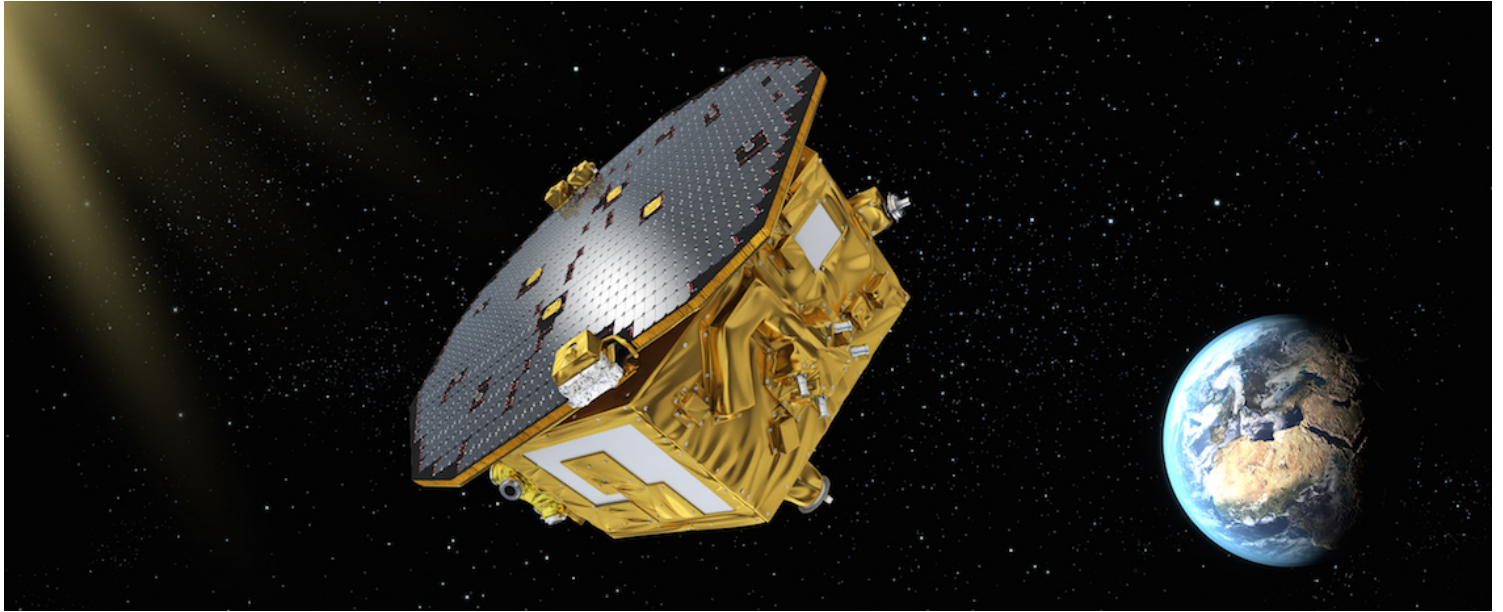


LA SONDE EUROPÉENNE LISA EST PARTIE À LA RENCONTRE DES RIDES DE L'ESPACE-TEMPS

Publié le 3 décembre 2015



Ce jeudi à 5 heures du matin, la sonde spatiale européenne « Lisa Pathfinder » a pris son envol pour une mission hors du commun: tester un incroyable système de détection des « rides » de l'espace-temps qui baignent l'Univers: les ondes gravitationnelles.

Le défi est de taille. Ce type de détection n'a encore jamais été testé dans l'espace. Le lieu de travail de Lisa n'est pas non plus anodin. C'est au point de Lagrange L1, situé à 1,5 million de kilomètres de la Terre, en direction du Soleil, que [le démonstrateur technologique va devoir faire ses preuves](#).

Un corollaire de la théorie de la relativité générale

Les ondes gravitationnelles sont un corollaire de la théorie de la relativité générale édictée il y a tout juste un siècle par Albert Einstein: le 25 novembre 1915.

« La théorie de la relativité restreinte proposée par Einstein en 1905 montrait que rien ne peut se déplacer à une vitesse supérieure à celle de la propagation de la lumière dans le vide », rappelle Brian Greene, professeur de physique et de mathématiques à l'Université Columbia de New York. « Cela entraine en conflit avec la théorie de la gravitation de Newton, où la force gravitationnelle exerce instantanément son action à travers l'espace ».

« Poussé par cette contradiction, Einstein chercha avec beaucoup d'audace à réécrire les règles, vieilles de plusieurs siècles, de la gravité newtonienne », explique le scientifique dans [la revue « Pour la Science »](#), qui consacrait un dossier spécial au centenaire de la relativité générale dans son édition du mois de novembre.

La gravité est gravée dans la géométrie de l'Univers

Dix ans plus tard, en 1915, Albert Einstein présenta sa théorie de la relativité générale. « Elle propose une reformulation des lois de la gravitation en des termes nouveaux et surprenants : des distorsions et des courbes dans l'espace-temps », précise le Pr Greene. « Au lieu d'affirmer que la Terre attire vers le sol la tasse de thé qui glisse de votre main, la théorie de la relativité générale indique que la Terre courbe l'espace en son voisinage et fait glisser la tasse de thé le long d'un «toboggan» de l'espace-temps qui la dirige vers le sol. La gravité, déclarait Einstein, est gravée dans la géométrie de l'Univers ».

Cette géométrie de l'Univers peut par moment « vibrer » et ainsi générer des ondes gravitationnelles. Les vibrations sont engendrées par des corps massifs qui entrent en interaction l'un avec l'autre, comme des étoiles à neutrons ou encore des trous noirs. Cela se produit lors de la fusion de deux corps de ce type.


Des vibrations universelles qui se propagent à la vitesse de la lumière

Les vibrations engendrées par ces interactions se propagent de proche en proche, un peu comme la vibration d'une corde de guitare qui se propage dans l'air sous forme d'une onde acoustique. Dans l'Univers, ces vibrations se propagent dans l'espace-temps, sous forme d'ondes gravitationnelles. Ce sont donc des ondes de distorsion de la géométrie de l'espace. Elles sont universelles et se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière.

Cependant, elles sont si ténues qu'elles n'ont encore jamais été détectées directement. « Par exemple, les fluctuations provoquées par deux trous noirs en orbite ne rallongeraient une ligne d'un million de kilomètres que de la longueur d'un atome à peine... », indique l'Agence spatiale européenne.

Interférométrie laser entre deux cubes d'or et de platine

Sur Terre, plusieurs expériences ont tenté de les détecter. Notamment l'expérience Virgo en Italie. L'idée, avec Lisa Pathfinder, est cette fois d'expérimenter cette détection depuis l'espace.

 Voici une représentation de deux trous noirs tournoyant l'un autour de l'autre et qui à terme pourraient fusionner pour former un nouveau trou noir. Les couleurs représentent les quantités d'ondes gravitationnelles émises par le système. Il s'agit d'une simulation numérique visant à évaluer l'intensité des ondes gravitationnelles produites par un tel événement. Les auteurs de ce travail estiment que ce système pourrait perdre jusqu'à 10 % de sa masse en ondes gravitationnelles.

© C. Reisswig, L. Rezzolla, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut/AEI)/ M. Koppitz, Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut/AEI)/ Zuse-Institut Berlin

La mission LISA Pathfinder a pour objet de tester les technologies extraordinaires développées afin d'observer les ondes gravitationnelles depuis l'espace. Elle repose essentiellement sur une paire de cubes en or-platine identiques, de 46 mm de côté et espacés de 38 cm, qui seront à l'abri de toutes les forces externes et internes susceptibles de s'exercer sur eux, à l'exception d'une seule : la gravité.

En théorie, lors du passage d'une onde gravitationnelle, la position relative d'un cube par rapport à l'autre devrait être modifiée. Cette modification de position signerait donc l'événement recherché.

Un test précurseur d'une mission nettement plus ambitieuse

« Il ne s'agit là que de la théorie », souligne l'Agence spatiale Européenne (ESA). « Lisa est un démonstrateur technologique. Il doit servir à montrer que le système imaginé ne subit pas de perturbations extérieures comme celles d'impact de micrométéorites, de radiations ou du vent solaire. Mais en soi, ce démonstrateur est bien trop petit pour effectivement détecter le passage d'une onde gravitationnelle ».



Lorsque les technologies que doit tester Lisa Pathfinder auront été validées, une mission scientifique encore plus ambitieuse devrait être envisagée par l'Agence spatiale européenne. Forte de trois engins travaillant en interférométrie et distants d'un million de kilomètres l'un de l'autre, ils seront les premiers à détecter en direct les ondes gravitationnelles dans l'espace. © ESA

Une fois la démonstration de la pertinence du système établie, l'ESA pourra alors envisager une véritable mission de détection directe des ondes gravitationnelles. Celle-ci nécessitera trois sondes contenant chacune leur « cube » en parfaite flottaison. Travaillant en interférométrie et distantes d'un million de kilomètres l'une de l'autre, le passage d'une onde gravitationnelle sera détecté quand la position d'un de ces cubes sera modifiée par rapport aux deux autres.

Six mois de travail au programme

Voilà qui explique aussi pourquoi la sonde Lisa Pathfinder ne va pas rester en orbite proche autour de la Terre pour mener sa mission de démonstration technologique à bien. C'est au point de Lagrange L1 qu'elle va être déposée. Il s'agit d'une région du système solaire située entre nous et le Soleil, à 1,5 million de kilomètres de la Terre. A cet endroit remarquable, les forces gravitationnelles de notre planète et de son étoile s'annulent.

Une situation privilégiée pour pouvoir tester en toute tranquillité le concept technologique rêvé par les ingénieurs et les scientifiques européens impliqués dans cette aventure, dont les entreprises belges: Spacebel et Thales Alenia Space. La société Vitrociset, implantée à Redu (Province de Luxembourg), a pour sa part contribué au système d'acquisition de la télémétrie de la sonde ainsi qu'à l'envoi de télécommandes.

Il faudra toutefois patienter quelques semaines avant de véritablement pouvoir tester ces technologies d'un nouveau genre. LISA Pathfinder ne devrait atteindre son orbite opérationnelle que dans dix semaines, vers la mi-février 2016. Après quelques ultimes vérifications, la mission scientifique de six mois du satellite pourra alors débuter.