

toyé» le disque de gaz et de poussière qui les ont créés. Mais puisque le rayonnement infrarouge traverse la poussière, le télescope *James Webb* dévoilera les étapes précoces de ce processus de formation planétaire. Il nous aidera ainsi à déterminer si le Système solaire est rare ou banal. Il pourra aussi déterminer la composition de l'atmosphère des planètes en transit (qui passent devant le disque apparent de leur étoile). Et qui sait s'il ne trouvera pas un mélange d'oxygène, de dioxyde de carbone et de méthane ? Ce serait le premier signe de vie extraterrestre...

Les avantages du béryllium

Comme d'autres télescopes spatiaux, le miroir du télescope *James Webb* sera en béryllium, le deuxième métal le plus léger. Avec ses 6,50 mètres de diamètre, ce miroir principal n'est pas immense comparé à ceux des télescopes au sol actuels, qui atteignent 10 mètres, et bientôt 30 ! Mais la création de 18 panneaux de béryllium destinés à être assemblés de façon automatique dans l'espace est un défi technique inédit.

Il a été relevé par les ingénieurs de l'entreprise d'optique *Tinsley*, en Californie. Au début du projet, les astronomes pensaient qu'ils utiliseraient du verre ULE (à coefficient de dilatation ultrafaible), qui conserve sa forme quand la température varie. Mais quand les ingénieurs ont plongé des miroirs tests dans un froid proche de celui auquel sera soumis le télescope, le verre s'est contracté d'une façon qui aurait détérioré l'instrument. Le béryllium, en revanche, reste rigide dans les mêmes conditions.

Ce changement de matériau a cependant retardé d'un an la construction du miroir, car le béryllium est plus long à polir. Il est très difficile de réaliser un miroir en béryllium dépourvu de contraintes de cisaillement. Sculpter la surface a tendance à courber le métal vers le haut. Il faut alors éliminer cette couche en tension en attaquant doucement le miroir à l'acide ou en le raclant avec un outil bien affûté. C'est un processus fastidieux.

Huit machines, hautes de deux étages chacune, sont destinées au polissage des éléments du miroir. Chacune traite un élément à la fois. La durée du polissage par une tête rotative de la taille d'une grande assiette, sur chaque zone précise, est contrôlée par ordinateur. Le miroir est poli jusqu'à cinq millimètres du bord, prouesse qui

n'avait encore jamais été tentée sur des surfaces aussi grandes. Avec une marge deux fois plus large, le télescope focaliserait 1,5 pour cent de lumière en moins, une grosse perte d'information pour les objets les moins brillants.

La précision du polissage est ensuite mesurée au laboratoire de métrologie de *Tinsley*, un lieu fermé où la température est strictement contrôlée. Des lasers infrarouges et d'autres outils évaluent la hauteur de la surface du miroir en des centaines de milliers de points. Un panneau peut faire quelques dizaines d'allers et retours entre le polissage et le laboratoire de métrologie pour atteindre la forme et la finition requises par la NASA.

Chaque élément de miroir est ensuite acheminé par avion jusque chez *Ball Aerospace*, où les ingénieurs le fixent à une structure en composite de graphite qui le maintient en place dans le télescope. Il est ensuite envoyé au Centre Marshall de vol spatial de la NASA à Huntsville, dans l'Alabama, pour des essais dans une grande

L'AUTEUR



Robert IRION, ancien correspondant de la revue *Science*, dirige le programme de communication des sciences à l'Université de Californie à Santa Cruz.



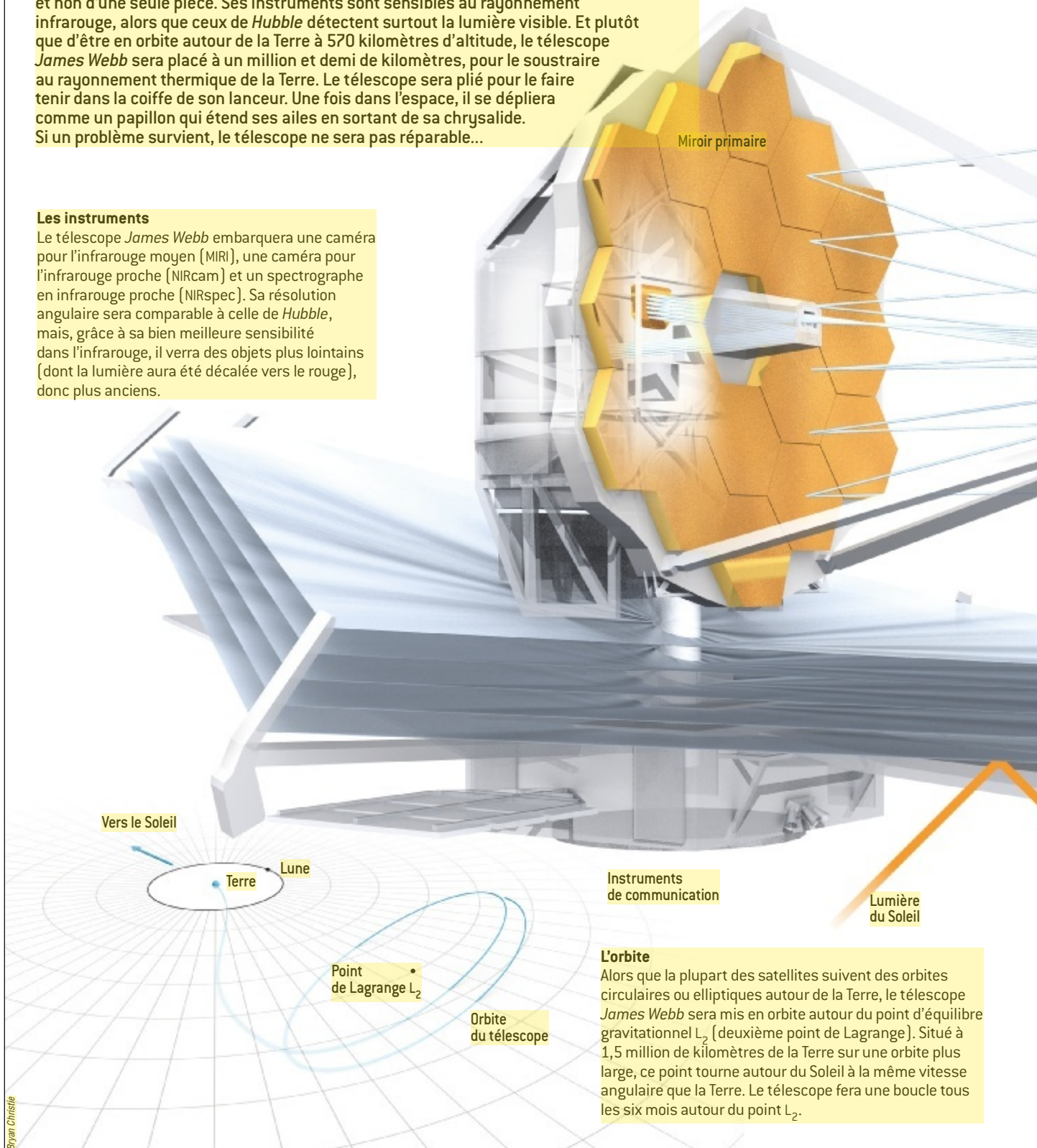
3. L'OSSATURE DU MIROIR PRIMAIRE, fabriquée avec des composites de graphite, du titane et un alliage de nickel et d'acier, est conçue pour ne pas se courber de plus de 32 nanomètres.

Des yeux neufs s'ouvrent sur le cosmos

Bien que souvent décrit comme le successeur de *Hubble*, le télescope spatial *James Webb* a peu de choses en commun avec l'actuelle star de la NASA. Son miroir primaire a une surface six fois plus importante, et il est composé de 18 éléments ajustables, et non d'une seule pièce. Ses instruments sont sensibles au rayonnement infrarouge, alors que ceux de *Hubble* détectent surtout la lumière visible. Et plutôt que d'être en orbite autour de la Terre à 570 kilomètres d'altitude, le télescope *James Webb* sera placé à un million et demi de kilomètres, pour le soustraire au rayonnement thermique de la Terre. Le télescope sera plié pour le faire tenir dans la coiffe de son lanceur. Une fois dans l'espace, il se déploiera comme un papillon qui étend ses ailes en sortant de sa chrysalide. Si un problème survient, le télescope ne sera pas réparable...

Les instruments

Le télescope *James Webb* embarquera une caméra pour l'infrarouge moyen (MIRI), une caméra pour l'infrarouge proche (NIRcam) et un spectrographe en infrarouge proche (NIRSpec). Sa résolution angulaire sera comparable à celle de *Hubble*, mais, grâce à sa bien meilleure sensibilité dans l'infrarouge, il verra des objets plus lointains (dont la lumière aura été décalée vers le rouge), donc plus anciens.

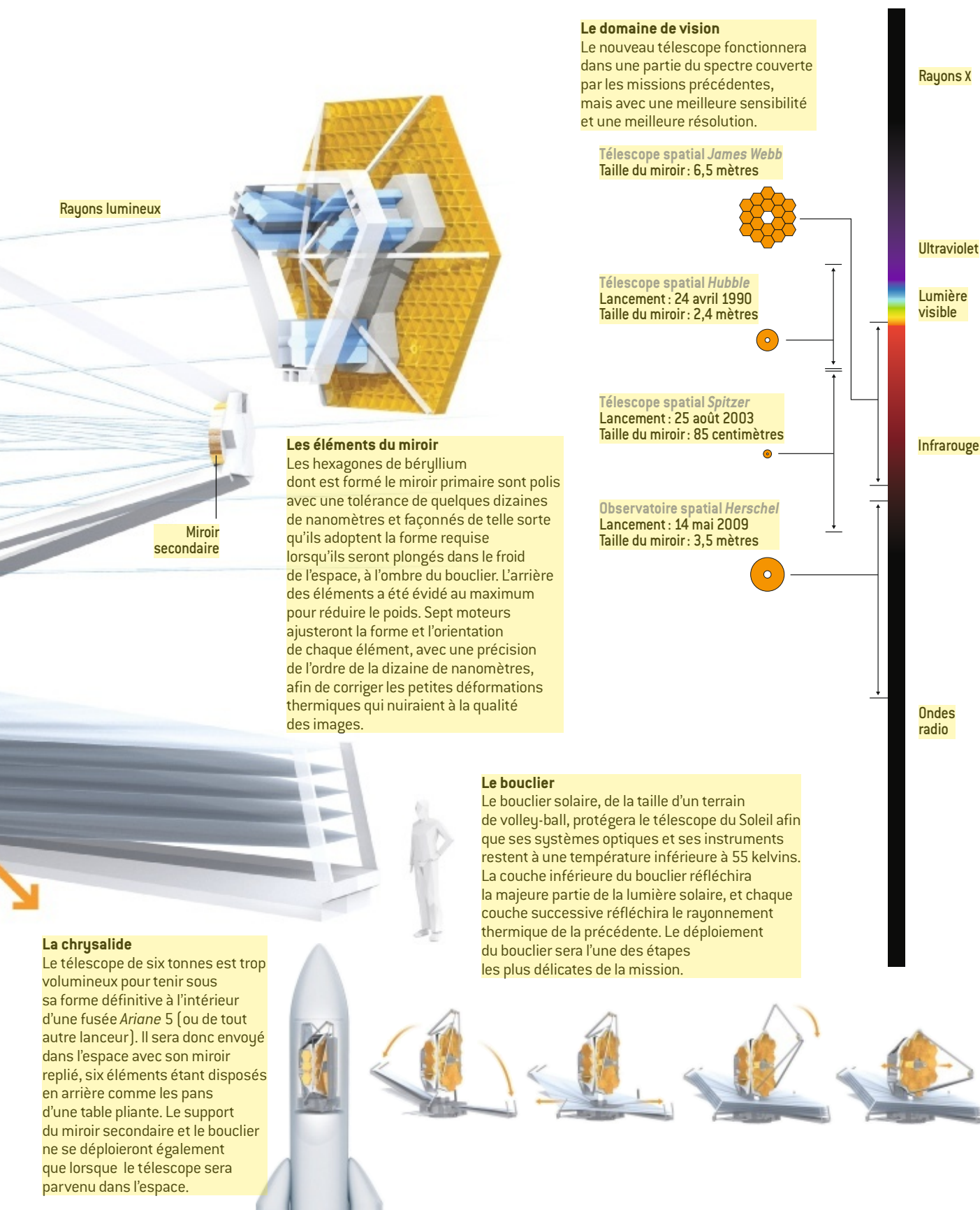


Instruments
de communication

Lumière
du Soleil

L'orbite

Alors que la plupart des satellites suivent des orbites circulaires ou elliptiques autour de la Terre, le télescope *James Webb* sera mis en orbite autour du point d'équilibre gravitationnel L_2 (deuxième point de Lagrange). Situé à 1,5 million de kilomètres de la Terre sur une orbite plus large, ce point tourne autour du Soleil à la même vitesse angulaire que la Terre. Le télescope fera une boucle tous les six mois autour du point L_2 .



Explorer l'Univers profond avec James Webb

Le télescope spatial *James Webb* a été conçu pour regarder plus loin en arrière dans l'histoire cosmique que l'Observatoire *Hubble*. Ses détecteurs infrarouges scrutent aussi de plus près les poussoirs d'étoiles de notre Galaxie, ainsi que des objets sombres du Système solaire. En cinq ans, la mission cherchera à répondre à quatre questions principales :

❶ Comment l'âge sombre s'est-il terminé ? Le télescope *James Webb* devrait apercevoir les premières générations d'étoiles qui ont commencé à percer le brouillard opaque d'hydrogène neutre baignant l'Univers, environ 180 millions d'années après le Big Bang.

❷ Comment les galaxies se forment-elles ? Les images du télescope *James Webb* montreront comment

les galaxies ont grandi au sein de halos de matière noire invisible qui, avec les trous noirs centraux, présidaient à leur formation.

❸ Comment les étoiles et les planètes sont-elles créées ? Le Soleil est né dans un nuage de poussière et de gaz, et les planètes au sein d'un disque de matière tournant autour de la nouvelle étoile. Le télescope va préciser ces processus

en regardant en profondeur dans des nuages de poussière où les étoiles sont en train de se former.

❹ La vie pourrait-elle exister ailleurs ? Le télescope *James Webb* étudiera les systèmes planétaires autour d'étoiles proches, ainsi que des comètes et des astéroïdes primitifs du Système solaire, pour y déceler des indices sur la façon dont la vie a pu émerger.

✓ SUR LE WEB

Le site du *James Webb Space Telescope* à la NASA :
<http://www.jwst.nasa.gov/index.html>

Vidéos du déploiement du télescope :
<http://www.youtube.com/user/NASAJWebbTelescope#p/u/0/sihF1q8rWh4>

chambre à vide refroidie à 25 kelvins. Dans de telles conditions, le métal subit d'infimes déformations que les ingénieurs cartographient avec précision. Les éléments retournent alors en Californie, où est effectué un polissage de finition qui annulera les déformations subies par le béryllium dans le froid intense de l'espace.

Cette valse lente des éléments de miroir est en marche depuis décembre 2009. En août 2010, un panneau était terminé, et une demi-douzaine d'autres en étaient aux étapes finales de polissage. Les 18 éléments (et trois de rechange) devraient être livrés à la NASA d'ici la mi-2011.

Ne pas revivre les affres de Hubble

Les ingénieurs de *Tinsley* ont forcément à l'esprit le terrible défaut du télescope spatial *Hubble* : à la suite d'une erreur de mesure, son miroir avait été poli avec une mauvaise forme, ce qui le rendait aveugle. Une mission de la *Navette spatiale* avait permis d'installer des miroirs correctifs, sauvant ainsi la mission *Hubble*. Rien de tel ne sera possible avec l'Observatoire *James Webb*.

Lors des changements d'orientation du télescope dans l'espace, des gradients thermiques entraîneront des déformations minimes du miroir. Mais, contrairement aux autres observatoires spatiaux, le miroir du télescope *James Webb* sera ajustable et pourra compenser ces changements. Pour s'assurer que son miroir reste bien focalisé, de petites lentilles installées dans les instruments du télescope créeront des images floues, reproduisant les aberrations qui avaient frappé *Hubble*. Après analyse de ces images, sept minuscules moteurs à l'arrière de chaque élément de miroir seront activés. Chacun peut pousser ou tirer sur le miroir avec une précision de dix nano-

mètres. De quoi contrôler précisément la courbure de chaque panneau et sa position par rapport aux hexagones voisins. Le centre de contrôle recalibrera ainsi le miroir toutes les deux semaines environ.

Bien sûr, le télescope doit d'abord se déployer correctement. En particulier, deux « abattants » repliés, comportant chacun trois éléments du miroir, doivent bien se disposer pour compléter la surface réfléchissante. Un trépied doit également se déplier pour placer le miroir secondaire de 75 centimètres de diamètre à sept mètres au-dessus du centre du miroir principal.

Mais la manœuvre qui inquiète le plus les ingénieurs, c'est l'ouverture de l'énorme bouclier solaire, de 11 mètres de large sur 19 de long. S'il ne fonctionne pas, la chaleur du rayonnement solaire rendra les instruments aveugles à la plupart de leurs cibles. Le bouclier ressemble à un empilement de cinq papiers de bonbon étalés, chacun grand comme un terrain de volley-ball. Le fournisseur de la NASA *Northrop Grumman* a déjà conçu des satellites avec des antennes géantes qui se déploient, mais du point de vue mécanique, le télescope spatial *James Webb* sera la mission de ce type la plus complexe jamais tentée.

Pour rajouter au stress, aucune chambre à vide n'est assez grande pour tester le bouclier complet avant le lancement. Pour limiter les coûts, la NASA a pris le risque de tester chacun des composants critiques de l'observatoire, mais jamais l'ensemble.

Pour l'heure, les scientifiques sont focalisés sur la construction du télescope et de ses instruments. Mais ils ne peuvent pas s'empêcher d'anticiper ce qui se passera après le lancement en 2014. Pour Lee Feinberg, responsable des éléments optiques du télescope *James Webb*, « c'est la contribution de notre génération à la civilisation ».

