



FAST, en Chine, 500 m de diamètre, est le plus grand radiotélescope fixe du monde.



Le télescope de Green Bank, aux USA, avec son diamètre d'environ 100 m, est le plus grand télescope mobile du monde.



Figure de diffraction : l'onde qui arrive sur l'obstacle se disperse dans diverses directions.

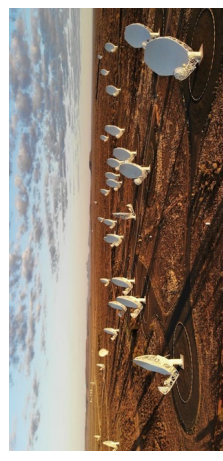
Taille et résolution

Alors qu'en optique la résolution des télescopes est limitée par la turbulence atmosphérique, ce problème n'existe pas en radio et la diffraction est perceptible (voir figure page ci-contre). La résolution spatiale est : $\theta \approx 1.2 \lambda / D$, λ la longueur d'onde, D , le diamètre du télescope, θ , en minutes d'arc.

Comme λ est grand, la diffraction est importante, limitant le pouvoir de résolution. Il est alors utile d'agrandir les télescopes jusqu'au gigantisme. Ces télescopes sont très sensibles aux parasites électriques. Ils sont construits loin des centres urbains et des usines produisant ces interférences. Certaines fréquences sont protégées des émissions anthropiques par l'Union internationale des télécommunications (UIT).

L'Univers dans ma poche

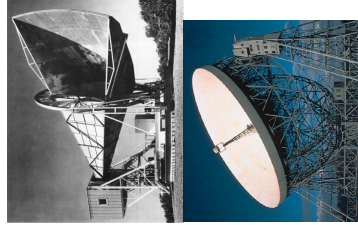
Les radiotélescopes



Laurent Pagani
CNRS & Observatoire de Paris-PSL



Réponse au verso



Quiz

Quelles images montrent des interféromètres ?



Cartographie

Les radiotélescopes n'observent souvent qu'un point (on dit un « pixel ») à la fois dans le ciel parce que leur récepteur n'a qu'un seul capteur. Pour obtenir une image, il faut que le télescope balaye toute la surface point par point. On assemble tous les points pour obtenir une carte. Par contre, ils observent une multitude de fréquences en même temps avec une résolution (dite spectrale) qui peut être très grande. Ça permet de mesurer des mouvements très faibles dans les nuages où se forment les étoiles ou d'identifier des centaines de molécules interstellaires différentes.

Il existe enfin quelques radiotélescopes équipés de caméras avec un grand nombre de pixels mais sans résolution spectrale, ce sont des bolomètres. Ils sont utiles pour observer la poussière interstellaire froide qui émet en ondes radio.

Technique radio

À cause de sa faible énergie, la nature corpusculaire de la lumière radio (voir TUIMP 4.3) ne se manifeste pas en général. Elle interagit plutôt comme une onde, composée d'une partie électrique et d'une partie magnétique. On l'émet ou la reçoit avec une antenne (en général un élément de métal conducteur sensible au champ électrique de l'onde radio en réception, ou créant ce champ électrique en émission).

La radioastronomie utilise toutes les techniques radio associées à de grandes antennes tournées vers le ciel pour capter ces signaux très faibles qui nous viennent de l'Univers. Notons que les radio télescopes observent jour et nuit, car le ciel n'émet pas en ondes radio.

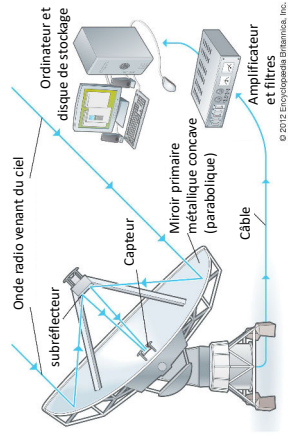


Schéma de fonctionnement d'un radiotélescope. Le miroir primaire, métallique et de grande taille renvoie le signal vers un miroir secondaire puis un détecteur. Le signal est ensuite amplifié et filtré dans une gamme de fréquences pour être finalement analysé par un ordinateur. Si la fréquence est trop élevée pour être amplifiée directement, on change d'abord la fréquence. C'est la technique dite hétérodyne.

Introduction

Pour observer le ciel, on doit capter les messages qu'il nous envoie (voir TUMIP 4/3). Le plus connu des messages est la lumière, dont seule une petite partie est captée par l'œil (la lumière dite « visible », celle des couleurs de l'arc en ciel). Mais il y a beaucoup d'autres types de lumière dont une découverte à la toute fin du XIXe siècle et largement utilisée depuis : les ondes radio.

Ces ondes ont une longueur (λ) très grande comparée à la lumière visible (de mille à des milliards de fois plus grande) et donc une fréquence (ν) très basse ($c = \lambda \times \nu$, où c est la vitesse de la lumière). Nous avons su construire de nombreux appareils pour les émettre et les recevoir, tels que les postes radio ou de télévision, les talkies-walkies, les téléphones sans fil et les radars.

Pour en savoir plus sur cette collection et sur les thèmes présentés dans ce mini-livre visiter <http://www.tuimp.org>

TUMIP Creative Commons

(Si pas précisé, crédits généraux : Wikipédia)

Image de couverture : un des derniers des radiotélescopes : MEEKAT

L'Univers dans ma poche n° 4/5

Ce mini-livre a été rédigé en 2025 par Laurent Pagan de l'Observatoire de Paris et du CNRS et revu par Grazyna Stasińska de l'Observatoire de Paris et Stan Kurtz de l'IKyA (Morelia, Mexique).

Réponse

Les interféromètres sont toujours composés de plusieurs antennes

Nobeyama radiotélescope (interféromètre)

Observatoire spatial Herschel (radiotélescope)

Jodrell Bank (radiotélescope)

APEX (vu de dos) (radiotélescope)

VLA (interféromètre)

Bell Labs Antenne cornet (radiotélescope)

Opacité

Longueur d'onde

Transparence du ciel en fonction de la longueur d'onde. Les ondes radio couvrent de 1 mm environ à des dizaines de km de longueur d'onde. Le ciel est totalement transparent de 3 cm à 20 m et partiellement transparent entre 3 cm et 0,3 mm. En dessous de 1 cm, il est intéressant d'installer les télescopes en altitude pour améliorer la transmission en partie bloquée par la vapeur d'eau surtout présente à basse élévation.

Tous ces appareils fonctionnent sur le même principe : ils captent une onde radio qu'ils amplifient et convertissent pour délivrer du son ou une image.

Les interféromètres

On fabrique aussi des radio télescopes en mettant en service plusieurs antennes dont on combine les signaux. On parle alors d'interférométrie radio car on fait interférer les signaux venant de tous les antennes entre elles. Les distances entre les antennes peuvent être énormes, jusqu'à atteindre la taille de la Terre voire plus si une des antennes est placée en orbite, comme le télescope de 10 m russe RadioAstron. La résolution d'un interféromètre est identique à celle d'un télescope unique dont le diamètre serait la distance entre les deux antennes les plus éloignées. Un tel télescope serait impossible à construire en un seul tenant.

Voir les illustrations page 12.

Les débuts

Après des premières tentatives infructueuses pour détecter les ondes radio du Soleil entre 1896 et 1901, c'est Karl Jansky qui fit la première découverte d'ondes radio extraterrestres, émises par le centre de la Voie Lactée, en 1932.

À partir de là, la radioastronomie fit rapidement des progrès pour devenir une science riche et très complémentaire à l'astronomie optique traditionnelle (voir TUMIP 4/6).

La radioastronomie peut faire de la détection directe de la lumière, comme en optique (mesure de l'énergie du signal) ou de la détection hétérodyne (mesure du champ électrique incident) qui permet d'amplifier le signal et de le filtrer avec grande précision grâce à l'électronique en radio fréquences.

1 arcminute

1 km

Quelques exemples de résolution :

L'œil a une résolution d'une minute d'arc (on pourrait distinguer 2 ballons de football côte-à-côte à 1 km de distance).

Un télescope optique a une résolution d'une seconde d'arc (60 fois mieux que l'œil, donc il distingue les 2 ballons jusqu'à 60 km de distance ou 2 dés à 1 km).

FAST a une résolution un plus mauvaise que l'œil : trois minutes d'arc. Il ne peut séparer les 2 ballons qu'à 300 m (soit moins que sa taille !).

Certains interféromètres peuvent voir des détails minuscules. On mesure leur résolution en fraction de seconde d'arc. En millièmes ou même en millionnièmes de seconde d'arc. À cette résolution extrême, ils pourraient voir une balle de ping-pong sur la Lune.