

Laurent Paganini
CNRS & Observatoire de
Paris-PSL

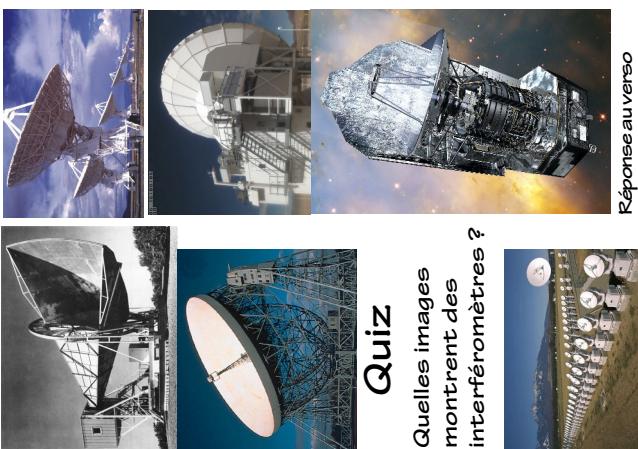


Réponse au verso



Les radiotélescopes

L'Univers dans ma poche



Quiz

Quelles images montrent des interféromètres ?



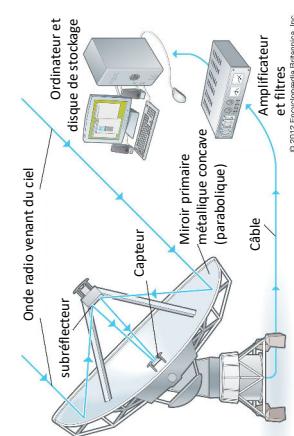
réponse

On peut voir des interféromètres, c'est à dire plusieurs antennes qui sont placées à des distances différentes. Il existe enfin quelques radiotélescopes qui ont une très grande résolution mais sans résolution spectrale, ce sont des bolomètres. Ils sont utilisés pour observer la poussière interstellaire et les objets qui émettent des ondes électromagnétiques.

Cartographie

Les radiotélescopes n'observent pas dans le ciel parce que leur champ de vision est très étroit (on dit un « pixel »).

On mesure alors les émissions très faibles émanant d'une source. Il faut alors faire une干涉 pour observer une source. Cela permet de déterminer la position de la source. On peut alors identifier des centaines de molécules interstellaires différentes.



© 2012 Encyclopedia Britannica, Inc.
Schéma de fonctionnement d'un radiotélescope. Le miroir primaire, métallique et de grande taille renvoie le signal vers un miroir secondaire pris 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 et détectée, on change d'abord la fréquence. C'est la technique dite hétérodyne.



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



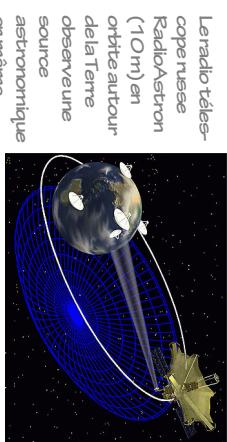
FAST, en Chine, 500 m de diamètre, est le plus grand radiotélescope fixe du monde.

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 : $\theta = 1.2 \lambda / D$ où λ la longueur d'onde, D , le diamètre du télescope, θ , en minutes d'arc.

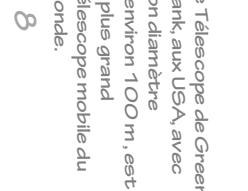
Comme λ est grand, la diffraction est importante, limitant le pouvoir de résolution. Il est alors utile d agrandir les télescopes jusqu'au gigantisme. Ces télescopes sont très sensibles aux parasites électriques. Ils sont construits loin des centres urbains et des usines produisant ces interférences.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



NOEMA. L'interféromètre du Plateau de Bure (IRAM). 12 antennes de 15 m regardent la même source astronomique ensemble.



Le radio télescope IRAM-30m (30m) en orbite autour de la Terre observe une source astronomique en même temps que les télescopes au sol. La résolution est celle d'un radiotélescope équivalent (représenté en bleu sur la figure) mais la surface collectrice reste très petite.



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

8

9

10

5

12

radiofréquences grâce à l'électronique

radiofréquences. 7

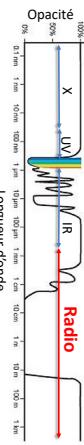
Après des premières tentatives infructueuses pour détecter les ondes radio du Soleil entre 1890 et 1901, c'est Karl Jansky qui fit la première découverte d'ondes radio extraterrestres, émises par le centre de la Voie Lactée, en 1932.

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

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

radiofréquences. 7

Les débuts



Transparence du ciel en fonction de la longueur d'onde. Les ondes radio couvrent de 1mm environ à des dizaines de km de longueur d'onde. Le ciel est totalement transparent de 3 cm à 2,0 m et partiellement transparent entre 3 cm et 0,3mm. En dessous de 1 cm, il est intéressant d'installer les télescopes en altitude pour améliorer la transmission partielle bloquée par la vapeur d'eau surtout présente à basse élévation.



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



Réponse
Les interféromètres sont toujours composés de plusieurs antennes

Nobeyama
radiotélescope
(interférométrie)

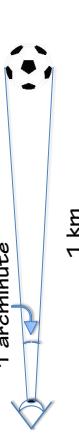


Image de couverture : un des derniers des radiotélescopes: MEERKAT
(Si pas précisée, crédits généraux : Wikipédia)



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

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 ($\nu = \lambda \times v$, où v 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.



Quelques exemples de résolution :

L'œil a une résolution d'une minute d'arc. (on pourra distinguer 2 ballons de football côté-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 dég à 1 km).

FAST a une résolution un peu 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 millionièmes de seconde d'arc. À cette résolution extrême, ils pourraient voir une balle de ping-pong sur la Lune.

Les interféromètres

On fabrique aussi des radiotélescopes en mettant en service plusieurs antennes dont on combine les signaux. On parle alors d'interféromètre 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 interféromètre serait impossible à construire en un instant, car il dépendrait de la distance entre les antennes.

Antenne d'un radar Würzburg. L'émission du Soleil a été détectée pour la première fois en 1942 par le physicien britannique James Hey. Cette découverte resta secrète car les Alliés savaient que leurs avions, s'ils avaient le soleil derrière eux, ne seraient pas détectés par les radars allemands. Ces radars allemands (dits Würzburg) ont été ensuite réutilisés pour faire les premiers pas de la radioastronomie en Europe.



Voiles illustrations page 12.