



# PLANCK

## INTRODUZIONE

La missione PLANCK dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) è il primo osservatorio spaziale europeo dedicato allo studio della radiazione cosmica di fondo. Teorizzata fin dagli anni Quaranta del XX secolo e scoperta per caso nel 1964 dai radioastronomi Arno Penzias e Robert Wilson, la CMB (dall'inglese *Cosmic Microwave Background*) è considerata la traccia fossile del Big Bang, l'energia residua, ormai debolissima, della gigantesca esplosione che ha dato origine all'Universo.

Studiare le caratteristiche della radiazione cosmica di fondo significa riavvolgere la storia cosmologica fino alle primissime fasi di vita dell'Universo.

PLANCK funzionerà come una vera e propria "macchina del tempo" in grado di riportarci a quando l'Universo aveva appena 380.000 anni. Se l'Universo fosse una persona di 70 anni, sarebbe come tornare alle sue prime ore di vita.

La CMB è stata già oggetto di due importanti missioni spaziali della NASA, COBE (lanciata nel 1989) e WMAP (del 2001), e di una brillante piccola missione italiana basata su un pallone stratosferico, BOOMERANG, con due campagne nel 1998 e 2003. Tutte queste missioni hanno dato fondamentali contributi alla mappatura del fondo cosmico. Ma PLANCK scatterà una foto dell'Universo bambino con una nitidezza dieci volte superiore. Sarà il ritratto più accurato mai ottenuto finora.

Inizialmente chiamata COBRAS/SAMBA, la missione è stata poi rinominata in onore del grande fisico tedesco Max Planck, premio Nobel per la fisica nel 1918.

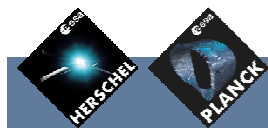
La CMB è oggi rilevabile nelle microonde e caratterizzata dalla temperatura di circa 2,7 gradi sopra lo zero assoluto (oltre 270 gradi centigradi sotto zero). Pur essendo estremamente omogenea nello spazio, presenta delle microfluttuazioni, piccole increspature in corrispondenza delle zone del cielo in cui la sua temperatura è leggermente sopra o leggermente sotto la media. I cosmologi pensano che queste fluttuazioni corrispondano alle zone da cui più tardi si sono sviluppate galassie e ammassi di galassie.

PLANCK otterrà una mappa estremamente dettagliata di queste piccole increspature, mostrandoci con un dettaglio senza precedenti come era l'universo quando aveva circa 380 mila anni, momento in cui la sua temperatura si era abbassata abbastanza da permettere alla radiazione elettromagnetica di propagarsi liberamente nello spazio.

L'Italia ha un ruolo fondamentale nella missione PLANCK: uno dei due strumenti scientifici incaricati di analizzare la radiazione cosmica di fondo, LFI (Low Frequency Instrument) è stato infatti realizzato nel nostro paese. La comunità scientifica e industriale italiana hanno inoltre contribuito alla realizzazione di importanti sottosistemi dello strumento HFI (High Frequency Instrument) a guida francese.

## IL LANCIO

PLANCK verrà lanciato nel maggio 2009 dalla base di Kourou, nella Guiana Francese a bordo di un vettore Ariane 5. Il lancio sarà effettuato in tandem con un'altra missione scientifica dell'ESA, HERSCHEL dedicato allo studio della radiazione infrarossa. PLANCK si separerà dal vettore Ariane 28,5 minuti dopo il lancio, posizionandosi su una traiettoria che alla fine lo collocherà in orbita attorno al secondo punto lagrangiano (L2). L2 è un punto di equilibrio stabile situato a circa 1,5 milioni di chilometri dalla Terra, dalla parte opposta rispetto al Sole. L2 ha il vantaggio di avere la Terra la Luna ed il Sole lungo la stessa direzione, tre oggetti che





il telescopio non può puntare per non distruggere la strumentazione a bordo. Il punto L2 è il punto ideale per osservare la porzione più ampia possibile di Universo. Aniché effettuare ripetute orbite attorno alla Terra, che hanno l'effetto di far passare il satellite periodicamente nell'ombra del pianeta, raffreddando e riscaldando i suoi strumenti e distorcendo le sue osservazioni, il satellite può posizionarsi lontano dagli effetti termici della Terra e avere un punto di osservazione molto più stabile. PLANCK orbiterà attorno al punto L2, seguendo a sua volta la Terra durante la sua orbita attorno al Sole.

## OBIETTIVI SCIENTIFICI

Il principale bersaglio della missione PLANCK è la radiazione cosmica di fondo. I rivelatori di PLANCK hanno la capacità di individuare segnali anche 10 volte più deboli di quelli visti dai suoi predecessori e a lunghezze d'onda fino a 10 volte inferiori. I principali obiettivi scientifici di PLANCK sono.

### **La struttura dell'Universo su larga scala**

PLANCK studierà le principali componenti dell'Universo e ricostruirà la storia della loro evoluzione nel corso del tempo.

### **La natura e la quantità di materia oscura**

La materia oscura è una enigmatica sostanza che non emette e non riflette radiazione elettromagnetica ma la cui presenza può essere dedotta dal suo influsso gravitazionale sulla materia normale. Questa materia potrebbe costituire fino al 90 per cento della materia presente nell'Universo. PLANCK la studierà assieme all'energia oscura, altro problema fondamentale della cosmologia moderna: una forma di energia che potrebbe essere causa dell'accelerazione nell'espansione dell'Universo.

### **Le teorie dell'inflazione**

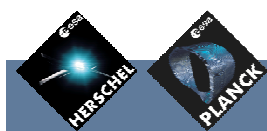
Uno degli scopi della missione PLANCK è mettere alla prova le teorie dell'inflazione, secondo cui la prima fase di vita dell'Universo fu caratterizzata da un periodo di rapida espansione. Questo spiegherebbe alcune delle sue caratteristiche fondamentali osservate oggi. Le osservazioni di PLANCK permetteranno di studiare come e perché si sia innescata questa espansione e che conseguenze abbia avuto.

### **Le onde gravitazionali primordiali**

Le onde gravitazionali primordiali distorcono la trama dello spazio tempo. Si ipotizza che siano state presenti al tempo della fase di inflazione, portando informazioni sui meccanismi e i livelli di energia a cui sono state generate. Se PLANCK dovesse trovarne traccia, questa sarebbe una forte prova a sostegno della teoria dell'inflazione. Inoltre sarebbe la prima conferma sperimentale dell'esistenza delle onde gravitazionali.

### **L'origine delle strutture che osserviamo oggi nell'Universo**

Le accurate misurazioni effettuate da PLANCK delle variazioni nel fondo cosmico a microonde forniranno una visione diretta delle disomogeneità iniziali che lentamente hanno dato origine alle strutture più grandi che osserviamo oggi: galassie, ammassi di galassie e grandi vuoti. Confrontare la struttura dell'Universo di allora e di oggi permetterà di mettere alla prova le diverse teorie sulla formazione di queste strutture. In aggiunta, i fotoni di cui si compone la radiazione cosmica di fondo portano molte informazioni su tempi e modalità di formazione delle prime stelle dell'Universo.





## La Via Lattea e le altre galassie.

Oltre alla radiazione cosmica di fondo, PLANCK studierà la nostra galassia, la Via Lattea, e ci darà la prima mappa della distribuzione su larga scala delle polveri fredde lungo i suoi bracci a spirale. Sarà anche la prima missione a mappare, in dettaglio e in 3D, il campo magnetico che permea la Via Lattea. Oltre la nostra galassia, PLANCK osserverà galassie lontane studiando i processi di formazione stellare al loro interno. Su scala più grande, studierà ammassi di galassie in cerca di indizi su come si sono formati ed evoluti.

## COME È FATTO

PLANCK si compone di un innovativo telescopio di 1,9 per 1,5 metri, con una apertura effettiva di 1,5 metri, che focalizzerà la radiazione su due matrici di radorivelatori: quelli del Low Frequency Instrument (LFI) e quelli dell'High Frequency Instrument (HFI). Insieme, i due strumenti misureranno la temperatura della radiazione cosmica di fondo su tutto il cielo osservabile, in cerca di regioni dove essa si rivela più fredda o più calda della media.

### 1) LFI

LFI è una matrice di 22 ricevitori radio sintonizzati e localizzati sul piano focale del telescopio PLANCK. LFI intercetterà le frequenze tra i 30 GHz e i 70 GHz.

### 2) HFI

HFI è una matrice di 52 bolometri (strumento per misurare la radiazione elettromagnetica) posizionata analogamente a LFI sul piano focale del telescopio. HFI capterà le immagini del cielo a sei frequenze tra i 100 GHz e gli 857 GHz.

Nell'insieme verranno coperte nove bande, da una lunghezza d'onda di un centimetro sino a un terzo di millimetro, quindi dalle microonde al lontano infrarosso.

Gli strumenti scientifici di PLANCK sono in grado di rilevare differenze di temperatura nell'ordine di pochi milionesimi di grado. Grazie a un sofisticato sistema di raffreddamento, i rivelatori sono mantenuti a temperature vicine allo zero assoluto, condizione necessaria per il loro corretto funzionamento.

## IL RUOLO ITALIANO

L'Italia, con l'Agenzia Spaziale Italiana, è responsabile di uno dei due strumenti scientifici installati a bordo del satellite PLANCK. Si tratta di LFI, acronimo dell'inglese "Low Frequency Instrument", ovvero strumento a bassa frequenza. È un insieme di 11 antenne e 11 radiometri posizionati nel fuoco del telescopio del satellite. Lo strumento osserverà le anisotropie (variazioni locali) del fondo cosmico a frequenze comprese tra 30 e 70 GHz e con una sensibilità tale da distinguere differenze di temperatura di qualche milionesimo di grado Kelvin. La strumentazione, che opererà ad una temperatura di circa -250 °C, permetterà di costruire mappe dettagliate del cielo e di fornire così informazioni sull'origine dell'Universo.

La costruzione dello strumento LFI è affidata all'industria spaziale italiana, mentre l'attività di programmazione scientifica ed operativa vede coinvolti numerosi istituti dell'INAF, dell'Università italiana e istituzioni straniere. Il sistema di rivelazione di LFI è basato su una schiera di 11 antenne che hanno il compito di prelevare la radiazione sul telescopio, di convertirla in un segnale elettrico che viene diretto verso i primi stadi di amplificazione che costituiscono il cuore dello strumento. Le antenne e i primi stadi di amplificazioni costituiscono





l'Unità di Piano Focale (FPU). Il segnale elettrico viene poi convogliato tramite 44 "guide d'onda", raggruppate in fasci, verso gli stadi di amplificazione finale e l'Unità di Processo Centrale che codifica l'informazione estratta e gestisce la trasmissione dei dati a terra.

Lo strumento LFI è stato realizzato sotto la guida dell'Istituto di astrofisica spaziale e fisica cosmica (IASF-INAF) di Bologna, con il professor Nazareno Mandolesi come *Principal Investigator*.

L'Italia ha partecipato anche alla realizzazione dell'altro strumento di PLANCK, HFI, a leadership francese, costituito da 48 bolometri raffreddati a 0,1 K che operano alle frequenze comprese tra 100 e 857 GHz. Il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "La Sapienza" e Selex Galileo, sotto il finanziamento e il coordinamento di ASI, hanno fornito la preamplificazione criogenica dello strumento.

## L'INDUSTRIA

*Prime contractor* di Planck è Thales Alenia Space, che guida di un consorzio industriale con Thales Alenia Space Italia (Torino), responsabile del Modulo di Servizio. Il consorzio comprende numerosi *subcontractor* in Europa e negli USA. L'ESA e il Danish National Space Centre (Copenhagen) sono responsabili della fornitura degli specchi del telescopio di Planck, costruiti da EADS Astrium (Friedrichshafen, Germania).

## PLANCK IN PILLOLE

**Massa al lancio:** circa 1,9 tonnellate.

**Dimensioni:** circa 4,2 metri di altezza per 4,2 metri di larghezza.

**Stazione di Terra principale:** Antenna Deep Space di New Norcia, Australia.

**Mission Operations Centre (MOC):** fornito dall'ESA presso lo European Space Operations Centre (ESOC), Darmstadt, Germany.

**Planck Science Office (PSO):** fornito dall'ESA presso lo European Space Astronomy Centre (ESAC) di Villafranca (Spain).

**Data Processing Centres (DPCs):** Data Processing Centres (DPCs): il DPC di HFI, guidato dall'Institut d'Astrophysique Spatiale, si trova presso l'Institut d'Astrophysique di Parigi, in Francia; il DPC di LFI, guidato da INAF Osservatorio Astronomico di Trieste, Italia, raccoglie i contributi di tutti gli istituti coinvolti nel Consorzio LFI.

**Orbita:** secondo punto lagrangiano L2, distante 1,5 milioni di chilometri dalla Terra

**Payload:** un telescopio di 1,5 metri di diametro e due strumenti scientifici: LFI e HFI

**Costo:** circa 700 milioni di euro.

**Durata prevista della missione:** almeno 15 mesi, sufficienti per due mappature complete del cielo osservabile. È possibile una estensione di un anno della missione.

