

# Stelle doppie all'origine delle magnetar

**ISSpresso, un simbolo  
italiano nello spazio**

**Ci sono anche le  
mega-Terre**

**La prima luce  
di SPHERE**

**K2: Kepler  
torna in attività**

# Illustris, la simulazione dell'universo

# BELLINCIONI

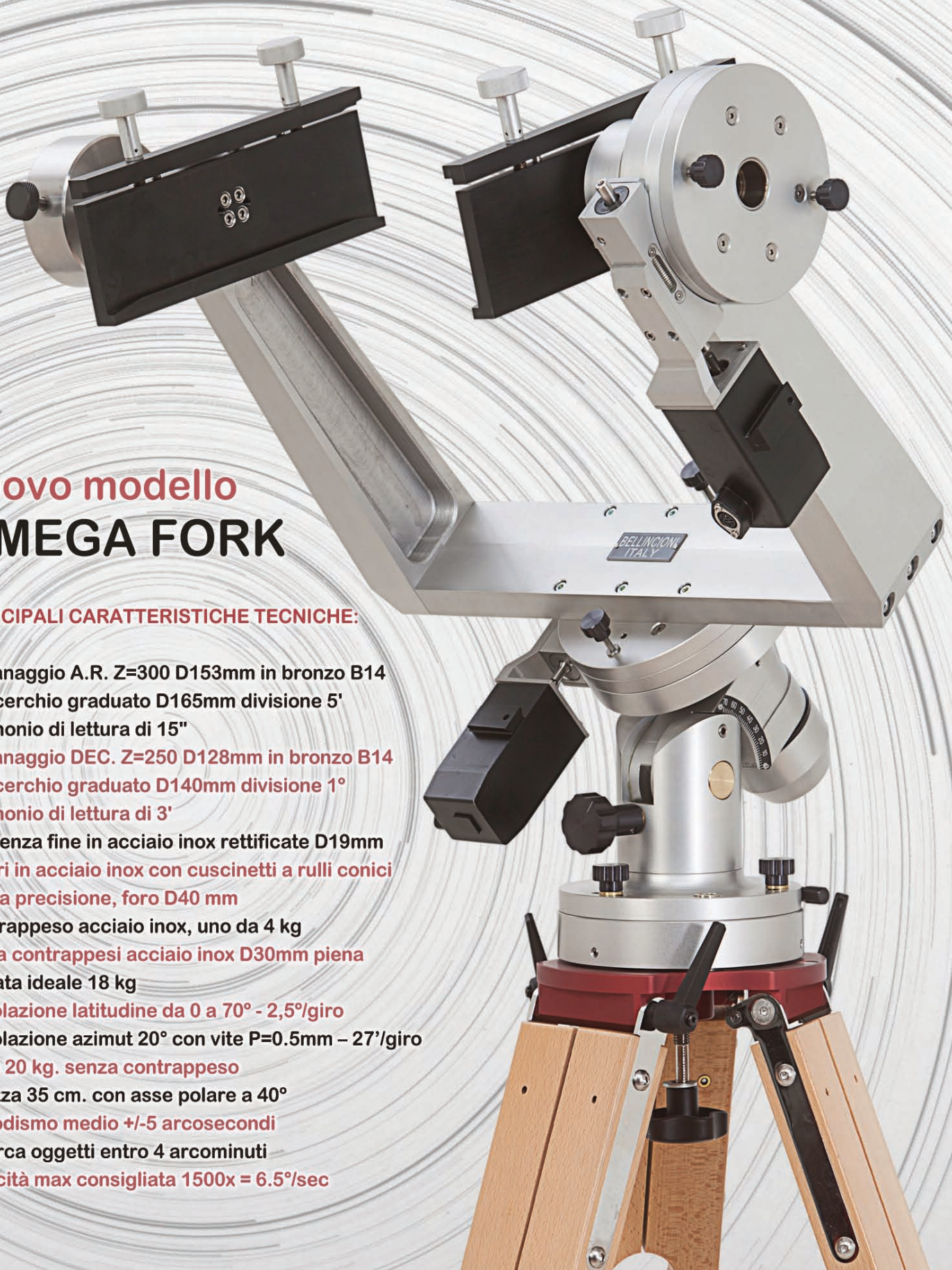
★ ITALIAN HIGH PRECISION MOUNTS ★

Officina Meccanica Bellincioni  
Via Gramsci 161/B  
13876 Sandigliano (BI) ITALY  
tel. +39 015691553  
e-mail info@bellincioni.com  
www.bellincioni.com

## nuovo modello OMEGA FORK

### PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE:

- Ingranaggio A.R. Z=300 D153mm in bronzo B14 con cerchio graduato D165mm divisione 5' con nonio di lettura di 15"
- Ingranaggio DEC. Z=250 D128mm in bronzo B14 con cerchio graduato D140mm divisione 1° con nonio di lettura di 3'
- Viti senza fine in acciaio inox rettificate D19mm
- Alberi in acciaio inox con cuscinetti a rulli conici di alta precisione, foro D40 mm
- Contrappeso acciaio inox, uno da 4 kg
- Barra contrappesi acciaio inox D30mm piena
- Portata ideale 18 kg
- Regolazione latitudine da 0 a 70° - 2,5°/giro
- Regolazione azimuth 20° con vite P=0.5mm - 27'/giro
- Peso 20 kg. senza contrappeso
- Altezza 35 cm. con asse polare a 40°
- Periodismo medio +/-5 arcosecondi
- Ricerca oggetti entro 4 arcominuti
- Velocità max consigliata 1500x = 6.5°/sec





**Direttore Responsabile**  
Michele Ferrara

**Consulente Scientifico**  
Prof. Enrico Maria Corsini

**Editore**  
Astro Publishing di Pirlo L.  
Via Bonomelli, 106 - 25049 Iseo - BS  
email admin@astropublishing.com

**Distribuzione**  
Gratuita a mezzo Internet

**Internet Service Provider**  
Aruba S.p.A.  
Loc. Palazzetto, 4 - 52011 Bibbiena - AR

**Registrazione**  
Tribunale di Brescia  
numero di registro 51 del 19/11/2008

**Copyright**  
I diritti di proprietà intellettuale di tutti i testi, le immagini e altri materiali contenuti nella rivista sono di proprietà dell'editore o sono inclusi con il permesso del relativo proprietario. Non è consentita la riproduzione di nessuna parte della rivista, sotto nessuna forma, senza l'autorizzazione scritta dell'editore. L'editore si rende disponibile con gli aventi diritto per eventuale materiale non identificato.

The publisher makes available itself with having rights for possible not characterized iconographic sources.

**Pubblicità - Advertising**  
Astro Publishing di Pirlo L.  
Via Bonomelli, 106 - 25049 Iseo - BS  
email info@astropublishing.com



### Stelle doppie all'origine delle magnetar

Esistono stelle di neutroni con un campo magnetico così intenso da formare una categoria a sé stante, le magnetar. L'origine in parte misteriosa di questi straordinari oggetti è stata ora svelata, grazie alla scoperta di un'anomala stella fuggitiva che migliaia di anni fa faceva coppia con il...

a pagina 4



### ISSpresso, un simbolo italiano nello spazio

Dal prossimo novembre sarà possibile degustare un vero espresso italiano anche sulla stazione spaziale internazionale. A servirlo sarà una macchina chiamata ISSpresso, appositamente realizzata da due società italiane per funzionare in assenza di gravità.

a pagina 12



### La prima luce di SPHERE

Un nuovo, potentissimo strumento sta per essere messo a disposizione di quella parte della comunità astronomica che si occupa dello studio delle atmosfere planetarie e dei dischi di gas e polveri che circondano le giovani stelle. Finalmente sarà possibile osservare direttamente numerosi pianeti extrasolari.

a pagina 20



### Ci sono anche le mega-Terre

Lo zoo dei pianeti extrasolari non smette mai di stupire. È stato scoperto un oggetto che non rientra in nessuna classe di pianeti già nota, perché pur essendo non molto più grande della Terra ha un peso oltre 17 volte superiore. Potrebbe essere il primo esemplare di una vasta popolazione di mega-Terre.

a pagina 28



### Illustris, la simulazione dell'universo

La visione che abbiamo delle grandi strutture cosmiche corrisponde a un fermo immagine che lascia solo ipotizzare attraverso quali trasformazioni si è giunti a determinate situazioni. Una nuova simulazione dell'universo dà ora la possibilità di indagare virtualmente ogni istante della sua esistenza, con...

a pagina 34



### K2: Kepler torna in attività

Il telescopio spaziale Kepler sembrava ormai inutilizzabile, invece un anno dopo i noti problemi ai giroscopi è stato reimpiegato, grazie a una soluzione ingegnosa, in una serie di campagne osservative che ne riscrivono quasi completamente la missione.

a pagina 42

# Stelle doppi delle magne

*Esistono stelle di neutroni con un campo magnetico così intenso da formare una categoria a sé stante, le magnetar. L'origine in parte misteriosa di questi straordinari oggetti è stata ora svelata, grazie alla scoperta di un'anomala stella fuggitiva che migliaia di anni fa faceva coppia con il progenitore di una magnetar scoperta nell'ammasso Wd1.*

**R**endering della magnetar J1647-45 all'interno dell'ammasso aperto Wd1. In evidenza le linee di forza del poderoso campo magnetico. [ESO/L. Calçada]

# e all'origine tar

**A** quasi 16000 anni luce di distanza dalla Terra, nella costellazione australe dell'Ara, c'è il più massiccio e compatto ammasso stellare aperto della nostra galassia e dell'intero Gruppo Locale. Quell'ammasso contiene l'equivalente di 100000 masse solari in stelle di ogni dimensione e gas interstellare, il tutto concentrato in una regione che si estende per circa 6

anni luce. Tra le centinaia di stelle ammassate in quel minuscolo angolo di cielo, vi sono parecchie giganti e supergiganti blu, gialle e rosse, oltre che una quantità insolitamente elevata di stelle Wolf-Rayet (giganti che perdono massa a causa di fortissimi venti stellari e che sono caratterizzate da altissime temperature superficiali). Un ammasso di quella portata, collocato a una

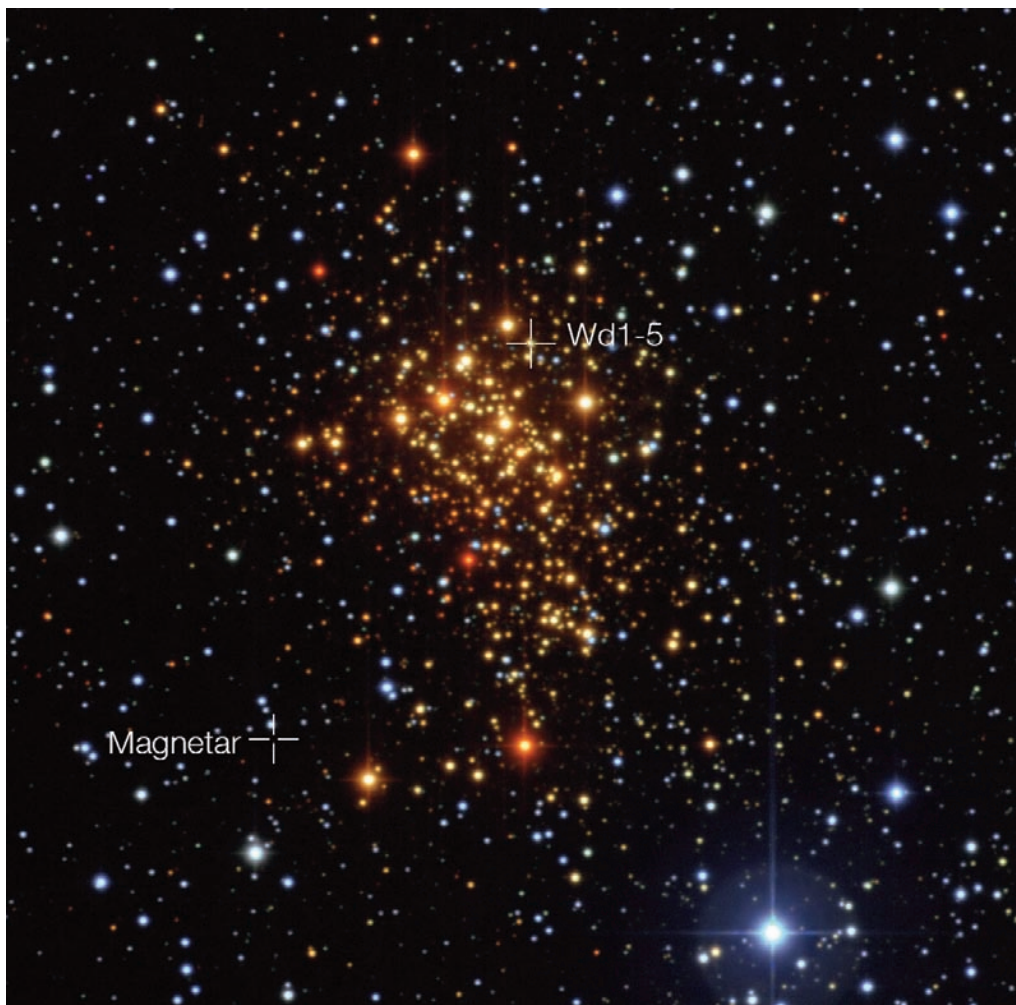


**I**mmagine ad ampio campo della regione di cielo centrata sull'ammasso aperto Wd1, nella costellazione dell'Ara. La luce delle stelle che compongono l'ammasso appare fortemente arrossata a causa della presenza di gas e polveri. Senza di queste, sarebbe una struttura brillantissima. Il riquadro racchiude l'area ingrandita qui sotto, dove un secondo quadrato indica i confini dell'immagine riportata alla pagina seguente. [ESO/Digitized Sky Survey 2]

distanza da noi tutto sommato modesta, dovrebbe apparire brillantissimo e quindi dovrebbe essere noto all'essere umano da sempre. Invece fu scoperto solo nel 1961, sotto i cieli australiani, dall'astronomo svedese Bengt Westerland (diventato poi direttore dell'European Southern Observatory dal '70 al '74). Il motivo di una così ritardata scoperta dell'ammasso in questione va ricercato nel fatto che esso si trova prospetticamente dietro a un enorme complesso di gas e polveri interstellari, che ne abbattano la luminosità di oltre 100 000 volte, rendendo visibili solo le stelle più luminose (tutte comunque più deboli della magnitudine 14), che pur essendo prevalentemente blu appaiono rosse a causa del più efficace assorbimento delle frequenze blu da parte dell'ostacolo interposto. Dalla scoperta dell'ammasso sono dovuti trascorrere decenni prima che gli astronomi potessero disporre di strumenti adatti ad apprezzare appieno



**U**na delle migliori immagini di Wd1, presa con il telescopio MPG/ESO di 2,2 metri di diametro, dell'Osservatorio di La Silla (Cile). Sono state indicate le posizioni della magnetar J1647-45 (invisibile) e della sua ex compagna Wd1-5. [ESO]

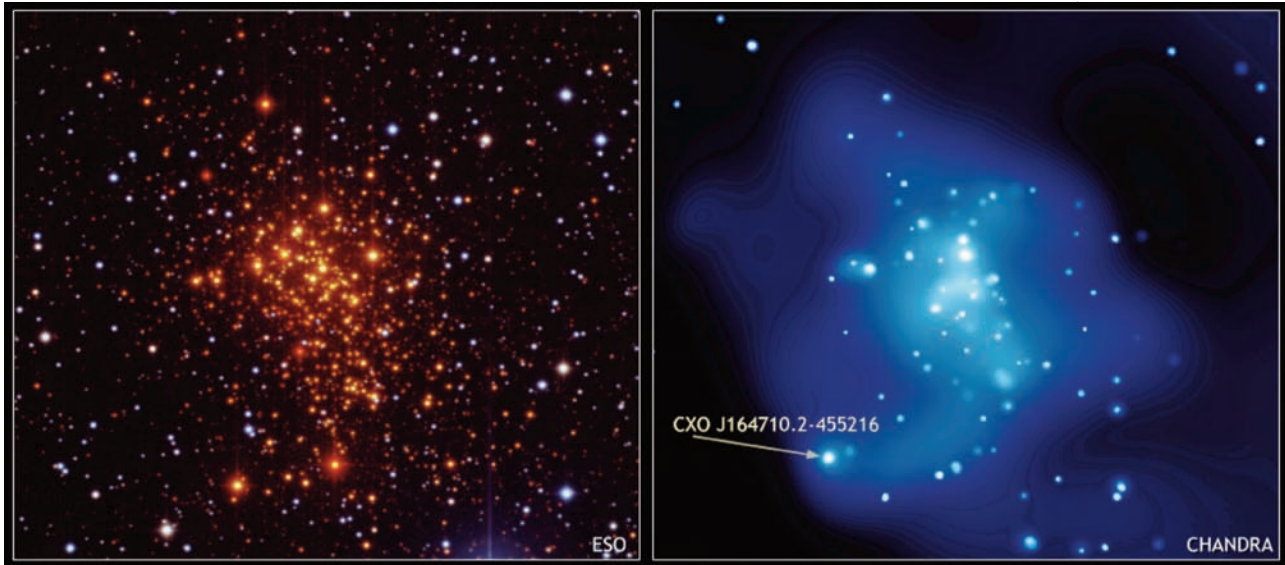


l'importanza di quella struttura nello studio dell'evoluzione stellare. Nel frattempo il "nuovo" oggetto celeste era stato chiamato Westerlund 1, in onore del suo scopritore, nome spesso abbreviato in Wd1.

Per un'intuibile selezione generata dalle proprietà fisiche delle stelle di Wd1, tutte quelle finora caratterizzate con sufficiente precisione sono titani con masse 30-40 volte superiori a quella del Sole. Poiché le stelle di quella taglia hanno una vita breve, misurabile in pochi milioni di anni (al più poche decine di milioni di anni), va da sé che Wd1 dev'essere un ammasso molto giovane, e infatti gli astronomi stimano un'età compresa fra 3,5 e 5 milioni di anni, a seconda dei diversi modelli evolutivi applicati alle diffe-

renti tipologie di stelle che lo popolano. Siamo dunque in presenza di uno dei più giovani ammassi aperti della nostra galassia, un oggetto che nemmeno esisteva quando comparvero sulla Terra in nostri più lontani antenati.

Per quanto se ne sa, la distribuzione delle masse iniziali delle stelle all'interno di Wd1 non dovrebbero essere dissimile da quella tipicamente osservata in altri ammassi aperti, pertanto esistevano sicuramente anche stelle più massicce di quelle oggi osservabili e il non trovarne traccia significa che sono già giunte alla fine della loro esistenza, esplodendo come supernovae. Si stima che in Wd1 possano essere finora esplose da 50 a 150 stelle, con una media nell'ultimo mi-



lione di anni di 1 supernova ogni 10000 anni. Non c'è da meravigliarsi che non siano stati scoperti residui gassosi di quegli eventi, poiché l'altissima densità stellare e i fortissimi venti generati in quell'ambiente sono in grado di spazzare via qualunque traccia volatile in brevissimo tempo (astronomicamente parlando).

Ma le supernovae non lasciano dietro di sé solo gas in espansione, bensì anche un astro collassato, che a seconda della massa iniziale può essere una stella di neutroni o un buco nero. Se il progenitore ha una massa iniziale non superiore a 1,4 masse solari nel momento dell'esplosione darà origine a una stella di neutroni; oltre quel limite (detto di Chandrasekhar) nascerà un buco nero. Considerando le grandi masse delle stelle finora esplose all'interno di Wd1 (oltre le 40 masse solari) ci si può attendere solo buchi neri, i quali se non interagiscono con altre stelle o col gas interstellare risultano impercipienti.

Inaspettatamente, nel 2005 il satellite-osservatorio per raggi X Chandra scopre una pulsar proprio dentro Wd1, e l'anno successivo quella pulsar viene identificata come sorgente di un lampo gamma. Le osservazioni nelle bande X e gamma portano gli astronomi a concludere che quell'oggetto, denominato CXO J164710.2-455216 (per brevità J1647-45), è una varietà di stella di

neutroni decisamente rara, una magnetar, ovvero un astro collassato del tutto simile a una stella di neutroni (quindi una sfera grande come la Terra e pesante quanto il Sole) ma caratterizzato dalla presenza di un campo magnetico straordinariamente intenso (un milione di miliardi di miliardi di volte più forte di quello terrestre), che decade in un periodo medio di circa 10000 anni, cedendo energia ai processi di produzione ed emissione di raggi X e gamma.

In tutta la Via Lattea sono state finora scoperte solo un paio di dozzine di magnetar e da decenni gli astronomi dibattono sui meccanismi responsabili del forte campo magnetico di cui sono dotate. Sebbene il modello oggi più condiviso risalga al 1992 (è quello di Duncan-Thompson, vincitore del Bruno Rossi Prize nel 2003), è stata proprio la scoperta di J1647-45 a produrre le prove più concrete sull'origine di quegli esotici oggetti celesti. La differenza rispetto alle scoperte precedenti sta nel fatto che J1647-45 dovrebbe essere un buco nero, non una stella di neutroni, e capire perché il collasso non abbia sfondato la barriera neutronica ha fornito la chiave per interpretare correttamente l'origine del suo poderoso campo magnetico.

A spiegare come sono andate verosimilmente le cose è stato un piccolo team di astrofisici, coordinato da Simon Clark (Open

**C**onfronto tra un'immagine di Wd1 presa nel visibile (sinistra) e una presa nei raggi X. La magnetar è totalmente invisibile nella prima, ma diventa l'oggetto singolo più brillante nella seconda. [NASA/CXC/UCLA/M.Muno et al.]



**A** fianco, un video che ci fa idealmente volare nell'ammasso aperto Wd1, fino a portarci a due passi dalla magnetar J1647-45. [ESO/L. Calçada] Sotto, una foto risalente all'epoca in cui fu scoperto Westerlund 1, che ritrae il professor Bengt Westerlund (il secondo da sinistra) in compagnia del noto astronomo e divulgatore scientifico Åke Wallenquist (sul margine sinistro), della signora Wallenquist e di alcuni giovani ricercatori. [foto di Bertil Pettersson]

University, Milton Keynes, UK), in un articolo apparso in maggio su *Astronomy & Astrophysics*. Il punto di partenza è stata l'ipotesi secondo la quale le magnetar sono il frutto dell'evoluzione di un sistema binario composto di stelle di massa elevata. L'evoluzione di un siffatto sistema comporta trasferimenti e perdite di materia che possono agevolare la formazione di una magnetar invece di un buco nero. Per confermare l'ipotesi bisognava dimostrare che il progenitore di almeno una magnetar aveva realmente una compagna. Cercarla in orbita attorno a una qualsivoglia magnetar è inutile perché le esplosioni delle supernovae spezzano i legami gravitazionali di quel tipo, accelerando le stelle compagne a grande velocità e disperdendole nello spazio (sono le cosiddette "runaway stars"). Quello che bisogna cercare è dunque prin-



cialmente una stella dal veloce moto proprio, in qualunque direzione attorno a una magnetar, sperando di trovarla a una distanza non troppo elevata, così da ridurre i tempi della ricerca e da poter associare più facilmente i due astri separati.

Wd1 è l'ambiente ideale in cui condurre quel tipo di ricerche: c'è una sola magnetar nota e non può che essersi formata meno di 10000 anni fa; viste le dimensioni dell'ammasso e le velocità tipiche delle stelle fuggitive (difficilmente oltre i 100 km/s), la compagna della magnetar non dovrebbe essere già uscita dall'ammasso o comunque, nella peggiore delle ipotesi, non dovrebbe essere uscita di molto. Quella stella deve dunque essere ancora là, da qualche parte, e per trovarla Clark e colleghi, di ogni possibile candidato, hanno misurato la velocità radiale e hanno analizzato la luce con lo strumento FLAMES (da Fibre Large Array Multi Element Spectrograph) in dotazione all'unità Kueyen del Very Large Telescope dell'ESO.



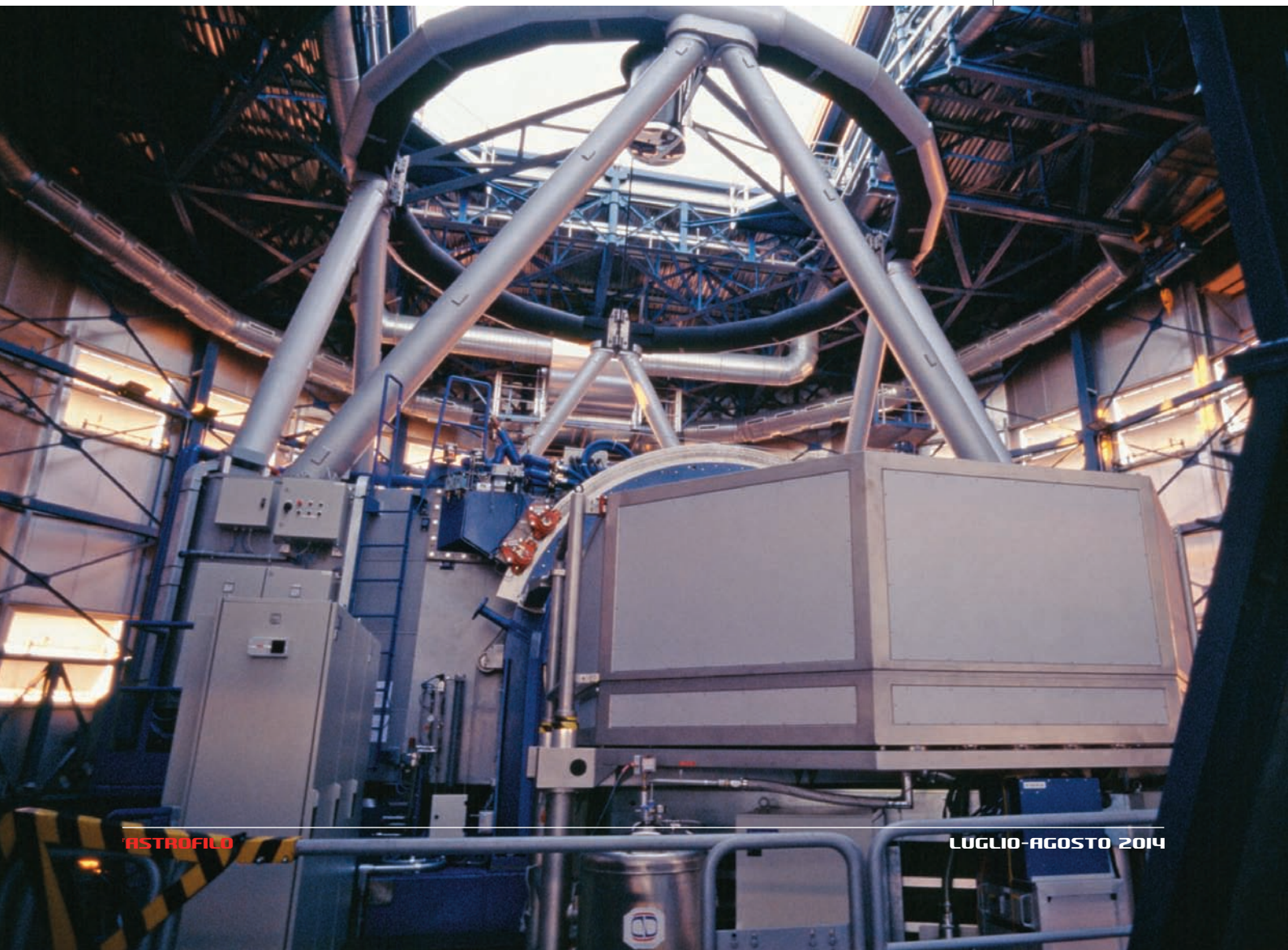
Nella manciata di candidati selezionati durante la ricerca, quello più interessante si è dimostrato Wd1-5, una stella blu di circa 20 masse solari, la cui velocità radiale differisce da quella media dell'ammasso di circa 50 km/s. I ricercatori hanno escluso una sovrapposizione casuale di Wd1-5 con l'ammasso e l'analisi della composizione della sua atmosfera ha mostrato anomalie nell'abbondanza degli elementi superficiali che sono incompatibili con la massa, la luminosità e lo stadio evolutivo della stella. In particolare è stato misurato uno spropositato arricchimento di carbonio (e in misura minore di elio e azoto), inspiegabile ammettendo che Wd1-5 sia evoluta sin dalla sua nascita come stella singola. Il carbonio in eccesso nella sua atmosfera è pari a 0,05 masse solari e una simile quantità non può essere risalita dall'in-

terno, ma deve essere stata apportata da una fonte esterna.

Proponendo che Wd1-5 formasse migliaia di anni fa un sistema binario con J1647-45, Clark e colleghi ne illustrano l'evoluzione di massima come di seguito. Lo scenario vede all'inizio due stelle blu di circa 41 e 35 masse solari (rispettivamente la futura Wd1-5 e la futura J1647-45), in orbita attorno al comune baricentro con un periodo di appena 8 giorni. A un certo punto, nel nucleo della componente più massiccia inizia a scarseggiare il combustibile primario, l'idrogeno, e una delle conseguenze è la moderata espansione degli strati più esterni, con la stella che inizia a trasformarsi in gigante blu.

L'estrema vicinanza della compagna più piccola fa però sì che quest'ultima inizi a

**Il telescopio Kueyen (8,2 metri di diametro), una delle 4 unità gemelle che compongono il Very Large Telescope dell'ESO. Con questo strumento alcuni astrofisici europei hanno dimostrato come e perché si originano le magnetar. [ESO]**





**Primo piano dello spettrografo FLAMES, utilizzato dal team di Simon Clark per individuare e studiare Wd1-5, la stella di grande massa che migliaia di anni fa era legata al progenitore della magnetar J1647-45. [ESO]**

catturare quantità sempre più cospicue dell'atmosfera della stella in espansione (attraverso il punto di congiunzione dei due lobi di Roche), fino ad aumentare la propria massa di circa 20 masse solari. Il trasferimento di materia ha una doppia conseguenza: la stella inizialmente più massiccia si ritrova molto alleggerita e ciò ne posticipa la fine esplosiva (oggi non ancora avvenuta), mentre per la stella che ha acquisito materia, portandosi a circa 55 masse solari, è come se iniziasse un rapido invecchiamento. Quest'ultima acquisendo materia ne acquisisce anche il momento angolare, che la porta a ruotare sul proprio asse molto più velocemente di prima e a intensificare il proprio campo magnetico, gettando così le basi dell'intensissimo campo magnetico che la caratterizzerà dopo il collasso gravitazionale.

Gli eventi precipitano rapidamente, con la futura magnetar che, dopo aver terminato di bruciare l'idrogeno e aver bruciato anche buona parte dell'elio, inizia ad attraversare

fasi di instabilità durante le quali eietta nello spazio strati di materiale superficiale arricchito con gli elementi sintetizzati nel nucleo e trasportati al suo esterno dai moti convettivi del plasma.


Fra quei "metalli" abbondano soprattutto quelli più leggeri, come il carbonio (originato dalla fusione dell'elio), parte del quale finisce col depositarsi sulla fotosfera di Wd1-5, mentre moltissima altra materia (incluso altro carbonio) si disperde nello spazio in tutte le direzioni.

Dopo vari sussulti che le fanno perdere decine di masse solari, la futura magnetar

ha ormai esaurito anche i combustibili più pesanti ammessi nella nucleosintesi stellare e pertanto collassa innescando la fase di supernova. La sua massa finale è comunque sufficiente bassa da non trasformarsi in buco nero e il poderoso campo magnetico ereditato dal progenitore si concentra attorno alla neonata stella di neutroni "trasformandola" in magnetar. La terribile esplosione spezza il legame gravitazionale del sistema binario e sul luogo dell'evento (o nei dintorni) rimane solo l'astro collassato, mentre la stella superstite, Wd1-5, viene scagliata via senza che l'onda d'urto riesca a spogliarla dei metalli nel frattempo acquisiti (anzi, l'esplosione della compagna la arricchisce ulteriormente).

È questo lo scenario che spiega nel modo più convincente sia le caratteristiche di Wd1-5 sia quelle di J1647-45 e che al contempo risolve il problema legato alla formazione delle magnetar. Per confermarlo sarà sufficiente trovare un'altra coppia, o più coppie, dello stesso tipo. ■

# ISSpresso, un simbolo italiano nello spazio



***Dal prossimo novembre sarà possibile degustare un vero espresso italiano anche sulla stazione spaziale internazionale. A servirlo sarà una macchina chiamata ISSpresso, appositamente realizzata da due società italiane per funzionare in assenza di gravità.***

**D**egustare un classico espresso in assenza di gravità non è cosa facile, come dimostra questa illustrazione. Due aziende italiane hanno però risolto il problema costruendo una macchina appositamente pensata per erogare caffè nello spazio.

**A** bordo dell'International Space Station (ISS) la vita degli astronauti è molto meno agevole di quanto si possa immaginare guardando i divertenti video in cui gli occupanti dell'avamposto terrestre, con sorrisi smaglianti, fanno capriole a mezz'aria, giocano con palline d'acqua, volano da un capo all'altro dell'abitacolo che li ospita. A quei brevi momenti di svago fanno da contraltare il dover utilizzare servizi igienici con inquietanti dispositivi aspiratori, il dover dormire legati o appesi come pipistrelli e lo stare rinchiusi a lungo in un ambiente claustrofobico. Ovviamente non c'è disagio che gli astronauti non sappiano sopportare, ma proprio per l'austera vita che conducono in orbita non disdegnano affatto ogni nuovo agio venga offerto loro. Si può quindi star certi che dal prossimo novembre gli equipaggi della ISS sapranno pienamente apprezzare una piccola apparecchiatura che salirà a bordo e che avrà fini ricreativi e di socializzazione. Che cosa sarà mai?

Una macchina per caffè espresso. Detto così sembra poca cosa, si tratta invece di un manufatto tecnologicamente molto avanzato, la cui progettazione e realizzazione ha richiesto qualche anno.

L'idea di mandare in orbita una macchina per caffè espresso è inevitabilmente tutta italiana (essendo l'espresso un simbolo dell'Italia conosciuto un po' ovunque nel mondo) ed è scaturita dalla collaborazione fra la Argotec (azienda ingegneristica torinese, leader europea nella progettazione di sistemi aerospaziali e nella preparazione di alimenti per astronauti) e la Lavazza (storico brand made in Italy del caffè, anch'essa torinese), con la partecipazione dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI).

Per mettere in pratica l'idea è stato necessario un notevole sforzo dal punto di vista ingegneristico, perché la microgravità tipica della ISS richiede dispositivi e funzionalità interne alla macchina per espresso che quasi nulla hanno a che vedere con quelli presenti sulle normali macchine dei bar o di casa. Il controllo dell'alta pressione e dell'alta temperatura che si sviluppano sono stati i due ostacoli più

insidiosi da affrontare, assieme alla necessità di far scorrere i liquidi in circuiti stagni, fino al contenitore per la degustazione. Come si può intuire, qualunque dispositivo venga inviato nello spazio deve soddisfare requisiti molto severi in termini di funzionalità tecnica e di sicurezza. Potrebbe bastare anche un solo espresso fuori controllo per mettere a repentaglio la strumentazione di bordo e l'incolumità degli astronauti. Le particolari condizioni in cui deve operare la macchina e le norme di sicurezza che è stato necessario rispettare costruendola hanno reso indispensabile sovradimensionare e irrobustire l'intera struttura, tanto che alla fine si è giunti a un peso di circa 20 kg, non poco se consideriamo che ogni chilogrammo inviato nello spazio costa diverse migliaia di euro (il costo varia a seconda del vettore utilizzato). Un'idea della solidità di quella macchina, simpaticamente chiamata "ISSpresso", ce la dà il tubicino che trasporta i liquidi al suo interno, tubicino che invece di essere di plastica come nelle normali macchine per espresso, è realizzato con un acciaio speciale in grado di resistere a una pressione di circa 400 atmosfere, ovvero oltre 4 volte quella pre-

**G**iuseppe Lavazza (a sinistra), vice presidente di Lavazza, e David Avino, managing director di Argotec, brindano allo loro joint venture con un espresso prodotto con il prototipo della ISSpresso, la macchina per caffè e altre bevande calde che in novembre raggiungerà l'International Space Station. [Lavazza, Argotec]





**A**vino e Lavazza nei laboratori della Argotec, con il prototipo di ISSpresso, durante i test di validazione e sicurezza. Un tecnico illustra i circuiti che opportunamente ridimensionati saranno integrati all'interno della prima macchina per caffè spaziale. Nel video a fianco, Avino e Lavazza pubblicizzano la loro iniziativa. [Lavazza, Argotec]

sente alla superficie di Venere e alla profondità marina del relitto del Titanic. Lo schema funzionale di ISSpresso era pronto già nel giugno 2013 e attualmente presso la Argotec si sta procedendo alla messa a punto degli ultimi dettagli. Il circuito che porta all'erogazione dell'espresso prevede che l'acqua sia introdotta di volta in volta tramite una piccola sacca ad uso alimentare (riempita presso il dispenser della ISS) che si aggancia a un apposito bocchettone. L'acqua viene quindi prima aspirata da una piccola pompa e poi sottoposta a pressione e a riscaldamento, attraverso un sistema elettrico innovativo. Successivamente, l'acqua bollente e in pressione raggiunge e attraversa la capsula contenete la miscela di caffè, producendo così l'espresso, che viene servito all'interno di una seconda sacca per alimenti. Da lì, con una cannuccia,

l'astronauta può finalmente sorvegliarlo. Anche se alcune fasi di tale processo sembrano molto simili a quelle delle normali macchine per espresso, le affinità sono in realtà solo apparenti, perché i principi che regolano la fluidodinamica dei liquidi in assenza di gravità (o in regime di microgravità) sono ben diversi da quelli che sperimentiamo al suolo.

Le ottime premesse di funzionamento di ISSpresso hanno fatto sì che il progetto di Argotec, condiviso da Lavazza, sia stato se-



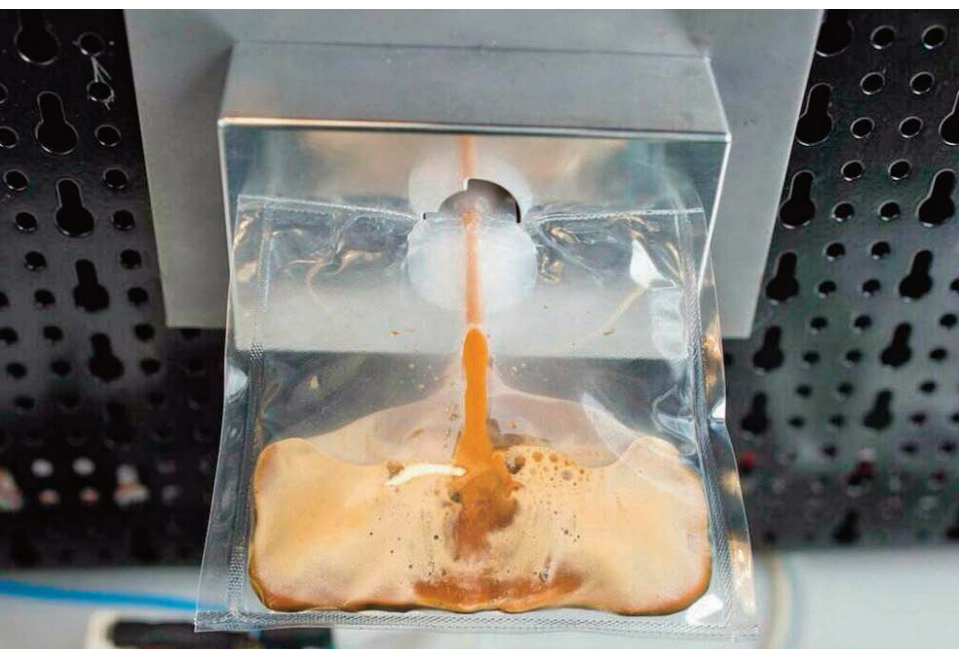


lezionato dall'ASI per un'opportunità di utilizzazione a bordo della ISS. Una volta completati i test di qualifica da parte del costruttore, in collaborazione con Finmeccanica-Selex ES, ISSpresso sarà inviata al co-

smodromo di Baikonur (Kazakhstan), dal quale in novembre raggiungerà la stazione spaziale a bordo di una navetta russa Soyuz, nell'ambito della missione a lungo termine ISS Expedition 42/43. La parte italiana di quella missione, denominata "Missione Futura", vedrà anche la partecipazione di Samantha Cristoforetti, prima donna italiana ad andare nello spazio.

Una volta a bordo, ISSpresso sarà collocata in un "corner cafe" dove gli astro-

**S**opra, ISSpresso nella versione finale. A dispetto di una struttura necessariamente robusta e di un peso che raggiunge i 20 kg, il design della macchina è comunque piacevole. A sinistra, una prova di erogazione dell'espresso dal prototipo visibile alla pagina precedente. [Lavazza, Argotec]





**S**chema che illustra il funzionamento di ISSpresso. [Lavazza, Argotec]



# Tutti i segreti di ISSpresso

la prima macchina espresso che funziona nello spazio

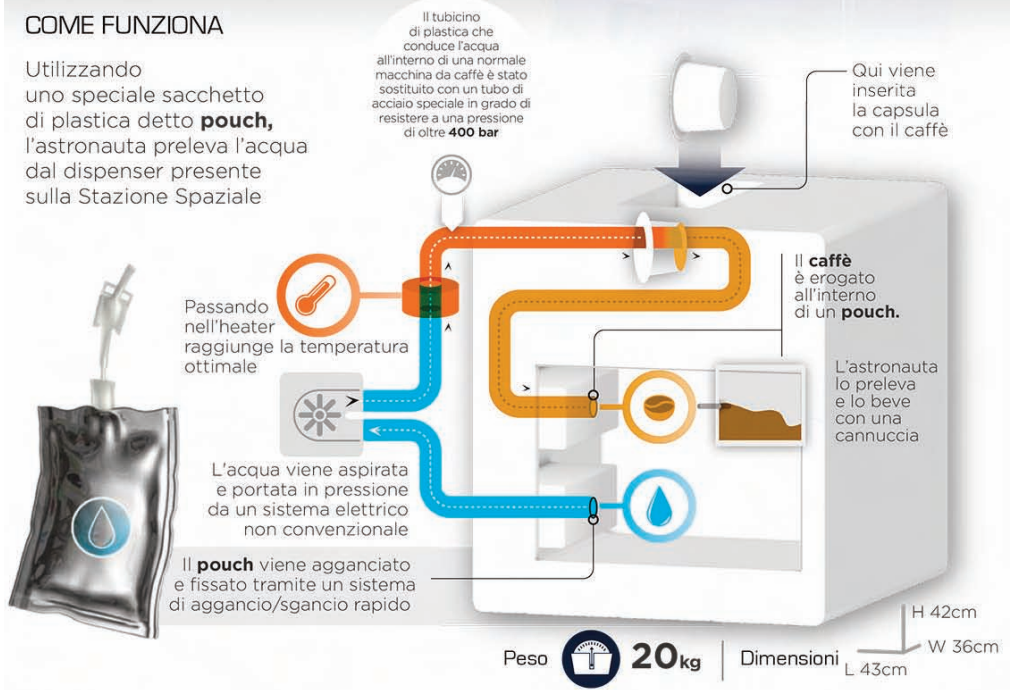
ISSpresso sarà installata sulla Stazione Spaziale Internazionale e sarà in grado di fare il caffè in condizioni estreme, dove i principi che governano la fluidodinamica sono completamente differenti rispetto a quelli terrestri



**ISSpresso** utilizza le abituali capsule di caffè

## COME FUNZIONA

Utilizzando uno speciale sacchetto di plastica detto **pouch**, l'astronauta preleva l'acqua dal dispenser presente sulla Stazione Spaziale



## Alta attenzione alla sicurezza

ISSpresso soddisfa requisiti molto severi, imposti dalla NASA in termini di compatibilità con i sistemi già presenti a bordo e quelli di interfaccia con gli astronauti

ISSpresso è dotata di un dispositivo innovativo che consente la pulizia della linea di erogazione del caffè





nauti potranno ritrovarsi tra un'attività e l'altra per distrarsi un po'. Ogni momento di socializzazione in più è considerato dagli psicologi delle agenzie spaziali un aspetto da non trascurare nel corso delle missioni che tengono gli astronauti lontani da casa per parecchie settimane o mesi, periodi durante i quali sono sottoposti a mansioni che richiedono elevati livelli di concentrazione.

Per accontentare tutti i gusti, ISSpresso non è stata pensata come macchina per la sola produzione di caffè espresso, potrà infatti servire anche caffè lungo (e molto lungo, come il black coffee, che di "black" non ha nulla essendo quasi trasparente), tè, tisane, brodo e potrà essere impiegata anche nella reidratazione di alimenti liofilizzati. Essendo realizzati con una tecnologia piuttosto

complessa, tutti i componenti di ISSpresso sono stati costruiti in modo tale da non richiedere particolari manutenzioni, al di là del ricambio del materiale di consumo, e si prevede che possa rimanere funzionante sulla ISS per diversi anni prima di essere eventualmente sostituita.

Chiaramente l'operazione ISSpresso va molto al di là del semplice desiderio di offrire piacevoli momenti di svago in più agli equipaggi della stazione spaziale. Infatti, sia per Argotec sia per Lavazza, oltre a un concreto ritorno pubblicitario c'è anche la possibilità di applicare le soluzioni escogitate per ISSpresso alla realizzazione di altri e più remunerativi prodotti, tanto è vero che alcune di quelle soluzioni si sono già trasformate in brevetti internazionali. ■

**G**ia 10 anni fa Lavazza fantasticava sulla possibilità di far degustare il proprio caffè nello spazio, come dimostra questa opera di Thierry Le Gouès, tratta dal calendario Lavazza 2004. Quelle fantasie stanno per diventare realtà. [Lavazza]



**IN ESCLUSIVA per l'Italia le nuove cupole della PulsarObservatories adatte per telescopi fino a 12"-14"**

- Diametri di 2,2 metri e 2,7 metri.
- Elevata qualità dei materiali impiegati.
- Ottime finiture e facilità di montaggio.
- Raffinati sistemi di sicurezza.
- Compatibili per il controllo remoto.
- Tutti i modelli sono disponibili sia nella versione solo cupola sia nella versione cupola + abitacolo con ingresso.

- Tra gli accessori sono disponibili:**
- Sistemi di motorizzazione per rotazione cupola e apertura feritoia.
  - Impianti di allarme wireless per sorveglianza remota.
  - Armadi portastrumenti perimetrali.
  - Pannelli solari per alimentazione.

**Tutto a prezzi assolutamente competitivi. Montaggio e trasporto su richiesta. Per maggiori informazioni: tel. 011500213**

**[www.caelum.it](http://www.caelum.it)  
[info@caelum.it](mailto:info@caelum.it)**

**vastissima gamma di telescopi, accessori e ora anche cupole**

**ampio assortimento di materiale d'occasione**

**pagamenti agevolati**

**vendita anche per corrispondenza**

**contattaci!**



# La prima luce di SPHERE

*Un nuovo, potentissimo strumento sta per essere messo a disposizione di quella parte della comunità astro-nomica che si occupa dello studio delle atmosfere planetarie e dei dischi di gas e polveri che circondano le giovani stelle. Finalmente sarà possibile osservare direttamente numerosi pianeti extrasolari.*



ce

**S**PHERE in viaggio verso la sommità del Cerro Paranal, dove lo attendono i tecnici per installarlo al fuoco Nasmyth del telescopio Melipal. [ESO/J.-L. Lizon]

Sarà come osservare da Parigi una candela accesa a mezzo metro da un faro abbagliante di Marsiglia. Questa analogia, fatta dai ricercatori dell'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble, sintetizza con efficacia il grande potere risolutivo di un nuovo "accessorio"

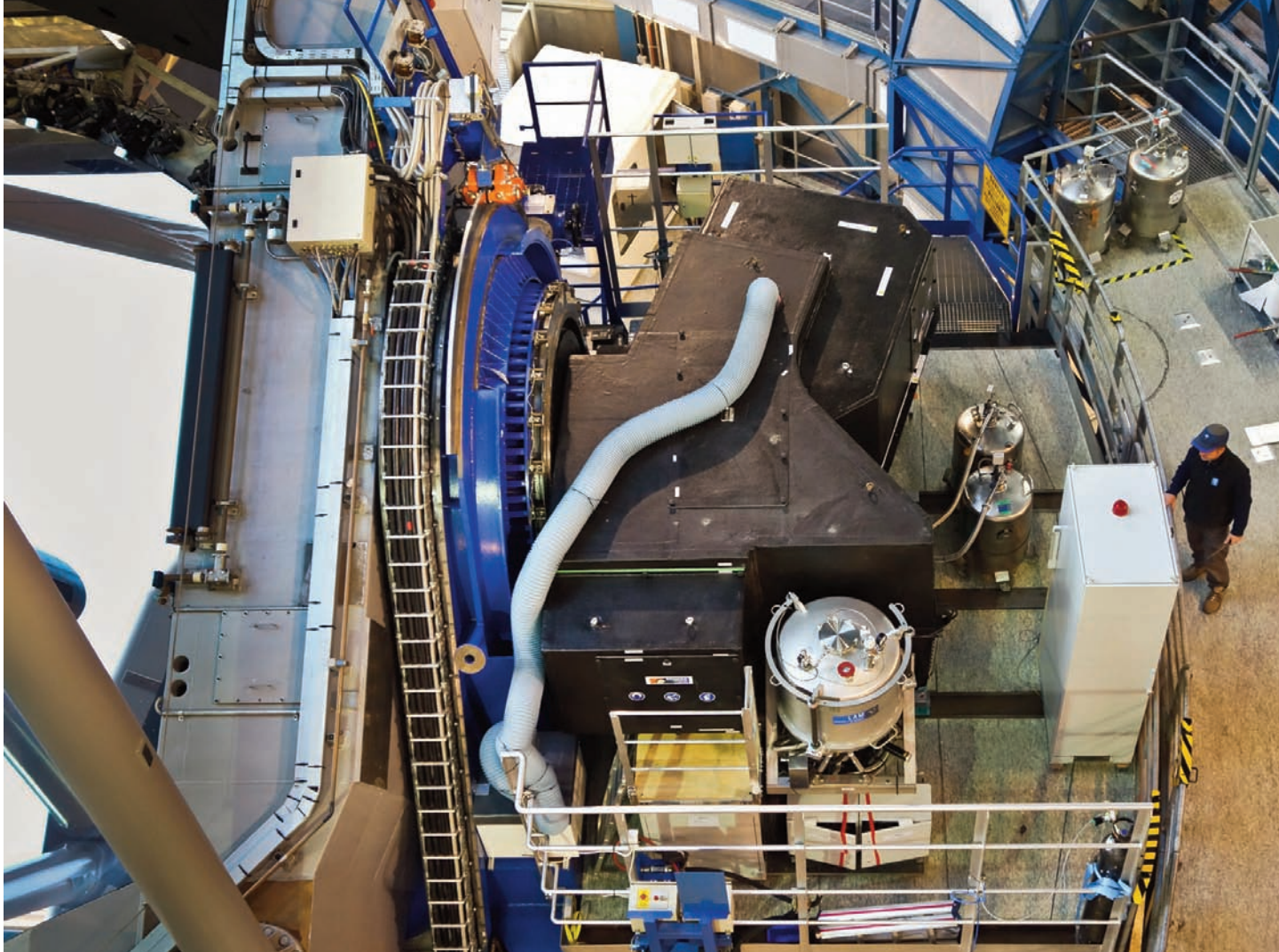
da 10 milioni di euro realizzato per il Very Large Telescope dell'ESO. Si chiama SPHERE, da Spectro-Polarimetric High-contrast Exoplanet REsearch instrument, e per 12 anni ha impegnato nella sua costruzione circa 120 fra tecnici, ingegneri e astrofisici di vari istituti scientifici europei.

**L'**interno della cupola del Melipal, durante le fasi di installazione di SPHERE. Lo strumento, la cui forma ricorda quella di un pianoforte a coda, è stato portato al livello del fuoco di Melipal utilizzando una gru. Per evitare urti contro le strutture interne dell'edificio, tre tecnici ne hanno corretto i movimenti tramite funi. [ESO/J.-L. Lizon]

Come vuole il suo nome, SPHERE è uno spettropolarimetro ad alto contrasto, destinato all'analisi diretta della luce emessa da pianeti extrasolari. La quasi totalità di questi ultimi è stata scoperta per mezzo di due tecniche, quella dei transiti e quella delle velocità radiali, che non consentono di vedere direttamente i pianeti, ma solo di percepirne l'esistenza attraverso gli effetti che producono sulla luce e sulla posizione delle stelle che li ospitano. Su oltre 3000 esopianeti scoperti (dei quali circa 1/3 già confermati), quelli fotografati direttamente superano di poco la decina, e sono ancora meno quelli di cui è stato possibile analizzare adeguatamente l'emissione luminosa.

Nei casi più favorevoli, con gli strumenti finora utilizzati era possibile (almeno in teoria) scorgere direttamente pianeti con una luminosità al massimo 100000 volte inferiore a quella delle loro stelle; con SPHERE



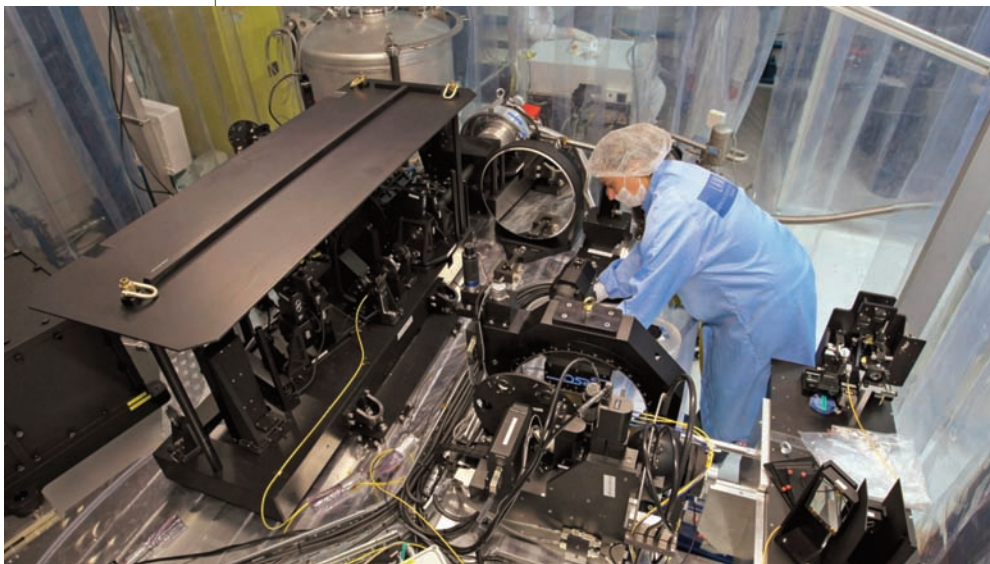


**S**PHERE poco dopo il suo inserimento presso il piano focale di MIPAL. Si notano alcuni dispositivi per il raffreddamento dello strumento. [ESO/J. Girard]

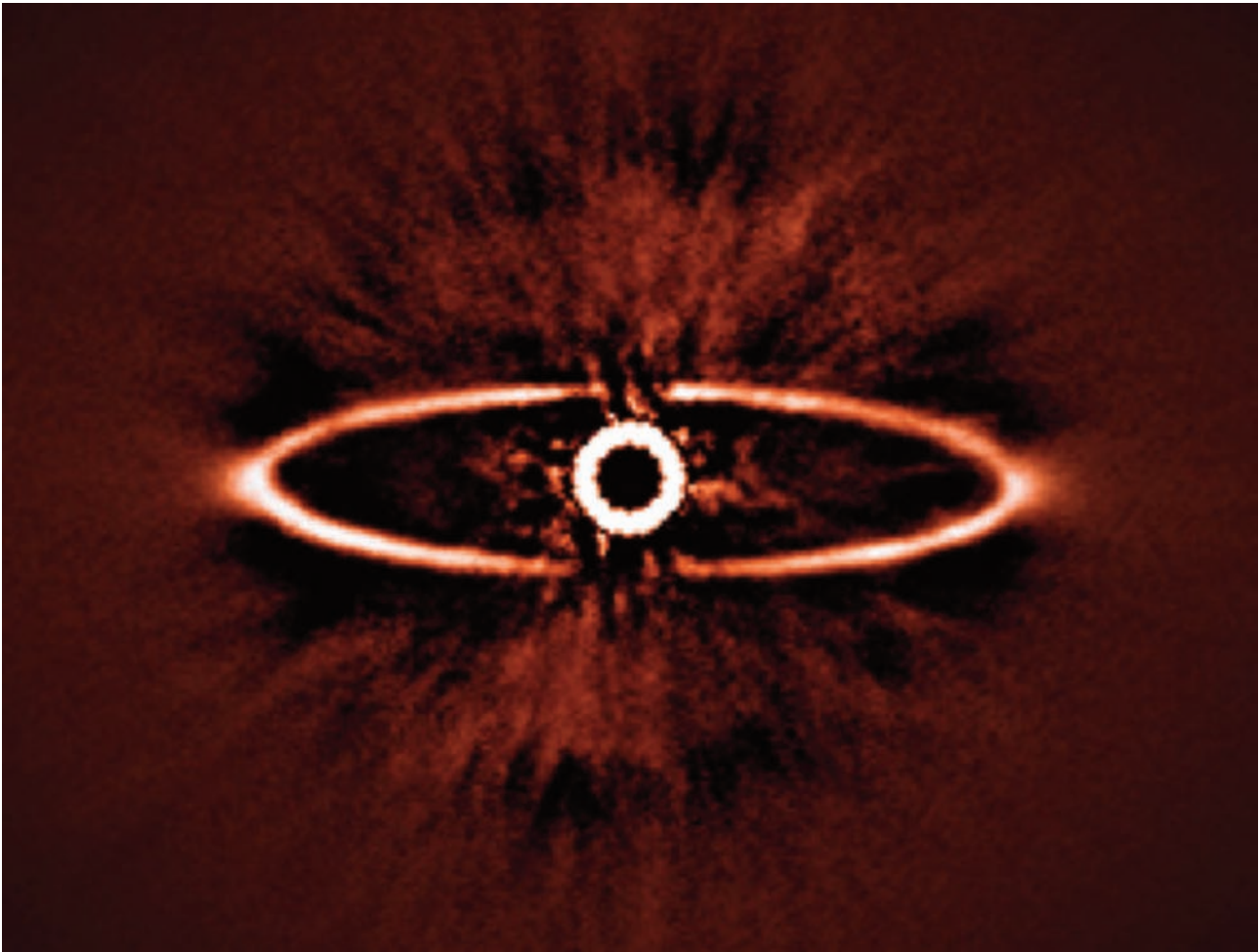
quel limite sale a 1 milione di volte, offrendo ai ricercatori la possibilità di studiare le atmosfere di numerosissimi pianeti, soprattutto i giganti gassosi, che sono il principale target del nuovo strumento, assieme ai dischi di gas e polveri che circondano molte stelle con sistemi planetari in formazione o comunque relativamente giovani.

Ciò che rende speciale SPHERE è la combinazione di diverse tecniche avanzate, finalizzate al raggiungimento del più elevato contrasto possibile in una ristrettissima regione di cielo attorno alle stelle che ospitano pianeti. Uno dei prodotti di quelle tecniche è l'ottica adattiva estrema di SPHERE, che è in grado di correggere in modo molto efficiente il disturbo introdotto nelle immagini dalle masse d'aria in movimento nell'atmosfera terrestre.

Il cuore del sistema di ottica adattiva è uno specchio deformabile, fornito di 1300 attuatori capaci di modificare la forma dello specchio (e quindi dell'immagine acquisita) oltre



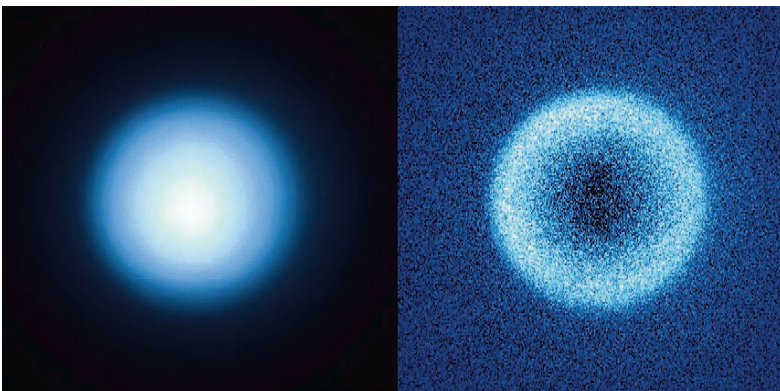
**U**na fase di poco precedente all'installazione di SPHERE, che vede un tecnico effettuare le ultime verifiche su alcuni complessi dispositivi ottici ed elettronici dello strumento. [ESO]



1200 volte al secondo, con una precisione nanometrica. Il tutto, come di consueto, sulla base delle alterazioni riscontrate nell'immagine di una stella artificiale, creata nell'alta

atmosfera dai raggi laser del telescopio al quale SPHERE è stato abbinato (l'unità 3 del VLT, Melipal). Un secondo punto di forza di SPHERE è un coronografo di alta precisione, che serve a tagliar fuori la quasi totalità della luce delle stelle, per consentire la visione dei loro pianeti. Ma la vera differenza rispetto a strumenti simili di generazioni precedenti la fanno i dispositivi di imaging differenziale, che sfruttano diversi colori del vi-

**S**opra, una delle prime luci di SPHERE che mostra l'anello di polveri presente attorno alla stella HR 4796A, nella costellazione del Centauro. La luce della stella risulta quasi totalmente annullata. A sinistra, Titano in luce visibile e (più a destra) in luce polarizzata, che evidenzia le foschie al bordo [ESO/J.-L. Beuzit et al./SPHERE Consortium]

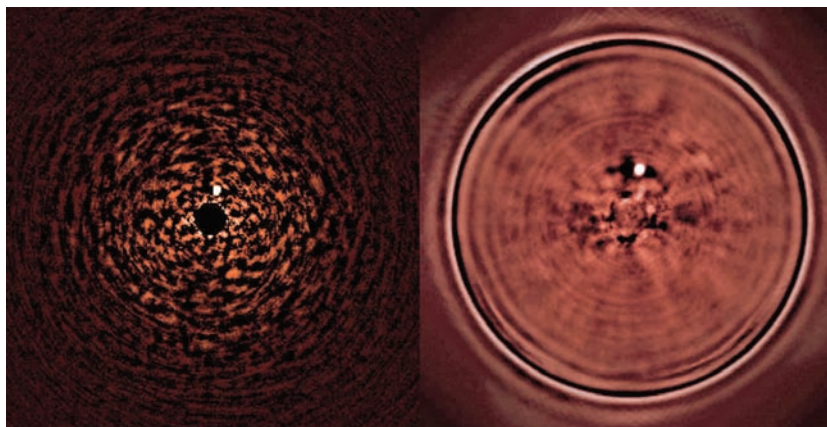




**R**iprese con tecniche diverse da parte di SPHERE della stella HR 7581 (costellazione del Sagittario), invisibile al centro delle immagini. Il punto bianco è una debolissima stella compagna (4000 volte meno brillante di HR 7581) separata di appena 0,24 arcosecondi. Sotto, ripresa infrarossa di Titano (il disco è di 0,8 arcosecondi). [ESO/J.-L. Beuzit et al./SPHERE Consortium]

sibile e dell'infrarosso vicino e i diversi livelli di polarizzazione che contraddistinguono la luce stellare e quella planetaria.

Per quanto un pianeta si limiti apparentemente a riflettere la luce della sua stella, in realtà il segnale riflesso contiene informazioni aggiuntive sull'atmosfera planetaria (e anche sull'atmosfera terrestre), e nel dominio infrarosso si aggiunge anche l'informazione connessa al calore interno, che limita il divario



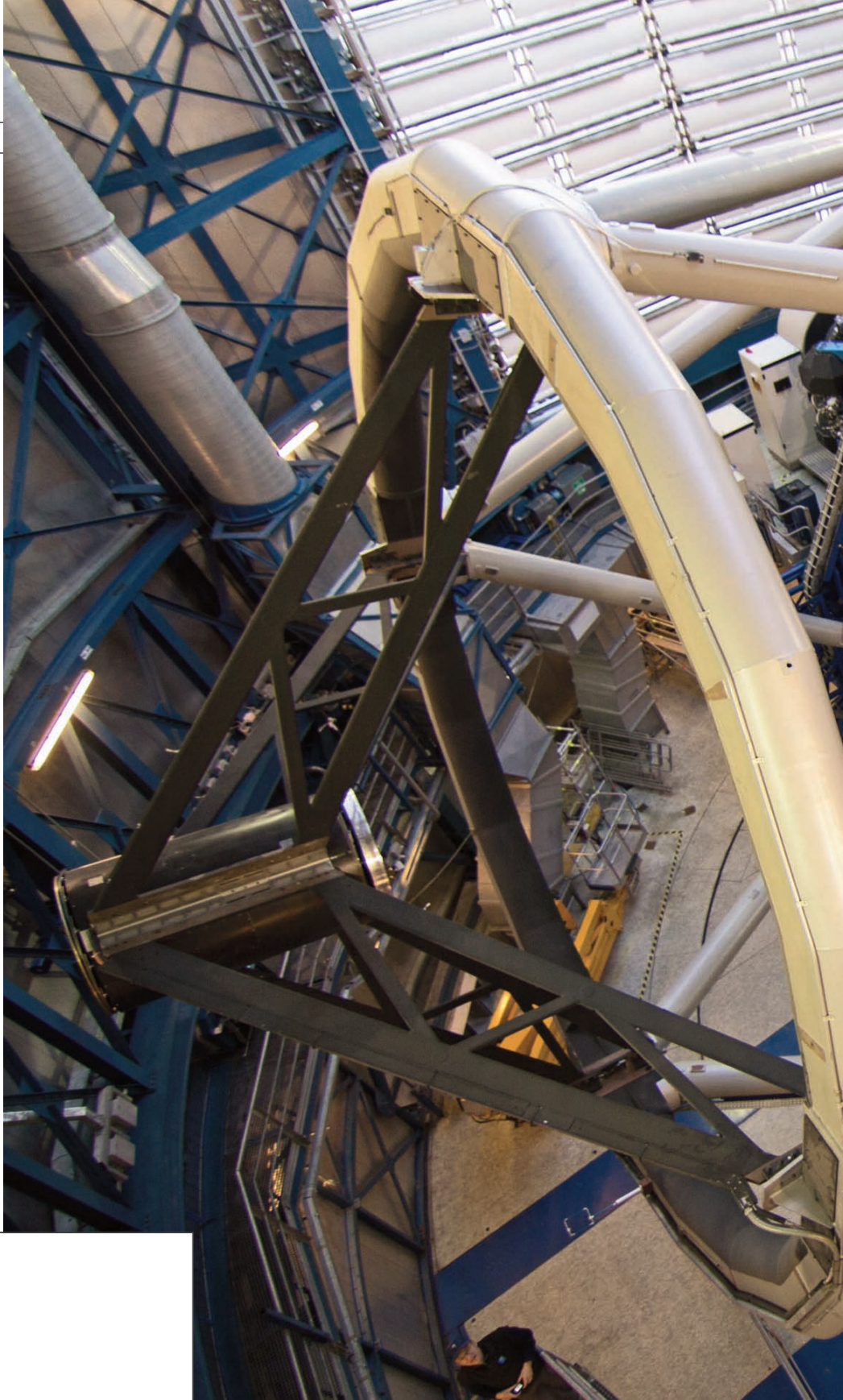
di luminosità rispetto alla stella. In aggiunta a queste già notevoli soluzioni, SPHERE si avvarrà anche di un piccolo trucco per evidenziare possibili artefatti (e possibili nuovi pianeti) nelle immagini acquisite. Capita in-



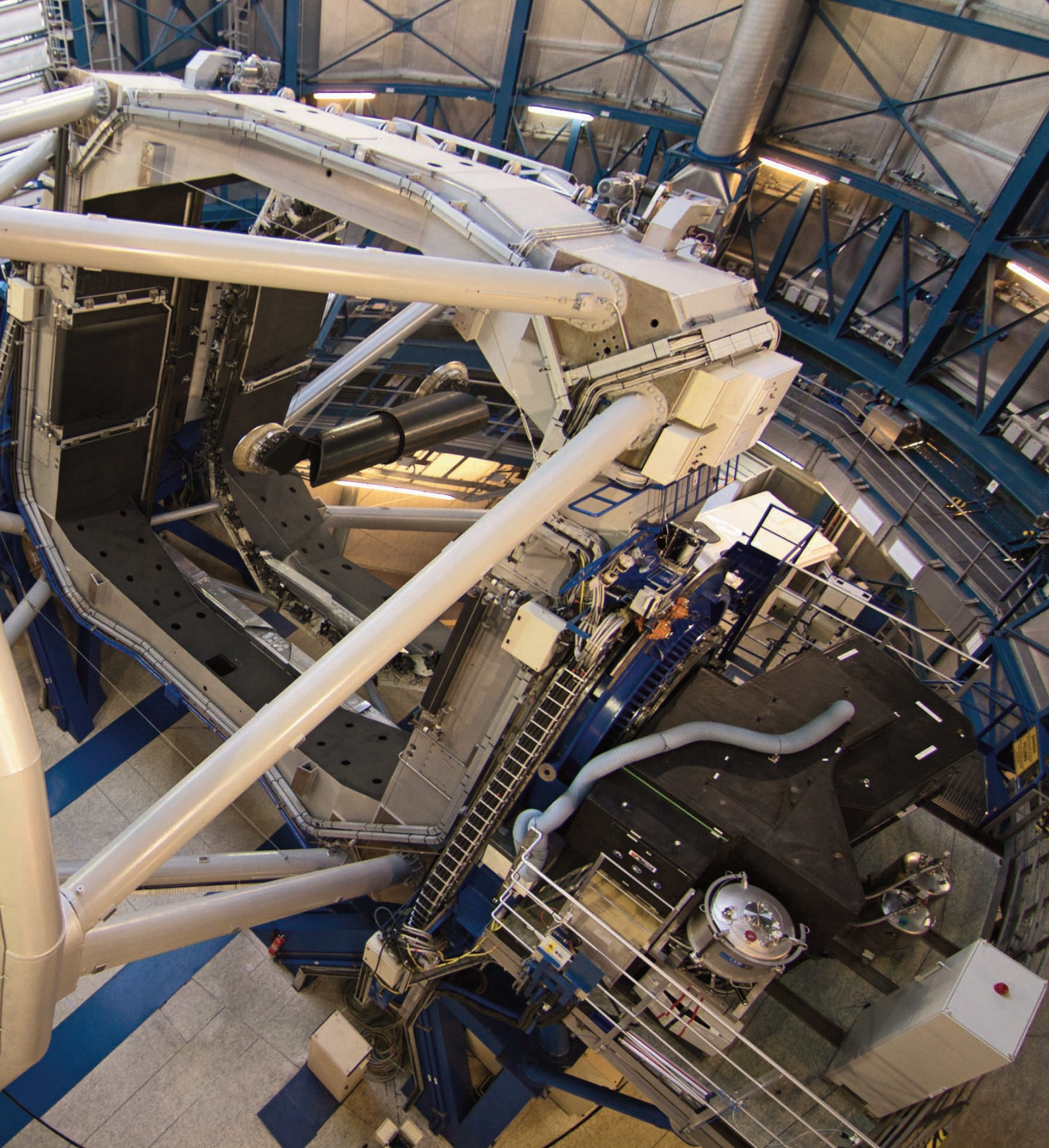
**U**n primo piano del gigantesco Melipal (8,2 metri di diametro), con SPHERE ormai pronto a raccogliere la sua prima luce. La sinergia fra le 4 unità gemelle del Very Large Telescope fa sì che esso sia lo strumento più potente al mondo nell'osservazione del cielo visibile all'occhio umano. [ESO/J. Girard] Sotto, una breve animazione che svela l'interno di SPHERE. [ESO/L. Calçada/Jean-Luc Beuzit/Eric Stadler/IPAG Grenoble]

fatti non di rado di vedere riprese di dischi stellari con pianeti in formazione, nelle quali non si capisce se determinate strutture che appaiono come grumi di luce sono reali bozzoli planetari o elementi spuri introdotti dai processi di imaging. SPHERE risolverà quei dubbi ruotando il dispositivo di ripresa sull'asse ottico fra una ripresa e la successiva (dello stesso soggetto), così da mettere più facilmente in evidenza gli artefatti, i quali ruoteranno con il dispositivo.

Dopo aver passato una serie di test in Europa nel dicembre dello scorso anno, SPHERE è partito alla volta del Cerro Paranal, in Cile, dove si trova il comprensorio astronomico del Very Large Telescope. Il riassetto dello strumento si è concluso in maggio e una volta collocato al fuoco Nasmyth di Melipal è iniziata la messa a punto finale, culminata con l'ottenimento della cosiddetta



detta "prima luce" di diversi target, utilizzando diverse modalità di SPHERE. Tra i soggetti sottoposti ai test di imaging, alcune deboli compagne di stelle relati-



vamente vicine (SPHERE dà il meglio di sé entro 300 anni luce dalla Terra), il più grande satellite di Saturno, Titano, e l'anello di polveri che circonda la stella HR 4796A. La qualità del materiale prodotto dal nuovo

strumento è risultata addirittura superiore alle aspettative e ora c'è grande attesa per il suo impiego scientifico vero e proprio, fase che inizierà probabilmente nei primi mesi del prossimo anno. ■

# Ci sono anche mega-Terre

**L**a stella Kepler-10, distante 564 anni luce, con i suoi due pianeti. Quello in primo piano è Kepler-10c, il primo esemplare di mega-Terra, un corpo roccioso e metallico caratterizzato da una densità insolitamente elevata. [David A. Aguilar (CfA)]

# he le

*Lo zoo dei pianeti extrasolari non smette mai di stupire. È stato scoperto un oggetto che non rientra in nessuna classe di pianeti già nota, perché pur essendo non molto più grande della Terra ha un peso oltre 17 volte superiore. Potrebbe essere il primo esemplare di una vasta popolazione di mega-Terre.*

**A**ll'ultimo meeting dell'American Astronomical Society, tenutosi questo giugno a Boston, sono state ufficializzate alcune importanti novità che riguardano i pianeti extrasolari, sia per quanto concerne alcuni aspetti teorici relativi alla loro formazione, sia per quanto riguarda il fronte delle scoperte. Uno degli argomenti più interessanti è stato presentato dal team di Lars Buchhave (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics e University of Copenhagen) e analizza il rapporto esistente fra le varie tipologie di pianeti e la metallicità delle stelle attorno alle quali orbitano. Già alla fine degli anni '90 sembrava piuttosto chiaro che i pianeti giganti collocati su orbite molto piccole (i cosiddetti hot jupiters) fossero tipicamente ospitati da

stelle con elevate abbondanze di metalli nella fotosfera. (Ricordiamo che la fotosfera è la "superficie" visibile di una stella e che la sua composizione chimica riflette abbastanza fedelmente quella dell'intero globo stellare.)

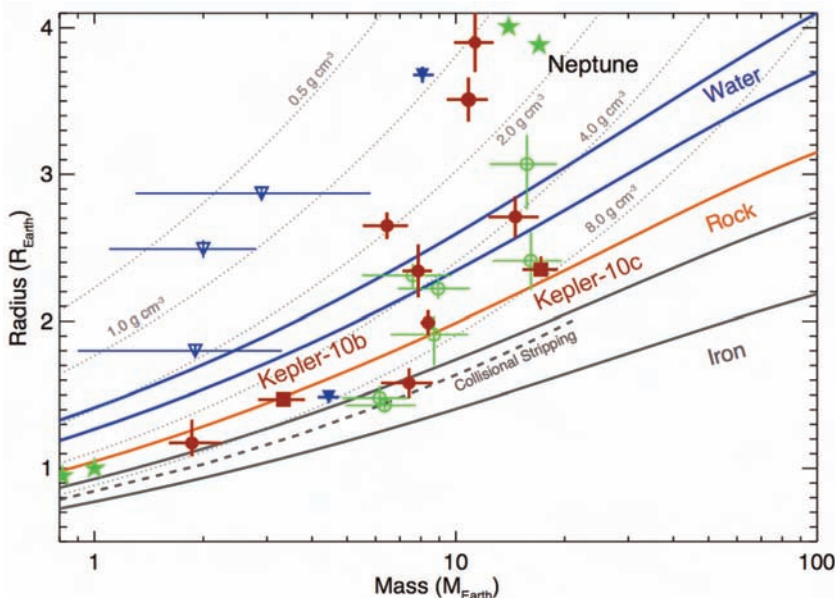
La statistica era però estremamente limitata da una serie di fattori, primo fra tutti la difficoltà di scoprire pianeti non giganti, soprattutto su orbite non troppo strette. I riscontri osservativi, almeno per quanto riguardava gli hot jupiters, erano comunque in linea con le aspettative teoriche. Se infatti i dischi protoplanetari dai quali prendono forma i pianeti sono caratterizzati da un elevato contenuto di metalli, i processi di accrescimento sono più rapidi e ciò favorisce le "tagliate forti", dal momento che i pianeti riescono a ingigantirsi prima che i venti e la radiazione della loro neonata stella abbiano modo di dissipare ciò che resta del disco.

Quello che ancora non si sapeva era se anche i pianeti di taglia inferiore, in particolare quelli di tipo terrestre, potessero in qualche modo riflettere i livelli di metallicità delle loro stelle. Sembrava di no, ma la modesta quantità di piccoli pianeti noti fino a pochi anni fa non aveva consentito di trarre conclusioni definitive. Per far luce sulla questione bisognava poter disporre di un campione statistico decisamente più



corposo di quelli considerati in precedenza e non appena il numero di pianeti scoperti ha raggiunto una soglia affidabile, Buchhave e colleghi hanno deciso di affrontare il problema iniziando dall'analisi spettrale di 405 stelle, orbitate da un totale di 600 pianeti di dimensioni relativamente piccole. Con grande sorpresa dei ricercatori è emerso che la distribuzione delle dimensioni di quei pianeti non è per nulla indifferente alla metallicità delle stelle. Se infatti quest'ultima è paragonabile a quella del Sole, le dimensioni dei pianeti sono tipicamente inferiori a 1,7 volte quella della Terra. Per metallicità di poco superiori a quella solare, le stelle ospitano preferibilmente pianeti da 1,7 a 3,9 volte più grandi

**L**ars Buchhave è un ricercatore molto attivo nel settore dei pianeti extrasolari e negli ultimi anni è stato co-autore di importanti scoperte. L'ultima è quella dell'elevata densità di Kepler-10c. [foto Carlsbergfondet]



della Terra, mentre i corpi di taglia ancora maggiore (ma non giganti) sono ricorrenti attorno a stelle con rilevante metallicità. La conclusione più immediata che si può trarre da questa suddivisione in gruppi è che i pianeti più simili alla Terra per dimensioni si formano preferibilmente attorno a stelle con metallicità paragonabile o leggermente inferiore a

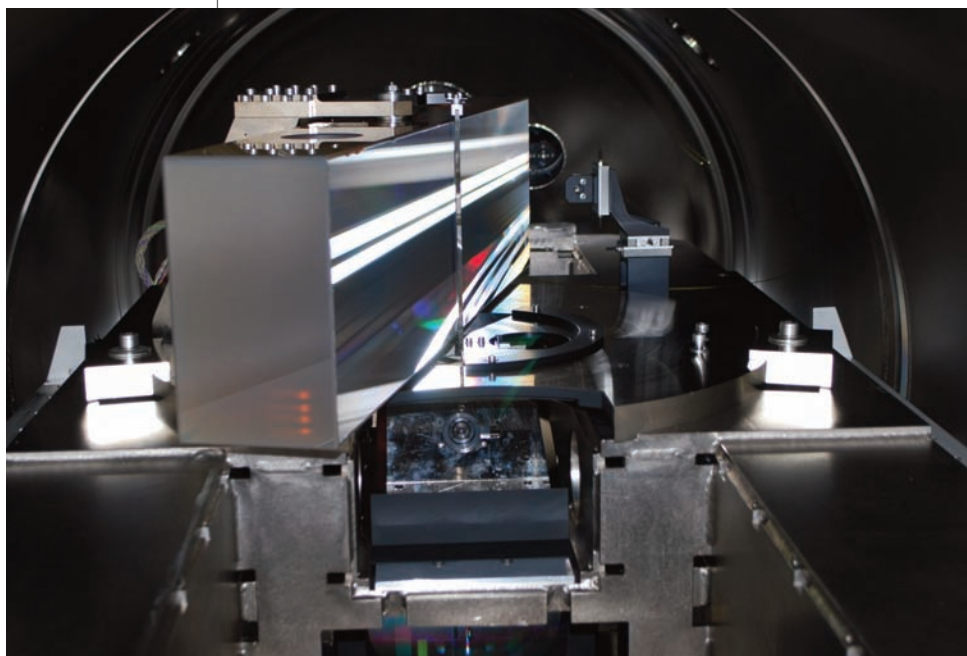
**D**igramma massa-raggio per pianeti con raggio inferiore a 4 raggi terrestri, la cui massa è stata determinata con sufficiente precisione tramite misure delle velocità radiali (cerchi e, per i due di Kepler-10, quadrati), o con misure di TTV (Transit Timing Variation, triangoli). Kepler-10c è il più denso fra le super-Terre. [L. Buchhave et al.]

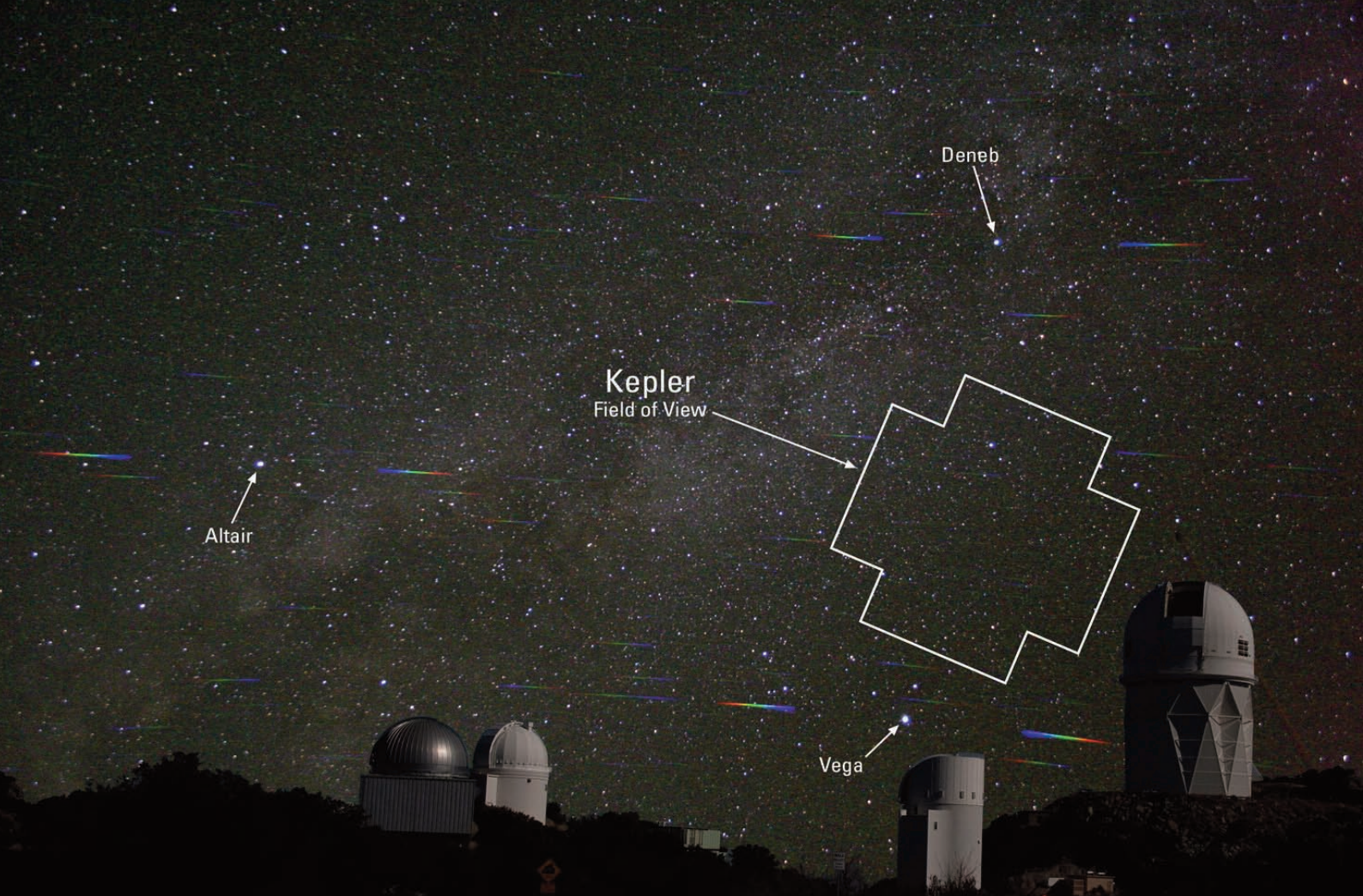
**L'**edificio che ospita il Telescopio Nazionale Galileo, con lo strumento ben visibile al suo interno. Grazie al potente spettrografo HARPS-N di cui è stato dotato un paio di anni fa, questo telescopio di 3,6 metri di diametro ha permesso di scoprire la prima mega-Terra. [TNG/G. Tessicini] Sotto, una visione interna dello spettrografo. [HARPS-N Consortium]



quella del Sole, un fatto non così scontato come potrebbe sembrare. La metallicità è però solo uno dei fattori che intervengono nella formazione planetaria, e per quanto il suo ruolo sia ora da considerare molto

più centrale che in passato, un altro fattore determinante per le dimensioni finali dei pianeti è la distanza dalle loro stelle, soprattutto in quei sistemi planetari caratterizzati da orbite piccole e quindi brevi periodi. Stando a una recente teoria che interpreta quegli scenari, la massa richiesta per il nucleo dal quale può accrescersi un gigante gassoso aumenta con il periodo orbitale. Poiché soprattutto a brevi distanze dalle stelle per un nucleo di quel genere non è semplice raccogliere e trattenere gas del disco protoplanetario, può accadere che i potenziali giganti gassosi non riescano ad andare oltre lo stadio di nucleo. Il risultato di quel "fallimento" dovrebbe essere un pianeta non molto più grande della Terra ma decisamente più pesante e pertanto più denso. Un buon candidato



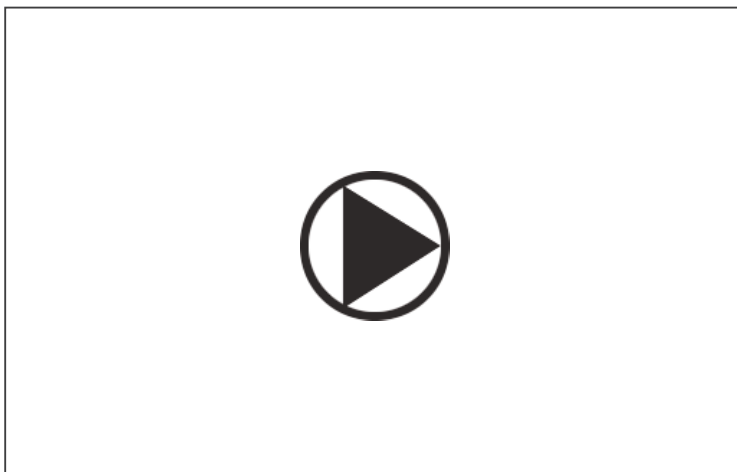


poteva essere Kepler-10b, un pianeta roccioso che in base a osservazioni del 2011 (Batalha et al.) risultava avere una massa pari a 4,56 volte quella terrestre, un diametro di 18 100 km e una densità di  $8,8 \text{ g/cm}^3$ , ma un nuovo studio, condotto dal team di Xavier Dumusque (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) e presentato anch'esso all'ultimo meeting dell'AAS, ha sensibilmente abbassato il valore della densità di Kepler-10b, portandola a circa  $5,8 \text{ g/cm}^3$ , che è molto simile a quella della Terra. Dumusque e colle-

ghi hanno però rivolto la loro attenzione anche verso il secondo e ultimo pianeta conosciuto del sistema di Kepler-10, il "c", ed è proprio da quello che è venuta la scoperta più clamorosa, ovvero l'esistenza di una nuova classe di pianeti, le mega-Terre.

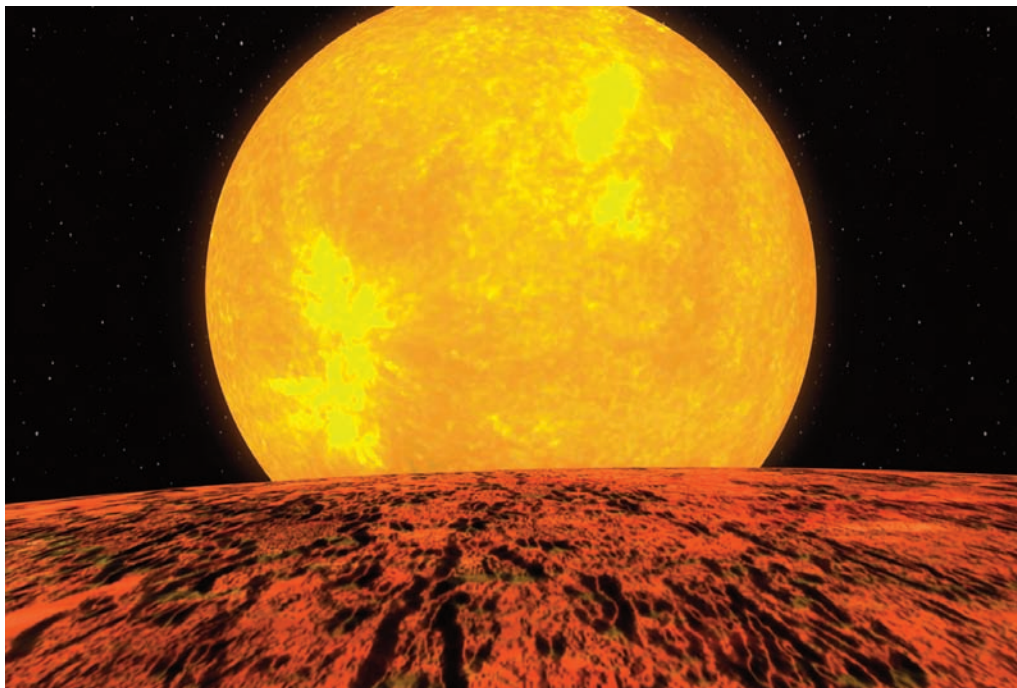
Finora si sapeva dell'esistenza di pianeti di tipo terrestre (con dimensioni da qualche volta più piccoli a qualche volta più grandi del nostro), dell'esistenza delle super-Terre (da 5 a 10 volte più massicce della Terra), dell'esistenza dei mini-Nettuno (per certi versi simili alle super-Terre ma dotati di una spessa atmosfera di idrogeno ed elio) e dell'esistenza dei pianeti giganti (da decine a centinaia di masse terrestri). Questi raggruppamenti sembravano sufficienti a contenere qualunque tipo di pianeta, ma non appena Dumusque e colleghi hanno tirato le somme di 148 misurazioni ad altissima risoluzione della velocità radiale di Ke-

**Il campo di vista del telescopio spaziale Kepler è solo un piccolo angolo di cielo, ma già lì sono stati scoperti oltre 3000 pianeti extrasolari. [NOAO/NASA] Sotto, un video riassuntivo della scoperta della prima mega-Terra, con i dati salienti. [NASA/CNN]**





**K**epler-10b, l'unico altro pianeta noto della stella Kepler-10 fu, nel gennaio 2011, il primo pianeta roccioso ad essere scoperto dal telescopio di cui porta il nome. Qui lo vediamo rappresentato con molta fantasia. [NASA]



pler-10 è risultato chiaro che gli spostamenti della stella attribuibili a Kepler-10c potevano essere giustificati solo ammettendo che quel pianeta avesse una massa equivalente a 17,2 Terre. Nulla di strano se non fosse che le misurazioni del diametro di Kepler-10c, basate sui numerosissimi transiti del pianeta sul disco stellare (il periodo di rivoluzione è di 45 giorni), forniscono un valore pari a 2,35 volte quello della Terra, ossia 30000 km. Da ciò si deduce una densità di  $7,1 \text{ g/cm}^3$ , la più alta finora accertata in un pianeta. E questa volta il margine di incertezza introdotto dalle tecniche osservative è estremamente ridotto, anche perché il team di Dumusque ha utilizzato lo spettrografo HARPS-N (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher for the Northern hemisphere) in dotazione al Telescopio Nazionale Galileo (La Palma, Canarie), forse il migliore spettrografo al mondo nel suo campo d'azione, essendo capace di evidenziare variazioni nelle velocità radiali di appena 1 metro al secondo. Livelli così spinti di precisione e di indagine possono essere facilmente vanificati dalle fenomenologie che interessano gli strati più superficiali delle stelle, come oscillazioni, pulsazioni, movimenti del plasma

nelle regioni attive etc. Nel caso di Kepler-10, però, quel rischio è praticamente inesistente, trattandosi di una stella molto vecchia: ha infatti 10,6 miliardi di anni, un'età alla quale le fenomenologie ordinarie sono assai poco accentuate. Non ci sono dunque dubbi sulla peculiarità di Kepler-10c, che non può che essere un pianeta con la massa di un miniNettuno, concentrata in un globo di taglia definibile terrestre (nell'accezione più ampia del termine). Verosimilmente ha una superficie rocciosa circondata da una sottile e densa atmosfera che potrebbe contenere acqua, elemento la cui presenza non viene esclusa dai ricercatori. Queste caratteristiche confermano che la quantità di metalli nel giovane universo (circa 3 miliardi di anni dopo il Big Bang) doveva essere più rilevante di quanto generalmente sostenuto, ed è di conseguenza possibile che già in quelle lontane epoche possano essere apparse da qualche parte le prime forme di vita. Per adesso Kepler-10c è l'unico pianeta conosciuto che abbia quelle caratteristiche, ma tanto è bastato per creare la nuova classe delle mega-Terre. Ci sono tutti i presupposti per credere che non rimarrà solo a lungo. ■

# Illustris, la dell'universo

*E*cco un esempio di come Illustris rappresenta la struttura dell'universo su larga scala. In questa immagine sono state sovrapposte strutture generate dalla materia oscura e da gas intergalattici. La corrispondenza con quanto si osserva nell'universo reale è molto elevata. [Illustris Project]

# simulazione

# O

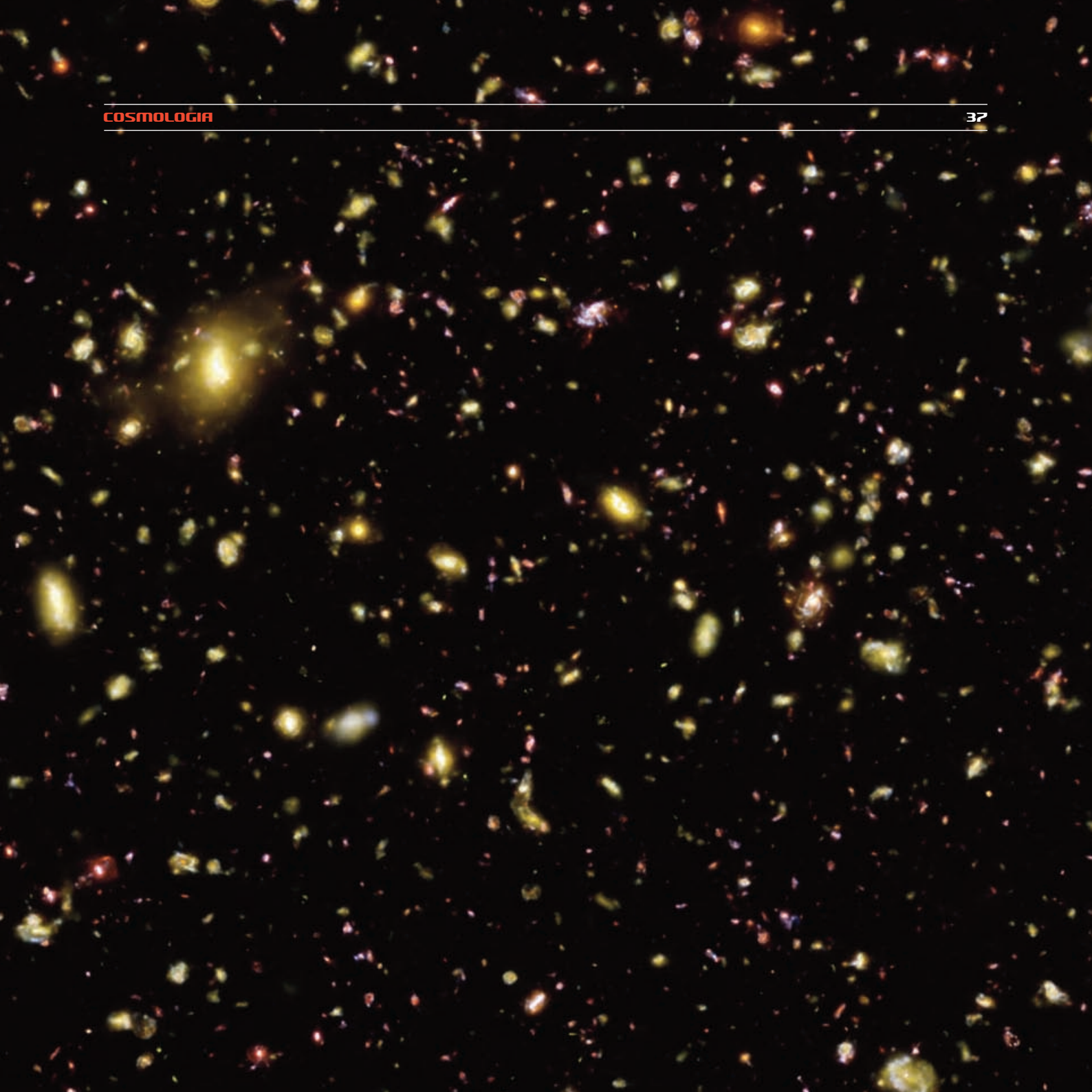
*La visione che abbiamo delle grandi strutture cosmiche corrisponde a un fermo immagine che lascia solo ipotizzare attraverso quali trasformazioni si è giunti a determinate situazioni. Una nuova simulazione dell'universo dà ora la possibilità di indagare virtualmente ogni istante della sua esistenza, con una straordinaria risoluzione spaziale.*

**L**a nostra conoscenza dell'universo è basata prevalentemente sulle immagini che di esso ci forniscono i telescopi e sui modelli matematici che ne interpretano la formazione e l'evoluzione, includendo anche le due preponderanti componenti invisibili ai telescopi, ossia materia oscura ed energia oscura. Sebbene di queste ultime non si conosca la natura, quanto meno sappiamo che la materia oscura interagisce gravitazionalmente con la materia ordinaria (detta anche barionica) e per tale motivo è stata spesso presa in considerazione all'interno di simulazioni al computer, avviate con l'intento di riprodurre le strutture osservabili e di verificare ciò che la teoria prevede.

Grazie a quelle simulazioni è stato possibile riprodurre fedelmente la "rete cosmica" composta di filamenti di ammassi di galassie che caratterizza il nostro universo su grande scala. Su scala molto più ridotta è stato invece possibile riprodurre l'evoluzione morfologica delle galassie. Le due finalità non sono però mai state supportate da un'unica simulazione a causa della spaventosa potenza di calcolo necessaria a riprodurre strutture ampie fino a

miliardi di anni luce, dotate di una risoluzione spaziale sufficiente a evidenziare le singole galassie. Ne consegue che la simulazione di uno spazio limitato, come può essere quello occupato da un ammasso di galassie, non necessariamente fornisce risultati applicabili all'intero universo, mentre una simulazione su scala cosmica a bassa risoluzione non dice nulla sulle strutture basilari, ovvero galassie e ammassi di galassie. A queste limitazioni se

**L'**efficacia di *Illustris* nel simulare la realtà è impressionante, come dimostra l'immagine di queste due pagine. La metà di sinistra è stata tratta dall'*Hubble eXtreme Deep Field*, men-



*tre la metà di destra è stata generata con Illustris. Tra le due parti non sembra esserci soluzione di continuità, al di là di una piccola differenza di messa a fuoco. [Illustris Project]*

ne aggiunge un'altra non meno pesante, che ha sistematicamente caratterizzato le simulazioni cosmiche del passato, ed è quella dell'adozione della forza gravitazionale come unico motore (se non unico di gran lunga prioritario) dell'evoluzione dell'universo virtuale, spesso applicata alla sola materia oscura, che costituisce l'84,5% della materia. Questa semplificazione, se da una parte consente di rappresentare adeguatamente la

“rete cosmica” dall'altra esclude una serie di fattori che sono determinanti per una fedele riproduzione multi-scala dell'universo. Non si può ad esempio prescindere dall'evoluzione chimica di quest'ultimo, che per quanto ne sappiamo interessa esclusivamente la materia ordinaria, in particolare quella visibile nei telescopi, che è in ultima analisi proprio quella che forma le strutture che si vorrebbero riprodurre e investigare con le simulazioni.



**A sinistra, l'universo secondo Illustris. A destra, una proiezione a grande scala dell'universo contemporaneo, centrata sull'ammasso di galassie più massiccio, che mostra la transizione fra materia oscura (parte blu/stra) e gas (altri colori). [Illustris Project]**

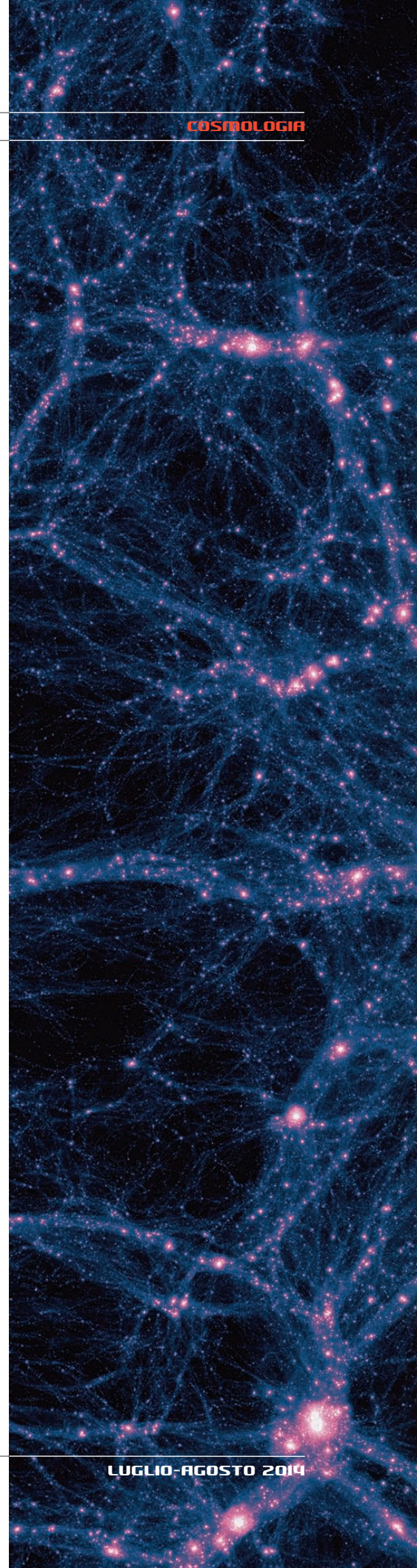
Tutte le simulazioni finora avviate sono state condizionate da quel tipo di limitazioni e hanno avuto in comune l'incapacità di riprodurre la corretta miscela di galassie ellittiche e spirali che osserviamo in ogni epoca dell'universo e in particolare in quella a noi contemporanea ( $z=0$ ). Per poter ricostruire con precisione la storia evolutiva delle singole galassie (e quindi degli ammassi e dell'intero universo) è indispensabile complicare le simulazioni con l'introduzione di diverse altre proprietà in aggiunta alla forza gravitazionale.

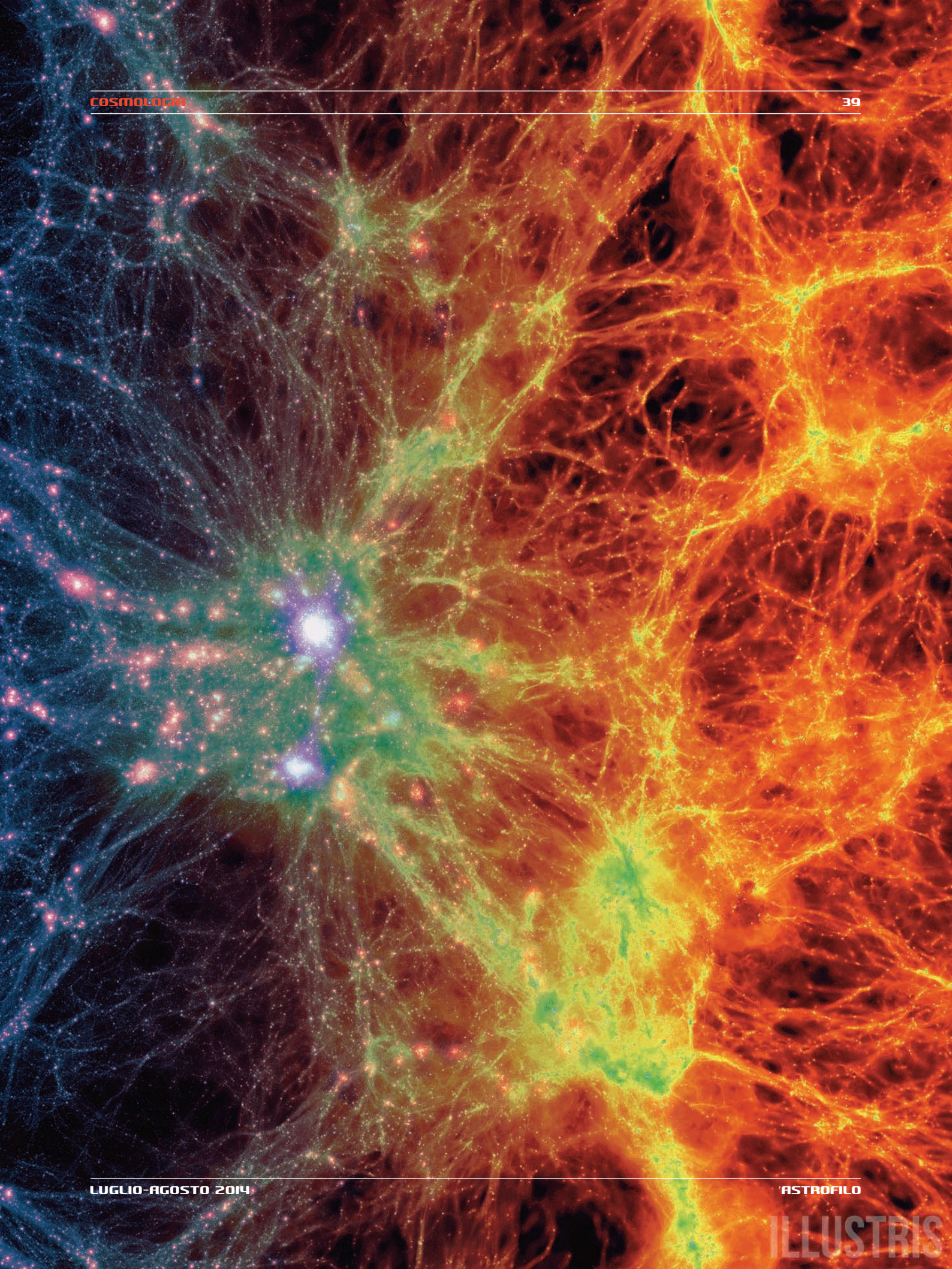
Ciò significa accoppiare più modelli evolutivi di strutture di taglia galattica e subgalattica in un'unica elaborazione numerica. In questo modo sarà ad esempio possibile tenere nella giusta considerazione l'influenza che hanno sull'evoluzione delle galassie i buchi neri supermassicci posti al loro centro e le radiazioni da essi emessi, le esplosioni delle supernovae, i superventi prodotti dalle regioni di formazione stellare e la conseguente distribuzione del gas libero, i campi magnetici di diverse dimensioni e intensità associati alle diverse strutture. Insomma, non è sufficiente far interagire gravitazionalmente un numero anche grandissimo di particelle virtuali (immaginiamole come pixel 3D), bisogna anche assegnare a quelle particelle le proprietà tipiche delle loro controparti reali.

Da queste premesse si può già intuire che disponendo di supercomputer di enorme potenza, di un elevatissimo

numero di particelle virtuali e di modelli teorici più che affidabili, potrebbe essere possibile simulare l'evoluzione di una parte di universo rappresentativa dell'intero universo, sia su piccola che su grande scala.

Ma perché avviare una simulazione di quel genere, con tutte le difficoltà che comporta, se nel migliore dei casi può confermare l'esistenza e le proprietà fisiche e chimiche di strutture già conosciute? La risposta è semplice. Di quelle strutture, galassie e ammassi di galassie in particolare, abbiamo solo delle istantanee che ritraggono un attimo quasi insignificante della loro esistenza. Per avere un'idea precisa di come si sono formate e di come evolvono nei miliardi di anni, possiamo tutt'al più ordinare delle sequenze di soggetti omologhi che presumibilmente rappresentano stadi evolutivi differenti di strutture simili fra loro ma poste in epoche diverse. È come tentare di capire la trama di un film avendo a disposizione solo una manciata di fotogrammi estratti a caso dalla bobina. Possiamo solo ipotizzare che cosa può essere accaduto tra un fotogramma e l'altro, ma non possiamo dimostrarlo. Una simulazione ad hoc può però ricostruire le parti mancanti, deducendo l'intera trama da cliché e consuetudini cinematografiche, dallo stile del-





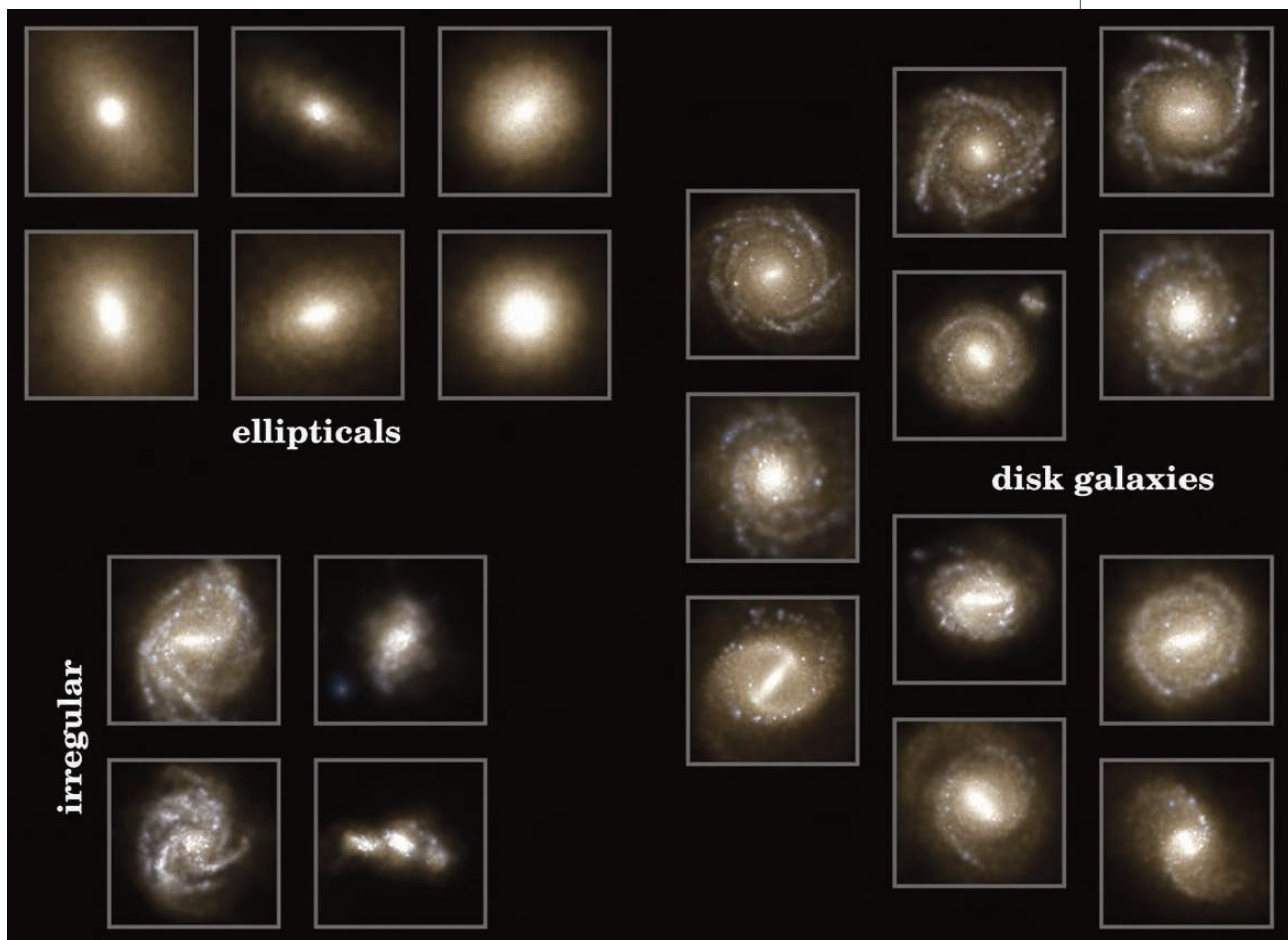
l'autore e da altri fattori che potremmo nel loro insieme definire "modello".

Fortunatamente la Natura è molto meno volubile e capricciosa degli esseri umani e le sue regole di base sono ben definite (seppur non definitive), cosicché ricostruire il "film" dell'universo è solo una questione di potenza di calcolo e di accurata impostazione della procedura da seguire. Quest'ultima è senza dubbio la fase più lunga e complessa. Ne sanno qualcosa una decina di astrofisici, fra i quali Mark Vogelsberger (Massachusetts Institute of Technology) e Shy Genel (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics), che hanno dedicato ben 5 anni del loro lavoro allo sviluppo della procedura destinata a realizzare quella che è ad oggi la più completa e dettagliata simulazione dell'universo, Illustris.

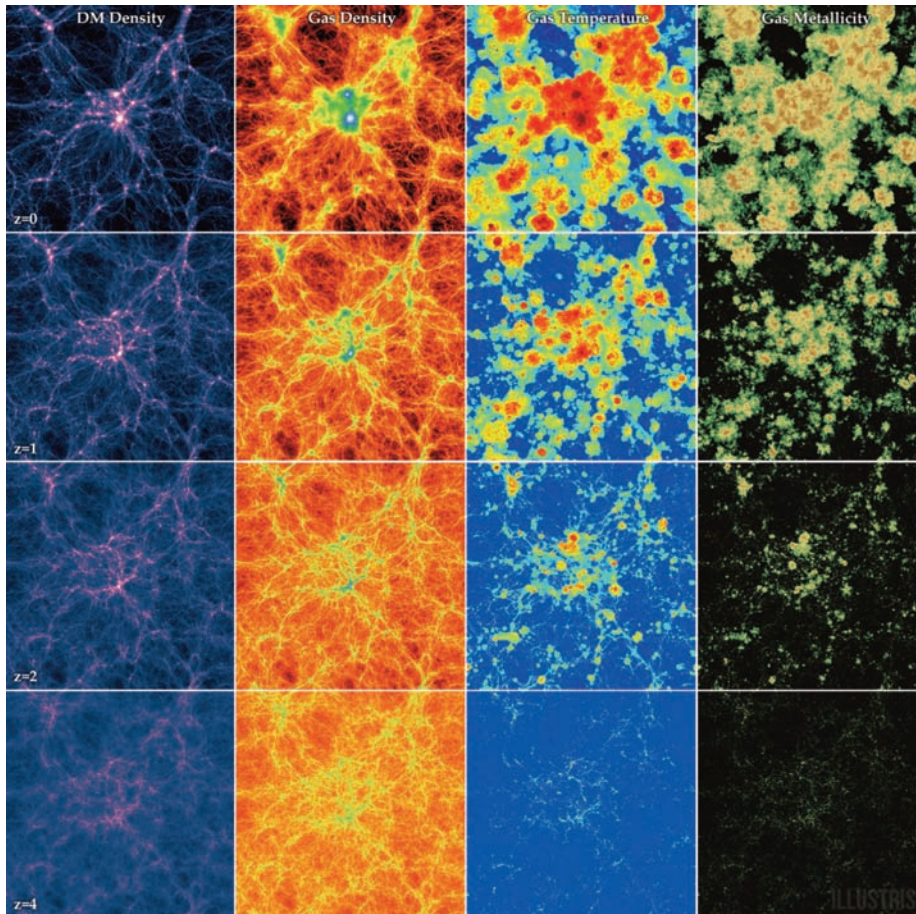
Per la precisione, Illustris rappresenta l'evoluzione di 12 miliardi di particelle virtuali in un volume di 106,5 Mpc<sup>3</sup> (un cubo con lati lunghi quasi 350 milioni di anni luce) e non è dunque in assoluto quella che ha fatto muovere il maggior numero di elementi (si pensi ad esempio alle simulazioni Millennium, basate solo sulla gravità), ma pur riproducendo una piccolissima parte del tutto, Illustris è riuscita a ricreare con un dettaglio e una resa grafica senza precedenti strutture che sono rappresentative dell'intero universo conosciuto.

Il volume occupato da Illustris è da considerare il massimo gestibile dall'attuale tecnologia, compatibilmente con la necessità di ottenere una risoluzione così spinta da mostrare l'influenza che hanno oggetti e fenomeni interni alle singole galassie sulle

**L**a fedeltà con cui Illustris riproduce i tratti morfologici delle galassie lascia stupefatti e per rendersene conto è sufficiente guardare lo schema in basso, che riproduce la sequenza di Hubble nella versione virtuale. Al di là delle forme di queste galassie, ciò che colpisce di più è il realismo nella distribuzione della luce stellare. [Illustris Project]







***E***voluzione a ritroso nel tempo (da  $z=0$  a  $z=4$ ) di una parte di universo, riprodotta da Illustris sulla base della densità della materia oscura e di alcune proprietà del gas intergalattico. Si nota chiaramente come le strutture del giovane universo virtuale appaiano meno organizzate, più fredde e meno metalliche. [Illustris Project]

galassie stesse che li ospitano. Illustris ripercorre l'intera evoluzione dell'universo, da 12 milioni di anni dopo il Big Bang fino ai giorni nostri. La simulazione inizia quindi in un periodo in cui non esistevano ancora evidenti strutture organizzate su grande scala e termina in un'epoca che possiamo riscontrare facilmente, vivendola. Per coprire un lasso di tempo tanto lungo (oltre 13 miliardi di anni), con la straordinaria risoluzione massima di appena 156 anni luce, meno della distanza che separa il Sole da Spica, sono stati impiegati supercomputer di Stati Uniti, Germania e Francia, i quali, pur utilizzando in parallelo 8192 potenti CPU, hanno dovuto lavorare ininterrottamente per 3 mesi prima di fornire il risultato atteso. Un'elaborazione di quel tipo avviata su un qualunque personal computer avrebbe impiegato migliaia di anni per

giungere a conclusione. I 12 miliardi di elementi virtuali iniziali si sono via via trasformati in 41416 galassie, che incorporano molto fedelmente le proprietà morfologiche, fisiche e chimiche di tutte le tipologie di galassie osservabili, con l'unica incongruenza rappresentata dalla tempistica di formazione delle prime galassie di piccola massa, che appaiono troppo presto rispetto a quanto suggerito dalle osservazioni telescopiche.

Scendendo brevemente nel dettaglio, l'universo reale e l'universo generato da Illustris, a parità di volume considerato, hanno tra l'altro in comune le seguenti caratteristiche: il rapporto attuale fra quantità di stelle rispetto alla materia oscura per galassie di qualunque tipo; il tasso di formazione stellare in funzione del tempo; le funzioni di massa stellare e luminosità delle galassie; la quantità di gas intergalattico; l'abbondanza di idrogeno, elio e metalli nelle galassie; il numero di galassie satel-

liti negli ammassi, in funzione della distanza dal baricentro degli ammassi stessi. Ultima ma non ultima, la pressoché perfetta proporzione fra il numero delle galassie ellittiche e quello delle galassie spirali, nota dolente di tutte le precedenti simulazioni. Le dimensioni e, soprattutto, la risoluzione dell'universo creato da Illustris sono tali che lo stesso team di ricercatori che ci ha lavorato è riuscito a esplorarne solo una piccola parte e molti aspetti di quel mondo virtuale rimangono tuttora da scoprire.

Pensando agli innumerevoli progressi che inevitabilmente caratterizzeranno nel futuro i vari aspetti delle simulazioni come Illustris, viene da chiedersi se arriverà un giorno in cui gli astrofisici troveranno più utile e veloce studiare una versione virtuale completa dell'universo piuttosto che l'universo reale. ■

# K2: Kepler in attività

*Il telescopio spaziale Kepler sembrava ormai inutilizzabile, invece un anno dopo i noti problemi ai giroscopi è stato reimpiegato, grazie a una soluzione ingegnosa, in una serie di campagne osservative che ne riscrivono quasi completamente la missione.*



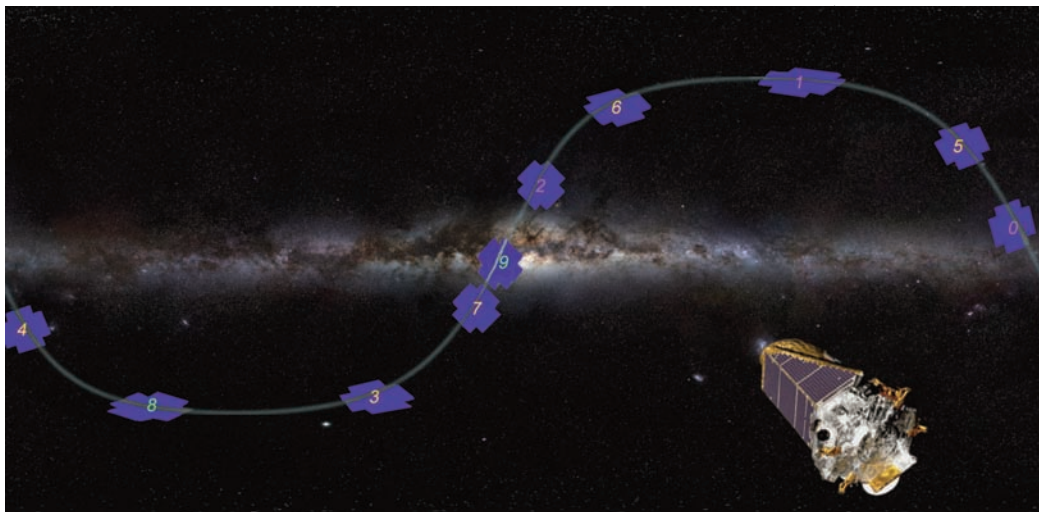
# torna



**R**endering del telescopio spaziale Kepler. [NASA]

Come forse qualcuno ricorderà, nel maggio del 2013 le sorti del telescopio spaziale Kepler, celeberrimo cacciatore di pianeti extrasolari, sembravano segnate. Già con un giroscopio in avaria da qualche tempo, quel mese anche un secondo giroscopio si guastò e i due soli rimasti non erano sufficienti a mantenere in posizione lo strumento nei tre assi. Di fatto, dopo aver misurato periodicamente per oltre 3 anni e mezzo la luminosità di oltre 156000 stelle, Kepler era fuori uso, non potendo restare puntato con precisione e per lungo tempo sui target prestabiliti.

Ma poiché, giroscopi a parte, tutto il resto della strumentazione era perfettamente funzionante, gli ingegneri dell'Ames Research Center della NASA hanno iniziato a cercare una soluzione, almeno parziale, al problema dell'orientamento, così da poter impiegare Kepler in osservazioni di ripiego che non richiedessero un puntamento



fisso e costante nel tempo. In qualche modo bisognava trovare un sistema che permettesse al telescopio di mantenersi allineato passivamente su un asse, mentre i giroscopi rimanenti e i propulsori del veicolo spaziale avrebbero provveduto ad allinearli sugli altri due assi.

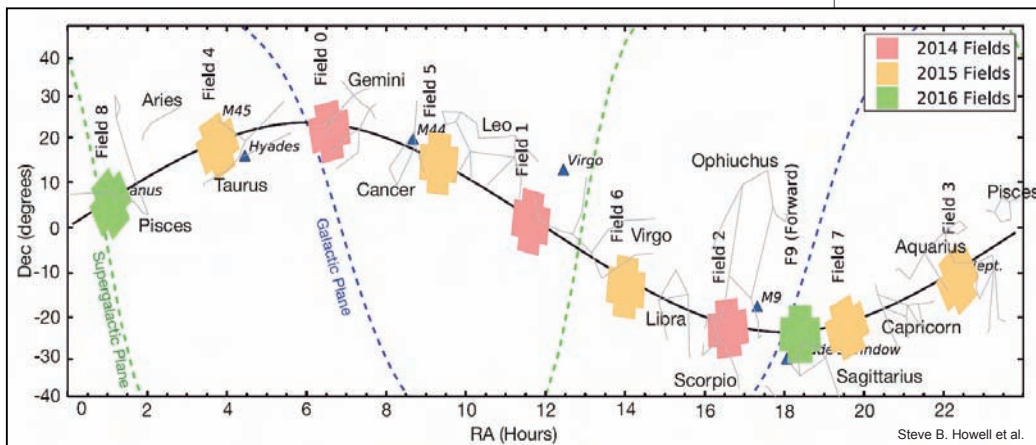
L'orbita quasi terrestre di Kepler (con periodo di 372 giorni) ha favorito una soluzione tanto semplice quanto ingegnosa, suggerita per la prima volta già nell'agosto dello scorso anno: si poteva sfruttare la pressione della radiazione solare per tener allineato lo strumento lungo la direzione della sua propagazione. Rivolgendo l'obiettivo del telescopio in direzioni preferibilmente (ma non obbligatoriamente) opposte a quella del Sole e offrendo alla pressione della radiazione di quest'ultimo la minor superficie possibile su cui agire (compatibilmente con la necessità di raccogliere energia attraverso i pannelli solari), sarebbe stato possibile gestire lo strumento anche sull'asse non controllato da giroscopi. Non è ovviamente come avere tre

giroscopi funzionanti, può però essere una soluzione sufficiente per condurre ricerche pensate ad hoc per uno strumento con quel tipo di handicap.

Il team di Kepler ha pertanto deciso di chiedere alla comunità astronomica di proporre programmi di ricerca in grado di sfruttare la nuova situazione del telescopio, che lo vede ora rivolto verso target prossimi all'eclittica. (L'eclittica è la proiezione in cielo del piano orbitale terrestre, che è pressoché coincidente con la proiezione del piano orbitale del telescopio.)

Fra il settembre 2013 e il febbraio 2014, gli ingegneri dell'Ames Research Center hanno condotto una serie di test per verificare la fattibilità di questa inattesa estensione della missione Kepler, denominata K2, per distin-

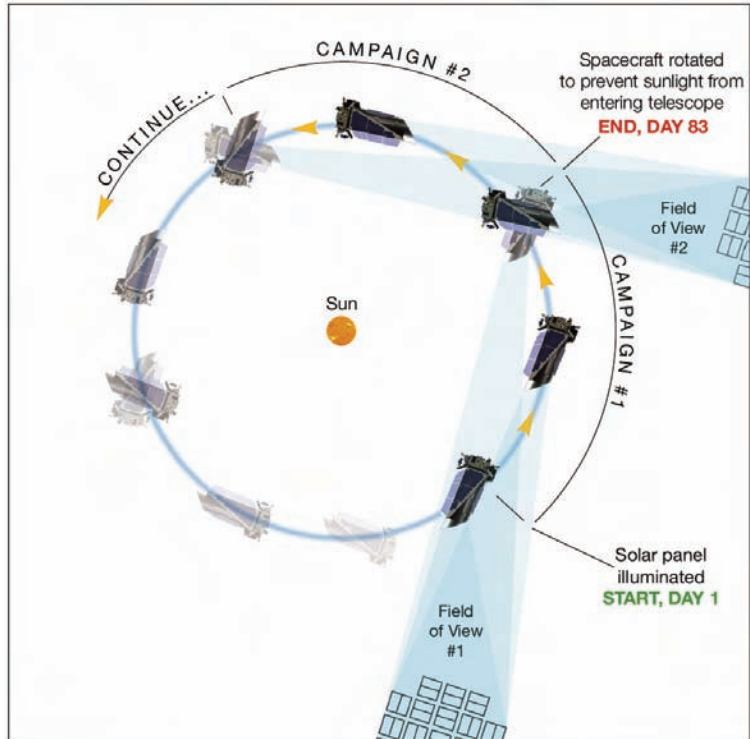
**In questa pagina, due diverse rappresentazioni delle 9 regioni di cielo in cui sarà condotta la missione K2 di Kepler. Sopra le vediamo collocate sull'eclittica e rispetto al piano della Via Lattea; sotto vengono invece riportati alcuni elementi identificativi relativi a quelle regioni. [ESO/S. Brunier/NASA Kepler Mission]**



**Q**ui vediamo come Kepler sarà orientato lungo la sua orbita e come inquadrerà i campi da studiare. È necessario trovare il miglior compromesso fra assecondare la pressione della radiazione del Sole, orientare i pannelli solari nella maniera più opportuna e limitare a meno di 3 mesi il puntamento su ogni campo, al fine di evitare che la luce del Sole entri nel telescopio. [Steve B. Howell et al.]

guerla dalla missione originaria, Kepler Prime. L'8 marzo è iniziata una vera e propria campagna osservativa di prova, una sorta di test generale, la Campaign 0, che è durata una cinquantina di giorni. Il 16 maggio la missione K2 era praticamente pronta ad avviare le prime campagne osservative ufficiali selezionate dal Senior Review Panel della NASA, una giuria di esperti che ha il compito di valutare l'importanza scientifica dei programmi di ricerca in base al ritorno che possono avere e di proporre i relativi finanziamenti. Campaign 1 è iniziata il 30 maggio

e terminerà l'1 agosto ed è rivolta all'osservazione di una regione di cielo prossima al polo nord galattico. Le campagne successive (finora ne sono state programmate 5 su 8-9 previste in totale nei 2 anni finanziati dalla NASA con 4 milioni di dollari) avranno fra i loro target anche famosi ammassi stellari, come Iadi, Pleiadi, Presepe e M67. Una particolare attenzione sarà rivolta alle numerose nane rosse sparse in prossimità dell'eclittica e a loro eventuali pianeti di corto periodo in transito sul disco stellare, per i quali i 75-80



giorni medi di durata delle campagne osservative possano essere sufficienti a verificarne l'esistenza. Già programmate anche osservazioni di popolosi campi stellari in piena Via Lattea e a latitudini più elevate nei due emisferi. Al di fuori del nostro sistema stellare, Kepler osserverà galassie, nuclei galattici attivi e supernovae, e resta ancora spazio per nuove proposte, tuttora al vaglio degli esperti.

Chiaramente i programmi che richiederanno un minimo scostamento dall'eclittica sono preferibili, perché oltre a consentire

**L**e campagne di osservazione previste nell'ambito della missione K2, nel biennio in cui Kepler sarà mantenuto operativo (alcune sono ancora da definire nei dettagli). Non è ancora certo se l'operatività proseguirà oltre.

**K2 Campaign Fields: 2014-2016**

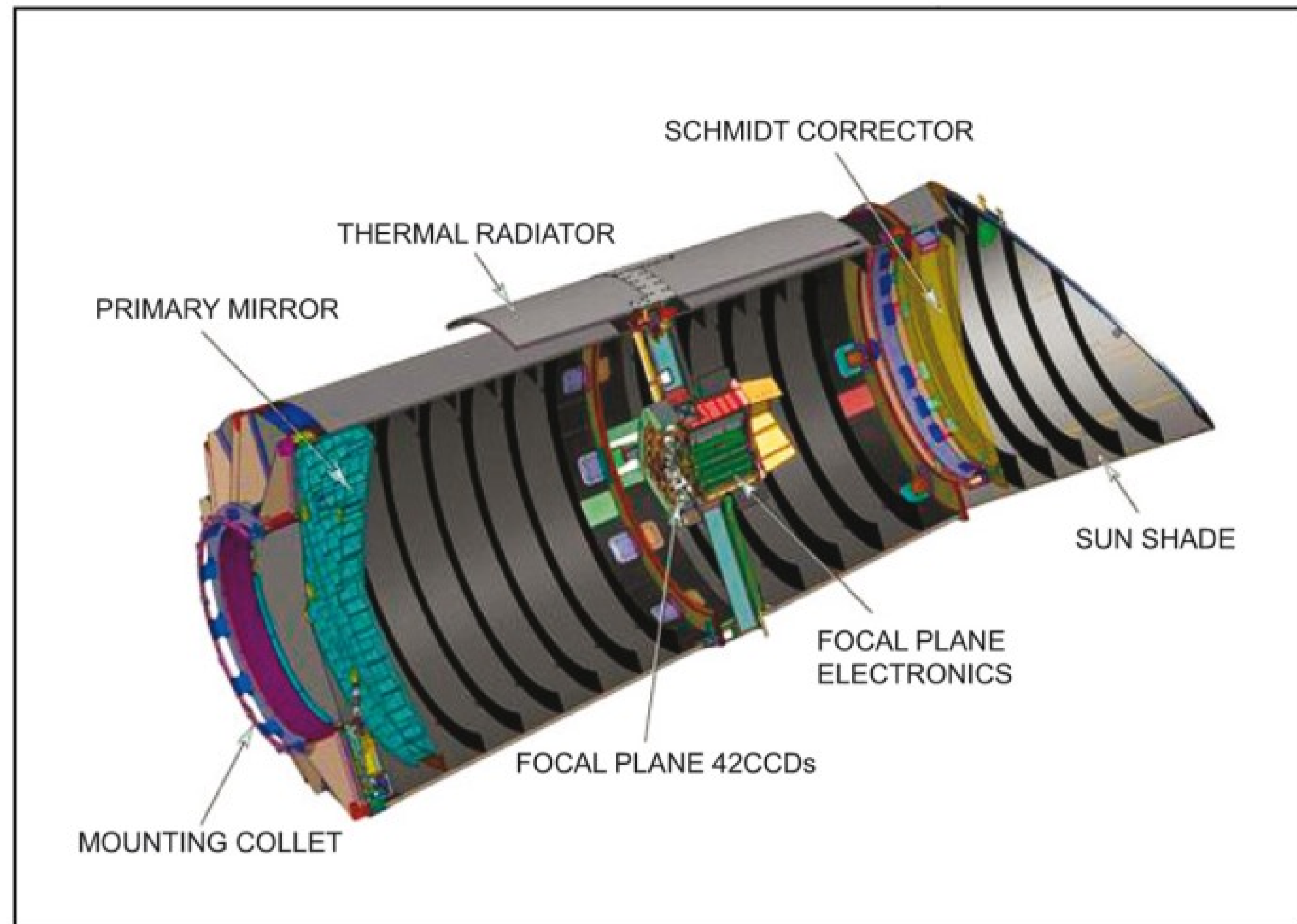
Field	Start	Stop	RA (J2000)	Dec (J2000)	Comments
0	2014 Mar 08	2014 May 30	06 33 11.14	+21 35 16.4	Near Galactic Anti-center, M35, NGC 2158
1	2014 May 30	2014 Aug 21	11 35 45.51	+01 25 02.3	North Galactic Cap
2	2014 Aug 17	2014 Nov 13	16 24 30.34	-22 26 50.3	Near Galactic Center, M4, M80, M19, Upr Sco, rho Oph
3	2014 Nov 13	2015 Feb 04	22 26 39.68	-11 05 48.0	South Galactic Cap, Neptune
4	2015 Feb 07	2015 Apr 24	03 56 18.22	+18 39 38.1	Pleiades, Hyades
5	2015 Apr 26	2015 Jul 11	08 40 37.84	+16 49 46.6	Beehive Cluster, M67
*6	2015 Jul 10	2015 Oct 11	14 01 11.20	-13 16 02.0	North Galactic Cap
*7	2015 Oct 12	2016 Jan 15	19 34 16.22	-22 38 23.4	Near Galactic Center, NGC 6717
*8	2016 Jan 16	2016 Mar 24	01 04 43.18	+05 11 52.2	South Galactic Cap
*9 (Forward)	2016 Mar 25	2016 Jun 17	18 23 35.72	-24 12 12.8	Galactic Center, Baades Window, M21, M18, M25, M8

\* Suggested locations only (rows 6, 7, 8, 9) - input from community requested

un puntamento meno difficoltoso, favoriscono un risparmio di propellente e allungano il periodo di operatività dello strumento. I tecnici della NASA sono certi che le campagne avviate nella missione K2 daranno risultati interessanti, perché Kepler resta pur sempre un telescopio con specchio primario di 1,4 metri di diametro, dotato di dispositivi fotometrici di altissima qualità e di un sensore da 95 megapixel con un campo coperto di ben 100 gradi quadrati.

A differenza di Kepler Prime, che era gestita da un solo team scientifico specializzato nei transiti di pianeti extrasolari sui dischi stellari, K2 si avvarrà invece della collaborazione di vari specialisti di diversi settori, che si avvicenderanno al controllo dello strumento.

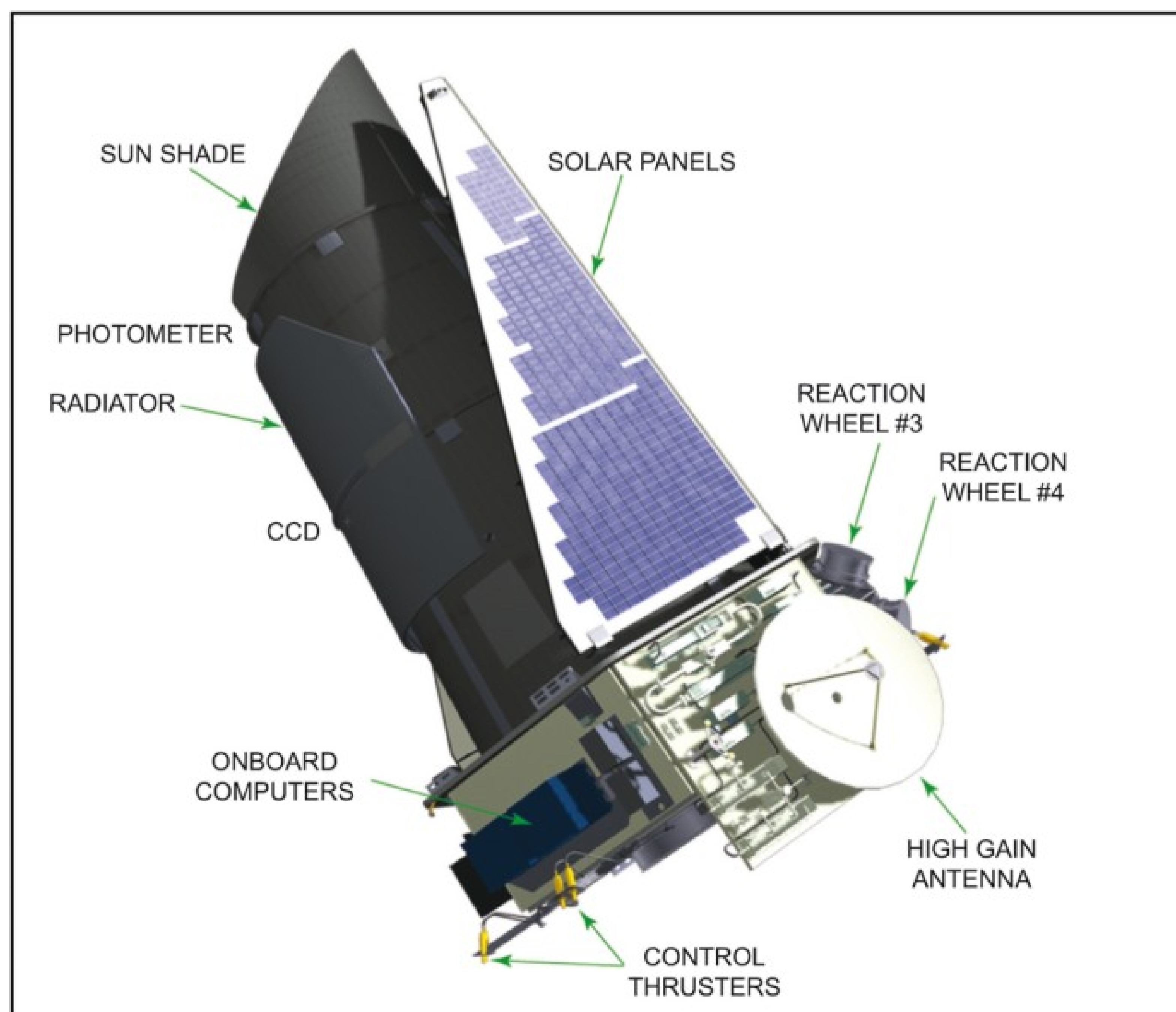
Anche se l'ottimismo sembra dominare fra gli addetti ai lavori, K2 non è comunque la soluzione a tutti i problemi. Il fatto che Kepler debba operare stando prevalentemente sdraiato sul suo piano orbitale ha sì il vantaggio di portarlo a inquadrare spontaneamente un cielo sempre diverso man mano che si sposta lungo la sua orbita, ma quella strategia comporta che di tanto in tanto entrino nel campo inquadrato pia-



neti e altri oggetti brillanti, con conseguente degrado delle immagini acquisite, che saranno interessate da bagliori e riflessi. Problemi simili possono sorgere inquadrando regioni particolarmente dense di stelle e nubi di gas. Si stima che il rumore delle misurazioni fotometriche potrà essere mediamente da 1,5 a 2 volte maggiore di quello riscontrato durante Kepler Prime. Inoltre, l'orientamento di fortuna offerto

dalla pressione della radiazione solare è affidabile fino a un certo punto, tanto che per compensare la già accertata tendenza del telescopio di andare alla deriva è attualmente necessaria una breve accensione dei propulsori ogni 6 ore. Comunque sia, è sempre meglio che perdere definitivamente uno strumento di grande qualità che ha impresso un'accelerazione senza precedenti alla planetologia, indipendentemente da quanto riuscirà a fare nei prossimi due anni. ■

**S**ulle illustrazioni di questa pagina sono indicate le posizioni dei principali componenti esterni e interni del telescopio spaziale Kepler. [NASA]



# TecnoSky

STRUMENTI PER ASTRONOMIA

via Fubine, 79 - Felizzano (AL) - tel. 0131772241  
email info@tecnosky.it sito www.tecnosky.it



**Triples Apo FPL53 Tecnosky 90/600mm**  
Compatto rifrattore Apo da 90mm e focale 600mm F/6,6.  
Intubazione in fibra di carbonio e focheggiatore da 2,5" di precisione a cremagliera.  
Peso solo 3,5kg!



**Sistema disassabile Optec Libra**  
Sistema disassabile Optec libra per grossi tubi.  
Carico massimo 13,5kg!



**iOptron SkyTracker**  
Astroinseguitore iOptron, leggero, preciso e già dotato di cannocchiale polare!

**Coppia di anelli da 125mm con morsetto losmandy**  
Robusta coppia di anelli disassabili da 125 mm di diametro interno con morsetto losmandy



**Rifrattore Apo Tecnosky Versatile 72**  
Tre prodotti in uno! E' un telescopio Apo, un Teleobiettivo da 432 mm, uno spotting scope... è il Tecnosky Versatile 72!

**Guida fuori asse Tecnosky D-King**  
Guida fuori asse D-King Tecnosky a basso profilo! Solo 16mm di spessore e apertura libera di 43mm



**iOptron ZEQ25**  
Innovativa montatura equatoriale "Z" iOptron! Grazie al particolare design il peso viene sorretto meglio e la montatura risulta essere molto robusta pur essendo decisamente leggera, solo 4,7kg!



**Camera CCD Atik 490EX**  
Camera Atik 490EX con il recente sensore Sony ICX694 da ben 9mp! Delta termico di 25°, temperatura regolabile via software e nuovo design per renderla utilizzabile su sistemi Fastar/Hyperstar.

**MARCHE TRATTATE** 3A • Antares - Sky Instrument • Astro Electronic FS2 • Astrofix • Astronomik • Atik Cameras • Baader Planetarium • Bob's Knobs • BORG • Celestron •

Energizer • FarPointAstro • Gemini • Geoptik • Guan Sheng Optical • Hotech • Hutech • Imaging Source • Ioptron • Kenko • LUNT Solar System • LVI • Moonlite • NEXSXD • Omega Optical • Optec inc. • Orion UK • Orion USA • Point Grey • Rigel • RP Astro • RP Optix • Sbig • Skywatcher • TAL • Tecnosky • Telrad • Tracer • Watec • William Optics

