

L. Shore, D. Prosper, V. White

GUIDE DU CHASSEUR D'ÉTOILES

Découvrir les planètes, les étoiles et l'univers en 275 leçons



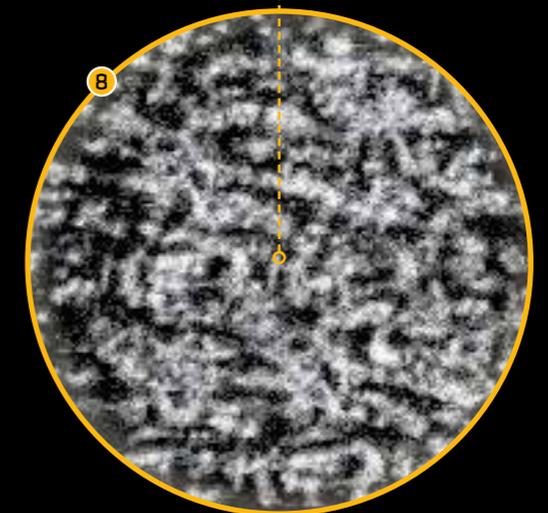
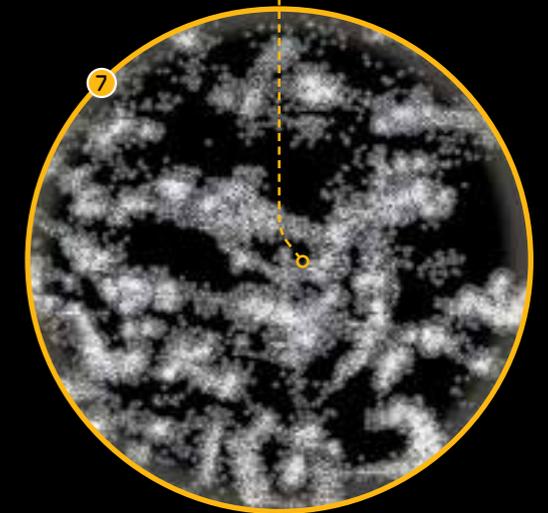
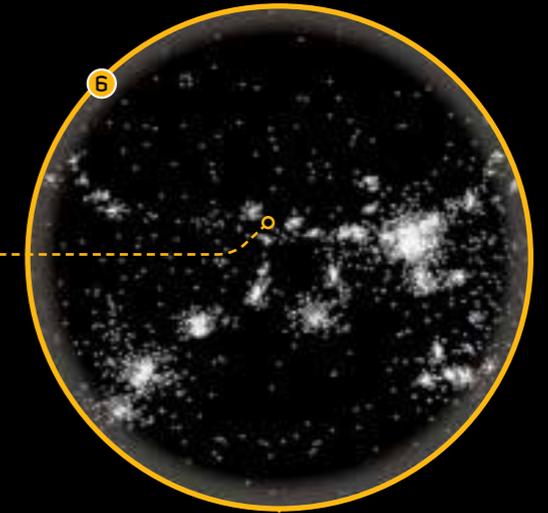
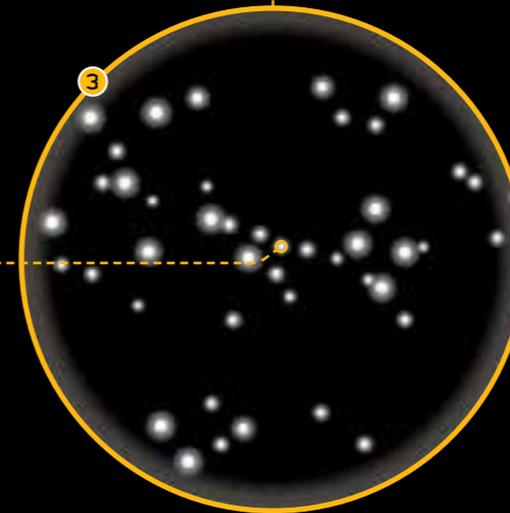
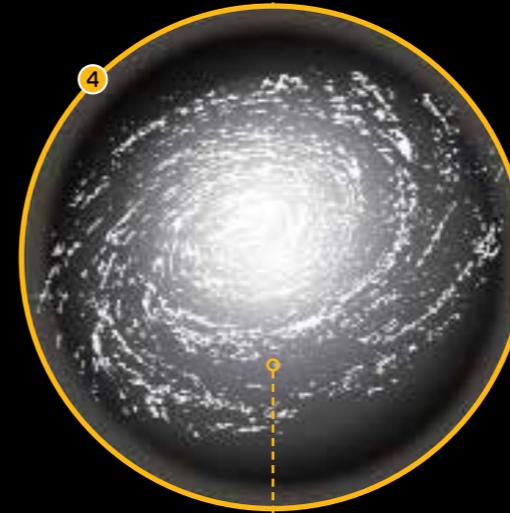
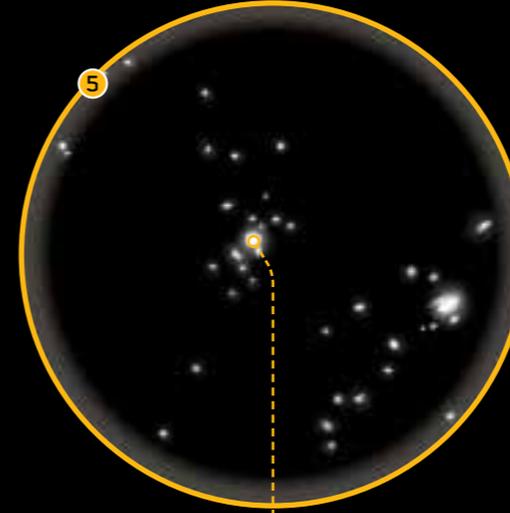
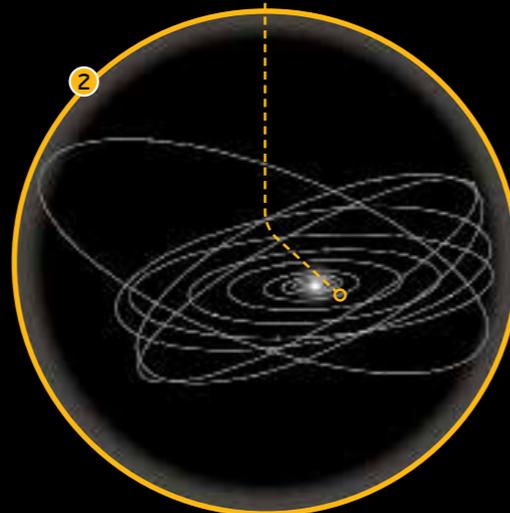

delachaux
et niestlé

01 DÉCOUVREZ L'UNIVERS

L'Univers comprend l'espace et tout ce qu'il renferme : la plus ténue des particules subatomiques comme la plus volumineuse des galaxies, toutes les planètes et les créatures qui y vivent (ou qui pourraient y vivre), la matière et l'énergie. Tout ceci a surgi du néant à la faveur d'un événement connu sous le nom de *Big Bang*. Lorsque l'Univers est né, il était infiniment dense, infiniment chaud et infiniment petit. En moins d'une seconde, il a pris la taille d'un pamplemousse, puis a continué à croître rapidement. Sa température initiale était si élevée que même les atomes ne pouvaient exister. Dans la première seconde, elle est tombée en dessous de 10 milliards de degrés, une température suffisamment froide pour que les protons et les neutrons puissent se former. Quelques minutes plus tard, ces particules se sont combinées pour former les premiers noyaux d'hydrogène et d'hélium. Il a fallu attendre 300 000 ans pour que l'Univers refroidisse et que ces noyaux captent des électrons et forment ainsi les premiers atomes.

Les étoiles et galaxies sont apparues environ un milliard d'années après le *Big Bang* : notre système solaire fait figure de nouvel arrivé puisqu'il s'est formé quelque 8 milliards d'années plus tard. Vu de la Terre – troisième planète gravitant autour du Soleil –, il fait partie d'une galaxie, la Voie lactée, appartenant à un ensemble de galaxies formant le « Groupe local » au sein du superamas galactique de la Vierge (ou « superamas local »), dans ce que l'on qualifie d'« univers observable » – qui englobe tout ce que nous pouvons percevoir à l'œil nu, à l'aide de télescopes et autres instruments. Grâce aux télescopes spatiaux modernes comme *Hubble* (voir # 262), les astronomes ont compris que l'Univers contient des centaines de milliards de galaxies, formant de grands groupes et des superamas, et que chacune renferme un nombre inimaginable d'étoiles, de planètes, d'astéroïdes, de comètes et d'autres objets, tous méritant d'être découverts, observés et étudiés.

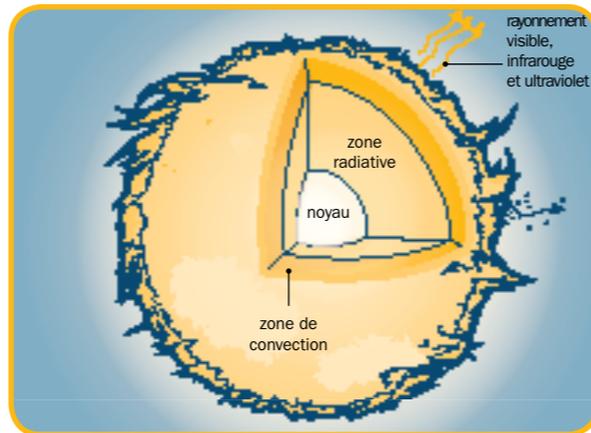
COUCHES DE L'UNIVERS	
①	TERRE
②	SYSTÈME SOLAIRE
③	VOISINAGE DU SYSTÈME SOLAIRE
④	GALAXIE DE LA VOIE LACTÉE
⑤	GROUPE LOCAL
⑥	SUPERAMAS LOCAL (DE LA VIERGE)
⑦	COMPLEXES DE SUPERAMAS
⑧	UNIVERS OBSERVABLE



02 DISSÉQUEZ UNE ÉTOILE

Les points lumineux qui brillent dans la nuit sont essentiellement des étoiles. Chacune de ces beautés scintillantes est une gigantesque boule d'atomes d'hydrogène et d'hélium que retiennent des forces gravitationnelles. La masse d'une étoile est telle que la gravitation qu'elle engendre élève sa température interne à plus de 15 millions de degrés. À ces températures, les noyaux d'hydrogène se déplacent très vite et entrent en collision pour former de l'hélium. Cette « fusion nucléaire » libère d'énormes quantités d'énergie. Une partie crée des forces qui s'opposent à la gravitation, empêchant l'étoile de s'affaisser ; le reste s'échappe sous forme de lumière et de chaleur.

Le Soleil, l'étoile la plus proche de la Terre, est plus petit que chacune – ou presque – des étoiles que vous voyez dans le ciel. Il existe aussi d'innombrables étoiles plus petites, trop sombres pour être vues. Les plus grandes, comme l'hypergéante Eta Carinae, sont cent fois plus grosses que le Soleil et émettent 5 millions de fois plus d'énergie. Leur cœur est assez chaud pour entraîner la fusion des éléments lourds en carbone, oxygène et azote.



L'intérieur des étoiles ressemble à un oignon, composé de couches véhiculant l'énergie du noyau à l'espace. Les étoiles moyennes comptent trois couches : le noyau (où les réactions nucléaires produisent l'énergie), la zone radiative (zone gazeuse où la lumière émise par le noyau circule entre les atomes) et la zone de convection (où les gaz évoquent un peu de l'eau portée à ébullition). Les très grosses étoiles, dépourvues de zone de convection, véhiculent l'énergie à travers une vaste couche radiative. Les plus petites étoiles n'ont qu'une couche de convection.

03 APPRENEZ LA CLASSIFICATION STELLAIRE

Les astronomes classent les étoiles de nombreuses façons. L'une d'elles repose sur la classification de Morgan-Keenan (MK), qui intègre leur température et leur luminosité – la quantité d'énergie qu'une étoile émet en un temps donné. Voici comment ce système hiérarchise les étoiles.

ÉTOILES DE LA SÉQUENCE PRINCIPALE Elles forment la majorité des étoiles. Leur noyau est assez chaud pour permettre la fusion des atomes d'hydrogène et créer des atomes d'hélium en dégageant une énergie considérable. La plupart des étoiles demeurent l'essentiel de leur existence dans ce groupe, tout en ayant des tailles et des colorations variables. Il en existe des jaunes dont la taille et la luminosité sont comparables à celles du Soleil, et des rouges, très petites, moins turbulentes, moins visibles (appelées naines rouges), qui sont les plus nombreuses dans l'Univers et vivent le plus longtemps.

GÉANTES Une étoile géante a un très grand diamètre et une température de surface moins chaude qu'une étoile de la séquence principale : elle se forme une fois que

l'étoile a cessé de consommer de l'hydrogène. Son noyau contient de l'hélium qui y fusionne en carbone. Arcturus (#30), dans la constellation du Bouvier, en est un exemple.

SUPERGÉANTES Elles comptent au nombre des étoiles les plus grosses et lumineuses : leur masse est plus de dix fois supérieure à celle du Soleil. Vous pouvez voir de nombreuses supergéantes sans télescope, telle Rigel, dans Orion. En fin de vie, ces étoiles se transforment en supernovas et parfois deviennent des trous noirs (zones invisibles où la gravité est si forte que la lumière ne peut s'en échapper) ou des étoiles à neutrons (restes stellaires).

ÉTOILES VARIABLES Certaines étoiles ne rentrent dans aucune catégorie. Vues de la Terre, elles semblent avoir une luminosité fluctuante : ce phénomène résulte de leur contraction, de leur expansion ou de la présence d'un objet céleste les éclipsant. L'analyse de la pulsation irrégulière des céphéides (type particulier d'étoile variable) constitue un moyen d'en étudier la structure interne. Ces étoiles servent d'étalon aux échelles de distance dans le cosmos.

04 DÉCOUVREZ DES AMAS D'ÉTOILES



Il y a plus d'objets dans les cieux que l'œil ne peut en voir – et notamment plus d'étoiles qu'il n'est possible d'en embrasser du regard. Les étoiles se présentent souvent sous forme de groupes.

A ÉTOILES DOUBLES Certaines étoiles ne sont pas en fait un unique point brillant : il existe de nombreux systèmes formés de plusieurs étoiles que l'œil perçoit comme une seule. Les plus communs, constitués de deux étoiles, sont de deux types : les doubles optiques, vues comme une seule étoile, et les étoiles binaires, si proches qu'elles sont en orbite autour d'un centre de gravité commun. La plus brillante étoile de notre galaxie, Sirius, appartient ainsi à un système binaire. Le nom de la plus brillante des étoiles d'un système est suivi de la lettre A, celui de la deuxième d'un B, etc.

B AMAS OUVERTS (= amas stellaires) Ces groupes fédèrent des milliers de jeunes étoiles du même âge provenant d'une même nébuleuse. Elles sont liées par des forces gravitationnelles faibles, et peuvent finir par dériver de façon autonome. Un exemple très célèbre d'amas stellaire visible à l'œil nu est l'amas des Pléiades (voir #202) dans la constellation du Taureau (voir #58).

05 OBSERVEZ LES ÉTOILES LES PLUS PROCHE

Après le Soleil, l'étoile la plus proche de la Terre est Proxima du Centaure : c'est l'une des trois étoiles formant le système Alpha du Centaure dans la constellation du même nom (voir #42), à environ 4,24 années-lumière du système solaire. Voici quelques étoiles voisines, dont certaines sont visibles à l'œil nu.

ÉTOILES	Distances
SOLEIL	8,3 secondes-lumière
PROXIMA DU CENTAURE	4,2 années-lumière
ALPHA DU CENTAURE A ET B	4,3 années-lumière
ÉTOILE DE BARNARD	6,0 années-lumière
WOLF 359	7,8 années-lumière
LALANDE 21185	8,3 années-lumière
LUYTEN 726-8 A ET B	8,4 années-lumière
SIRIUS A ET B	8,6 années-lumière
ROSS 154	9,4 années-lumière
ROSS 248	10,3 années-lumière
EPSILON ERIDANI	10,5 années-lumière

C AMAS GLOBULAIRES Apparaissant comme un amas stellaire très dense, ils sont soumis à des forces gravitationnelles importantes et demeurent cohérents plus longtemps que les amas ouverts. L'amas Oméga du Centaure est le plus gros et M13 dans la constellation d'Hercule est si condensé qu'il fut pris pour une étoile unique dans l'Antiquité.

06 CINQ CONSEILS AU TOP

RECONNAÎSSEZ UN CIEL IDÉAL

Vous aurez d'autant plus de plaisir à scruter le ciel que vous distinguerez aisément des objets célestes : optimisez vos conditions d'observation !

❑ **VÉRIFIEZ LES CONDITIONS MÉTÉO** Un couvert nuageux, du brouillard, de la pollution obscurcissent la vue. Même si le ciel nocturne est clair, une forte humidité perturbe la vision et, rapidement, produit du brouillard ou de la brume. Si vous vivez dans une région humide ou brumeuse, surveillez la météo afin de profiter des rares nuits convenant à l'observation astronomique.

❑ **UTILISEZ LA TECHNOLOGIE** L'application *Clear Sky Chart*, disponible sur le web et sur mobiles, est indispensable à l'astronome : elle lui signale les nuits où le ciel se prêtera idéalement aux observations. Utilisez-la sans modération ! Compte tenu de l'orbite de la Terre autour du Soleil, vous découvrirez des étoiles différentes selon les saisons. Cette application permet de planifier les observations au long de l'année.

❑ **SURVEILLEZ LES PHASES LUNAIRES** Bonne idée que de garder un œil sur les phases lunaires, de façon à ne pas faire d'observation au voisinage de la pleine Lune, qui estomperait les objets les moins lumineux même lors d'une nuit en apparence parfaite.

❑ **ÉVITEZ LA POLLUTION LUMINEUSE** Installez-vous à distance des lampadaires, des phares d'automobiles et d'autres sources de lumière vive. Le simple fait de regarder votre téléphone empêchera vos yeux de s'accommoder à l'obscurité.

❑ **PRENEZ DE L'ALTITUDE** L'atmosphère est pleine de poussières qui perturbent le cheminement de la lumière et l'exploration au télescope. Plus vous gagnerez en altitude, moins il y aura de poussières et meilleures seront vos observations.



07 EN VILLE OU À LA CAMPAGNE ?

La voûte céleste des campagnes, remplie d'étoiles, peut sembler confuse pour un débutant. La pollution lumineuse (voir #282 à 284) empêche par ailleurs les citadins de voir de nombreuses étoiles – celles de la Voie lactée et presque tous les objets célestes, sauf les plus brillants des météores. Toutefois, l'une des conséquences étonnantes de la pollution lumineuse est que les étoiles les plus brillantes deviennent par contraste plus visibles : comme ces étoiles forment les constellations connues, la pollution facilite leur repérage et leur identification. L'absence d'étoiles visibles en arrière-plan contribue également à repérer les planètes.

La découverte du ciel étoilé à la campagne peut changer une vie. À certaines saisons, la Voie lactée traverse le ciel et y forme un nuage lumineux. Des étoiles parsèment la voûte et les pluies de météorites offrent un spectacle incroyable. Il est alors possible de repérer des galaxies et des nébuleuses distantes, comme la galaxie d'Andromède (voir #81).

08 LE KIT DE L'ASTRONOME DÉBUTANT

Même s'il est possible de scruter le ciel à l'œil nu, il est toujours préférable de se doter d'un équipement minimal. Suivez ces suggestions : vous serez ainsi parfaitement prêt à réaliser des observations nocturnes.



❑ **DUVET** Au fur et à mesure que la nuit avance et que la température chute, vous apprécierez de vous enrouler dans un duvet. Il vous maintiendra au sec lorsque vous serez étendu au sol pour regarder une pluie de météorites.

❑ **FAUTEUIL PLIANT** Installez-vous confortablement. Un fauteuil pliant réglable – voire inclinable ! – est parfait pour observer le ciel et préserver le cou des torticolis.

❑ **LAMPE ROUGE** Alors qu'une lampe de poche conventionnelle empêche les yeux de s'adapter à l'obscurité, une lumière rouge préserve la vision nocturne. Vous pouvez l'acheter ou la fabriquer (voir # 10).

❑ **BOISSONS ET EN-CAS** De l'eau permet de s'hydrater, alors qu'une Thermos de café ou de thé empêche de s'endormir. Les en-cas sont quant à eux appréciés de tous.

❑ **CARTES DU CIEL ÉTOILÉ** Ayez une carte du ciel ou un planisphère adapté à votre région d'observation (voir #23-24). Si vous êtes installé dans une zone très polluée par la luminosité parasite, recourez à une application d'observation céleste sur votre téléphone mobile.

❑ **VÊTEMENTS ADAPTÉS** La nuit est fraîche : prévoyez un couvre-chef, une écharpe et des gants. Il peut être prudent de se munir aussi de coussins thermiques.

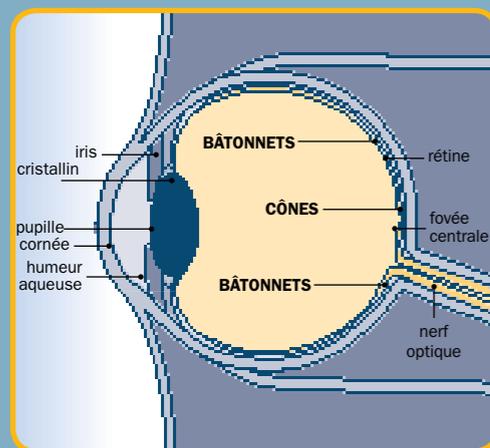
09 OPTIMISEZ VOTRE VISION

Que vous réalisiez votre première observation ou que vous soyez frustré de ne pouvoir identifier des constellations dans ce qui vous semble un fouillis d'étoiles, ces conseils permettent d'améliorer les performances visuelles.

LAISSEZ VOS YEUX S'ADAPTER Les yeux sont très sensibles à la luminosité. La rétine est dotée de deux types de récepteurs (cônes et bâtonnets) qui sont activés lorsque la lumière entre dans l'œil. Alors que les cônes sont sensibles à la coloration, les bâtonnets répondent à l'intensité lumineuse et aident à distinguer les étoiles les moins étincelantes. Leur sensibilité augmente dans l'obscurité, mais leur adaptation nécessite entre 20 et 30 minutes. Mettez à profit ce temps pour vous reposer ou discuter avec des amis.

EXPLOITEZ VOTRE VISION PÉRIPHÉRIQUE

Pour distinguer des objets peu lumineux, exploitez la vision périphérique : ne fixez pas les objets mais regardez légèrement à côté. Lorsque vous fixez un objet, vous sollicitez vos cônes qui ne sont guère adaptés à la vision dans l'obscurité. Les bâtonnets utilisés par la vision périphérique aident en revanche le cerveau à discerner des objets peu éclairés.



10 IMPROVISEZ UNE LAMPE ROUGE

Après avoir consacré du temps à trouver un point d'observation, à y transporter et installer votre équipement, et être demeuré assis dans l'obscurité suffisamment longtemps pour que vos yeux s'y adaptent, il serait dommage de revenir à la case départ en allumant une lampe de poche classique. Heureusement, il est possible de lire la carte du ciel sans vous abîmer la vue en utilisant une lumière rouge.

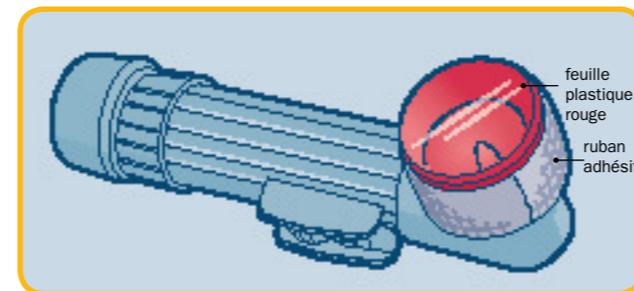
Ce type de lampe – ou un filtre rouge à adapter sur une lampe que vous possédez déjà – est disponible sur Internet, mais vous pouvez facilement fabriquer la vôtre. Pour peu que vous ayez du vernis à ongles rouge et que vous ne craigniez pas de modifier votre torche électrique, il suffit d'en couvrir les deux côtés de la lentille puis de laisser sécher. Si vous préférez une solution réversible, essayez cette technique :

ÉTAPE UN Utilisez une torche électrique – un modèle ancien et non une lampe moderne, puissante, munie de LED – et un rouleau de feuille plastique rouge (un ballon gonflable rouge convient aussi).

ÉTAPE DEUX Déroulez la feuille plastique jusqu'à obtenir une largeur suffisante pour couvrir la lentille en ménageant un débord d'environ 2,5 cm de part et d'autre. Repliez la feuille sur elle-même jusqu'à ce qu'elle fasse environ 3 mm d'épaisseur. Découpez le tout, puis repliez cette feuille. Vous obtenez un filtre.

ÉTAPE TROIS Placez le filtre sur la lentille de la lampe. Maintenez-le en place avec deux morceaux d'adhésif ou une ficelle.

ÉTAPE QUATRE Testez votre lampe ! Allumez-la dans l'obscurité. Assurez-vous qu'il n'y a pas de lumière blanche aux alentours. Ajoutez une épaisseur de film supplémentaire si elle demeure encore trop lumineuse.



11 OBSERVEZ LA BRILLANCE ET LA COLORATION DES ÉTOILES

La brillance (ou magnitude) d'une étoile dépend de sa taille, de sa température et de la distance qui nous en sépare. On distingue la magnitude intrinsèque qui quantifie la brillance des étoiles si elles étaient toutes à égale distance de la Terre et la magnitude apparente qui traduit leur brillance telle qu'elle est perçue à distance réelle. Les plus brillantes des étoiles visibles à l'œil nu sont de magnitude 1, alors que les plus faibles ont une magnitude d'environ 6. Les jumelles astronomiques permettent de distinguer des étoiles de magnitude 10, et un télescope de 25 cm approche la magnitude 14. La brillance peut être supérieure à 0 : au moment où elle brille le plus, Vénus a ainsi une magnitude de -4,5. Connaître la magnitudes des étoiles dans une constellation permet de présager celles que vous découvrirez aisément et celles qui resteront invisibles.

Qu'en est-il de leur coloration ? Toutes les étoiles semblent blanches. Après un temps d'adaptation, vous noterez que certaines sont légèrement rouges, orange, jaunes ou bleu pâle. Traduisant la température de leur surface, ces

couleurs constituent la base de la classification spectrale dite de Harvard (O, B, A, F, G, K et M). Les étoiles les plus chaudes sont bleu clair : lorsque leur température diminue, elles deviennent blanches, jaunes, orange puis rouges.

COLORATION	TEMPÉRATURE DE SURFACE (EN KELVINS)	CLASSIFICATION DE HARVARD
BLEUE	> 30 000 K	O
BLEU-BLANC	10 000 à 30 000 K	B
BLEU-BLANC À BLANCHE	7 500 à 10 000 K	A
BLANCHE	6 000 à 7 500 K	F
JAUNE-BLANC	5 200 à 6 000 K	G
JAUNE ORANGE	3 700 à 5 200 K	K
ORANGE ROUGE	< 3 700 K	M

12 NAVIGUEZ DANS L'HÉMISPHERE BORÉAL

Si vous vous teniez debout au pôle Nord, la voûte céleste ressemblerait exactement à cette carte. Les constellations présentées sont plus facilement visibles aux mois indiqués sur sa marge externe. Partout ailleurs, vous ne verrez chaque soir cette voûte que partiellement et les zones visibles changeront selon la période de l'année. Si vous franchissiez l'équateur, vous verriez disparaître les constellations situées près de l'horizon nord alors que de nouvelles apparaîtraient à l'horizon sud.

En France, intéressez-vous aux constellations les plus remarquables de l'hémisphère Nord :

VOIE LACTÉE Cherchez un halo lumineux formant un arc dans la voûte céleste : il constitue une vue de profil de la galaxie de la Voie lactée telle qu'elle est visible depuis la périphérie de l'un de ses bras spirales.

BÉTELGEUSE Cette géante rouge (localisée près de l'épaule d'Orion) presque en fin de vie deviendra une supernova : elle apparaîtra alors comme un point brillant dans le ciel diurne.

VÉGA La mesure de la magnitude des étoiles est étalonnée sur Véga,

dont la magnitude est 0. Notre système solaire tout entier se dirige vers cette étoile tout en tournant autour de la Voie lactée.

AMAS DE LA RUCHE (PRAESEPE) Cet amas, l'un des plus gros, forme un véritable essaim de jeunes étoiles plaisant à découvrir dans le ciel noir. Il servait jadis à prédire le temps : lorsqu'il n'était pas visible dans un ciel dégagé, une tempête se préparait.

GALAXIE D'ANDROMÈDE En regardant dans la constellation d'Andromède, vous verrez un objet ovalaire pâle au voisinage de la Voie lactée : c'est la galaxie d'Andromède.

ÉTOILE POLAIRE Ce n'est pas l'étoile la plus brillante du ciel ni même au sein d'une constellation majeure, mais elle a conduit nos ancêtres sur les océans de l'hémisphère Nord (voir #36).

SAISONS DES CONSTELLATIONS (VISION NOCTURNE OPTIMISÉE)

● printemps	● hiver
● été	○ circumpolaire (visible toute l'année)
● automne	



13 INTÉRESSEZ-VOUS À L'HÉMISPHERE AUSTRAL

Selon l'astronome Bart Bok, qui a laissé son nom aux globules de Bok (amas de poussières et de gaz observés en grande quantité dans l'hémisphère Sud) : « Tout ce qui est intéressant est dans l'hémisphère Sud ! » Même s'ils ne peuvent choisir leur lieu d'observation, ce sentiment est partagé par la plupart des amateurs. Voici certaines « vedettes » australes, telles qu'elles vous apparaîtraient si vous étiez au pôle Sud.

CANOPUS Cette supergéante bleue est située à environ 300 années-lumière. Elle est si brillante qu'elle sert souvent de repère par défaut pour les ordinateurs d'observation de l'espace et les systèmes de guidage automatique des télescopes. Elle est assez proche de Sirius. Repérez la constellation du Grand Chien (voir #59). Cherchez alors une autre étoile très brillante au-dessus : c'est Canopus.

NUAGES DE MAGELLAN Par nuit sombre, vous distinguez deux nuages brillants dans le ciel. Ce ne sont pas des nuages, mais des galaxies satellites de la Voie lactée, nommés en l'honneur de Magellan. Son équipage observa en effet ces nuages lors de son périple autour du globe. Pour les repérer, partez de Sirius en descendant vers Canopus. Continuez jusqu'au voisinage du Grand Nuage de Magellan. Le Petit Nuage est à côté.

CROIX DU SUD La Croix du Sud est souvent tenue comme emblématique de l'hémisphère austral. Elle sert de

repère aux balades nocturnes des amateurs de cet hémisphère. Il existe aussi une Fausse Croix formée de deux étoiles de la constellation de la Carène et de deux de celle des Voiles. Vérifiez que vous regardez la véritable Croix en prolongeant ses bras jusqu'aux étoiles brillantes Hadar et Alpha du Centaure.

ALPHA DU CENTAURE Admirez le système stellaire le plus proche du nôtre : Alpha du Centaure est formé de trois étoiles en orbite (certaines sont dotées de planètes). Bien que sa lumière ne mette que quatre ans à nous parvenir, il reste hors d'atteinte. L'engin le plus rapide que nous ayons jamais envoyé dans l'espace mettrait presque 20 000 ans (plus de 600 générations) pour y arriver.

ETA CARINAE Plus facile à observer avec un télescope, localisée dans la nébuleuse de la Carène, Eta Carinae est constituée de deux étoiles en orbite mutuelle. Elles sont devenues très brillantes au XIX^e siècle, créant alors la nébuleuse de l'Homuncule. La plus grosse des deux étoiles est une énorme supergéante, candidate à devenir une supernova que vous verrez peut-être exploser.

SAISONS DES CONSTELLATIONS (VISION NOCTURNE OPTIMISÉE)

● printemps	● hiver
● été	○ circumpolaire (visible toute l'année)
● automne	





14 ADMIREZ LA LUMIÈRE ZODIACALE AU CRÉPUSCULE

Notre vision de la région écliptique (région du ciel occupée par les constellations zodiacales) est altérée par des poussières qui réfléchissent la lumière solaire. Si la plupart ont pour origine les queues des comètes traversant notre système solaire, certaines témoignent probablement de sa formation : il s'agit de poussière primordiale, n'ayant jamais été absorbée par la masse du Soleil, des planètes ou des astéroïdes. Vous aurez donc un aperçu de ces vestiges de la formation du système solaire en observant la lumière zodiacale.

Elle est surtout visible au début de l'aube, en automne, dans l'hémisphère Nord : vous la verrez illuminant

l'horizon dès septembre puis en octobre. Dans l'hémisphère Sud, ce sera entre mars et avril.

Trouvez un morceau de ciel clair, sans pollution lumineuse, par une nuit sans Lune. Scrutez l'est 1 h 30 avant le lever du Soleil. Le ciel s'éclaire en un vaste triangle doucement lumineux souvent appelé « fausse aube ». C'est la lumière zodiacale, celle produite par la réflexion de la lumière solaire sur les poussières du milieu interplanétaire. À certains moments de l'année, vous observerez cette lumière au crépuscule, mais l'air est plus clair au lever du Soleil, ce qui facilite la vision des rayons radiants et angulaires donnant sa coloration à l'aube.

15 REPÉREZ LES PLANÈTES DU MATIN ET CELLES DU SOIR

Avant l'avènement des télescopes, Vénus était connue comme « étoile du matin » et « étoile du soir », car elle n'est visible près du Soleil qu'avant son lever ou après son coucher. Vénus et Mercure se déplaçant par rapport aux constellations d'arrière-plan, elles ne peuvent être retrouvées sur une carte permanente du ciel. Voici comment les repérer.

VÉNUS Si vous voyez une « étoile » très brillante à l'horizon juste après le coucher du Soleil, il y a de fortes chances qu'il s'agisse de Vénus (voir #93). Troisième objet le plus brillant après le Soleil et la Lune, cette planète apparaît parfois dans la journée si vous savez où regarder. Il suffit de la localiser lorsqu'elle est haute dans le ciel avant l'aube, puis de suivre sa position au fur et à mesure que le Soleil se lève. Vous devriez la voir encore bien après l'aube (veillez cependant à ne pas fixer le Soleil sans protection).

MERCURE Pour localiser Mercure, dont le mouvement est rapide, il faut un ciel clair et un horizon dégagé. Cette planète peut être très brillante, mais elle demeure plus souvent sombre et difficile, voire impossible, à trouver. Lorsque Mercure est visible juste avant le lever du Soleil ou après son coucher, il ne reste plus que quelques jours – au mieux quelques semaines – pour l'observer avant qu'elle ne se rapproche trop du Soleil, devenant dès lors impossible à distinguer à l'œil nu (voir #78).



16

REVISITEZ L'AUBE

Avez-vous déjà bien observé l'aube ? Avant que le Soleil ne commence à poindre, regardez les derniers instants de la nuit : de nombreux changements se succèdent dans l'ordre inverse de ce que vous observez au crépuscule.

L'aube commence par l'apparition de la lumière à l'est. Les étoiles les moins brillantes s'éteignent ainsi que la Voie lactée. Toutes les étoiles s'effacent dans l'ordre de leur magnitude décroissante jusqu'à ce que ne subsistent que celles formant la structure de leur constellation ; quelques minutes plus tard, celles-ci ont aussi disparu. Les planètes brillantes se dérobent à votre vue. Vous pouvez encore voir la Lune si elle est levée, mais elle n'est pas aussi brillante que la nuit.

L'aube commence lorsque le Soleil illumine pleinement le ciel en s'élevant au-dessus de l'horizon oriental. Les couleurs deviennent brillantes. Les nuages, notamment ceux situés le plus en hauteur, sont vivement colorés en rose et violacé juste avant que le jour se lève.

17 DÉCOUVREZ LE SOLEIL

Le centre du système solaire est occupé par une sphère de plasma presque parfaite : une étoile naine jaune appelée Soleil. Les radiations qu'il émet grâce à une fusion nucléaire constante fournissent à notre planète l'énergie que requiert la vie. Il est dangereux de l'observer sans instruments spécifiques (voir #218-224).

DIAMÈTRE 1,4 million de kilomètres (109 fois celui de la Terre)

MASSE 333 000 fois celle de la Terre

TEMPÉRATURE DE SURFACE 5 526,6 °C

TEMPÉRATURE DU NOYAU 15 millions de degrés Celsius

PÉRIODE DE ROTATION 25 jours terrestres (à son équateur) à 34 jours terrestres (à ses pôles)

DISTANCE MOYENNE À LA TERRE 150 millions de kilomètres

NOMBRE DE PLANÈTES CONNUES 8

ÂGE 4,6 milliards d'années

GRAVITÉ La gravité à la surface du Soleil est 28 fois supérieure à celle de la Terre. Ainsi, un homme de 45 kg pèserait 1 270 kg sur le Soleil (à supposer que sa surface soit suffisamment solide et froide pour y tenir debout).

CELA VAUT LA PEINE D'ATTENDRE Les scientifiques ont calculé que l'énergie produite au centre du Soleil met des dizaines de milliers d'années à gagner sa surface, mais qu'elle ne met ensuite que 8 minutes à parvenir sur Terre.

MISSIONS RÉUSSIES

1990 : Ulysses (sonde spatiale/États-Unis et Europe)

1995 : Observatoire solaire et héliosphérique (sonde spatiale/États-Unis et Europe)

2006 : Observatoire des relations Terre-Soleil (sonde spatiale/États-Unis)

2010 : Observatoire dynamique du Soleil (sonde spatiale/États-Unis)

DE NOMBREUX VISAGES Notre vision nous permet de détecter la lumière visible du Soleil. Cette étoile émet d'autres rayons, que nos yeux ne peuvent voir, qu'il s'agisse d'ondes radio, de micro-ondes, de rayons infrarouges ou ultraviolets, de rayons X ou gamma. Des télescopes installés dans l'espace permettent précisément d'étudier ses divers types de rayonnement.

COMPOSITION La surface solaire n'est pas solide. Cette boule de plasma gazeux – notamment d'hydrogène (92,1 %) et d'hélium (7,8 %) – comprend divers autres éléments chimiques (0,1 %). Comme les autres étoiles, il possède un noyau, une zone de radiation et une zone de convection (voir #02). Sa surface visible, appelée photosphère, est surmontée d'une couche d'hydrogène extrêmement chaude, la chromosphère (vous l'observerez à travers un filtre – voir #227). La couronne est un halo de plasma que le Soleil disperse à des millions de kilomètres dans le système solaire.

ÉRUPTIONS SOLAIRES

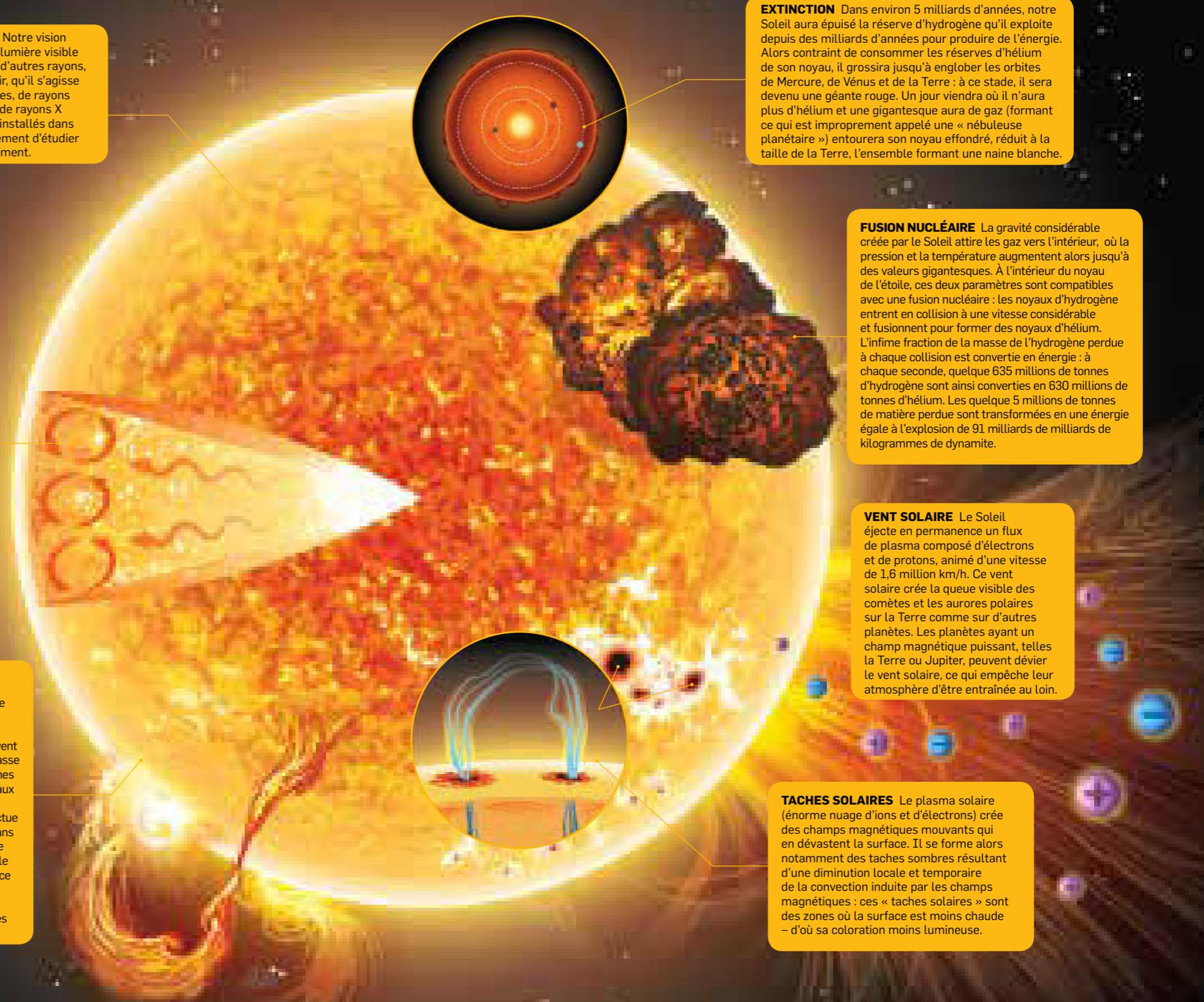
Le Soleil émet régulièrement de soudains éclairs de lumière aussi intenses qu'un milliard de bombes thermonucléaires (bombes « H »). Ils sont souvent suivis par des éjections de masse coronale, c'est-à-dire d'énormes nuages d'électrons et de noyaux atomiques propulsés dans l'espace. L'activité solaire fluctue sur une période d'environ 11 ans correspondant à l'inversion de ses pôles magnétiques (le pôle Nord devient le pôle Sud et vice versa). Les éruptions solaires sont si puissantes qu'elles provoquent parfois des pannes électriques sur Terre.

EXTINCTION Dans environ 5 milliards d'années, notre Soleil aura épuisé la réserve d'hydrogène qu'il exploite depuis des milliards d'années pour produire de l'énergie. Alors contraint de consommer les réserves d'hélium de son noyau, il grossira jusqu'à englober les orbites de Mercure, de Vénus et de la Terre : à ce stade, il sera devenu une géante rouge. Un jour viendra où il n'aura plus d'hélium et une gigantesque aura de gaz (formant ce qui est improprement appelé une « nébuleuse planétaire ») entourera son noyau effondré, réduit à la taille de la Terre, l'ensemble formant une naine blanche.

FUSION NUCLÉAIRE La gravité considérable créée par le Soleil attire les gaz vers l'intérieur, où la pression et la température augmentent alors jusqu'à des valeurs gigantesques. À l'intérieur du noyau de l'étoile, ces deux paramètres sont compatibles avec une fusion nucléaire : les noyaux d'hydrogène entrent en collision à une vitesse considérable et fusionnent pour former des noyaux d'hélium. L'infime fraction de la masse de l'hydrogène perdue à chaque collision est convertie en énergie : à chaque seconde, quelque 635 millions de tonnes d'hydrogène sont ainsi converties en 630 millions de tonnes d'hélium. Les quelque 5 millions de tonnes de matière perdue sont transformées en une énergie égale à l'explosion de 91 milliards de milliards de kilogrammes de dynamite.

VENT SOLAIRE Le Soleil éjecte en permanence un flux de plasma composé d'électrons et de protons, animé d'une vitesse de 1,6 million km/h. Ce vent solaire crée la queue visible des comètes et les aurores polaires sur la Terre comme sur d'autres planètes. Les planètes ayant un champ magnétique puissant, telles la Terre ou Jupiter, peuvent dévier le vent solaire, ce qui empêche leur atmosphère d'être entraînée au loin.

TACHES SOLAIRES Le plasma solaire (énorme nuage d'ions et d'électrons) crée des champs magnétiques mouvants qui en dévastent la surface. Il se forme alors notamment des taches sombres résultant d'une diminution locale et temporaire de la convection induite par les champs magnétiques : ces « taches solaires » sont des zones où la surface est moins chaude – d'où sa coloration moins lumineuse.



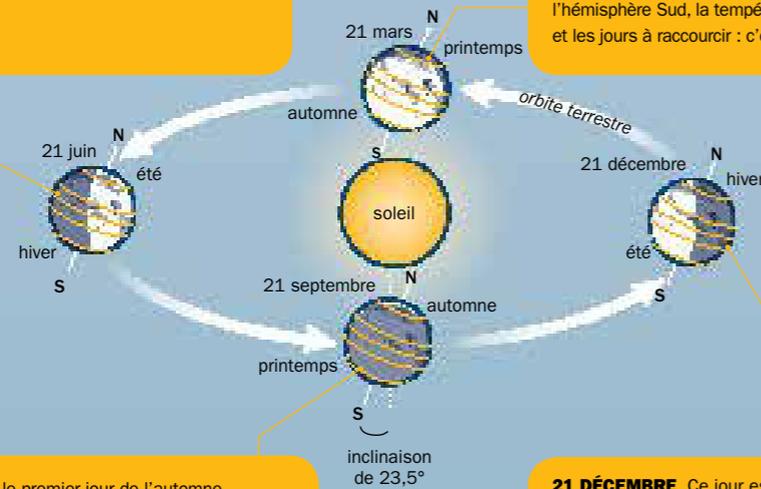
18 COMPRENEZ LES SOLSTICES ET LES ÉQUINOXES

De nombreuses cultures ont de longue date célébré les solstices annuels (le jour le plus court et le plus long) et les équinoxes (les deux jours de l'année où la nuit et le jour ont la même durée). Ces événements ont pour cause la déviation de l'axe de la Terre, qui est toujours incliné à 23,5°. La planète tournant autour du Soleil,

l'hémisphère Nord est le plus chaud et reçoit le plus de lumière directe du Soleil en été (juin, juillet, août), lorsque le pôle Nord est orienté vers le Soleil. Inversement, dans l'hémisphère austral, les mois les plus chauds sont décembre, janvier et février, au moment où le pôle Sud est, lui, dirigé vers le Soleil.

21 JUIN C'est le jour le plus long dans l'hémisphère Nord alors et le plus court dans l'hémisphère Sud, où c'est le milieu de l'hiver. Le Soleil est directement situé à midi au-dessus du tropique du Cancer (23,5° N). Il ne se couche plus du tout au-delà du cercle arctique (66,5° N) et, inversement, il ne se lève plus en deçà du cercle antarctique.

21 MARS Ce jour marque le début du printemps dans l'hémisphère Nord, au moment où la nuit et le jour ont la même durée (d'où le terme d'« équinoxe » signifiant « égal à la nuit »). Cette date, ou équinoxe de printemps, constitue le début de la période où les jours rallongent et où le temps se réchauffe. À l'opposé, dans l'hémisphère Sud, la température commence à chuter et les jours à raccourcir : c'est l'équinoxe d'automne.



21 SEPTEMBRE C'est le premier jour de l'automne dans l'hémisphère Nord (équinoxe d'automne). Tout comme lors de l'équinoxe de printemps, le jour a la même durée que la nuit, mais les situations au nord et au sud s'inversent : les jours s'allongent progressivement au sud et raccourcissent au nord. Aux deux équinoxes, le Soleil est positionné à midi au-dessus des observateurs postés sur l'équateur.

21 DÉCEMBRE Ce jour est le plus court de l'année dans l'hémisphère Nord et le plus long dans l'hémisphère Sud. Le Soleil est alors directement positionné à midi au-dessus du tropique du Capricorne (23,5° S). Il n'apparaît plus au-delà du cercle arctique (66,5° N), et ne disparaît plus en deçà du cercle antarctique (66,5° S).

19 EXPLIQUEZ L'ORIGINE DES SAISONS

Beaucoup de gens imaginent que les saisons terrestres sont dues à la variation de la distance de notre planète au Soleil. Bien que notre orbite ne forme pas un cercle parfait, la légère différence cyclique dans la proximité au Soleil n'est toutefois pas responsable de l'hiver ou de l'été. En fait, c'est en janvier que notre orbite est la plus proche du Soleil, alors même que la majeure partie de l'hémisphère

Nord est exposée au froid ! L'existence des saisons est en fait liée à la variation de l'axe de rotation de la planète. Lorsque l'un ou l'autre des hémisphères est plus orienté vers le Soleil, les jours s'y allongent et il est exposé plus directement aux rayons. D'une façon schématique, en été, l'ensoleillement est concentré sur une zone plus petite, faisant face directement au Soleil.

20 EXPLOREZ LES ANCIENS MARQUEURS ASTRONOMIQUES

Lorsque les hommes ont commencé à cultiver la terre, il leur a fallu rythmer le calendrier des saisons. Une observation minutieuse des modifications de la durée du jour tout au long de l'année leur a permis de découvrir l'importance des solstices et des équinoxes. Nombre des anciens marqueurs astronomiques qu'ils ont construits pour suivre le fil des saisons existent encore.

B DAGUE DU SOLEIL DE CHACO CANYON Conçu par le peuple Anasazi du Chaco Canyon (Nouveau-Mexique, États-Unis), cet observatoire fut construit de telle façon que la lumière solaire passant entre des blocs de pierre aux équinoxes et solstices fasse apparaître une « dague de lumière » traversant une spirale gravée dans le rocher. Ce rocher s'est brisé en 1989 et la dague ne fonctionne plus.

A STONEHENGE Localisé dans le Wiltshire (Angleterre), cet observatoire édifié il y a 5 000 ans est aligné avec le coucher de soleil du solstice d'hiver et le lever de soleil du solstice d'été. Il est peu plausible que cet ensemble mégalithique ait permis de faire de réelles observations : il servait plus probablement à des rituels saisonniers.

C TUMULUS DE NEWGRANGE Le soleil levant illumine au solstice d'hiver l'une des chambres de cet observatoire construit en Irlande 3 200 ans av. J.-C. Chaque année, des milliers de personnes participent à une loterie pour entrer dans cette pièce qui s'éclaire pendant 17 minutes.





21 TRACEZ UN ANALEMME SOLAIRE

Si vous marquez la position du Soleil sur un mur à la même heure toutes les semaines pendant un an, vous obtiendrez une figure en « 8 » formant un analemme solaire. Elle concrétise l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre et son orbite elliptique autour de son étoile.

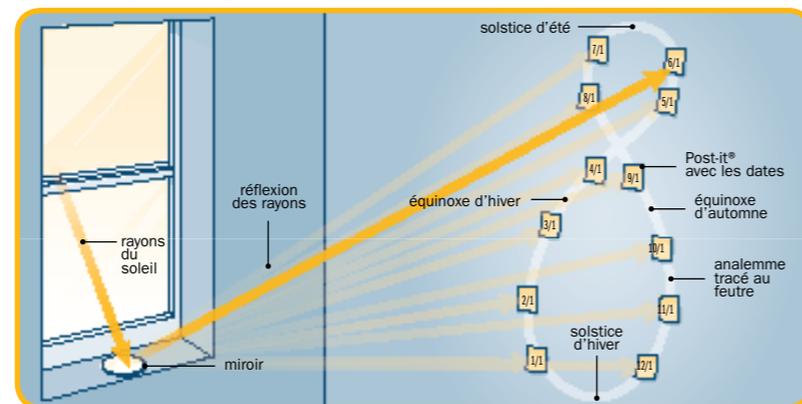
L'inclinaison de l'axe de rotation de notre planète explique que le Soleil semble plus haut ou plus bas dans le ciel selon les moments de l'année – d'où les marques à diverses hauteurs sur votre analemme. En été, lorsque l'hémisphère Nord est incliné vers le Soleil, celui-ci semble plus haut ; en hiver, quand cet hémisphère s'éloigne du Soleil, il semble plus bas. De plus, l'ellipse formée par l'orbite décale un peu vers l'est ou l'ouest (selon la saison) l'endroit où il se lève, ce qui explique les deux boucles de l'analemme. Il est facile de dessiner son propre analemme en utilisant une feuille de papier, un miroir et une fenêtre bien éclairée.

ÉTAPE UN Déterminez un jour et une heure où vous pouvez procéder à vos observations chaque semaine, puis choisissez une fenêtre faisant face au sud. Assurez-vous que le Soleil donne sur cette fenêtre à l'heure choisie pendant toute l'année.

ÉTAPE DEUX Installez un miroir sur le rebord de la fenêtre de façon à ce qu'il réfléchisse la lumière sur un mur blanc. Fixez-le et veillez à ce que personne n'y touche pendant un an.

ÉTAPE TROIS Le premier jour, collez un Post-it® sur le mur, là où se trouvent les rayons réfléchis et notez la date. Chaque semaine, au même moment, accrochez un nouveau Post-it® (n'oubliez pas d'effectuer la correction éventuelle de l'heure !).

ÉTAPE QUATRE À la fin de l'année, observez la forme de votre tracé. Tracez la courbe avec un feutre.



22 CRÉEZ VOS PROPRES SOLARIGRAMMES

Il y a plus d'une façon pour observer la course annuelle du Soleil dans le ciel : cette technique produit elle aussi une image étonnante. Un solarigramme est obtenu en exposant durant 6 mois un sténopé, révélant un arc de bandes colorées créées par le Soleil alors qu'il se lève et s'élève chaque jour en suivant une trajectoire légèrement décalée. Vous obtiendrez des images éthérées de la trajectoire solaire avec cette méthode simple.

ÉTAPE UN Procurez-vous quelques feuilles de papier photographique noir et blanc semi-mat.

ÉTAPE DEUX Fabriquez un sténopé en perçant un trou sur le côté d'une boîte (une conserve ou une boîte ayant contenu une pellicule photographique feront l'affaire). Rendez-la étanche à la lumière avec du ruban adhésif.

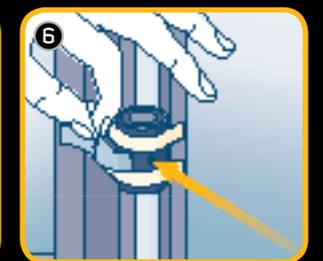
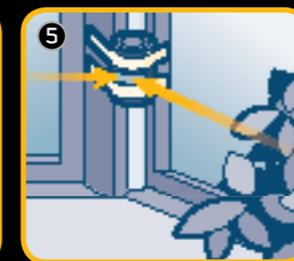
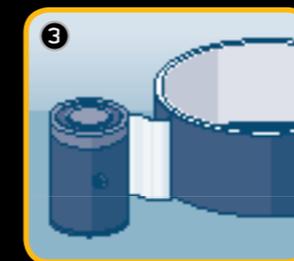
ÉTAPE TROIS Couvrez l'orifice avec un « obturateur », en l'occurrence un petit morceau de ruban pour fil électrique. Vous le retirerez au moment de commencer l'expérience.

ÉTAPE QUATRE Dans une pièce obscure, introduisez le papier sensible dans la boîte et refermez le couvercle avec du ruban adhésif – ne l'exposez pas à la lumière ! Orientez le côté émulsionné vers le trou, sans couvrir celui-ci.

ÉTAPE CINQ Choisissez un endroit sûr et protégé faisant face au sud dans l'hémisphère Nord (ou au nord dans l'hémisphère Sud). Faites une vue préliminaire pour composer votre image : essayez d'y inclure un objet permettant de la contextualiser. Installez votre sténopé.

ÉTAPE SIX Dégagez l'orifice en retirant l'obturateur. Laissez le dispositif en place pendant un à six mois.

ÉTAPE SEPT Dans une chambre noire, placez le papier sensibilisé sur un scanner. Scannez l'image avec une résolution de 500 dpi pour obtenir un négatif. Utilisez un logiciel de gestion d'images pour inverser l'image, puis ajustez les contrastes et la brillance. Émerveillez-vous des variations de la trajectoire solaire avec le temps...



23 CONCEVEZ UN PLANISPHERE

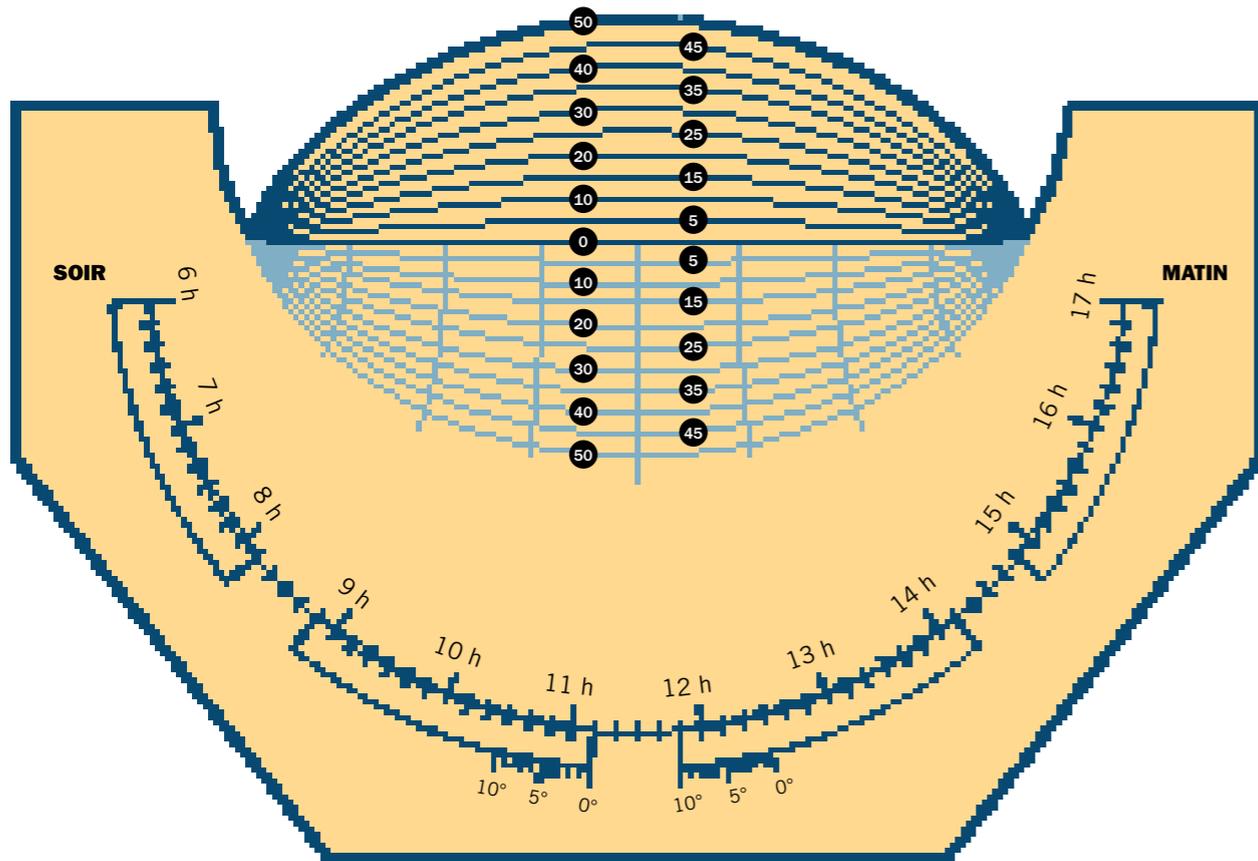
Il existe bien sûr de nombreux sites web et applications qui vous aideront à localiser ce que vous cherchez dans le ciel nocturne. Vous pouvez toutefois préférer une approche moins technologique et fabriquer un planisphère en papier. Il n'en existe pas de modèle unique. Ils ne fonctionnent bien qu'à une latitude assez spécifique (d'environ 10° en général) : pour fabriquer le vôtre, découpez les lignes qui correspondent le mieux à la latitude où vous réalisez vos observations.

ÉTAPE UN Faites deux copies du modèle représenté en jaune ci-dessous. Collez chacune sur un carton mince.

ÉTAPE DEUX Sur le carton destiné à devenir la face avant, découpez la ligne bleu clair correspondant à votre latitude : si, par exemple, vous êtes à 30° de latitude nord ou sud, découpez la ligne courbe marquée 30 en dessous de la ligne horizontale marquée 0 : vous obtiendrez ainsi une sorte de « bol ». Si vous êtes dans l'hémisphère Nord, écrivez « N » dans le centre, « O »

à gauche, « E » à droite : cela vous permet de vous repérer par rapport à l'horizon nord. Si vous êtes dans l'hémisphère Sud, écrivez « S » au centre, « E » à gauche et « O » à droite pour vous repérer par rapport à l'horizon sud. Découpez, puis retirez les quatre segments d'arc situés sous les heures.

ÉTAPE TROIS S'agissant du second cache, qui formera le dos du planisphère, découpez la ligne bleu foncé correspondant à votre latitude, mais cette fois au-dessus de la ligne horizontale, en formant ainsi une sorte de « bosse ». Ainsi, si vous observez le ciel à 30° de latitude, découpez la ligne « 30 » située au-dessus de l'horizontale marquée 0. Dans l'hémisphère Nord, notez « S » au centre, sous la « bosse », « E » à gauche et « O » à droite pour représenter l'horizon sud. Si vous êtes dans l'hémisphère Sud, notez « N » au centre, « O » à gauche et « E » à droite : cela représente votre horizon nord. Vous avez maintenant deux faces de planisphère : l'une forme un « bol », l'autre une « bosse ».



ÉTAPE QUATRE Copiez la carte des étoiles de l'hémisphère Nord de cette page et celle des étoiles de l'hémisphère Sud de la page suivante (#24). Collez la carte nord sur un bristol, puis découpez-la. Découpez la carte australe, puis collez-la sur la face opposée, en veillant à ce que les mois soient alignés. Vous obtenez alors une carte du ciel à deux faces.

ÉTAPE CINQ Pour utiliser votre planisphère, insérez la carte circulaire de façon à ce que les constellations de votre hémisphère soient apparentes dans l'ouverture formant le « bol ». Faites tourner le cercle de façon à ce que la date du jour (visible dans la fenêtre) s'aligne avec l'heure imprimée sur le cache.

ÉTAPE SIX Sortez et dirigez votre planisphère vers le ciel, en orientant le « N » en direction de votre horizon nord. Vous voyez ainsi dans le ciel les constellations situées juste au-dessus du « N » dans le planisphère.

Pour observer les constellations australes, retournez le planisphère et procédez de même, en élevant la carte au-dessus de votre tête et en alignant le « S » avec l'horizon sud.

