

cheops

**→ DÉTERMINATION DE LA TAILLE
ET CARACTÉRISATION INITIALE
DES EXOPLANÈTES**

MISSIONS SCIENTIFIQUES SPATIALES DE L'ESA

système solaire



bepicolombo

Première mission européenne à destination de Mercure pour étudier la structure interne, la surface, l'atmosphère et la magnétosphère de cette planète peu connue afin d'en dévoiler les origines.



cassini-huygens

Étudier le système de Saturne grâce à la sonde Huygens de l'ESA larguée à la surface de Titan, le plus important satellite de Saturne.



cluster

Une mission de quatre satellites pour étudier les interactions entre le Soleil et la magnétosphère terrestre avec un niveau de détail inégalé.



juice

Explorer les lunes glacées de Jupiter, procéder à des observations détaillées de la géante gazeuse et évaluer le potentiel d'habitabilité de ses principaux satellites glacés.



mars express

Première mission européenne à destination de Mars, fournissant une vue globale sans précédent de l'atmosphère, de la surface et du sous-sol de la planète rouge.



rosetta

Première mission à survoler et à poser une sonde sur une comète pour étudier les éléments constitutifs du Système solaire.



soho

Fournir de nouvelles vues sur l'atmosphère et la structure interne du Soleil, et sur les origines du vent solaire.



solar orbiter

Une mission visant à étudier le Soleil au plus près, en recueillant des données et des images à haute résolution de notre étoile et de son héliosphère.



venus express

Le premier engin spatial à effectuer une étude globale de l'atmosphère dynamique de Vénus.

astronomie



cheops

Caractériser les exoplanètes connues, en orbite autour d'étoiles proches et brillantes.



euclid

Explorer la nature de la matière noire et de l'énergie sombre pour tenter de comprendre pourquoi l'expansion de l'Univers s'accélère et la croissance de la structure cosmique.



gaia

Recenser une partie des objets célestes afin de trouver des indices sur l'origine, la structure et l'évolution de la Voie lactée.



herschel

Réaliser des observations dans l'infrarouge pour percer les secrets de la formation et de l'évolution des étoiles et des galaxies.



hubble space telescope

Repousser les frontières de l'Univers visible, en observant les horizons lointains grâce à des caméras qui peuvent voir dans les domaines visible, infrarouge et ultraviolet.



integral

Le premier observatoire spatial à observer simultanément des objets célestes dans les rayonnements gamma, X et en lumière visible.



jwst

Observatoire spatial dédié à l'observation des premières galaxies, révélant la naissance d'étoiles et de planètes, et à la recherche de planètes pouvant supporter la vie.



lisa pathfinder

Tester les technologies nécessaires pour détecter les ondes gravitationnelles, afin de comprendre la physique fondamentale qui sous-tend le tissu de « l'espace-temps ».



planck

Détecter la lumière originelle de l'Univers en regardant vers l'origine du temps.



plato

Étude de planètes de type terrestre en orbite dans la zone habitable d'une étoile semblable au Soleil, et caractérisation de ces étoiles.



xmm-newton

Résoudre les mystères de l'Univers dans le rayonnement X, des énigmatiques trous noirs à la formation de galaxies.

exploration



exomars

Deux missions comprenant un orbiteur pour étudier l'atmosphère martienne, une plate-forme scientifique de surface et un rover pour rechercher des traces de vie dans le sous-sol.

Production de l'ESA

BR-342/FR novembre 2019

Auteurs Amanda Doyle &
Emily Baldwin (EJR-Quartz)

Traduction française: CNES-Coup de puce

Édition Karen Fletcher

Conception ReMedia IT

ISBN 978-92-9221-120-2

ISSN 0250-1589

Copyright © 2019 European Space Agency



CHEOPS

DÉTERMINATION DE LA TAILLE ET CARACTÉRISATION INITIALE DES EXOPLANÈTES

SOMMAIRE

Pourquoi les exoplanètes ?	2
Présentation de Cheops	4
Caractérisation des exoplanètes par Cheops	6
Conception d'un observatoire de planètes	8
Une collaboration européenne	10
Bienvenue à bord !	12

→ POURQUOI LES EXOPLANÈTES ?

L'une des questions les plus fondamentales de l'humanité est de savoir si nous sommes seuls dans l'Univers. Les hommes s'interrogent depuis longtemps sur l'existence d'autres mondes, une question soulevée pour la première fois par les philosophes de la Grèce antique et récurrente au Moyen Âge et à la Renaissance.

Les recherches d'exoplanètes ont véritablement commencé au milieu du XXe siècle. La première découverte d'une exoplanète en orbite autour d'une étoile de type solaire, en 1995, a complètement changé notre vision du Système solaire. Il s'agit d'une planète géante d'une masse égale à environ la moitié de celle de Jupiter, appelée « 51 Pegasi b », qui orbite autour de son étoile hôte en un peu plus de quatre jours. La présence d'une planète de cette taille sur une orbite aussi courte – beaucoup plus proche de son étoile que Mercure ne l'est de notre Soleil – était complètement inattendue et ne concordait pas avec notre compréhension du moment sur la formation des planètes.

Deux décennies plus tard, l'étude des exoplanètes est l'un des domaines de l'astronomie qui progresse le plus rapidement. Près de 4 000 exoplanètes sont confirmées à ce jour (début 2019) : d'autres planètes de type Jupiter chaud comme 51 Pegasi b, et des types de planètes sans équivalent dans notre Système solaire. Il existe des systèmes hébergeant plus d'une planète, des planètes en orbite autour de deux étoiles, et des systèmes ayant potentiellement des planètes aux conditions adéquates pour assurer la stabilité de l'eau en surface, une composante indispensable à la vie telle que nous la connaissons.

L'étude de ces divers types de planètes et de systèmes planétaires – des plus petits aux plus grands, des plus semblables à la Terre aux plus étranges – nous livre des enseignements sur la formation et l'évolution de ces systèmes particuliers, et fournit des indications essentielles pour comprendre si et où la vie pourrait exister ailleurs dans l'Univers.

Les recherches depuis la Terre

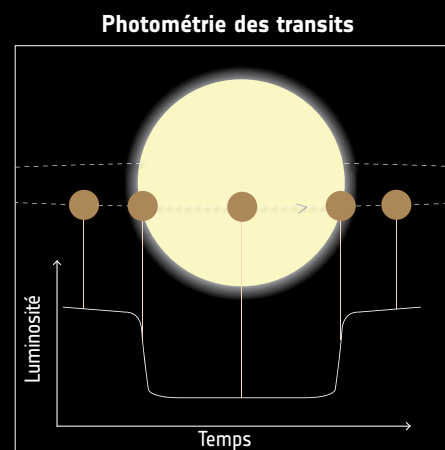
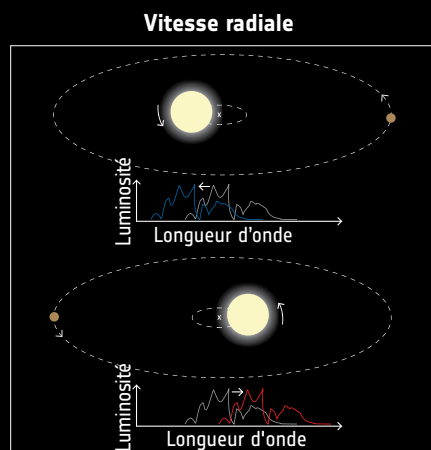
C'est un observatoire terrestre qui a permis de découvrir 51 Pegasi b en repérant des « oscillations » dans les mouvements de l'étoile. Celles-ci sont causées par l'attraction gravitationnelle d'une planète alors que le couple étoile-planète orbite autour d'un centre de gravité commun. Vue de loin, l'étoile semble se rapprocher et s'éloigner de l'observateur, sa lumière paraissant légèrement plus bleue quand elle se rapproche, et légèrement plus rouge quand elle s'éloigne. Ce changement de fréquence est connu sous le nom d'effet Doppler. C'est le même phénomène qui s'observe au passage d'une ambulance dont la sirène retentit : la hauteur du son varie quand l'ambulance passe à proximité du récepteur. Les premières découvertes d'exoplanètes ont été principalement faites à l'aide de cette méthode des **vitesse radiales**.

Les premières détections d'exoplanètes par **photométrie des transits** remontent à 1999. Les exoplanètes « en transit » sont détectées lorsqu'elles passent devant leur étoile hôte, ce qui provoque une diminution de la luminosité stellaire, du point de vue de l'observateur. Le transit se répète, et l'intervalle de temps correspond à la période de révolution de la planète autour de l'étoile. Par exemple, un observateur de notre Système solaire devrait attendre un an avant de voir se répéter le passage de la Terre devant le Soleil.

La grande majorité des exoplanètes confirmées ont été découvertes à l'aide des deux méthodes présentées ci-dessus.

L'imagerie directe est une méthode moins courante, qui repose sur la mesure de la lumière provenant de l'exoplanète elle-même. L'observation directe d'exoplanètes est particulièrement difficile dans les longueurs d'ondes visibles, car la faible lumière de ces planètes peut être noyée dans le flux bien plus lumineux de l'étoile. Cependant, des instruments ont été développés pour bloquer la lumière de l'étoile, et plus de 40 exoplanètes ont été détectées grâce à cette méthode.

La méthode des vitesses radiales et l'astrométrie permettent de découvrir les exoplanètes les plus lourdes et de déterminer leur masse ; la photométrie des transits est sensible aux planètes en orbite à proximité de leur étoile hôte et fournit une mesure de la taille de la planète ; l'imagerie directe permet d'accéder aux planètes situées loin de leur étoile ; la méthode des microlentilles est la technique la moins biaisée par rapport au type de planète.



Qu'est-ce qu'une exoplanète ?

Une exoplanète, ou planète extrasolaire, est une planète située en dehors du Système solaire.

La méthode de la **microlentille** repose sur un phénomène aléatoire, l'alignement de deux étoiles avec un observateur. Lorsqu'une étoile passe derrière l'autre, l'étoile la plus proche agit comme une lentille, infléchissant la lumière de sorte que la luminosité augmente et puis diminue doucement. Si une planète est présente autour de l'étoile la plus proche, sa gravité infléchit également le flux lumineux, provoquant un pic. Plus de 70 planètes ont été détectées par cette méthode, mais ces détections ne peuvent être répétées.

Quelques planètes ont également été découvertes à l'aide d'autres techniques, y compris le chronométrage des pulsars. En combinant les résultats d'observations et de relevés utilisant différentes techniques, nous pouvons brosser un tableau représentatif de la diversité des exoplanètes et des systèmes planétaires.

Les télescopes : de la Terre à l'espace

L'avènement des télescopes spatiaux a réellement ouvert la voie à la découverte des exoplanètes. En plus d'être à l'abri des perturbations causées par l'observation au travers de l'atmosphère terrestre, les satellites offrent une visibilité directe et avec moins d'interruptions sur l'étoile cible, et des observations 24 heures sur 24.

La mission CoRoT (Convection, Rotation and planetary Transits), 2006-2013, sous la maîtrise d'oeuvre du CNES, a mis en oeuvre l'un des premiers télescopes spatiaux adaptés pour la détection des exoplanètes. Elle avait pour double objectif la recherche de planètes extrasolaires à courte période orbitale (de quelques jours, voire heures) et la mesure des oscillations des étoiles. En utilisant la méthode des transits, CoRoT a découvert 37 exoplanètes à ce jour, dont la première planète rocheuse confirmée (en orbite beaucoup trop près de son étoile pour être habitable !). D'autres pourraient bien être découvertes au cours de l'analyse des données après la mission.

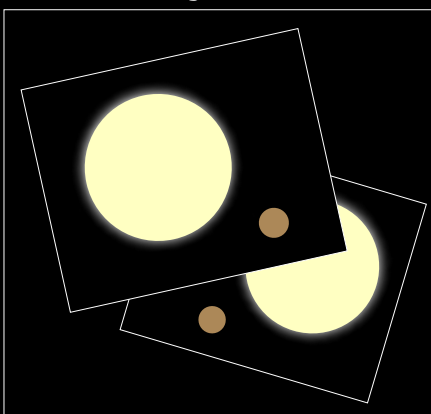
La mission Kepler de la NASA (2009) est à l'origine de près de trois quarts des découvertes d'exoplanètes à ce jour. Le télescope Kepler a observé une région spécifique du ciel pendant plus de quatre ans, surveillant plus de 150 000 étoiles à faible luminosité et découvrant des milliers d'exoplanètes. Bien qu'il n'ait observé qu'une petite partie du ciel, les nombreuses découvertes ont permis de se faire une idée du grand nombre d'exoplanètes qui doivent exister dans notre Galaxie.

Le dernier satellite déployé par la NASA pour traquer les exoplanètes est le satellite TESS, lancé en avril 2018. Contrairement à Kepler, TESS scrutera pratiquement tout le ciel en vue de détecter de petites planètes en orbite autour des étoiles les plus lumineuses.

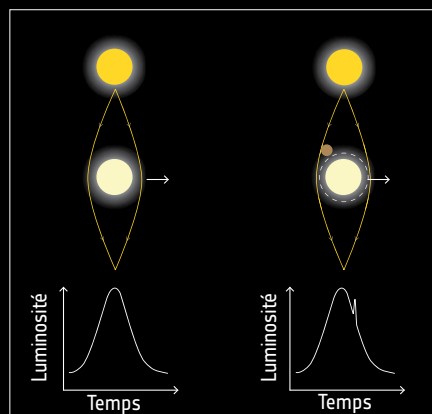
Un rôle d'appui

Sans être des chasseurs de planètes dédiés, les observatoires spatiaux – avec un objectif de mission initial complètement différent – ont également contribué de manière significative aux études sur les exoplanètes. Par exemple, le télescope spatial Hubble de la NASA/ESA, conçu et lancé bien avant la généralisation de la recherche des exoplanètes, peut être utilisé pour mesurer les transits, et même pour observer certains aspects de l'atmosphère des planètes. De même, le télescope spatial infrarouge Spitzer de la NASA a contribué à l'étude des variations de la lumière infrarouge lors du transit d'une exoplanète. La mission Gaia de l'ESA, à travers ses mesures sans précédent de la position, de la luminosité et des mouvements de plus d'un milliard d'étoiles dans tout le ciel, contribue à la constitution d'une très grande base de données d'**astrométrie** qui permettra de découvrir des exoplanètes, soit par l'observation de changements dans la position d'une étoile hôte à cause de ses planètes, soit par une baisse de sa luminosité lorsqu'une planète passe devant elle.

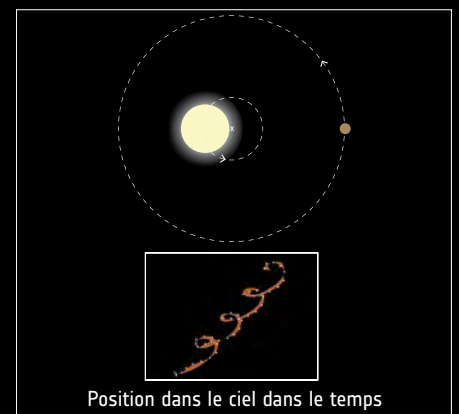
Imagerie directe



Microlentilles



Astrométrie



→ PRÉSENTATION DE CHEOPS

La découverte d'une exoplanète n'est qu'un début. Des télescopes spatiaux spécifiques sont nécessaires pour faire le suivi d'un nombre croissant d'exoplanètes recensées et pour commencer à caractériser ces mondes étranges afin de comprendre leur place dans l'Univers. À ces fins, l'ESA prévoit de lancer trois satellites dédiés aux exoplanètes au cours de la prochaine décennie, qui étudieront chacun un volet particulier de la science des exoplanètes : Cheops, Plato et Ariel.

De précédentes observations ont montré que la plupart des étoiles semblables au Soleil abritent des planètes dont la taille, la masse et les paramètres orbitaux sont très variés et que les petites planètes sont étonnamment omniprésentes : environ la moitié des étoiles semblables au Soleil ont au moins une planète d'une taille comprise entre celle de la Terre et celle de Neptune. Les théories sur la formation des planètes n'ont pas permis de prédire le grand nombre de petites planètes gravitant à faible distance de leur étoile, ce qui en fait un sujet d'étude tout désigné pour le satellite Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) de l'ESA.

Contrairement aux missions de découverte d'exoplanètes (comme CoRoT, Kepler et Tess), Cheops observera les étoiles brillantes et proches dont on sait qu'elles abritent des exoplanètes, en ciblant plus particulièrement les planètes d'une taille comprise entre celles de la Terre et de Neptune. La précision exceptionnelle de Cheops et la stabilité avec laquelle le télescope pourra mesurer les **profondeurs de transits** à l'aide de la méthode des transits, permettront aux

astronomes de déterminer la taille des planètes avec précision et exactitude. En sachant quand et où pointer son télescope pour capter les transits, Cheops optimisera le temps qu'il passe à surveiller les transits en cours. Il ciblera les étoiles sur une grande partie du ciel, puis réitérera ses observations des transits tout au long de la mission, ce qui permettra d'améliorer la précision des mesures pour déterminer la taille des planètes.

Pour une planète dont nous avons déjà une mesure de masse, la combinaison avec les données de Cheops permettra de déterminer sa densité, ce qui nous donnera des indices essentiels sur sa composition et sa structure. Cette première étape dans la caractérisation de ces mondes – souvent sans équivalent dans le Système solaire – est cruciale pour mieux comprendre la formation, l'origine et l'évolution de ces petites exoplanètes.

Coopération entre les missions sur les exoplanètes

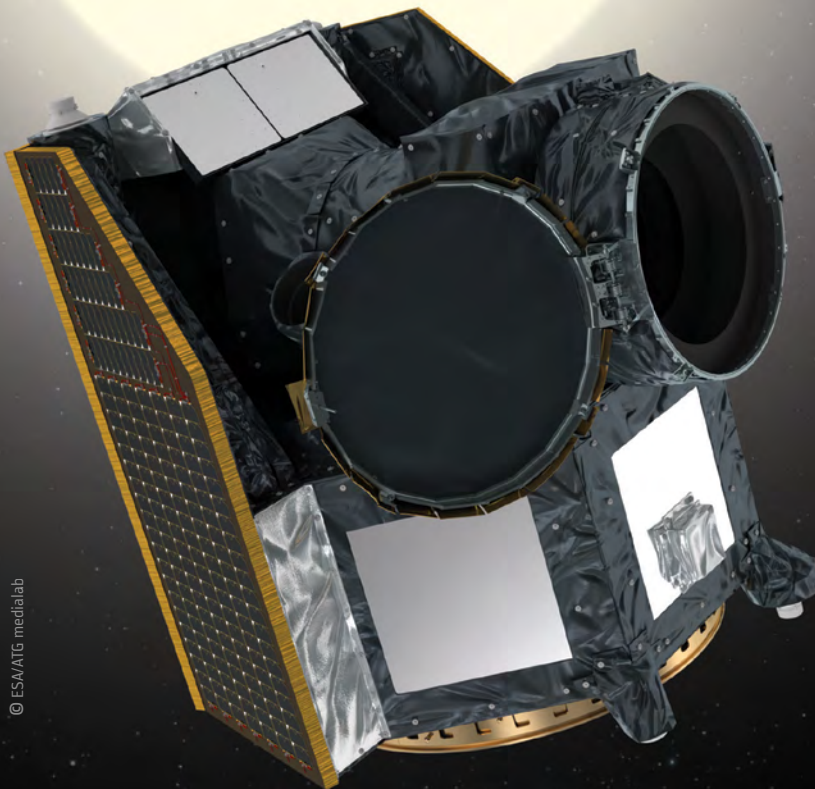
En plus de suivre les exoplanètes découvertes par d'autres missions, Cheops identifiera les meilleures candidates pour une étude détaillée par de futures missions et de futurs observatoires. Par exemple, il fournira des cibles pour le télescope spatial international James Webb, qui sera utilisé pour rechercher des signatures de présence d'eau et de méthane, étant des éléments importants dans notre recherche de signes d'habitabilité.

Profondeur de transit

Mesure de la variation de la luminosité d'une étoile en raison du passage d'une exoplanète devant elle.



Test de Cheops avant le lancement



© ESA/ATG medialab

Vue d'artiste de Cheops avec un système planétaire extrasolaire en arrière-plan

Plato (PLANetary Transits and Oscillations of stars) fait partie de la nouvelle génération de missions spatiales axées sur les propriétés des planètes rocheuses en orbite dans la « zone habitable » (c'est-à-dire où de l'eau peut exister à l'état liquide à la surface de la planète) de leur étoile hôte, semblable au Soleil. Cette mission étudiera également l'activité sismique des étoiles. Cela permettra de caractériser avec précision l'étoile hôte de la planète, y compris son âge, et de mieux comprendre l'évolution du système planétaire.

La mission Ariel (Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey) est conçue pour aller plus loin dans la caractérisation des exoplanètes en effectuant un recensement chimique d'un large échantillon d'exoplanètes via l'analyse de leur atmosphère. Elle permettra d'étudier les exoplanètes sur le plan individuel et, surtout, en tant que populations, de façon plus détaillée que jamais.

Grâce à Cheops et à ces futures missions, l'ESA restera à la pointe de la recherche exoplanétaire bien au-delà de la prochaine décennie, et pourra apporter des éléments de réponse à la question fondamentale : quelles sont les conditions de la formation des planètes et de l'émergence de la vie ?

Une mission de classe S

Cheops est une mission de classe S (« Small ») du programme scientifique de l'ESA. Elle repose sur un partenariat entre l'ESA et la Suisse, mis en oeuvre dans le cadre d'un consortium dédié, piloté scientifiquement par l'Université de Berne, avec d'importantes contributions de dix autres États membres de l'ESA (voir page 11). Les missions de classe S ont un budget beaucoup plus restreint que celles de classe L (« Large ») et M (« Medium »), et un délai bien plus court entre le début du projet et le lancement. Dans ces conditions, il convient d'utiliser des technologies déjà éprouvées dans l'espace, et un certain nombre de tâches traditionnellement effectuées par l'ESA, telles que les opérations, seront confiées au consortium. Cheops partagera le voyage dans l'espace en tant que passager secondaire, un choix qui justifie certains aspects au niveau de la conception du satellite.

→ CARACTÉRISATION DES EXOPLANÈTES PAR CHEOPS

Cheops se concentrera sur les exoplanètes à périodes orbitales courtes (environ 50 jours ou moins), d'une taille généralement comprise entre celles de la Terre et de Neptune, qui gravitent autour d'étoiles variées. En ciblant les planètes à orbite courte, Cheops aura accès à de multiples transits pendant toute la durée de la mission, ce qui facilitera la répétition des observations et l'amélioration de la précision des mesures.

Cheops utilise la technique ultraprécise de « photométrie des transits » pour mesurer très précisément la taille des exoplanètes. L'intensité de l'obscuration de la lumière de l'étoile causée par le passage de l'exoplanète devant l'étoile, connue sous le nom de « profondeur de transit » est directement liée à la taille de la planète par rapport à l'étoile : une grande planète bloquera une fraction plus importante de la lumière stellaire que ne le ferait une petite. Les petits transits de planète que Cheops observera impliquent de mesurer des variations de la luminosité de l'ordre de quelques dizaines de parties par million (ppm).

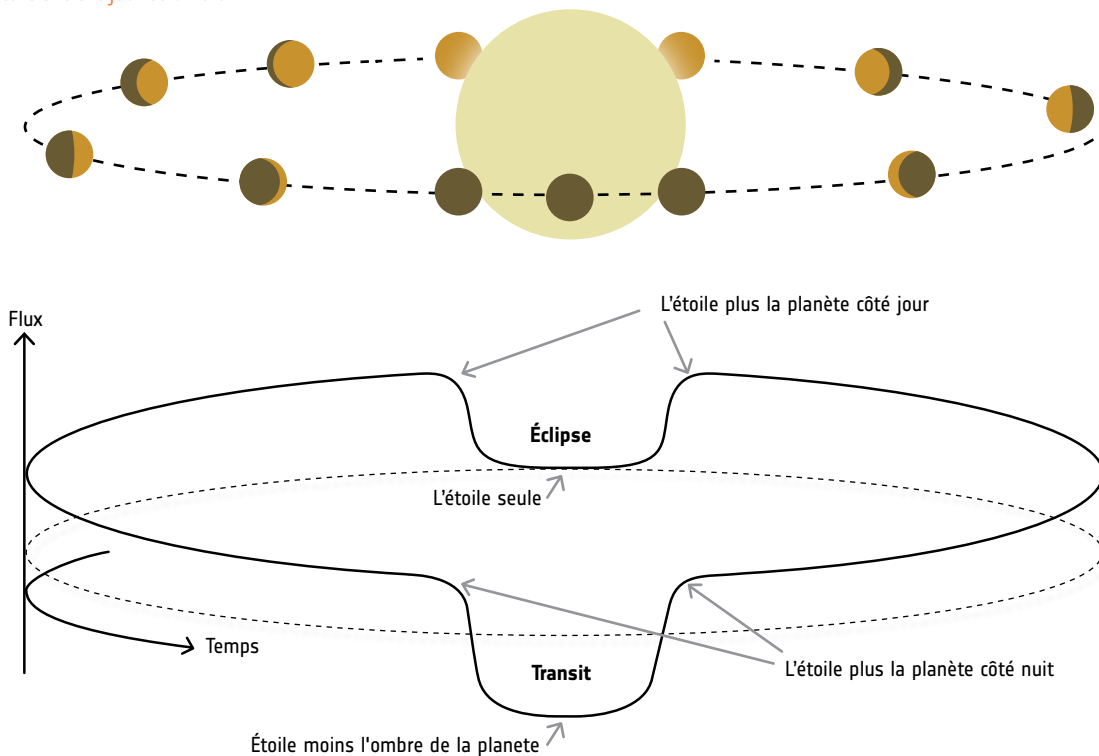
Courbes de phase

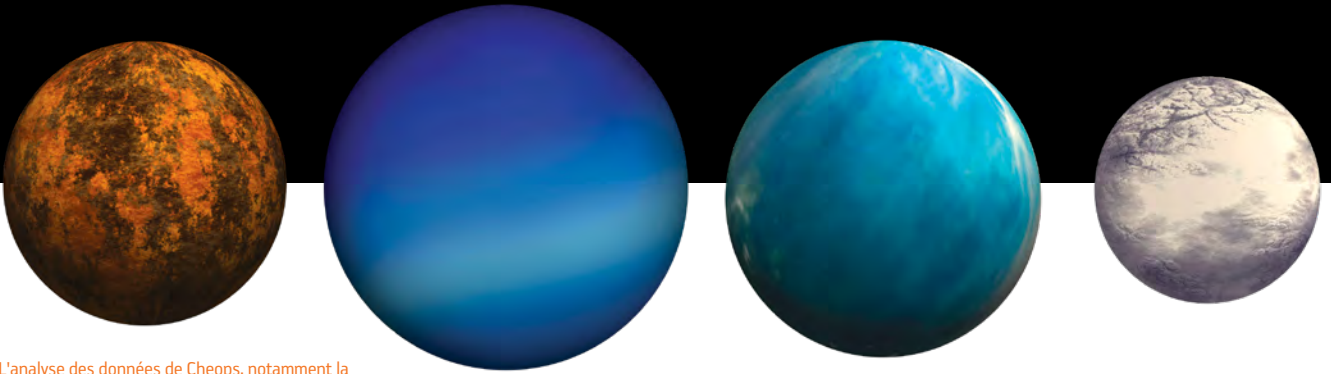
L'étude de la lumière réfléchie par une planète en orbite autour de son étoile révèle des écarts de température entre le jour et la nuit

Cheops pourra prendre des mesures fréquentes – jusqu'à une par minute – qui permettront une caractérisation minutieuse des courbes de lumière. En particulier des mesures détaillées des périodes de début et de fin du transit fournissant des informations clés telles que l'inclinaison de l'orbite et le moment exact du transit.

La mesure de la profondeur de transit permet d'obtenir une valeur précise du rayon de l'exoplanète. Connaissant le volume et la masse d'une planète, on peut en déduire sa densité, et donc sa composition et sa structure possible : par exemple, si elle est principalement rocheuse ou gazeuse, ou si elle abrite des océans importants. Cheops sera également en mesure d'identifier la présence sur une planète d'une atmosphère significative.

Les caractéristiques déterminées par Cheops aideront les astronomes à affiner leurs modèles de la formation et de l'évolution des petites planètes, ce qui pourrait nous aider à mieux comprendre l'évolution de notre propre Système solaire.





L'analyse des données de Cheops, notamment la masse et la densité, donnera des indications sur la structure et la composition d'une exoplanète, par exemple si elle est – de gauche à droite – composée de roches denses ou plutôt de gaz, aquatique ou riche en glace

Pour certaines planètes, il sera également possible de détecter les variations de la lumière stellaire réfléchiée par la planète lorsqu'elle gravite autour de son étoile hôte, phénomène similaire à celui des phases de la Lune. Les **courbes de phase** obtenues – mesures des variations de la luminosité de l'étoile au fil de la révolution orbitale de l'exoplanète – nous renseignent sur les processus physiques à l'origine du transfert thermique du côté jour (chaud) vers le côté nuit (froid) de la planète. L'analyse des courbes de phase fournit également des informations sur l'atmosphère de la planète, y compris la présence de nuages, et peut-être même des indices sur la composition des nuages.

Grâce aux mesures précises transmises par Cheops, les scientifiques pourront suivre l'activité de ces étoiles. Elles permettront également de mesurer la taille de petits corps du Système solaire beaucoup plus locaux, tels que les objets trans-neptuniens (objets en dehors de l'orbite de Neptune, comme Pluton) qui passent brièvement devant des étoiles et bloquent leur lumière.

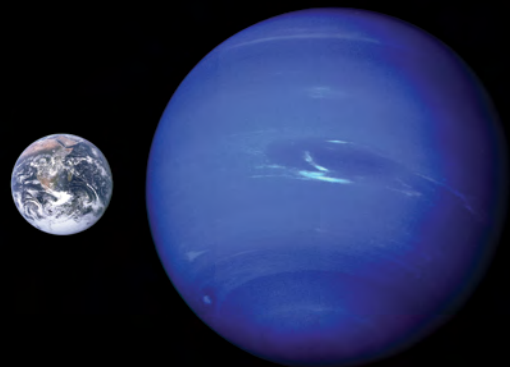
Nouvelles planètes et exolunes ?

Si Cheops est une mission de suivi destinée principalement à la caractérisation de planètes identifiées, elle pourra également permettre de débusquer des planètes encore inconnues grâce à la mesure de petites variations dans les temps de transit d'une planète connue, lesquelles peuvent révéler la présence d'une autre planète. La très grande précision avec laquelle Cheops peut mesurer la lumière stellaire pourrait permettre de trouver de petites planètes en orbite à proximité de leur étoile, que les observations précédentes ont pu manquer en raison de leur faible profondeur de transit.

La photométrie des transits peut aussi être utilisée pour rechercher des lunes en orbite autour de planètes en transit, et même des astéroïdes ou des anneaux planétaires qui passent devant leur étoile hôte. En octobre 2018, l'équipe du télescope spatial Hubble a révélé de solides preuves sur la présence d'une exolune, alors que d'importantes recherches menées précédemment avec Kepler étaient restées infructueuses. Cheops permettra-t-il de détecter d'autres exolunes ?

Quels types de planète Cheops étudiera-t-il ?

- Jupiters chauds : planètes géantes gazeuses de masse et de taille comparables à celles de Jupiter, orbitant très près de leur étoile hôte.
- Planètes telluriques : planètes rocheuses de composition semblable à celle de Mercure, Vénus, la Terre et Mars.
- Super-Terres : planètes rocheuses ayant une masse comprise entre une et dix masses terrestres, ou 1–1,75 fois plus grandes que la Terre.
- Mini-Neptunes : planètes glacées plus grandes que les Super-Terres, mais plus petites que Neptune - jusqu'à dix fois plus massives que la Terre, avec une atmosphère épaisse.
- Planètes de type Neptune : géantes de glace, constituées d'hélium, d'hydrogène et de composés volatils gelés, d'une masse de 10–100 fois, et d'une taille de deux à six fois supérieures à celles de la Terre.



La Terre comparée à Neptune qui est presque quatre fois plus grande que la Terre, mais 17 fois plus lourde.

→ CONCEPTION D'UN OBSERVATOIRE DE PLANÈTES

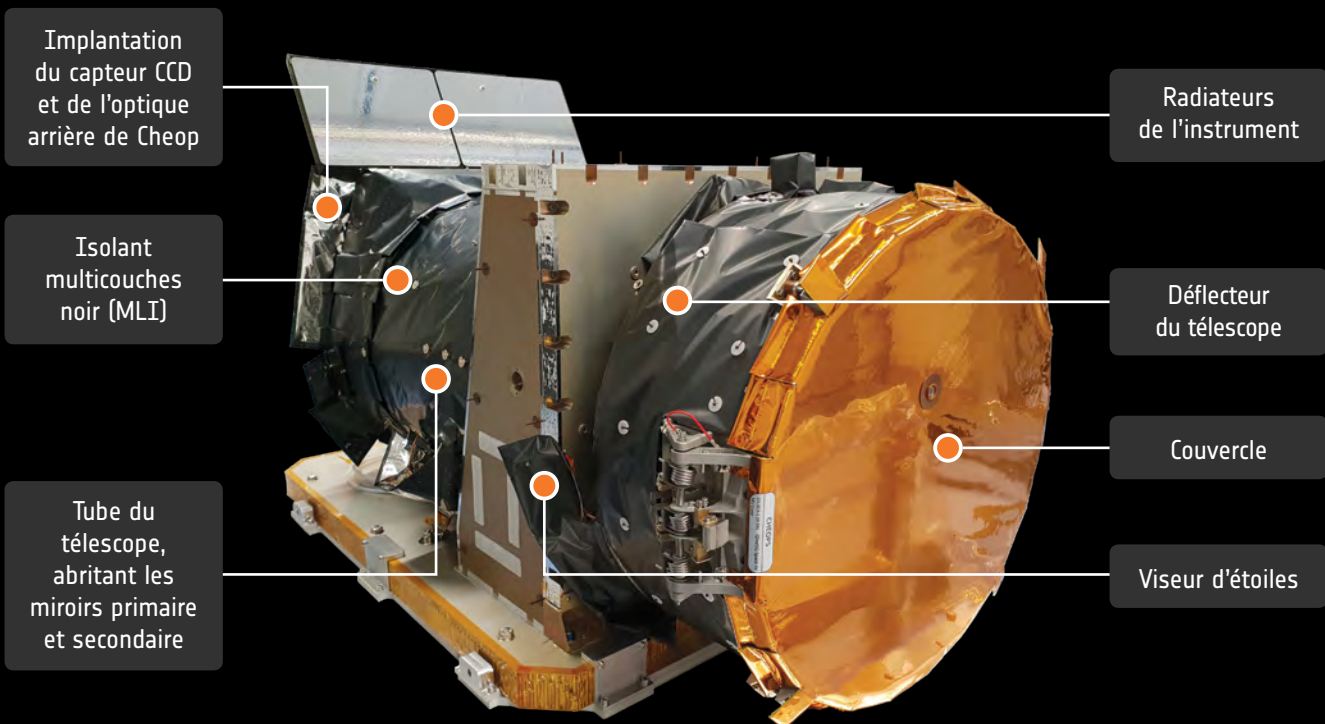
La conception de Cheops a été dictée par la nécessité de mesurer avec précision le « signal » d'étoiles déjà réputées héberger des exoplanètes. La précision est particulièrement importante car le signal de transit peut être extrêmement faible pour les plus petites planètes, et le bruit de l'instrument lui-même peut potentiellement occulter le transit. En mode observation l'instrument doit donc être aussi stable que possible pour minimiser toutes perturbations et être maintenu à une température basse pour éviter d'introduire du bruit thermique.

Cheops n'a qu'un seul instrument : un photomètre de haute précision constitué d'un télescope de 30 cm d'ouverture et d'un seul capteur CCD couvrant les longueurs d'onde allant du visible au proche infrarouge. Un certain nombre d'éléments clés de l'instrument sont conçus pour réduire au minimum la lumière parasite, notamment celle de la Terre et de la Lune. Il y a notamment un grand déflecteur externe, un plus petit interne et des aubes à l'intérieur du télescope. À l'instar des lampadaires qui nous empêchent de voir les étoiles, la lumière parasite réduirait la capacité d'observation du télescope. Le déflecteur est équipé d'un couvercle pour protéger le miroir

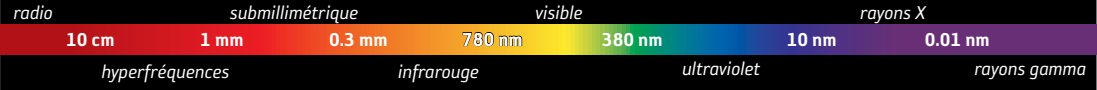
de la poussière et de la contamination au sol et pendant le lancement, qui sera ouvert dès la mise en orbite autour de la Terre, avec le télescope pointé dans la direction opposée au Soleil.

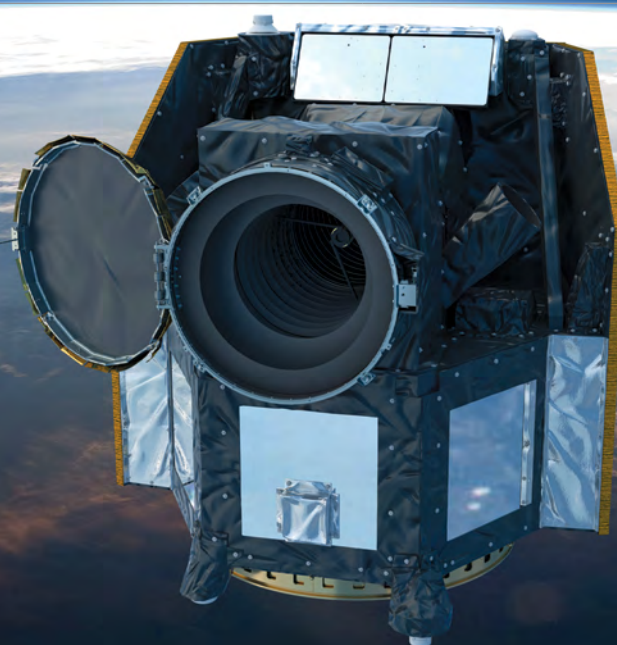
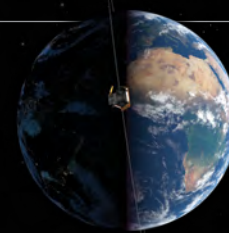
Un pare-soleil maintient l'instrument à l'ombre, protégeant ainsi les deux radiateurs de l'instrument qui assurent le refroidissement du CCD et de l'électronique. Le pare-soleil est également connecté aux trois panneaux solaires, qui sont orientés de manière à fournir une alimentation électrique suffisante pour faire fonctionner le satellite dans la direction de pointage prévue.

Afin d'améliorer la stabilité de pointage et de minimiser les effets des dépointages, les deux viseurs d'étoiles sont montés directement sur l'instrument. La stabilité du pointage du satellite dans le temps est encore améliorée par le retour d'informations sur la position réelle de l'étoile cible mesurée par l'instrument de Cheops vers le système de contrôle d'attitude et d'orbite du satellite – système de la plateforme spatiale qui contrôle le pointage du satellite.



Fiche technique de la mission

Dimensions	1.5x1.5x1.5 m
Masse	280 kg y compris le propergol (similaire à celui d'une moto de compétition haut de gamme avec le réservoir plein)
Surface des panneaux solaires	2.5 m ²
Instrument scientifique	<p>Photomètre de haute précision constitué d'un télescope Ritchey-Chrétien de 30 cm d'ouverture et d'un seul capteur CCD couvrant les longueurs d'onde allant du visible au proche infrarouge (330 à 1100 nm)</p>  <p>radio submillimétrique visible rayons X</p> <p>10 cm 1 mm 0.3 mm 780 nm 380 nm 10 nm 0.01 nm</p> <p>hyperfréquences infrarouge ultraviolet rayons gamma</p>
Température CCD	223K avec une stabilité de 10mK (-40°C avec une stabilité d'un centième de degré)
Champ de vue	19 x 19 minutes d'arc (deux tiers de la taille de la pleine Lune)
Directions de pointage	60 degrés demi cône, dos au Soleil
Étoiles cibles	Étoiles ayant une magnitude entre 6 et 12 (les plus lumineuses sont seulement visibles à l'oeil nu depuis les sites les plus sombres)
Précision	20 ppm en six heures (temps d'observation) pour la profondeur de transit d'une planète de la taille de la Terre en orbite autour d'une étoile de type solaire ; 85 ppm en 3 heures (temps d'observation) pour la caractérisation détaillée des courbes de lumière des planètes de la taille de Neptune qui transitent devant des étoiles plus petites et froides ; à maintenir pendant 48 heures
Orbite	Orbite héliosynchrone crépusculaire, à 700 km d'altitude (orbite basse de la Terre) inclinée à 98° sur l'équateur, (parcourue en 100 minutes, alternance continue entre l'aurore et le crépuscule)
Contrôle d'attitude	Stabilisé 3 axes (le télescope pointe toujours à l'opposé du Soleil), avec l'instrument utilisé dans la boucle de contrôle pour améliorer encore la stabilité (Payload In the Loop)
Liaison descendante de données	1,2 Gbit/jour
Mission nominale	3,5 ans



→ UNE COLLABORATION EUROPÉENNE

Construction

L'ESA est l'architecte de la mission, responsable de la passation des marchés et des essais du satellite. Le maître d'œuvre pour la conception et la construction du satellite est Airbus Defence and Space en Espagne. Un consortium de 11 États membres de l'ESA piloté par la Suisse a fourni les éléments essentiels de la mission. Six de ces pays ont participé à la construction de l'instrument : la structure mécanique a été réalisée en Suisse, l'assemblage du plan focal en Allemagne, le déflecteur en Belgique, les miroirs du télescope en Italie, l'unité de traitement des données en Autriche et les radiateurs en Hongrie. L'ESA a également contribué au développement de l'instrument en se chargeant de la fourniture du capteur (CCD) du module de plan focal.

Lancement

Cheops sera passager secondaire à bord d'une fusée Soyouz-Fregat lancée depuis le port spatial européen de Kourou, en Guyane, en 2019. Le lanceur placera Cheops directement sur son orbite opérationnelle, une orbite héliosynchrone crépusculaire à 700 km d'altitude. L'arrière du satellite sera ainsi en permanence face au Soleil avec un nombre minimum d'éclipses, tandis que l'orientation de l'instrument, dos au Soleil, lui assurera le maintien d'une température stable et réduira la lumière parasite au minimum pendant qu'il observera les cibles, sans éblouissement.

À chaque orbite, le satellite tournera lentement autour de la ligne de visée du télescope pour maintenir les radiateurs de l'instrument dans la direction opposée à la Terre et maintenir ainsi la stabilité thermique requise pour assurer la précision de mesure du capteur.

Une fois le satellite placé en orbite, mis en service et parfaitement opérationnel, l'ESA transférera le contrôle au centre d'opérations de mission du Consortium situé à l'INTA, à Torrejón de Ardoz, en Espagne.

Opérations

Situé à l'Université de Genève, le centre des opérations scientifiques du Consortium est responsable du traitement, de l'archivage et de la diffusion des données scientifiques. Les observations y seront planifiées à l'aide d'un logiciel mis au point au Portugal, puis communiquées au centre d'opérations de la mission, où les commandes seront transmises en liaison montante et les données en liaison descendante via les antennes des stations sol à Villafranca et Torrejón (Espagne). Au cours des premières opérations de la mission, Cheops

utilisera la station sol de l'ESA située à Kiruna (Suède). Chaque année, jusqu'à 10 % des activités seront réservés au suivi des performances du satellite et à la résolution d'éventuels problèmes. Les observations des exoplanètes cibles définies par l'équipe scientifique de Cheops (des scientifiques associés aux instituts au sein du consortium) représenteront 80% du temps d'observation ; les 20% restants seront à la disposition de scientifiques du monde entier, qui pourront demander à utiliser Cheops dans le cadre du programme d'observateurs invités de l'ESA. Les propositions seront sélectionnées par un comité indépendant en fonction de leur intérêt scientifique et de l'applicabilité de Cheops, ce qui permettra à l'ensemble de la communauté de profiter des capacités uniques de Cheops. Toutes les données seront rendues publiques par l'intermédiaire des archives de Cheops après une période de protection de la propriété intellectuelle. Les données brutes du satellite seront tout d'abord transformées en données scientifiques utilisables par le Consortium. Ainsi, un logiciel suisse sera utilisé pour « décompresser » les données en provenance de la station sol, tandis que la France sera responsable du logiciel de traitement automatique des données brutes, avec des contributions du Portugal. Ensuite, les données traitées seront stockées dans un système d'archivage développé au Portugal, avec un système de sauvegarde hébergé par l'Italie.

Le Royaume-Uni fournit le logiciel « quick look » visant à vérifier le bon fonctionnement de l'instrument, tandis que la Suisse a développé un logiciel pour simuler le comportement de l'instrument en orbite. La Suède a mis au point un logiciel permettant de regrouper les données générées par le simulateur, qui peuvent ensuite être traitées de la même manière que les données réelles du satellite et être utilisées pour les essais.

La répartition des tâches entre les différents centres à travers l'Europe reflète la nature collaborative de cette mission européenne sur les exoplanètes.



La station de Kiruna en bande S/X est située à Salmijärvi, à 38 km à l'est de Kiruna, au nord de la Suède.

Pays contribuant à Cheops

Canada 
MSCI

Royaume-Uni
Honeywell
Teledyne e2v
University of Cambridge

Suède
Stockholm University

Allemagne
Airbus Defence and Space, Zarm
DLR

Belgique
QinetiQ, CSL

Autriche
IWF - Graz, RUAG Space,
University of Vienna

France
SAFT, Airbus Defence
and Space, Sodern
LAM

Hongrie
Admatix

Suisse
RUAG Space, Thales Alenia Space CH
University of Bern, Almatech, Connova,
University of Geneva
University of Geneva, eSpace, ELSE

Italie
Leonardo
INAF, Leonardo, Media Lario,
University of Padova
SSDC/ASI

Portugal
LusoSpace
Deimos Engenharia,
University of Porto, CAUP

Espagne
Airbus Defence and Space, Rymsa Espacio,
CRISA, IberEspacio, HV Sistemas
GMV, INTA

Satellite
Charge utile
Segment sol

→ BIENVENUE À BORD !

Les exoplanètes fascinent un large public, y compris les auteurs de science-fiction, les cinéastes ou les scientifiques, et captivent l'imagination de tous ceux qui se demandent s'il est possible qu'une autre Terre existe ! Deux concours passionnants ont été organisés dans le cadre de la préparation du lancement afin d'intéresser et d'impliquer la jeune génération.

Le Consortium Cheops a invité les écoliers à réaliser des dessins inspirés par cette mission. En réponse à l'enthousiasme suscité, Cheops emportera avec lui près de trois mille dessins, qui ont

été réduits au millième et gravés sur deux plaques en titane de 18 x 24 cm qui sont apposées sur le satellite. Ces dessins créatifs ont été soumis par des milliers d'enfants ayant en commun leur passion pour l'espace ; ils ont représenté toutes sortes de choses, depuis notre propre Système solaire, le ciel étoilé et les astronautes, jusqu'à des représentations fantaisistes des étoiles et des mondes extrasolaires.

Vous pouvez voir l'ensemble complet via <http://cheops.unibe.ch/campaign-cheops-childrens-drawings>

G. Bucher-Bern University of Applied Sciences



Université de Berne - A. Moser

Des milliers de dessins réalisés par des enfants, réduits au millième et gravés sur des plaques

Les deux plaques de titane fixées sur Cheops

L'ESA a invité les artistes graphistes débutants à soumettre un dessin pour l'autocollant de mission à apposer sur le carénage de la fusée qui acheminera Cheops dans l'espace. Le dessin gagnant, sélectionné parmi plus de 300 candidatures, a été réalisé par le graphiste slovène Denis Vrenko, 25 ans. Il restitue l'essence scientifique de la mission en se concentrant sur les planètes en transit et les différents systèmes stellaires.

Le dessin gagnant pour l'autocollant



ESA/D. Vrenko

Vous vous sentez créatif ?

Construisez votre propre observatoire de planètes avec ce modèle en papier ! Téléchargez les instructions et le modèle en scannant le code QR.



Pour en savoir plus, consultez :

www.esa.int/cheops

[@esascience](https://twitter.com/esascience) [@ESA_CHEOPS](https://twitter.com/ESA_CHEOPS)

Observatoires terrestres

Les premières découvertes d'exoplanètes dans les années 1990 ont ouvert la voie de la recherche dans ce domaine. Les innovations et découvertes se poursuivent aujourd'hui.

Étude de la composition des atmosphères exoplanétaires

Étude de signatures d'exoplanètes dans l'infrarouge

Découverte d'exoplanètes à travers l'étude de la position, de la luminosité et du mouvement de plus d'un milliard d'étoiles

Caractérisation détaillée des atmosphères exoplanétaires par l'étude des transits et l'imagerie directe

Mission pionnière en sismologie stellaire et chasse aux exoplanètes

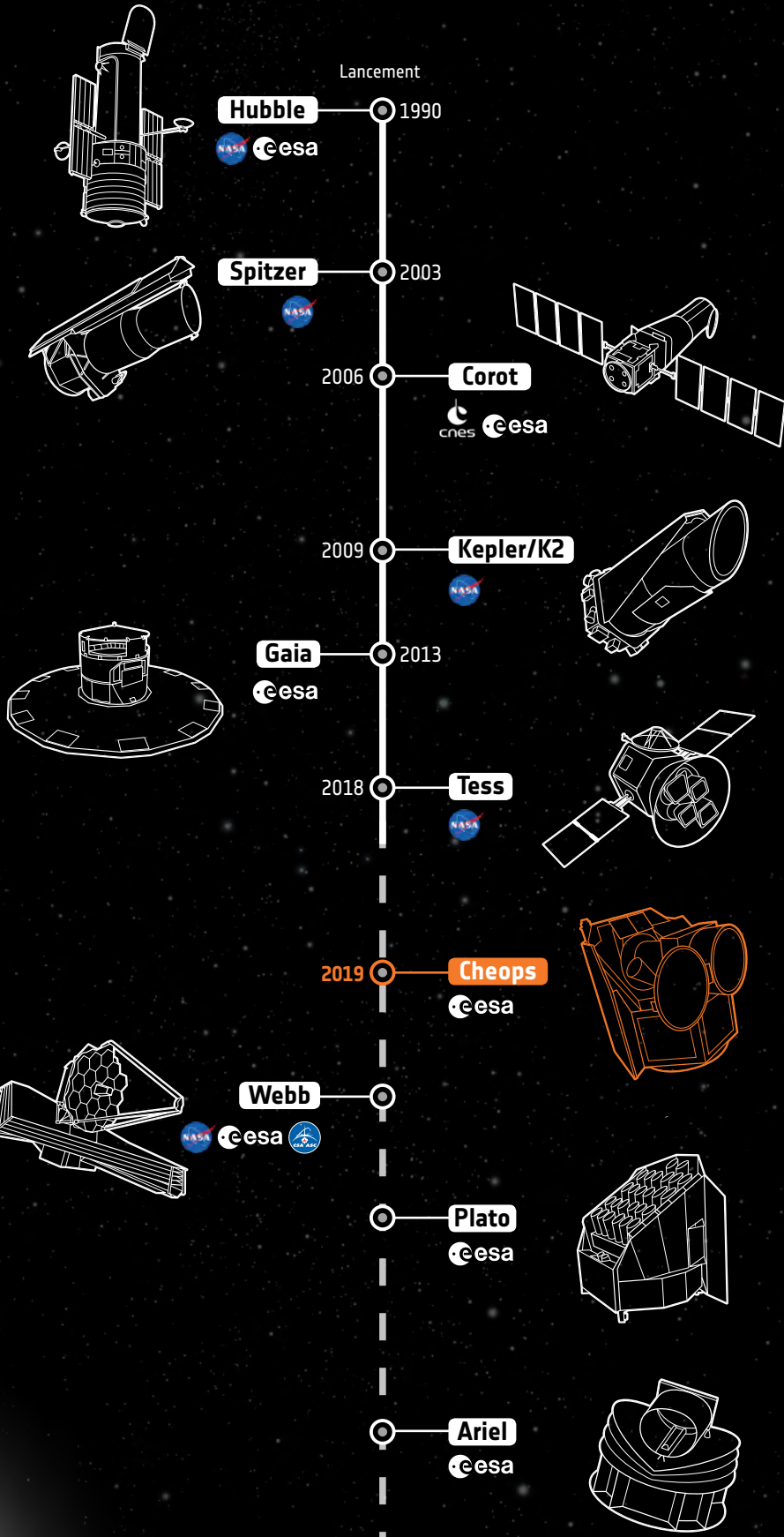
Recherche ciblée de planètes telluriques et de plus grande taille dans ou près de la zone habitable d'une grande variété d'étoiles

Premier satellite de recensement des exoplanètes en transit

Première étape de caractérisation des exoplanètes connues dont la taille est comprise entre celles de la Terre et de Neptune

Étude des planètes terrestres en orbite dans la zone habitable de leur étoile semblable au Soleil, et caractérisation de ces étoiles

Étude de la nature chimique d'un large échantillon d'exoplanètes en analysant leur atmosphère



Missions utiles à l'étude des exoplanètes

Missions dédiées aux exoplanètes



