

ASTRONOMIE

Un œil vers le Big Bang

Remonter des milliards d'années en arrière et détecter des traces de « l'inflation », l'expansion fulgurante de l'Univers une fraction de seconde après sa création. C'est l'objectif de Qubic, un télescope à la technologie inédite, qui va être installé en mai dans la cordillère des Andes

Au laboratoire AstroParticule et Cosmologie, dans les bâtiments de l'Université de Paris, au milieu du vaste hall des ateliers, l'ambiance est au déménagement. Cartons qui encombrant la pièce. Caisses en bois. Armoires vidées. Au milieu de ce fatras, un énorme cylindre d'aluminium gris de 800 kilogrammes est accroché à une non moins impressionnante mâchoire en acier rouge. L'imposant instrument attend d'être précautionneusement emballé. Direction Alto Chorrillos, en pleine cordillère des Andes argentines, à 4 900 mètres d'altitude, à 10 kilomètres du volcan Tuzgle.

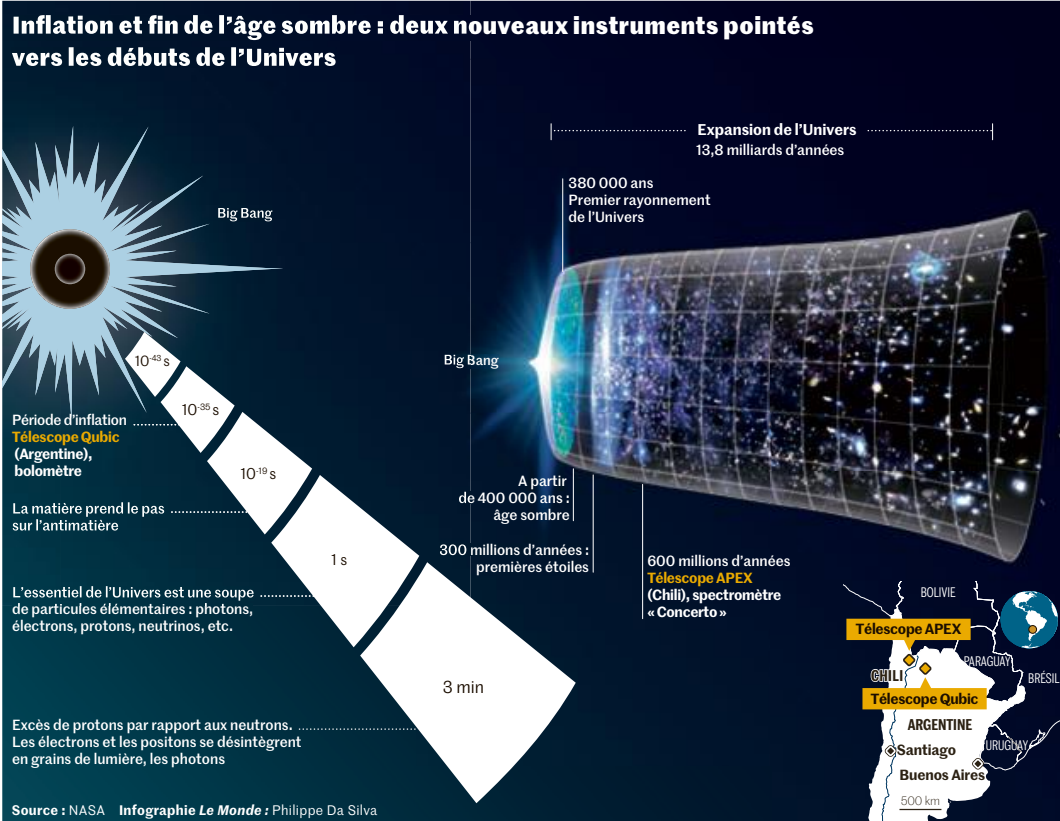
Là, dans quelques mois, Qubic, le nom de ce nouveau télescope, pointera son regard vers les tréfonds de l'Univers. Il espère voir plus loin que tout ce qui est connu aujourd'hui. Au-delà des premières étoiles, il y a 13,8 milliards d'années, au-delà même des premières lumières émises il y a 13,8 milliards d'années. La cible est à des milliardièmes de milliardième de milliardième de millionième de seconde après ce top départ qu'est le Big Bang. C'est le moment où un phénomène, pour l'instant seulement théorique, a eu lieu : l'inflation. « C'est ça qui aurait aplati l'Univers », résume sobriement Jean-Christophe Hamilton, directeur de recherche au CNRS, porte-parole de l'expérience, couvert d'un joli masque représentant la Voie lactée. En une fraction de fraction de seconde, l'Univers est passé d'une taille atomique à celle que nous lui connaissons. Une sacrée expansion qui fait que l'espace apparaît plat.

Mais personne n'a encore trouvé de preuve de cette inflation. Certains s'y sont même déjà brûlés les ailes. En 2014, les astronomes américains d'un télescope installé en Antarctique, Bicep2, ont annoncé prématurément avoir vu cette incroyable explosion, avant que des analyses plus fines ne révèlent que la lanterne n'était qu'une vulgaire vessie. Le signal ne venait pas du fin fond de l'espace mais seulement des poussières interstellaires de la Voie lactée, qui avaient en quelque sorte réémis de la lumière sous une forme ressemblant à celle causée par l'inflation. Ces astrophysiciens se voyaient déjà à Stockholm pour recevoir un prix Nobel. Ils sont revenus à leurs terres plus froides de l'Antarctique pour une troisième version de leur instrument.

DÉTECTER LES PREMIERS PHOTONS

« Nous ne sommes pas en avance, mais pas hors course non plus », constate, la tête froide, Jean-Christophe Hamilton, présent depuis le début, il y a quinze ans, sur Qubic. Bicep3, le South Pole Telescope ou bien le satellite japonais LiteBIRD, prévu pour décoller en 2029, verront peut-être avant lui cette fameuse inflation. A moins que ce ne soient les nombreux programmes internationaux basés au Chili : le télescope cosmologique d'Atacama (ACT), construit en 2007, les trois télescopes de Polarbear, en cours d'installation, voire les projets futurs du Simons Observatory ou du CMB-S4.

Tous ces efforts montrent la compétition autour de cette détection-clé, d'autant plus délicate qu'au moment de l'inflation aucune lumière, ni onde radio, ni aucun photon d'aucune sorte n'ont été émis. « Seules des ondes gravitationnelles déforment l'espace-temps et font respirer l'Univers primordial », décrit joliment Jean-Christophe Hamilton. Des expériences essaient ou essaieront de repérer ces ondes sur Terre ou par satellite. Mais ces ondes laissent aussi des traces dans le seul rayonnement visible, celui dit fossile ou fond diffus cosmologique. Il correspond à des photons émis 380 000 ans après le Big Bang. Et, comme tout rayonnement, il possède deux caractéristiques principales : une intensité et une polarisation, c'est-à-dire l'orientation dans l'espace de son champ électrique. Une lumière polarisée est ainsi bloquée par des filtres qui laissent passer à nouveau la lumière si on les tourne. Or l'inflation polarise d'une certaine manière les premiers photons émis dans ce fond diffus. Et c'est cet indice que guettent les chasseurs d'Amérique du Sud ou de l'Antarctique. Ils devront, en outre, convaincre que cette polarisation n'est pas celle des poussières interstellaires, ni



même celle causée par la présence des galaxies massives, sur le chemin entre la source et la Terre, qui tordent aussi la lumière.

A ce jeu, la collaboration franco-italo-argentine de Qubic estime avoir des atouts par rapport à ses concurrentes. Elle sera la seule à tester une technologie originale et inédite, l'interférométrie bolométrique. Le premier terme, l'interférométrie, est bien connu des astronomes ou des étudiants en physique. Au lieu de récupérer la lumière pour en faire une image, on combine deux rayons issus de la même source mais ayant parcouru des chemins différents. La corrélation entre les deux informe des perturbations entre la cible et les détecteurs. C'est comme cela que des télescopes « éliminent » les effets atmosphériques qui rendent flous les images.

La seconde technique, la bolométrie, est réservée aux chasseurs de lumière fossile. Même si tout le monde peut y être confronté : une version simplifiée distribue l'eau automatiquement dans un lavabo en détectant la chaleur de la main. Un bolomètre est, en effet, un capteur sensible à la chaleur engendrée par un rayonnement tapant le détecteur. Les premiers bolomètres ont été accrochés à des ballons en 2000 pour observer le fond diffus cosmologique, puis le satellite Planck (2009-2013) a été le premier à en embarquer dans l'espace pour révéler des détails jamais vus du rayonnement fossile. Mais il n'était pas assez précis pour caractériser la polarisation atypique.

« UNE IDÉE FARFELUE »

« Nous voulons cumuler les bénéfices de ces deux techniques, ambitionnent donc Jean-Christophe Hamilton et ses collègues. En général, la polarisation est mal détectée par les imageurs, même si les expériences concurrentes ont développé des astuces pour y arriver le mieux possible. Nous faisons cependant le pari qu'elles risquent de tomber sur des difficultés indépassables, que nous, nous pourrions franchir. »

LA CIBLE DE QUBIC EST À DES MILLIARDIÈMES DE MILLIARDIÈME DE MILLIARDIÈME DE SECONDES APRÈS CE TOP DÉPART QU'EST LE BIG BANG

Des premiers paris ont déjà été gagnés. « Notre idée farfelue marche ! », insiste Jean-Christophe Hamilton en désignant, très haut sur le mur du hall, un vulgaire pied de télévision. Fin 2019, ce support tenait une source radio imitant le rayonnement fossile pour tester si les yeux de Qubic dessillaient comme prévu. « Ce jour-là, des collégiens de 3^e en stage étaient présents. Ils se souviennent de notre joie. C'était le couronnement de notre idée », insiste Jean-Christophe Hamilton. Ce test validait non seulement que tout fonctionnait, mais surtout que l'interférométrie améliorait les mesures à partir d'une source étalon. En Argentine, une tour de 50 mètres de haut avec le même genre d'émetteur radio permettra de calibrer le détecteur, et donc d'en éliminer les défauts.

Puis, en janvier 2021, un autre succès a été enregistré, validant un avantage non prévu de leur technique. « En 2016, lorsqu'un de mes postdocs m'a fait part de son idée, je suis tombé de ma chaise », se souvient Jean-Christophe Hamilton, qui a repris une bouffée d'émotions quand, plus tard, une polytechnicienne en stage a confirmé la validité de l'hypothèse.

Quelle était donc cette trouvaille ? Qubic n'est pas seulement capable de « voir » une ou deux fréquences du rayonnement, mais presque une dizaine, grâce aux propriétés de l'interférométrie ! En termes plus techniques, c'est en fait un spectromètre, capable de « disséquer » à la manière d'un prisme les différentes couleurs d'un paquet de photons. L'avantage est intéressant, car le « spectre » permet d'éviter de prendre des vessies pour des lanternes. Il aide à distinguer une polarisation émise par des poussières, ou par des déformations dues à des grosses masses, de celle causée par l'inflation, le Graal.

Perché sur son escabeau au-dessus de l'œil de Qubic, le chercheur est donc enthousiaste pour décrire les trésors que ses nombreux collègues, parmi lesquels Michel Piat, Laurent Grandire, Steve Torchinsky ou

Stefanos Marnieros, ont imaginés. Plusieurs parois permettent d'isoler des compartiments et d'atteindre l'extrême froid de 300 millièmes de degré au-dessus du zéro absolu (- 273 degrés Celsius), condition pour que les bolomètres fonctionnent. Des fils électriques spéciaux tissés en zigzag évitent tout effet inductif et chauffage parasite. Les pièces mobiles tournent par aimantation pour éliminer les frottements, sources de chaleur. Un réseau de 400 cornets métalliques de 12 millimètre de large pour 62 de long captera les précieux photons fossiles...

COLLABORATION DOULOUREUSE

En descendant de son échelle, le chercheur devient philosophe. « Cela reste une histoire douloureuse. Plusieurs fois, on m'a suggéré d'arrêter. La collaboration a même failli exploser en 2015 », rappelle le chercheur, contraint de « bricoler, quémander en permanence côté financement pour un budget de 4 millions d'euros ».

Au départ, l'expérience devait s'installer en Antarctique, au ciel plus sec qu'un désert, près de la base franco-italienne Concordia. Mais la difficulté d'assurer un fort apport en électricité nécessaire au refroidissement de l'instrument a fait hésiter la partie française. « Heureusement, les Italiens ont maintenu leur financement, malgré le déménagement vers l'Argentine », apprécie l'astrophysicien, qui salue l'engagement de ses collègues des universités de Rome et de Milan.

A des milliers de kilomètres de là, un petit bâtiment tout neuf s'apprête donc à accueillir une version pour l'instant réduite de Qubic, en attendant un système complet dans quatre ans. Le déménagement, désormais prévu pour la mi-mai, a pris deux semaines de retard à cause de la pandémie. Mais que représentent quinze jours, après quinze ans de développement, pour remonter des milliards d'années en arrière ?

DAVID LAROUSSEIRE