

# FAST

## LE GÉANT CHINOIS S'ÉVEILLE

AVEC SON NOUVEAU RADIODÉSCOPE DE 500 M DE DIAMÈTRE, LA CHINE DEVIENT UNE NATION PHARE DE L'ASTRONOMIE. DÈS 2017, CETTE ANTENNE GIGANTESQUE DEVRAIT LUI PERMETTRE D'EXPLORER L'UNIVERS EN PROFONDEUR.

La Chine a inauguré cet été son radiotélescope de 500 m de diamètre. Construit en un temps record, Fast devrait être pleinement opérationnel d'ici un an. © Fast/NAO/CAS





Une cuvette naturelle de la province de Guizhou (ci-dessous) a été utilisée pour installer l'antenne de Fast. L'aménagement du site a nécessité des travaux colossaux et la construction de mâts gigantesques pour porter les détecteurs.  
© Fast/NAO/CAS

Au plus profond de la Chine, dans la province du Guizhou — une région reculée et encore parmi les plus pauvres du pays, à 2 200 km au sud-ouest de Pékin —, après avoir abandonné une autoroute toute neuve, quitté toute trace de civilisation, et suivi pendant plus de 50 km un dédale de routes et de pistes qui zigzaguent à travers un paysage insolite de vallées étroites entourées de hautes collines verdoyantes, les derniers lacets d'un chemin poussiéreux nous conduisent au bord d'un spectacle somptueux. Devant nous, une immense cuvette naturelle qui nous semble tapissée d'un métal argenté. Cette forme géométrique parfaitement sphérique, dont on perçoit avec peine l'extrémité opposée tant sa dimension est imposante, est toute entière tournée vers le ciel. Elle nous fait basculer dans un univers futuriste. Pour ajouter à son mystère, de ce bol magique semble s'échapper une musique surnaturelle. Le vent tournoyant arrache à sa surface une lancinante et surnaturelle mélodie, un

bourdonnement incessant et modulé. Il n'y a pas de doute, si un jour on peut espérer entendre un message extraterrestre venu d'une lointaine civilisation ou vivre une rencontre du 3<sup>e</sup> type comme celle du célèbre film de Steven Spielberg, ce ne peut être que là, auprès de cette gigantesque oreille cosmique.

Nous sommes devant le plus grand radiotélescope du monde dont la construction vient de s'achever en juin. Son nom révèle son gigantisme : Fast pour Five hundred meter Aperture Spherical Telescope (radiotélescope sphérique de 500 m d'ouverture). D'un bord à l'autre, il fait près de 2 fois la taille de la tour Eiffel. Avec une surface totale de 196 000 m<sup>2</sup>, soit l'équivalent de plus de 30 terrains de football, il est près de trois fois plus grand que son concurrent étasunien construit sur le même mode, le radiotélescope d'Arecibo dans l'île de Porto Rico, qu'il vient de reléguer au rang de nain. Ce nouveau géant propulse la Chine au premier rang de la radioastronomie.

Trois fois plus grand veut dire voir trois fois plus loin dans l'Univers et explorer ainsi un volume près de dix fois plus vaste. L'astrophysicien Zhu Ming, un des responsables scientifiques du projet qui nous accueille sur place, est particulièrement enthousiaste lorsqu'il détaille les objectifs très ambitieux du radiotélescope : *"Fast va pouvoir cartographier l'hydrogène jusqu'aux époques de la formation des premières galaxies. Il va permettre aussi de doubler ou de tripler le nombre de pulsars connus, ces étoiles très denses en rotation rapide qui peuvent notamment servir pour détecter les ondes gravitationnelles. Enfin, il devrait permettre d'écouter cinq fois plus d'étoiles proches jusqu'à des distances de près de 1 000 années-lumière pour tenter de détecter un signal d'intelligence extraterrestre."*

La construction du radiotélescope géant, dont le coût est estimé à 160 millions d'euros, a été un véritable tour de force dans cette région peu facile d'accès. Débutée en 2011, elle s'est déroulée en un temps record,

exactement selon le planning prévu. Le choix du site a été primordial et les astronomes chinois se sont avant tout servis d'un cadeau de la nature. La province du Guizhou, littéralement *terre précieuse* en chinois, est caractérisée par un relief surprenant de vastes cuvettes naturelles de calcaire, sculptées par l'érosion dans des formes étonnamment sphériques ; un cadre idéal pour y placer ces grands réflecteurs radio dont rêvent tous les astronomes.

En 1994, lorsque la communauté internationale a lancé l'idée du projet futuriste du SKA (Square Kilometre Array), un réseau couvrant une surface d'un million de mètres carrés, la Chine s'est mise sur les rangs en proposant de tapisser quelques-unes de ces cuvettes naturelles. Mais en 2006, le comité SKA a finalement opté pour un réseau bien plus complexe de plusieurs milliers de petites antennes de 15 m de diamètre réparties en Afrique du Sud et en Australie. La Chine, tout juste sortie de son isolement scientifique, et encore soumise à un embargo techno-

logique par les États-Unis et l'Europe à la suite de la crise de Tiananmen de juin 1989, a dû alors compter sur ses propres forces. Nan Zedong, promoteur et responsable principal de Fast, se souvient : *"Nous avons alors décidé de poursuivre notre projet en utilisant une technologie purement chinoise. La dépression naturelle de Dawodang permettait d'atteindre une dimension de 500 m."*

Le relief favorable a été un premier atout, mais inclure une portion de sphère parfaite d'une telle dimension a quand même nécessité un chantier pharaonique de génie civil. Il a fallu créer les routes d'accès, raboter le bord des collines, creuser des canaux pour drainer les eaux de pluie afin d'éviter que la cuvette ne devienne une immense piscine et évacuer un million de mètres cubes de terre par une noria de camions qui sont venus troubler la vie tranquille de la région. Cette tranquillité est justement le deuxième atout de cette région, une des moins peuplées de Chine. Car, tout comme un télescope observant dans le domaine







visible doit être protégé de lumières parasites, un radiotélescope doit être parfaitement isolé des ondes parasites : radiocommunications, téléphones mobiles, wi-fi, et même fours micro-ondes ! Une zone d'exclusion de 5 km a été créée autour du site, nécessitant le déplacement de milliers de personnes qui ont dû être indemnisées et relogées.

La pose des premiers éléments du réflecteur radio géant a débuté le 2 août 2015. Fast est un gigantesque puzzle de 4 450 pièces élémentaires, principalement de grands triangles de 11 m de côté. Mais, à la différence du radiotélescope d'Arecibo, qui est une structure totalement fixe, le réflecteur sphérique chinois est comme le

filet d'une époussette : il est suspendu et déformable. Accroché à une structure tubulaire en anneau, il est supporté par 7 000 câbles et ne repose pas directement sur le sol. Il y est relié par un réseau, de 2 225 tiges rigides, des actuateurs, dont la longueur peut être variée par un moteur pour modifier en temps réel l'énorme structure.

La grande innovation de Fast est ainsi d'avoir un réflecteur "actif" qui agit comme une membrane souple pour corriger en permanence des effets perturbateurs du vent ou de la température, améliorant considérablement la qualité des observations. La forme idéale est contrôlée en permanence avec une précision de quelques mil-



Le radiotélescope chinois est suspendu et déformable. Cette conception originale lui permet de compenser les effets de la température et du vent. L'équipe de Fast a maintenant entamé la phase de test de l'antenne, qui devrait durer un an.

À gauche : © J.-M. Bonnet-Bidaud. En haut : © Fast/NAO/CAS

limètres par laser, grâce à un réseau de plus d'un millier de réflecteurs disposés à la surface. Au passage, Zhang Shuxin, responsable technique du site, révèle le secret de la mystérieuse musique de Fast : *"Le réflecteur radio capte les ondes radio de grande longueur d'onde, supérieure au centimètre. Du même coup, les panneaux n'ont pas besoin d'être une surface unie. Pour être plus légers, ils sont constitués de mailles de fils d'aluminium, espacés d'environ 1 cm. Les sons que nous entendons sont produits par l'air qui fait légèrement vibrer ces fils."* Lorsque le vent souffle, Fast se transforme en harpe cosmique...

À la différence des antennes mobiles qui peuvent être pointées dans différentes directions, Fast ne peut observer que les astres qui, du fait de la rotation de la Terre, transitent au-dessus de l'immense cuvette et donc pendant un temps réduit. Pour pallier cette limitation, la deuxième innovation a été d'inventer un ingénieux système de foyer mobile. Le foyer est le point où sont concentrées

les ondes radio venant du réflecteur. C'est en quelque sorte l'œil du télescope, l'endroit où doivent être placés les détecteurs capables d'analyser les ondes radio. Vu le gigantisme de Fast, il est situé à 140 m au-dessus du fond du réflecteur, soit plus haut que le 2<sup>e</sup> étage de la tour Eiffel. Accrocher des détecteurs à une telle hauteur aurait nécessité une structure fixe d'un poids de plus de 10 000 tonnes. Les ingénieurs chinois ont préféré une solution plus élégante et totalement nouvelle : suspendre une nacelle mobile à l'aide de câbles reliés à six immenses tours métalliques de 130 m de hauteur. En réglant minutieusement la tension des câbles, il est ainsi possible de déplacer le foyer au-dessus de différentes régions du réflecteur et observer ainsi une plus grande région du ciel et pendant plus longtemps. La nacelle qui pèse 30 tonnes doit être positionnée avec une précision de quelques centimètres. Pour tester la fiabilité, un modèle réduit de 50 m de diamètre a dû être construit à la station de Miyun,



près de Pékin. Grâce à cette ingéniosité, Fast peut explorer une région du ciel deux fois plus grande qu'Arecibo.

Selon le communiqué de presse de l'agence Xinhua, la construction a pris fin officiellement le 3 juillet lorsque le dernier panneau a été mis en place. En réalité, lors de notre visite le 25 juin, le radiotélescope avait déjà observé un des objets les plus célèbres de l'astrophysique moderne : le pulsar du Crabe, résultant d'une explosion d'étoile minutieusement observée et documentée par des astronomes chinois de la dynastie des Song qui ont assisté à l'événement le 4 juillet 1054 !

Sous le sceau du secret, car officiellement Fast n'est pas encore en opération, Zhu Ming et ses collaborateurs sont fiers de nous montrer la courbe du pulsar, une étoile hyperdense qui tourne sur elle-même en seulement 33 millisecondes, tout juste obtenue à l'aide d'un détecteur prototype. *“Ce n'est que le premier test qui montre que tout marche bien, note l'astrophysicien. D'ici à la fin de l'année, nous devrions installer trois nouveaux détecteurs. Et il y en aura neuf en configuration finale. Un des plus importants, capables d'observer dans 19 canaux simultanément, a été conçu en collaboration avec les observatoires de Parkes (Australie) et de Jodrell Bank (Royaume-Uni). À terme, Fast pourra explorer une large bande de fréquences radio allant de 70 MHz à 3 GHz.”*

Après mise au point et derniers réglages qui devraient durer environ un an, Fast sera fin prêt pour débiter son tour d'horizon du ciel radio avec une sensibilité inégalée. Sa surface utile est le double de celle d'Arecibo, 5 fois plus grande que le radiotélescope russe Ratan et 10 fois plus que les plus grandes antennes orientables de 100 m de diamètre de Greenbank (États-Unis) et Effelsberg (Allemagne) ou que le radiotélescope de Nançay (France). Elle reste également supé-

rieure à la surface cumulée de grands réseaux d'antennes comme le VLA (États-Unis) ou même de la première phase du SKA prévue au mieux pour 2018-2020, même si ces réseaux ont en revanche une résolution incomparablement plus élevée, leur permettant de distinguer des détails bien plus fins.

Grâce à la radioastronomie, les astrophysiciens mesurent non plus les étoiles, mais le gaz présent dans l'Univers, principalement l'hydrogène neutre, matériel primordial à partir duquel se forment les galaxies. La dimension de Fast permet d'espérer cartographier cet hydrogène non seulement dans notre galaxie, mais également au-delà, jusqu'à des distances de l'ordre de 8 milliards d'années-lumière. Un sondage profond qui va permettre de mieux comprendre comment s'assemblent les galaxies avant même que ne s'allument leurs étoiles.

Le deuxième objectif est la recherche de nouveaux pulsars. Véritables phares de l'Univers, ces étoiles denses en rotation rapide émettent à chaque rotation un très court signal radio. Les plus rapides, les pulsars millisecondes, ont une régularité digne des meilleures horloges atomiques et leurs tic-tac pourraient être dans le futur la base d'un nouveau temps de référence, non plus basé sur la rotation de la Terre comme actuellement, mais sur ces métronomes cosmiques ultrastables. Selon les estimations, Fast devrait découvrir 4 000 nouveaux pulsars, triplant le nombre connu, parmi lesquels 300 nouveaux pulsars millisecondes. Ces balises temporelles permettent de définir un temps de référence, mais agissent aussi comme un réseau GPS capable de mesurer des distances. Avec eux, il devient possible de détecter toute variation ou perturbation de l'espace-temps, notamment celles introduites par les ondes gravitation-

nelles récemment découvertes en février 2016 par l'installation Ligo (États-Unis). Avec Fast, la Chine entend rejoindre le programme international IPTA (International Pulsar Timing Array) qui met en commun les données des plus grands radiotélescopes pour cette recherche.

L'opportunité d'écouter le cosmos pour y détecter un éventuel signal d'intelligence extraterrestre est également évoquée pour Fast, analogue au programme Seti-Phoenix réalisé

quelques semaines par an et sur fonds privés à Arecibo de 1998 à 2004. Mais l'avis de scientifiques comme Nan Zengdong, qui a rêvé puis réalisé la plus grande oreille cosmique du monde, est catégorique *“Fast peut le faire, mais le programme est à haut risque et de faible retour attendu. Même si nous sommes capables d'écouter des planètes autour d'environ 5 000 étoiles, ce n'est pas un programme scientifique majeur.”*

Ce n'est peut-être pas l'avis de la totalité des très jeunes scientifiques qui

ont rejoint en masse le projet Fast, souvent surnommé Tianyan, *l'œil céleste*. Dans l'attente de bâtiments définitifs, ils s'entassent encore pour l'instant dans des piles de containers, dans une ambiance de camp de pionniers. Pour eux, Fast est l'opportunité unique de réintégrer par la grande porte l'astronomie d'excellence jusqu'ici réservée quasi exclusivement aux pays d'Amérique du Nord et d'Europe. Plus de 300 ans après son déclin scientifique, la Chine redevient une nation phare

de l'astronomie. Les jeunes scientifiques de Fast ne font pas mystère. Ils sont conscients de reprendre le flambeau de leurs illustres ancêtres, Zhang Heng (en 120), Yi Xing (720) ou Guo Shoujing (1280), tous ces astronomes qui, sur 2 000 ans, ont été les premiers à observer les taches solaires, noter la trajectoire des comètes, cataloguer les explosions d'étoiles et fait tant d'autres découvertes dont l'Europe a si longtemps négligé l'existence.

Jean-Marc Bonnet-Bidaud



Formation des galaxies, recherche de pulsars, écoutes extraterrestres... : les domaines d'exploration de Fast sont très variés. Rendez-vous à l'été 2017.  
© Fast/NAO/CAS