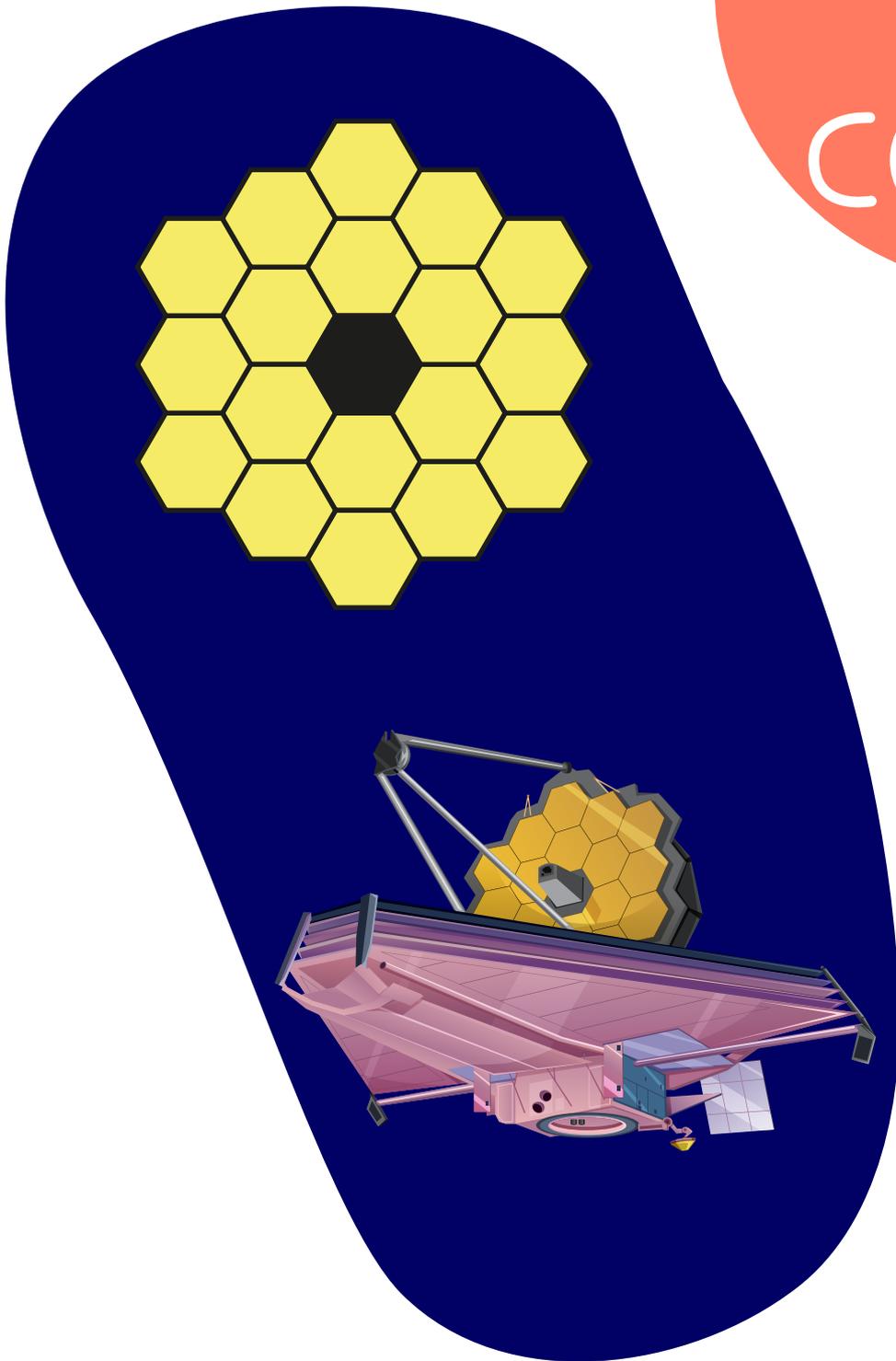


# ASTRES

## EN COURS



## LE TÉLESCOPE SPATIAL... JAMES WEBB - ACTIVITES & RESSOURCES

N°6c

## EDITO

Ce numéro de la gazette  
*Astres en cours* s'adresse aux  
enseignants, aux éducateurs  
mais également à tous les  
curieux des choses du ciel.

Les deux premiers documents du sixième numéro de la gazette *Astres en cours* nous ont permis de découvrir la longue histoire du télescope spatial *James Webb*, ses objectifs scientifiques et les quatre instruments que ce puissant entonnoir à photons embarque. Nous avons aussi vécu son lancement par une fusée *Ariane 5* en décembre 2021 et son déploiement dans l'espace alors qu'il rejoignait son orbite définitive autour du Soleil. Enfin, nous avons fait le point sur les premiers résultats scientifiques qu'il a permis d'obtenir et montré quelques unes des plus belles photographies qu'il nous envoie désormais régulièrement.

Dans ce troisième et dernier document, nous vous proposons différentes ressources à exploiter, que ce soit avec des enfants, des collégiens ou des lycéens, classées par ordre de difficulté. Nous vous fournissons également de nombreux liens vers des vidéos passionnantes et instructives et vers des sites internet de qualité, en lesquels vous pourrez placer toute votre confiance.

Département Éducation et Formation  
Universcience  
[educ-formation@universcience.fr](mailto:educ-formation@universcience.fr)

# SOMMAIRE

## 1 FABRIQUEZ VOTRE PROPRE MAQUETTE !

Page 4

## + 2 REMETTEZ DE L'ORDRE

Page 6

## 3 LA LEGENDE DU JAMES WEBB

Page 11

## 4 UN PEU DE REFLEXION...

Page 13

## 5 LE POINT DE LAGRANGE $L_2$

Page 18

## 6 RESSOURCES

Page 22

# 1

## FABRIQUEZ VOTRE PROPRE MAQUETTE !

Même si celles-ci fournissent avec succès des efforts conséquents pour combler leur retard, la NASA possède toujours plusieurs longueurs d'avance sur les autres agences spatiales en matière de communication vers le grand public... avec, parfois, une tendance à tomber dans un sensationnalisme de bien mauvais goût.

Quoi qu'il en soit, le site internet dédié au télescope spatial *James Webb* (<https://webb.nasa.gov/>) regorge d'activités ludiques et de ressources pédagogiques. Il est très facile de s'y perdre, d'autant plus que le site est uniquement disponible en anglais. Un aperçu des nombreuses propositions vous est donné ici : <https://webb.nasa.gov/content/features/>.



Parmi les activités de coloriage, de dessin, d'origami, de pratique de la réalité virtuelle, d'écoute de podcasts et de jeux en ligne que vous aurez tout le loisir d'explorer, **focalisons notre attention sur la**

**réalisation d'une maquette du télescope *James Webb*.** Rendez-vous sur cette page...

<https://webb.nasa.gov/content/features/educational/paperModel/paperModel.html>.

Différents niveaux de difficultés sont proposés. S'adressant aux enfants de 9 à 12 ans, la maquette en papier la plus facile à réaliser est montrée sur la page précédente.

Les différents éléments à imprimer en couleurs sur du papier épais, à découper puis à plier ou coller sont disponibles ici (<https://webb.nasa.gov/model/jwstPaperModelBasic.pdf>) au format PDF.

Une vidéo de près de 5 minutes détaille les étapes de la construction. Elle est visible sur le lien donné ou directement sur YouTube :

<https://www.youtube.com/watch?v=fc9Fifyv8OY>.

Il vous est même possible d'envoyer le résultat de votre travail à la NASA, qui le publiera sur cette page, avec votre permission écrite :

<https://webb.nasa.gov/content/features/educational/paperModel/modelGallery.html>.



Vous avez, ci-dessus, un modèle plus complexe qui peut servir de fondation à des réalisations ambitieuses. Les éléments à imprimer en couleurs sur du papier épais sont disponibles ici :

[https://webb.nasa.gov/model/assembly\\_parts\\_pages\\_final.pdf](https://webb.nasa.gov/model/assembly_parts_pages_final.pdf).

Les instructions (en anglais) sont là :

[https://webb.nasa.gov/model/jwst\\_model\\_instructions\\_final.pdf](https://webb.nasa.gov/model/jwst_model_instructions_final.pdf).

Enfin, plus bas sur la page <https://webb.nasa.gov/content/features/educational/paperModel/paperModel.html>, on trouve diverses propositions d'améliorations proposées par des particuliers.

# 2

## REMETTEZ DE L'ORDRE

Les ingénieurs chargés du déploiement du télescope *James Webb* dans l'espace en ont perdu la séquence. Aidez-les à la rétablir !

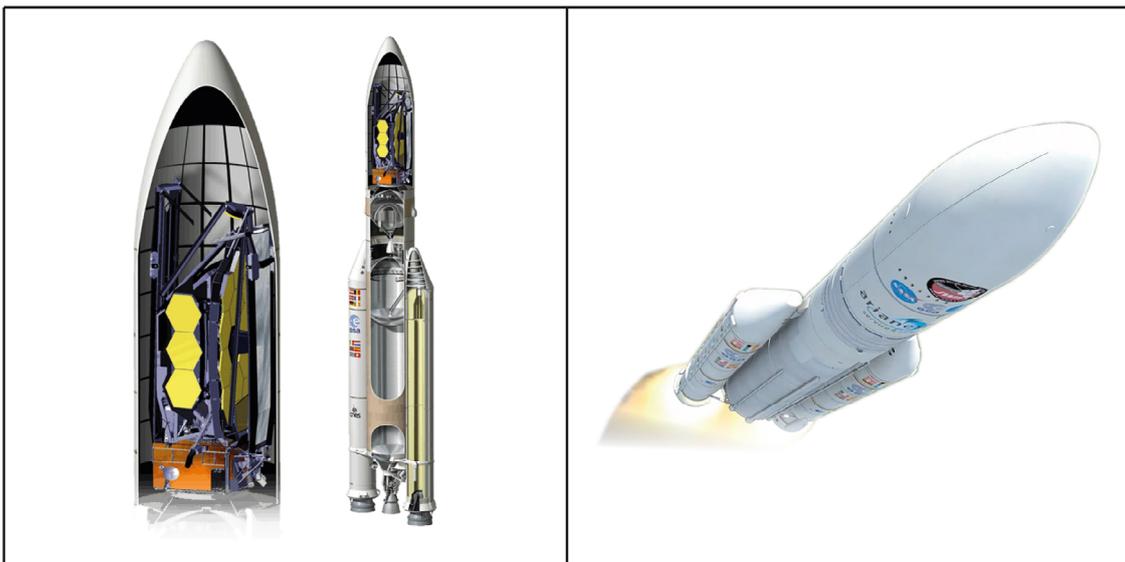
Découpez et mélangez les **24 cartes-étapes** puis demandez aux enfants de les replacer dans l'ordre chronologique.

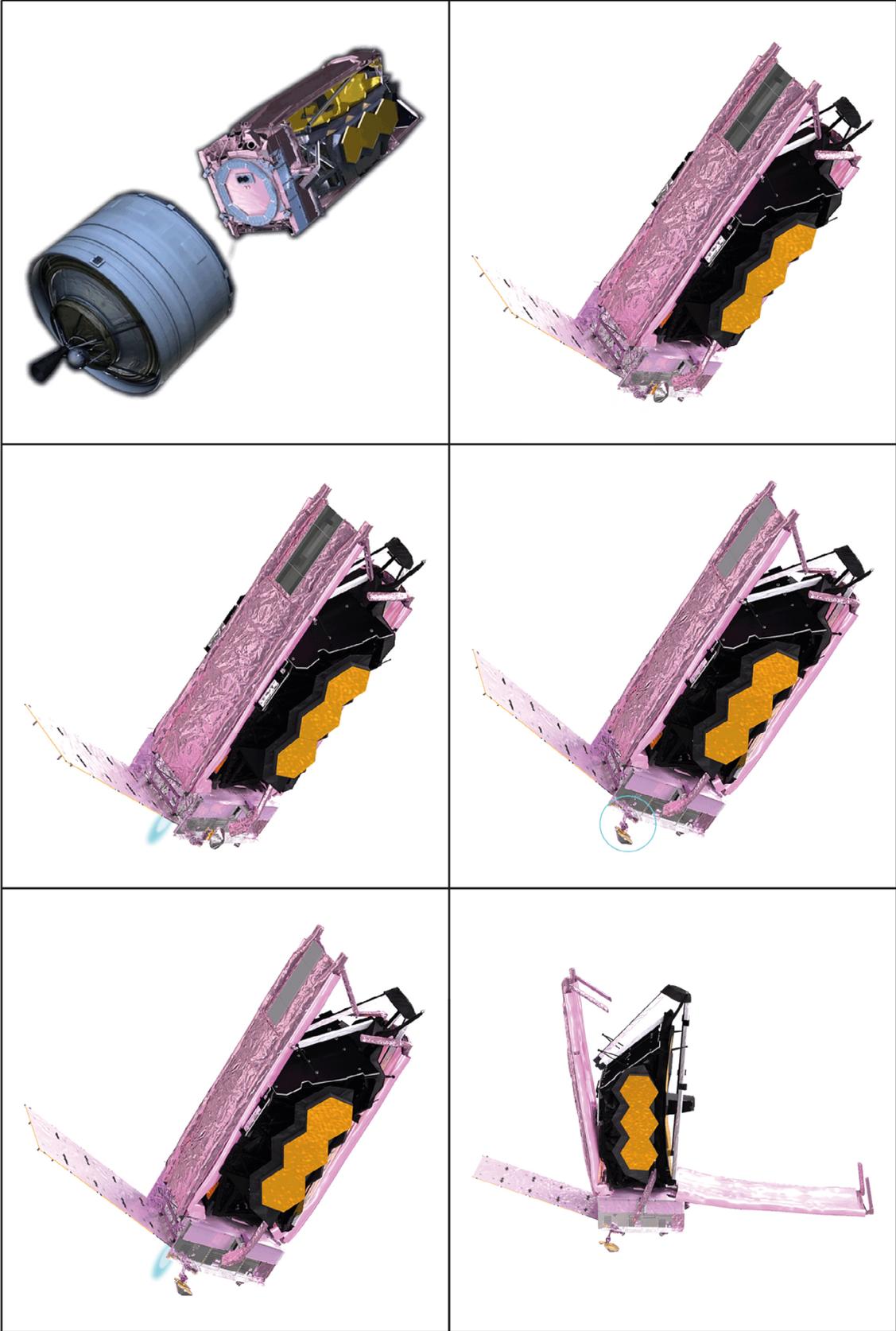
### Où trouver la solution ?

Au choix :

- dans le deuxième document de cette série dédiée au télescope spatial *James Webb* ;
- dans cette vidéo : [https://www.youtube.com/watch?v=RzGLKQ7\\_KZQ](https://www.youtube.com/watch?v=RzGLKQ7_KZQ) ;

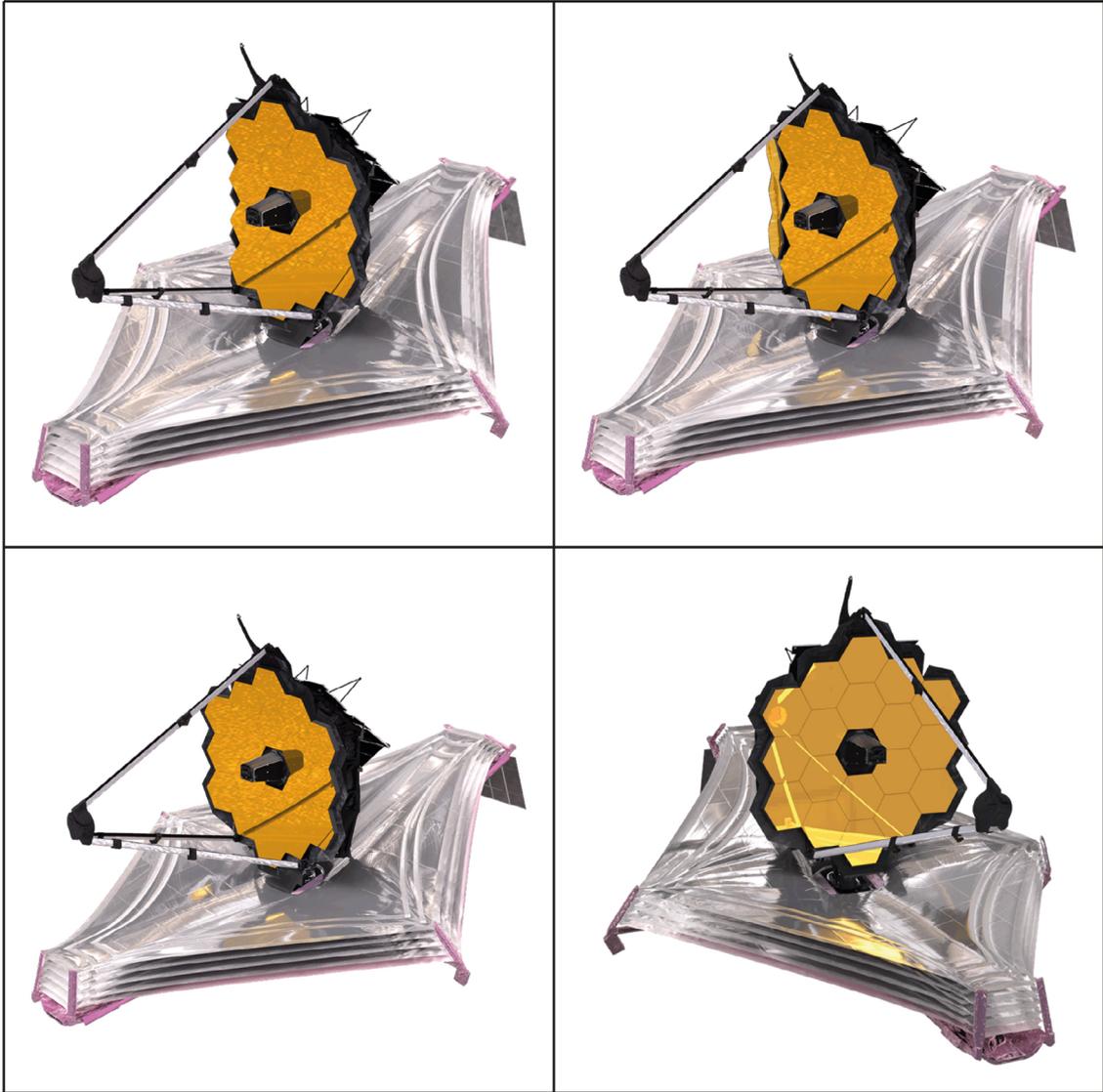
- dans cette seconde vidéo, plus complète : <https://webbtelescope.org/contents/media/videos/1058-Video>.
- sur le site officiel, où l'annonce de chaque étape achevée était annoncée en direct : <https://webb.nasa.gov/content/webbLaunch/deploymentExplorer.html#0>.











# 3

## LA LEGENDE DU JAMES WEBB

On vous propose ici de **légender** le plan du télescope spatial *James Webb*, présenté en page suivante.

Les quatre termes en majuscules correspondent aux quatre sous-ensembles notés **A**, **B**, **C** et **D** sur le plan.

Viseur d'étoiles

**PLATEFORME**

Miroir secondaire

Radiateur

AOS (système optique)

Capteur solaire

Miroir primaire

Moteur-fusée

**PARTIE OPTIQUE**

Panneau solaire

**INSTRUMENTS**

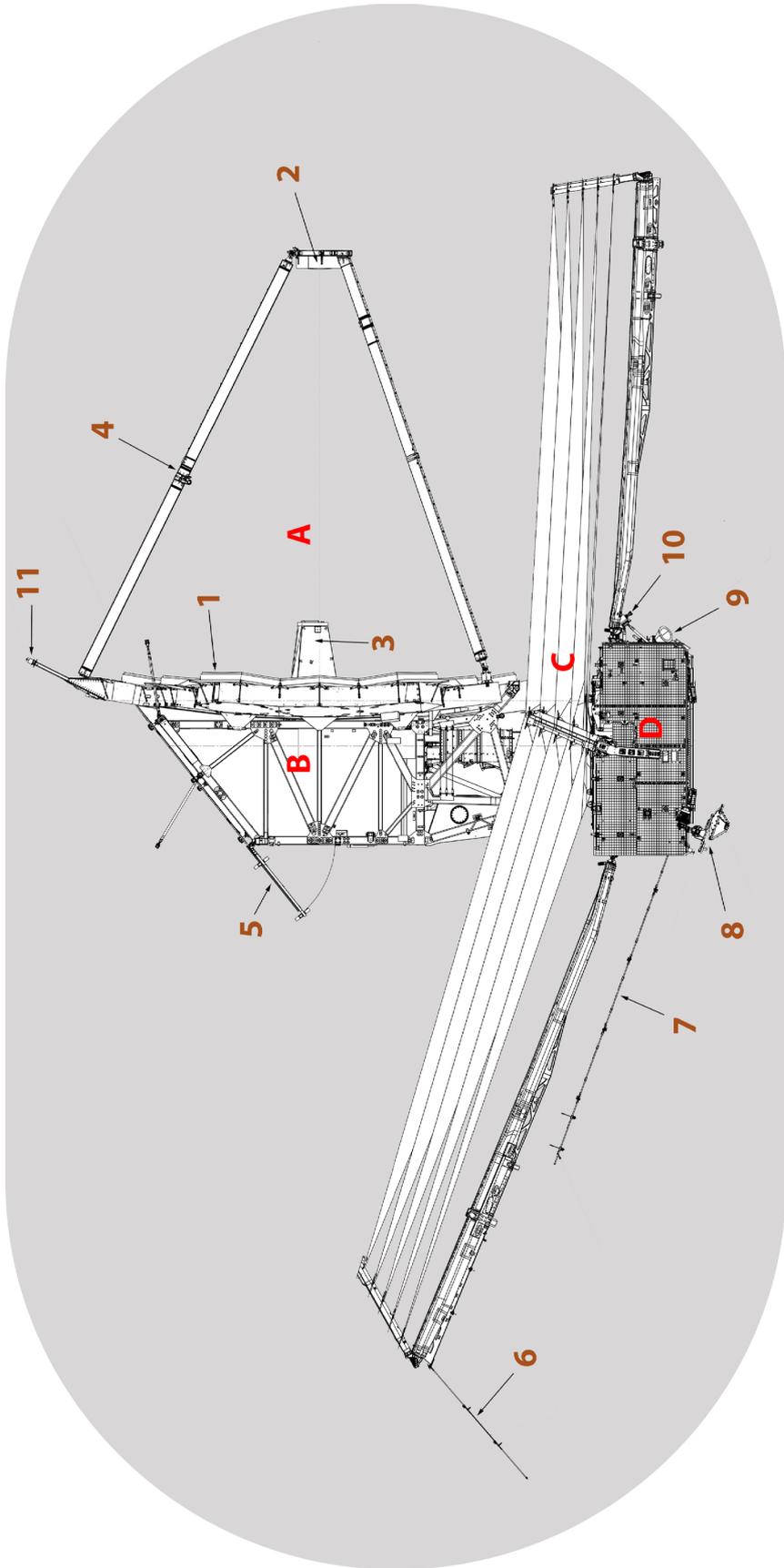
Antennes grand et moyen gain

Support du miroir secondaire

Volet arrière compensateur de moment

**BOUCLIER THERMIQUE**

Les réponses se trouvent dans le premier document de cette série.



# 4

## UN PEU DE REFLEXION...

Voici **quelques questions variées** dont certaines nécessitent une recherche dans les deux premiers documents de cette série... ou dans

la sitographie proposée à la fin de ce troisième document. Des éléments de réponse sont apportés à chaque question.

Pourquoi a-t-on plié le télescope pour le lancement ?

> Aucun lanceur au monde ne possède la taille nécessaire à l'envoi dans l'espace d'un objet dont la surface est proche de celle d'un terrain de tennis ! Il a donc fallu le plier pour qu'il entre sous la coiffe d'une fusée *Ariane 5*.

Quel est le diamètre du miroir primaire du télescope spatial *James Webb* ?

> 6,5 m

Possède-t-il une forme circulaire ?

> Non, ce miroir segmenté possède une forme hexagonale. Il est constitué de 18 petits miroirs hexagonaux, ce qui lui permet d'être replié en trois parties pour le lancement puis de se déployer dans l'espace.

De quel élément chimique les 18 petits miroirs sont-ils constitués ? Pourquoi ?

> Ils sont constitués de béryllium, un métal léger et rigide dont le coefficient de dilatation est extrêmement faible dans les conditions rencontrées dans l'espace. Il se contracte et se déforme moins que le verre, par exemple.

Quel est le rôle de la fine couche d'or dont ils sont revêtus ?

> Une fois les miroirs polis, on a déposé sur eux une très fine couche d'or. Son épaisseur est de 0,1 millième de millimètre, ce qui représente moins de 50 g pour l'ensemble des miroirs ! L'or réfléchissant de manière optimale le rayonnement infrarouge auquel sont sensibles les instruments scientifiques, sa présence fait des miroirs du télescope *James Webb* des réflecteurs presque parfaits. Notons que cette couche d'or est très fragile ; aussi est-elle recouverte d'une mince couche de verre qui la protège. Pour en savoir plus (en anglais) :

<https://jwst.nasa.gov/content/observatory/ote/mirrors/index.html>.

En plus d'un miroir primaire, le télescope *James Webb* possède un miroir secondaire, un miroir tertiaire et un petit miroir à orientation fine ! Quel est le rôle de chacun de ces miroirs ?

Indices : vous pouvez vous aider :

- du document « Lunette astronomique et télescope » (version collègue ou lycée), disponible [ici](#), vers le milieu de la page :

<https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/ressources-en-ligne> ;

- de la vidéo <https://www.youtube.com/watch?v=y9Z2GbFJWmo> qui montre le trajet de la lumière au sein du télescope.

Le schéma en page suivante montre également le trajet de la lumière dans le télescope.

> Le **miroir primaire**, concave, est le miroir principal d'un télescope. C'est lui qui collecte la lumière provenant des astres. Toutefois, on ne peut pas placer les instruments destinés à analyser cette lumière à l'endroit où le miroir primaire la focalise. En effet, ceux-ci bloqueraient la lumière incidente des astres avant même qu'elle n'atteigne le miroir primaire ! Il faut donc se montrer inventif...

La ruse consiste, dans les bons télescopes destinés aux amateurs – télescopes dits de type Cassegrain, à percer le miroir primaire en son centre et à fixer un **miroir secondaire** convexe à l'entrée du télescope. Ce dernier renvoie la lumière à travers le trou du miroir primaire vers l'oculaire et l'œil de l'observateur. Bien évidemment, dans le cas du télescope spatial *James Webb*, percer un trou est sans objet : il suffit de ne pas remplir la partie centrale du miroir primaire avec un petit miroir hexagonal. Certes, le miroir secondaire de 74 cm de diamètre et son support obstruent légèrement la vue du miroir primaire mais c'est un mal nécessaire et peu gênant.

Les ingénieurs du *James Webb* auraient pu s'arrêter ici et faire converger la lumière vers les instruments après sa réflexion sur le miroir secondaire. Toutefois, les télescopes à deux miroirs demeurent affectés par des aberrations géométriques : ce sont des imperfections dans la formation de l'image produite dues à la déviation des rayons lumineux par rapport à leur trajectoire idéale. Cela se traduit par une dégradation de la qualité de l'image, qui peut apparaître floue ou déformée. Hors de question qu'un télescope à plus de 10 milliards de dollars produise autre chose que des images parfaites ! Aussi a-t-on privilégié une solution à trois miroirs qui permet d'annuler quasiment les aberrations géométriques et, de plus, d'obtenir un champ de vue très large.

Techniquement, *James Webb* est un télescope anastigmatique à trois miroirs avec un miroir primaire ellipsoïdal, un miroir secondaire hyperboloïdal et un **miroir tertiaire** (concave) ellipsoïdal. Ouf !

Notons enfin, juste avant les instruments, la présence d'un petit **miroir plat mobile**, à orientation fine, qui permet de stabiliser l'image durant les observations. Le miroir tertiaire et le petit miroir plat sont contenus dans l'AOS (Aft Optics System).



Combien de personnes ont travaillé, à un moment ou à un autre, sur le télescope *James Webb* ?

> Environ 10 000 scientifiques, ingénieurs et techniciens de 14 pays ont participé à sa conception, sa construction, ses tests et son lancement.

Qui l'a construit ?

> Le projet, dirigé par la NASA avec des contributions significatives de l'Agence spatiale européenne (ESA) et de l'Agence spatiale canadienne (CSA), a impliqué des collaborateurs de nombreuses entreprises et institutions à travers le monde.

Pourquoi a-t-on décidé de faire du *James Webb* un télescope infrarouge ?

> L'observation dans l'infrarouge présente de nombreux avantages pour les missions qu'on a assignées à notre (très) cher télescope, entre autres pour :

- la cosmologie. L'observation des premières galaxies et des premières étoiles est son objectif principal. En raison de l'expansion de l'Univers, leur lumière est décalée vers les grandes longueurs d'onde et nous parvient dans le domaine infrarouge ;

- l'étude des nuages de poussière. De nombreux objets astronomiques, comme les étoiles en formation et les noyaux galactiques actifs, sont cachés derrière des nuages de poussière et de gaz qui absorbent la lumière visible. L'infrarouge peut pénétrer ces nuages, révélant des détails cachés et fournissant des informations cruciales sur les processus de formation stellaire et galactique ;

- la caractérisation des atmosphères exoplanétaires. Le télescope *James Webb* peut analyser la composition chimique des atmosphères des exoplanètes en observant leurs signatures infrarouges. Cela permet de détecter des molécules comme l'eau, le dioxyde de carbone, le méthane et d'autres composés qui pourraient indiquer la présence de conditions habitables ou même de la vie ;

- l'étude des objets froids. Les objets qui ne sont pas assez chauds pour émettre de la lumière visible, comme les naines brunes, les planètes et les disques circumstellaires, émettent principalement dans l'infrarouge. En observant ces longueurs d'onde, le télescope *James Webb* peut déterminer la température, la composition et d'autres propriétés physiques de ces objets.



L'équipe du projet du centre Goddard de la NASA devant une maquette à l'échelle 1 du télescope (septembre 2005)

Crédit : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:JWST\\_people.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:JWST_people.jpg).

Quels sont les différences et les points communs entre les télescopes spatiaux *Hubble* et *James Webb* ?

> *Hubble* tourne autour de la Terre à près de 600 km d'altitude et il était possible d'assurer sa maintenance en orbite. Avec son miroir primaire fait 2,4 m de diamètre, il observe de l'ultraviolet lointain à l'infrarouge proche en passant par le domaine visible. Il parvient à observer la jeunesse des galaxies lointaines, telles qu'elles étaient il y a 12,5 milliards d'années.

*James Webb* tourne autour du Soleil (plus exactement autour du point de Lagrange  $L_2$ , qui tourne autour du Soleil en suivant la Terre), à 1,5 million de kilomètre de notre planète. Il est trop éloigné pour qu'une maintenance soit envisageable. Avec son miroir segmenté de 6,5 m de diamètre, il observe un peu dans le visible mais surtout dans dans l'infrarouge proche et moyen. Il parvient à observer des galaxies naissantes, telles qu'elles étaient il y a 13,5 milliards d'années.

Quels sont les quatres instruments qui équipent le télescope *James Webb* ?

> NIRC*am*, NIR*Spec*, MIRI et NIRISS/FGS. Leur description est fournie à la fin du premier document de cette série.

Pourquoi a-t-on installé un grand bouclier thermique sur le télescope ?

> Pour le protéger de toutes les sources de rayonnement qui pourraient perturber ses mesures, ces sources étant le Soleil, la Terre, la Lune... et la chaleur dégagée par l'électronique du télescope !

Pourquoi est-on obligé de rallumer les petits moteurs du télescope de temps à autre ?

> Parce que le point  $L_2$ , autour duquel il tourne en 6 mois environ, est instable : si le télescope déviait légèrement en direction de la Terre, il s'en rapprocherait de plus en plus. De même, s'il s'éloignait de la Terre, il s'en éloignerait de plus en plus, comme une boule placée au sommet d'une colline partirait d'un côté ou de l'autre. Il doit donc corriger son orbite régulièrement.

Quelles découvertes ou observations notables ont déjà été faites par le télescope *James Webb* depuis son lancement ?

> Quelques exemples :

- observation des premières galaxies, qui aide les scientifiques à comprendre la formation et l'évolution des premières structures galactiques ;
- caractérisation des atmosphères d'exoplanètes. Ces analyses fournissent des indices sur la composition et les conditions climatiques de ces mondes lointains ;
- imagerie détaillée des nébuleuses et des régions de formation d'étoiles ;
- études des galaxies lointaines permettant d'étudier leur morphologie, leur composition et leur dynamique ;
- découverte de nouvelles étoiles et de systèmes planétaires, offrant des informations sur leur formation.

# 5

## LE POINT DE LAGRANGE $L_2$

Les points de Lagrange sont des points de l'espace où les forces d'attraction gravitationnelles de deux corps célestes (comme le Soleil et la Terre) équilibrent la force centrifuge ressentie par un objet de masse négligeable par rapport aux deux autres. Ces points permettent à l'objet plus petit - ici, le télescope *James Webb* - de rester en position relative fixe par rapport aux deux corps plus grands.

Il existe cinq points de Lagrange, désignés  $L_1$  à  $L_5$ . *James Webb* décrit son orbite autour du point  $L_2$  du système Soleil-Terre. Il a été choisi, entre autres, parce qu'il permet au télescope d'avoir le Soleil, la Terre et la Lune dans la même région du ciel. Il peut ainsi s'en protéger plus facilement à l'aide de son bouclier thermique. Le point  $L_2$  est situé sur la ligne Soleil-Terre, au-delà de la Terre.

**Nous allons calculer la position du point  $L_2$**  (niveau terminale scientifique)

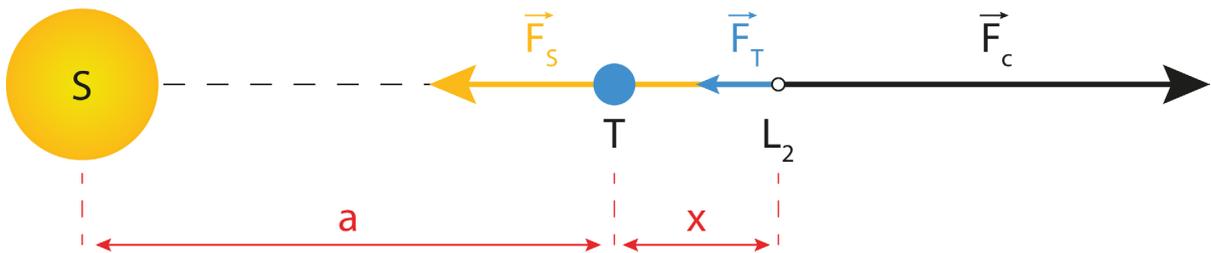
### Comprendre la physique du problème « avec les mains »

Plus un corps céleste est éloigné du Soleil, plus il en fait le tour lentement, comme le décrivent mathématiquement les lois de Kepler. Or, on demande d'une part au *James Webb* de tourner autour du Soleil plus loin que ne le fait la Terre (donc moins vite que la Terre), et d'autre part, de faire sa révolution en un an, pour suivre la Terre. Plus vite, moins vite, comment résoudre ce paradoxe ?

Sa résolution réside dans le fait que les lois de Kepler ne sont valables que si l'on considère uniquement l'attraction du Soleil. Or, le télescope *James Webb* ressent également l'attraction de la Terre. La masse de celle-ci augmente le champ de gravitation en  $L_2$  ce qui oblige ainsi notre télescope à tourner autour du Soleil un peu plus vite.

On se place dans le plan de l'écliptique, qui est le plan dans lequel la Terre tourne autour du Soleil. Nous le voyons donc par la tranche dans l'illustration ci-dessous. Le référentiel lié à ce plan, au Soleil et à la Terre est animé d'une rotation par rapport à un référentiel héliocentrique galiléen.

S est le Soleil, T la Terre et  $L_2$  le point de Lagrange où l'on place le télescope *James Webb*. Celui-ci ressent les forces gravitationnelles du Soleil  $F_S$  et de la Terre  $F_T$  ainsi qu'une force centrifuge  $F_c$  due à sa révolution autour du Soleil. La somme de ces trois forces doit être nulle.



$$\vec{F}_S = -G \frac{mM_S}{SL_2^2} \vec{SL}_2$$

$$\vec{F}_T = -G \frac{mM_T}{TL_2^2} \vec{TL}_2$$

$$\vec{F}_c = m\omega^2 \vec{SL}_2$$

avec  $M_S$  et  $M_T$  les masses respectives du Soleil et de la Terre,  $m$  la masse du télescope,  $G$  la constante gravitationnelle,  $TL_2 = x$ ,  $SL_2 = a + x$  et  $\omega = 2\pi/T$  où  $T$  est la période de révolution autour du Soleil, soit un an.  $a$  vaut environ 150 millions de kilomètres et  $x$  est l'inconnue que l'on cherche à résoudre.

On projette la relation  $F_T + F_S + F_c = 0$  sur l'axe Soleil - Terre et l'on obtient (1) :

$$-G \frac{M_T}{x^2} - G \frac{M_S}{(a+x)^2} + \omega^2(a+x) = 0$$

On se rappelle alors que la 3<sup>e</sup> loi de Kepler, appliquée à la Terre, donne :

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM_S}{4\pi^2}$$

Sachant que  $\omega = 2\pi/T$ , il vient :

$$\omega^2 = \frac{GM_S}{a^3}$$

En remplaçant, dans (1),  $\omega^2$  par cette expression et en multipliant alors (1) par

$$-\frac{a^3}{GM_S} \text{ il vient : } \frac{M_T a^3}{M_S x^2} + \frac{a^3}{(a+x)^2} - (a+x) = 0$$

Dernière astuce, on met  $a$  en facteur pour obtenir finalement :

$$\frac{M_T a^2}{M_S x^2} + \left(1 + \frac{x}{a}\right)^{-2} - \left(1 + \frac{x}{a}\right) = 0$$

On sait que la distance qui nous sépare du télescope *James Webb* est petite devant la distance qui nous sépare du Soleil. On peut donc faire un développement limité au premier ordre en  $x/a$  de l'expression  $(1+x/a)^{-2} \approx 1 - 2(x/a)$ . On a donc :

$$\frac{M_T a^2}{M_S x^2} + \left(1 - 2\frac{x}{a}\right) - \left(1 + \frac{x}{a}\right) = 0$$

Après simplification, on obtient l'expression finale :

$$\frac{x}{a} = \sqrt[3]{\frac{M_T}{3M_S}}$$

L'application numérique avec  $M_S = 2.10^{30}$  kg et  $M_T = 5,98.10^{24}$  kg donne  $x/a \approx 0,01$  soit environ 1,5 million de kilomètres. On retrouve bien, comme nous l'avions affirmé dans le deuxième document de cette série, que le point  $L_2$  se trouve à 1,5 millions de kilomètres au-delà de la Terre, sur la ligne joignant le Soleil à la Terre.

**Remarque 1** : il est tout à fait possible de résoudre directement l'équation (1) à l'aide d'un logiciel de calcul ou d'un langage de programmation comme Python.

**Remarque 2** : un traitement de la question de l'orbite du télescope *James Webb* autour du point de Lagrange  $L_2$  est proposé dans un article de la revue *Les Cahiers Clairaut* n°183 (automne 2023). L'abonnement numérique vous offre en plus un complément mathématique qui vous montrera pourquoi le télescope oscille de part et d'autre du plan de l'écliptique avec une période proche de six mois et pourquoi il convient de lui apporter des corrections orbitales toutes les trois semaines environ.

Ce dossier en trois documents sur le télescope spatial *James Webb* touche maintenant à sa fin. Nous espérons avoir réussi à vous révéler la prouesse technologique et humaine qu'ont constituée sa conception, sa réalisation, son lancement et son déploiement.

Le télescope a été déclaré opérationnel en juillet 2022. Désormais entre les mains de la communauté scientifique, on peut présager sans risque qu'il va révolutionner l'astronomie comme l'avait fait le télescope *Hubble* en son temps.

Puissiez-vous suivre ces avancées avec nous !

# 6

## RESSOURCES

### Bibliographie

*Les Cahiers Clairaut*, bulletin de liaison trimestriel du CLEA, le Comité de liaison enseignants et astronomes.

<http://clea-astro.eu/archives/web/index.php>

« Les Cahiers Clairaut sont un véritable outil de travail pour les enseignants, de la maternelle à l'université. On y trouve des articles de fond (astrophysique, histoire, philosophie, enseignement...), des comptes rendus d'expériences pédagogiques, des notes critiques de livres récents, des innovations en matière d'activités pratiques. »

Tous les articles des numéros de plus de 3 ans sont librement téléchargeables. La consultation des plus récents nécessite un abonnement numérique.

De nombreux articles sont dédiés au télescope James Webb, au domaine infrarouge, aux points de Lagrange, aux instruments scientifiques, etc.

O. Berné, *Destination Orion. Voyage à bord du télescope James Webb*, éd. Dunod, 2023.



### Sitographie

Site officiel du *James Webb Space Telescope* (en anglais)

<https://webb.nasa.gov/>

Site conçu par le service communication du *Space Telescope Science Institute*, une organisation fondée par la NASA (en anglais)

<https://webbtelescope.org/>

Site officiel du *James Webb Space Telescope* sur le site de l'Agence spatiale européenne (en anglais)

[https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Webb](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb)

Kit de lancement en français disponible ici :

[https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Space\\_Science/Webb/James\\_Webb\\_Space\\_Telescope\\_launch\\_kit](https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb/James_Webb_Space_Telescope_launch_kit)

Brochure en français disponible ici :

[https://www.esa.int/About\\_Us/ESA\\_Publications/ESA\\_BR-348\\_Webb\\_Seeing\\_further](https://www.esa.int/About_Us/ESA_Publications/ESA_BR-348_Webb_Seeing_further)

Site officiel français du *James Webb Space Telescope*

<https://www.jwst.fr/>

Page Wikipédia du *James Webb Space Telescope*

[https://fr.wikipedia.org/wiki/James\\_Webb\\_\(t%C3%A9lescope\\_spatial\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/James_Webb_(t%C3%A9lescope_spatial))

## Vidéos en ligne

ARTE - L'Europe dans l'Espace

Le télescope *James Webb* ou l'après *Hubble*

<https://www.arte.tv/fr/videos/102869-004-A/l-europe-dans-l-espace/>

*James Webb* - A la recherche d'une nouvelle Terre

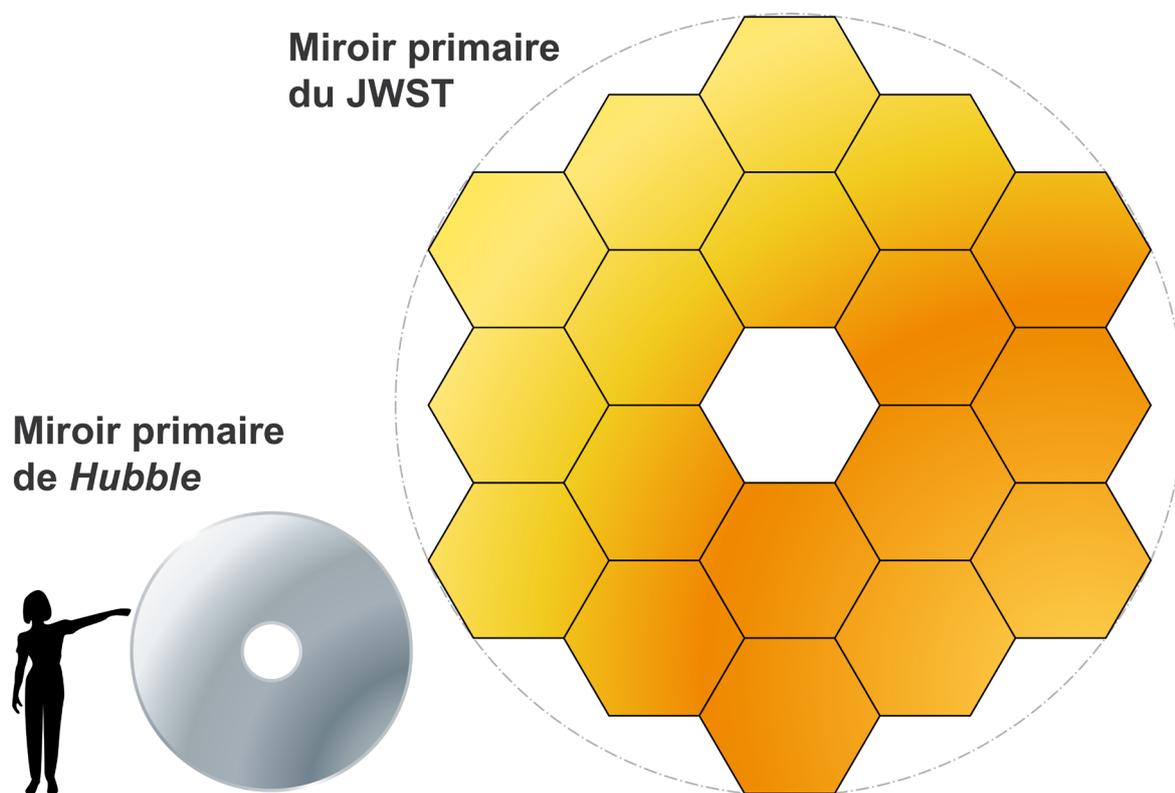
<https://www.arte.tv/fr/videos/115021-003-A/l-europe-dans-l-espace/>

france•tv - Science grand format  
*James Webb*, voyage aux origines de l'Univers

<https://www.france.tv/france-5/science-grand-format/4160260-james-webb-voyage-aux-origines-de-l-univers.html>

## Expositions

Expositions permanentes *Mission spatiale* et *Le grand récit de l'Univers* à la Cité des sciences et de l'industrie.



Département *Éducation et Formation*  
Rédaction et graphisme : J. KIEKEN  
D'après une maquette originale de H. MALCUIT  
Nous contacter :  
[educ-formation@universcience.fr](mailto:educ-formation@universcience.fr)