

L'UNIVERS AVANT LE BIG BANG

- 7 dossiers rédigés par des chercheurs et des experts sur le sujet
- Une lecture adaptée sur écrans

3,99 €



Les *Thema* sont une collection de hors-séries numériques. Chaque numéro contient une sélection des meilleurs articles publiés dans *Pour la Science* sur une thématique.

Dans la collection *Thema* découvrez aussi



**Commandez et téléchargez
les numéros en pdf**



Pour lire votre numéro, rendez-vous dans votre compte client



boutique.pourlascience.fr/tous-les-numeros/thema.html

L'ESSENTIEL

> L'étude des ondes gravitationnelles, grâce à trois observatoires, révolutionne l'étude des trous noirs et des étoiles à neutrons.

> Un quatrième observatoire gravitationnel, *Kagra*, au Japon, devrait entrer en fonction d'ici à la fin avril 2020.

> Il sera le premier observatoire de ce type à être installé sous terre et maintenu à très basse température. Certaines des techniques mises en œuvre seront réutilisées pour la génération suivante d'observatoires.

L'AUTEUR



LEE BILLINGS
rédacteur senior à
Scientific American pour
la physique et le spatial

Kagra, l'éveil du géant sous la montagne

La mise en fonction du premier instrument de détection d'ondes gravitationnelles installé sous terre, au Japon, est imminente.

Les ondes gravitationnelles – ces vibrations de l'espace-temps produites par une coalescence de trous noirs, une collision d'étoiles à neutrons, une explosion de supernovæ, etc. – ont déclenché une révolution dans le domaine de la recherche en astrophysique. Observées pour la première fois en 2015, un siècle après avoir été prédites par Albert Einstein, ces discrètes ondulations ont déjà révélé de nombreux détails sur les objets exotiques qui les produisent. Par exemple, l'étude des ondes gravitationnelles a fourni la première preuve directe de l'existence des trous noirs, a conduit à une nouvelle estimation de la vitesse d'expansion de l'Univers et a montré que les étoiles à neutrons sont la source principale de l'or, du platine et de divers autres éléments lourds dans l'Univers.

Grâce à ces vibrations de l'espace-temps, les chercheurs espèrent un jour sonder les premiers instants après le Big Bang d'une façon tout à fait unique. Mais avant d'atteindre un tel objectif, la prochaine étape dans la traque des ondes gravitationnelles se cache dans les tunnels sombres d'un complexe souterrain, à plus de 200 mètres sous le mont Ikenoyama dans la préfecture de Gifu, au centre du Japon. Une équipe internationale de scientifiques, d'ingénieurs et de techniciens met actuellement la dernière main à un projet qui a démarré il y a près de dix ans: le détecteur d'ondes gravitationnelles de >



DANS LES TUYAUX

À l'abri dans leur tube en acier inoxydable, les deux bras de l'interféromètre *Kagra* s'étendent chacun sur trois kilomètres de long. Le tube abrite une chambre à vide qui contient un système complexe de lasers et de miroirs. L'interféromètre est conçu pour détecter une onde gravitationnelle d'amplitude suffisante. Sous le mont Ikenoyama, au Japon, *Kagra* est à l'abri de certaines vibrations parasites présentes en surface. Avec un inconvénient, cependant : le tunnel est creusé dans de la roche saturée en eau, d'où une humidité ambiante élevée et des fuites qui risquent de perturber l'instrument très sensible.

© Enrico Sacchetti

► Kamioka (*Kagra*). Celui-ci devrait bientôt entrer en fonction. L'objectif est de rejoindre les trois autres observatoires déjà opérationnels dans le monde – les deux détecteurs jumeaux d'*Advanced Ligo*, à Hanford, dans l'État de Washington, et à Livingston, dans l'État de Louisiane, aux États-Unis, et *Advanced Virgo*, près de Pise, en Italie – et qui seront dans une phase d'acquisition de données entre la fin de l'année 2019 et avril 2020.

Quand une onde gravitationnelle atteint la Terre, la position et l'orientation des détecteurs sont cruciales pour en tirer un maximum d'information. Ainsi, grâce à sa situation géographique, au Japon, mais aussi à son orientation relative à celle de *Ligo* et *Virgo*, *Kagra* réalisera des mesures indépendantes et complémentaires des autres observatoires. En combinant les données de tous les instruments, il sera possible d'améliorer l'efficacité de détection et la sensibilité globale de l'ensemble des détecteurs.

UN QUATRIÈME DÉTECTEUR À L'ÉCOUTE DU COSMOS

Ce quatuor de détecteurs sera en mesure d'observer des signaux d'ondes gravitationnelles plus faibles. Il sera aussi capable d'indiquer la position dans le ciel de la source des signaux avec une précision assez grande pour transmettre les coordonnées aux télescopes classiques, qui pointeront dans la bonne direction pour recueillir les éventuelles émissions électromagnétiques de ces événements (en particulier dans les coalescences impliquant des étoiles à neutrons). En combinant les mesures de tous les interféromètres, les chercheurs estimeront aussi avec une plus grande fiabilité l'orientation du système binaire lors de la coalescence et l'axe de rotation des trous noirs ou des étoiles à neutrons, des informations cruciales pour calculer les caractéristiques du système binaire.

Pour détecter les vibrations de l'espace-temps, *Kagra* utilise la même technique que *Ligo* et *Virgo* : l'interférométrie laser. Dans cette approche, un faisceau laser est réfléchi par des miroirs suspendus aux extrémités de deux chambres à vide en forme de longs tuyaux. Ces chambres mesurent plusieurs kilomètres de longueur et sont orientées perpendiculairement pour former un L géant. Le laser mesure en continu et de façon très précise la distance entre les miroirs. Or quand une onde gravitationnelle traverse le dispositif, elle comprime et étire l'espace-temps, faisant ainsi varier alternativement la taille des bras de l'interféromètre.

L'interféromètre est sensible à ces altérations, qui sont infinitésimales – plus petites que la taille d'un proton. Mais pour atteindre une telle précision, il est indispensable



© Enrico Sacchetti