MONTESSORI

DOCUMENTAIRES

PAS À PAS

L'astronomie

tout ce qu'on sait
et comment on le sait

Pierre Cruzalèbes • Patrick de Laverny
Yves Rabbia • Michel Frœschlé

école vivante

Les auteurs

Pierre Cruzalèbes
Astrophysicien, chargé de recherche CNRS à l'observatoire de la Côte-d'Azur. Il étudie plus particulièrement les étoiles évoluées et leur environnement proche, observées par interférométrie optique longue base (mais oui !). Président-fondateur de l'association Provence Sciences Techniques Jeunesse - www.pstj.fr.

Michel Frœschlé
Astronome. Il travaillait autrefois à l'observatoire de la Côte-d'Azur. Quand on lui demande de préciser et de donner la liste de ses compétences, il dit : "Je suis astronome" et il rigole.

Patrick de Laverny
Astronome à l'observatoire de la Côte-d'Azur, il enseigne aussi à l'Université de Nice-Sophia-Antipolis. Il se consacre à l'étude des étoiles évoluées ainsi qu'à l'histoire de la formation et de l'évolution de notre galaxie en lien avec la mission spatiale Gaia. Pour les explications... lire ce livre !

Yves Rabbia
Astronome émérite à l'observatoire de la Côte-d'Azur. Il étudie l'environnement stellaire et travaille sur la recherche de planètes hors de notre Système solaire, sur l'instrumentation en lumière visible et en infrarouge. Là aussi, rendez-vous dans le livre pour comprendre !

© Ecole Vivante 2015
ISBN : 978-2-36638-038-5
www.ecole-vivante.com

Sommaire

Introduction 6

L'histoire de l'astronomie
L'homme dans l'Univers 6
Les "astronomes" d'Orient 8
Les astronomes grecs et arabes 10
La Terre est ronde ! 12
Copernic, Kepler, Galilée 14
Newton et Halley 16
Herschel et Shapley 18
De Kant à Hubble 20
Einstein 22
L'Univers que l'on connaît aujourd'hui 24

Le Système solaire
Le Système solaire 26
La formation du Système solaire 28
Le Soleil : une "machine infernale" 30
Le Soleil : sa surface, ses taches... 32
Le vent solaire 34
Mercure 36
Vénus 38
Terre : la planète bleue et rouge 40
Les mouvements de la Terre 42
Le temps et la Terre 44
La Lune 46
Le système Terre-Lune 48
Mars 50
Les astéroïdes 52
Jupiter et ses satellites 54
Saturne et ses anneaux 56
Uranus et Neptune 58
Pluton et la ceinture de Kuiper 60
Les comètes et le nuage de Oort 62
Étoiles filantes et météorites 64
Des planètes autour d'autres étoiles 66
D'autres vies dans l'Univers ? 68
Où trouver d'autres formes de vie ? 70

Les étoiles
Au-delà du Système solaire 72
Qu'est-ce qu'une étoile ? 74
Diverses sortes d'étoiles 76
Classer les étoiles 78
Naissance, vie et mort d'une étoile 80
Les naines blanches 82
Les restes des supernovae 86
Les amas d'étoiles 86

Les galaxies
La Voie lactée 88
L'évolution de la Galaxie 90
Galaxies : les briques de l'Univers 92
Différentes sortes de galaxies 94
Le choc des galaxies 96
L'expansion de l'Univers 98
Le Big Bang 100

Observation et instruments
Se repérer dans le ciel 102
Lunettes et télescopes 104
Des instruments spécialisés 106
Recueillir les signaux de l'espace 108
Les radiotélescopes 110
Les meilleurs sites d'observation 112
Visite d'un observatoire 114
Des observations depuis l'espace 116
Fusées et navettes 118
Satellites, sondes et stations 120
Hubble : un grand télescope dans l'espace 122
D'autres observatoires spatiaux 124
Les routes vers les planètes 126
L'exploration de la Lune 128
L'exploration de Mars 130
L'exploration des planètes géantes 132
Galileo et Cassini 134
L'exploration des comètes et des astéroïdes 136

Les méthodes en astronomie

La matière qui compose l'Univers 138
Les changements de la matière 140
Observation et recherche expérimentale 142
L'astrophysique 144
Mesurer les distances 146
La spectrographie 148
Classer et cataloguer 150
Gaia, l'arpenteur de la Voie lactée 152
La mécanique de l'Univers 154

Glossaire 156

Introduction

Entre le moment où nous avons commencé à écrire ce livre et sa parution, il s'est déjà passé plusieurs événements extraordinaires que nous avons pu prendre en compte : la sonde Rosetta a réussi à poser le petit atterrisseur Philae sur la comète Churyumov-Gerasimenko, la sonde New Horizons nous a transmis d'incroyables images de Pluton, les sondes martiennes ont confirmé la présence de l'eau sur la planète rouge... Quand vous aurez ce livre entre les mains, il se sera peut-être encore passé de nouvelles découvertes, de nouvelles avancées dans notre connaissance de l'Univers.
Les connaissances astronomiques évoluent tout le temps.
Voilà pourquoi les astronomes ont plutôt tendance à dire "On pense que..." ou "Aujourd'hui, il est admis que..." plutôt que "Nous avons la certitude que...". Tout est si grand, si éloigné, si extraordinaire dans le Cosmos !

Pour exposer les connaissances que nous possédons en ce début de XXIe siècle, nous avons donc fait un choix un peu différent de ce que l'on rencontre habituellement dans les livres d'astronomie : nous avons voulu présenter non seulement ***l'essentiel de ce que l'on connaît*** *aujourd'hui, mais aussi* ***comment on sait tout cela****.*

Par quelles découvertes successives est-on parvenu à mieux comprendre l'Univers ? Grâce à l'intelligence, à la persévérance, à l'imagination, parfois même au courage de quels "chercheurs", depuis l'Antiquité ? Mais aussi avec quels appareils de plus en plus sophistiqués, par quels calculs, quelles mesures, quelles méthodes scientifiques ?

Ce faisant, nous avons aussi essayé de rendre compréhensible et accessible à tous une science pourtant complexe. Quand on explique pas à pas, on peut aborder les sujets les plus compliqués.

Les auteurs

L'homme dans l'Univers

Quel mystère que ce ciel, tour à tour noir ou clair, piqueté de lumières, rempli de nuages, pourvoyeur de pluie, d'éclairs, de grêle, de neige ! Il n'est pas étonnant que l'homme en ait toujours eu peur, qu'il en ait fait le domaine des dieux et qu'il se soit posé mille questions en le scrutant avec des instruments de plus en plus perfectionnés.

Le Soleil et le temps

Chez les premiers agriculteurs, le besoin d'établir un calendrier qui commande les travaux des champs s'est imposé très tôt. Ils constatent de bonne heure le lien entre les variations de position du Soleil au cours de l'année et le cycle des saisons : à midi, l'hiver, le Soleil est bas sur l'horizon ; au contraire l'été, il est très élevé. Ils remarquent aussi que les étoiles qui se voient au coucher ou au lever du Soleil, ne sont pas les mêmes au cours de l'année.

Le temps et la Lune

Les premiers agriculteurs observent aussi la régularité du cycle de la Lune, qui passe, chaque mois, de la nouvelle Lune au premier quartier, puis à la pleine Lune... Depuis 6 000 ans au moins, les peuples cultivateurs ont ainsi le Soleil, la Lune et les étoiles pour calendrier.

Les pierres dressées de Stonehenge (Grande-Bretagne - près de 3 000 ans av. J.-C.), représentent encore aujourd'hui un mystère. Des archéologues pensent cependant que l'orientation et la position de certaines pierres ont été choisies en rapport avec la position du Soleil à des moments précis du jour et de l'année.

Le domaine de la peur et des dieux

Pour les peuples qui vivent de la Terre, le ciel est bien inquiétant : il change sans cesse. Il s'y produit toujours des phénomènes étranges et violents, météorologiques ou astronomiques. Le tonnerre, les éclairs deviennent la manifestation de la colère des dieux. La nuit soudaine des éclipses engendre la peur. L'apparition d'une comète peut sembler annoncer une vengeance contre les hommes.

Un gigantesque laboratoire

Aujourd'hui, les choses ont bien changé. L'homme, à force d'observations, de calculs et de recherches, a réussi à expliquer de nombreux phénomènes. Le mystère recule. Le ciel est devenu, pour les astrophysiciens, un fabuleux laboratoire. Il est presque impossible d'obtenir dans des laboratoires terrestres des conditions aussi extrêmes que dans l'espace, permettant d'étudier les corps très très chauds ou très très froids, et d'observer les réactions de la matière. Or chaque étoile est le siège de nombreuses réactions nucléaires très difficilement reproductibles sur Terre. Le ciel est donc le plus beau laboratoire dont on puisse rêver.

La soif de comprendre

Mais nous sommes bien loin de tout connaître et certaines explications de la science d'aujourd'hui contredisent des théories d'hier et seront contredites par les observations de demain. Les astronomes continuent inlassablement à observer l'espace. Des télescopes toujours plus grands et des appareils toujours plus perfectionnés pointent vers l'espace et rapportent des moissons d'informations nouvelles, à étudier et à comprendre.

Sommes-nous seuls ?

En découvrant le gigantisme de l'Univers et le fait que la Terre n'en est pas le centre, nous avons commencé à nous demander... si nous étions les seuls à y vivre. La recherche de la vie dans l'espace est devenue un thème aussi sérieux que passionnant. Y a-t-il de la vie sur une autre planète de notre Système solaire ou dans un autre système et quelle forme prend-elle ? Nous n'en savons rien.

DES PIERRES POUR VISER LES ASTRES

On s'est longtemps interrogé sur l'utilité des alignements de menhirs. L'une des interprétations possibles est liée aux changements de saisons. C'est pour repérer ces changements que les druides, les prêtres celtes, auraient fait disposer ces menhirs, alignés vers le point de l'horizon où le Soleil se lève au début de chaque nouvelle saison. On distingue ainsi l'alignement correspondant au lever du Soleil en été, celui de l'automne, etc.

Le Système solaire

La Terre n'est pas la seule à tourner autour du Soleil : sept autres planètes et un grand nombre de cailloux plus ou moins gros nous accompagnent dans ce ballet incessant.

Les vagabondes du ciel

Regardons très attentivement le ciel chaque soir à la même heure. D'une nuit à l'autre, nous reconnaîtrons les mêmes étoiles presque au même endroit. Mais nous remarquerons aussi que certains astres, qui scintillent bien moins que les étoiles, se déplacent lentement par rapport à elles. Ce sont les planètes : on en a compté huit principales autour du Soleil.

Captives du Soleil

Toutes ces planètes sont en orbite autour du Soleil à cause de son pouvoir d'attraction : il se comporte un peu comme un aimant empêchant les planètes de s'échapper. De la même façon les satellites lancés par les hommes restent en orbite autour de la Terre grâce à l'attraction terrestre. Cet ensemble d'une étoile – le Soleil – et des planètes captives, dont les éléments dépendent les uns des autres, s'appelle le Système solaire.

Photo de famille

De la plus proche du Soleil à la plus éloignée viennent d'abord quatre petites planètes rocheuses : Mercure, Vénus, la Terre et Mars. Leur surface est solide et, sauf pour Mercure, une atmosphère légère les enveloppe. Au-delà de l'orbite de Mars, règnent les quatre planètes géantes Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, composées essentiellement de gaz et entourées d'un cortège de satellites et d'anneaux. Entre Mars et Jupiter, et au-delà de l'orbite de Neptune, des millions de petits blocs de roche et de glace flottent dans l'espace en orbite autour du Soleil. Il s'agit des restes de la formation du Système solaire. L'un des plus gros d'entre eux, Pluton, est deux fois plus petit que la Terre.

Un système en forme de disque

Toutes les planètes tournent autour du Soleil dans le même sens sur des orbites légèrement aplaties, que l'on appelle des ellipses. Plus les planètes sont proches du Soleil, plus leur déplacement sur leur orbite est rapide. La Terre met une année, 365 jours, à "boucler" son tour. Mercure n'a besoin que de 3 mois, tandis que Neptune met presque 165 ans. Comme toutes les planètes tournent autour du Soleil quasiment dans le même plan, qu'on appelle plan de l'écliptique, vues depuis la Terre toutes les planètes semblent se déplacer, devant les étoiles, dans la même bande de ciel appelée zodiaque.

De la Terre au Soleil

Sur la Terre, on se sert du kilomètre pour mesurer les distances. Dans le Système solaire, c'est la distance de la Terre au Soleil qui nous sert d'unité. On la nomme l'Unité astronomique (UA). Elle équivaut à 150 millions de kilomètres. Ainsi, dire que Neptune se trouve à 30 UA du Soleil, c'est dire qu'elle en est 30 fois plus éloignée que la Terre.

LA TERRE EST UNE CERISE

Si le Soleil était une grosse boule de 1,50 m dans laquelle un enfant de 10 ans pourrait tenir debout, les planètes ne seraient pas plus grosses que des fruits : Jupiter ressemblerait à un melon (15 cm), Saturne à un pamplemousse (13 cm), Uranus et Neptune à deux abricots (5,5 cm), la Terre et Vénus à deux petites cerises (1,3 cm), Mars et Mercure à deux groseilles (7 et 5 mm respectivement).

Au-delà du Système solaire

Le Soleil est une petite étoile comme il en existe des milliards de milliards dans l'Univers. Autour de lui gravitent quelques planètes qui constituent le Système solaire. Pour rencontrer une autre étoile, même la plus proche, il faut sortir du Système solaire et parcourir une distance de 4 années-lumière !

Où s'arrête le Système solaire ?

La Terre, par son pouvoir d'attraction, retient la Lune en orbite autour d'elle. De la même manière, mais avec un pouvoir d'attraction beaucoup plus important, le Soleil retient toute une série de planètes, dont la Terre. Entre les planètes, du gaz, de la poussière et des petits blocs de roche, les astéroïdes, les comètes, tournent également autour du Soleil. Mais plus on s'éloigne, moins l'attraction du Soleil se fait sentir : les derniers objets retenus sont des comètes, groupées dans le nuage de Oort, qui s'étend jusqu'à 2 années-lumière. Au-delà, on sort du Système solaire.

Le " voisinage "

Imaginons que nous quittions le Système solaire à bord d'une fusée pouvant aller aussi vite que la lumière. Bien sûr, c'est impossible, mais même si nous pouvions voyager à cette vitesse, il faudrait plus de 4 ans avant de rencontrer la première étoile. Elle s'appelle Proxima Centauri. C'est une étoile peu brillante de la constellation du Centaure. Proxima signifie la plus proche en latin.
Contrairement à ce que l'on pourrait penser en regardant le ciel nocturne, les étoiles sont donc très éloignées les unes des autres. Mais l'espace qui les sépare n'est pas vide. Au cours de notre voyage, nous rencontrerions des nuages de gaz et de poussière. Notre Soleil (et la Terre) baignent ainsi dans une bulle de gaz, appelée le Nuage local et mesurant quelques dizaines d'années-lumière.

Et encore plus loin ?

Au-delà de l'étoile la plus proche, au bout d'une quinzaine d'années de voyage (toujours à la vitesse de 300 000 km/s) et en envoyant des fusées dans toutes les directions à partir du Soleil, nous n'aurions rencontré qu'une trentaine d'étoiles. Or il y en a près de 100 milliards dans notre galaxie. En continuant le voyage au-delà de la Voie lactée, nous traverserions des milliards de galaxies. Le Système solaire est, en fait, un point minuscule perdu dans l'Univers.

AUX FRONTIÈRES DU SYSTÈME SOLAIRE

On a récemment trouvé plusieurs petits corps au-delà de Pluton. On ne les connaît pas très bien car ils sont très éloignés de nous et difficiles à repérer dans le ciel. Les plus lointains se trouvent à environ 10 milliards de kilomètres du Soleil. Pourquoi n'en trouve-t-on pas plus loin ? Pour l'une de ces deux raisons : soit il n'y a plus rien à trouver (il n'y a plus de corps au-delà de la limite déjà atteinte), soit il existe des objets encore plus distants mais les plus grands télescopes actuels ne sont pas encore assez puissants pour les percevoir.
Seuls les télescopes du futur nous permettront de répondre à cette question !

La Voie lactée

Une large bande claire traverse le ciel nocturne. Ce sont les 100 milliards d'étoiles qui composent la Voie lactée, notre galaxie. Pour nous, le principal intérêt de cette galaxie, par rapport aux milliards d'autres que contient l'Univers, est que nous pouvons la voir à l'œil nu, parce que nous sommes dedans : l'une de ses étoiles est notre Soleil.

Un disque gigantesque

Notre galaxie se présente comme un disque très étendu, d'un diamètre de 100 000 années-lumière environ. Ce disque entoure un renflement central : le bulbe. Les étoiles, la poussière et le gaz contenus dans le disque sont répartis dans des bras qui s'enroulent en spirale autour du centre. Le tout est entouré par le halo de la Galaxie, une gigantesque sphère quasiment vide, constituée principalement d'amas d'étoiles, groupements en forme de boules de plusieurs centaines de milliers d'étoiles.

La Voie lactée : 100 milliards d'étoiles regroupées en une sorte de gigantesque disque.

Notre position dans la Galaxie

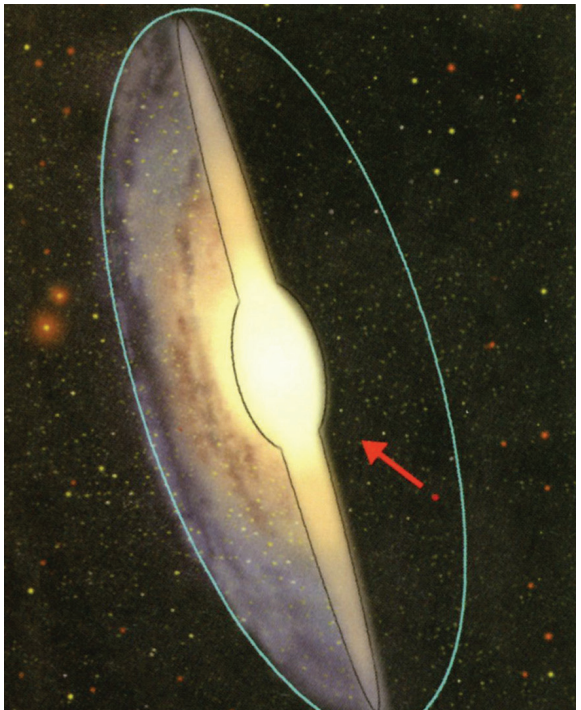
Nous savons, depuis les observations de l'astronome américain Harlow Shapley en 1914, que notre Soleil, et donc notre Terre, sont situés quasiment sur le bord de notre galaxie, sur le côté d'un bras. Nous nous trouvons ainsi à plus de 25 000 années-lumière du centre, autour duquel nous tournons en 250 millions d'années environ. Depuis sa formation, le Soleil a fait une vingtaine de tours de la Galaxie. Et, rien que pendant le dernier tour, les dinosaures ont eu le temps d'apparaître et de disparaître de la surface de la Terre et une nouvelle espèce s'est développée : l'homme.

Les étoiles de la Galaxie

Parmi les 100 milliards d'étoiles réparties dans notre galaxie, certaines sont isolées, d'autres sont assez proches pour s'attirer, comme le Soleil retient la Terre. Elles restent groupées par deux, trois ou beaucoup plus. Les premières sont appelées étoiles doubles ou triples. Les autres constituent des amas qui peuvent contenir des milliers d'étoiles. Certaines sont en train de naître, d'autres meurent en explosant et en rejetant leur matière dans la Galaxie. Certaines, comme notre Soleil, sont entourées de planètes.

PAR UN BEAU SOIR ÉTOILÉ...

Couche-toi sur le dos et regarde la Voie lactée. En tournant tes yeux vers la partie la plus large de la grande bande blanche, tu regardes le centre du disque, le noyau de notre galaxie. Tu es sur le bord d'un des grands bras spiraux, comme sur la nacelle d'une gigantesque roue de fête foraine. Tu tournes avec les 100 milliards d'étoiles autour du centre de la Voie lactée. Sur le dessin, le point rouge, c'est toi. Et la flèche, ton regard.



Se repérer dans le ciel

À l'œil nu, on voit moins de 3 000 étoiles dans le ciel. En fait il y en a des milliards. Depuis l'Antiquité, des observateurs ont essayé de trouver des points de repère dans ce fouillis et de décrire la voûte céleste de façon organisée pour mieux la comprendre.

Des étoiles plus ou moins lumineuses

Un premier coup d'œil révèle qu'il y a des étoiles plus brillantes que d'autres. On pourrait croire que les étoiles brillantes sont les plus proches de nous. Mais ce n'est pas toujours le cas : leur éclat dépend de leur dimension et de leur température. Grâce à des instruments très précis, on mesure l'éclat des étoiles que l'on note par un nombre appelé "magnitude". Plus l'étoile est brillante, plus sa magnitude est petite. L'étoile la plus brillante de notre ciel, Sirius, a même une magnitude négative : −1,5. L'étoile 51 Peg, très faiblement lumineuse, a une grosse magnitude : 5,5.

Les étoiles, notre grande horloge

Notre Terre tourne sur elle-même et c'est pour cela que nous voyons le Soleil se lever, traverser le ciel et se coucher. Entre deux passages du Soleil dans la même position, il s'est écoulé 24 h (c'est la définition de la durée de la journée) mais pour les étoiles du ciel nocturne c'est différent. Pour qu'on retrouve une étoile à sa position de la veille, il s'écoule seulement 23 h 56 min et 4 s (cette durée est appelée "jour sidéral"). Ainsi chaque jour la voûte céleste arrive "en avance" de 3 min et 56 s, et cet écart produit un second mouvement apparent qui demande un an pour que la voûte céleste retrouve sa position de départ. Ainsi le ciel étoilé, par la régularité de ses mouvements apparents, est une grande horloge aussi bien à l'échelle de la journée (grand manège) qu'à celle de l'année (petits décalages accumulés).

L'invention des constellations

Pour utiliser "l'horloge" des étoiles avec le plus de précision possible, les hommes ont cherché à identifier des étoiles-repères. Difficile dans tout ce fouillis ! On a donc inventé des aide-mémoire visuels, en reliant certaines étoiles disposées en figures simples (triangles, trapèzes, cercles...). Les dessins ainsi formés sont les constellations. On leur a donné des noms de divinités, d'animaux ou d'objets. Attention : les étoiles d'une constellation n'ont pas d'autre lien que ce regroupement visuel artificiel (d'ailleurs différent d'une civilisation à une autre). On peut désormais établir de véritables cartes du ciel : des planiciels. De nos jours, la carte du ciel est construite à partir des mesures d'instruments spécialisés, placés sur la Terre ou dans l'espace, et les positions des astres sont rassemblées de façon extrêmement précise dans des catalogues d'étoiles.

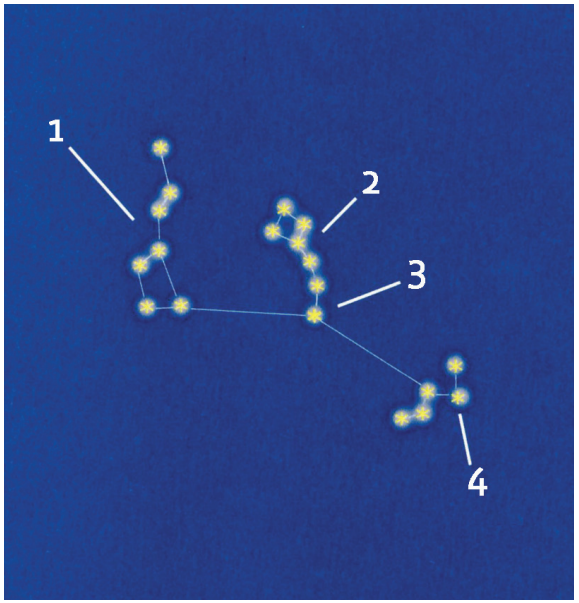
Ceux qui ne "jouent pas le jeu"

Parmi tous ces confettis lumineux dont la position des uns par rapport aux autres ne change pas, il y en a quelques-uns qui ne restent pas à leur place. Les Grecs les ont appelés "astres errants". Ce ne sont pas des étoiles, mais des planètes (du grec *planétès* : errant). Ainsi, c'est par une sorte de grand jeu de différences d'un ciel nocturne à l'autre que l'on a pu découvrir l'existence des planètes du Système solaire.

Planiciel des étoiles visibles de l'hémisphère Nord : on peut y retrouver celles que l'on observe à l'œil nu.

POUR NE JAMAIS SE PERDRE : L'ÉTOILE POLAIRE

Pourquoi l'étoile Polaire a-t-elle longtemps servi de point de repère aux voyageurs et aux explorateurs ? Parce qu'elle est située sur l'axe du mouvement apparent de la voûte céleste et qu'elle ne bouge donc pas, comme le centre d'un disque qui tourne. Elle indique toujours le Nord. Voici comment la repérer.



1. La Grande Ourse ; 2. La Petite Ourse ; 3. L'étoile Polaire ; 4. Cassiopée.

La matière qui compose l'Univers

Si l'on ne connaît pas la nature et le comportement de la matière, la compréhension des phénomènes de l'Univers reste très limitée. On connaît beaucoup de choses sur la matière, mais depuis quelques années des observations ont conduit à supposer l'existence d'une matière encore mystérieuse, la matière noire, dont on ne sait encore rien. On peut tout de même dire que l'Univers, c'est du vide et des particules. En effet, tout ce qui est présent dans l'Univers (un chat, un arbre, une voiture, le Soleil, les galaxies...) sont des assemblages de particules. Ce qui rend les choses différentes, c'est la manière de faire l'assemblage. Mais que sont ces particules ?

L'atome : l'élément de base

On ne peut pas diviser indéfiniment un morceau de fer : la plus petite parcelle de fer que l'on peut obtenir s'appelle un atome (du mot grec qui veut dire "indivisible"). Il y a plusieurs sortes d'atomes, un peu plus de 100. On dit "un atome d'hydrogène", "un atome d'oxygène", "de sodium, de fer"... Ces substances sont des "corps purs", constitués d'une seule sorte d'atomes.

Un pas de plus dans l'assemblage : les molécules

En combinant des atomes pour en faire des petits paquets identiques, on obtient des molécules. Par exemple deux atomes d'hydrogène combinés avec un atome d'oxygène forment une molécule d'eau, la plus petite parcelle d'eau qui existe. L'eau n'est donc pas un corps pur : c'est un corps composé. Des quantités de substances différentes, comme le gaz carbonique, la rouille, les colorants, les arômes alimentaires, peuvent être formées ainsi en changeant la composition du paquet d'atomes. Nous sommes aussi composés d'atomes et de molécules.

Encore plus petit que l'atome

En étudiant les atomes, on a découvert que chacun est un assemblage de particules encore plus petites, les neutrons, les protons et les électrons. Neutrons et protons, collés ensemble, forment un noyau autour duquel tournent les électrons. Il y a autant d'électrons que de protons. On a constaté que, selon la manière de grouper ces particules, on fabrique notre centaine d'atomes différents. Tout l'Univers est-il donc fait avec trois types de particules (neutrons, protons et électrons) ? Presque. Ce sont les acteurs principaux. Mais la recherche actuelle semble montrer que les protons et les neutrons sont eux-mêmes des assemblages de particules de masse encore plus petite appelées "quarks". En fait, cela ne change pas vraiment notre jeu de construction.

Un autre élément de la matière encore plus petit que les protons a été découvert lors des expériences dans les accélérateurs de particules (comme celui du CERN, en Suisse) dans lesquels on fait s'entrechoquer des protons à très grande vitesse : il s'agit des "particules élémentaires".

Trois états de la matière

La matière se présente sous trois formes différentes : les gaz, les solides et les liquides. Dans les gaz, les atomes sont en liberté, animés de mouvements désordonnés. Voilà pourquoi les gaz s'échappent. Dans les solides, au contraire, les atomes restent à leur place. Voilà pourquoi une roche, par exemple, ne change pas de forme. Dans les liquides, les atomes glissent les uns contre les autres. Voilà pourquoi les liquides n'ont pas de forme précise et coulent. Selon la température, la matière peut passer d'un état à l'autre : l'eau liquide chauffée s'évapore en gaz. Refroidie, elle devient un solide : la glace.