

NOUVELLE
EDITION

LE GUIDE
DU CIEL
NOCTURNE

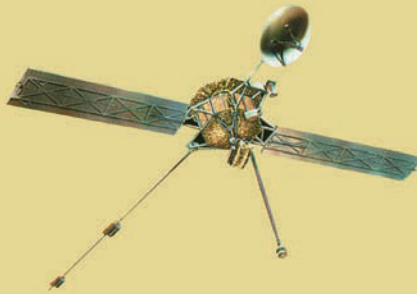
Astronomie



DELACHAUX
ET NIESTLÉ



Astronomie





Astronomie



Sous la direction de
Robert Burnham

Mise à jour de la présente édition : Sylvain Bouley



DELACHAUX
ET NIESTLÉ

Édition originale
Copyright © Weldon Owen Pty Limited

Édition française
© Delachaux et Niestlé, Paris, 2002, 2011, 2021
ISBN : 978-2-603-02798-1
Dépôt légal : juin 2021
Impression : Lego, Italie

Mise en pages : Nord Compo, Villeneuve-d'Ascq
Traduction : Pierre Bertrand
Relecture scientifique : Christophe Lehénaff
Correction : Nathalie Rachline
Mise à jour de la présente édition (2021) : Sylvain Bouley

Cet ouvrage ne peut être reproduit, même partiellement et sous quelque forme que ce soit (photocopie, décalque, microfilm, duplicateur ou tout autre procédé analogique ou numérique), sans une autorisation écrite de l'éditeur. Tous droits d'adaptation, de traduction et de reproduction réservés pour tous pays.

CHARTRE DELACHAUX ET NIESTLÉ

- 1 L'éditeur nature de référence **depuis 1882**.
- 2 Le fonds éditorial le plus complet en langue française avec **plus de 450 ouvrages** consacrés à la nature et à l'environnement.
- 3 Des auteurs **scientifiques et naturalistes reconnus**.
- 4 Les **meilleurs illustrateurs naturalistes**, pour la précision et le réalisme.
- 5 Des ouvrages spécifiquement adaptés à l'utilisation sur le **terrain**.
- 6 Des **contenus actualisés** régulièrement pour relayer les avancées scientifiques les plus récentes.
- 7 Une **démarche éco-responsable** pour la conception et la fabrication de nos ouvrages.
- 8 Une **approche pédagogique** qui sensibilise les plus jeunes à l'écologie.
- 9 Une réflexion qui éclaire les **grands débats sur l'environnement** (biodiversité, changement climatique, écosystèmes).
- 10 Une implication aux côtés de tous ceux qui œuvrent en faveur de la **protection de l'environnement** et de la conservation de la biodiversité.

RETROUVEZ-NOUS SUR WWW.DELACHAUXETNIESTLE.COM ET SUR FACEBOOK





Sommaire

INTRODUCTION	8
COMMENT UTILISER CE GUIDE	10
CHRONOLOGIE DE L'ASTRONOMIE	12

PREMIÈRE PARTIE

Découvrir l'univers 14

L'exploration de l'univers	16
LA TERRE DANS LE COSMOS	18
UN UNIVERS EN EXPANSION	40

L'astronomie et vous	68
COMPRENDRE LE CIEL	70
OBSERVER LE CIEL	96

Voyage dans le cosmos	116
LE SYSTÈME SOLAIRE	118
ÉTOILES ET GALAXIES	170
LES GRANDES QUESTIONS	204

DEUXIÈME PARTIE

Le guide des objets célestes 220

COMMENT UTILISER CE GUIDE	222
OBSERVER LA LUNE ET LE SOLEIL	224
OBSERVER LES PLANÈTES ET AUTRES OBJETS PROCHES	238
CARTES MENSUELLES DU CIEL	260
BALADES CÉLESTES	312
OBSERVER LES ÉTOILES	358
OBSERVER LES NÉBULEUSES	376
OBSERVER LES GALAXIES	396

ADRESSES UTILES ET BIBLIOGRAPHIE	414
GLOSSAIRE	420
INDEX	422
BIOGRAPHIES, AUTEURS ET REMERCIEMENTS	429
LÉGENDES DES ILLUSTRATIONS	431



Introduction

Toutes les nuits, étoiles et planètes tournent au-dessus de nos têtes, mais chacun d'entre nous a un rapport personnel avec les astres. Certains se contentent d'ignorer le cosmos, alors que d'autres désirent explorer ce domaine et lui consacrer une partie de leur vie.

Ce guide est destiné à ceux qui s'intéressent au ciel, en particulier aux débutants. Il est conçu pour faciliter les premiers pas des lecteurs désireux de s'embarquer pour un voyage cosmique.

La première partie entraîne le lecteur dans l'histoire fascinante de l'astronomie et lui fait découvrir les avancées les plus récentes de cette science. Dans un langage simple, il présente tous les objets célestes, depuis la Terre et la Lune jusqu'aux étoiles et aux galaxies. Il contient également des conseils «terre à terre» pour choisir votre matériel, ainsi que des trucs utiles pour l'observation.

La seconde partie est un guide de terrain qui vous livre ce que vous devez savoir pour faire vos propres observations.

Les informations, pratiques et faciles à suivre, couvrent tous les niveaux d'observation, depuis l'œil nu jusqu'aux jumelles et aux télescopes.

Un univers infini se déploie sous vos yeux chaque nuit. Si vous voulez apprendre à le connaître, vous pouvez commencer l'aventure ce soir même.



Comment utiliser ce guide

Ce guide est à la fois une introduction à l'astronomie passée et présente et un manuel pratique d'observation qui vous aidera à retrouver votre chemin parmi les planètes, les étoiles et les galaxies.

Il se divise en deux parties. La première partie, *Découvrir l'univers*, présente les connaissances de base, passe en revue les principaux types d'objets célestes et initie le débutant à la pratique de l'astronomie en amateur. La seconde partie, *Le guide des objets célestes*, est basée sur une approche très pratique qui la destine à une utilisation sur le terrain. Partant de notre plus proche voisin, la Lune, le guide nous emmène jusqu'aux galaxies, les briques qui constituent notre univers.



Choisir un télescope

Le chapitre consacré aux télescopes, pp. 106-111, présente les différents types de télescopes et les accessoires nécessaires, ainsi que des conseils pour l'achat.

La première partie offre un aperçu général de l'astronomie, de son histoire et de ses concepts majeurs. Elle est divisée en trois chapitres et sept sous-chapitres.

Les nombreux schémas vous aideront à comprendre les informations scientifiques.

UN UNIVERS EN CONSTRUCTION

Hubble, l'œil auquel rien n'échappe

Avec son miroir de 2,40 m de diamètre, le télescope spatial Hubble (HST) n'est pas le plus grand télescope existant, mais a la chance d'observer en dehors de l'atmosphère terrestre. En orbite à 600 km de la Terre, Hubble a observé toutes sortes de corps célestes, depuis la Lune jusqu'aux galaxies les plus lointaines.

Lancé en 1990, Hubble devrait fonctionner jusqu'en 2030 si le télescope continue à être en bonne santé. Il sera rejoint en 2021-22

Une maintenance régulière. À l'aide du bras de la navette spatiale, cet astronaute installe un cache protecteur sur les magnétochromes de Hubble. Grâce à la navette, le télescope spatial bénéficie d'une maintenance régulière et d'améliorations techniques qui le maintiennent à la pointe de l'astronomie.

SALADES CÉLESTES

Orion et le Grand Chien

Orion est une région où des étoiles se forment. Les longues poses photographiques et les images infrarouges montrent que l'ensemble de la constellation est enveloppé de nébulosité, le matériau de futures étoiles. L'extrême visible de ces nuages gazeux est la nébuleuse d'Orion, une « usine à étoiles » datant de 1500 ans. Vers l'est, vous rejoindrez le pays des anses d'étoiles.

ORION ET LE GRAND CHIEN

1 Bételgeuse (Alpha [α] Orionis) ☉ Le nom de cette supergante rouge est la déformation d'une expression arabe signifiant « main d'échiquier », un mot qui pourrait désigner un personnage nébuleux d'Orion, M 42 (NGC 1976)

☉ ☉ ☉ Visible à l'œil nu sous forme d'une étoile bleue dans l'épée d'Orion, M 42 offre une vue magnifique dans tous les télescopes. De grandes ailes gazeuses s'écartent de l'anneau du Trapezé. M 43 belle jupe au nord-est de M 42 (voir p. 394).

Meilleure vue
En hiver dans l'hémisphère Nord
En été dans l'hémisphère Sud

LE SYSTÈME SOLAIRE

La famille solaire

Le système solaire englobe le minuscule coin d'univers qui nous est familier. Il y a cinq milliards d'années, le Soleil et son cortège de planètes et autres objets qui orbitent autour de lui n'étaient qu'un nuage de gaz et de poussières.

RACIS de la Création
Les astronomes sont maintenant presque tous d'accord sur la façon dont s'est formé le système solaire. Il y a environ 5 milliards d'années, des particules de matière issues d'un nuage tournoyant de gaz et de poussières (1) finirent par former des blocs de matière solide (2). En se heurtant violemment, ces planétésimaux formèrent des corps plus grands, les protoplanètes (3). Certaines s'agrippèrent encore à la suite de nouvelles collisions (4). Enfin, au bout de 100 millions d'années seulement, le Soleil s'alluma soudainement et son rayonnement éjecta la matière que les planètes n'avaient pas capturée (5).

DE LA NÉBULEUSE PRIMITIVE AU SYSTÈME SOLAIRE
Peut-être sous l'effet des ondes de choc d'une supernova voisine ou des perturbations gravitationnelles d'une étoile en transit, la nébuleuse primitive commença à se contracter et à tourner sur elle-même. Sa région centrale s'éclaircit pour former une protostelle. Dans le disque qui l'entourait, des particules commencèrent à se condenser. Elles grossirent et devinrent des planétésimaux – corps de roches et de glaces mesurant quelques kilomètres de diamètre – qui se heurtèrent et fusionnèrent pour former des corps plus gros appelés « protoplanètes ».

QUAND DES MONDES SE HEURTENT
La fin de la formation du système solaire fut marquée par des collisions cataclysmiques entre des objets de la taille d'une planète. Mercure pourrait résulter d'une telle collision. C'est peut-être à une collision qu'Uranus doit l'inclinaison inhabituelle de son axe de rotation. Il s'en pense que la Lune s'est formée à partir de débris éjectés dans l'espace quand la jeune Terre fut heurtée par un corps de la taille de Mars.

LA NATURE DES PLANÈTES
La température diminuant avec la distance au Soleil, la composition des planètes diffère selon leur lieu de formation. La région



Des planètes qui tournent. Les huit planètes du système solaire tournent dans le même sens et presque dans le même plan sur des orbites elliptiques presque circulaires.

La seconde partie est consacrée à l'astronomie pratique. Elle contient deux chapitres de cartes célestes et cinq autres consacrés à l'observation d'objets célestes particuliers.

Les doubles pages illustrées de la première partie présentent des sujets particulièrement intéressants et visuellement attractifs.

Les cartes du ciel vont à l'essentiel afin que les débutants développent rapidement leur faculté d'observation.

Dans la première partie, les encadrés pratiques donnent des informations complémentaires – dates importantes, conseils pratiques, anecdotes – concernant le thème abordé dans la page.

Chronologie de l'astronomie

Avant le XVI^e siècle

32000 AV. J.-C. ■ Phases lunaires gravées sur un os
4000 AV. J.-C. ■ Premières mentions des plus anciennes constellations par les Sumériens, en Mésopotamie.
500 AV. J.-C. ■ Pythagore affirme que les cieux sont faits de sphères de cristal, avec la Terre au centre.
350 AV. J.-C. ■ Aristote explique les phases de la Lune et les éclipses.
300 AV. J.-C. ■ Aristarque propose un modèle héliocentrique de l'univers.
200 AV. J.-C. ■ Ératosthène calcule avec précision la circonférence de la Terre.
150 AV. J.-C. ■ Hipparque crée les magnitudes pour mesurer l'éclat des étoiles, découvre la précession et produit le premier catalogue d'étoiles.
150 AP. J.-C. ■ Ptolémée publie la somme des connaissances astronomiques de l'Antiquité.

XVI^e et XVII^e siècles

1543 ■ Nicolas Copernic propose un système solaire centré sur le Soleil.
1576 ■ Tycho Brahé compile des observations précises du déplacement des étoiles et des planètes.



Le télescope d'Isaac Newton

1608 ■ Invention de la lunette astronomique par Lippershey.
1609 ■ Se basant sur les observations de Tycho Brahé, Johannes Kepler découvre que l'orbite de Mars est elliptique.
1610 ■ Galilée découvre les lunes de Jupiter, les cratères de la Lune et les étoiles dans la Voie lactée.
1619 ■ Kepler découvre la relation mathématique entre la durée d'une année planétaire et la distance de la planète au Soleil.
1687 ■ Newton publie les *Principia*.

XVIII^e et XIX^e siècles

1759 ■ La comète de Halley effectue le premier de ses retours prédits.
1781 ■ William Herschel découvre Uranus.
1846 ■ Johann Galle et Heinrich d'Arrest découvrent Neptune grâce aux prévisions indépendantes d'Urbain Le Verrier et John C. Adams.
Vers 1860 ■ Le spectroscope permet aux astronomes de découvrir la composition des étoiles et des nébuleuses.

Vers 1880 ■ La photographie se généralise en astronomie.

XX^e siècle

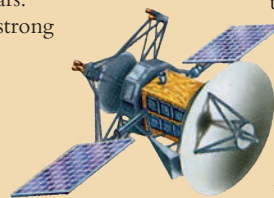
1905 ■ Einstein publie sa théorie de la relativité restreinte.
1908 ■ Ejnar Hertzsprung classe les étoiles en « naines » et en « géantes ».
1912 ■ Vesto Slipher découvre que les « nébuleuses spirales » s'éloignent de la Terre : c'est le premier indice de l'expansion de l'univers.
1916 ■ Einstein publie sa théorie de la relativité générale.
1917 ■ Le télescope Hooker, de 2,50 m, est construit sur le mont Wilson, en Californie.
1923 ■ Edwin Hubble démontre que les « nébuleuses spirales » sont des galaxies.
1929 ■ Les observations d'Hubble montrent que l'univers est en expansion et fournissent une estimation de son âge et de sa vitesse d'expansion.
1930 ■ Clyde Tombaugh découvre Pluton.
1932 ■ Karl Jansky découvre des ondes radio provenant de l'espace.
1937 ■ Grote Weber découvre des ondes radio provenant du centre de la Voie lactée.
1938 ■ Hans Weber explique que le Soleil brille grâce à des réactions nucléaires.
1946 ■ John Hey et d'autres identifient la plus puissante radiosource du ciel, Cygnus A.
1952 ■ Walter Baade annonce que les galaxies

Le réflecteur de William Herschel

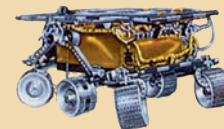


sont deux fois plus éloignées qu'on le supposait.
1957 ■ Le lancement de Spoutnik 1 par l'Union soviétique lance la course à l'espace.
1959 ■ Les premières photos de la face cachée de la Lune.
1961 ■ Youri Gagarine est le premier homme dans l'espace.
1962 ■ Mariner 2 découvre que Vénus a une atmosphère très dense et très chaude.
1963 ■ Maarten Schmidt découvre que les quasars sont très éloignés de nous.
1965 ■ Arno Penzias et Robert Wilson découvrent des radiations « fossiles », écho du big bang.
1967 ■ Jocelyn Bell-Burnell découvre les pulsars.
1969 ■ Neil Armstrong et Edwin Aldrin sont les premiers hommes sur la Lune (Apollo 11).
1973 ■ Premier survol de Jupiter par Pioneer 10.
1974 ■ Premières photos rapprochées de la couche nuageuse de Vénus et de la surface de Mercure par Mariner 10.
1975 ■ Premières photos de Vénus par Venera 9.
1976 ■ Viking 1 et 2 se posent sur Mars pour tenter de découvrir des traces de vie.
1977 ■ Découverte des anneaux d'Uranus.
1978 ■ James Christy découvre Charon, la lune de Pluton.

1979 ■ Voyager 1 et 2 survolent Jupiter et découvrent ses anneaux. Premier survol de Saturne par Pioneer 11.
1980 ■ Alan Guth émet l'hypothèse que l'univers s'est dilaté très vite, un phénomène appelé « expansion cosmique ». Première étude détaillée de Saturne par Voyager 1.
1986 ■ Premier survol d'Uranus par Voyager 2.
1987 ■ La supernova 1987A apparaît dans le Grand Nuage de Magellan.
1989 ■ Survol de Neptune par Voyager 2.
1990 ■ Lancement du télescope spatial Hubble. La sonde Magellan commence la cartographie radar de Vénus.
1991 ■ Premier survol d'un astéroïde (951 Gaspra) par la sonde Galileo, en route vers Jupiter.
1992 ■ Le satellite Cobe découvre que le fond diffus de l'univers n'est pas homogène.
1994 ■ La comète Shoemaker-Levy 9 percute Jupiter.
1995 ■ Galileo atteint Jupiter et commence le tour de la planète et des lunes.



Magellan



Le robot Sojourner

1996 ■ Un trou noir massif est découvert au centre de la Voie lactée.
1997 ■ L'atterrisseur Mars Pathfinder se pose sur Mars avec le robot Sojourner.
1998 ■ On découvre que l'expansion de l'univers s'accélère.
2000 ■ Découverte d'un nouvel objet transneptunien : Varuna.
2001 ■ Le noyau de la comète Borrelly est photographié par la sonde spatiale Deep Space 1.
2003 ■ La sonde WMAP confirme l'existence de la matière noire et de l'énergie noire.
2005 ■ La sonde Huygens atterrit à la surface de Titan.
2006 ■ Pluton est déclassée du statut de planète au profit de celui de planète naine.
2010 ■ La sonde Hayabusa rapporte des particules de l'astéroïde Itokawa.
2014 ■ La sonde Rosetta se met en orbite autour de la comète Tchourioumov-Guérassimenko, et le petit atterrisseur Philae se pose à sa surface.
2015 ■ La sonde New Horizons survole pour la première fois Pluton et ses différentes lunes.
2016 ■ Détection des ondes gravitationnelles par les chercheurs du LIGO.
2019 ■ La mission Insight enregistre les premiers séismes sur Mars.

Japet



An aerial photograph of a Martian canyon system, likely the Valles Marineris. The canyon is a long, narrow, and deep geological feature that winds across the reddish-orange surface of Mars. The walls of the canyon are layered, showing signs of erosion and sedimentation. The surrounding plains are dotted with numerous impact craters of various sizes, some with distinct central peaks and shadows. The overall scene is a stark, desolate landscape under a hazy sky.

PREMIÈRE PARTIE

Découvrir l'univers

L'exploration de l'univers

18 La Terre dans le cosmos

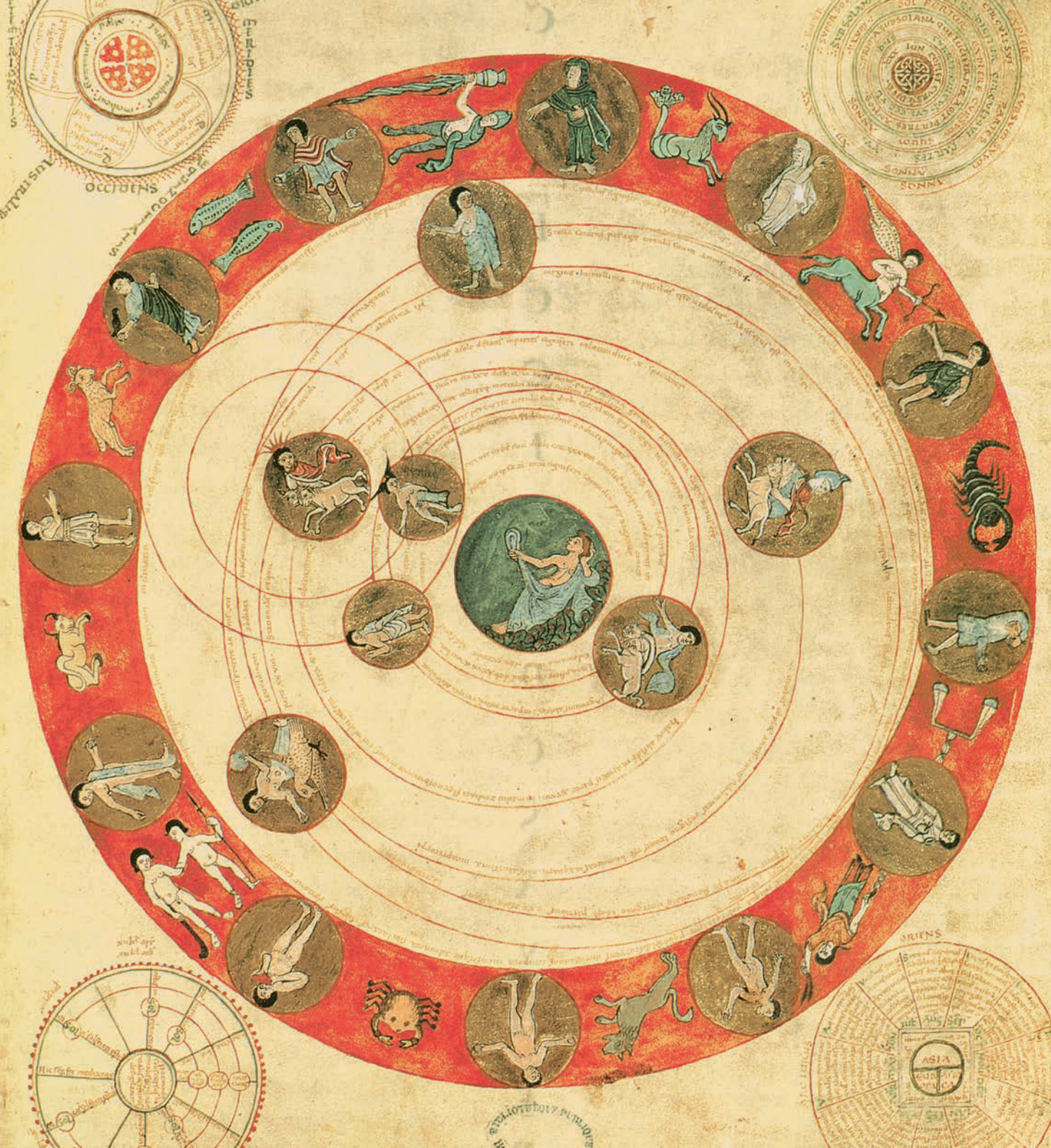
Les peuples primitifs observaient avec respect les points lumineux dans le ciel nocturne, les phases de la Lune, la course du Soleil et cherchaient des explications à ces phénomènes.



40 Un univers en expansion

Depuis les télescopes qui voient l'invisible jusqu'aux sondes spatiales en passant par la théorie de la relativité, les progrès théoriques et technologiques modernes nous ont permis de nous faire une image de l'univers qui étonnerait les premiers astronomes.





La Terre dans le cosmos

Pendant des milliers d'années, les humains ont cru que la Terre était au centre de l'univers et que les cieux étaient le domaine des dieux. Ce chapitre retrace le lent et difficile cheminement de l'humanité vers une compréhension plus rationnelle de sa place dans l'univers.

«Au commencement, les dieux Anou, Enlil et Ea divisèrent toutes choses entre les deux dieux gardiens du ciel et de la terre... Sin et Shamash reçurent deux parts égales, le jour et la nuit.»

D'après *Enuma Elish*, tablettes assyro-babyloniennes (VII^e siècle av. J.-C.).

Qu'est-ce que l'astronomie ?



L'astronomie, la science qui étudie le ciel, a beaucoup changé depuis ses débuts, voici quelques dizaines de milliers d'années. Mais le besoin de comprendre l'univers est toujours aussi pressant, même si les instruments et les techniques ont changé au-delà de toute description.

À l'origine, l'astronomie (du grec « classification des étoiles ») était inséparable de l'astrologie (« connaissance des étoiles ») : on observait le ciel à la recherche de signes envoyés par les dieux, tandis que les prêtres-astronomes essayaient d'y lire des présages. Depuis, ces deux domaines sont devenus étrangers l'un à l'autre, et l'ironie veut que « connaissance des étoiles » décrive parfaitement l'astronomie moderne.

Mais, pour les astronomes, c'est justement cette incertitude sur des sujets majeurs qui rend leur science aussi fascinante.

DEUX ASTRONOMIES

Actuellement, l'astronomie est pratiquée à deux niveaux. Le premier est celui des astronomes professionnels. Formés en physique et en mathématiques, ils utilisent des engins spatiaux,

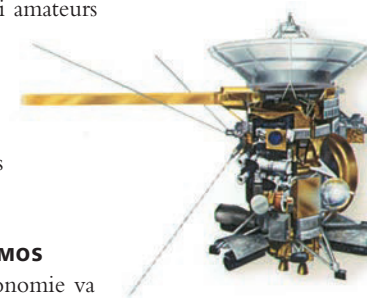
des télescopes et des ordinateurs. Des théories complexes naissent et disparaissent à mesure que les observations révèlent leurs faiblesses. Il faudrait des volumes entiers pour compiler les découvertes astronomiques du xx^e et du xxi^e siècle.

Le second domaine de l'astronomie commence dans notre jardin. Grâce aux travaux des professionnels, les astronomes amateurs ont une compréhension de l'univers qui dépasse tout ce que leurs lointains prédécesseurs auraient pu espérer. Ces dernières années ont vu le développement rapide des télescopes et autres instruments destinés

aux amateurs. Ainsi amateurs et professionnels collaborent de plus en plus sur des projets demandant beaucoup de temps d'observation.

LE NOUVEAU COSMOS

Aujourd'hui, l'astronomie va de découverte en découverte. Sondes spatiales, instruments toujours plus sensibles et nouvelles technologies nous permettent de repousser les limites de l'univers connu et d'en apprendre beaucoup sur son fonctionnement.



Voyageurs de l'espace

Les sondes spatiales comme Cassini ont beaucoup amélioré notre compréhension du système solaire.

Un commencement à tout

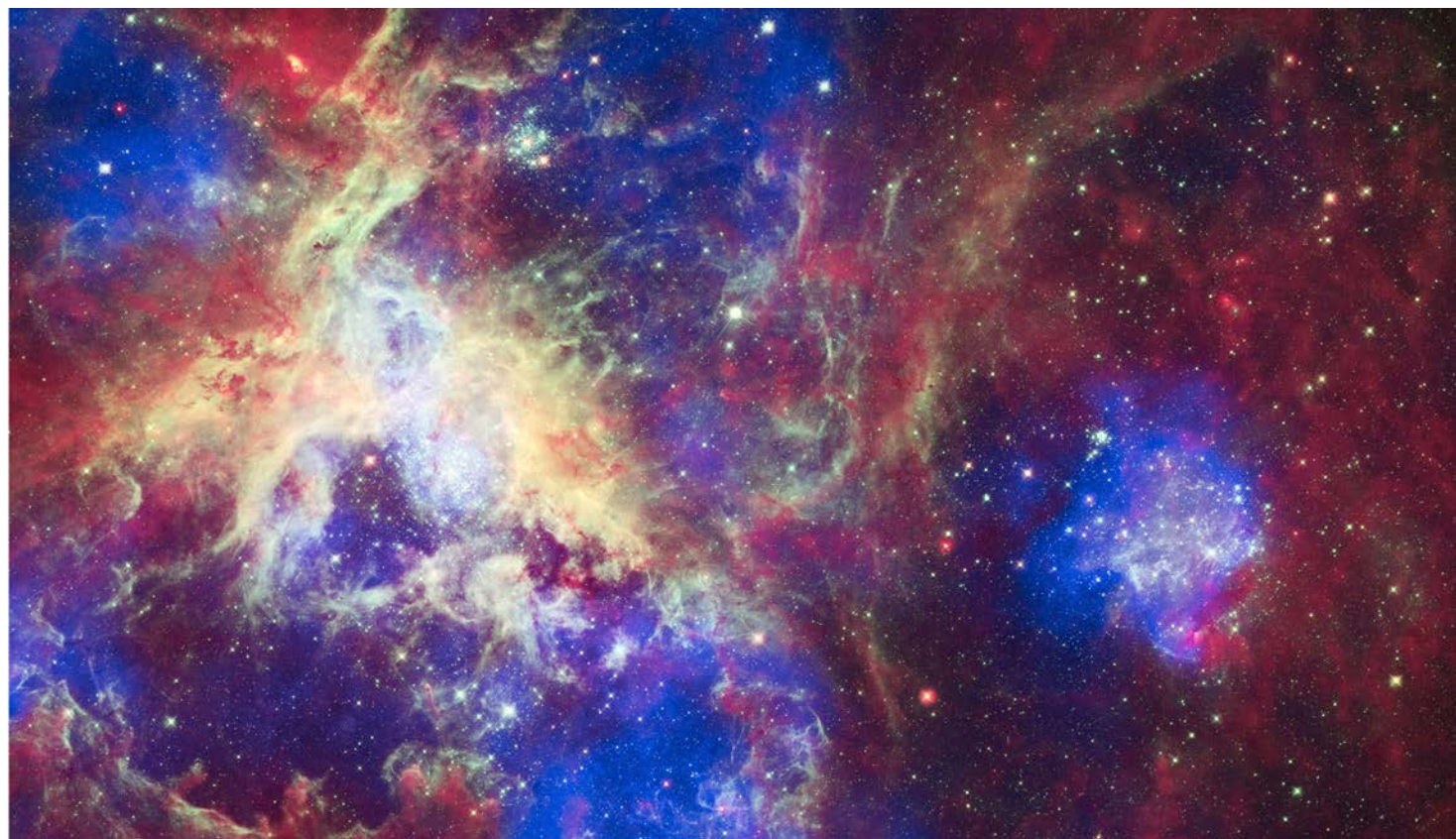
L'astronomie est une source d'apprentissage et d'émerveillement qui peut occuper toute une vie. Pour se lancer, il suffit de bien observer le superbe groupe formé par la Lune et les planètes ou le déplacement des constellations au cours des saisons. Des jumelles vous ouvrent de nouveaux horizons, comme les étoiles qui constituent la Voie lactée ou encore les lunes mouvantes de Jupiter.

Images de l'espace

Des images comme celle-ci (à droite), montrant des filaments gazeux dans la nébuleuse de la Tarentule, à 160 000 années-lumière de distance, témoignent de l'immensité et de la beauté de l'univers.

GRANDES QUESTIONS

Rien ne caractérise mieux l'astronomie que son intérêt incessant pour les grandes questions : comment l'univers s'est-il formé ? Quel est son destin ultime ? De quoi sont faites étoiles et planètes ? Y a-t-il d'autres Terres ? Et peut-être la plus grande question de toutes : sommes-nous la seule forme de vie intelligente dans l'univers ? Même si nous sommes près de répondre à certaines de ces questions – et notre niveau actuel de connaissance surpasse de très loin celui des générations précédentes –, notre compréhension de l'univers sera toujours imparfaite. L'univers est simplement trop grand et trop complexe pour tirer des conclusions définitives.





Les premiers astronomes

L'astronomie débute avec l'observation des étoiles par nos ancêtres de l'ère glaciaire, il y a 30 000 ans. Chasseurs-cueilleurs, les premiers hommes traquaient aussi les étoiles et anticipaient les changements saisonniers grâce aux changements de la voûte étoilée.

Nous ne pouvons que deviner quand nos ancêtres ont commencé à s'intéresser au ciel. En Europe, on a découvert des gravures évoquant des calendriers lunaires sur des os âgés de plus de 30 000 ans. Plus près de nous, des peuples préhistoriques ont laissé dans l'Ancien et le Nouveau Mondes des alignements monumentaux qui prouvent qu'ils étudiaient les mouvements du Soleil, de la Lune et des étoiles. Vivant près de la nature, les gens notaient la course quotidienne et annuelle du Soleil. Le déplacement plus rapide de la Lune marquait des rythmes annuels plus courts, comme chez les Indiens d'Amérique du Nord : la pleine

lune de février était pour eux la «Lune de la faim», tandis que celle de juillet était la «Lune du tonnerre» ou «Lune de foin». Les mouvements du Soleil, de la Lune et des étoiles étaient à la fois horloge et calendrier, certes approximatifs, mais suffisants pour les chasseurs-cueilleurs.

LE DOMAINE DES DIEUX

Le ciel avait d'autres fonctions. Malgré la rareté des preuves archéologiques, il est probable que, pour les premiers hommes, les cieus étaient le domaine des dieux et que le mouvement des astres avait des explications religieuses. Pour les hommes, le monde était fait de relations invisibles et il était naturel pour

eux de rassembler les étoiles éparpillées au hasard en groupes cohérents qui illustraient leurs croyances. À une époque où l'écriture n'existait pas, la conservation des connaissances reposait sur la mémoire. Transformé en «livre d'histoires», le ciel aidait chacun à se souvenir des légendes qui donnaient sens à la vie. Les premières constellations, groupements arbitraires d'étoiles, appurent certainement à la suite des mythologies.

LES CONSTELLATIONS PRENNENT FORME

L'observation du ciel fit un bond en avant il y a 10 000 ans, quand les premières sociétés agricoles s'installèrent en Mésopotamie, cette terre fertile entre le Tigre et l'Euphrate. Les travaux agricoles étant rythmés par les saisons, les rythmes célestes prirent une importance considérable, car ils permettaient de connaître les meilleurs moments pour semer et récolter. Les plus anciennes constellations actuelles datent probablement de cette époque. Le Lion,

BIG HORN MEDICINE WHEEL

Big Horn Medicine Wheel, dans le Wyoming (États-Unis), est un monument solaire peu connu. Si l'on ignore sa fonction exacte, ses bâtisseurs et sa date de construction des rayons de la roue sont orientés vers les points où le Soleil se lève aux solstices d'été et d'hiver. Ils pointent peut-être aussi vers les lieux de lever de certaines étoiles.



Des cercles dans la pierre

Des cercles concentriques sont gravés dans la pierre sur un site indien du Nouveau-Mexique. Pour certains, il s'agirait de représentations stylisées d'une supernova apparue vers 1200 ap. J.-C.



Tablettes babyloniennes

Il y a plus de 2 500 ans, les astronomes de Babylone reportaient consciencieusement les mouvements des étoiles et des planètes sur des tablettes d'argile. Ces registres constituèrent des mines d'informations pour les civilisations ultérieures, notamment les Grecs.

le Taureau et le Scorpion apparaissent dans les gravures mésopotamiennes à partir du III^e millénaire av. J.-C. Ces constellations marquent des points particuliers du ciel : là où le Soleil se lève plein est et se couche plein ouest, ainsi que les limites nord et sud de ses pérégrinations annuelles. Ces points correspondaient à des moments importants de l'année agricole. Nos ancêtres avaient également remarqué que

Les premiers observateurs

De nombreuses découvertes archéologiques laissent penser que le ciel fascine les hommes depuis longtemps. Cet éclat d'os (ci-dessus), âgé de 32 000 ans et découvert en France, est orné de points qui pourraient figurer les phases de la Lune. Commencé il y a 4 000 ans, le monument de Stonehenge (ci-dessous) marque le point où le Soleil se lève au solstice.



Le dieu Soleil

Le plus visible et le plus imposant des corps célestes, le Soleil était très vénéré dans les civilisations antiques. Généralement, le dieu Soleil était la divinité principale. Cette gravure sur un bronze de la Perse antique, vieux de 3 000 ans, montre le dieu Soleil à un banquet.

le Soleil et la Lune semblaient se déplacer à travers douze constellations, dont l'ensemble fut appelé plus tard le Zodiaque (voir p. 28). Pour eux, celui-ci était le domaine des dieux solaire et lunaire. En outre, cinq « étoiles » étranges, dont chacune devait abriter un dieu, traversaient également le Zodiaque. De nos jours, on

sait qu'il s'agit de planètes, un mot dérivé du grec « errant ». C'était aussi dans le Zodiaque que se produisaient les éclipses, événements rares et redoutés.

DES PRÉSAGES DANS LE CIEL

L'archéologie nous apprend que c'est aussi en Mésopotamie qu'apparurent les premiers astronomes-astrologues, des prêtres qui se vouaient à l'étude du ciel pour prédire l'avenir. Apparue au IV^e millénaire av. J.-C., Sumer fut la première grande civilisation de Mésopotamie. Les Sumériens inventèrent la charrue, la roue et l'écriture, et accumulèrent une grande somme de connaissances astronomiques qu'ils léguèrent à leurs successeurs, les Babyloniens et les Assyriens. Forts de cet héritage, ceux-ci élaborèrent une compréhension complexe du ciel et de ses manifestations. Ils mirent au point des calendriers agricoles et ils étaient capables de prédire les éclipses avec précision. Les Babyloniens inventèrent le degré pour mesurer les angles. Une grande partie des connaissances astronomiques des Mésopotamiens parvint pratiquement inchangée en Grèce (voir p. 30). Par exemple, les Grecs adoptèrent le degré et importèrent des constellations connues comme le Cocher, les Gémeaux, le Lion, le Capricorne et le Sagittaire, dont les noms furent simplement traduits en grec.

ÉTOILES ET RITUELS

Hors de Mésopotamie, les autres civilisations antiques acquirent aussi des connaissances

astronomiques. En Égypte, les crues régulières du Nil conditionnaient la vie en irriguant et en fertilisant les champs. Le lever de Sirius avant le Soleil permettait aux prêtres-astronomes de les prédire. Le ciel abritait les dieux égyptiens – Orion était Osiris et la Voie lactée représentait la déesse Nout donnant naissance à Râ, le dieu



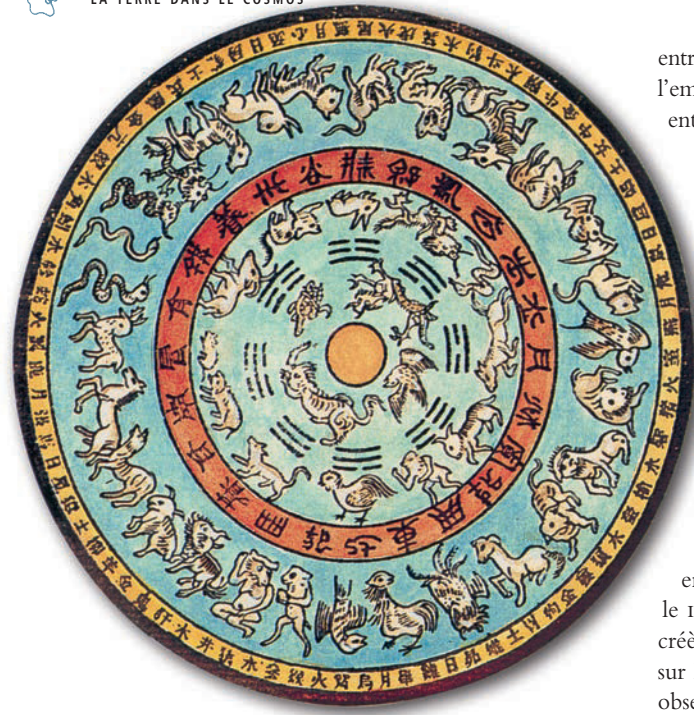
Le cosmos des Égyptiens

Souvent, les sociétés primitives voyaient le ciel comme une immense voûte. Ce bas-relief sur un sarcophage montre Sahu, dieu de l'Atmosphère, soulevant sa sœur Nout, déesse du Ciel, afin de la séparer de la Terre.

Offrandes au Soleil

La religion et les rituels reliaient les hommes – et notamment le monarque – aux dieux. Sur ce bas-relief, le pharaon Akhénaton (1352-1336 av. J.-C.) offre une fleur de lotus à Aton, le disque solaire. Les pharaons étaient appelés « fils du Soleil » : ils régnaient sur l'ordre social, tandis que le Soleil régnait sur l'ordre cosmique.





Astronomie chinoise

Les astronomes chinois notaient les rythmes célestes dans des documents, comme ce disque de la dynastie des T'ang. Partant du centre, il montre les solstices et les équinoxes, le Zodiaque et les « maisons » que la Lune traverse chaque mois.

Soleil. Les astronomes chinois effectuaient des observations précises des étoiles, des planètes, des supernovae et des comètes. Vers 1300 av. J.-C., ils établirent ce qui est peut-être le premier calendrier de l'Histoire. Comme en Égypte et en Mésopotamie, il n'y avait pas de distinction

entre astrologie et astronomie, l'empereur personnifiait le lien entre le ciel et la terre.

Les astronomes cherchaient à prédire l'avenir et les rituels servaient à atténuer les mauvais présages et à renforcer les bons.

LE NOUVEAU MONDE

Dans le Nouveau Monde, les prêtres-astronomes mayas et aztèques effectuaient des observations poussées. Les Mayas peuplaient le sud du Mexique et s'épanouirent entre le III^e siècle av. J.-C. et le IX^e siècle ap. J.-C. Ils créèrent une cosmologie fondée sur les relations récurrentes observées chez les étoiles et les planètes, notamment Vénus, associée au dieu de la Pluie. Pour les Aztèques, qui dominèrent le centre de l'actuel Mexique durant les deux siècles précédant leur conquête par les Espagnols, en 1520, Vénus représentait le dieu Quetzalcoatl. Ce serpent à plumes incarnait le pouvoir vital surgissant



MÊMES ÉTOILES, DESSINS DIFFÉRENTS

Les constellations issues des mythologies méditerranéennes et complétées par des créations modernes se sont imposées à l'astronomie mondiale. Mais les différentes civilisations ne voyaient pas les mêmes dessins dans les mêmes étoiles. Pour les Égyptiens, Orion était le dieu de la Lumière, tandis que certains Indiens d'Amazonie voient dans ces étoiles un crocodile géant. Pour les Inuits du Canada, la Grande Ourse représente un caribou. Pour les Groenlandais, ces étoiles sont une armature

de kayak. Pour les Aztèques, la Grande Ourse était le dieu Tezcatlipoca, qui semait le désordre en tournant autour du Pôle. Les aborigènes du nord de l'Australie voyaient un crabe dans cinq étoiles discrètes de l'Hydre femelle, ignorant les brillantes Procyon et Régulus, toutes proches. Les Indiens Quechua du Pérou reconnaissent des constellations sombres faites de taches de poussières interstellaires. Pour eux, la nébuleuse du Sac à Charbon est une colombe, tandis qu'un bébé lama se trouve dans un nuage sombre près d'Alpha Centauri.



de la terre, de l'eau et du ciel. Les rituels et les sacrifices avaient pour but de l'apaiser lorsque Vénus disparaissait et reparaisait. Pour les civilisations insulaires du Pacifique, l'astronomie était avant tout un art pratique. La connaissance du ciel est aux mains des navigateurs. Sous les tropiques, étoiles et planètes se lèvent perpendiculairement à l'horizon. Ainsi, un astre brillant permet de maintenir le cap pendant des heures sans risque de s'égarer. Les navigateurs se servaient de cartes faites de bâtons et de coquillages indiquant les îles et les courants.

Serpent de pierre
Quetzalcoatl (en haut), le serpent à plumes, était le principal dieu aztèque. Sous diverses formes, il incarnait le Soleil, le vent et Vénus.

Calendrier aztèque
Cette « pierre de Soleil » (au milieu) figure le calendrier aztèque. Au centre se trouve le dieu Soleil Tonatiuh, qui exigeait des sacrifices humains.

Navigateurs stellaires
Pendant des siècles, les habitants des îles Marshall, dans le Pacifique, se servaient d'instruments de navigation très simples cachant une connaissance profonde du ciel.

Le Zodiaque : des symboles dans le ciel

En raison de la révolution de la Terre autour du Soleil, celui-ci semble glisser au cours de l'année à travers les douze constellations du Zodiaque, du grec « vie ». L'année zodiacale commence avec le Bélier, point où le Soleil passait dans l'hémisphère Nord céleste à l'équinoxe de printemps (ce point est actuellement dans les Poissons).

Les constellations du Zodiaque ont une grande importance en astrologie – croyance selon laquelle étoiles et planètes influent sur le caractère et les activités de chacun. Les astrologues d'autrefois s'intéressaient beaucoup aux positions des planètes par rapport au Zodiaque. Bien que l'astrologie fascine beaucoup de gens, il n'existe pas la moindre preuve scientifique que les constellations et les planètes nous affectent.

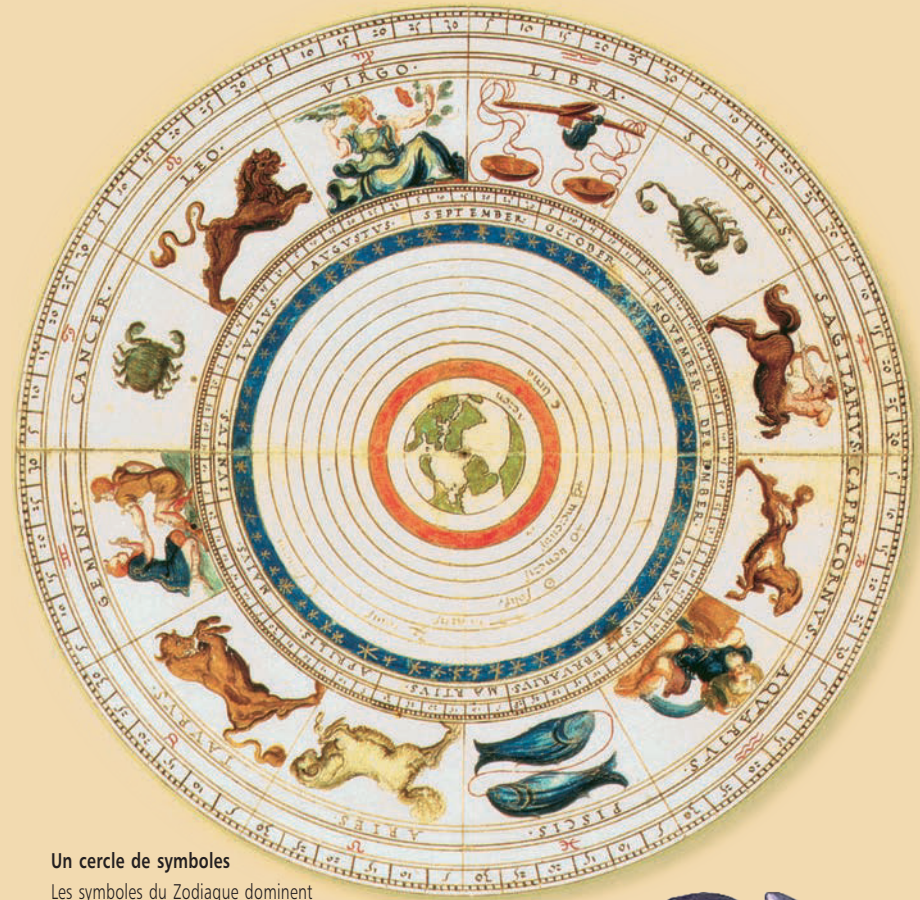


Zodiaque chinois

Les douze créatures du Zodiaque chinois sont le bœuf, le rat, le chien, le tigre, le dragon, le singe, le cheval, le mouton, le coq, le serpent, le lapin et le cochon.

Jumeaux turcs

Ce dessin des Gémeaux provient d'un texte turc du XVII^e siècle.



Un cercle de symboles

Les symboles du Zodiaque dominent cette gravure italienne représentant l'univers centré sur la Terre (XVI^e siècle).

Années, animaux et personnalité

Chaque animal du Zodiaque chinois – trois sont figurés ci-contre – incarne un type de personnalité. Les gens nés dans l'année du bœuf (en bas) sont supposés aimables, travailleurs et économes ; les personnes nées l'année du mouton (en haut à gauche) sont douces et émotives ; enfin, les personnes nées sous le signe du chien (en haut à droite) sont intelligentes et aiment la justice.





L'astronomie grecque

Les Grecs réalisèrent les premiers grands progrès en astronomie. Les penseurs de cette époque expliquaient leurs observations par des lois géométriques et non par des croyances irrationnelles. Ce faisant, ils brisèrent le lien entre astronomie et astrologie.



Sphères célestes

Selon le philosophe et mathématicien Pythagore, l'univers est fait de sphères concentriques. Dans ce détail de la fresque de Raphaël *L'École d'Athènes*, on le voit à gauche, plongé dans des calculs sous le regard d'autres philosophes.

Comme la plupart des premiers peuples agricoles, les Grecs observaient le ciel et suivaient les mouvements des astres pour déterminer les travaux agricoles. Comme d'autres peuples, ils nommèrent des constellations (les premières entre 3000 et 2000 av. J.-C.), remplissant le ciel d'histoires afin que chacun se rappelle les dieux et les héros mythologiques.

Dans les premiers temps, l'essentiel des connaissances fut probablement emprunté aux civilisations mésopotamiennes (voir pp. 23-24). Et, comme leurs prédécesseurs asiatiques, les premiers Grecs associaient

probablement l'astronomie à la religion et à l'astrologie divinatoire.

LA RÉVOLUTION GRECQUE COMMENCE

Au début, l'astronomie grecque avait des fins purement pratiques. C'est dans ces termes que les poètes Homère et Hésiode évoquent l'astronomie au VIII^e siècle av. J.-C. Achille et Ulysse, les héros d'Homère, observaient certainement les Pléiades, Orion, le Taureau, le Bouvier, la Grande Ourse et l'étoile Sirius pour naviguer et pour mesurer le temps.

Les Travaux et les Jours, le poème rustique d'Hésiode, décrit un calendrier agricole régi par le lever et le coucher de diverses étoiles et constellations. Mais, à partir du VI^e siècle av. J.-C., les penseurs grecs délaissèrent les applications pratiques et les mythologies, remplaçant les explications métaphysiques par des théories géométriques et mathématiques. Pendant 800 ans, jusqu'à la mort de Ptolémée en 150 ap. J.-C., ils jetèrent les bases de l'astronomie moderne. Les maîtres à penser de cette révolution étaient des Grecs vivant en Asie Mineure et dans le sud de l'Italie, dont les idées



étaient enrichies par leurs contacts avec l'astronomie et les mathématiques de Mésopotamie et d'Égypte.

Thalès (VI^e siècle av. J.-C.) partit étudier les mathématiques en Égypte. Il aurait prédit une éclipse et affirmé que la Terre était ronde.

Pythagore (VI^e siècle av. J.-C.), géomètre et mystique, émit l'hypothèse que l'univers était fait de sphères cristallines concentriques entourant la Terre. Soleil, Lune, planètes et étoiles voyageaient sur des sphères différentes. Pythagore croyait que celles-ci produisaient une « musique »

LES GRANDS PENSEURS GRECS

VI ^e siècle av. J.-C.	Thalès et Pythagore
IV ^e siècle av. J.-C.	Eudoxos et Aristote
III ^e siècle av. J.-C.	Aristarque
II ^e siècle av. J.-C.	Hipparque
I ^e siècle ap. J.-C.	Ptolémée

en se frottant l'une contre l'autre. Au IV^e siècle av. J.-C., Eudoxos ajouta de nouvelles sphères, afin de rendre compte du mouvement irrégulier des planètes et de la Lune.

NOUVEAUX PROGRÈS ET UNE THÉORIE RADICALE

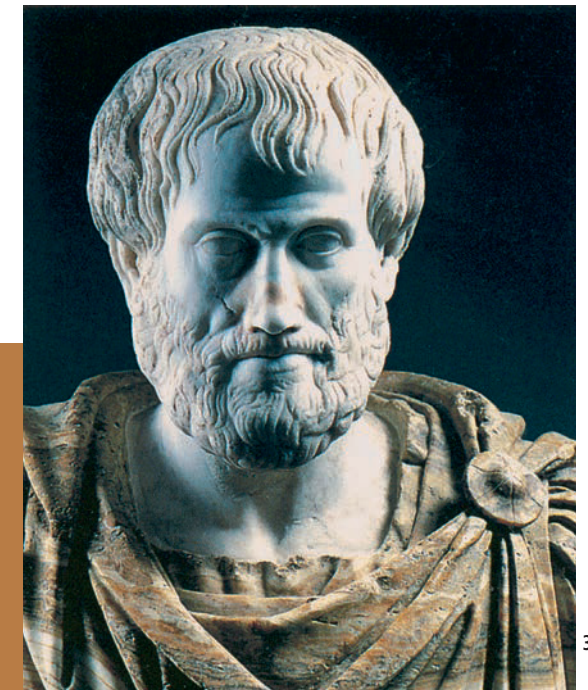
Le philosophe Aristote (IV^e siècle av. J.-C.) s'intéressa à de nombreux sujets et exerça une grande influence.

Il démontra que la Terre était ronde, mais il resta convaincu qu'elle était au centre de l'univers car les étoiles ne changeaient pas de position au cours de l'année, ce qui aurait été le cas si la Terre avait tourné autour du Soleil (en fait, les étoiles bougent, mais trop lentement pour que cela soit décelable à l'aide d'instruments simples).

La prédiction de Thalès
D'après l'historien romain Hérodote, Thalès aurait prédit une éclipse de soleil en 585 av. J.-C.

L'héritage d'Aristote

Aristote a consacré ses travaux à des sujets aussi variés que la physique, la botanique, la politique, l'éthique et l'art, ainsi que l'astronomie. Sa conception d'un univers géocentrique a prévalu pendant 2 000 ans.





Une invention durable

Parmi ses nombreux travaux, Hipparque inventa le système des magnitudes pour exprimer l'éclat des étoiles. Sous une forme modifiée, ce système est toujours en usage de nos jours.



Au III^e siècle av. J.-C., Aristarque proposa un univers centré sur le Soleil, mais cette thèse radicale fut moquée et tomba dans l'oubli. Il tenta aussi de mesurer la taille et la distance de la Lune et du Soleil, mais il échoua à cause de la faiblesse des instruments de l'époque. Le plus grand astronome de l'Antiquité fut Hipparque

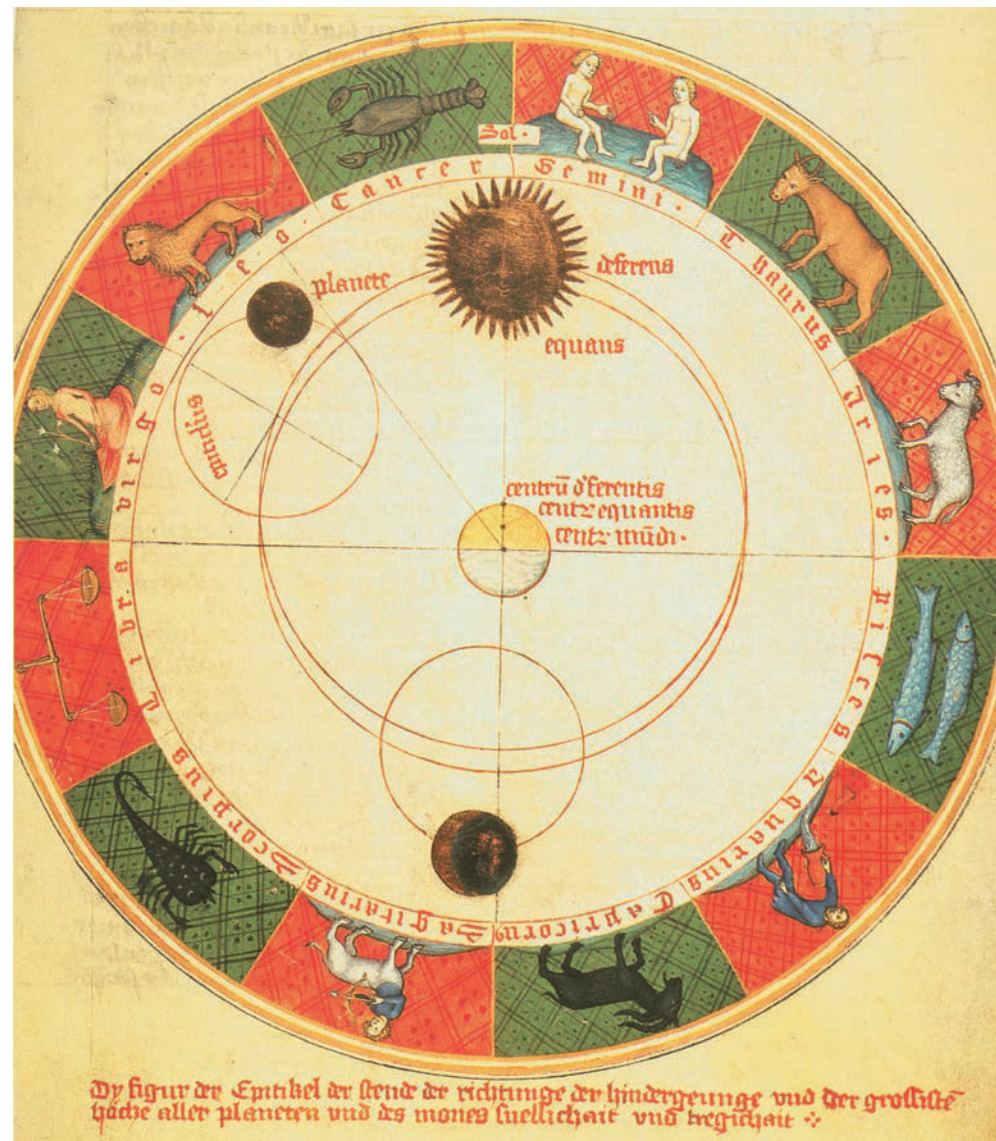
Ptolémée
L'œuvre de Ptolémée fut l'apogée de plusieurs siècles d'astronomie grecque. Complexe et centré sur la Terre, son système expliquait avec précision les mouvements des astres.



(III^e siècle av. J.-C.). Il mesura précisément la distance Terre-Lune, égale à 29,5 diamètres terrestres (la valeur réelle est de 30 diamètres). Il créa le premier catalogue d'étoiles connu et inventa les magnitudes pour comparer l'éclat des étoiles, système toujours en usage de nos jours. Mais Hipparque fit sa plus grande découverte en comparant les observations anciennes des étoiles avec les siennes. Les différences l'amènèrent à découvrir la précession, légère oscillation de l'axe de la Terre causée par l'attraction du Soleil et de la Lune.

LES CYCLES ET LES ÉPICYCLES DE PTOLÉMÉE

Le dernier grand astronome grec de l'Antiquité fut Claude Ptolémée, qui vivait à Alexandrie au I^{er} siècle ap. J.-C. À partir des observations d'Hipparque, Ptolémée élabore une théorie mathématique précise pour prédire les mouvements des astres selon un modèle géocentrique de l'univers. Son œuvre fut publiée dans un livre connu maintenant sous son nom arabe, l'*Almageste*. Pour Ptolémée et les astronomes de l'Antiquité, le mouvement des objets parfaits du ciel ne pouvait suivre que la plus parfaite des formes, le cercle. Dans le système de Ptolémée, tous les objets célestes se déplacent à des vitesses constantes sur des orbites circulaires. Même des observations grossières montrent que ce n'est pas le cas. Ptolémée



eut donc ajouter à ses orbites des épicycles – orbites circulaires plus petites tournant sur l'orbite principale – ainsi que des orbites qui n'étaient pas centrées sur la Terre. Son modèle fonctionnait, même si, pour nous, l'univers de Ptolémée semble contraint.

Même un profane peut pressentir qu'il rejette la réalité physique au nom de l'idéal mathématique. Malgré tout, ce modèle permettait des prévisions remarquablement précises, ce qui importait le plus aux astronomes de cette époque.

L'univers de Ptolémée
Cette gravure du XVI^e siècle montre le système de Ptolémée : chaque planète tourne autour de la Terre dans un petit cercle, ou épicycle, centré sur l'orbite principale.