collecté.



Les différents composants du JWST et leurs intégrations jusqu'à l'installation finale de l'observatoire dans une fusée Ariane 5 :



Le lancement :

The JWST sera lancé par une fusée Ariane 5 EC, dont la coiffe a été modifiée pour pouvoir l'héberger. Fusée et lancement font partie de la contribution de l'ESA à la mission. Ariane 5 est mondialement reconnue pour être le lanceur le plus à même de propulser le JWST dans l'espace (en juin 2017, le record lui appartenait avec 80 lancements consécutifs réussis).

Le JWST sera lancé depuis le complexe ELA-3 d'Ariane Espace de la base de lancement européenne située près de Kourou, en Guyane française. Il est avantageux pour un site de lancement d'être situé près de l'équateur, puisque le spin de la Terre peut aider à gagner une poussée supplémentaire (la rotation de la surface de la Terre à l'équateur s'effectue à une vitesse de 1670 km/h).

Le segment lancement comprend 3 composantes principales:

Premier composant :

Le véhicule de lancement Ariane 5 avec un dernier étage cryogénique. Le lancement sera configuré en mode unique, avec un long carénage de charge utile d'un diamètre statique maximal de 4.57 mètres et une longueur utilisable de 16.19 mètres. L'adaptateur de Charge utile, comprenant le Cône 3936, qui fournit l'interface mécanique et électrique qui séparent l'Observatoire Webb de la Fusée.

Deuxième composant :

La préparation du lancement et le lancement proprement dit. Ces deux campagnes sont sous la responsabilité mutuelle de la NASA, de l'ESA, de NGAS (Northrop Grumman Aerospace Systems, qui est l'entreprise qui a construit le télescope), et d'Ariane Espace.

Plan de pliage : pour que le télescope puisse rentrer dans la fusée, il doit être plié comme le montre l'image ci-dessous



Trajectoire et Déploiement du JWST

La vidéo ci-dessous illustre la trajectoire et le déploiement du JWST, avec toutes les indications sur la distance et le temps écoulé depuis le lancement, étape par étape.

Orbite :



Pour éviter que le signal infrarouge extrêmement faible des

objets distants que le JWST se propose d'observer ne soit noyé dans le rayonnement ambiant provenant du télescope et de l'instrument, ceux-ci doivent être maintenus à une température la plus basse possible. Ils émettront alors dans des longueurs d'onde supérieures à celles auxquelles seront effectuées les observations. C'est pourquoi le JWST sera équipé d'un grand écran qui bloquera la lumière du Soleil, de la Terre et de la Lune, qui sinon ne manqueraient pas de réchauffer le télescope, et par conséquent d'interférer avec les observations. Et pour masquer ces trois objets ensemble de la manière la plus simple, le plus facile est qu'ils soient vus par le télescope dans la même direction.

Le point L2 reste à l'extérieur de l'orbite de la Terre tandis qu'elle effectue sa révolution autour du Soleil, et les trois corps sont alignés en permanence. Une telle orbite d'autre part garantit la continuité des observations, ce qui n'est pas le cas pour Hubble. Notons que le point L2 est une destination très recherchée, puisque c'est là qu'ont été mis en orbite les satellites WMAP, Herschel, Planck et Gaia. Il y a d'autres avantages à positionner le JWST en L2 : non seulement l'accès y est direct, ce qui facilite énormément les problèmes de navigation, mais de plus, les forces gravitationnelles combinées de la Terre et du Soleil permettant à elles seules de maintenir le satellite en position, cela évitera d'avoir trop souvent recours à des fusées auxiliaires, comme c'est hélas le cas pour Hubble dont les gyroscopes sont mis à rude épreuve (et ont une durée de vie limitée !).

D'autre part, comme nous l'avons vu, s'il fut possible de lancer le HST avec la navette spatiale, cela ne l'est pas pour le JWST, qui devra utiliser la fusée européenne Ariane 5 ECA pour rejoindre son orbite. Et comme celle-ci est beaucoup plus éloignée de la Terre que ne l'est celle du HST, cela signifie en particulier qu'aucune mission de sauvetage ou d'entretien, comme celles qui ont assuré le succès du HST ne pourra être envisagée. Ceci est une différence fondamentale entre les deux

télescopes, et un lourd handicap pour le JWST.

À tel point que la NASA a finalement décidé (le 24 mai 2007) d'étudier la possibilité que des missions robotisées puissent le cas échéant effectuer certaines tâches de réparation et de maintenance.

L'endroit le plus propice pour que cela soit, est ce que les mathématiciens appellent le "Second Point de Lagrange (L2)" du système Soleil-Terre: un point de Lagrange, ou point de libration, est une position de l'espace où les champs de gravité de deux corps en orbite l'un autour de l'autre, et de masses substantielles, se combinent de manière à fournir un point d'équilibre à un troisième corps de masse négligeable, c'est-à-dire un point où toutes les forces de gravitation se compensent, ce qui fait que les positions relatives des trois corps restent fixes.

Troisième composant :

Les Miroirs du Télescope

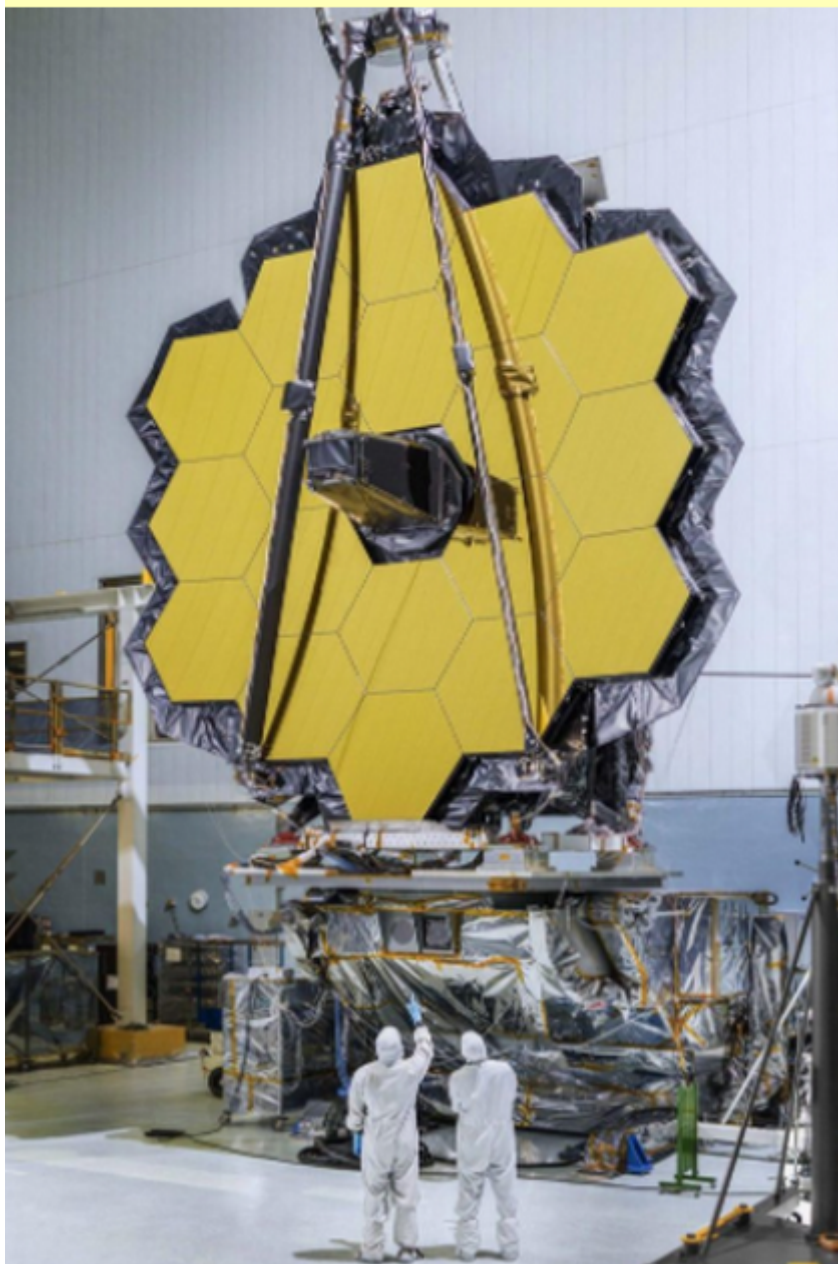
Le miroir du JWST est composé de 18 segments hexagonaux de 1,315 m de côté (équivalent à un miroir primaire de 6,5 mètres), assemblés de telle manière que l'ensemble peut être plié et rentrer dans Ariane, puis déplié une fois libéré dans l'espace.

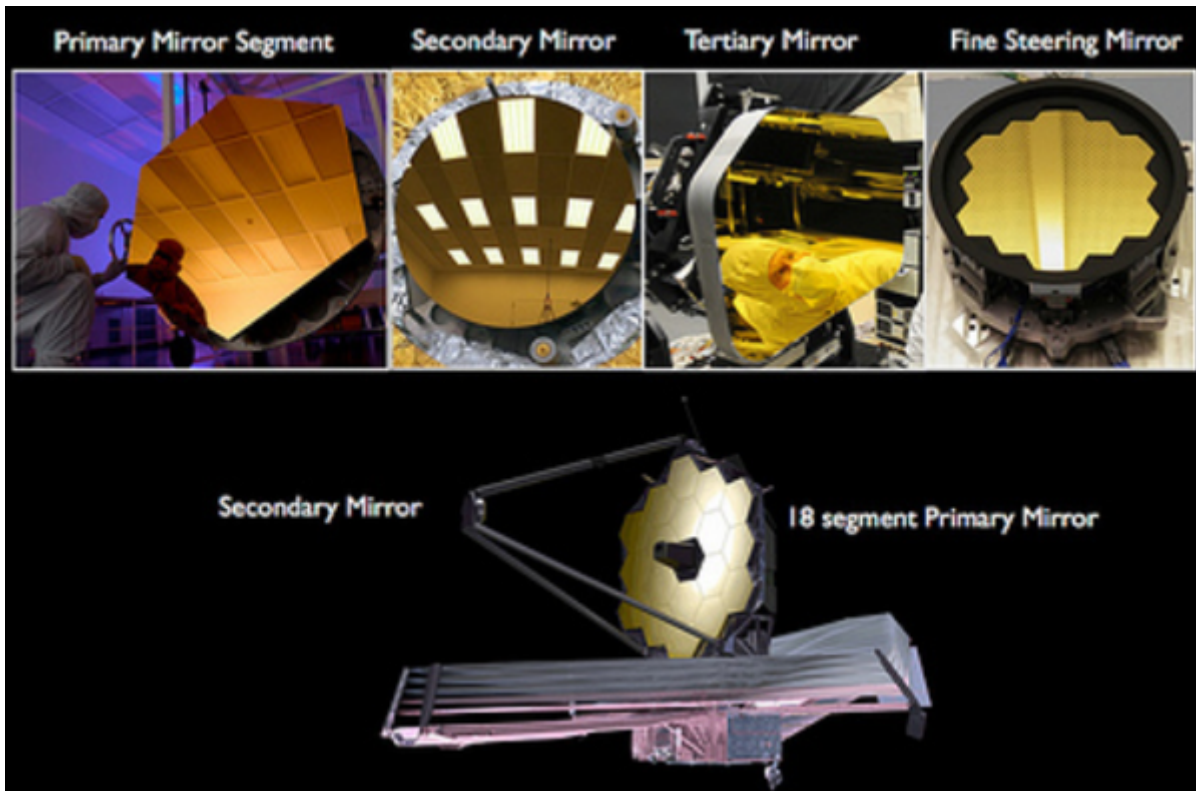
C'est un peu la même chose, toutes proportions gardées, que de fabriquer un bateau à l'intérieur d'une bouteille ! D'autant plus que le parasol qui doit être utilisé comme bouclier thermique a les dimensions d'un court de tennis : bien entendu, lui aussi sera replié à l'intérieur d'Ariane, et commencera à se déployer 2 jours après le lancement.

La température de fonctionnement de l'instrument MIRI est encore plus basse (de 4 degrés seulement, mais à ce niveau cette différence est énorme), et pour y arriver, il faudra près de 3 mois supplémentaires ! Pour information, la

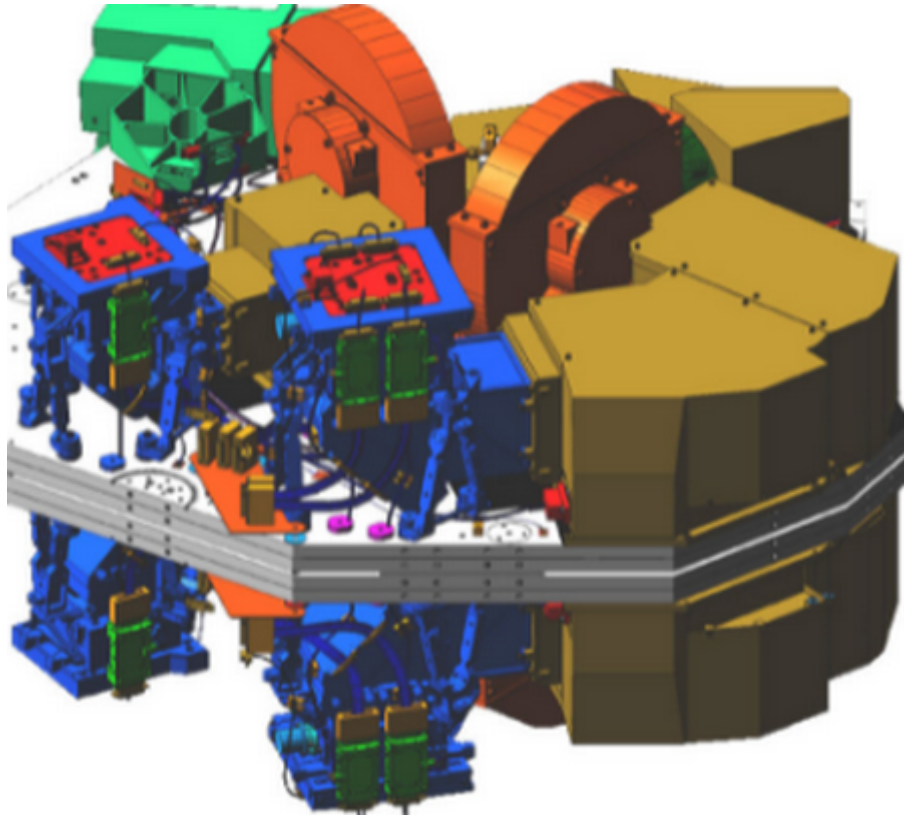
température du HST varie énormément entre le jour et la nuit et peut atteindre des extrema de $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Les 18 segments qui forment le miroir primaire du JWST après assemblage et dépôt d'or. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, il n'y a en fait pas beaucoup d'or ! (NASA/Chris Gunn)



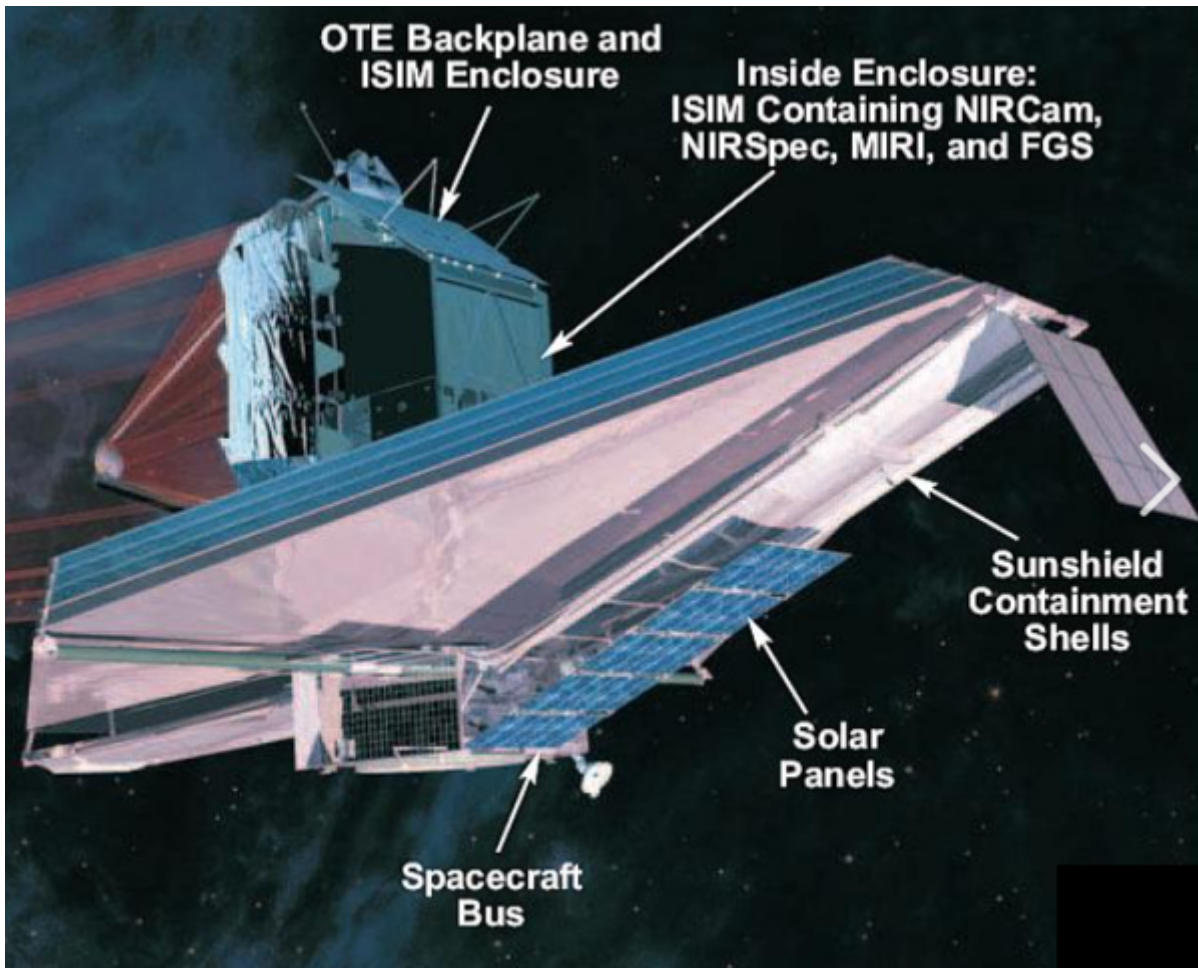


La caméra dans le proche infrarouge (NIRCam) est l'imageur principal du JWST dans le domaine de l'infrarouge proche (entre 0,6 et 5 microns). NIRCam est particulièrement adaptée aux principaux thèmes de recherche pour lesquels le JWST a été conçu : la détection des premières phases de formation stellaire et galactique telles que les précurseurs des amas globulaires que nous observons aujourd'hui ; la morphologie et les couleurs des galaxies à très grands décalages vers le rouge (redshifts) dans le cadre de référence des longueurs d'onde visibles ; la détection et l'élaboration des courbes de lumière de supernovae distantes ; les relevés de matière noire via des effets de lentilles gravitationnelles ; l'étude des populations stellaires dans les galaxies proches ; la détection, l'imagerie et la spectroscopie de proto-étoiles, disques proto-planétaires, et exo-planètes. NIRCam est aussi l'instrument qui sera utilisé comme analyseur de front d'onde pour permettre de contrôler l'alignement et le phasage du miroir primaire :



Voici la liste des principaux équipements du télescope :

- Les miroirs
- Miri
- FGS
- L'ISIM
- NIRCam
- NIRSpec
- NIRISS



Professeur Têtenlair