

Les télescopes : des yeux vers l'espace

Un livre de lecture de Reading A-Z, Niveau Z
Nombre de mots : 2 462

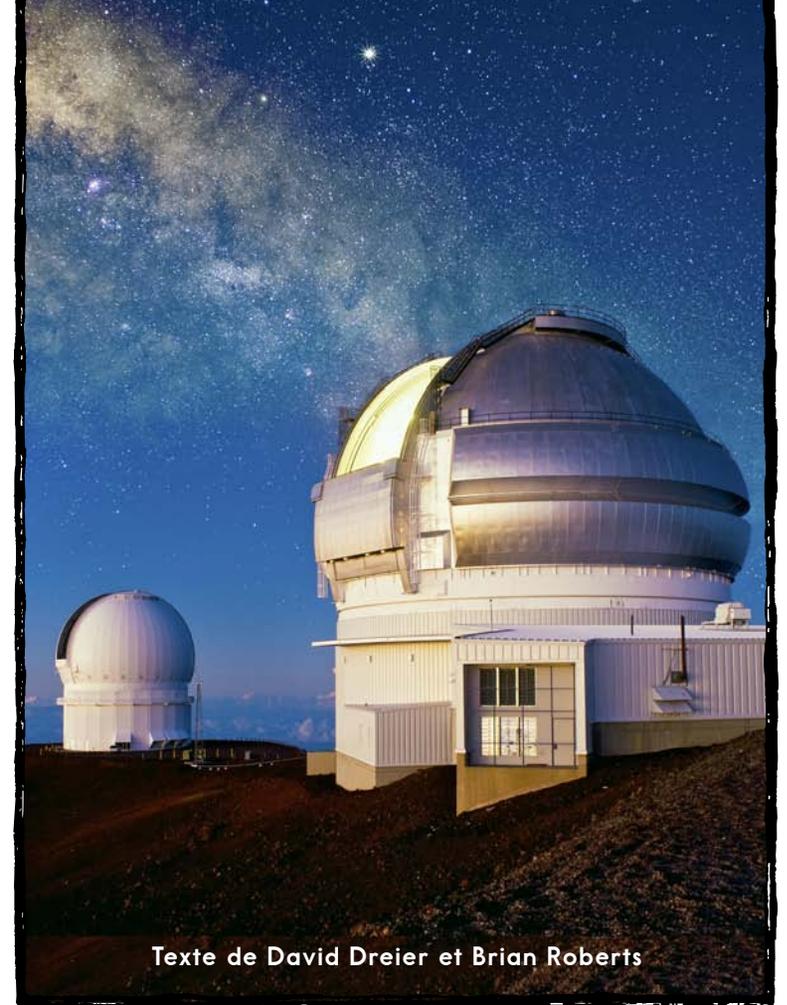


**Reading a-z**

Visitez www.readinga-z.com
pour des ressources supplémentaires.

LECTURE • Z

Les télescopes : des yeux vers l'espace



Texte de David Dreier et Brian Roberts

www.readinga-z.com

Les télescopes : des yeux vers l'espace



Texte de David Dreier et Brian Roberts

www.readinga-z.com

Citations des photos :

Couverture : © David Nunuk/SPL/Photo Researchers, Inc.; couverture arrière : avec la permission de la NASA, ESA, et de l'équipe Hubble SM4 ERO; page titre : © REUTERS/Will Burgess; pages 3, 20 : avec la permission de l'Observatoire NAIC d'Arecibo, une branche de la NSF; page 4 : © Dr. Guillermo Gonzalez/Visuals Unlimited/Corbis; pages 5 (en haut), 14 : © Roger Ressmeyer/Corbis; pages 5 (en bas), 6, 10, 12 : © Jupiterimages Corporation; page 7 : © REUTERS/Marco Bucco; page 8 : © Royal Astronomical Society/SPL/Photo Researchers, Inc.; pages 9, 19 : avec la permission de la NASA/STScI; page 13 : © Eckhard Slawik/SPL/Photo Researchers, Inc.; page 15 : © iStockphoto.com/Chris Johnson; page 16 (en haut) : avec la permission de John Hill/Large Binocular Telescope Observatory; page 16 (en bas) : © David Parker/SPL/Photo Researchers, Inc.; page 17 (toutes) : avec la permission de G. Fritz Benedict, Andrew Howell, Inger Jorgensen, David Chapell (Université du Texas), Jeffery Kenney (Université de Yale), et Beverly J. Smith (CASA, Université du Colorado) et de la NASA; pages 18, 23 : avec la permission de la NASA/JSC; page 21 : © NRAO/AUI/ NSF/SPL/Photo Researchers, Inc.; page 22 (ciel) : avec la permission de ESA/LFI& HFI Consortia; page 22 (téléscope) : avec la permission de ESA – D. Ducros

Les télescopes : des yeux vers l'espace

(Telescope: Eyes on Space)

Niveau de lecture Z

© Learning A-Z

Texte de David Dreier et Brian Roberts

Traduction française de Cécile Tailhardat

Tous droits réservés.

www.readinga-z.com



Table des matières

Introduction	4
Les premiers télescopes à capteurs de lumière.	6
Comment fonctionnent les télescopes	10
Les télescopes modernes	13
Les télescopes spatiaux	17
Les radiotélescopes	20
L'avenir de l'astronomie.	22
Glossaire	24



La comète NEAT, également connue sous le nom de C/2001 Q4

Introduction

Pendant des millénaires, la curiosité de certaines personnes les a poussées à observer le ciel et à s'interroger sur ce qu'elles voyaient. Leurs observations étaient limitées à ce qu'elles pouvaient voir à l'œil nu. Ce n'est qu'avec l'invention du télescope, il y a environ 400 ans de cela, que notre connaissance de l'espace a fait un bond en avant. Depuis lors, les télescopes se sont perfectionnés pour devenir des outils puissants pour observer les étoiles, les planètes et les autres objets de l'espace.

Il existe deux principaux types de télescopes. Le premier type capte la lumière d'objets distants et grossit les images formées par cette lumière. On l'appelle **télescope optique** ou télescope à capteur de lumière. Le deuxième type de télescope, appelé **radiotélescope**, capte des ondes radio de l'espace. Bien que ces ondes soient invisibles, elles peuvent être converties en images visibles que nous pouvons examiner.

Nous allons découvrir l'histoire des télescopes, comment ils fonctionnent et comment les scientifiques et d'autres personnes les utilisent pour étudier les objets distants de l'espace.



Un télescope optique



Un radiotélescope

Le mot savant

Le mot *télescope* vient des mots grecs *têle* qui veut dire « loin ou éloigné » et *skopein* qui signifie « surveiller ou observer ».



Un des premiers modèles de télescope

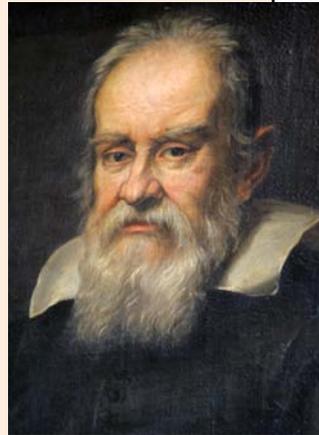
Les premiers télescopes à capteurs de lumière

L'invention du télescope a été rendue possible grâce au développement de la lentille de verre. Une lentille est une pièce de verre incurvée qui réfracte et concentre la lumière. Les premiers verres, ou lentilles, de lunettes furent développés par des fabricants de verre italiens. Mais ce fut le fabricant de verres de lunettes hollandais, Hans Lippershey, qui, selon la plupart des historiens, fut le premier à découvrir comment combiner des lentilles pour observer des objets distants. Il aligna deux lentilles de façon à ce que la première grossisse la lumière provenant de la seconde. Ainsi, des objets distants paraissaient beaucoup plus proches. En 1608, Lippershey conçut son premier télescope **rudimentaire**, qu'il nomma « Le Spectateur ». D'autres personnes expérimentaient également avec les combinaisons de lentilles, mais Lippershey fut le premier à faire une demande de brevet. Son invention devint un outil militaire important. Le télescope offrit un gros avantage en temps de guerre, car il permit aux armées hollandaises de surveiller les mouvements des troupes ennemies à distance.

Un an après que Lippershey eut inventé son télescope, un Italien, Galileo Galilei (ou Galilée), travailla d'arrache pied à la construction d'un télescope pour observer des objets dans l'espace. Il a considérablement amélioré le travail de Lippershey et d'autres lunetiers hollandais en créant des télescopes qui faisaient voir des objets cinq fois plus gros qu'ils n'étaient et, au fil du temps, trente fois. Galilée utilisa son télescope pour observer des objets spatiaux distants. En raison de ce travail précoce, il est considéré comme le père de l'astronomie. Voici une liste des observations importantes que Galilée a faites avec ses télescopes.

Les observations de Galilée

- Les cratères et les montagnes sur la surface de la Lune
- Les quatre lunes de Jupiter
- Les phases de Vénus, prouvant qu'elle orbite le Soleil
- Les taches sur la surface du Soleil
- La composition de la Voie Lactée en tant que galaxie d'étoiles plutôt que nuage de poussière cosmique comme on le pensait auparavant
- Neptune, bien qu'il ne se soit pas rendu compte que c'était une planète



Le dilemme de Galilée

En tant que professeur d'astronomie, on exigeait de lui qu'il enseigne un modèle du système solaire dans lequel la Terre était placée au centre et le Soleil et toutes les autres planètes gravitaient autour d'elle. Mais ses observations de l'espace l'avaient convaincu qu'une théorie différente était peut-être plus exacte. Cette théorie plaçait le Soleil au centre du système solaire avec les planètes gravitant autour de lui. Son enseignement de cette théorie contraria l'Église catholique romaine parce que l'Église était persuadée que Dieu avait conçu l'univers pour graviter autour de la Terre. La théorie de Galilée déplaçait l'humanité du centre de l'univers et faisait de la Terre une simple planète parmi d'autres qui gravitaient autour d'une étoile

parmi tant d'autres. L'Église bannit la théorie de Galilée qui plaçait le Soleil au centre et le condamna à la prison à vie. Mais parce que Galilée était déjà âgé, il fut autorisé à purger sa peine chez-lui et il fut assigné à son domicile jusqu'à la fin de sa vie.



D'autres scientifiques suivirent les traces de Galilée, perfectionnant le télescope et mettant à jour encore plus d'objets de l'espace. Un des premiers fut le célèbre scientifique britannique Isaac Newton. Newton découvrit qu'un miroir incurvé et poli pouvait capter la lumière des objets, un peu comme le faisaient les lentilles de Lippershey et de Galilée. Contrairement aux télescopes qui utilisent une lentille pour capter la lumière, le télescope-miroir de Newton captait la lumière sans la séparer en un arc-en-ciel de couleurs. Il était aussi possible de fabriquer un miroir plus large qu'une lentille. Ces avantages rendirent le télescope de Newton plus performant que ceux qui dépendaient uniquement des lentilles.



Des techniciens inspectent le miroir du télescope spatial Hubble en 1984.

Comment fonctionnent les télescopes

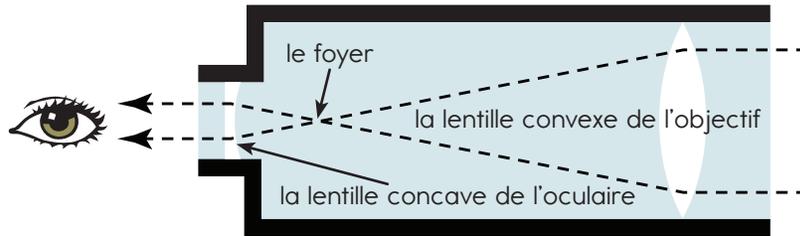
Toutes les lentilles ne fonctionnent pas de façon identique pour grossir les images. Tous les télescopes fonctionnent en concentrant la lumière en un point. Ceux qui utilisent une lentille pour dévier la lumière en un point central sont appelés télescopes réfracteurs. Ceux qui utilisent un miroir incurvé pour réfléchir la lumière en un point central sont appelés télescopes réflecteurs.

Les télescopes réfracteurs ont trois composantes essentielles : un tube et deux lentilles. Le tube a deux utilités : (1) il garde les deux lentilles en place à la bonne distance l'une de l'autre et (2) il les garde à l'abri de la poussière et de la lumière, qui pourraient interférer avec la formation d'une bonne image. La lentille la plus grande, celle qui est la plus éloignée de l'œil, est une lentille **convexe**, ce qui veut dire qu'elle est plus épaisse en son centre que sur le bord extérieur. La lumière, qui entre dans le télescope en passant à travers les lentilles, est déviée en un point appelé le **foyer**. Cela produit une image de l'objet vers lequel le télescope est pointé. Une plus petite lentille, appelée l'oculaire, est utilisée pour grossir cette image avant qu'elle n'atteigne l'œil, faisant apparaître l'objet éloigné plus gros et plus proche.



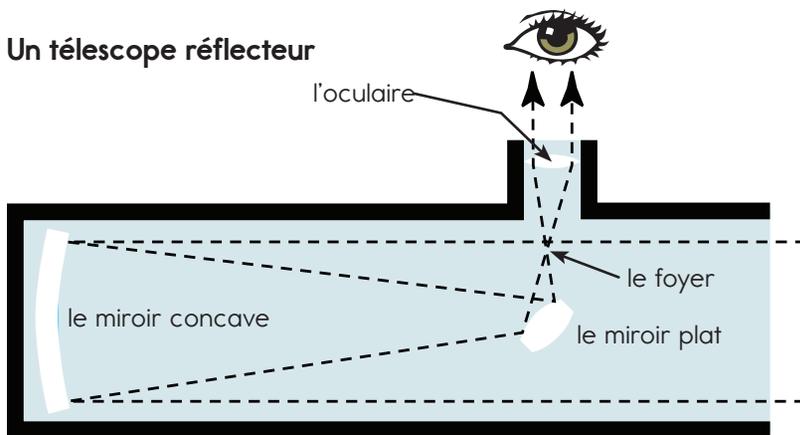
Une lentille convexe dans une loupe

Un télescope réfracteur



Un télescope réflecteur a quatre composantes essentielles : un tube, deux miroirs et une lentille. Le tube maintient les miroirs et la lentille en place. Le miroir primaire est un grand miroir **concave**, recourbé vers l'intérieur tout comme l'intérieur d'un bol. Il capte la lumière et la réfléchit vers un miroir secondaire et plat. Le miroir plat est incliné et beaucoup plus petit. Son angle d'inclinaison permet de faire entrer plus de lumière sans déformation. Il réfléchit l'image lumineuse du miroir concave jusqu'à l'oculaire montée sur le côté.

Un télescope réflecteur



Les télescopes réflecteurs présentent des avantages par rapport aux télescopes réfracteurs. L'avantage le plus important est qu'il est beaucoup plus facile et moins coûteux de fabriquer et de polir un grand miroir concave que de fabriquer une grande lentille convexe. Il est difficile de fabriquer une lentille qui capte la lumière d'un diamètre supérieur à 10 centimètres



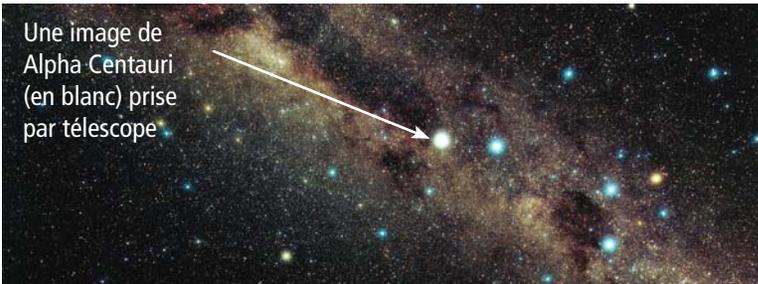
Un télescope amateur typique

(4 pouces). Par ailleurs, des miroirs plus grands sont non seulement plus faciles à fabriquer mais ils peuvent également capter plus de lumière. Plus un télescope peut capter de lumière, plus grand est le nombre d'objets de faible intensité et éloignés que les astronomes peuvent observer dans l'espace.

La minute mathématique

La lumière voyage très rapidement : 300 000 kilomètres (186 000 miles) en seulement une seconde. Le Soleil est à 149 000 000 kilomètres (93 000 000 miles) de la Terre. Combien de minutes faut-il à la lumière, à partir du moment où elle quitte le Soleil, pour atteindre la Terre?

Réponse : 8,3 minutes



Une image de Alpha Centauri (en blanc) prise par télescope

Le savais-tu?

Les distances dans l'espace sont tellement vastes que les astronomes ont créé une unité de mesure appelée année-lumière pour les mesurer. Une année-lumière est la distance que la lumière, qui voyage à 300 000 kilomètres par seconde (186 000 miles par seconde), peut parcourir en une année. Les étoiles les plus proches de la Terre sont : Proxima Centuri à 4,2 années-lumière de distance et Alpha Centauri à 4,3 années-lumière.

Les télescopes modernes

Qu'ils soient de type réfracteur ou réflecteur, les télescopes qui sont conçus de nos jours sont de plus en plus gros. Dans les années 1840, des scientifiques en Irlande ont construit un gros télescope réflecteur appelé le Léviathan. Son miroir mesurait 1,8 mètre (5,9 pieds) de diamètre, ce qui paraissait incroyablement grand à l'époque.

Pour abriter ces télescopes de plus en plus gros, il a fallu construire des bâtiments spéciaux appelés **observatoires**. Des observatoires ont fleuri partout dans le monde. Plusieurs d'entre eux ont été construits au sommet de montagnes, loin des lumières des villes.

En 1897, les États-Unis ont construit un observatoire au Wisconsin pour abriter le plus gros télescope réfracteur jamais construit. La lentille du télescope qui captait la lumière était exceptionnellement large, mesurant 40 centimètres (15 pouces) de large. Il était abrité dans l'observatoire de Yerkes.

Au début des années 1900, de nouveaux observatoires furent construits pour abriter des télescopes réflecteurs géants. Ces derniers pouvaient être plus larges et plus puissants que les télescopes réfracteurs et, après tout, les astronomes voulaient voir de plus en plus loin dans l'espace. Voir plus loin exigeait de capter davantage de lumière de faible intensité. Grâce à la construction de deux grands télescopes réflecteurs, la Californie du Sud devint un centre important pour l'astronomie et la recherche.



L'un des télescopes, dans l'observatoire du mont Wilson près de Los Angeles, possédait un miroir de 2,5 mètres (8 pieds) de diamètre. Les astronomes utilisèrent ce puissant télescope pour aider à prouver qu'il existe bien de nombreuses galaxies au-delà de celle qui est la nôtre, la Voie Lactée.

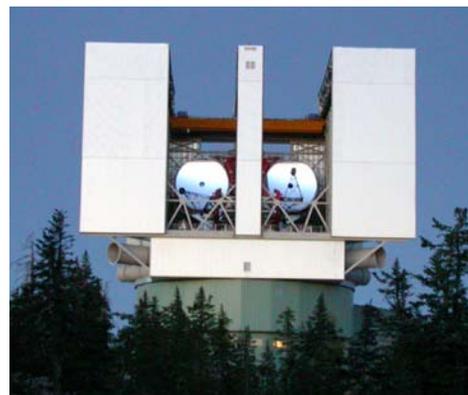
Le télescope Hooker de 2,5 mètres (8 pieds) sur le mont Wilson



Ce bâtiment abrite le télescope du mont Palomar. Le dôme s'ouvre quand le télescope est utilisé.

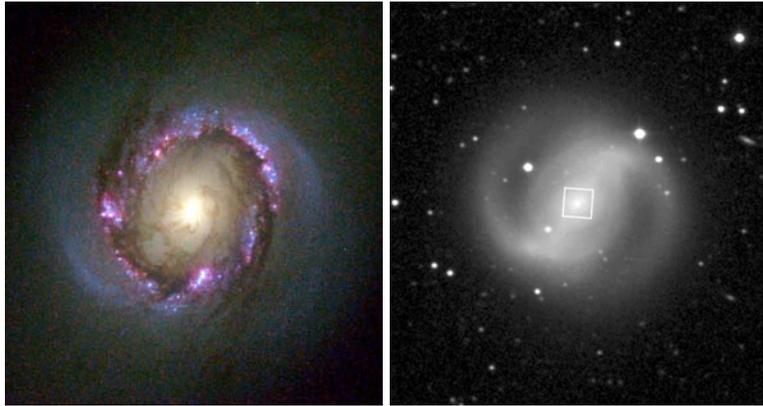
Le deuxième plus important observatoire de Californie, celui du mont Palomar, ouvrit en 1948 et son miroir était deux fois plus grand que celui du télescope du mont Wilson. Ce puissant télescope fournit aux astronomes une vue plus nette des planètes et des galaxies éloignées, et révélait ainsi des objets de l'espace qui n'avaient jamais été vus auparavant. Au fil du temps, les télescopes réflecteurs devinrent encore plus gros. Certains possédaient des miroirs d'environ 10 mètres (33 pieds) de diamètre. Si on avait pu placer un de ces miroirs contre un édifice, il aurait atteint le quatrième étage. Ces miroirs avaient une capacité à capter de la lumière considérable, ce qui permit aux astronomes de voir encore plus loin dans l'espace.

L'un des plus puissants télescopes modernes utilise la puissance combinée de deux grands télescopes réflecteurs qui agissent comme un seul télescope exceptionnellement puissant. Puisqu'il fonctionne, en quelque sorte, comme une paire de jumelles (*binoculars* en Anglais), il s'appelle le Grand Télescope Binoculaire ou LBT. Chacun des deux miroirs qui forment ce télescope mesure 8,4 mètres (27,5 pieds) de large. Leur capacité à capter la lumière représente celle d'un seul miroir d'environ 12 mètres (37 pieds) de diamètre.



Le Grand Télescope Binoculaire (à gauche) avec ses deux miroirs permet aux astronomes de voir des objets éloignés dans l'espace beaucoup plus clairement que jamais auparavant. L'immensité du miroir fait que les travailleurs paraissent minuscules (ci-dessous).



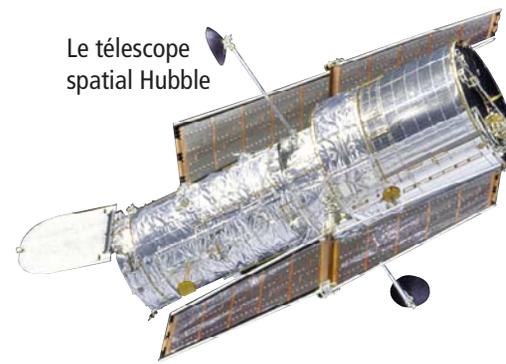


Une image prise par le télescope spatial en orbite, Hubble, (à gauche) révèle un anneau de jeunes étoiles qui tournent autour de la galaxie NGC 4314 à environ 40 millions d'années-lumière. Les jeunes étoiles apparaissent floues lorsqu'on les observe avec un télescope terrestre (à droite).

Les télescopes spatiaux

Les télescopes terrestres ont un gros inconvénient. La lumière des objets lointains qu'ils captent passe à travers l'atmosphère terrestre avant de les atteindre. Cette atmosphère est une couverture de gaz de 50 kilomètres (30 miles) d'épaisseur entourant notre planète. Les gaz sont constamment en mouvement. Lorsque la lumière pénètre l'atmosphère, un phénomène de **distorsion** se produit, ce qui rend floues les images d'étoiles et d'autres objets spatiaux et cela avant même qu'elle atteigne un télescope. La distorsion, c'est comme regarder un objet au fond d'un bassin d'eau claire. Un autre problème est que la lumière provenant de certains objets distants est si faible qu'elle ne peut pas pénétrer l'atmosphère terrestre. La lumière est dispersée avant même d'atteindre un télescope.

Une partie de ce manque de netteté, provoquée par l'atmosphère, a été minimisée par l'utilisation d'ordinateurs. Les ordinateurs peuvent prédire la quantité de mouvement et ajuster la courbure du miroir d'un télescope pour créer des images plus nettes. Mais même avec ces ajustements, les astronomes sont conscients que l'observation des objets spatiaux distants avec des télescopes terrestres présentera toujours de sérieuses limites.



La seule façon de contourner ce problème était de placer des télescopes au-dessus de l'atmosphère terrestre. L'essor des satellites en orbite et des stations spatiales en

orbite, offrait la possibilité de placer un télescope en orbite au-dessus de l'atmosphère terrestre. Les scientifiques se mirent au travail pour concevoir un télescope qui graviterait autour de la Terre et, en 1990, ils mirent le premier télescope en orbite. Ce télescope spatial fut nommé *Hubble* en l'honneur d'Edwin Hubble, un célèbre astronome américain. Hubble est en orbite à 600 kilomètres (370 miles) au-dessus de la Terre, bien au-delà de l'atmosphère de la planète. Depuis sa position dans l'espace, il a une vue non obstruée des objets lointains.

Hubble utilise un miroir de 2,4 mètres (7,8 pieds) de diamètre pour former des images. Les ordinateurs et les autres équipements de l'engin spatial convertissent les images lumineuses en ondes radio et les renvoient sur la Terre. Des stations terrestres reçoivent les ondes radio et les reconvertissent en images que les scientifiques et les autres personnes sur Terre peuvent visionner. Le télescope spatial Hubble a permis de découvrir dans l'espace des objets jamais vus auparavant et d'examiner les objets spatiaux plus en détails que jamais.

Les découvertes de Hubble

Le télescope spatial Hubble nous a permis de voir des objets que nous n'avions jamais vus auparavant. Il a aussi réuni des preuves qui ont permis de répondre à plusieurs questions au sujet de l'univers. Parmi ces découvertes capitales sont :

- la première preuve solide de l'existence des trous noirs
- la preuve que des planètes existent en dehors de notre système solaire
- la découverte, pour la première fois, d'une planète rocheuse semblable à la Terre, en dehors de notre système solaire
- la preuve que les disques de poussière, à partir desquels les planètes se forment, sont en fait un phénomène commun que l'on retrouve autour d'autres étoiles
- le premier aperçu de galaxies anciennes de plus de dix milliards d'années
- des images d'étoiles et de supernovae qui ont permis aux astronomes de calculer l'âge de l'univers de façon plus précise
- le premier gros-plan d'une comète heurtant une planète lorsque la comète Shoemaker-Levy 9 s'est écrasée sur Jupiter



Les radiotélescopes

Il existe une autre sorte de télescope : le radiotélescope. Au lieu de capter la lumière d'objets lointains et de la grossir, un radiotélescope capte des ondes radio invisibles émises par de lointaines formations dans l'espace. On pourrait dire que les radiotélescopes écoutent l'espace au lieu de l'observer. Alors que les télescopes optiques sont nos yeux dans l'espace, les radiotélescopes sont nos oreilles dans l'espace.

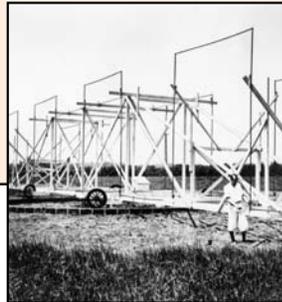
La plupart des radiotélescopes sont de larges structures de métal en forme d'assiette. L'assiette de métal, ou parabole, capte et réfléchit les ondes radio vers une antenne située en son centre. La parabole de la plupart des radiotélescopes de taille moyenne mesure approximativement 25 mètres (82 pieds) de large, mais celle du radiotélescope situé sur l'île de Puerto Rico, dans la mer des Caraïbes, est immense : 305 mètres (1 000 pieds) de diamètre! Les scientifiques ont aussi interconnecté un certain nombre de radiotélescopes en un seul endroit. C'est le cas d'un site au Nouveau-Mexique où 27 radiotélescopes approvisionnent en signaux radio un ordinateur qui forme ensuite un seul grand signal radio.



Le radiotélescope de Puerto Rico est si immense qu'il a été construit dans la vallée entre des montagnes.

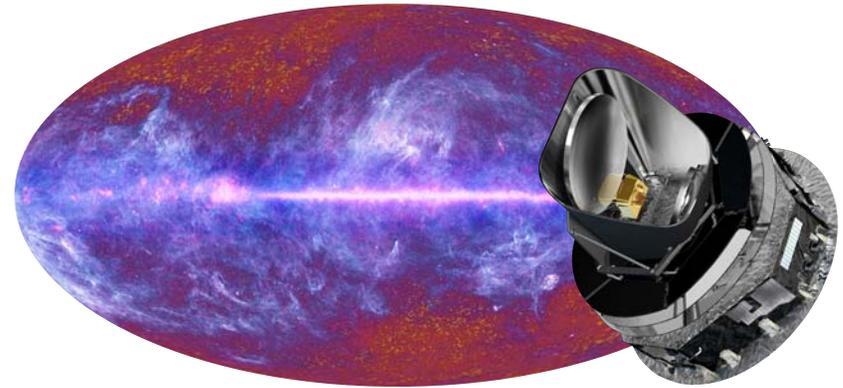
Les gens de la science

La radioastronomie débuta en 1933 lorsqu'un ingénieur américain du nom de Karl Jansky découvrit accidentellement des ondes radio en provenance de l'espace. Jansky avait construit une antenne radio de 33 mètres (100 pieds) montée sur quatre pneus d'une Ford Modèle T pour lui permettre de tourner. Il avait construit l'antenne pour étudier les interférences qui affectaient les lignes téléphoniques transatlantiques déployées au fond de l'océan. Jansky détecta des ondes radio statiques provoquées par les orages et découvrit un sifflement provenant des profondeurs de l'espace. Il pensa d'abord que le sifflement venait des radiations du Soleil, mais il conclut plus tard qu'il s'agissait d'ondes radio qui émanaient du centre de la Voie Lactée. Cette découverte fut purement accidentelle et plusieurs années s'écoulèrent avant que d'autres scientifiques s'intéressent suffisamment à la découverte de Jansky pour construire leurs propres radiotélescopes.



L'antenne rotative de Karl Jansky

Les ondes radio captées par un radiotélescope sont envoyées à un **amplificateur** qui grossit ou augmente la force des signaux radio faibles. Les signaux amplifiés sont ensuite envoyés à un ordinateur. L'ordinateur convertit les signaux en une image qui prend la forme des ondes radio émises par leur source. L'ordinateur assigne aussi différentes couleurs à diverses parties d'une image pour indiquer les différences d'intensité des ondes radio dans l'image.



En juillet 2010, après une mission de cartographie d'un an, Planck, le télescope orbital de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) a livré sa première image intégrale du ciel. La mission Planck est de mesurer le rayonnement laissé par les origines anciennes de notre univers afin que les scientifiques puissent étudier la façon dont celui-ci s'est formé. À mesure que Planck balaie le ciel, il mesure également la température, la densité de la matière, la vitesse et le mouvement des galaxies.

L'avenir de l'astronomie

Les télescopes terrestres continueront de devenir plus gros et leur technologie se spécialisera de plus en plus. Le puissant appareil photo numérique du télescope Pan STARRS 1 (PS 1) à Hawaii traque les astéroïdes et les comètes qui pourraient menacer la Terre. Il peut cartographier un sixième du ciel par mois. Quand il sera opérationnel, le tout nouveau PS 4 sera quatre fois plus puissant que le PS 1. Mais il fait peu de doutes que les futures observations depuis l'espace, au-delà de toute interférence provoquée par l'atmosphère de la Terre, donneront de meilleurs résultats. Des scientifiques travaillent d'arrache pied à la construction d'un télescope qui remplacera Hubble.

Le nouveau télescope spatial, nommé *James Webb*, possèdera un miroir d'un diamètre de 6,5 mètres (20 pieds). Il aura un écran protecteur de la taille d'un court de tennis qui bloquera les radiations du soleil. La capacité à capter la lumière du miroir sera supérieure à celle du télescope Hubble.

Le télescope Webb captera à la fois les ondes lumineuses visibles et les ondes infrarouges de faible énergie. Pour qu'un aussi gros objet puisse être mis en orbite, il sera plié pour son lancement puis déployé une fois en orbite.

La plupart des scientifiques s'accordent pour dire que le télescope suprême serait construit sur la Lune. Les scientifiques projettent la construction d'un observatoire sur la surface de la Lune. Étant donné que l'atmosphère de la lune est très mince, la lumière provenant d'objets lointains de l'espace ne rencontrerait que peu d'interférence.

Les mystères de l'espace sont lentement percés. Personne ne sait ce que les prochains télescopes découvriront, mais quelles que soient ces découvertes, ces puissants yeux tournés vers l'espace nous permettront de les voir par nous-mêmes.



Glossaire

(un) amplificateur (n.)	un appareil qui rend les sons plus forts (p. 21)
concave (adj.)	qui a une forme ou une surface creuse (p. 11)
convexe (adj.)	qui a une forme ou une surface bombée (p. 10)
(la) distorsion (n.)	une déformation qui empêche de percevoir correctement un son ou une image (p. 17)
émettre (v.)	envoyer (p. 20)
(un) foyer (n.)	un point où les rayons lumineux convergent ou à partir duquel ils divergent; les lentilles et les miroirs incurvés ont des foyers (p. 10)
(un) observatoire (n.)	un endroit utilisé pour l'observation scientifique des choses naturelles comme des objets astronomiques (p. 13)
(un) radiotélescope (n.)	un télescope qui capte les ondes radio de l'espace (p. 5)
rudimentaire (adj.)	peu développé, élémentaire (p. 6)
(un) télescope optique (n.)	un télescope qui capte la lumière (p. 5)

Index

Galilei, Galileo, (Galilée) 7–9	Télescopes,
Jansky, Karl, 21	Grand Binoculaire, 16
Lippershey, Hans, 6, 7, 9	Hooker, 14
Newton, Isaac, 9	Hubble, 17–19, 22, 23
Soleil, 7, 8, 12, 21, 23	James Webb, 22
	Léviathan, 13
	Voie Lactée, 7, 14, 21