

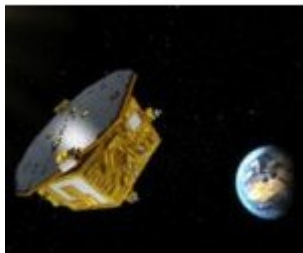


Extrait du Observatoire de Paris

<https://www.obspm.fr/lisa-pathfinder-surpasse-les.html>

Communiqué de presse | CNRS

LISA Pathfinder surpasse les attentes

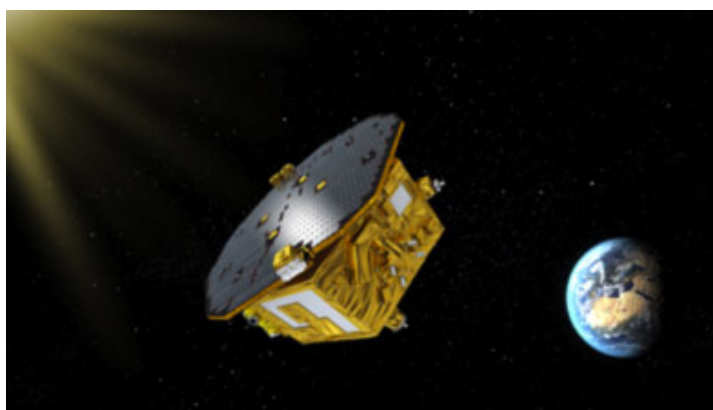


Date de mise en ligne : mardi 7 juin 2016

Observatoire de Paris

Mission accomplie pour le satellite LISA Pathfinder, après seulement deux mois d'opérations scientifiques. Non seulement les technologies nécessaires pour le futur observatoire spatial d'ondes gravitationnelles eLISA sont validées, mais les performances du démonstrateur de l'ESA sont cinq fois supérieures au cahier des charges, et très proches de ce qui est requis pour eLISA. Ces premiers résultats, auxquels a contribué le laboratoire Astroparticule et cosmologie (CNRS/Université Paris Diderot/CEA/Observatoire de Paris) avec le soutien du CNES, sont publiés le 7 juin 2016 dans la revue *Physical Review Letters*. Ils constituent un grand pas vers l'astronomie gravitationnelle depuis l'espace, qui permettra par exemple d'étudier les fusions de trous noirs supermassifs.

C'est une réussite technique et scientifique. Au terme des 55 premiers jours d'opérations scientifiques, les performances de LISA Pathfinder se sont révélées cinq fois supérieures au cahier des charges du satellite, qui a pour but de tester les technologies nécessaires à un observatoire spatial d'ondes gravitationnelles.



LISA Pathfinder dans l'espace (vue d'artiste). © ESA - C.Carreau

LISA Pathfinder abrite deux « masses test », des petits cubes d'or et de platine qui ne sont pas liés mécaniquement au reste du satellite mais « flottent » dans des cavités distantes de 38 cm, entourés de l'instrumentation nécessaire pour mesurer leur position. Les scientifiques ont montré que ces deux cubes peuvent être conservés pratiquement immobiles l'un par rapport à l'autre, soumis seulement à la gravité et soustraits aux forces extérieures, dont celle du vent solaire.

Le satellite protège les cubes des influences extérieures en ajustant constamment sa position grâce à un système ultra-précis de micro-fusée. Ainsi, les cubes restent centrés au cœur des cavités, en « chute libre », et animés d'une orbite déterminée seulement par la gravité. Par ailleurs, le système mesurant par laser la distance entre ces deux cubes est 100 fois plus performant que ce qui avait été atteint en laboratoire : il permet de mesurer une distance à 30 femtomètres près (un dix-millième de la taille d'un atome). Ce système permet d'évaluer l'accélération résiduelle entre les deux masses, plus faible qu'un demi milliardième de millionième de la gravité terrestre.

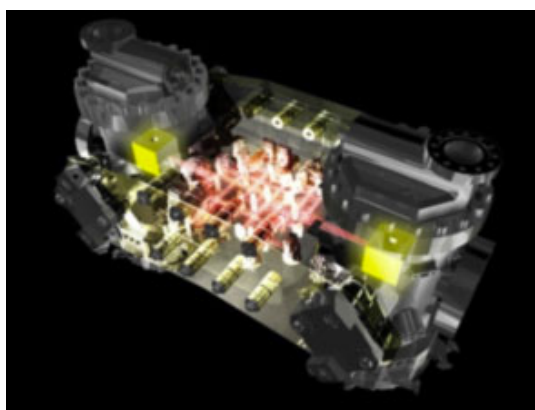
Ce succès est prometteur pour la conception d'eLISA, le futur observatoire spatial d'ondes gravitationnelles de l'ESA. eLISA sera composé de trois satellites embarquant les technologies testées sur LISA Pathfinder, placés à plusieurs millions de kilomètres l'un de l'autre. Des faisceaux laser échangés entre les satellites mesureront en permanence la

distance entre eux (ou plus exactement, entre les « masses test » abritées par chacun), et détecteront la moindre variation de cette distance, signe du passage d'une onde gravitationnelle.

Les ondes gravitationnelles sont des perturbations infimes de l'espace-temps produites par certains des phénomènes les plus violents de l'Univers. Prédites par Albert Einstein il y a un siècle, elles ont été détectées directement pour la première fois il y a quelques mois, par l'observatoire au sol LIGO. Le consortium LIGO-Virgo, qui exploite ses données, a observé un signal caractéristique de deux trous noirs en orbite spirale l'un autour de l'autre, juste avant leur fusion. Cette découverte historique a ouvert le champ de l'astronomie des ondes gravitationnelles : les ondes gravitationnelles deviennent un nouveau messenger du cosmos, aux côtés des ondes électromagnétiques (ondes lumineuses, radio et micro-ondes, rayons gamma et X) et des astroparticules (rayons cosmiques, neutrinos). C'est même le seul signal direct émis par certains objets, comme les trous noirs.

eLISA participera au nouveau champ d'observations qu'est l'astronomie gravitationnelle, de manière complémentaire aux détecteurs au sol. En effet, eLISA sera capable de détecter des objets plus gros, comme les trous noirs supermassifs au coeur des galaxies, qui en fusionnant émettent des ondes gravitationnelles de basse fréquence, noyées dans le bruit de fond sur Terre. En revanche, en raison de sa taille, il ne sera que peu sensible aux objets plus « petits » observés par Virgo et LIGO (paires d'étoiles à neutrons ou de trous noirs en coalescence).

La mission LISA Pathfinder, lancée le 3 décembre 2015 depuis Kourou, est arrivée le 22 janvier 2016 sur son orbite finale autour du point de Lagrange L1, à 1,5 millions de kilomètres de la Terre. Dans les semaines suivantes, les différents instruments ont été mis en fonction. Les 15 et 16 février, les masses de référence ont été libérées du reste du satellite. Les opérations scientifiques ont débuté le 1er mars 2016 et le niveau de précision du cahier des charges a été atteint dès le premier jour. Les performances ont augmenté progressivement, notamment du fait de la mise à température du satellite et de l'échappement du gaz résiduel. Les scientifiques en ont profité pour comprendre très précisément les forces résiduelles s'exerçant sur les masses test, qui s'avèrent inférieures au seuil fixé pour mesurer les ondes gravitationnelles. Les opérations scientifiques devraient se poursuivre jusqu'à fin juin 2016, avec une possible extension jusqu'en avril 2017.



Les « masses test », deux cubes identiques d'or et de platine (2 kg, 4,6 cm de côté) flottent à l'intérieur du satellite, entourés du banc optique permettant la mesure de leur position. © ESA

Côté français, le laboratoire Astroparticule et cosmologie (APC, un laboratoire commun au CNRS, à l'Université Paris Diderot, au CEA et à l'Observatoire de Paris) a été fortement impliqué dans l'analyse des données : plusieurs chercheurs se rendent régulièrement à l'ESOC, le Centre européen des opérations spatiales (Darmstadt, Allemagne) pour une première analyse des données et le Centre François Arago (Paris), associé à l'APC, est l'un des centres complémentaires pour leur exploitation, en lien direct avec l'ESA. Le CNES soutient les activités de l'APC pour la

mission LISA Pathfinder.

Pour en savoir plus sur LISA Pathfinder et eLISA :

- Consulter les pages du laboratoire APC.
- Lire le communiqué de presse diffusé à l'occasion du lancement de LISA Pathfinder : Lancement de LISA Pathfinder : la chasse aux ondes gravitationnelles s'intensifie.
- Sites en anglais : <https://www.elisascience.org/> et <http://sci.esa.int/lisa-pathfinder/>

Bibliographie

Sub-femto-g free-fall for space-borne gravitational wave detectors : LISA Pathfinder results, M Armano, H Audley, G Auger, JT Baird, M Bassan, P Binetruy, M Born, D Bortoluzzi, N Brandt, M Caleno, L Carbone, A Cavalleri, A Cesarini, G Ciani, G Congedo, AM Cruise, K Danzmann, M de Deus Silva, R De Rosa, M Diaz-Aguil, L Di Fiore, I Diepholz, G Dixon, R Dolesi, N Dunbar, L Ferraioli, V Ferroni, W Fichter, ED Fitzsimons, R Flatscher, M Freschi, AF García Marín, C García Marirrodiga, R Gerndt, L Gesa, F Gibert, D Giardini, R Giusteri, F Guzmán, A Grado, C Grimani, A Grynagier, J Grzymisch, I Harrison, G Heinzl, M Hewitson, D Hollington, D Hoyland, M Hueller, H Inchauspé, O Jennrich, P Jetzer, U Johann, B Johlander, N Karnesis, B Kaune, N Korsakova, CJ Killow, JA Lobo, I Lloro, L Liu, JP López-Zaragoza, R Maarschalkerweerd, D Mance, V Martín, L Martin-Polo, J Martino, F Martin-Porqueras, S Madden, I Mateos, PW McNamara, J Mendes, L Mendes, A Monsky, D Nicolodi, M Nofrarias, S Paczkowski, M Perreux-Lloyd, A Petiteau, P Pivato, E Plagnol, P Prat, U Ragnit, B Raïs, J Ramos-Castro, J Reiche, DI Robertson, H Rozemeijer, F Rivas, G Russano, J Sanjuán, P Sarra, A Schleicher, D Shaul, J Slutsky, CF Sopena, R Stanga, F Steier, T Sumner, D Texier, J I Thorpe, C Trenkel, M Tröbs, HB Tu, D Vetrugno, S Vitale, V Wand, G Wanner, H Ward, C Warren, PJ Wass, D Wealthy, WJ Weber, L Wissel, A Wittchen, A Zambotti, C Zanon, T Ziegler, P Zweifel. *Physical Review Letters*, 7 juin 2016.