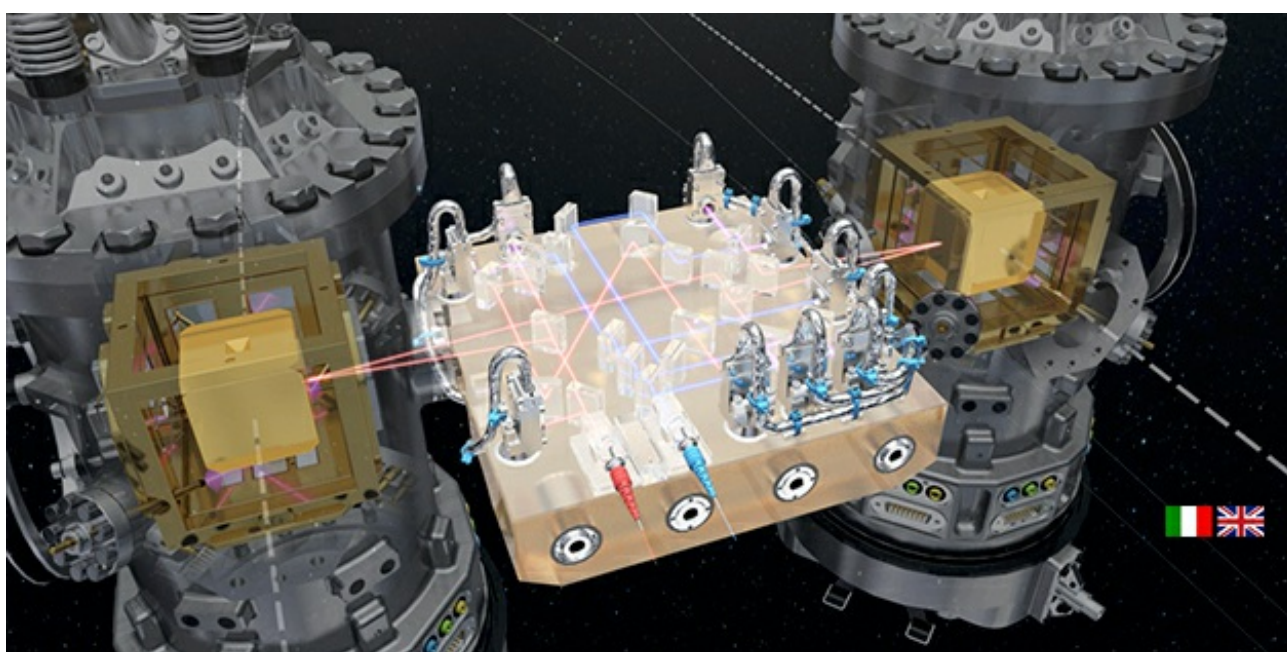


LISA Pathfinder apre la strada a LISA

✍ A. Bettini 📅 29-06-2016 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/453>



Le due masse di prova e l'interferometro di LISA Pathfinder. Credits: © ESA/ATG medialab.

Il 10 giugno 2016, sulla rivista *Physical Review Letters*, sono stati pubblicati eccezionali risultati, superiori alle aspettative di progetto, dell'esperimento nello spazio LISA Pathfinder (LPF). Questi dimostrano sperimentalmente che due masse di riferimento possono essere poste in caduta libera con un'ampiezza di rumore nell'accelerazione relativa inferiore a una parte in 10^{15} della nostra accelerazione di gravità g nell'intervallo di frequenze tra 0.7 e 20 mHz. Tale valore è migliore della specifica di LPF di un fattore superiore a 5 ed entro 1.25 volte quella per LISA. Sopra 60 mHz il rumore dell'accelerazione è di due ordini di grandezza migliore delle richieste.

Queste prestazioni permetterebbero la realizzazione di un osservatorio di onde gravitazionali nello spazio con sensibilità già vicina a quella originariamente prevista per LISA. LISA è il progetto per un futuro rivelatore interferometrico di onde gravitazionali dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). In LISA coppie di masse di prova, ciascuna in caduta libera entro una navicella spaziale separata, si scambieranno un fascio laser su una distanza di milioni di chilometri. Per osservare le onde gravitazionali si misureranno differenze dipendenti dal tempo tra le frequenze del fascio alle due masse. Le componenti hardware di LPF sono state progettate in modo da essere direttamente trasferibili a LISA.

Sistemare due masse di riferimento in moto sotto l'effetto della sola forza gravitazionale è molto difficile anche nello spazio, dove sono presenti diverse forze che interferiscono, quali il vento solare e la pressione della luce del Sole. In LPF le due masse sono due cubi identici di oro-platino, ciascuno di 2 kg e 46 mm di lato, distanti 38 cm. Compito della navetta è di schermarli dalle influenze esterne. La posizione della navetta rispetto ai cubi è costantemente misurata e corretta per evitare che gli stessi si avvicinino alle pareti. La figura mostra i cubi e, tra di loro, l'interferometro che ne misura la distanza. I risultati di LPF sono un magnifico esempio dell'arte sperimentale contemporanea, che ha unito l'accurato, innovativo e lungo lavoro di laboratorio con il costante controllo della produzione industriale.

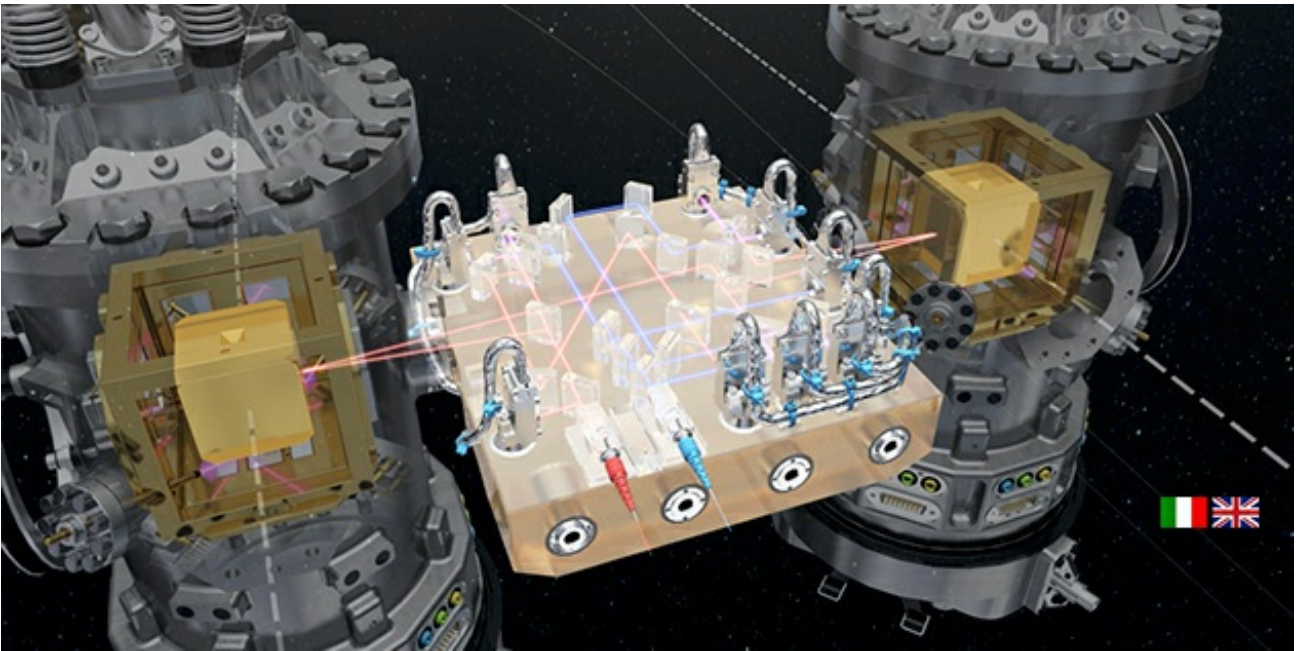
Stefano Vitale dell'Università di Trento e dell'INFN, "Principal Investigator" del "LISA Technology Package", che è il cuore dell'esperimento, ha dichiarato a SIF Prima Pagina:

"Lo strumento ha funzionato magnificamente dal primo giorno di operazione. Per ottenere i risultati che abbiamo pubblicato abbiamo dovuto solo fare alcune regolazioni ovvie, e aspettare che la pressione del gas residuo attorno alle masse di prova si abbassasse grazie al "venting" verso il vuoto esterno. Devo dire, da fisico sperimentale, che quello che mi ha più impressionato è l'accuratezza con cui siamo riusciti a prevedere la fisica del sistema, una conseguenza credo della necessità di modellare tutto, fino al più piccolo dettaglio, perché poi lassù non c'è rimedio per le sorprese. Un gran traguardo per l'astrofisica delle onde gravitazionali dallo spazio"

Infatti, le conseguenze per le osservazioni delle onde gravitazionali dallo spazio sono impressionanti. Le prestazioni di rumore d'accelerazione già ottenute da LPF trasferite a LISA permetteranno osservazioni sui "black hole mergers" delle masse più grandi (che sono dominate da segnali a bassa frequenza), ad esempio di $107 M_{\odot}$ a redshift $z=3$, con un rapporto segnale rumore (SNR) di 1400, di sistemi di massa un ordine di grandezza minore alla stessa distanza con un SNR di 5000, di "inspirals" con rapporti di massa estremi, di binarie compatte coalescenti nella nostra galassia, e molto altro. Speriamo che questi risultati, uniti a quelli in un intervallo di frequenze complementare che sono già venuti e verranno dagli osservatori sulla Terra, possano influire su un anticipo di qualche anno, rispetto al 2034, del lancio di LISA.

Scopri di più

LISA Pathfinder opens the way to LISA



The two test masses and the interferometer of LISA Pathfinder. Credits: © ESA/ATG medialab.

Results exceeding design expectations of the LISA Pathfinder (LPF) in-flight experiment have been published on June 10, 2016 in Physical Review Letters. The outstanding results experimentally demonstrate that two reference test masses can be put in free fall with relative acceleration noise amplitude smaller than one part in 10^{15} of our gravity acceleration g for frequencies between 0.7 and 20 mHz. This value is lower than the LPF requirement by more than a factor 5 and within a factor 1.25 of the requirement for the LISA mission. Above 60 mHz the acceleration noise is about 2 orders of magnitude better than requirements.

This performance would allow for a space-based gravitational wave observatory with sensitivity already close to what was originally foreseen for LISA. LISA is the interferometric gravitational-wave detector of the European Space Agency (ESA). In LISA, pairs of test masses, each in free fall inside a separate spacecraft, will exchange a laser beam over a few million kilometers. Gravitational waves will be detected by observing a time-varying difference between the beam frequencies at the two masses. The hardware of LPF has been designed to be transferable to LISA as it is.

Placing two test masses moving under the effect of gravity alone is very difficult even in space, where several other perturbing forces are present, including the solar wind and the sunlight pressure. In LPF, the test masses are two identical, 2 kg, 46 mm gold-platinum cubes, 38 cm apart. The job of the spacecraft is to shield them from external influences. The positions of the spacecraft relative to the masses is constantly monitored and adjusted to avoid them approaching the walls. The figure shows the two cubes and the interferometer between them for measuring their relative positions. The results of LPF are an example of contemporary experimental art, joining a long, accurate and innovative laboratory work with the constant control of the industrial production. Stefano Vitale of University of Trento and INFN, Principal Investigator of the LISA Technology Package, the mission's core payload, declared to SIF Prima Pagina:

“The instrument magnificently worked since the first day of operation. To obtain the now published results we had only to complete a few obvious settings and wait for the residual gas pressure around the test masses to decrease thanks to venting toward the external vacuum. I should say, as an

experimental physicist, that what impressed me most is the accuracy with which we succeeded in foreseeing the physics of the system. This was a consequence, I believe, of the need to model everything in advance, down to the smallest detail, because up there is no remedy to surprises. A great achievement for the gravitational waves astrophysics in space.”

Indeed, the consequences for the observation of gravitational waves from space are striking. If transferred to the LISA observatory configuration, the acceleration noise performance already achieved on LPF will allow observations including heavier black hole mergers (that are dominated by low-frequency emission), such as $107 M_{\odot}$ total mass at redshift $z=3$, with a signal-to-noise ratio (SNR) of 1400, ten times lighter systems at the same distance with an SNR of 5000, extreme mass-ratio inspirals and coalescing compact binaries in our galaxy, and more. These results, and the merging events already detected (and coming) by the gravitational waves observers on Earth in a complementary frequency range, might be hopefully instrumental in advancing the deployment of LISA to a date earlier than 2034.

More about