

LISA Pathfinder, la science de l'immobilité

Les masses d'épreuve du détecteur LISA ne doivent subir aucune autre accélération que celle induite par les ondes gravitationnelles. Pour ce faire, il faut éliminer toutes les perturbations autres que gravitationnelles. L'objectif est d'obtenir une « immobilité » telle que si deux des masses aux extrémités d'un bras étaient arrêtées l'une par rapport à l'autre à un moment donné, elles se déplaceraient de moins d'un milliardième de mètre en deux heures.

Des données expérimentales indiquent qu'il est possible d'atteindre

une telle immobilité. Toutefois, en apporter la preuve en laboratoire est impossible en raison de la gravité terrestre. Ce point est si critique que l'ESA a mis sur pied une mission spatiale, LISA Pathfinder, pour le vérifier.

Il s'agit en quelque sorte d'une version réduite de LISA : deux masses d'épreuve seront mises en orbite, non pas à cinq millions de kilomètres l'une de l'autre, mais à moins d'un mètre, à l'intérieur d'un satellite semblable à ceux de LISA (*ci-contre*). Un interféromètre laser mesurera leur vitesse relative.

Des chocs avec les rares molécules de gaz présentes jusqu'aux variations de la gravité dues au satellite lui-même, plusieurs facteurs contribuent à accélérer les masses. Ces perturbations ont été modélisées, et l'un des objectifs de la mission est de vérifier si ces modèles sont corrects et si des perturbations susceptibles de compromettre le succès de la mission principale n'ont pas été négligées.

Quelques composants restent à mettre au point, après quoi LISA Pathfinder sera prêt à être lancé et à tracer la voie à la mission LISA.



LES AUTEURS



Bernard SCHUTZ est directeur de l'Institut Albert Einstein à Potsdam, en Allemagne, et cofondateur du projet LISA.

Stefano VITALE est professeur de physique à l'Université de Trente, en Italie, et rapporteur principal de la mission LISA Pathfinder.

✓ BIBLIOGRAPHIE

C. Hogan, Les sons de l'espace-temps, *Pour la Science*, n° 357, juillet 2002.

É. Gourgoulhon, Des ondes gravitationnelles pour scruter le cosmos, *Pour la Science*, n° 326, décembre 2004.

Mission LISA Pathfinder sur le site de l'ESA : <http://www.rssd.esa.int/index.php?project=LISAPATHFINDER>

Site de la mission LISA à la NASA : <http://lisa.nasa.gov/>

plus grande par le biais de la gravitation entraînera sans doute des découvertes inattendues et devrait livrer des informations sur la formation de la Voie lactée.

Ces sources étant très nombreuses, la plupart ne pourront pas être distinguées les unes des autres ; l'ensemble créera un fond diffus d'ondes gravitationnelles, le « murmure » de la Voie lactée. Mais LISA pourrait détecter un autre fond diffus gravitationnel, à l'origine bien plus lointaine.

Le bruit de fond diffus

La découverte et l'étude du fond cosmique de rayonnement micro-ondes ont révolutionné notre compréhension de l'Univers. Il s'agit du fossile de la première lumière, libérée environ 380 000 ans après le Big Bang, lorsque les atomes neutres se sont formés et que le contenu de l'Univers est devenu transparent aux ondes électromagnétiques. C'est une frontière indépassable pour l'observation du cosmos par le biais de la lumière.

En revanche, l'Univers a toujours été transparent aux ondes gravitationnelles. Elles offrent ainsi un moyen de remonter bien plus loin vers le Big Bang. Certains modèles cosmologiques, fondés sur la théorie des cordes (une théorie qui tente d'unifier les interactions fondamentales), prédisent par exemple l'existence d'objets appelés supercordes cosmiques. Les supercordes, créées dans l'Univers primordial et « étirées » par l'expansion cosmique, pourraient émettre un spectre caractéristique d'ondes gravitationnelles de basse fréquence. Plus tôt encore, quelques fractions de seconde après le Big

Bang, les fluctuations quantiques ont pu engendrer des ondes gravitationnelles de très basse fréquence.

LISA, dans sa version initiale, pourra observer des ondes de fréquences aussi basses que 10^{-4} hertz. Cela correspond à des ondes émises environ 10^{-18} seconde après le Big Bang, quand l'Univers observable mesurait à peine un millimètre et que sa température était de 10^{15} degrés. Nous ignorons si le bruit de fond gravitationnel primordial est suffisamment intense pour être décelé, mais s'il était mis en évidence, il s'agirait d'une révolution dans la physique des interactions fondamentales.

Enfin, même plus près de nous, la gravité n'est pas silencieuse. Les variations de gravité dues aux oscillations internes du Soleil pourraient être révélées par LISA, et offriraient ainsi un nouvel outil pour explorer l'anatomie de notre étoile. Les astéroïdes passant à proximité du détecteur produiront également des signaux observables.

La mission préliminaire de l'ESA, nommée LISA Pathfinder, démontrera bientôt que les composants fondamentaux de LISA sont opérationnels (*voir l'encadré ci-dessus*). Si le retrait de la NASA devait finalement se confirmer, le projet LISA serait revu à la baisse par l'ESA. Une version réduite, avec des satellites séparés par une distance plus courte et moins de faisceaux laser, a été étudiée. La sensibilité et la résolution seraient inférieures, mais même dans cette configuration, LISA détecterait des milliers de systèmes binaires dans la galaxie et des dizaines de fusions de trous noirs supermassifs. Les astronomes seront alors aux premières loges pour écouter le concert de l'Univers. ■