



**cheops**

**→ DIMENSIONAMENTO  
E PRIMA CARATTERIZZAZIONE  
DI ESOPIANETTI**

# LE MISSIONI DI SCIENZE SPAZIALI DELL'ESA

## sistema solare



### bepicolombo

La prima missione europea su Mercurio studierà l'interno, la superficie, l'atmosfera e la magnetosfera di questo misterioso pianeta per comprenderne le origini.



### cassini-huygens

Dopo aver inviato la sonda Huygens dell'ESA su Titano, la luna gigante di Saturno, Cassini ha orbitato attorno a Saturno per studiare il pianeta, i suoi anelli e le sue lune.



### cluster

Una missione a quattro satelliti che indaga con un dettaglio ineguagliabile l'interazione tra il Sole e la magnetosfera terrestre.



### juice

Esploratore delle lune ghiacciate di Giove, eseguirà indagini dettagliate sul gigante gassoso e valuterà il potenziale di abitabilità dei suoi grandi satelliti ghiacciati.



### mars express

La prima missione europea su Marte, che fornisce un quadro globale senza precedenti dell'atmosfera, della superficie e del sottosuolo del Pianeta Rosso.



### rosetta

La prima missione che ha affiancato e ha fatto atterrare una sonda su una cometa, indagando gli elementi costitutivi del Sistema Solare.



### soho

Fornisce nuove vedute dell'atmosfera e dell'interno del Sole e indaga l'origine del vento solare.



### solar orbiter

Una missione per studiare il Sole da vicino, raccogliendo immagini e dati ad alta risoluzione dalla nostra stella e dalla sua eliosfera.



### venus express

La prima navicella spaziale ad eseguire un'indagine globale sull'atmosfera dinamica di Venere.

## astronomia



### cheops

Caratterizzazione di esopianeti già noti in orbita intorno a stelle vicine luminose.



### euclid

Esplorazione della natura dell'energia e della materia oscura, rivelando la storia dell'espansione accelerata dell'Universo e la crescita della struttura cosmica.



### gaia

Sta catalogando l'intero cielo per trovare indizi sull'origine, la struttura e l'evoluzione della Via Lattea.



### herschel

Un grande telescopio infrarosso per svelare i segreti della formazione e dell'evoluzione di stelle e galassie.



### hubble space telescope

Sta espandendo le frontiere dell'Universo visibile, guardando in profondità nello spazio con telecamere in grado di vedere nell'infrarosso, nell'ottico e nell'ultravioletto.



### integral

Il primo osservatorio spaziale ad osservare simultaneamente l'Universo in raggi gamma, raggi X e luce visibile.



### jwst

Un osservatorio spaziale per studiare le prime galassie, rivelando la nascita di stelle e pianeti, e per cercare pianeti potenzialmente abitabili.



### lisa pathfinder

Ha verificato le tecnologie necessarie per rilevare le onde gravitazionali, al fine di comprendere la fisica fondamentale che sta dietro il tessuto dello spazio-tempo.



### planck

Ha osservato la prima luce dell'Universo dando uno sguardo agli albori del tempo.



### plato

Studierà pianeti terrestri in orbite che si estendono fino alla zona abitabile di stelle simili al Sole, determinando anche l'età di queste stelle.



### xmm-newton

Missione rivolta ai misteri dell'universo violento dei raggi X, dagli enigmatici buchi neri alla formazione delle galassie.



### exomars

Due missioni che comprendono un orbiter per studiare l'atmosfera marziana, una piattaforma di atterraggio e un rover per cercare la vita sotto la superficie.

## Una produzione ESA

BR-342/IT novembre 2019

Autori Amanda Doyle &  
Emily Baldwin (EJR-Quartz)

Traduzione G. Bruno, D. Sicilia  
& G. Scandariato (INAF)

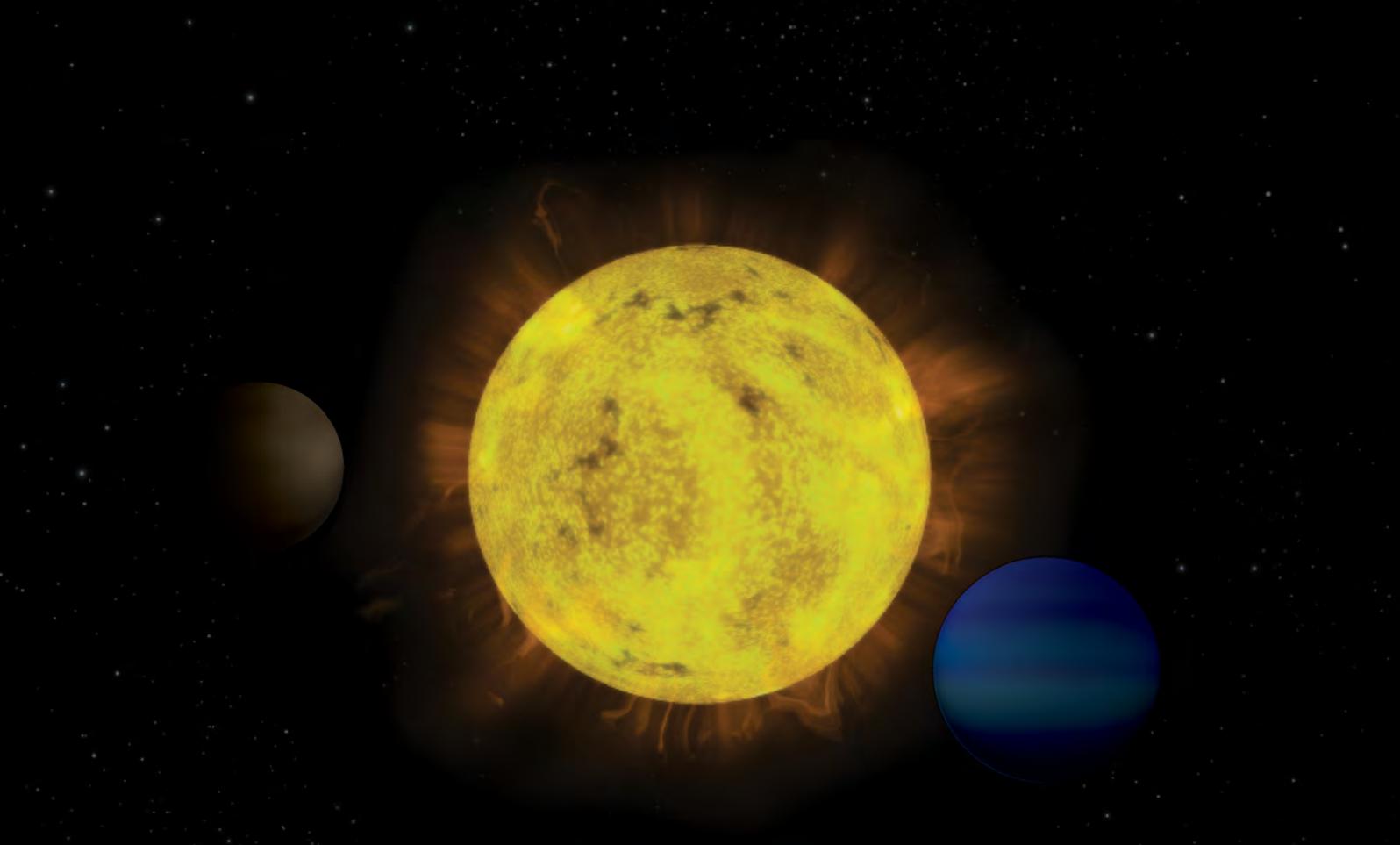
Disegnatore ReMedia IT

ISBN 978-92-9221-123-3

ISSN 0250-1589

Copyright © 2019 European Space Agency

## Esplorazione

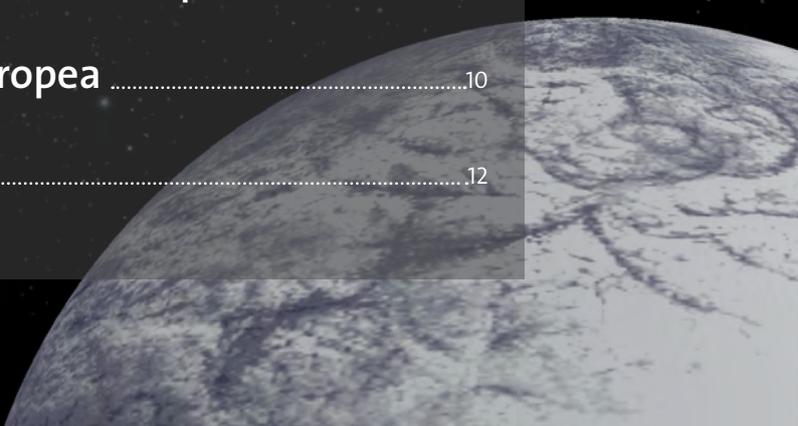


# CHEOPS

## DIMENSIONAMENTO E PRIMA CARATTERIZZAZIONE DI ESOPIANETI

### INDICE

Perché gli esopianeti? .....	2
Arriva Cheops .....	4
Cheops e la caratterizzazione degli esopianeti .....	6
Progettare un osservatore di esopianeti .....	8
Una collaborazione europea .....	10
Benvenuti a bordo! .....	12



# → PERCHÉ GLI ESOPIANETI?

"Siamo soli nell'Universo?" È una delle domande più profonde che l'umanità si possa porre. Per lungo tempo si è ipotizzata l'esistenza di altri mondi, idea per prima mossa dagli antichi filosofi greci e poi ripresa lungo tutto il Medioevo e Rinascimento.

La ricerca di esopianeti è cominciata seriamente a metà del XX Secolo. La prima scoperta inequivocabile di un esopianeta intorno a una stella simile al nostro Sole, nel 1995, ha cambiato completamente la nostra visione sul Sistema Solare. Successivamente denominato 51 Pegasi b, questo pianeta gigante con una massa pari a circa la metà di quella di Giove, orbita intorno alla sua stella in poco più di quattro giorni. La presenza di un pianeta così massiccio in un'orbita così stretta molto più vicino che Mercurio al nostro Sole nel 1995 era del tutto inaspettata e non conciliabile con le teorie del tempo sulla formazione planetaria.

Dopo solo due decenni, lo studio degli esopianeti è diventato uno dei campi di studio in più rapida crescita per le scienze astrofisiche. Dall'inizio del 2019 sono stati confermati quasi 4000 esopianeti: la maggior parte pianeti giganti come Giove ma vicini alla propria stella, come 51 Pegasi b, e altri pianeti che non hanno analoghi nel nostro sistema. Esistono sistemi che ospitano più di un pianeta, pianeti in orbita intorno a due stelle e sistemi con le giuste condizioni per far sì che l'acqua sia stabile sulla superficie dei loro pianeti, un ingrediente necessario per la vita così come la conosciamo.

Studiare questa vasta gamma di pianeti e sistemi planetari – dal piccolo al grande, da quelli che appaiono simili alla Terra a quelli profondamente bizzari – ci aiuterà a capire come questi particolari sistemi si siano formati e siano evoluti e fornirà indizi essenziali per capire se e dove la vita possa esistere altrove nell'Universo.

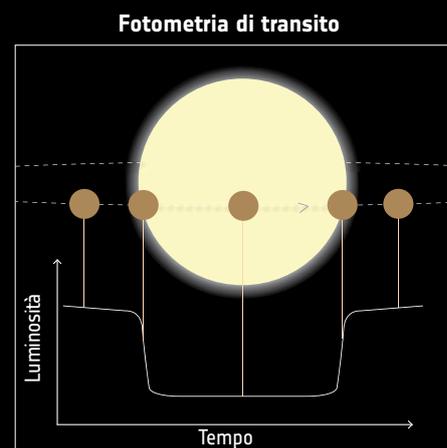
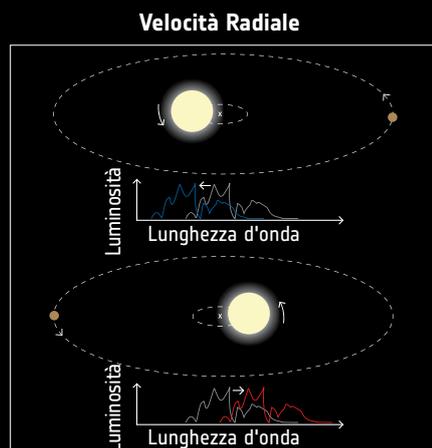
## Ricerca dalla Terra

51 Pegasi b è stato identificato grazie alle misure di un telescopio tradizionale equipaggiato di uno strumento innovativo che ha permesso di misurare il moto periodico della stella attorno al centro di gravità del sistema dovuto all'attrazione gravitazionale tra pianeta e stella. La luce della stella appare leggermente più blu quando l'osservatore vede la stella avvicinarsi, e leggermente più rossa quando la vede allontanarsi. Questo spostamento in frequenza è noto come effetto Doppler, lo stesso effetto che genera il cambiamento di tono della sirena di un'ambulanza in movimento. La maggior parte delle scoperte dei primi esopianeti sono state fatte usando questo metodo, detto della **velocità radiale**.

Le prime scoperte con **fotometria di transito** risalgono al 1999. Gli esopianeti "transitanti" sono rilevati mentre passano davanti alla loro stella, causando un abbassamento della luce stellare. Il transito si ripete con un periodo che dipende dal tempo che impiega il pianeta ad orbitare intorno alla stella. Ad esempio, un osservatore del nostro sistema dovrebbe aspettare un anno per vedere una ripetizione del transito della Terra sul Sole.

La stragrande maggioranza degli esopianeti confermati è stata scoperta usando i due metodi appena descritti. È possibile scoprire nuovi pianeti anche attraverso **immagini dirette**, ovvero fotografie del sistema planetario. Queste sono particolarmente difficili da ottenere in luce visibile, perché la luce stellare domina su quella proveniente dal pianeta, rendendo impossibile fotografare il pianeta. Osservando in luce infrarossa, e usando strumenti per "nascondere" la luce emessa dalla stella, più di 40 pianeti sono stati rilevati in questo modo.

Le misure della velocità radiale e l'astrometria portano alla scoperta di pianeti più pesanti e consentono di determinarne la massa; la fotometria di transito è sensibile ai pianeti in orbita vicino alla loro stella ospite e fornisce una misura della dimensione del pianeta; l'imaging diretto è rivolto ai pianeti in orbite più lontane dalla loro stella; il microlensing è la tecnica che dipende meno dal tipo di pianeta, ma permette di scoprire solo pianeti molto lontani.



## Cos'è un esopianeta?

Un esopianeta (o pianeta extrasolare) è un pianeta al di fuori del nostro Sistema Solare

Il **microlensing** è un altro metodo usato per scoprire nuovi pianeti: quando la luce di una stella lontana viene intercettata da una stella frapposta lungo la linea di vista, la stella più vicina funge da lente, amplificando la luce della stella lontana. Se vi sono pianeti attorno alla stella vicina, anche essi fungeranno da amplificatori della radiazione della stella lontana causando un picco nella curva di luce. Con questo metodo sono stati scoperti più di 70 pianeti. Per loro natura, questi sono eventi unici e non ripetibili.

Alcuni pianeti sono stati scoperti usando anche altre tecniche, inclusa il pulsar timing. Combinando i risultati di osservazioni e survey ottenute con diverse tecniche, siamo in grado di costruire un quadro rappresentativo della diversità degli esopianeti e dei sistemi planetari.

## Ricerca dallo spazio

Ciò che ha davvero aperto le porte alla scoperta degli esopianeti è stato l'uso di telescopi spaziali. Oltre ad essere liberi dai disturbi che genera l'atmosfera terrestre, i satelliti offrono la possibilità di effettuare osservazioni prolungate senza le interruzioni giorno/notte che caratterizzano le misure da terra.

Uno dei primi telescopi spaziali dedicato alla ricerca di esopianeti è stato CoRoT (2006–13). Esso era capace di trovare pianeti extrasolari con brevi periodi orbitali (di giorni o persino di ore) e di effettuare misure di asterosismologia che permettono di derivare i parametri primari di una stella, quali la sua massa e la sua età. CoRoT ha scoperto 37 esopianeti con il metodo del transito, tra essi è stato scoperto il primo pianeta roccioso, sebbene in una orbita troppo vicina alla propria stella per essere abitabile!

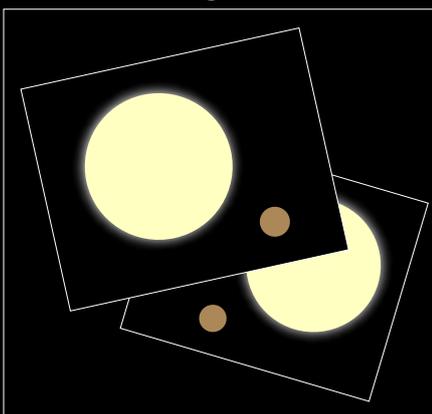
Quasi tre quarti dei pianeti extrasolari noti sono stati scoperti dalla missione Kepler della NASA operativa dal 2009 al 2018. Kepler ha osservato una zona di cielo fissa per oltre quattro anni, monitorando circa 150 000 stelle di bassa luminosità e scoprendo migliaia di esopianeti. Pur osservando una piccola area del cielo, il gran numero di pianeti scoperti ha fornito un'indicazione della grande quantità di esopianeti che devono esistere nella nostra Galassia.

La più recente aggiunta alla flotta di cacciatori di esopianeti è il Transiting Exoplanet Survey Satellite della NASA, TESS, lanciato ad aprile 2018. È una missione che osserva l'intera volta celeste con l'obiettivo principale di individuare piccoli pianeti attorno a stelle luminose.

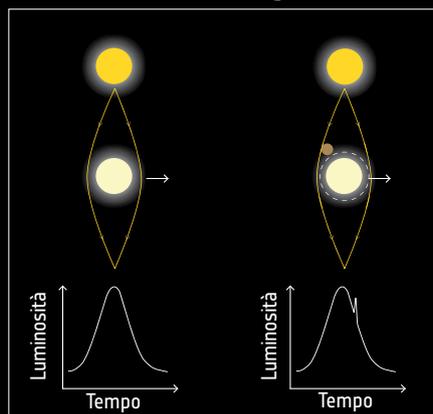
## Ruoli di supporto

Pur non essendo dedicati alla caccia di pianeti, alcuni telescopi spaziali con obiettivi scientifici inizialmente diversi hanno contribuito in modo significativo agli studi sugli esopianeti. Ad esempio, il Telescopio Spaziale Hubble della NASA/ESA, che è stato progettato e lanciato molto prima che il primo esopianeta fosse scoperto, può essere usato per fare misure di transito e persino per discernere alcuni dettagli sulle atmosfere dei pianeti. Allo stesso modo, ha contribuito il telescopio spaziale Spitzer della NASA, studiando i cambiamenti nella luce infrarossa durante il transito di un esopianeta. La missione Gaia dell'ESA, attraverso l'osservazione senza precedenti dell'intera volta celeste di oltre un miliardo di stelle, sta generando una grande banca dati di **astrometria** usando la quale sarà possibile scoprire esopianeti, principalmente osservando i cambiamenti della posizione delle stelle con pianeti dovuti al moto attorno al comune centro di massa.

Immagini dirette



Microlensing



Astrometria



# → ARRIVA CHEOPS

Scoprire un esopianeta è solo l'inizio. Sono necessari telescopi spaziali dedicati per continuare a studiare gli oggetti scoperti al fine di comprendere il loro posto nell'Universo. Per questo, l'ESA si prepara a lanciare tre satelliti dedicati agli esopianeti nel prossimo decennio, Cheops, Plato e Ariel, ciascuno dei quali affronterà un unico aspetto della scienza degli esopianeti.

Le osservazioni fino ad ora hanno mostrato che la maggior parte delle stelle simili al Sole ospita pianeti con una vasta gamma di dimensioni, masse e parametri orbitali, e che i pianeti piccoli sono sorprendentemente diffusi: circa metà di queste stelle ospita almeno un pianeta di dimensione compresa tra quella della Terra e quella di Nettuno. Il gran numero di pianeti piccoli che orbitano vicino alla loro stella non era stato previsto dai modelli di formazione planetaria: per questo è stato ideato Cheops, il CHAracterising ExOPlanet Satellite dell'ESA.

Al contrario delle missioni dedicate alla scoperta di esopianeti (come CoRoT, Kepler e Tess), Cheops osserverà stelle vicine e brillanti che sono già note per ospitare esopianeti, e si concentrerà su quelle con pianeti con dimensioni tra quelle della Terra e Nettuno. La fantastica precisione di Cheops, unita alla stabilità con cui il telescopio potrà misurare le **profondità dei transiti**, permetterà agli astronomi di determinare le dimensioni dei pianeti sia con accuratezza, che con precisione.

Sapendo quando e dove puntare per osservare i transiti, Cheops si occuperà in modo mirato di monitorare questi eventi. Punterà stelle sparse in tutte le direzioni del cielo, tornando ad osservare transiti degli stessi oggetti più volte nel corso della missione, permettendo così di ottenere misure accurate delle dimensioni degli esopianeti.

Per un pianeta di cui abbiamo già una misura della massa, la combinazione con i dati Cheops permetterà di determinare la sua densità, il che darà informazioni fondamentali sulla sua composizione e struttura. Un tale primo passo nella caratterizzazione di questi piccoli mondi – molti dei quali non hanno un equivalente nel Sistema Solare – è cruciale per la comprensione della loro formazione, origine ed evoluzione.

## Studiosi di esopianeti uniti

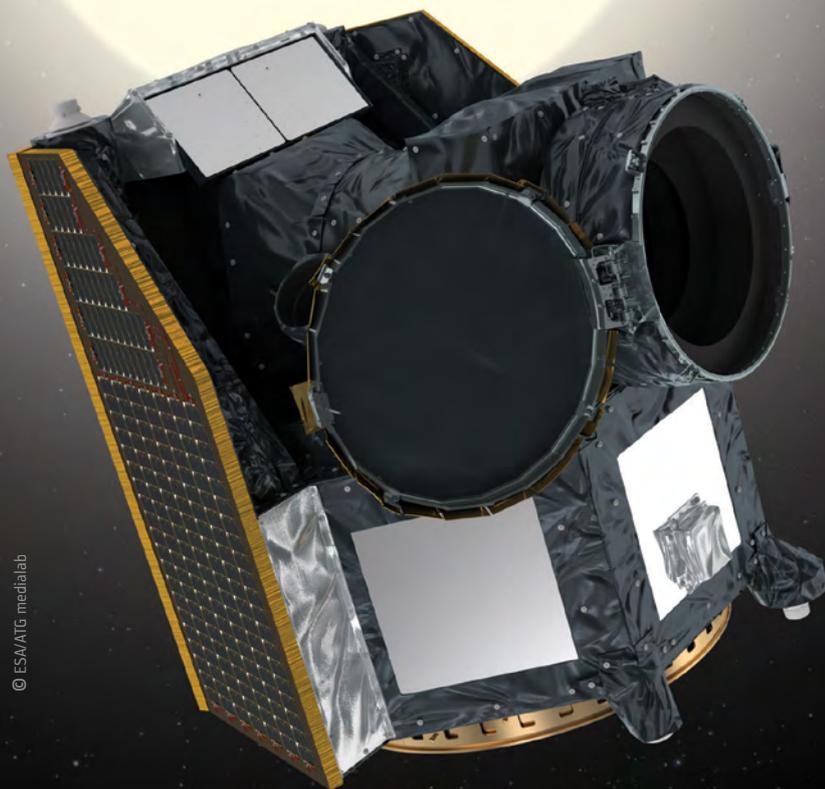
Cheops non si limiterà ad "inseguire" gli esopianeti scoperti da altre missioni, ma identificherà anche i migliori candidati per studi dettagliati da parte di missioni ed osservatori futuri. Per esempio, individuerà oggetti da osservare con il progetto internazionale del Telescopio Spaziale James Webb, che sarà usato per cercare tracce di acqua e metano, elementi importanti per la ricerca di segni di abitabilità.

## Profondità di transito

Misura della diminuzione della luce ricevuta da una stella, dovuta al transito di un esopianeta di fronte ad essa.



Test su Cheops prima del lancio



© ESA/ATG medialab

Illustrazione d'artista di Cheops con un sistema planetario extrasolare sullo sfondo

**Plato**, PLAnetary Transits and Oscillations of stars, è un cacciatore di pianeti di nuova generazione, che si concentrerà sui pianeti rocciosi in orbite che si estendono fino alla “zona abitabile” (dove l’acqua può esistere allo stato liquido sulla superficie di un pianeta) di stelle di tipo solare. Inoltre studierà l’attività sismica delle stelle. Questo permetterà di caratterizzare con precisione la stella ospite, facendo luce così sull’età e sullo stadio evolutivo del sistema planetario.

**Ariel**, Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey, porterà la caratterizzazione degli esopianeti un passo più in là, fornendo un’analisi chimica di un campione ampio e variegato di esopianeti, tramite lo studio delle loro atmosfere. Ciò permetterà lo studio degli esopianeti sia come oggetti individuali sia come popolazioni.

Insieme a Cheops, queste missioni future manterranno l’ESA all’avanguardia nella ricerca sugli esopianeti ben oltre il prossimo decennio, e aiuteranno a rispondere alla domanda fondamentale: quali sono le condizioni per la formazione dei pianeti e la comparsa della vita?

## Una piccola missione

Cheops è una missione piccola, o di classe S (Small), nel programma scientifico dell’ESA. È il risultato di una collaborazione tra l’ESA e la Svizzera, con un Consorzio dedicato guidato dall’Università di Berna, e con contributi importanti da dieci altri Stati Membri dell’ESA (si veda pagina 11). Le missioni di classe S hanno un budget molto più limitato delle missioni di classe grande e media, ed un tempo di sviluppo molto più breve. Queste condizioni hanno reso necessario usare tecnologie già collaudate nello spazio. Inoltre una quantità di attività tradizionalmente svolte dall’ESA, come le operazioni, sono effettuate dal Consorzio. Cheops sarà lanciato nello spazio come carico secondario nel vettore di lancio, scelta che ha vincolato diversi aspetti nel progetto del satellite.

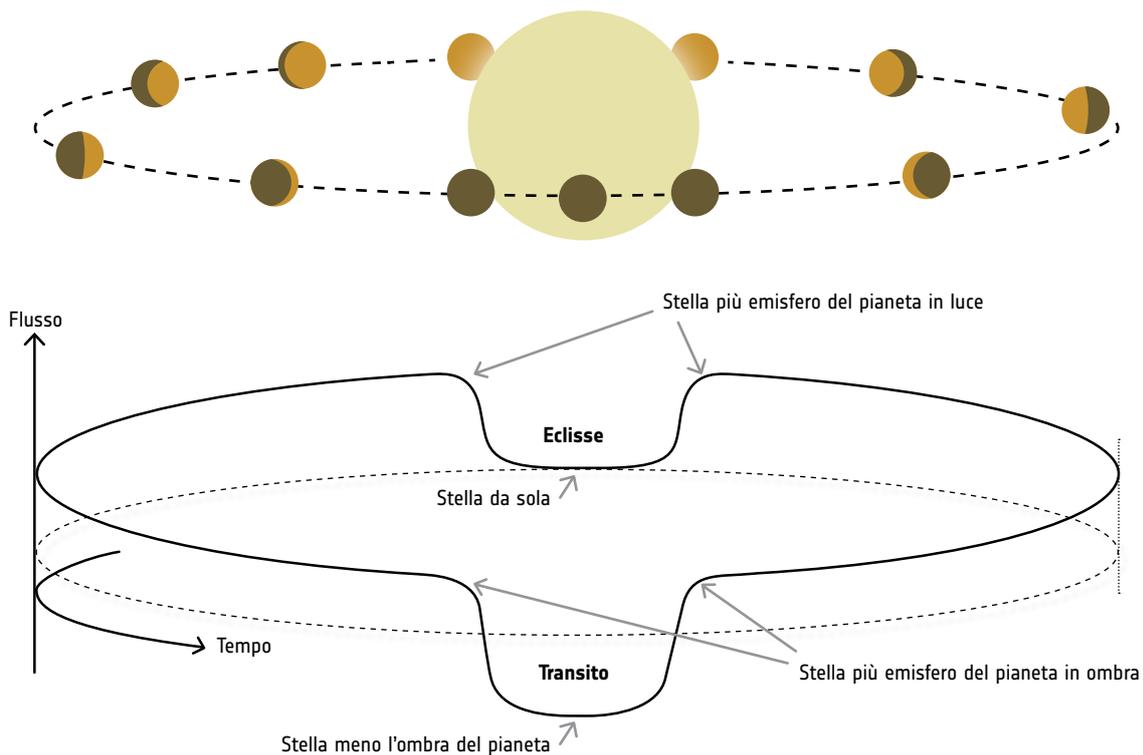
# → CHEOPS E LA CARATTERIZZAZIONE DEGLI ESOPIANETI

Cheops si occuperà degli esopianeti con periodi orbitali di circa 50 giorni o meno, con dimensioni intermedie tra la Terra e Nettuno, attorno a una moltitudine di stelle. Selezionando i pianeti con periodo orbitale breve, Cheops potrà osservare più transiti di uno stesso pianeta nel corso della missione, migliorando di conseguenza la precisione delle misure.

Cheops utilizza la tecnica della “fotometria di transito ad altissima precisione” per misurare in maniera estremamente precisa le dimensioni degli esopianeti. La diminuzione del flusso stellare causato dal transito del pianeta è nota come profondità di transito, ed è direttamente legata alle dimensioni del pianeta rispetto a quelle della stella: più piccolo è il pianeta, minore sarà il flusso stellare oscurato, e più piccola sarà la profondità di transito. Cheops osserverà i transiti di pianeti talmente piccoli che per misurare la ridotta profondità di transito sarà necessaria una precisione di alcune decine di parti per milione (ppm).

## Curve di fase

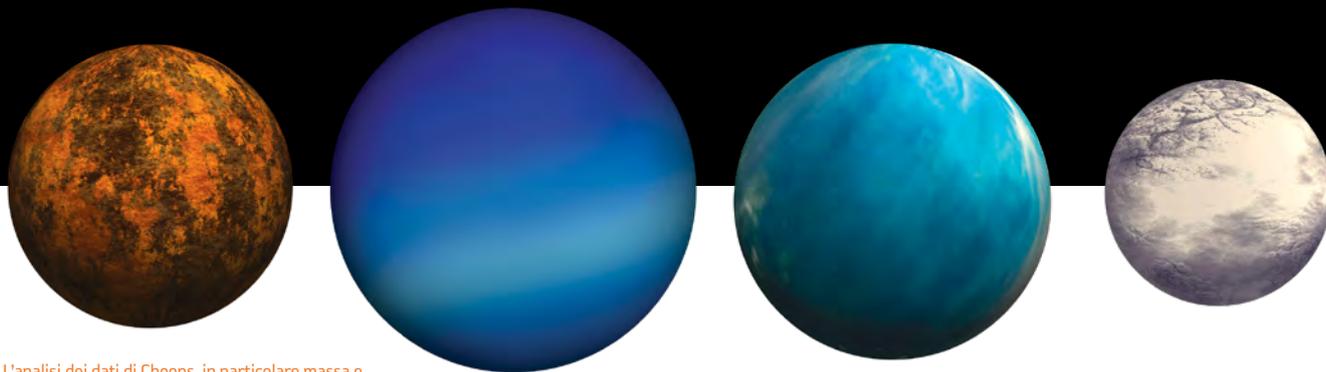
Studiare la luce riflessa dal pianeta mentre orbita attorno alla stella permette di misurare la differenza di temperatura fra l'emisfero in luce e quello in ombra



Cheops riuscirà a fare osservazioni ripetute, fino a una al minuto, rendendo possibile la caratterizzazione dettagliata delle curve di luce. È importante sottolineare che questo permette di misurare con precisione quando inizia e quando finisce il transito del pianeta sul disco stellare, ottenendo così in maniera accurata l'inclinazione dell'orbita del pianeta e l'esatta tempistica del transito.

Le misure delle profondità di transito fornite da Cheops daranno delle indicazioni molto precise sul diametro del pianeta. Combinando questa informazione con la massa del pianeta si ottiene la densità media, la quale pone dei vincoli sulla composizione e struttura interna del pianeta, indicando per esempio se esso è di tipo roccioso o gassoso, o se è ricoperto da oceani. Cheops sarà anche in grado di stabilire se i pianeti hanno delle atmosfere molto estese.

Le misure fatte da Cheops aiuteranno gli astronomi a migliorare i loro modelli di formazione ed evoluzione dei pianeti di piccola taglia, con ricadute nella comprensione dell'evoluzione del nostro Sistema Solare.



L'analisi dei dati di Cheops, in particolare massa e densità, determinerà la struttura e la composizione degli esopianeti, dicendoci per esempio se sono – da sinistra a destra – rocciosi e densi oppure gassosi, ricoperti da oceani d'acqua oppure da distese di ghiaccio.

Per alcuni pianeti sarà anche possibile misurare variazioni nella luce riflessa dal pianeta stesso man mano che orbita attorno alla sua stella, in modo simile a quanto avviene per le fasi lunari. La **curva di fase** che si ottiene – ovvero la misura delle variazioni di luminosità della stella nel corso del moto orbitale del pianeta – fornisce indicazioni sui processi fisici che regolano il trasporto di calore dall'emisfero più caldo a quello più fresco, in ombra. L'analisi della curva di fase fornisce anche informazioni sull'atmosfera del pianeta, compresa la presenza di nuvole, ed eventualmente anche sulla loro composizione.

La precisione con la quale Cheops può misurare la luce delle stelle permetterà agli scienziati di tenere sotto controllo la loro attività e di misurare le dimensioni di piccoli corpi nel Sistema Solare quali gli oggetti trans-nettuniani (al di là dell'orbita di Nettuno, come Plutone) quando passano velocemente davanti ad una stella sullo sfondo del cielo, oscurandone la luce.

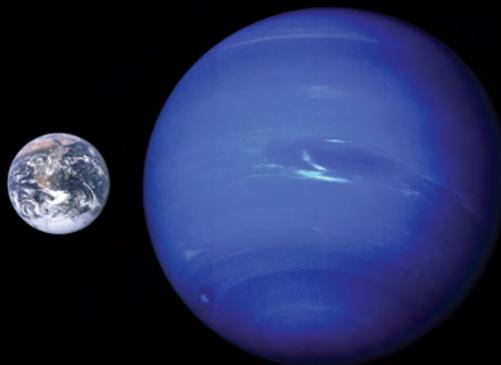
## Nuovi pianeti ed esolune?

Nonostante lo scopo principale della missione sia quello di effettuare una prima caratterizzazione dei pianeti noti, Cheops, grazie alla sua elevata precisione, è in grado di scoprire pianeti finora sconosciuti misurando piccole variazioni nella tempistica dei transiti dei pianeti noti. Queste, infatti, possono rivelare la presenza di altri piccoli pianeti nello stesso sistema che orbitano vicino alle loro stelle ma che non sono stati scoperti in precedenza a causa della piccola profondità di transito che generano.

La fotometria di transito può essere usata anche per cercare lune attorno ai pianeti transitanti, asteroidi o anelli planetari che transitano davanti alle stelle ospitanti. Ad ottobre 2018, il gruppo del Hubble Space Telescope ha annunciato la prova più convincente fino ad oggi della presenza di una esoluna, la prima ad essere scoperta nonostante una ricerca intensiva effettuata con Kepler. Cheops ne scoprirà delle altre?

## Quali tipi di pianeti studierà Cheops?

- Giove caldo: pianeta gigante gassoso simile in massa e dimensioni a Giove, che orbita molto vicino alla propria stella
- Terrestre: pianeta roccioso simile in composizione a Mercurio, Venere, Terra e Marte
- Super-terra: pianeta roccioso con massa da 2 a 10 volte superiore e dimensioni fino a 1.75 volte maggiore rispetto alla Terra
- Mini-Nettuno: pianeta ghiacciato più grande delle Super-terre, ma più piccolo di Nettuno – con massa fino a 10 volte superiore alla massa terrestre, con atmosfera estesa
- come Nettuno: gigante denso ghiacciato composto da elio, idrogeno e composti volatili ghiacciati, con massa 10–100 volte superiori e dimensione 2–6 volte maggiori della Terra



La Terra confrontata con Nettuno, il quale è circa 4 volte più grande in diametro e 17 volte più pesante

# → PROGETTARE UN OSSERVATORE DI ESOPIANETI

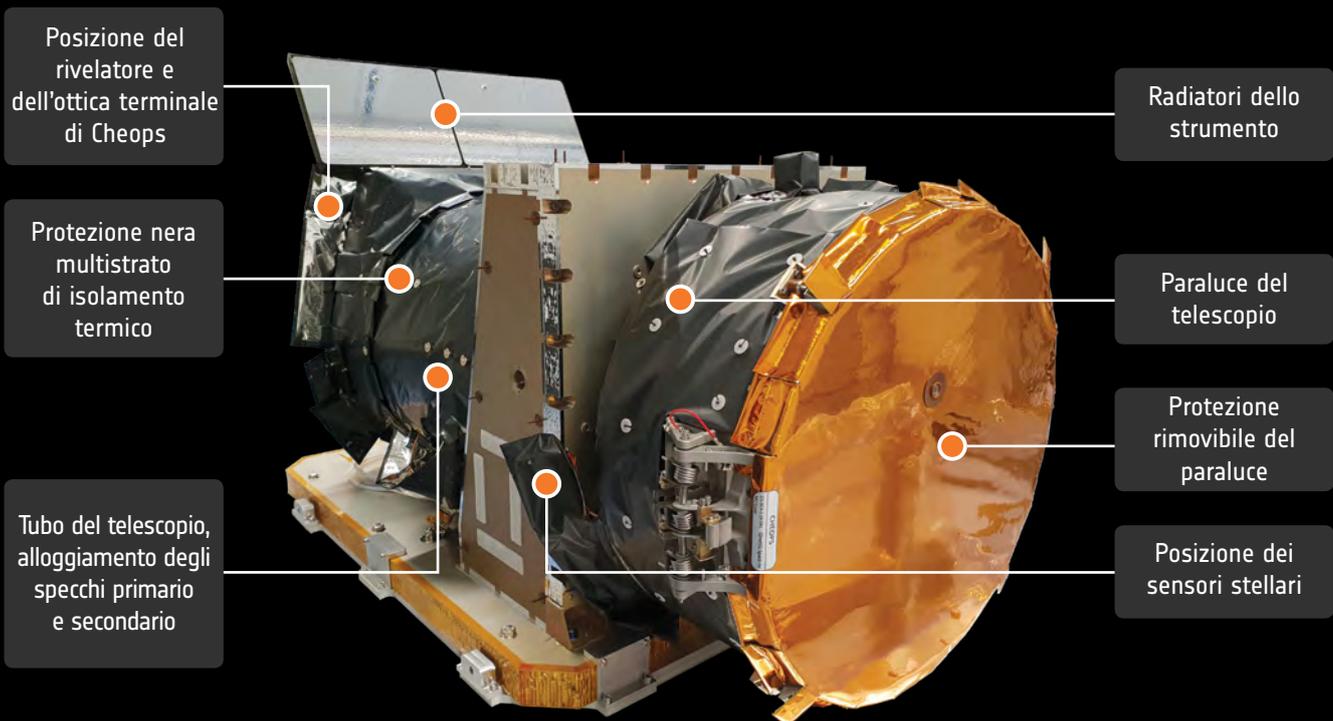
La progettazione di Cheops è stata guidata dalla necessità di misurare con precisione il “segnale” proveniente dalle stelle ospiti. La precisione è di particolare importanza perché il segnale del transito può essere estremamente debole per i pianeti più piccoli, e il rumore strumentale stesso può oscurare il transito. Lo strumento deve quindi essere il più stabile possibile, sia nella precisione di puntamento durante le osservazioni in modalità “stare and track”, sia nel raffreddamento per evitare il rumore introdotto da variazioni di temperatura.

Cheops ha un solo strumento: un fotometro ad alta precisione con un telescopio di apertura effettiva di 300 mm e un singolo rivelatore CCD che copre le lunghezze d’onda dal visibile al vicino infrarosso. Cheops possiede alcuni elementi importanti finalizzati per evitare che la luce diffusa, per esempio la luce proveniente da Terra e Luna, entri nel telescopio. Questi elementi includono un ampio paraluce esterno, un paraluce più piccolo interno e anelli protettivi dentro il telescopio. Così come i lampioni rendono difficile vedere le stelle, la luce diffusa ridurrebbe la capacità di

osservazione del telescopio. Il paraluce è sigillato da una protezione mobile per proteggere le ottiche dalla polvere e dalla contaminazione al suolo e durante il lancio. La chiusura di protezione verrà aperta quando il telescopio sarà in orbita attorno alla Terra e punterà lontano dal Sole.

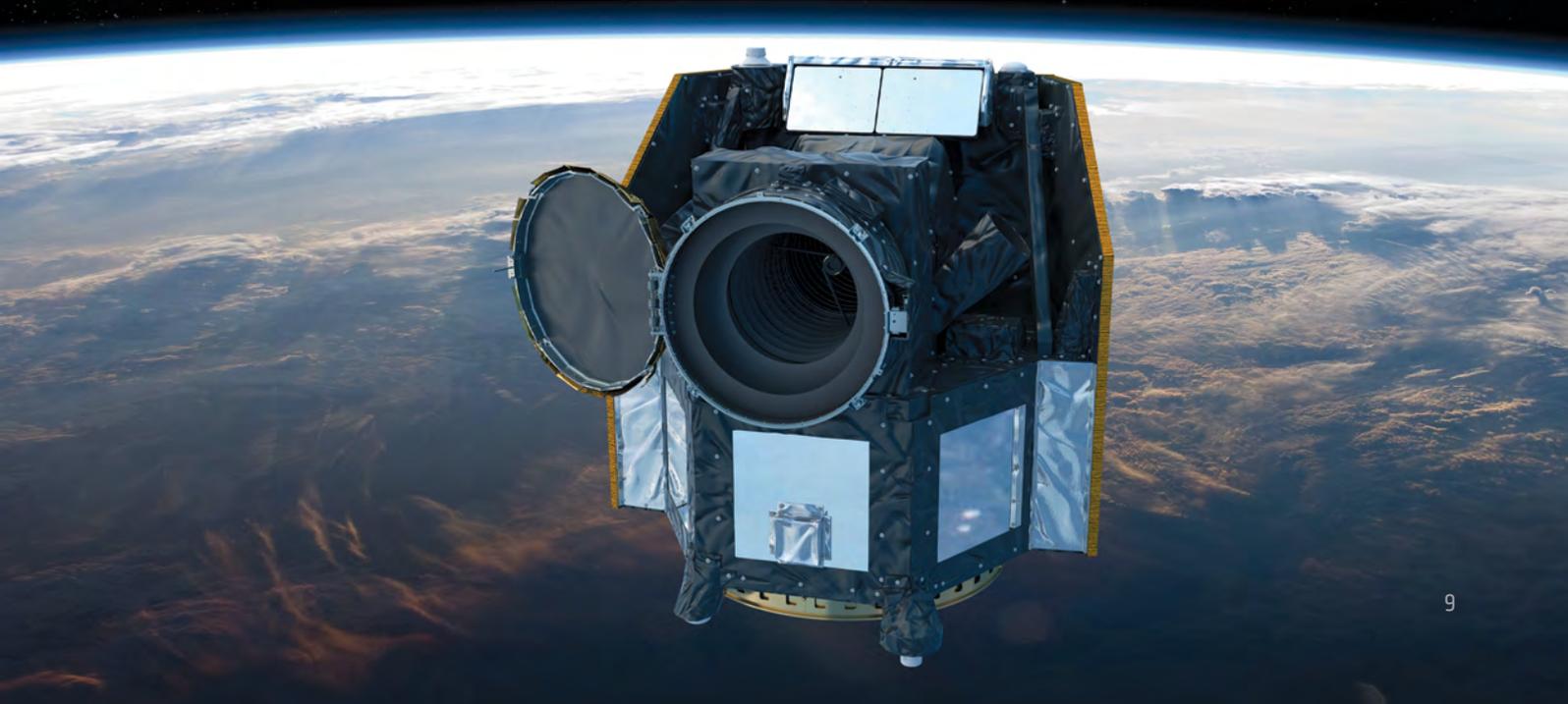
Uno schermo solare mantiene lo strumento in ombra, proteggendo i due radiatori che mantengono basse le temperature del rivelatore e dell’elettronica. La funzione di schermo solare è combinata con la struttura dei tre pannelli solari, che sono orientati in modo da fornire energia a sufficienza per operare il satellite nella direzione di puntamento.

Al fine di migliorare la stabilità di puntamento e minimizzare gli effetti del disallineamento, i due sensori stellari del satellite sono montati direttamente sul telescopio stesso. La stabilità di puntamento è ulteriormente migliorata comunicando la effettiva posizione della stella misurata dallo strumento di Cheops al sistema di controllo dell’assetto e dell’orbita – il sistema della piattaforma che controlla il puntamento del satellite.



## Scheda tecnica della missione

Dimensioni	1.5x1.5x1.5 m
Massa	280 kg incluso il propellente (simile a quello di una moto da corsa a pieno carico)
Area dei pannelli solari	2.5 m <sup>2</sup>
Strumento scientifico	<p>Fotometro ad alta precisione basato su un telescopio Ritchey-Chrétien di apertura effettiva di 300 mm e un CCD singolo, operante alle lunghezze d'onda del visibile e del vicino infrarosso (da 330 a 1100 nm)</p> <p>Onde radio      Submillimetrico      Visibile      raggi X</p> <p>10 cm      1 mm      0.3 mm      780 nm      380 nm      10 nm      0.01 nm</p> <p>Microonde      Infrarosso      Ultravioletto      raggi gamma</p>
Temperatura del CCD	223 K con una stabilità di 10 mK (-40°C con una stabilità di un centesimo di grado)
Campo di vista	19 x 19 arcominuti (due terzi delle dimensioni della Luna piena)
Direzioni di puntamento	Cono con apertura di 120° attorno alla direzione opposta al Sole
Stelle di interesse	Stelle di magnitudine 6–12 (le stelle più brillanti sono quelle appena visibili ad occhio nudo nei cieli più bui)
Precisione	20 parti per milione (ppm) in un tempo di osservazione di 6 ore per la profondità di transito di un pianeta come la Terra che orbita attorno ad una stella simile al Sole; 85 ppm in un tempo di 3 ore per la caratterizzazione dettagliata della curva di luce di Nettuniani che transitano stelle più piccole e più fredde; da mantenere per 48 ore
Orbita	<p>Sincrona con il Sole in corrispondenza del terminatore ad un'altezza di 700 km (orbita terrestre bassa) con un'inclinazione di circa 98° (un'orbita polare di 100 minuti che attraversa l'equatore all'alba e al tramonto)</p>
Stabilizzazione dell'assetto	Stabilizzazione a 3 assi (il telescopio punta sempre lontano dal Sole), con lo strumento scientifico usato per migliorare ulteriormente la stabilità (il cosiddetto "strumento nel circuito di controllo")
Trasferimento dei dati	1.2 Gbit al giorno
Missione nominale	3.5 anni



# → UNA COLLABORAZIONE EUROPEA

## La costruzione

L'ESA, architetto della missione, responsabile dell'approvvigionamento e del collaudo del satellite, si è avvalsa di Airbus Defence and Space (Spagna) per la progettazione e la costruzione del veicolo spaziale. Elementi essenziali della missione sono stati forniti da un consorzio di 11 Stati Membri dell'ESA, guidati dalla Svizzera. L'Italia ha curato il progetto ottico, la costruzione degli specchi del telescopio e delle lenti del piano focale, e infine l'integrazione e la verifica del telescopio. La Svizzera ha fornito la struttura meccanica, curato l'integrazione del telescopio con il piano focale e il paraluce, forniti rispettivamente da Germania e Belgio, e ha eseguito la calibrazione finale. Il computer di bordo e i radiatori termici sono stati forniti rispettivamente da Austria e Ungheria. Il rivelatore CCD montato nel piano focale è stato fornito dall'ESA.

## Il lancio

Nel 2019 un razzo Soyuz-Fregat lanciato da Kourou, lo spazioporto europeo nella Guyana francese, porterà Cheops in un'orbita eliosincrona, posta lungo il terminatore a 700 km di altezza. In questa orbita i pannelli solari sono illuminati dal Sole con un numero minimo di eclissi; ciò consente un ambiente termico stabile e minimizzare la luce diffusa mentre lo strumento osserva gli oggetti di interesse nella direzione opposta al Sole.

Durante ciascuna orbita il satellite ruota lentamente intorno all'asse ottico del telescopio per tenere i radiatori dello strumento in direzione opposta alla Terra, mantenendo stabile la temperatura del rivelatore come richiesto dalla precisione delle misure.

Dopo il lancio e la messa in esercizio in orbita, l'ESA passerà il controllo al centro operativo di missione del Consorzio, presso INTA, a Torrejon de Ardoz, in Spagna.

## Le operazioni

Il centro operativo scientifico del Consorzio ha sede presso l'Università di Ginevra ed è responsabile dell'elaborazione, dell'archiviazione e della distribuzione dei dati scientifici. La pianificazione delle osservazioni sarà effettuata utilizzando un software sviluppato in Portogallo, per poi essere comunicata al centro operativo di missione, dove i comandi saranno trasmessi e i dati saranno ricevuti attraverso antenne

delle stazioni terrestri di Villafranca e Torrejon (Spagna). Durante le prime operazioni, Cheops utilizzerà la stazione dell'ESA situata a Kiruna (Svezia).

Il monitoraggio delle prestazioni del satellite e la risoluzione di eventuali problemi occuperanno fino al 10% del tempo di ogni anno. L'80% del tempo sarà dedicato alle osservazioni di una lista di esopianeti scelti dal Cheops Science Team – scienziati associati agli istituti del Cheops mission Consortium. Il restante 20% sarà a disposizione degli scienziati di tutto il mondo, che possono chiedere di utilizzare Cheops attraverso il Guest Observers Programme dell'ESA. Le proposte saranno selezionate da un comitato indipendente sulla base del merito scientifico e dell'applicabilità di Cheops, consentendo così all'intera comunità scientifica di sfruttare le capacità uniche di Cheops. Tutti i dati saranno resi pubblici attraverso l'archivio Cheops dopo un periodo riservato.

Per prima cosa, i dati grezzi del satellite verranno resi utilizzabili al Consorzio. Ad esempio, un software sviluppato in Svizzera sarà usato per "spacchettare" i dati che arriveranno dalla stazione di terra, mentre la Francia, con il contributo del Portogallo, è responsabile del software che elaborerà automaticamente i dati grezzi. I dati elaborati saranno immagazzinati in un archivio, anch'esso sviluppato in Portogallo, con un archivio di backup guidato dall'Italia.

Il Regno Unito fornirà un software di analisi veloce per il controllo delle prestazioni dello strumento, mentre la Svizzera ha sviluppato un software per simulare il comportamento in orbita. La Svezia ha sviluppato un software per impacchettare i dati generati dal simulatore, che potranno poi essere elaborati nello stesso modo dei dati reali del veicolo spaziale e utilizzati come test.

La ripartizione dei compiti tra i vari centri dislocati in Europa riflette la natura collaborativa di questa missione europea sugli esopianeti.



La stazione di Kiruna in banda S e X si trova a Salmijärvi, 38 km a est di Kiruna, nel nord della Svezia.

Paesi che contribuiscono a Cheops

**Canada**   
MSCI

**Regno Unito**  
**Honeywell**  
Teledyne e2v  
University of Cambridge

**Svezia**  
Stockholm University

**Germania**  
Airbus Defence and Space, Zarm  
DLR

**Belgio**  
QinetiQ, CSL

**Austria**  
IWF - Graz, RUAG Space,  
University of Vienna

**Francia**  
SAFT, Airbus Defence  
and Space, Sodern  
LAM

**Ungheria**  
Admatix

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

**Portogallo**  
**LusoSpace**  
Deimos Engenharia,  
University of Porto, CAUP

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

**Italia**  
**Leonardo**  
INAF, Leonardo, Media Lario,  
University of Padova  
SSDC/ASI

**Veicolo spaziale**  
Telescopio  
Segmento di terra

# → BENVENUTI A BORDO!

Gli esopianeti affascinano un vasto pubblico, dagli autori e registi di fantascienza agli scienziati, e catturano l'immaginazione di chiunque si sia mai chiesto se ci possa essere un'altra Terra là fuori. Per coinvolgere e ispirare la prossima generazione, sono state create due entusiasmanti competizioni per il lancio.

Il Consorzio Cheops ha invitato gli alunni delle scuole a fare dei disegni ispirati alla missione. Grazie all'entusiasmo che ha riscontrato questa iniziativa, Cheops volerà con quasi tremila

disegni; questi sono stati ridotti in dimensione di 1000 volte, e incisi su due lastre di titanio 18 x 24 cm fissate al satellite. Queste creazioni sono opera di migliaia di bambini che hanno condiviso il loro entusiasmo per lo spazio, disegnando di tutto: il nostro Sistema Solare, cieli stellati e astronauti, e fantasiose illustrazioni di stelle e mondi extrasolari.

È possibile vedere tutti i disegni su <http://cheops.unibe.ch/campaign-cheops-childrens-drawings/>

G. Bucher-Bern University of Applied Sciences



Migliaia di disegni realizzati dai bambini miniaturizzati e incisi su lastre attaccate su Cheops



Le due lastre in titanio attaccate su Cheops

University of Bern - A. Moser

L'ESA ha invitato artisti grafici all'inizio della carriera a presentare un progetto per l'adesivo della missione da utilizzare sulla carenatura (alloggiamento) del razzo che trasporta Cheops nello spazio. Il coloratissimo progetto vincitore, selezionato tra più di 300 proposte, è stato realizzato dal grafico sloveno venticinquenne Denis Vrenko. Il disegno cattura l'essenza scientifica della missione, concentrandosi su pianeti in transito e diversi sistemi stellari.

Il disegno vincente per l'adesivo della carenatura



ESA/D. Vrenko

## Ti senti creativo?

Costruisci il tuo osservatore di pianeti con questo modello di carta! Scarica le istruzioni e il modello scansionando il codice QR.



Per ulteriori informazioni, vedere:

[www.esa.int/cheops](http://www.esa.int/cheops)  
 @esascience @ESA\_CHEOPS



**Osservatori a terra**

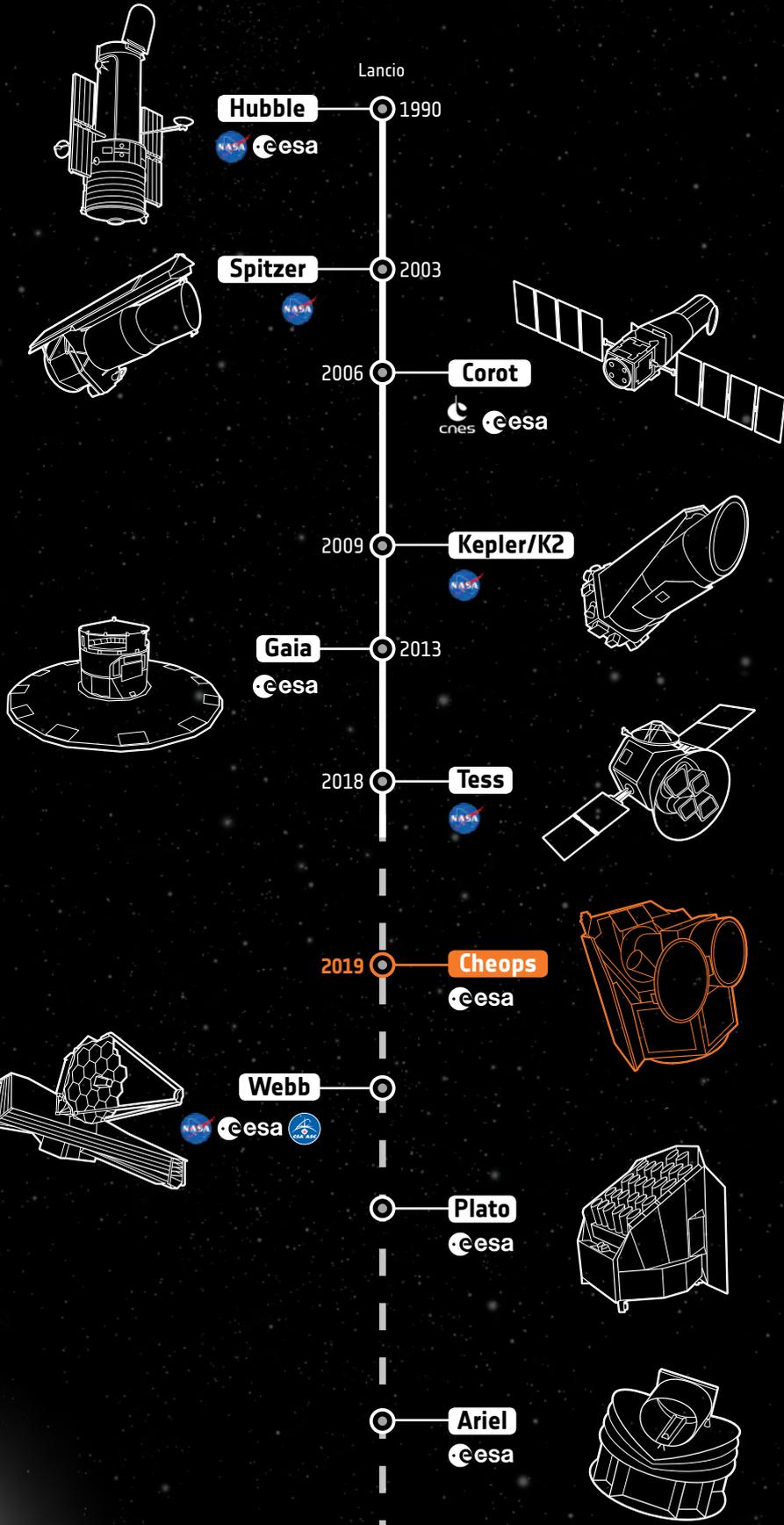
Le prime scoperte di esopianeti negli anni '90 hanno inaugurato il campo della ricerca sugli esopianeti. Innovazioni e scoperte continuano tuttora

Sonda la composizione delle atmosfere esoplanetarie

Osservazione degli esopianeti in luce infrarossa

Permette la scoperta di esopianeti attraverso il monitoraggio a tutto cielo della posizione, luminosità e movimento di oltre un miliardo di stelle

Caratterizzazione dettagliata di atmosfere esoplanetarie attraverso transiti e imaging diretto



Missione pionieristica di sismologia stellare e ricerca di esopianeti

Ricerca mirata di pianeti di taglia terrestre o più grandi nella zona abitabile, o nelle sue vicinanze

Primo satellite per la ricerca di transiti su tutto il cielo

Prima caratterizzazione di esopianeti noti con massa tra quella della Terra e quella di Nettuno

Studio di pianeti terrestri in orbite di tipo terrestre attorno a stelle simili al Sole, e caratterizzazione di queste stelle

Studio della composizione chimica di un vasto e variegato campione di esopianeti, attraverso l'analisi delle loro atmosfere

Missioni con la capacità di rilevare esopianeti

Missioni dedicate agli esopianeti



