

L'EUROPE SPATIALE RELÈVE LE GANT AVEC EXOMARS

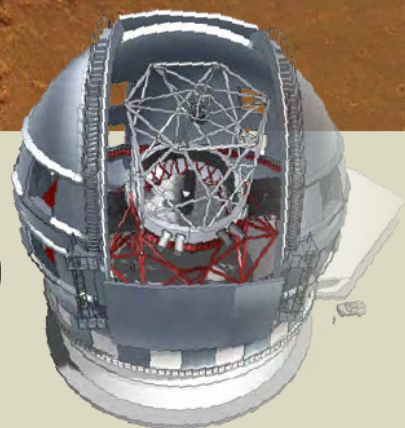
ON VA FORER SUR MARS

MYSTÈRE

DISPARITION ÉCLAIR
AUTOUR D'UNE ÉTOILE

PORTFOLIO

HUBBLE DÉVOILE
SES TRÉSORS



LE GUIDE D'OBSERVATION

JUPITER AU PLUS PRÈS

PREMIERS PAS :
ÉVITEZ LA TURBULENCE
DE VOTRE INSTRUMENT

THÈMA

GRAN TELESCOPIO CANARIAS

LE PLUS GRAND TÉLESCOPE DU MONDE



Meade LightBridge

**Nouvelles
versions**

Pour tous ceux qui ont besoin d'un maximum de lumière sans vouloir faire de compromis sur la qualité optique, la série des télescopes Lightbridge Dobson Meade représente un choix incontournable. La construction tubulaire en aluminium repose sur trois triangles, qui offrent à la fois la possibilité d'un montage très rapide et qui apportent une excellente rigidité à l'ensemble du tube. Rapidement installé, l'excellence de son optique et de son système de mise au point de haute précision viennent compléter un ensemble de qualités qui vous garantiront un plaisir d'observation maximal.

Laissez votre LightBridge Dobson vous guider à travers un tour inoubliable de l'univers!

- Optiques à diffraction limitée pour des observations détaillées, claires et contrastées.
- Finitions optiques Meade – Finitions en aluminium à 94 % haute réflectivité avec couche supérieure en fluorure de magnésium.
- Ventilateur miroir primaire intégré pour un équilibre thermique rapide et efficace.
- Viseur laser point rouge - quatre réticules et contrôles de variation de la luminosité permettant à ce viseur de luxe de s'adapter à vos options d'observation.
- Oculaire QX™ 26 mm, grand champ au coulant 2" – Cet oculaire de haute qualité est doté d'un coulant de 2" et d'un champ de vision apparent à 70°.
- Système de mise au point haute précision en aluminium de style Crayford 2" avec adaptateur 1.25" – Centrage précis et régulier avec rapport 10:1. Une molette de mise au point et une fonction de blocage.
- Roulements à billes AD en acier – Les roulements à billes rendent les mouvements fluides et naturels.
- Pincettes de centrage sur la cellule du miroir secondaire – Facilite l'alignement du miroir avec les tubes pour faciliter l'assemblage.
- Construction tubulaire en aluminium noir – Améliore le contraste de l'image comparé au modèle original LightBridge.

	8"	10"	12"	16"
Art.-Nr.	0116720	0116825	0116830	0116740
Diamètre	203mm	254mm	305mm	406mm
Rapport d'ouverture	f/6	f/5	f/5	f/4,5
Focale	1250mm	1270mm	1524mm	1829mm
Magnitude stellaire	13,5mag	14mag	14,5mag	16mag
Grossissement maxi recommandé	400x	500x	600x	800x
Monture	Dobson	Dobson	Dobson	Dobson
Conception optique	Newton	Newton	Newton	Newton
Prix	599,-€	799,-€	999,-€	1999,-€

8"

10"

12"

16"

Tube optique en métal
avec porte-oculaire
type Crayford 2"

Support en
aluminium léger

Tube optique en
métal avec miroir
cellule principal

Base solide sur
roulement à
billes en acier

**PRÉSENT
AUX RENCONTRES
DU CIEL ET
DE L'ESPACE
DU 1^{er} AU 3 NOVEMBRE**

www.meade.fr

MEADE France SARL
Parc d'activités des Petits Carreaux
2, Avenue des Marronniers • 94389 Bonneuil sur Marne Cedex
Hot line tel. 0892 707 611** • Fax +33 (0) 1 43 77 62 43
Internet: www.meade.fr • E-Mail: info@meade.fr



MEADE®

* Prix TTC généralement constaté en Euro (F).
** Prix d'un appel local + 0,34€ la minute

Directeur de la publication :
Le président de l'AFA, Olivier Las Vergnes**Directeur de la rédaction :**
Alain Cirou, alain.cirou@cieletespace.fr**Rédacteur en chef :**
Philippe Henarejos,
philippe.henarejos@cieletespace.fr**Rédacteur en chef adjoint :**
David Fossé, d.fosse@cieletespace.fr**Chefs de rubrique :**
Jean-Luc Dauvergne, jl.dauvergne@cieletespace.fr
Émilie Martin, e.martin@cieletespace.fr**Ont collaboré à ce numéro :**
Matthieu Le Chanjour, Paul de Brem, Raphaël
Chevrier, Kevin Lamothe et Emmanuel Beaudoin**Secrétaire de rédaction :**
Emmanuelle Lancel, e.lancel@cieletespace.fr**Direction artistique :**
Olivier Hodasava, o.hodasava@cieletespace.fr
Assisté de Florence Can**Service photo :**
Franck Séguin, f.seguin@cieletespace.fr**Responsable de la publicité, de la
communication et du développement :**
Hélène Comlan, h.comlan@cieletespace.fr**Ciel & Espace Radio :**
Xavier Reimund, xavier.reimund@cieletespace.fr• ISSN n° 0373-9139 — CPPAP n° 1013 G 83672
Impression : Imaye Graphic, 53000 Laval, France• Publicités : Meade (2) ; *Macrocosme* (4) ;
Hors-série Exoplanètes (6) ; À ciel ouvert (19) ;
L'Astronome (20) ; Stages AFA (28) ;
Ciel & Espace Photos (32) ; Médas (45 et 100) ;
Omegon (86) ; Astrojunior (89) ;
Maison de l'astronomie (90) ; Unterlinden (99).**Service des ventes en kiosque**
Europresse Promotion, tél. : 01 42 96 00 55
Mail : europromo@orange.fr**Abonnements et vente à distance**
Ciel & Espace, 18-24, quai de la Marne
75164 Paris Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 80 27
Mail : cieletespace@dipinfo.fr**Abonnements Canada et États-Unis**
Canada : Express Mag, 8155 rue Larrey,
Montréal (Québec) H1J 2L5
Tél. : (1800) 363-1310 ou (514) 355-3333
Mail : expmag@expressmag.comÉtats-Unis : Express Magazine,
PO Box 2769 Plattsburgh (New York) 12901 - 0239
Tél. : (1800) 363 1310 ou (877) 363 1310
Mail : expmag@expressmag.com**Partenariats diffusion numérique**
www.2050factory.fr, contact@2050factory.frDistribué par Presstalis.
Dépôt légal à parution.
Imprimé en France.

N° 510 - novembre 2012

© 2012 AFA

ALAIN CIROU
directeur de la rédactionMARS : POURQUOI
IL FAUT Y CROIRE

AUJOURD'HUI, c'est un rêve... Qui se déroule sur la planète rouge en 2018 où, neuf mois après son lancement du cosmodrome de Baïkonour, le module de descente du programme européen Exomars vient de se poser en douceur. Un immense succès pour les Russes, dont toutes les tentatives pour déposer des robots sains et saufs sur Mars ont, jusqu'alors, échoué. Une revanche pour les ingénieurs spatiaux du Vieux Continent, dont le souvenir du Beagle 2, atterrisseur disparu corps et bien le 25 décembre 2003, au cours de sa descente, avait quelque peu terni le lustre de la mission Mars Express. Là, les premiers tours de roue de ce nouvel astromobile sont suivis en direct par tous les médias, et les experts se succèdent pour expliquer que, dans quelques jours, débiteront les premiers forages destinés à rechercher une vie... sous terre. L'Europe roule sur Mars !

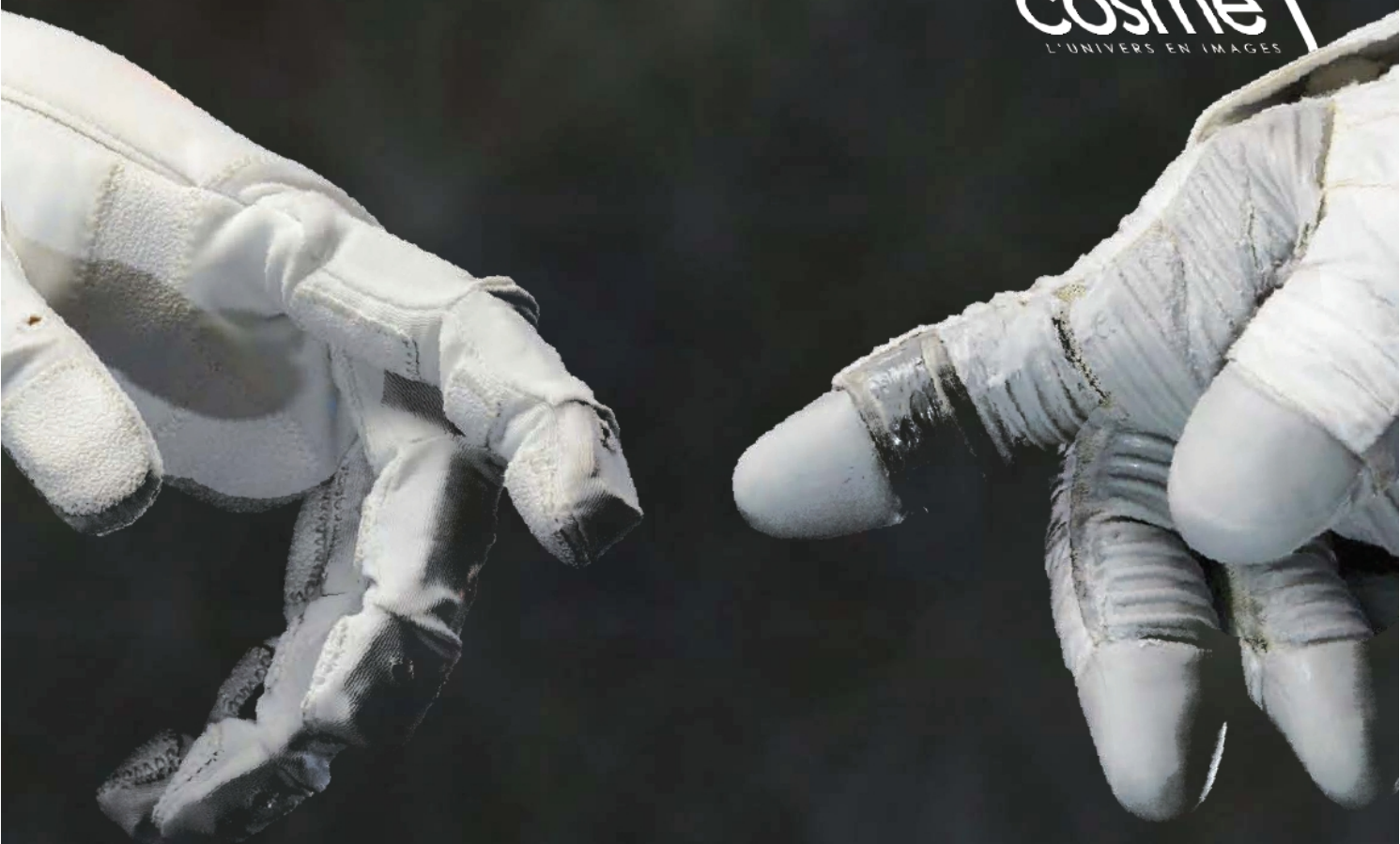
La réalité est évidemment plus... pesante. Sept ans après leur première déclaration d'intérêt, et une promesse de financement, les ministres européens de l'Espace doivent se prononcer sur un budget qui a pratiquement doublé. Ce, en plein cœur d'une crise économique et financière sans précédent pour la zone euro. Et ce n'est pas tout : le partenaire naturel de l'ESA pour cette exploration planétaire — la

Nasa — après avoir confirmé son intention de participer au programme Exomars, a tourné casaque pour cause de restrictions budgétaires. Le récent succès de son rover Curiosity a masqué une chute drastique des moyens du programme martien américain. Enfin, s'il fallait encore de quoi noircir les nuages à l'horizon, force est de constater que bien des incertitudes demeurent sur la nouvelle coopération russo-européenne en matière d'organisation de programme. Nombre d'engins ; quantité d'expériences ; plannings ; latitude et site visé ; etc.

La conférence de l'ESA devra donc trancher et décider si le rêve peut devenir réalité. Il faut y croire. Pour la beauté et la difficulté de l'entreprise, la qualité des défis scientifiques, la richesse des coopérations, et la curiosité du public pour la recherche de la vie ailleurs, il est légitime de soutenir les promesses de ce nouveau chapitre de l'aventure martienne européenne. Un brin de soleil dans une trouée de nuages, ça n'a sans doute pas de prix !

TOUTE LA BEAUTÉ ET L'INTELLIGENCE DU MONDE

macro
cosme
L'UNIVERS EN IMAGES



© NASA/Ciel et Espace Photos



DISPONIBLE EN KIOSQUE



Découvrez la version iPad de *Macrocosme*.
Téléchargez l'appli *Macrocosme 2*
et entrez gratuitement dans un nouveau monde.



22

Après le succès de Curiosity, est-il encore temps pour l'Europe d'envoyer un rover sur Mars ? La question est au cœur de la conférence de l'ESA, les 20 et 21 novembre.

42

Robert Manning est l'homme grâce auquel Curiosity et ses 900 kg ont atterri en douceur sur le sol martien. Un défi inédit pour l'agence spatiale américaine. Interview.



48

Aux Canaries, le GTC, fort de ses 10,4 m de diamètre, explore les confins de l'Univers. Visite du plus grand télescope au monde.



56

Grâce au concours des "Trésors de Hubble", le public a pu explorer les milliers de clichés du télescope spatial et en extraire des pépites.

n°510

Novembre 2012

3 **Édito** Mars : pourquoi il faut y croire7 **Télescopes**8 **ACTUALITÉ**8 **Le tout image**12 **Les clés de l'actu**

L'unité astronomique se met à l'heure d'Einstein

22 **MAGNE**22 **À la une** L'Europe relève le défi avec Exomars

34 Disparition éclair autour d'une étoile

38 La Voie lactée fait des vagues

42 **Interview** Robert Manning : "Pour Curiosity, nous avons dû retrouver des savoirs oubliés"48 **Théma** Le GTC, le plus grand télescope du monde56 **Portfolio** Hubble dévoile ses trésors

62 Atlas virtuel de la Lune : une version de rêve !

64 **Bonnes feuilles**

Les astronomes vous ouvrent leur bibliothèque

69 **LE CIEL PRÈS DE CHEZ VOUS**70 **Initiatives** Rencontres du ciel et de l'espace : suivez le guide72 **Ciel noir** Les nuits parisiennes sous surveillance73 **Sous les coupes**

Sirene, un arsenal astronomique dans le Luberon

74 **Agenda**75 **LE GUIDE D'OBSERVATION**76 **Observation** Jupiter en majesté78 **Premiers pas** Évitez la turbulence instrumentale80 **Éphémérides**87 **La fiche** La nébuleuse NGC 24691 **Nouveautés** Le télescope Veloce RH 200 mm92 **Ouvert la nuit**96 **Lire, voir**98 **Regard** Un monde dans une écuelle

IMAGE DE COUVERTURE :

Cratère martien de 20 km de diamètre, dans la région d'Hephaestus Fossae.

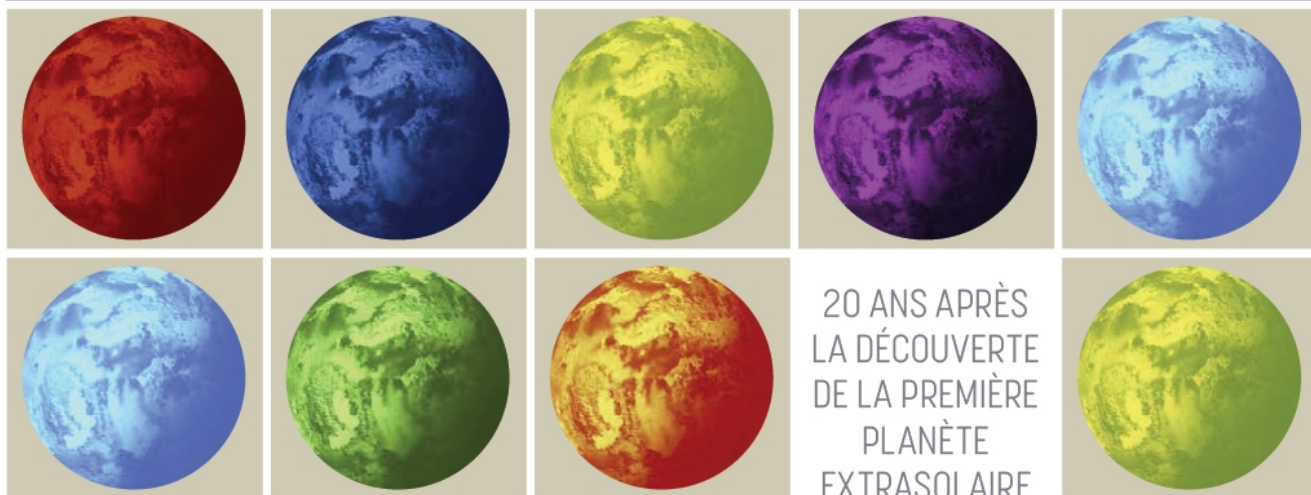
© ESA/DLR/FU Berlin/C&E Photos

HORS-SÉRIE

numéro 20

CIEL & ESPACE

L'ENCYCLOPÉDIE



NOUVELLE TERRE



En kiosque le 9 novembre

LIVRÉ AUX ABONNÉS AVEC LEUR NUMÉRO DE DÉCEMBRE

LE PARADOXE DU POÈTE



Plongé dans la lecture de votre hors-série de juillet "Extraterrestres : où sont-ils ?" et dans celle de *La vie des termites* de Maurice Maeterlinck, j'ai fait un rapprochement, inévitable, entre le très connu "paradoxe de Fermi" et la même idée apparue vingt-quatre ans avant 1950 [...]. Bien qu'il soit vain de chercher une paternité quelconque à des réflexions qui ont probablement fleuri dans des millions de cerveaux au cours des temps, un esprit curieux peut néanmoins se plaire [...] à souligner quelques rapprochements fortuits ou non.

Le poète symboliste Maurice Maeterlinck — passionné d'astronomie lui aussi, naturaliste à ses heures, faisant communiquer, parfois de manière incongrue, les univers en sortant, par exemple, du monde ténébreux du termite pour tenter de rejoindre ceux tout aussi obscurs et mystérieux des extraterrestres — a écrit, concernant des transferts de connaissances, des phrases limpides que je me permettrai de reproduire *infra* :

"[I]l est permis de penser que si l'un de ces mondes qui pullulent dans les cieux avait atteint dans les millénaires écoulés ou atteignait, en ce moment, ce que nous visons [un idéal dû aux perfectionnements obtenus par notre espèce], on le saurait. Les vivants qui l'habitent, à moins d'être des monstres

d'égoïsme, ce qui n'est guère plausible quand on est aussi intelligent qu'il faudrait qu'ils fussent pour arriver où nous supposons qu'ils se trouvent, eussent essayé de nous faire profiter de ce qu'ils auraient appris et, ayant une éternité derrière eux, seraient sans doute parvenus à nous aider, à nous tirer de notre sordide misère. C'est d'autant plus vraisemblable qu'ayant probablement surmonté la matière, ils se meuvent dans des régions spirituelles où durée et distance ne comptent pas et n'offrent plus d'obstacle. N'est-il pas raisonnable de croire que s'il y avait jamais eu quelque chose de souverainement intelligent, de souverainement bon et heureux dans l'Univers, les conséquences finiraient par s'en faire sentir de monde en monde ? Et si cela ne s'est jamais fait, pourquoi pourrions-nous espérer que cela se fasse ?"

(*La vie des termites*, in *La vie de la nature*, éditions Complexe, 1997, pp. 340-341)

Je ne sais si Enrico Fermi lisait le français, ni quelle année ce texte fut traduit en italien, mais je précise que, dès 1901, avec le très grand succès acquis par la publication de *La vie des abeilles*, Maeterlinck fut autant connu par ses écrits naturalistes que par *Pelléas et Mélisande*.

Jean-Marc Delatouche

POURQUOI LA TERRE RALENTIT ?

J'aimerais que vous expliquiez le chiffre de 9 h 36 min, qui serait la durée du jour terrestre si la Lune n'existait pas (C&E 509, p. 12).

P. Camus

En tournant l'une autour de l'autre, la Terre et la Lune exercent l'une sur l'autre des forces de marées. Ce mécanisme dissipe lentement l'énergie totale du système Terre-Lune. Cela se traduit par un ralentissement progressif de la vitesse de rotation de la Terre sur son axe, mais aussi à un éloignement progressif de la Lune, à raison de 38 mm par an.

JLD



© NASA/C&E Photos



© NASA/C&E Photos

THÉIA A DISPARU

Suite à l'article d'octobre sur la formation de la Lune (C&E 509, p. 12), je me demande ce qu'est devenue Théia si celle-ci n'a pas fusionné avec la Terre. Si l'angle de frappe était rasant, Théia est partie, mais où ?

Henri Limasset

Quel que soit l'angle avec lequel Théia a percuté la Terre voici 4,5 milliards d'années, ce planétoïde a fusionné avec la jeune Terre ; notre planète est aujourd'hui constituée de la Terre initiale et de Théia. L'incidence rasante de la collision entre les deux corps a fait que, dans un premier temps, Théia a éjecté dans l'espace une bonne portion du manteau terrestre avant de poursuivre sa route. Mais l'attraction avec la Terre fait qu'elle est revenue pour fusionner au cours d'une deuxième collision. Entre-temps, les morceaux de manteau terrestre expédiés dans l'espace se sont satellisés et ont commencé à s'agglomérer pour former la Lune.

PH

ÉCRIVEZ-NOUS



Ciel & Espace, 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe, 75014 Paris

revue@cieletespace.fr



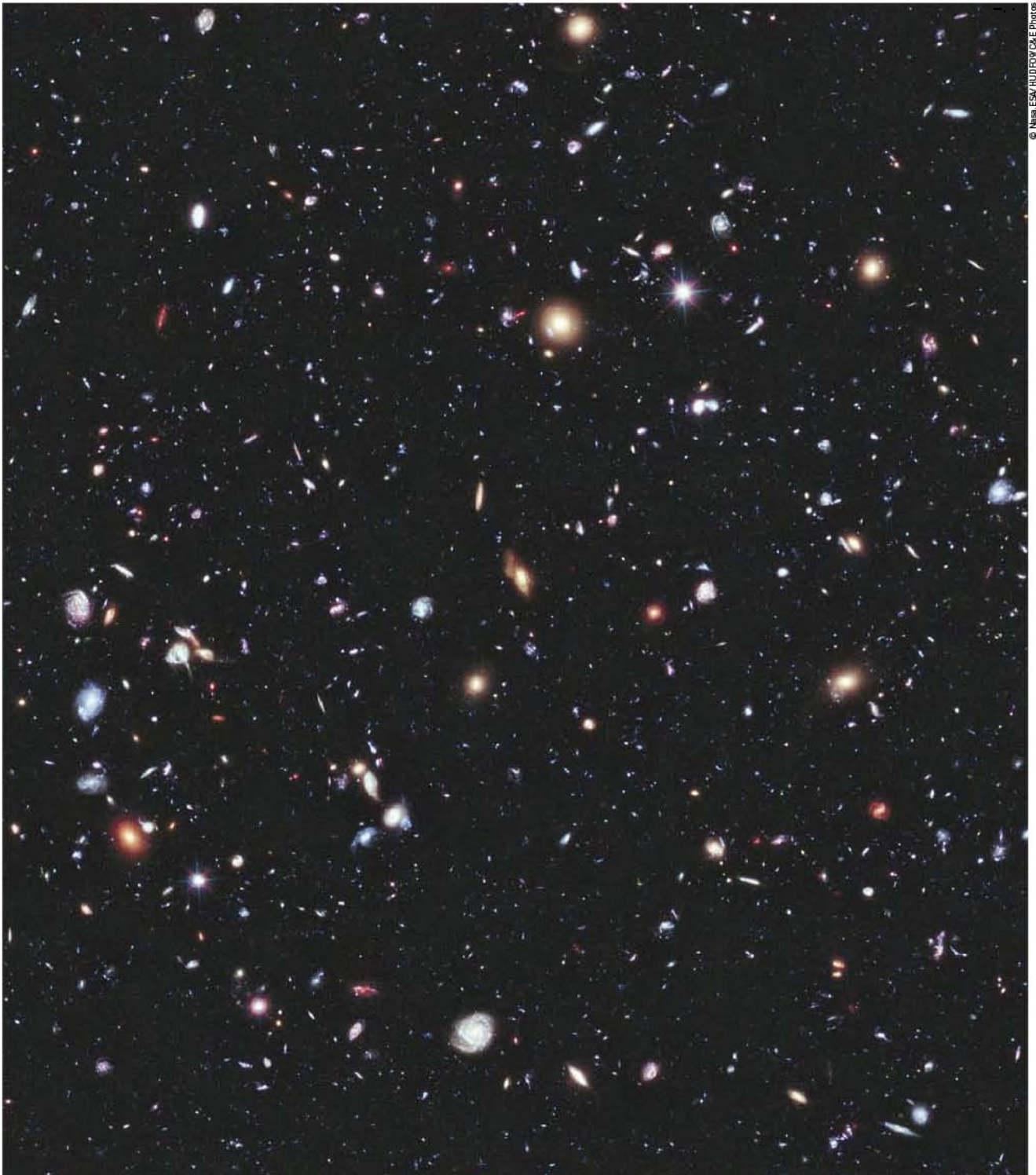


ENDEAVOUR TIRE SA RÉVÉRENCE

Le 22 septembre 2012, depuis South Sepulveda Boulevard, à Los Angeles, automobilistes et passants ont droit à une vision magique : celle de la navette spatiale Endeavour, sur le dos d'un Boeing 747, escortée par deux F18. Après une tournée triomphale à basse altitude au-dessus de grandes villes des États-Unis (Houston, Tucson, San Francisco, Los Angeles...), Endeavour va couler des jours paisibles au California Science Center.



Les lieux d'exposition des navettes :
www.cieletespace.fr/node/7059



© NASA, ESA, HUDF/COSMOS Photos

HUBBLE, TOUJOURS PLUS LOIN ?

Ce coin d'Univers, qui regorge de milliers de galaxies lointaines, avait déjà été photographié par le télescope Hubble. En 2003. Puis en 2004. Et à d'autres reprises. Les astronomes ont additionné ces clichés pris sur une décennie pour n'en faire qu'un, *a priori* plus profond que les précédents. Ainsi l'Ultra Deep Field devient l'extreme Deep Field (XDF). Y voit-on plus de galaxies qu'avant ? Pas évident. Mais elles sont mieux définies.



UN CRAYON DANS LES VOILES

Il y a 11 000 ans, une étoile explosait en supernova. L'éjection de son gaz a donné naissance à un vaste complexe de nébuleuses dans la constellation des Voiles. Cette partie, la nébuleuse du Crayon, est vue ici avec le télescope de 2,2 m de La Silla, au Chili. En explosant, l'étoile a excité le gaz à très haute température. Dans les régions les plus chaudes, l'oxygène apparaît en bleu. Dans les moins chaudes, c'est l'hydrogène rouge qui domine.



À lire aussi sur :
www.ciellespace.fr/node/9527

SATURNE SOUS UN ANGLE ORIGINAL

Une Saturne gibbeuse, avec des anneaux sombres (côté nocturne) projetant leur ombre sur l'hémisphère Sud : l'angle est inhabituel. C'était celui de la sonde Cassini, le 15 juin 2012. Depuis un point situé à 14° en dessous du plan des anneaux, elle a pris cette photo à 2,9 millions de kilomètres de la planète. Le petit satellite à gauche est Encelade (504 km de diamètre).



LE KILIMANDJARO DEPUIS L'ISS

En mai 2012, alors que la station spatiale internationale (ISS) filait à 8 km/s au-dessus de la Tanzanie, l'astronaute néerlandais André Kuipers a photographié le mont Kilimandjaro. Même s'il neige parfois sur le sommet africain qui culmine à 5895 m, les glaciers qui le recouvrent reculent peu à peu sous l'effet du réchauffement climatique.





L'UNITÉ ASTRONOMIQUE SE MET À L'HEURE D'EINSTEIN

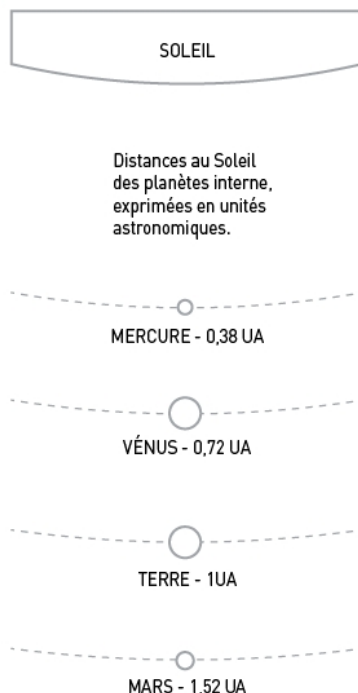
Quelle mouche a donc piqué les astronomes, ce 30 août 2012, à Pékin ? Pourquoi les membres de l'Union astronomique internationale (UAI), réunis en assemblée générale, ont-ils voté une nouvelle définition de l'unité astronomique ? Depuis des siècles, la distance qui sépare la Terre du Soleil servait de toise aux échelles interplanétaires. Ce sera toujours le cas, mais dans un cadre plus rigoureux qu'autrefois.

"Depuis 1976, l'unité astronomique était définie par une relation mathématique, faisant intervenir la masse du Soleil et l'ensemble des observations de position et de distance des planètes", explique Nicole Capitaine,

de l'observatoire de Paris. Autrement dit, elle dépendait de la méthode choisie pour observer les planètes, et donc de l'équipe qui faisait le travail. *"L'écart entre les méthodes se jouait sur quelques mètres ; cela ne changeait rien pour la mesure des distances planétaires, souligne la chercheuse. Mais la différence commençait à devenir sensible pour la dynamique de haute précision — l'envoi d'une sonde sur une autre planète, par exemple. D'une équipe scientifique à l'autre, il fallait toujours s'assurer que les calculs étaient faits avec la même référence."* En fixant la valeur de l'unité astronomique, il n'y a désormais plus aucun risque d'erreur. Par ailleurs, comme



Photo montage : NASA/GSFC/ESO



Une valeur fixe a été choisie pour l'unité astronomique, distance moyenne entre notre planète et le Soleil.

elle ne peut plus fluctuer au gré d'éventuelles variations de la masse du Soleil, elle devient une véritable unité de mesure, dont la valeur en mètres est gravée dans le marbre. L'unité astronomique entre aussi de plain-pied dans le monde d'Einstein. *"La relation mathématique que nous utilisons était basée sur un concept newtonien"*, souligne Nicole Capitaine. Or, si les lois de Newton sont une très bonne approximation pour décrire la dynamique des planètes, c'est bien la théorie de la relativité

générale d'Einstein qui gouverne celle-ci. Un petit regret, tout de même : malgré le rôle moteur de l'observatoire de Paris dans la redéfinition de l'unité astronomique, le symbole "UA" recommandé jusqu'ici par l'UAI a été remplacé en assemblée générale par "AU" (astronomical unit). La mouche qui a piqué les astronomes était anglophone.



"L'unité astronomique : 149 597 870 700 m exactement", un podcast avec Nicole Capitaine : http://cietespaceraudio.fr/unite_astro.884.UNIV_001

EN CHIFFRES

149 597 870 700 m

C'est la nouvelle définition de l'unité astronomique. Cette valeur est désormais fixe (exit les "±3 m" qui lui étaient adjoints auparavant) et directement liée au mètre, unité de mesure du système international.

EN BREF

PAS D'INDIEN SUR LA LUNE

Les vols habités vers la Lune ne sont pas, dans l'immédiat, au programme de l'Inde, indique V. Narayanasamy, ministre du gouvernement indien. L'annonce ne surprend guère mais elle contredit celle de janvier 2009, selon laquelle l'ISRO, l'agence spatiale indienne, envisageait d'envoyer des astronautes sur notre satellite vers 2020.

COMÈTE BRILLANTE ?

La comète C/2012 S1 (ISON) a été détectée juste au-delà de Jupiter par Vitali Nevski et Artyom Novichonok, grâce à un télescope de 400 mm en Russie. Bien que potentiellement très brillante, rien ne garantit son éclat. Elle passera à 1,8 million de kilomètres du Soleil fin novembre 2013, et à 60 millions de kilomètres de la Terre en janvier 2014.

L'Océan D'EUROPE PLONGE

Klára Kalousová (université de Prague) a simulé la croûte de glace d'Europe. Son étude montre que l'océan liquide situé sous la banquise du satellite de Jupiter est bien plus profond qu'espéré : 25 à 50 km. Des poches d'eau peuvent néanmoins subsister à 5 km, mais elles finissent par s'enfoncer en seulement quelques dizaines à quelques centaines d'années.

OBSERVATION EXTRÊME DANS M87

La base du jet émis par le trou noir supermassif au cœur de la galaxie M87, à 54 millions d'années-lumière, vient d'être observée à la résolution record de 40 microsecondes d'arc. C'est seulement 5,5 fois la taille du trou noir lui-même. Cette précision a nécessité de combiner les signaux de radiotélescopes de Hawaï, d'Arizona et de Californie.

Rubrique réalisée par Jean-Luc Dauvergne, David Fossé, Philippe Henarejos, Emilie Martin et Matthieu Le Chanjour

L'AGENDA



© ESA/CNES/AirSpace

9 NOVEMBRE : ARIANE REPART

Le 9 novembre, la fusée européenne Ariane 5 doit s'élancer de la base spatiale de Kourou, en Guyane, pour placer sur orbite les satellites de communication Eutelsat 21B et Star One C3. Ce sera le sixième tir d'Ariane 5 depuis le début de l'année 2012.

13 NOVEMBRE : CASSINI SURVOLE TITAN

Le gros satellite de Saturne (5 150 km de diamètre) doit être survolé à 973 km d'altitude par la sonde américaine Cassini le 13 novembre. Un 88^e survol de la petite planète aux lacs de méthane aura lieu le 29 novembre. Cassini a été lancée en 1997 et tourne autour de Saturne depuis 2004.

20 NOVEMBRE : CONSEIL INTERMINISTÉRIEL DE L'ESA

Les ministres de l'Espace des 20 membres de l'Agence spatiale européenne (ESA) se réunissent à Caserte (Italie) pour discuter du budget et des missions à venir.

Au programme notamment : l'avenir de la filière Ariane et le financement d'Exomars, le projet d'exploration de la planète rouge (lire p. 22). Le précédent conseil avait eu lieu en 2008.

UNE PISTE BRÛLANTE POUR LA MATIÈRE PERDUE

Où est passé l'essentiel de la matière ordinaire fabriquée lors du big bang ? Pourquoi dans l'Univers actuel ne recense-t-on que la moitié des atomes créés par l'Univers à ses débuts ? Avec la découverte d'un immense halo de gaz brûlant tout autour de la Voie lactée, cette "énigme des baryons⁽¹⁾ manquants" a peut-être trouvé sa solution. "Il y a un gigantesque réservoir de gaz ionisé autour de la Voie lactée", expliquent l'astrophysicienne Anjali Gupta et ses collègues. Porté à plus d'un million de degrés et s'étendant sur plusieurs centaines de milliers d'années-lumière, ce halo très diffus n'a pu être révélé par le satellite Chandra qu'après 32 jours

de pose entre 2000 et 2012, trahi par la façon dont il absorbe le rayonnement X de sources lointaines. Mais surtout, il est bien plus massif que l'enveloppe de gaz tiède (100 000 °C) dont les chercheurs avaient déjà connaissance. "Sa masse totale est supérieure à 10 milliards de masses solaires", précisent les astronomes.

Autrement dit, "elle est comparable à l'ensemble de la masse baryonique du disque de la Galaxie". Il semblerait que, pour la Voie lactée au moins, le mystère des baryons manquants soit résolu.

(1) Particules de matière ordinaire ; à ne pas confondre avec la matière noire, d'une nature radicalement différente.

La Voie lactée (au centre) et ses satellites, les Nuages de Magellan, sont enveloppés dans un halo de gaz incandescent (représentation d'artiste).



© NASA/CXC/Ohio State

CLIN D'ŒIL

S'ENIVRER D'UN NECTAR EXTRA... TERRESTRE

Un vin aux doux accents d'oxyde de fer martien ou de régolithe lunaire, ça vous tente ? Bruno Fectay et Carine Bidaut, deux chasseurs de météorites, l'ont fait ! Ils ont eu l'aide de Jean-Alix Barrat, géochimiste à l'université de Bretagne occidentale, qui a mis au point une technique (confidentielle) pour rendre solubles les basaltes lunaires et martiens provenant de leurs météorites. Soixante jéroboams (3 l) d'"Essence de Lune" et autant d'"Extrait de Mars" ont ainsi été embouteillés, devant huissier.



MARS



TERRE

Photos : © Nasa/JPL-Caltech/MSSS and PSI

DES GALETS MARTIENS

À gauche, Mars. À droite, la Terre. La similitude est frappante entre l'affleurement rocheux nommé Link, découvert le 2 septembre par le robot Curiosity, et un ancien lit de rivière terrestre. L'échelle est la même, l'interprétation aussi : en s'entrechoquant, ces cailloux transportés par l'eau se sont arrondis. Des galets bien trop gros pour avoir été usés par les vents.



DÉCOUVERTE D'UN ANCIEN COURS D'EAU MARTIEN

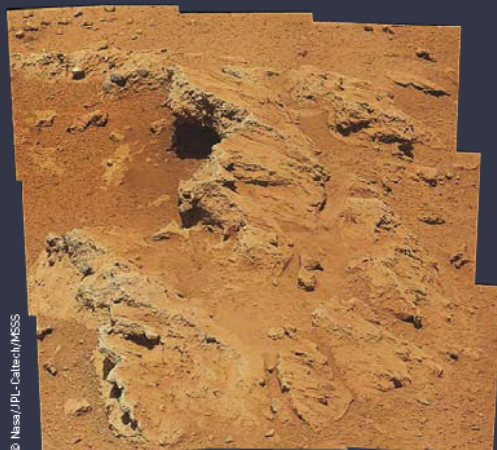
Curiosity a trouvé ce que les astronomes cherchent sur Mars depuis longtemps : des galets bien ronds. Ceux-ci ont une taille, une forme et une distribution qui indiquent que l'eau qui les a charriés se déplaçait à 1 m/s, qu'elle était profonde

de quelques centimètres à 1 m et qu'elle a coulé pendant au moins mille ans. L'hypothèse d'anciennes rivières est encore débattue, certains scientifiques favorisant plutôt celle d'anciens lacs, voire de chenaux de débâcle.

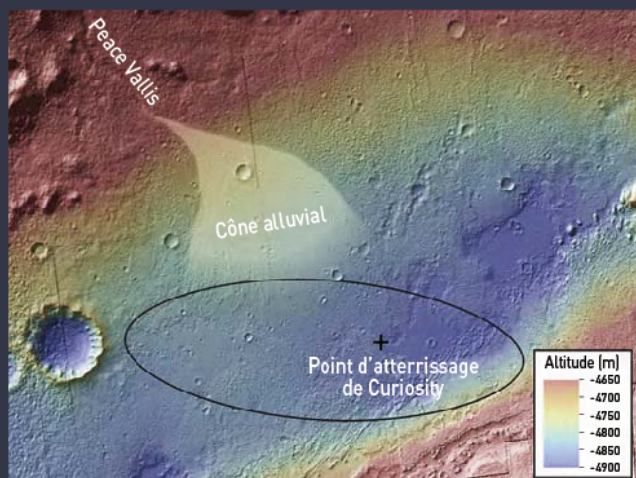
Mais, c'est certain, l'eau a jadis coulé sur la planète rouge. La découverte est d'importance : c'est la première fois que les traces d'une érosion aquatique sont vues dans un paysage modelé par l'eau, repéré depuis l'espace.

ANCIENT LIT DE RIVIÈRE

L'affleurement nommé Hottah a été photographié le 14 septembre par Curiosity. Constitué d'une matrice de sable et de roche emprisonnant des petits galets, il se trouvait probablement au fond d'un fleuve, voici 4 milliards d'années. Son inclinaison serait due à l'impact d'une météorite.



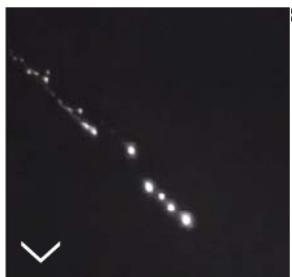
© Nasa/JPL-Caltech/MSSS



© Nasa/JPL-Caltech/ASU

UN DELTA DANS LE CRATÈRE GALE

"Cette découverte ne nous surprend pas, commente le planétologue Nicolas Mangold, qui dépouille les données de Curiosity. Le robot a atterri sur un ancien cône alluvial [en blanc sur l'image], c'est-à-dire à l'embouchure d'anciens lits de rivière."

LE MEILLEUR DE
CIELETESPACE.FRUNE LUNE TOMBÉE
SUR TERRE ?

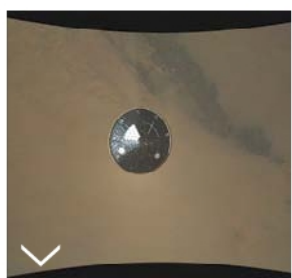
Le 21 septembre, un objet a pénétré l'atmosphère au-dessus de l'Angleterre. Sa vitesse lente et sa trajectoire suggèrent qu'il s'agit peut-être d'un minuscule satellite naturel, temporairement capturé par la Terre.

À découvrir sur : www.cieletespace.fr/node/9605

ZOOM SUR LE SOLEIL

Le New Solar Telescope, à Big Bear Lake (Californie), produit des clichés sans cesse plus précis de la surface du Soleil. Avec son 1,6 m de diamètre, cet instrument de pointe vient de discerner des détails de 37 km à 150 millions de kilomètres de la Terre !

À voir sur : www.cieletespace.fr/node/9535

L'ATERRISSAGE DE
CURIOSITY EN HD

Un amateur américain a réalisé une vidéo en haute définition de l'atterrissage du rover Curiosity sur la planète Mars d'après la séquence originale de la Nasa. Son film comporte 30 images par seconde, au lieu de 4 à l'origine. Il est ainsi beaucoup plus fluide.

À voir sur : www.cieletespace.fr/node/9543

LA NASA LORGNE AU-DELÀ
DE LA LUNE

À quoi va servir le Space Launch System (SLS), l'énorme fusée que la Nasa a mise en chantier après l'abandon de son programme lunaire Constellation ?

Capable d'envoyer entre 70 et 130 tonnes sur orbite basse, cette "fusée pour nulle part", comme l'appellent ses détracteurs, doit avant tout propulser le nouveau vaisseau habité Orion, lui aussi rescapé de feu Constellation. Oui, mais pour aller où ?

La réponse à cette question restait jusque-là assez évasive : au-delà de l'orbite terrestre...

Depuis le 22 septembre, les choses se précisent. Un rapport de la Nasa transmis à la Maison Blanche a été éventé par le quotidien de Floride *Orlando Sentinel*. Ce texte défend l'idée d'une station spatiale au-dessus de la face cachée de la Lune, à un point d'équilibre gravitationnel appelé point de Lagrange L2. À 61 000 km de la Lune et 440 000 km de la Terre, cet avant-poste permettrait aux Américains de s'entraîner pour des missions interplanétaires (vers les astéroïdes ou Mars), avec des risques rendus raisonnables par la proximité avec la Terre. De cette station, les astronautes pourraient envoyer sur la Lune des robots, qui leur rapporteraient des échantillons. À cette heure, ce projet n'a pas été approuvé par le président des États-Unis. Ce qui fait que le SLS n'a toujours pas de destination. Cela n'effleure pas outre mesure l'Association américaine des industries aérospace (AIA), qui regroupe 350 entreprises représentant 3,5 millions d'emplois. Dans



Le projet de lanceur américain SLS est-il vraiment toujours utile ? Oui, militent les industriels : pour la Lune !

une lettre adressée le 26 juillet au Conseil national de la recherche (NRC), elle affirmait son soutien au développement du SLS et de la capsule Orion, rappelant que les puissants moteurs F1 qui ont propulsé les fusées Apollo vers la Lune ont été mis en chantier dans les années 1950, bien avant que l'on sache à quoi ils allaient servir. Un gage que la "fusée pour nulle part" se fera. Avec une philosophie : d'abord des moyens, ensuite des objectifs.

SUR LA TOILE

LA CONSTRUCTION DU JWST
EN DIRECT

Le télescope spatial James Webb (JWST) devrait être lancé en 2018. En attendant, vous pouvez suivre sa construction sur Internet grâce à deux webcams installées dans le bâtiment 29 du Goddard Space Center. Si vous vous connectez entre 14 h et 22 h 30 (8 h et 16 h 30, heure locale), vous verrez les ingénieurs s'affairer autour des pièces qui composeront le télescope spatial. Par exemple : l'ISIM (Integrated Science Instrument Module), structure noire en forme de cage sur laquelle seront fixés les instruments scientifiques. Les images sont actualisées chaque minute.

À voir sur : www.jwst.nasa.gov/webcam.html

**Q & R****ANDREA GHEZ**

Astrophysicienne de l'université de Californie Los Angeles (Ucla)

UNE ÉTOILE POUR SONDER L'ESPACE-TEMPS

L'Américaine Andrea Ghez et son équipe viennent de découvrir une étoile toute proche du trou noir central de la Voie lactée, SgrA — elle en fait le tour en seulement 11 ans et demi. Cet astre baptisé S0-102 est le deuxième dont on a observé une orbite complète autour de SgrA*. Le premier était, en 2002, l'étoile S0-2, dotée d'une période de 15 ans et demi, et située à seulement 17 heures-lumière du monstre. L'étude de leur trajectoire devrait nous révéler la structure de l'espace-temps autour d'un trou noir de 4 millions de masses solaires.*

Avec quel instrument avez-vous découvert l'étoile S0-102 au voisinage du trou noir central ?

Andrea Ghez : Grâce au Keck, un télescope de 10 m de diamètre installé à Hawaï. Depuis dix-sept ans, nous scrutons avec lui le centre de la Voie lactée dans l'infrarouge. S0-102 est seize fois moins brillante que S0-2, la première étoile pour laquelle nous avons déjà observé une orbite complète autour de SgrA*. Nous n'en sommes pas sûrs, mais S0-102 est probablement une étoile de 10 fois la masse du Soleil, typique des astres qui évoluent dans le secteur.

Qu'est-ce que cette nouvelle étoile vous apporte ?

A. G. : L'intérêt des étoiles de SgrA*, c'est qu'elles évoluent dans un champ de gravitation cent fois plus intense que ceux auxquels nous avons accès dans le Système solaire. Autrement dit, leur trajectoire permet de tester des domaines inexplorés de la théorie de la relativité générale. Mais le mouvement d'une seule étoile n'est pas

suffisant pour cela car il peut y avoir des ambiguïtés — une déviation de la trajectoire est-elle un effet de la relativité générale ou est-elle simplement due à des étoiles invisibles dans le voisinage ? En définitive, c'est le "tango" de S0-2 et S0-102 qui nous dévoilera la structure de l'espace-temps autour du trou noir supermassif.

Quels effets de la relativité générale comptez-vous observer, et quand ?

A. G. : Il y en a deux. D'une part, la trajectoire des étoiles doit s'éloigner d'une ellipse parfaite pour prendre la forme d'une rosette — c'est ce que les spécialistes appellent la précession du périastre. Nous pourrions déceler un tel effet avec la prochaine génération de télescopes, de 30 m de diamètre. D'autre part, la lumière d'étoiles proches d'un trou noir est censée rougir. Cela, nous pourrions le vérifier avec le Keck lors du prochain passage de S0-2 au plus près de SgrA*, en 2018. Et trois ans plus tard pour S0-102.

Propos recueillis par David Fossé

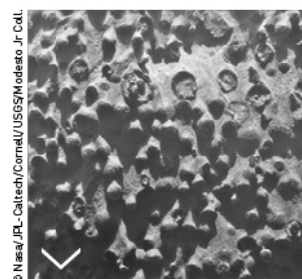
La densité d'étoiles est grande dans le centre de la Galaxie (vu ici en infrarouge par le Very Large Telescope européen). Malgré tout, les astronomes sont capables d'y suivre la trajectoire individuelle des étoiles.



L'ANTIBUZZ

COPENHAGUE SURVEND PLANCK

Le 4 septembre, l'université de Copenhague publie un communiqué qui fait le tour du web. Résumé : selon le physicien Pavel Naselsky, le satellite de cosmologie Planck serait sur le point d'identifier la matière noire ! Parfait, sauf que dans l'article scientifique que cosigne le chercheur, avec 200 collègues, la "dark matter" n'est évoquée... qu'une fois !



DÉCONFITURE DE MYRTILLES

En pointant l'origine bactérienne de concrétions sphériques du désert de l'Utah, l'équipe de Karrie Weber avait suggéré en août que les "myrtilles" martiennes découvertes par Opportunity (photo) pourraient, elles aussi, avoir été créées par la vie. Un joli buzz a suivi sur le web anglo-saxon. L'hypothèse est cependant jugée "très hasardeuse" par Purification Lopez, microbiologiste à l'université Paris Sud.

+W L'origine du buzz : <http://goo.gl/YaQJ6>

+C Le point sur les myrtilles : www.cieletespace.fr/node/9536

LA FAUSSE BONNE IDÉE

Du 5 au 7 octobre, l'observatoire du Pic du Midi a été illuminé par des batteries de projecteurs roses jusqu'à 23 h. Le but : promouvoir la lutte contre le cancer du sein. Pour un lieu qui aspire à devenir le centre d'une réserve de ciel étoilé, cette opération à 80 000 € tutoie l'absurde. Avec quel effet réel sur la lutte contre le cancer ?

+C Les faits : www.cieletespace.fr/node/9628

Courtesy L. Laveder



LAURENT LAVEDER

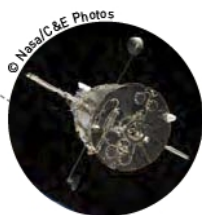
L'astrophotographe de Pluguffan (Finistère) a remporté le concours de l'astrophotographe de l'année dans la catégorie "People and Space", compétition organisée par l'observatoire de Greenwich (Royaume-Uni). Laurent Laveder a gagné grâce à une splendide conjonction Vénus-Jupiter vue de la plage de Tréguennec. Bravo !

+ W À voir sur : <http://goo.gl/VoyWP>

À
L'APOGÉE
—
AU
PÉRIGÉE



© NASA/C&E Photos



LE TÉLESCOPE HUBBLE

Le 6 juin 2012, le télescope spatial Hubble devait pointer attentivement la Lune pour observer (par réflexion) le passage de Vénus devant le Soleil. Hélas, le suivi de l'astre trop rapide n'a pas fonctionné. Résultat : des images floues et des données inexploitable. Une session de rattrapage, en visant cette fois Jupiter, a eu lieu le 20 septembre.



La galaxie NGC 720 observée en rayons X par le satellite américain Chandra.

LA THÉORIE MOND GAGNE LES GALAXIES ELLIPTIQUES

Mond⁽¹⁾ fonctionne de mieux en mieux. La théorie qui prétend expliquer la rotation trop rapide des galaxies sans recourir à une masse cachée exotique (matière noire) vient de passer un nouveau test : pour la première fois, elle rend compte des mouvements dans deux galaxies elliptiques, NGC 720 et NGC 1521.

Imaginée par l'astrophysicien Mordehai Milgrom en 1983, la théorie Mond postule que, pour des accélérations gravitationnelles infimes, cent milliards de fois plus faibles que celle que nous ressentons sur Terre, l'effet de la gravitation décroît plus lentement avec la distance que dans la loi de Newton. La recette semble fonctionner fort bien dans les galaxies spirales (voir C&E n° 491, p. 34). Cependant, celles-ci partagent des caractéristiques communes et les détracteurs de Mond avaient beau jeu de souligner qu'il n'était pas étonnant qu'elles paraissent se soumettre à la même loi unique artificielle. L'argument ne tient plus avec NGC 720 et

NGC 1521, deux galaxies elliptiques "très différentes des galaxies spirales, aussi bien en termes de structure, de composition ou d'histoire", comme le rappelle le chercheur. Faut-il pour autant jeter la matière noire aux orties ? Pas sûr. Certes, la recette miraculeuse de Milgrom suggère que quelque chose de fondamental est encore à découvrir sur la nature et l'évolution des galaxies. Mais elle ne fonctionne pas à l'échelle supérieure, celle des amas de galaxies. Là, "même Mond a besoin d'une certaine quantité de matière encore à découvrir", reconnaît l'astrophysicien.

(1) Mond : Acronyme pour Modified Newtonian Dynamics, soit "dynamique newtonienne modifiée".

Programme complet :
www.fermedesetoiles.com
 Renseignements et inscriptions :
 05 62 06 09 76 - contact@fermedesetoiles.com



À retourner, avec votre règlement, à **Ciel & Espace 18/24, quai de la Marne 75164 Paris Cedex 19**

L'ASTRONOME

32 Rue Du Gaillac - 56100 Lorient

Tél 02 97 21 00 44 Fax 02 97 84 92 45

Le magasin est ouvert du mardi au samedi de 9h30 à 12h et de 14h à 18h30

Site Internet : www.astronome.fr
astronome@wanadoo.fr

www.astronome.fr



Meade LX80 6" 8" 10" UHTC

Tubes optiques Meade Schmidt Cassegrain PREMIUM offrant une excellente optique. Lames de fermeture enverre Schott pour une transmission lumineuse supérieure sur l'ensemble du spectre visible. Nouvelle monture LX80 construite autour d'une structure en aluminium massif et deux grands roulements coniques sur chaque axe pouvant supporter une charge utile totale de 18 kilos en mode EQ et mode AZ. Jusqu'à 31 kilos en mode Dobson. Système SmartDrive de correction l'erreur périodique. Système de fixation par queue d'aronde. La monture LX80 informatisée GoTo est contrôlée par la raquette AudioStar. Télescope Meade LX80-SC 152mm **1549€**
Télescope Meade LX80-SC 203mm **1949€**
Télescope Meade LX80-SC 254mm **2599€**

Meade ETX-LS ACF 6" & 8" UHTC

Révolutionnaire! Élimine les dernières difficultés pour aligner le télescope. GPS et module détecteur intégré, aligne automatiquement le télescope dès sa mise sous tension sans aucune autre manipulation. Images nettes et contrastées avec une excellente résolution. Livré avec renvoi coude. 31.75mm, oculaire série 4000mm de 26mm. Modèle 152mm, focale 1524mm F/D10 **1949€**
Modèle 203mm, focale 2030mm F/D10 **2849€**

Meade LX200 ACF UHTC

Design ACF, blocage miroir primaire, GPS 16 canaux, monture tout métal ultra-stable, trépied rigide, AutoStar II >125 000 objets mémorisés, oculaire Plossl série 5000 de 26mm. Garantie 2 ans. LX200R 203mm **3499€**
LX200R 305mm **5599€** LX200R 254mm **4799€**
LX200R 355mm **8070€** LX200R 406mm **19850€**

Meade LX90-GPS ACF UHTC

Design ACF. Localisation et détermination précise de l'heure par senseur GPS. Mode AutoAlign pour la validation des étoiles d'alignement. Pointeur pour la recherche, renvoi coude 31.75mm, oculaire SP de 26mm (77x). Chercheur 8x50. Monture aluminium. Data Base de 30223 objets. LX90 GPS 203mm **2399€**
LX90 GPS 254mm **2999€**
LX90 GPS 305mm **3999€**

Tube optique Meade LX200 ACF UHTC

Tubes optiques délivrant des images sans coma, avec un champ plat pour un coût bien inférieur aux traditionnels Ritchey-Chrétien. Le design ACF permet d'obtenir des images ovales sans distorsion et une excellente astigmatisme. Garantie 2 ans. LX200R 203mm **1699€**
LX200R 254mm **2459€**
LX200R 305mm **4059€**
LX200R 355mm **6350€**
LX200R 406mm **11700€**

Meade LightBridge UHTC

Disponibles en 4 diamètres, démontables, simples à ranger et à transporter. Livrés avec 1 oculaire QX70° de 26mm 50.8mm, jupe de protection, laser de collimation, point rouge 4 cibles, Crayford avec microfocus 1/10 pour une mise au point hyper précise. Barillet arrière ventilé. Modèle Deluxe 203mm F/D6 **599€**
Modèle Deluxe 254mm F/D5 **799€**
Modèle Deluxe 304.3mm F/D5 **998€**
Modèle Deluxe 406mm **1998€**

Laser de collimation offert (valeur 65€)

Lunette de guidage Skywatcher 80/480
Doublet achromatique f/12 multi-coûtes. Porte oculaire au coulant 31.75mm avec filetage T2. Tube aluminium léger et solide. Poids net: 1.3kg. Longueur: 38cm. Assemblage facile et fiable avec des colliers à décentrement ADM (en option). Livré avec colliers et chercheur 6x30 avec support aluminium. **99€**

Vente à distance - Frais d'expédition

Chaque symbole figurant près du prix d'un article correspond au montant du port et assurance. Si vous commandez plusieurs articles, prenez le montant de port le plus élevé. Paiement par chèque, CB, mandat...

●	◆	■	✦	
12€	16€	25€	40€	France
20€	45€	Devis	Devis	DOM
20€	25€	28€	45€	Europe

ZenithStar 70 APO

Tout dernier modèle doté du Crayford renforcé WO avec crémaillère. Objectif ED, diamètre: 70mm Focale: 420mm F/6 Crayford au coulant 31.75mm avec microfocus. Crayford rotatif. Attache photo. Correction chromatique poussée, très belle optique. **549€**

Zenithstar 80 DDG APO

Doublet air spaced FPL 51 traité FMC. Diamètre: 80mm Focale: 545mm. Superbe construction, Crayford renforcé WO avec micromètre numérique intégré et microfocus. Poids: 2.8 kg. Livrée avec valise souple. **699€**

WO GTF81 APO

Nouveau bijou de la gamme William Optics. Objectif 3 éléments FPL-53 et correcteur de champ ED intégré à deux lentilles intégrées. Tube extrêmement compact et particulièrement pratique pour le transport. Crayford à 360° sans points morts doté d'une crémaillère hélicoïdale usinée avec précision en laiton. **1149€**

FLT 98 APO DDG

Triplet d'excellente qualité en verre FPL-53 designé par Andrey A. Strakhov. Tube aluminium Images "françaises". Correction chromatique très poussée. Superbe pour l'astrophotographie. Diamètre: 98mm Focale 618mm F/6.3. Crayford surdimensionné avec micromètre numérique intégré (DDG). Poids: 5.18 kg. Garantie 2 ans. **2299€**

FLT 110 DDG

Triplet "Air-spaced". Excellente correction chromatique. Images piquées et contrastées. Crayford géant hyper précis équipé d'un micromètre numérique de haute précision (DDG). Excellent en matière de précision! Tube optique avec 2 colliers + valise souple. **2399€**

Lunette Apo Sky Optic 80/500 carbone

Objectif apochromatique doublet FPL-53 de 80mm ouvert à f/6.25. Mise au point par Crayford avec micro focus. Fabrication du Crayford en acier usiné CNC. Tube carbone avec pare buée rétractable. Livrée avec valise alu. Embase queue d'aronde. Correcteurs/réducteurs dédiés. Particulièrement adaptée pour l'astrophotographie à grand champ! **699€**

Lunette Sky Optic 80/480

Doublet achromatique "Air Spaced" très bien corrigé de 80mm ouvert à f/6. Mise au point par Crayford avec micro focus. Fabrication aluminium et acier usiné CNC. Tube anodisé rouge et noir. Pare buée rétractable. Livrée avec valise souple Nylon avec mousse haute densité prédécoupée. Combine dans un corps compact et peu coûteux un instrument astronomique sérieux. **299€**

Lunettes Apo Sky Optic 66/400 alu&carbone

Objectif apochromatique doublet "Air Spaced" d'excellente qualité optique. Crayford avec micro focus. Fabrication aluminium ou carbone et acier usiné anodisé rouge ou carbone. Pare buée rétractable. Livrée avec valise aluminium. Superbe instrument. Version alu **359€** Version carbone **419€**

Celestron NexStar SLT 127

Tires facile à utiliser avec sa monture motorisée GoTo. Observer les spectacles de la nature est un jeu d'enfant avec ce télescope! Technologie SkyAlign. Vous montrez les planètes et autres objets de notre univers avec une facilité étonnante! Puissant et très simple d'utilisation. **569€**

Systèmes de fixation ADM

Excellente solution pour monter un instrument en parallèle sur SC Meade/Celestron. Fabrication de haute qualité. Possèdent une rainure en queue d'aronde assurant le montage de colliers à décentrement ou autres accessoires. Assurent une fixation simple et très fiable! Pas de flexions différentielles! Pour SC Celestron 8" 9" 11" **85€** 14" 99€
Pour SC Meade 8,10, **85€** 12" **135€** 14" **99€**

Annexes de guidage pour platine ADM

Diamètre 75mm **100€**
Diamètre 100mm **120€**
Diamètre 125mm **120€**
Diamètre 150mm **120€**
Diamètre 175mm **135€**
Contre poids d'équilibrage (1.58kg) **69€**
Double queue d'aronde (Vixen) **220€**

Gamme Perl

Lunette Perl Alhena 70/700 EQ1

Sur monture équatoriale motorisable. Pour observer confortablement les planètes. - Oculaires Super de 10mm (125x) et 25mm (50x) - Lentille de Barlow 2x - Monture équatoriale EQ1 avec mouvements micrométriques **169€**
Promotion: Équipez-vous de la caméra Altaos lors de l'achat de votre télescope: **30€** au lieu de **59€**

Lunette Perl Alhena 70/700 AZ2

Ideale pour débutant et performante avec son optique de 70mm. Sur monture azimutale AZ2. Livré avec: - Oculaires Super de 10mm (90x) et 25mm (36x) - Chercheur 5x24 avec embase métal - Lentille de Barlow 2x - Monture azimutale AZ2 **119€**
Promotion: Équipez-vous de la caméra Altaos lors de l'achat de votre télescope: **30€** au lieu de **59€**

Lunette Perl Alhena 102/500 AZ3

Ideale pour le passionné de la nature qui désire faire des observations terrestres et astronomiques. Monture azimutale AZ3 avec mouvements fins. Promotion: Équipez-vous de la caméra Altaos lors de l'achat de votre télescope: **30€** au lieu de **59€** **337€**
367€

Gamme Perl Bellatrix

Nouvelle gamme de Newton de haute qualité optique et mécanique. Miroirs paraboliques, Crayford 50.8mm/31.75mm. Monture équatoriale EQ3.2 et EQ5. Trépied aluminium et acier. Excellente finition optique.

Télescope 130/650 Perl Bellatrix

Ce télescope possède un tube optique qui mesure seulement 70cm comparé aux 97cm d'un 130/900 plus classique. Miroir parabolique de permettant d'obtenir un télescope à grand champ. Miroir du même type que ceux utilisés sur des télescopes de plus gros diamètre. Plusieurs versions disponibles. Seul **269€** avec caméra Altaos **295€**. Motorisé avec raquette **368€**. Motorisé avec raquette + caméra **393€**.

Télescope 150/750 Perl Bellatrix

Un télescope de type Newton super lumineux pour commencer à découvrir toutes les immensités stellaires du ciel profond et d'un très bon rapport qualité prix. Oculaires livrés Super 10mm et 25mm 31.75mm, Barlow 2x avec filetage photo, chercheur 6x30, monture équatoriale EQ3.2 stable. Motorisation AD, AD/DEC avec raq. commande ou GoTo options). Trépied aluminium réglable en hauteur avec tablette porte accessoires. Garantie 2 ans. Plusieurs versions disponibles. Sans caméra **389€** avec caméra 1.3 Mp **436€**. Sans caméra + Mot AD/DEC **528€** avec caméra 1.3 Mp **575€**. Sans caméra + EQ3.2 GoTo **814€** avec caméra 1.3 Mp **846€**.

Télescope 200/1000 Perl Bellatrix

Bien équipé et polyvalent. Crayford bi-coulant, trépied tubulaire acier. Oculaires livrés Super 10mm et 25mm 31.75mm, lentille de Barlow 2x avec filetage photo, chercheur 9x50, monture équatoriale EQ5 sur trépied tubulaire ultra stable. Motorisation AD, AD/DEC avec raquette de commande ou système GoTo. Trépied acier tubulaire réglable en hauteur avec tablette porte accessoires. Garantie 2 ans. Existe en deux versions, avec ou sans caméra 1.3 Mp. Sans caméra **585€** avec caméra 1.3 Mp **632€**. Sans caméra + Mot AD/DEC **699€** avec caméra 1.3 Mp **575€**. Sans caméra + EQ3.2 GoTo **973€** avec caméra 1.3 Mp **1020€**.

Montures équatoriales Sky Watcher

EQ3.2 **239€** KIT GoTo EQ3.2 **447€**
EQ5 Deluxe **349€** KIT GoTo EQ5 **447€**
EQ3.2 GoTo **635€** KIT GoTo EQ5 **447€**
HEQ5 GoTo **899€** Allonge colonne EQ6 **73€**
NEQ6 GoTo **1259€**
AZ4 **139€**



Renseignements - Commandes au 02 97 21 00 44 ou www.astronome.fr

Vente par correspondance - Expéditions toutes destinations.



L'EUROPE RELÈVE LE DÉFI AVEC EXOMARS

Après le succès américain de Curiosity, est-il encore temps pour l'Europe d'envoyer un rover sur Mars ? La question est au centre de la conférence des 20 et 21 novembre, qui se tient à Caserte, près de Naples. Les ministres européens de l'Espace devront décider s'ils financent le programme Exomars, qui a pour objectif ultime de déposer un rover sur la planète rouge en 2019. Économie, technique et science constituent les enjeux du débat.

Paul de Brem



UN budget auquel il manque 350 millions d'euros (M€). Des instruments scientifiques qui restent à définir. Et un premier décollage dans quatre ans à peine. Voilà la situation délicate dans laquelle se trouve le programme Exomars, un ambitieux plan de recherche de la vie sur la planète rouge emmené par l'Europe.

Faut-il s'en réjouir ? Voici quelques mois, la situation était pire ! En février 2012, la Nasa annonçait l'impensable. Grevée par des dépassements de budget, elle renonçait à son partenariat avec l'ESA (Agence spatiale européenne) autour d'Exomars, laissant l'Europe seule avec ses rêves de grandeur. *"Ça a été un traumatisme"*, a avoué David Southwood, qui a dirigé l'exploration robot à l'ESA pendant dix ans, dans un mail à Space.com. Le rôle des États-Unis était essentiel : il s'agissait notamment de lancer les différents éléments du programme et de déposer un véhicule automatique européen sur le sol de la planète rouge — un exploit technique qu'elle est la seule à avoir déjà réalisé.

Rapidement, l'ESA s'est tournée vers son autre partenaire historique, la Russie, pour lui demander de remplacer les États-Unis au pied levé. *"Da !"* a aussitôt répondu la grande nation de l'espace. Dans la nouvelle architecture, encore en discussion, l'agence Roscosmos se chargera de l'envoi des éléments du programme au moyen de deux lanceurs lourds Proton. *"À 150 M€ le décollage d'une Ariane 5, l'économie est substantielle pour l'Europe"*, remarque Fabienne Casoli, responsable du programme sciences de l'Univers, micropesantier et exploration au Cnes⁽¹⁾, l'agence française de l'espace. En 2016, un orbiteur européen quittera la Terre pour se satelliser autour de Mars. Là, l'appareil, qui emportera un instrument scientifique belge et deux russes, recherchera la présence de gaz à l'état de traces comme l'acétylène ou la vapeur d'eau avec une précision mille fois supérieure

aux études passées. Il devrait également identifier la source du méthane détecté dans l'atmosphère martienne ces dernières années. Entre autres théories, cette substance qui intrigue les chercheurs pourrait être produite par des micro-organismes...

Faire oublier Beagle 2

Mais la raison d'être de cet orbiteur, c'est avant tout de servir de relais de télécommunications entre la Terre et les appareils destinés à rejoindre la surface de Mars. En même temps que lui, en 2016, décollera l'atterrisseur EDM (Module de démonstration pour l'entrée dans l'atmosphère et la descente). Il aura la délicate mission de tester la capacité de l'Europe à se poser sur la planète rouge, après le fiasco retentissant du module britannique Beagle 2 en 2003⁽²⁾. D'une masse de 600 kg, l'appareil utilisera un parachute, des rétrofusées et une structure déformable pour atterrir. *"Fonctionnant sur batterie, il renverra des données pendant quatre à huit jours"*, décrit Michel Viso, correspondant du programme Exomars au Cnes. *La Russie avait proposé de le doter d'une pile au plutonium, qui lui aurait fourni de l'énergie pour plusieurs années, mais l'opération s'est révélée impossible à réaliser dans le temps imparti."*

La pièce maîtresse du programme Exomars, vers laquelle tous les regards sont tournés, décollera deux ans plus tard, en 2018. Il s'agit du premier robot mobile lancé par l'Europe. Emportant avec lui les espoirs de toute la communauté des planétologues et des exobiologistes, il a pour mission la recherche de traces de vie passée ou même présente. Rien que ça. Avec ses 300 kg, il dépasse de la tête et des épaules Spirit et Opportunity, les deux robots de la Nasa lancés en 2003, et leurs 185 kg. Mais il paraîtrait assez frêle à côté de Curiosity, dont les 900 kg de technologie sillonnent en ce moment même le sol martien (lire p. 42). Russes et Européens

CHRONOLOGIE

2005 Les ministres européens de l'Espace promettent 690 millions d'euros (M€) pour Exomars, un rover destiné à chercher des signes de vie sur la planète rouge. C'est plus qu'il n'en faut à l'époque (650 M€).

2008 Les États membres de l'ESA s'engagent pour 850 M€ de dépenses quand il en faudrait un milliard afin de boucler l'ensemble du programme Exomars, qui comprend désormais un orbiteur, un atterrisseur et un rover.

2009 La Nasa et l'ESA signent une initiative conjointe d'exploration de Mars (Meji) comprenant le lancement d'un orbiteur et d'un atterrisseur en 2016 et de deux rovers en 2018, l'un américain, l'autre européen.

2011 La Nasa renonce à son rover pour des raisons financières, puis à fournir des fusées Atlas pour le lancement.

Février 2012 Soumise à des restrictions budgétaires, la Nasa se retire totalement du projet. La Russie devient le nouveau partenaire de l'Europe.

Novembre Les 20 et 21 novembre 2012, un budget de 1,2 milliard d'euros devrait être bouclé lors de la réunion des ministres européens de l'Espace à Caserte, en Italie.

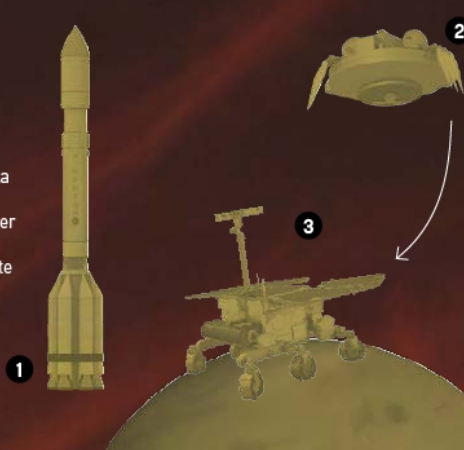
2016

Une fusée russe Proton 1 devrait lancer Trace Gas Orbiter 2 qui, une fois satellisé autour de Mars, étudiera l'atmosphère de la planète. Trois jours avant son arrivée, il lancera un engin appelé Entry Descend and Landing Demonstrator Module 3, qui tentera de se poser sur Mars.



2018

Une nouvelle fusée Proton 1 emportera cette fois un vaisseau automatique 2 qui transportera jusqu'à la surface martienne un rover 3 chargé de forer le sol jusqu'à 2 m de profondeur en quête de vie.



LE DÉFI DE L'ATERRISSAGE

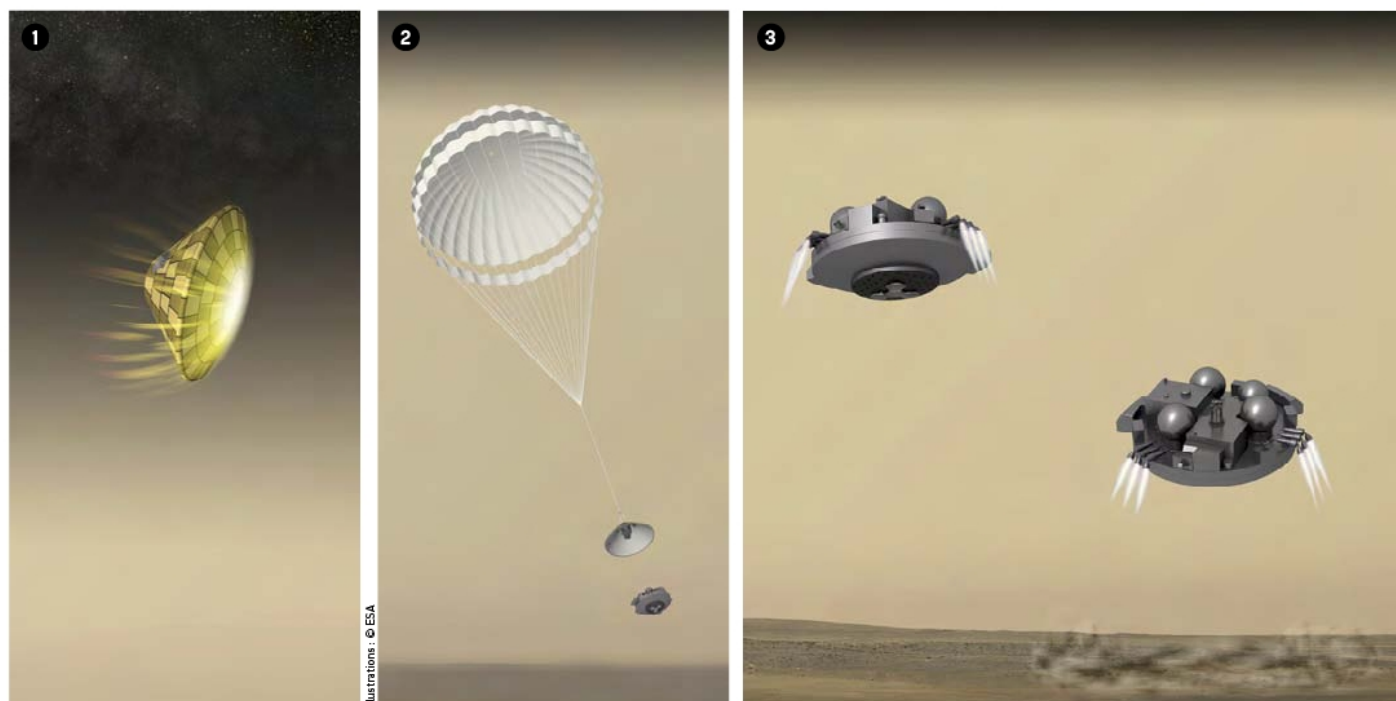
Dans la nouvelle configuration d'Exomars, la Russie se charge d'un point crucial : poser le rover de 300 kg à la surface de Mars en 2019. Un défi : il faut en effet que l'appareil, avec son système de descente, parvienne au sol en douceur alors que sa vitesse atteignait 21 000 km/h quelques minutes plus tôt, à son entrée dans la fine atmosphère martienne. Au cours de son histoire, l'Union soviétique a bien tenté de se poser sur

Mars à sept reprises, mais n'y est jamais parvenue, si on excepte la sonde Mars 3, qui n'a fonctionné que quelques secondes après son atterrissage, en 1971. En revanche, elle a bel et bien réussi à poser deux engins sur la Lune, les fameux Lunokhod 1 et 2, d'une masse de 800 kg, qui ont envoyé 100 000 photos vers la Terre. Mais c'était il y a quarante ans... La Russie est-elle donc un partenaire technique fiable ? Oui, affirme Michel Viso. Pour preuve, *"nous lui confions nos*

cosmonautes sans arrière-pensée", remarque le correspondant du programme Exomars au Cnes. Les Européens collaboreront avec elle afin de lui permettre de rehausser ses standards de qualité. Et puis, il est entendu que la Nasa apportera son conseil pour cette phase de la mission, l'atterrissage sur Mars, qu'elle est la seule à maîtriser complètement.

auront tout de même fort à faire pour le déposer en douceur sur Mars. Structures déformables, "airbags", rétrofusées... Les analyses se poursuivent pour choisir la combinaison de moyens à mettre en œuvre au moment de l'atterrissage. Doté de six roues indépendantes et tirant son énergie électrique de panneaux solaires, le rover européen pourrait parcourir 2 km pendant une année martienne, c'est-à-dire environ deux années terrestres. Son originalité réside dans son "drill", comme disent les scientifiques en bon anglais. Cette foreuse prélèvera des échantillons à 2 m de profondeur, où d'éventuelles traces de vie, passée ou actuelle, peuvent demeurer. Il faut aller en profondeur car *"la surface même de Mars est stérile en raison de la présence naturelle*

de peroxyde d'oxygène, c'est-à-dire d'eau oxygénée, qui est un puissant antibactérien", explique Nicolas Mangold, planétologue du Laboratoire de planétologie et géodynamique de Nantes. Sa charge utile scientifique, baptisée Pasteur, comprendra plusieurs instruments, dont un russe. En son sein se trouve par exemple Moma (Mars Organic Molecule Analyser), un outil capable d'analyser la matière organique (c'est-à-dire basée sur la chimie du carbone) et de déterminer si elle a une relation avec le vivant. *"C'est lui qui apportera le plus d'informations sur la vie passée"*, souligne François Raulin, exobiologiste au Cnes et co-responsable de l'instrument. Les Russes souhaitent enrichir le programme Exomars d'un quatrième engin. *"Il s'agit de placer des instruments scienti-*



fiques, un système de communication et des panneaux solaires sur la plateforme qui fera atterrir le véhicule en 2018. Je n'ai pas plus de précision pour l'instant", indique Michel Viso.

Pour la suite, d'autres inconnues demeurent. Il reste ainsi à déterminer où poser le rover. Comme d'habitude en pareil cas, les scientifiques concernés donneront leur avis dans une série de symposiums. Mais la décision sera difficile à prendre. "Les terrains anciens, où nous aurions le plus de chance de découvrir des traces fossiles, se trouvent aux latitudes équatoriales. Alors que ceux où des micro-organismes vivants pourraient être dénichés se situent aux latitudes moyennes, dans des sous-sols abritant peut-être des poches d'eau liquide de façon sporadique", note Nicolas Mangold.

"Il faut aller vite"

Une autre question, lancinante, concerne le calendrier. Les divers appareils seront-ils prêts à la date prévue ? Au début de l'année, l'ESA a réalisé un audit à la demande de la France. Verdict : la date de 2016 peut être tenue. La construction de l'orbiteur, qui se fait en Italie et en France, est déjà bien avancée. "Nous sommes encore dans les temps mais il faut aller vite", concède Fabienne Casoli. L'échéance de 2018 semble, elle, plus difficile à respecter. "Nous faisons comme si", déclare un chercheur, fataliste. En tout cas, les États membres de l'ESA participant au programme tiennent à ce que les lancements soient effectués à l'heure dite. "À cela, une raison simple : tout retard coûte 100 à 200 M€ par an", indique Michel Viso.

À propos d'argent, il reste justement à boucler le budget de 1,2 milliard d'euros du programme. Une question d'autant plus épineuse que le Vieux

Continent vient de subir une crise économique et financière sans précédent, dont il récupère avec peine. Sur le total de 1,2 milliard d'euros, les pays de l'ESA ont pris des engagements fermes sur 850 M€ lors de la réunion des ministres de l'Espace de 2008. Ils ont promis de déboursier plus tard 150 M€ supplémentaires à répartir entre États membres. Mais ils n'iront probablement pas plus loin.

Tout pourrait se débloquer le 20 et 21 novembre prochains lors de l'importante réunion des ministres européens de l'Espace, en Italie. L'ESA a invité les représentants des pays membres à Caserte, près de Naples, pour discuter de plusieurs sujets qui engagent l'avenir. La filière Ariane, la station spatiale internationale, le programme scientifique seront au menu, tout comme le programme Exomars. "Nous sommes en train de trouver les 200 M€ restants en faisant appel à différentes sources", indique Franco Bonacina, porte-parole du directeur général de l'ESA. Le programme scientifique [programme obligatoire visant à développer les sciences spatiales, NDLR] pourrait être mis à contribution, par exemple. Ainsi que les droits d'entrée versés par les nouveaux États membres : la Roumanie et la Pologne.

Il reste à espérer que cette solution des "petits ruisseaux" plaise aux ministres européens de l'Espace. La France, quant à elle, trouve le montage "compliqué". Elle devrait plaider pour qu'Exomars suive une cure d'amaigrissement plutôt que de faire appel à des ressources externes au programme, qui n'ont pas été prévues à cette fin. Fin du suspense le 21 novembre prochain.

(1) Cnes : Centre national d'études spatiales.

(2) L'atterrisseur Beagle 2 était emporté par la sonde européenne Mars Express, dont il s'est séparé en décembre 2003.

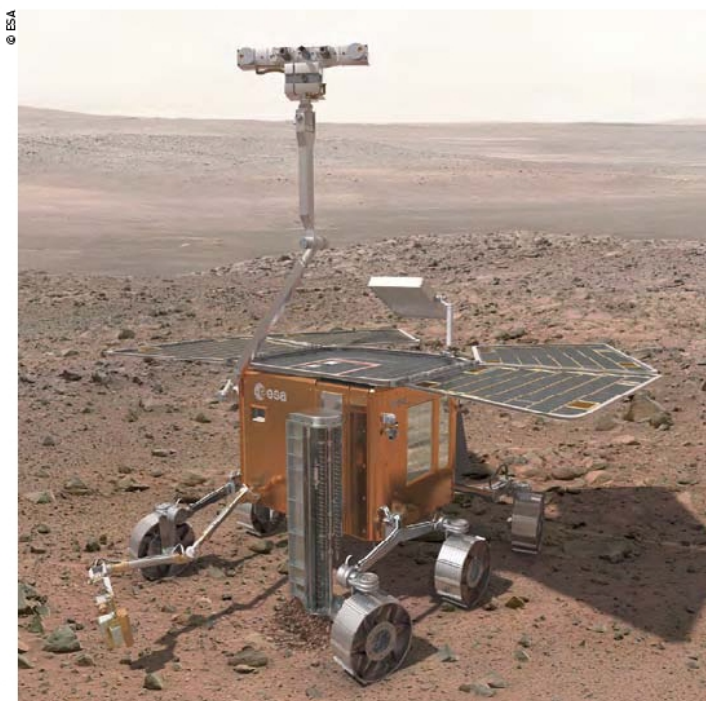
EN CHIFFRES

20

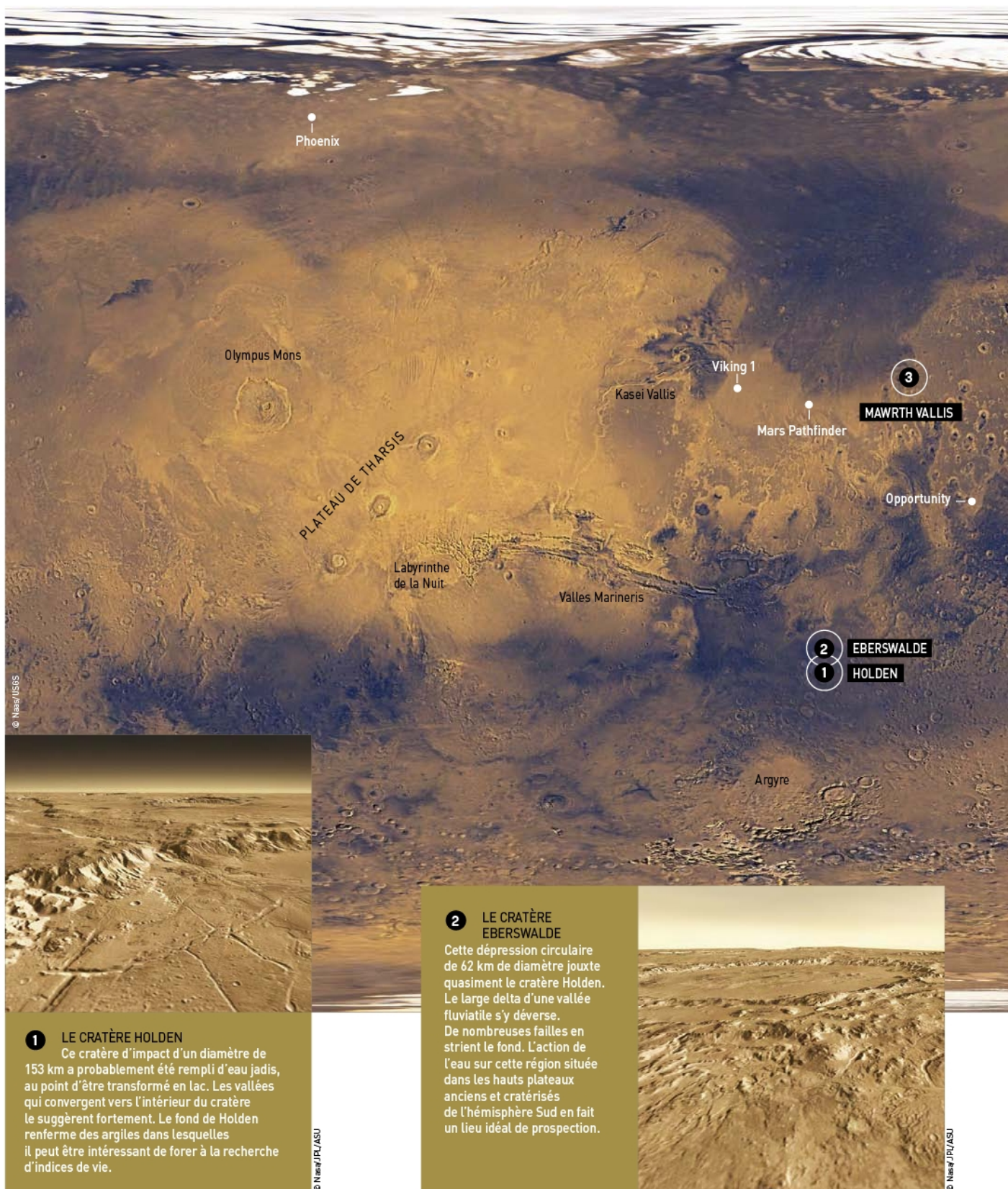
C'est le nombre d'États membres de l'Agence spatiale européenne (ESA), après l'adhésion de la Pologne le 13 septembre 2012. Deux d'entre eux n'appartiennent pas à l'UE (Norvège et Suisse). Et chacun dispose d'une voix au conseil de l'ESA, quelle que soit sa taille ou sa contribution financière.

Se poser sur Mars n'est pas facile. Seulement 30 % des atterrisseurs ont réussi ! Dès 2016-2017, l'Europe et la Russie vont tester l'entrée à grande vitesse dans l'atmosphère martienne ❶, la descente en parachute ❷ et l'atterrissage au moyen de rétrofusées ❸.

Lancé en 2018, le robot d'Exomars devrait être le premier à creuser à 2 m de profondeur pour aller chercher des échantillons protégés des rigueurs de la surface. Si de la vie a existé sur Mars ou s'il en existe encore, elle a une chance de s'y trouver.



CINQ LIEUX À EXPLORER



1 LE CRATÈRE HOLDEN

Ce cratère d'impact d'un diamètre de 153 km a probablement été rempli d'eau jadis, au point d'être transformé en lac. Les vallées qui convergent vers l'intérieur du cratère le suggèrent fortement. Le fond de Holden renferme des argiles dans lesquelles il peut être intéressant de forer à la recherche d'indices de vie.

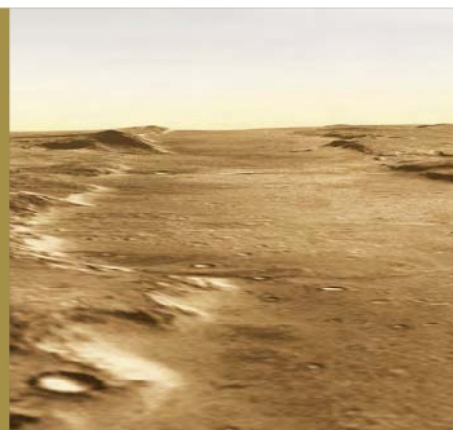
2 LE CRATÈRE EBERSWALDE

Cette dépression circulaire de 62 km de diamètre jouxte quasiment le cratère Holden. Le large delta d'une vallée fluviale s'y déverse. De nombreuses failles en strient le fond. L'action de l'eau sur cette région située dans les hauts plateaux anciens et cratérisés de l'hémisphère Sud en fait un lieu idéal de prospection.

REMARQUE Tous ces sites ne sont que les meilleurs candidats pour Exomars. En cas de lancement de la mission, la sélection ultime d'un seul surviendra bien plus tard.

5 NILI FOSSAE

Cette région marquée par de grandes failles tectoniques est recouverte d'affleurements de la croûte martienne et, localement, de carbonates. La nature des roches peut être hydrothermale, mais indique des circulations fluides. Étudier ce site (qui faisait déjà partie de la sélection pour Curiosity) permettrait d'accéder à la croûte ancienne de Mars et à son altération ultérieure.



© Nasa/JPL/ASU

4

ISMENIUS LACUS

5

NILI FOSSAE

Viking 2

Elysium Mons

Curiosity

Spirit

Schiaparelli

Hellas

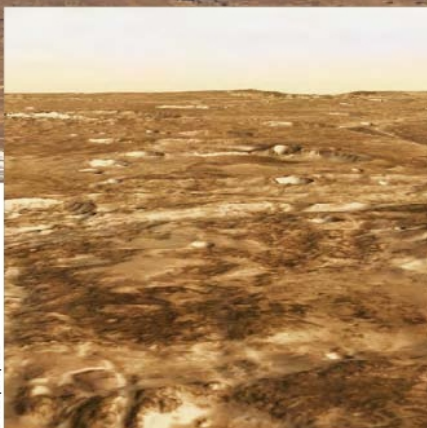
4 ISMENIUS LACUS

Situé à 40° de latitude nord, cet ancien lac de 600 m de profondeur (aujourd'hui à sec) expose de nombreux sédiments parmi lesquels se trouvent des phyllosilicates. C'est un contexte idéal pour une mission d'exobiologie.

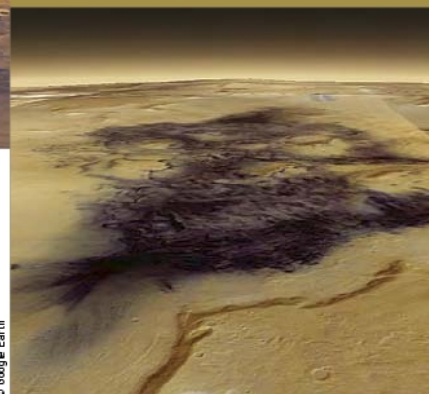
3

MAWRTH VALLIS

De vastes zones sont recouvertes de sédiments argileux qui indiquent un passé aqueux intense et de l'eau en surface. Il s'agit des plus riches affleurements en phyllosilicates, qui sont connus pour pouvoir préserver la matière organique. Ces terrains ouvrent une fenêtre sur les périodes les plus anciennes (antérieures à ~3,8 milliards d'années), plus anciennes que Gale (âgé de 3,6 milliards d'années).



© Nasa/JPL/ASU

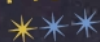


© Google Earth

Passsez vos étoiles !

Des formations à l'observation astronomique

Première Étoile



Observer de façon autonome
la voûte céleste

Deuxième Étoile



Exploiter pleinement
son instrument

Troisième Étoile



S'initier aux techniques
d'acquisition d'images



C. Birnbaum/C&E Photos

Stage 1^{re} étoile

À Bangor (56) et Latrape (31) le 10 novembre ; à Paris (75) et Épinal (88) le 17 novembre ; à Moydans (5), Saint-Jean-de-Bouray (38) et Laval (53) le 1^{er} décembre ; à Tauxigny (37) le 8 décembre ; à Mauroux (32) le 14 décembre ; à Paris (75) et Kawéni (Mayotte) (97) le 15 décembre ; à Dijon (21) le 12 janvier 2013 ; à Buthiers (91) et Paris (75) le 19 janvier.

Stage 2^e étoile

À Vandœuvre-lès-Nancy (54) le 10 novembre ; à Saint-Ciers-de-Canesse (33) et Valbonne (6) le 17 novembre.

Stage 3^e étoile

À Valbonne (06) le 15 décembre.

Stage 4^e étoile "Week-end imagerie planétaire"

À Valbonne (06) le 1^{er} décembre.

Apprendre à utiliser sa lunette ou son télescope, choisir son oculaire, lire des éphémérides, s'initier à la mécanique céleste, l'optique, entretenir son équipement... sont au programme d'une journée intense de formation. À partir de 80 €

Déjà 2 400 stagiaires...

Lieux et dates : www.afanet.fr



Association française d'astronomie

Reconnue d'utilité publique

TROIS RAISONS DE LANCER EXOMARS

Il suffit d'écouter les scientifiques impliqués pour s'en persuader : loin d'être une pâle copie de ce qui se fait aux États-Unis, le rover du programme Exomars brille par son originalité.

IL POURRAIT TROUVER DES SIGNES DE VIE EXTRATERRESTRE

1 *"Spirit et Opportunity cherchaient les preuves de la présence d'eau dans le passé. Curiosity essaie de mesurer l'habitabilité de la planète dans des temps reculés. Le rover d'Exomars, lui, passe à l'étape suivante et part en quête d'éléments de vie passée ou même présente",* résume Sylvestre Maurice, de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie. L'Europe se donne les moyens techniques de cette ambition en dotant le rover d'une foreuse capable de

trouver de tels éléments à 2 m de profondeur, où ils pourraient subsister. Et d'une suite d'instruments scientifiques spécifiquement conçus pour identifier d'éventuels micro-organismes. Jamais mission n'aura reçu charge utile aussi belle, au service de la chimie organique. *"Notre but n'est pas de coiffer les États-Unis au poteau — ils ont une telle avance ! — mais de faire à notre façon une mission qui soit scientifiquement pertinente",* analyse Sylvestre Maurice.

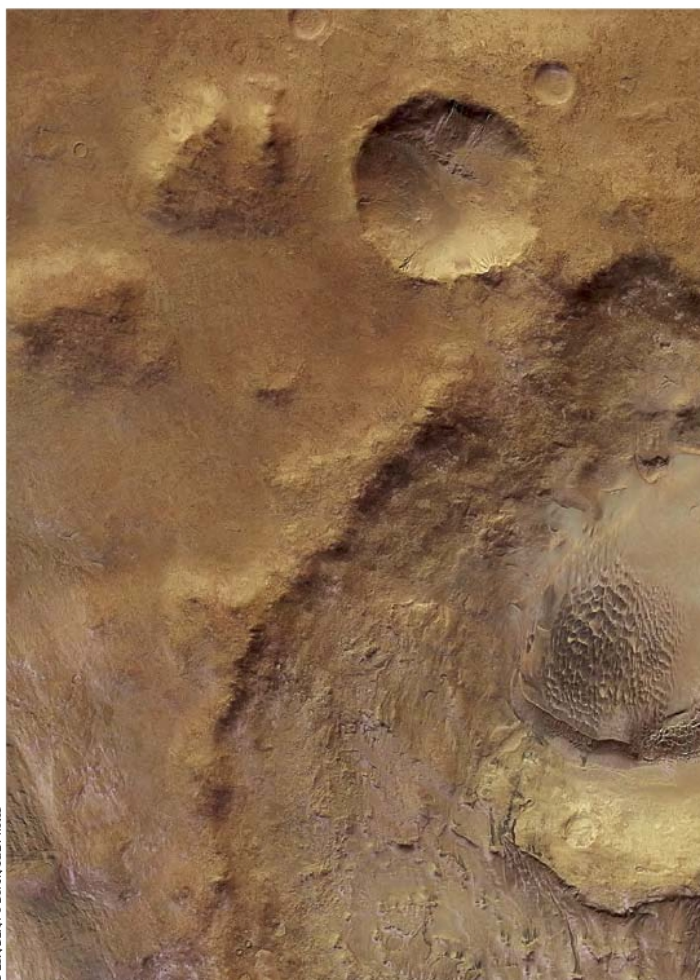
Ci-dessous, une vue du bassin d'impact Argyre, couvert de givre, par la sonde Mars Express. Pour l'heure, l'intérieur de la planète rouge n'est exploré que depuis l'orbite. Sur le rover d'Exomars, un radar permettra d'étudier en détail les premiers mètres sous la surface.

LE ROVER EMPORTE DES INSTRUMENTS UNIQUES

2 Jamais robot martien n'a emporté de foreuse ni de radar destiné à percer les secrets du sous-sol. Celui du programme Exomars sera le premier. Même chose pour le spectromètre Raman, dont il existe de multiples exemples sur Terre, mais qui n'a jamais volé dans l'espace. *"Il s'agit d'une technique destinée à faire résonner les molécules d'intérêt au moyen d'un faisceau laser",* décrit Sylvestre Maurice, coresponsable de Raman. Il permettra de donner des éléments de contexte afin de mieux identifier et caractériser les molécules organiques qui auront été découvertes.

IL DONNERA ACCÈS À LA TROISIÈME DIMENSION

3 *"On connaît mal le sous-sol martien",* indique Valérie Ciarletti, radariste au Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales. En effet, seuls les pôles ont pu faire l'objet de sondages radars de profondeur depuis l'orbite. Grâce à Wisdom, cela va changer. *"Nous allons avoir accès à la troisième dimension",* résume Valérie Ciarletti, responsable de cet instrument. Le radar Wisdom pourra détecter les différentes couches sous la surface, par exemple de dépôts sédimentaires, signes d'une présence d'eau dans le passé, afin d'orienter la foreuse dans sa recherche d'échantillons.



© ESA/URFU Berlin/CE Photos

GENEVIÈVE FIORASO, MINISTRE DE LA RECHERCHE

LA FRANCE SOUTIENT L'EXPLORATION MARTIENNE

Au menu de la conférence de l'ESA, les 20 et 21 novembre : l'évolution de la fusée Ariane 5, la future Ariane 6, la coopération avec la station internationale et les nouvelles priorités de l'Europe spatiale, dont Exomars. Interrogée par *Ciel & Espace*, Geneviève Fioraso, ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, confirme : la France soutient ce programme martien... sans augmenter le montant de sa contribution.

Propos recueillis par Alain Cirou

Geneviève Fioraso est depuis le 16 mai la nouvelle ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Députée de l'Isère, elle a participé aux travaux de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Elle avoue être inspirée par la figure d'Hubert Curien, ministre de François Mitterrand et l'un des pères d'Ariane.

Ciel & Espace : La politique française en matière d'espace va-t-elle évoluer ? Si oui, dans quelle direction et pour quelles priorités ?

Geneviève Fioraso : Durant toute la V^e République, les gouvernements successifs ont donné au domaine spatial un haut degré de priorité qui s'est concrétisé par un effort jamais démenti en sa faveur. Les grands axes de notre politique spatiale ont connu une remarquable stabilité, qu'il s'agisse de la construction de l'Europe spatiale, de l'accès autonome à l'es-

pace ou encore du développement des applications opérationnelles (télécommunications, météorologie, défense...). Cela étant, il s'agit bien évidemment d'adapter la mise en œuvre de ces grandes lignes aux inévitables évolutions du contexte.

La montée en puissance de l'Union européenne (UE), déjà concrétisée par les programmes Galileo et GMES, doit être l'occasion, pour l'Europe spatiale, de prendre une autre dimension, moins centrée sur la pure technique et encore davantage inspirée par les besoins de nos économies et de nos sociétés. Par exemple, la maîtrise des outils spatiaux est un formidable atout pour l'exercice d'un grand nombre de politiques publiques. La prise en compte du potentiel du secteur aval devrait également être un facteur de développement économique.

Les deux grands rendez-vous décisionnels seront la conférence ministérielle de l'ESA en novembre et l'élaboration des perspectives financières 2014-2020 de l'UE d'ici à la fin de l'année 2013.

Lors de cette conférence ministérielle, la France soutiendra-t-elle le programme Exomars dans sa nouvelle configuration partenariale (avec la Russie) ?

G. F. : L'exploration martienne est une des grandes priorités des communautés scientifiques française et européenne. Le programme Exomars en est l'expression actuelle. Mais il a connu une existence mouvementée depuis la première décision le concernant, lors de la ministérielle de l'ESA en 2005, avec des schémas d'organisation successifs variés allant d'une mission purement européenne à une coopération avec les États-Unis et maintenant avec la Russie, et une augmentation constante des coûts à achèvement. Cependant, vu l'importance scientifique de cette mission et par esprit de solidarité européenne, la France aborde la conférence ministérielle avec l'intention de maintenir sa contribution à ce programme.



© Bruno Meyen



ESA

Si la France soutient Exomars, augmentera-t-elle sa contribution financière à ce programme dont les coûts dépassent maintenant le milliard d'euros ?

G. F. : Il apparaît difficile, pour la France, d'augmenter le montant de sa contribution à ce programme.

Sur l'avenir du lanceur européen, la France est-elle favorable à lancer les études pour une nouvelle version d'Ariane (Ariane 6) ou souhaite-t-elle observer l'évolution du marché des satellites, et les offres de la concurrence internationale, et préfère soutenir un programme d'évolution des moyens existants ?

G. F. : Comme vous le savez, le successeur d'Ariane 5 ECA est encore l'objet d'une intense réflexion nationale et européenne en vue d'une décision lors de la conférence de novembre. L'évolution du marché des satellites commerciaux et la montée en puissance de la concurrence internationale dans le domaine des lanceurs sont des considérations importantes dans le modèle économique d'Ariane, et donc stratégiques pour son évolution. La proposition actuelle du directeur général de l'ESA est une excellente base sur laquelle nous travaillons pour présenter un programme ambitieux pour l'Europe qui lui garantisse un accès autonome à l'espace. Il propose d'acter Ariane 6 en novembre et de mener d'ici à mi-2014 un programme préparatoire sur ce nouveau lanceur afin d'affiner le dossier et de déterminer notamment l'organisation industrielle et le partenariat européen.

Parallèlement, un programme Ariane 5 ME adapté serait mené afin de gérer une transition avec un maintien des compétences et des emplois sans rupture de charge ni de pertes d'expertise pour les industriels français et allemands impliqués dans la construction et l'évolution des lanceurs. C'est un point important pour nous. Le ministère s'em-

Lancé en 2005, le projet Exomars a vu son budget doubler et la Nasa renoncer à sa participation pour des raisons financières. La Russie est aujourd'hui intéressée par ce programme. Les États européens doivent confirmer définitivement la mission.

"La présence humaine dans l'espace ne se réduit pas aux astronautes. Le succès remarquable de Curiosity le montre"

ploie à faire converger les prises de position tant en France qu'en Europe.

Nos principaux partenaires européens, l'Allemagne et l'Italie, partagent-ils le même avis ?

G. F. : Les relations sont permanentes à l'ESA ou en bilatéral. Il m'est difficile de parler à leur place, mais le scénario sur lequel nous travaillons me paraît devoir répondre aux préoccupations, qui sont parfaitement légitimes, de nos partenaires pour un projet aussi important. Nous partageons tous un même objectif : assurer une exploitation pérenne d'un système européen d'accès à l'espace. Cela passe par une décision sur le lanceur successeur d'Ariane 5 ECA : elle engage sur plusieurs décennies et il est donc parfaitement naturel que les États membres débattent de ce sujet stratégique de souveraineté de l'Europe.

Le vol habité, à travers la participation de l'ESA aux activités de la station spatiale internationale (ISS), reste-t-il soutenu à long terme par la France ? Faut-il maintenir, dans le futur, une présence humaine dans l'espace ?

G. F. : L'ISS représente un gros investissement pour la communauté spatiale mondiale, ainsi que pour l'Europe. Il a été décidé de prolonger son exploitation jusqu'en 2020, pour en obtenir un retour scientifique plus important. À ce stade, il est difficile de se projeter au-delà de 2020.

Mais la présence humaine dans l'espace ne se réduit pas aux astronautes, comme vous le savez : le succès remarquable, technique, médiatique et bientôt scientifique, de Curiosity dans lequel la recherche française est engagée (Cnes, CNRS, université Paul Sabatier à Toulouse) illustre parfaitement ce fait.

Selon vous, le public est-il suffisamment informé des enjeux et des résultats de la politique spatiale française et européenne ?

G. F. : J'espère que cet entretien y contribuera ! Le public est conscient de certaines utilisations spatiales comme la télévision ou la navigation par satellites car il les utilise directement. Il en va de même pour l'observation météorologique par satellites, grâce à la télévision qui expose régulièrement des images satellites dans ses bulletins. La notoriété d'Ariane me paraît grande.

Mais vous avez raison de poser cette question car, au-delà de ces programmes emblématiques ou de ces utilisations ponctuelles, l'espace est devenu une clé de voûte de systèmes ou de services intégrés, et le public n'en a pas toujours conscience. C'est également la mission des médias que de l'éclairer car comme vous le savez, l'espace est un domaine de rêve pour attirer les jeunes vers la science et la technologie ! La disparition récente de Neil Armstrong, le premier homme à avoir marché sur la Lune, et l'hommage mondial qui lui a été rendu illustrent bien l'intérêt unanime suscité par l'espace.

CIEL & ESPACE

PHOTOS

Offrez-vous le tirage
de votre choix !

Retrouvez ces images et bien d'autres
avec différentes propositions de tailles
et de finitions, sur

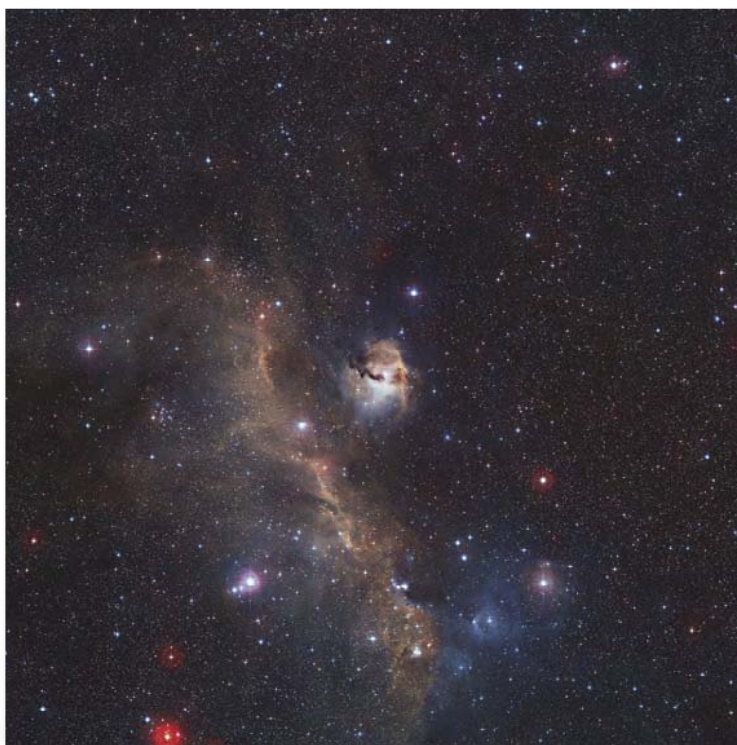
www.cieletespacephotos.fr

(Album Boutique en ligne)



↑ GALAXIE ARP 116
PAR LE TÉLESCOPE
SPATIAL HUBBLE
40×34 cm - 17 €
60×51 cm - 26 €
80×67 cm - 39 €
<http://goo.gl/2Flm4>

→ NÉBULEUSE IC 2177 PAR L'ESO
40×40 cm - 21 €
60×60 cm - 30 €
80×80 cm - 48 €
100×100 cm - 60 €
120×120 cm - 96 €
<http://goo.gl/KHnan>



← GALAXIE NGC 1187 PAR L'ESO
45×26 cm - 17 €
<http://goo.gl/sqAdN>

↑ AURORE BORÉALE PAR J.-L. DAUVERGNE
60×34 cm - 29 € | 80×45 cm - 40 € | 100×56 cm - 64 €
<http://goo.gl/LhglS>

Pensez à
vos cadeaux
de Noël !



↑ CONSTELLATION D'ORION PAR E. BEAUDOIN
45×30 cm - 23 € | <http://goo.gl/kLm6o>

↓ SUPERNOVA NGC 2736
PAR L'ESO
40×40 cm - 21 € | 60×60 cm - 30 €
80×80 cm - 48 € | 100×100 cm - 60 €
<http://goo.gl/u2G9s>



← PLEINE LUNE
PAR M. WEIGAND
45×45 cm - 29 €
<http://goo.gl/DgWvV>



→ NÉBULEUSE
NGC 6888 PAR M.
WEIGAND
50×33 cm - 29 €
<http://goo.gl/eA6QF>

Tirages photo
et finitions
sur mesure effectués
par le laboratoire
professionnel **PICTO**
à la taille que vous
souhaitez
sans recadrage !

ou grâce à ce **bon de commande** (01 45 89 89 08)

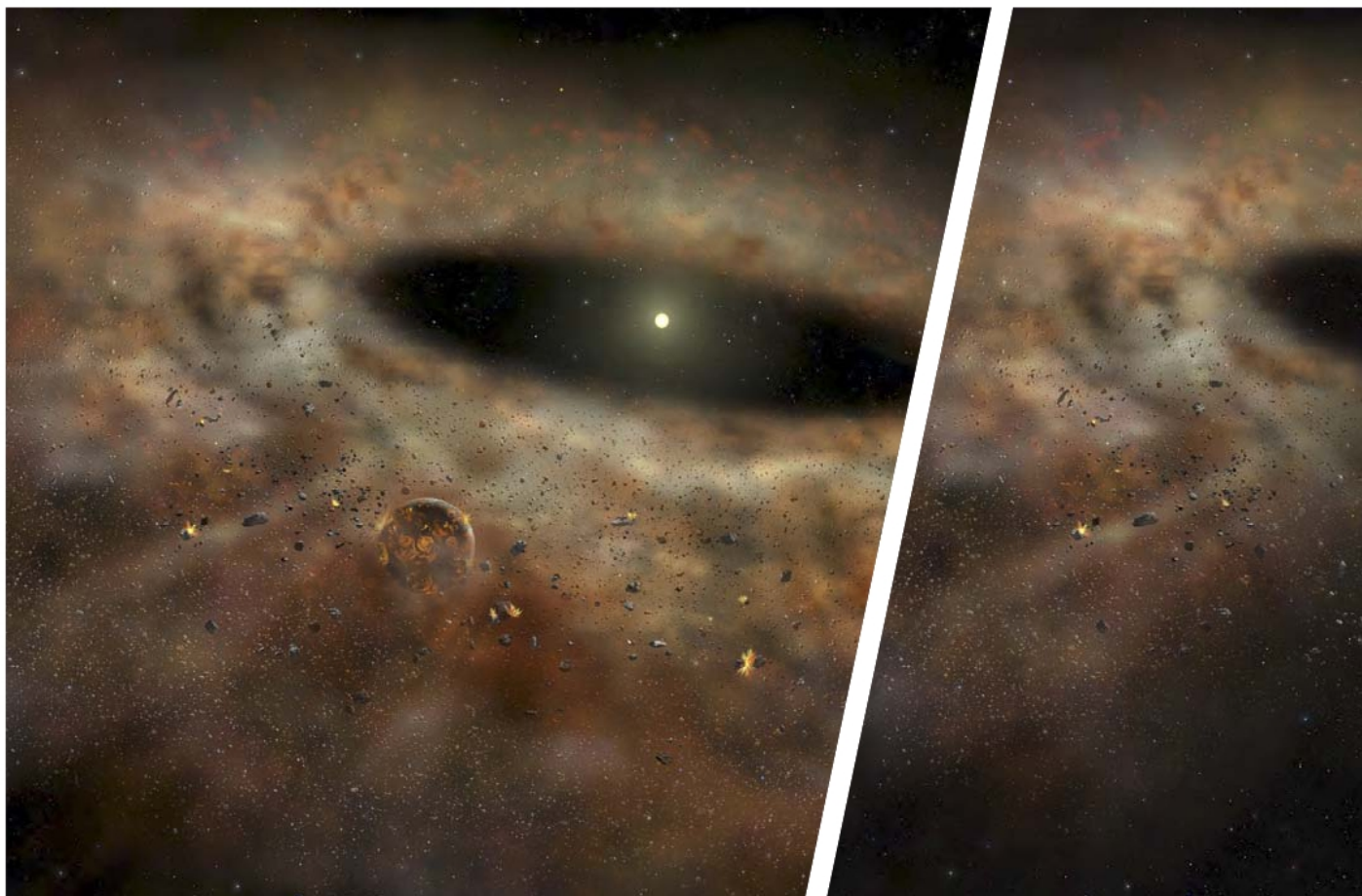
Nom de la photo	Taille	Prix
Total TTC (frais de port inclus)		

ADRESSE DE LIVRAISON (délais 3 à 10 jours suivant finition) :

Nom Prénom
Adresse
Code postal Ville
Tél. E-mail

Bon à retourner accompagné de son **règlement par chèque à l'ordre de l'AFA** (Association française d'astronomie), à : **CIEL & ESPACE PHOTOS AFA**, 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris.

Tarifs valables jusqu'au 30 novembre 2012

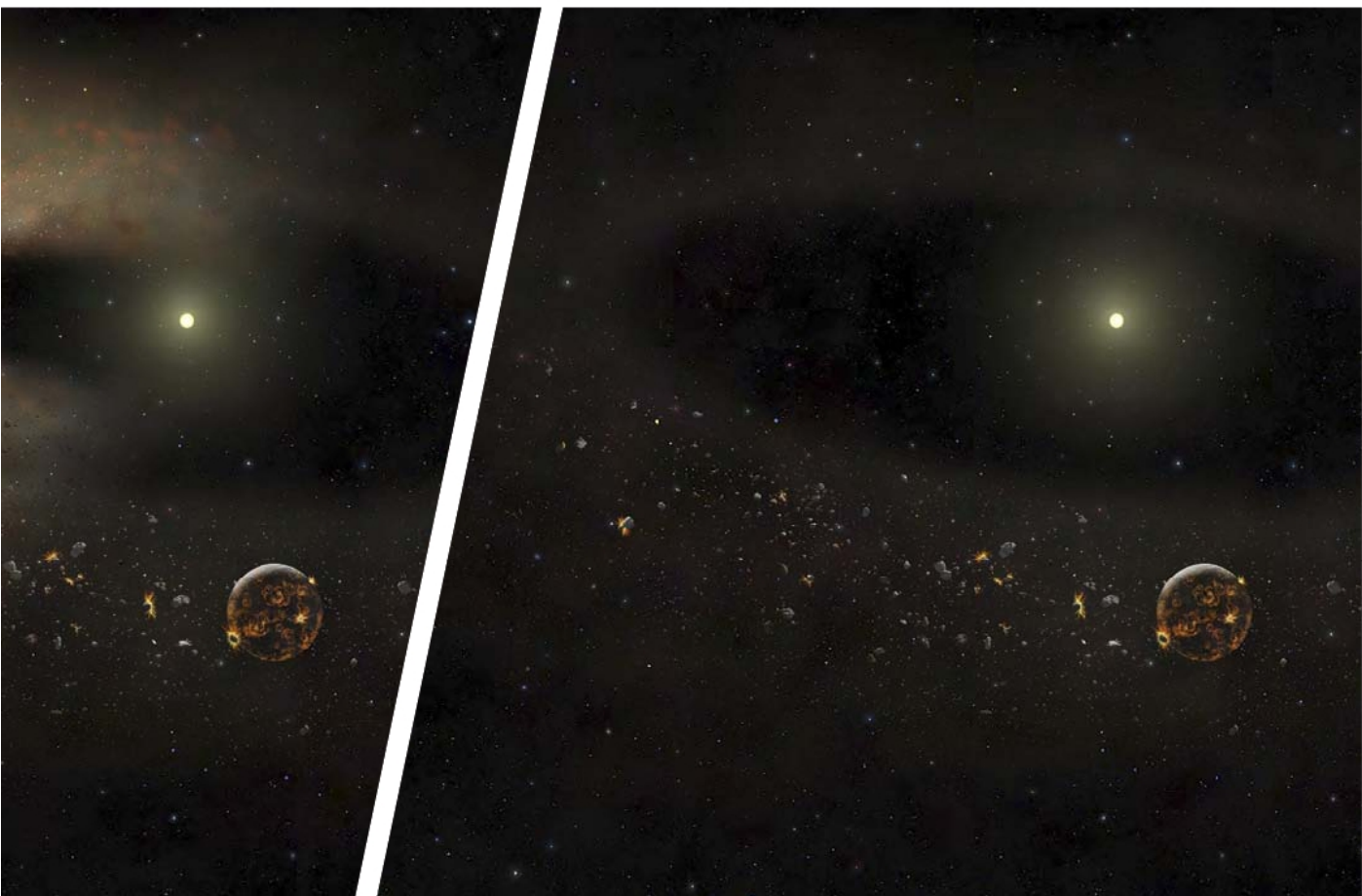


DISPARITION ÉCLAIR AUTOUR D'UNE ÉTOILE

Le disque de poussière entourant une jeune étoile peut-il s'évanouir en deux ans — un battement de cils à l'échelle du l'Univers ? Les astronomes tentent de le savoir depuis l'étrange phénomène dont ils ont été les témoins autour d'une étoile du Centaure.

Raphaël Chevrier

UN clin d'œil, une infime fraction de seconde. Voici, à l'échelle du cosmos, la durée de l'événement observé autour de l'étoile TYC 8241 2652 1, à 456 années-lumière de la Terre. En 2008, puis 2010, une équipe d'astronomes américains et australiens pointent leurs télescopes vers cet astre de la constellation du Centaure, afin d'explorer l'immense disque de poussière qui l'entoure, où des planètes sont probablement en formation. Mais surprise : en deux ans, le disque a disparu ! *"La plupart des estimations concernant l'évolution de poussières en orbite autour d'une étoile tablent sur des intervalles de temps allant de centaines de milliers à quelques millions d'années"*, explique le responsable de cette étude, Carl Melis, du Centre d'astrophysique et de sciences spatiales à l'uni-



© Gemini Observatory / L. Cook

versité de Californie. Dans le Système solaire, une telle quantité de poussières irait jusqu'à la Ceinture d'astéroïdes. Difficile de croire qu'elle se soit volatilisée en un clin d'œil ! Car l'équipe de Carl Melis est certaine d'avoir eu affaire à un nuage de poussières, signalé dès 1983 dans les catalogues du satellite infrarouge Iras⁽¹⁾. Pendant dix mois, Iras a effectué la première cartographie complète du ciel dans le domaine infrarouge. Or, la plupart de ces sources — le satellite en a détecté plus de 500 000 — proviennent de jeunes étoiles entourées de disques de gaz et de poussière. Ceux-ci, chauffés par les radiations de l'étoile centrale, réémettent la lumière avec un fort excès d'infrarouge. De tels disques, repérés notamment autour des étoiles Bêta Pictoris, Véga et Fomalhaut, sont d'un intérêt primordial : ils constituent des étapes du processus de formation des planètes.

"Les planètes rocheuses telles que la Terre se forment par collisions successives d'objets plus petits, indique Carl Melis. Or, ce processus produit une grande quantité de poussière, que nous observons en infrarouge." Voilà donc plusieurs années que son équipe s'intéresse à ces véritables laboratoires planétaires. En épluchant les données d'Iras, puis celles du satellite japonais Akari, lancé en 2006, les chercheurs décident dès 2008 d'utiliser le télescope de 8,2 m Gemini Sud, au Chili, afin

de vérifier si ces émissions infrarouges ont bien pour origine une jeune étoile. *"En vérité, l'étoile TYC 8241 26521 était totalement inconnue avant notre publication dans le journal Nature"*, précise Carl Melis. Leurs mesures permettent de lui donner un âge : 10 millions d'années. Le disque de poussière, localisé à la moitié de la distance Terre-Soleil de l'étoile, intercepte 11 % de ses radiations. Et il est chauffé à plus de 180 °C.

Disparition totale

Jusque-là, rien d'anormal. D'autant qu'avec un si jeune âge, les petits planétésimaux de roches et de glace déjà constitués au sein du disque ont atteint

Un disque de poussières protoplanétaires autour d'une étoile jeune peut-il disparaître en deux ans, comme le suggère ces trois illustrations ? Surpris, les astronomes reconnaissent que oui.



Courtesy C. Melis

L'astronome californien Carl Melis, qui a étudié l'étrange phénomène, devant le télescope infrarouge Ukirt, à Hawaï.



L'étoile TYC 8241 26521 (cercle ci-contre) est un astre discret de la constellation australe du Centaure (ci-dessus).

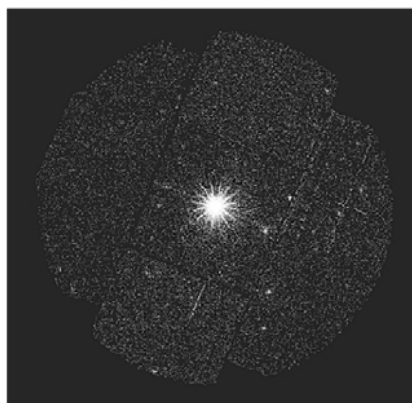
© A. Fujita/C&E Photos

une taille idéale pour emballer les processus de collision et créer encore plus de poussière. Or, à la stupéfaction des astronomes, c'est tout l'inverse qui se produit ! Huit mois après ces mesures, la luminosité du nuage est divisée par trois. En 2010, il devient à peine détectable.

"Quand les premières mesures ont commencé à suggérer que le nuage s'évanouissait peu à peu, nous n'en croyions pas nos yeux, se souvient Carl Melis. Nous pensions qu'il y avait un problème au niveau des télescopes ou des données !" Pourtant, début 2010, les observations du satellite américain Wise⁽²⁾ confirment la tendance : l'excès d'émission infrarouge autour de l'étoile n'existe plus ! L'équipe n'y croit toujours pas. Il lui faudra attendre une nouvelle salve d'observations en 2011 et 2012 avec Gemini pour accepter l'évidence : le disque de poussière a bel et bien disparu.

"À ce moment-là, nous avons dû faire appel à toute notre créativité pour interpréter cet événement", raconte Carl Melis. Sûrs de leurs observations, les chercheurs rejettent en bloc l'idée que le nuage existe toujours autour de l'étoile. Ils écartent aussi l'hypothèse qu'un autre objet cosmique, situé entre le disque et la Terre, vienne le masquer. En effet, des mesures du satellite Herschel en 2011 n'ont détecté aucun matériau froid à proximité de l'étoile. Et les observations de Wise montrent que

LES ASTRES MYSTÉRIEUSEMENT VARIABLES



DR



© Nasa/ESA/C&E Photos



© Nasa/ESA/C&E Photos

Le quasar PKS0558-504

En 1991, des chercheurs américains et japonais détectent une brusque augmentation de 64 % des rayons X en provenance du quasar PKS0558-504, en l'espace de 3 minutes. En 2001, des Japonais y détectent à nouveau de fortes variations des rayons X, à raison de 40 % en deux minutes, confirmant son instabilité.

V838 Monocerotis

Le 6 janvier 2002, les astronomes du monde entier observent un sursaut de luminosité en provenance d'une étoile anonyme de la constellation de la Licorne. Bizarrement, il ne correspond à aucun phénomène connu. Quelques mois plus tard, des théoriciens arrivent à la solution : il s'agit de la collision de deux étoiles, fait jamais vu auparavant.

La nébuleuse variable de Hubble

Dans la constellation de la Licorne, la luminosité de l'étoile R Monocerotis, sûrement très chaude et en cours de formation, est irrégulière. Ces fluctuations affectent la matière interstellaire qui l'entoure, la nébuleuse variable de Hubble ou NGC 2261, et dont la forme en triangle peut varier.

la luminosité de TYC 8241 2652 1 est parfaitement stable. Or, si un objet occultait les émissions infrarouges, il devrait également stopper une partie de la lumière de l'étoile.

Les chercheurs, contraints d'admettre la disparition du disque de poussière, explorent désormais toutes les pistes susceptibles d'expliquer un tel phénomène. Pour cela, ils se heurtent à une condition non négociable : une telle diminution de l'excès d'émission infrarouge implique que le nuage doit avoir divisé par 100 sa quantité de grains de poussière inférieurs à 1 mm de diamètre. Car ce sont ces petites particules qui sont les plus sensibles aux rayonnements de la jeune étoile. À l'inverse, une roche de la taille d'une balle de tennis, elle, poursuivra son chemin sans conséquence. Quel est donc le phénomène à l'origine d'un dépeuplement des plus petites particules au sein du disque en l'espace de deux ans ? Sans conviction, l'équipe propose un coupable : le gaz.

Dans ce scénario, des flux de gaz sont libérés par les mêmes collisions de planétésimaux qui sont à l'origine des particules de poussière. Par effet aérodynamique, ils provoqueraient une accréation accélérée de la poussière en direction de l'étoile. Une autre hypothèse implique un impact majeur entre deux planètes en formation, comme celui à l'origine de la Lune dans le Système solaire ⁽³⁾.

Les collisions entre les gros fragments de roches disséminés par l'impact produisent une quantité fulgurante de poussières au sein du disque. La violence de l'événement enclenche alors un emballement de l'accréation des grains de poussière fraîchement formés en particules suffisamment volumineuses pour devenir insensibles aux rayonnements de l'étoile.

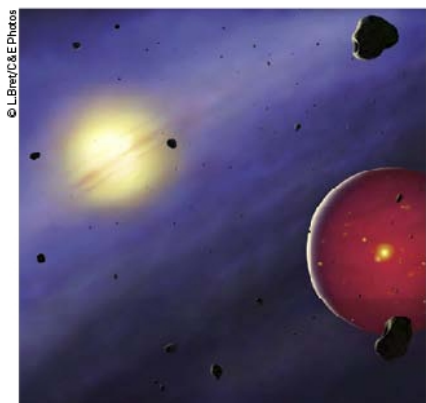
"Aucune de ces explications n'est LA solution idéale," note Carl Melis. Simplement, ce sont les modèles qui nous rapprochent le plus d'une échelle de temps aussi courte." On pourrait également imaginer que, dans un système aussi instable que sont les jeunes étoiles, les particules de poussière soient soufflées vers l'extérieur du disque par de fortes radiations stellaires. Mais là encore, le processus devrait prendre plusieurs centaines d'années...

Finalement, comme le souligne Margaret Moerchen, de l'observatoire Leiden (Pays-Bas) : *"La baisse soudaine de la luminosité du nuage représente peut-être une étape de la formation des planètes qui intervient de manière si rapide que nous n'avons jamais été assez chanceux pour l'apercevoir jusqu'ici. C'est là sûrement l'hypothèse la plus excitante."*

(1) *Iras* : Infrared Astronomical Satellite.

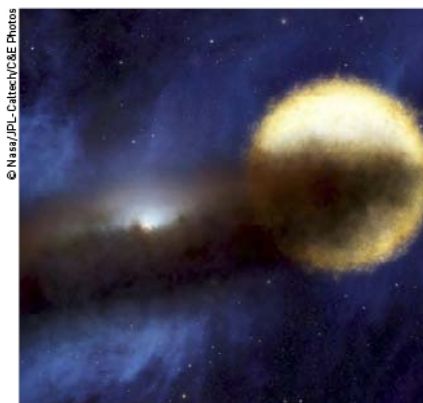
(2) *Wise* : Wide-field Infrared Survey Explorer.

(3) *Lire Ciel & Espace* n°509, p. 12.



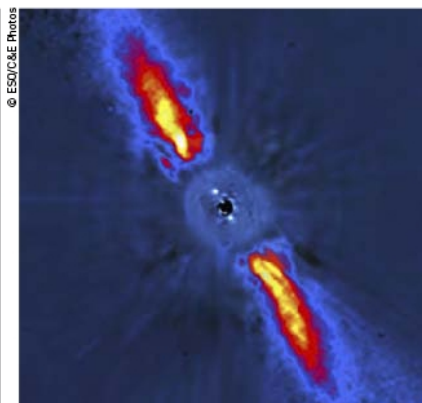
KH15D

Avant 2004, KH 15D était considéré comme une étoile du très jeune amas NGC 2264 bien particulière : elle semblait subir des éclipses périodiques de trois semaines ! Depuis, on comprend qu'il s'agit d'un système binaire, dont le mouvement provoque l'occultation périodique de l'étoile observée par le disque de poussières entourant le système.



Epsilon du Cocher

L'une des étoiles les plus brillantes de la constellation du Cocher subit une éclipse de 18 mois tous les 27,1 ans ! Il s'agit du passage d'un disque de poussière entourant le compagnon stellaire d'Epsilon du Cocher, vu quasiment par la tranche, et dont le diamètre équivaut à celui de l'orbite de Jupiter.



Bêta Pictoris

Le 10 novembre 1981, l'éclat de l'étoile Bêta Pictoris, à 63 années-lumière de la Terre, diminue brusquement durant quelques heures. Il est probable que l'étoile ait été éclipsée par l'exoplanète découverte en 2008 grâce au VLT du Chili, sur une orbite similaire à celle de Saturne autour du Soleil.

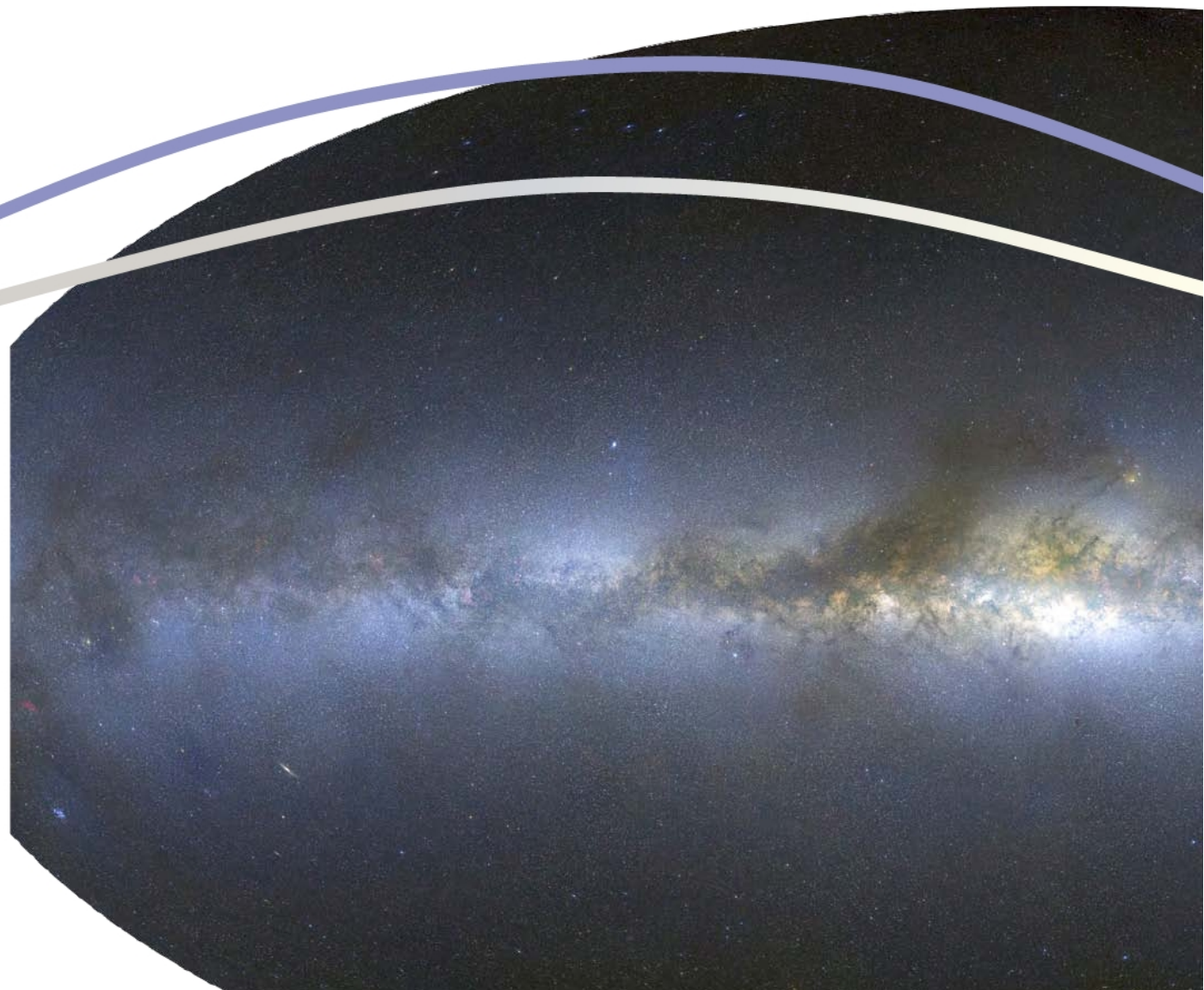
LA VOIE LACTÉE FAIT

Notre galaxie présente de curieuses ondulations dans l'épaisseur de son disque. Ces vagues sont-elles la trace d'une collision ancienne ? Dans ce cas, l'auteur de la rencontre reste à trouver.

Kévin Lamothe

COMME une corde de guitare cosmique que l'on aurait pincée, la Voie lactée vibre. On savait qu'elle avait cette faculté dans le plan de

son disque. Des ondulations s'y propagent, à l'image de la surface de l'eau où l'on a jeté une pierre. Mais les vaguelettes découvertes récemment ont une direction inédite : perpendiculaire au plan galactique. C'est le résultat d'une étude menée par Larry Widrow et son équipe américano-canadienne. Ces astronomes ont épluché les données recueillies sur plus de 300 000 étoiles par le Sloan Digital Sky Survey (voir Repère p. 39). En ligne de mire : la position dans le ciel de l'étoile, sa distance, ainsi que son mouvement par rapport à nous. *"Notre objectif*



DES VAGUES

de départ était de déterminer la masse de matière noire dans notre galaxie", s'amuse Larry Widrow. Mais, après étude d'un "tube" de part et d'autre du Système solaire, les données attirent leur attention. "Nous avons détecté une différence de mouvement et de distribution des vitesses entre le nord et le sud du plan galactique médian. Cette asymétrie prenait la forme de vague une fois modélisée !" décrit le chercheur.

"Jusqu'à présent, personne n'avait isolé l'une de ces vagues verticales", affirme Françoise Combes, de l'observatoire de Paris. Et pour cause, observer

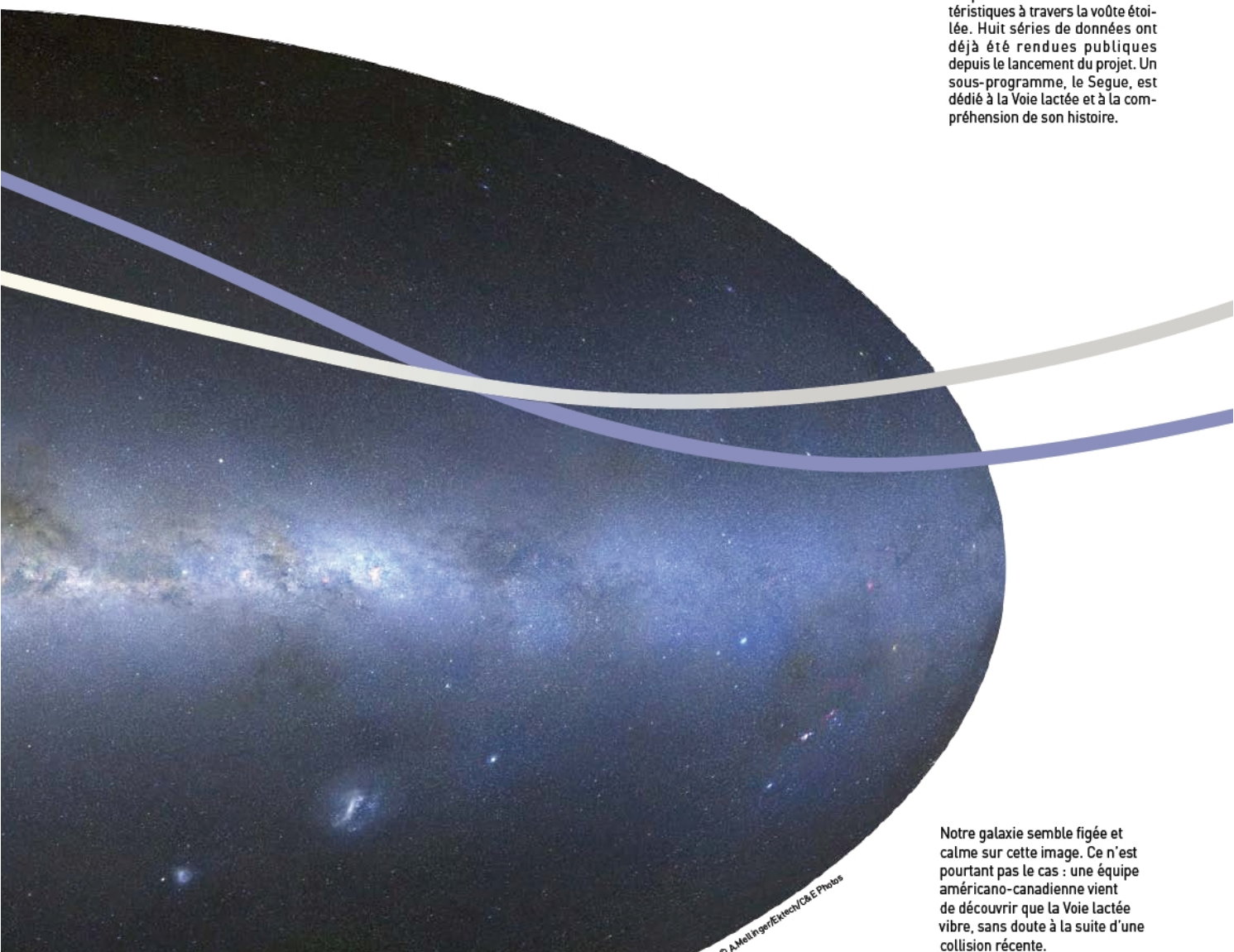
la Voie lactée alors que nous en faisons partie est très compliqué ! Les nuages de poussières et autres gaz constituent un obstacle souvent infranchissable pour les télescopes, tout comme l'épaisseur du disque galactique. Par ailleurs, la galaxie subit les assauts de 150 amas globulaires, ces sphères constituées de centaines de milliers d'étoiles. Elle est également entourée d'une douzaine de galaxies satellites. D'hypothétiques galaxies noires invisibles et composées principalement de matière noire⁽¹⁾ sont aussi censées perturber le disque sous l'effet de la gravité. Ajoutons

REPÈRE

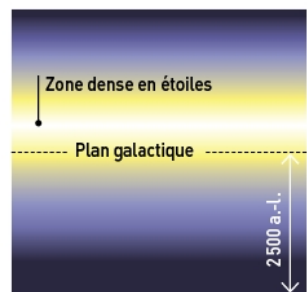
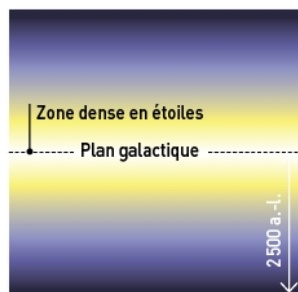
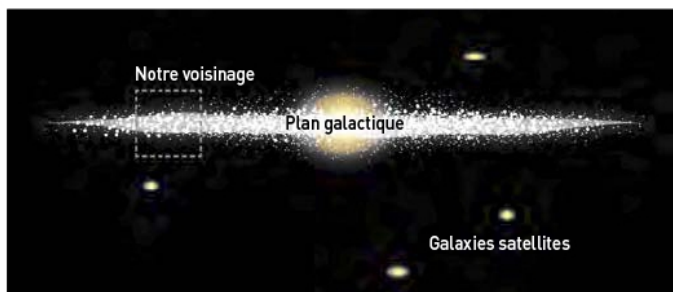


Le Sloan Digital Sky Survey

Le SDSS est un ambitieux programme de cartographie du ciel. Depuis 2000, au Nouveau-Mexique, un télescope de 2,5 m traque les astres et leurs caractéristiques à travers la voûte étoilée. Huit séries de données ont déjà été rendues publiques depuis le lancement du projet. Un sous-programme, le Segue, est dédié à la Voie lactée et à la compréhension de son histoire.



Notre galaxie semble figée et calme sur cette image. Ce n'est pourtant pas le cas : une équipe américano-canadienne vient de découvrir que la Voie lactée vibre, sans doute à la suite d'une collision récente.



Une vague qui déplace les étoiles

▲ L'étude de Larry Widrow et ses collègues porte sur une petite portion de la Voie lactée. Elle compte 300 000 étoiles du voisinage solaire.

▲ Dans une configuration stable, les étoiles devraient être distribuées de façon symétrique par rapport au plan de la Galaxie (pointillés).

▲ Les astronomes observent au contraire une asymétrie dans la distribution des étoiles. Ce déplacement est l'indice d'une collision passée.

La galaxie du Sagittaire (en haut du dessin) serait responsable des vagues qui agitent la Voie lactée, selon certains chercheurs. Cette naine en défilement a pourtant percuté le disque de notre galaxie il y a plusieurs milliards d'années. À gauche, sont représentés le Petit et le Grand Nuage de Magellan.

encore les mouvements des bras spiraux, ou les filaments de matière qui relient la Voie lactée au reste de l'Univers... Du coup, identifier une onde de perturbation devient un exploit.

D'où proviennent ces vagues ? *"Elles sont l'indice clair de la perturbation du disque galactique par un corps satellite"*, répond Facundo Gomez, de l'université du Michigan. Le candidat idéal est forcément un objet qui évolue près de la Voie lactée. Pour être visibles, ces vagues doivent avoir été provoquées il y a quelques centaines de millions d'années, ce qui est peu à l'échelle cosmique. Les galaxies noires sont candidates, mais aucune n'a jamais été observée et, selon Françoise Combes, ces objets satellites ne seraient pas assez massifs pour provoquer des perturbations aussi visibles... Pour les chercheurs, il faut une masse minimale pour détecter des vagues avec une certaine amplitude. Les amas globulaires ne font donc pas le poids, tout comme la galaxie naine du Grand

Chien. Même si c'est la plus proche de nous avec 25 000 années-lumière, son milliard d'étoiles la met hors course. Finalement, une seule candidate reste en lice : la galaxie naine du Sagittaire, située à 80 000 années-lumière de nous.

Une collision reconstituée

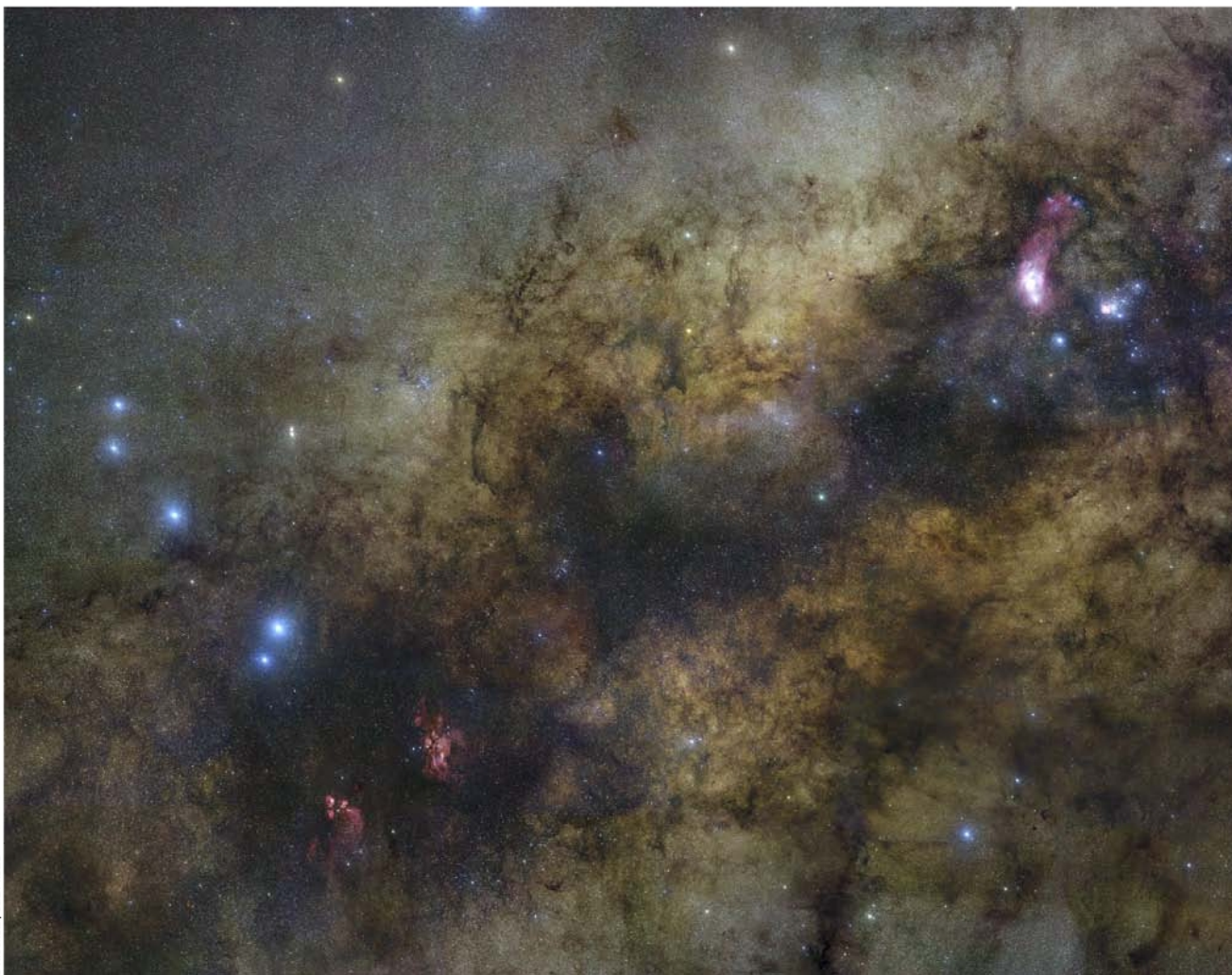
Cette voisine découverte en 1994⁽²⁾ était étudiée par l'équipe de Facundo Gomez. Alors que ces chercheurs terminaient une simulation concernant son influence sur les bras spiraux de la Voie lactée, ils ont écho des travaux de Larry Widrow. Ils reprennent leur simulation, et examinent le comportement de 30 millions d'étoiles après le passage de la galaxie naine du Sagittaire aux abords du centre galactique, à une vitesse de 80 km/s.

Dans leurs travaux, ils estiment la masse de la galaxie à 10 % de celle de la Voie lactée, matière noire incluse. *"Nous voulions vérifier si la traversée du disque galactique par la galaxie naine du Sagittaire pouvait engendrer des ondulations"*, explique Facundo Gomez. Résultat : oui ! Et doublement ! Non seulement tout coïncide au niveau des oscillations radiales, mais également pour les observations verticales... Une aubaine, alors qu'on sait que cette galaxie a croisé notre Voie lactée il y a 300 millions d'années. Cette évidente proximité, qui devrait amener à la fusion des deux galaxies, est-elle donc l'explication des ondulations ?

Françoise Combes en doute. Pour elle, il est très difficile d'isoler une seule cause : *"La Voie lactée, comme toutes les galaxies, est soumise à une dynamique complexe, même si elle n'a pas connu de fusion majeure depuis 10 milliards d'années."* Son disque est agité par toutes ces perturbations qui se cumulent. Par ailleurs, les asymétries observées par l'équipe de Larry Widrow pourraient être le fruit de l'interaction des étoiles avec les bras spiraux de la Voie lactée, dont le nombre est lui-même incertain ! Deux ou quatre bras, la question anime la communauté scientifique, qui reconnaît tout de même qu'ils peuvent parfois se déformer et quitter le plan du disque, créant



© L. Breu/C&E Photos



ainsi des vibrations. De plus, la masse de la naine du Sagittaire est sujette à caution. Pour Françoise Combes, même si elle a pu en perdre une partie arrachée par la Voie lactée, nous sommes plus proches d'un rapport 1/100. Voilà qui met à mal la candidate des chercheurs !

L'équipe de Larry Widrow ne compte pas s'arrêter là et espère notamment utiliser les futures données de la sonde européenne Gaïa. Son lancement est prévu pour 2013, et elle devrait caractériser plus d'un milliard d'étoiles de notre galaxie. *"Nous aurons accès à 100 fois plus d'informations"*, s'enthousiasme Larry Widrow. Par ailleurs, l'étude localisée de ce phénomène de vagues verticales pourrait permettre de mettre au jour l'existence des fameuses galaxies noires, supposées entourer la Voie lactée.

"L'idéal serait d'observer une galaxie dont on a une meilleure vision d'ensemble, comme celle d'Andromède", note Françoise Combes. Si les télescopes utilisés jusque-là ne sont pas assez puissants pour avoir suffisamment d'informations, le futur remplaçant du télescope spatial Hubble en 2018 don-

nera certainement accès à des observations plus poussées. Le télescope spatial James Webb, conçu conjointement par les Américains, les Canadiens et les Français, disposera d'un miroir de 6,5 m (contre 2,4 m pour le "petit" Hubble). Avec un tel instrument, les vaguelettes devraient être décortiquées et leur secret enfin révélé.

(1) Lire *"Matière noire : le fantôme de l'Univers"*, C&E n°509.

(2) Par Rodrigo Ibata, de l'observatoire de Strasbourg.

La Voie lactée dans la direction du Sagittaire. Est-ce la Galaxie entière qui vibre, ou simplement la région assez proche de nous pour que nous puissions y étudier le mouvement des étoiles ? Difficile à dire, nous vivons entourés d'écrans de fumée.



Courtesy L. Widrow

En épluchant les données de 300 000 étoiles, Larry Widrow (ci-contre) et son équipe ont découvert des "vagues" inédites dans le disque galactique.

ROBERT MANNING, INGÉNIEUR EN CHEF DE LA MISSION MARS SCIENCE LABORATORY

“POUR CURIOSITY, NOUS RETROUVER DES



L'homme qui a conçu l'audacieux dispositif d'atterrissage du robot martien Curiosity détaille les étapes du projet. Une entreprise qui l'a conduit dans le grenier d'un ancien de la Nasa, au musée de l'Air et de l'Espace et chez les pilotes d'hélicoptères...

Propos recueillis par Émilie Martin

Poser Curiosity sur Mars a constitué un défi pour la Nasa, du fait du poids important du rover. Pour y parvenir, Robert Manning et son équipe ont recherché des savoir-faire datant notamment du programme Apollo. Ci-dessus : la capsule d'entrée dans l'atmosphère martienne du robot.



AVONS DÛ SAVOIRS OUBLIÉS

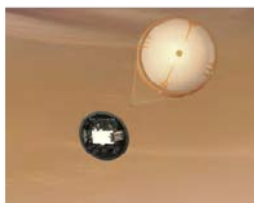
ATERRIR sur Mars, c'est sa spécialité. Il y a vingt ans, Robert Manning était déjà ingénieur en chef de la mission Mars Pathfinder, dont le petit robot Sojourner s'est posé sur la planète rouge en juillet 1997. Quelques années plus tard, la Nasa lui confiait le même poste stratégique sur la mission Mars Science Laboratory et son robot Curiosity. Pour ce nouveau rover, plus question d'airbags. Avec ces 900 kg, il est cinq fois plus lourd que Spirit et Opportunity, et près de 100 fois plus que Sojourner ! Il fallait donc trouver une solution à sa mesure. Avec ses collègues, Robert Manning a osé un concept encore jamais vu dans le domaine spatial. Pour *Ciel & Espace*, il raconte l'aventure du désormais célèbre Sky Crane.

Ciel & Espace : Vous êtes le co-inventeur du Sky Crane, l'atterrisseur de Curiosity. Son concept est pour le moins audacieux. D'où vous est venue l'idée de descendre le robot au bout d'un filin ?

Robert Manning : Au début des années 2000, je travaillais sur le projet de mission Mars Sample Return (MSR), dont le rover dépassait la tonne. Avec mes collègues, nous cherchions à relever le défi de poser un tel engin à la surface de Mars.

Il n'était plus question de l'envelopper dans des airbags [technique utilisée pour Sojourner, Spirit et Opportunity, NDLR] car ceux-ci auraient dépassé les 15 m de diamètre. Or, pour être testés dans les conditions "martiennes", de tels monuments nécessitaient de construire d'immenses chambres à vide. Même si nous en avions eu à notre disposition, nous n'aurions pas pu complètement anticiper la réaction du matériau devant l'intense énergie déployée par l'impact d'une telle masse, ni la capacité du rover à sortir de ce monceau de tissus.

Bref, utiliser les airbags n'était pas impossible, mais cela paraissait si complexe que nous avons recherché une autre solution. Nous avons donc réfléchi à tous les moyens possibles de poser le rover directement sur ses roues en contrôlant au maximum la descente. C'est là que l'idée d'un filin relié à un module motorisé s'est imposée. MSR a finalement été abandonnée, mais ce travail n'a pas été perdu : c'est ce même concept que nous avons envisagé, dès 2003, pour Curiosity. L'idée était belle sur le papier. Restait à la faire fonctionner "en vrai".



Quel genre de problèmes techniques le Sky Crane posait-il ?

R. M. : La principale difficulté résidait dans l'effet de pendule que peut occasionner un véhicule d'une tonne pendu à une corde. Si un mouvement d'oscillation naît, celui-ci peut, en s'amplifiant, créer une dynamique chaotique et faire chuter l'ensemble. Il fallait absolument que le module porteur soit équipé de moteurs capables de stabiliser la descente. Pour cette phase critique, nous avons sollicité l'aide de pilotes d'hélicoptères de la société Sikorsky. Ils nous ont montré, exemples à l'appui, comment ils parvenaient à contrôler la position et la vitesse d'une charge en suspension.

Vous avez également consulté des documents d'archives, ainsi que des vétérans du programme Viking, qui s'est posé sur la planète rouge en 1976. Pour quelles raisons ?

R. M. : L'architecture de la mission Viking est canonique. Elle fait figure, aujourd'hui encore, de référence en matière d'atterrissage martien. Pour MSL, nous avons utilisé plusieurs techniques mises au point pour ce programme. Par exemple, les moteurs de descente à "propulsion ajustable" (la séquence avant que le parachute ne se déploie). Il s'agit d'un moteur qui, couplé à un logiciel, ajuste la propulsion en fonction de l'altitude à laquelle il se trouve. Le savoir des anciens nous a permis de déchiffrer la documentation disponible sur ce type de moteur. Nous avions également besoin

La dernière phase de l'atterrissage était inédite : Curiosity descendait au bout d'un filin ! Des pilotes d'hélicoptères ont été consultés afin d'éviter un trop grand balancement du rover.

"Nous avons retrouvé des techniques mises au point pour Viking, une référence en matière d'atterrissage martien"

En 2004, Spirit et Opportunity se sont posés sur Mars, protégés au centre d'airbags. Une solution impossible pour Curiosity, cinq fois plus lourd. De 15 m de diamètre, ses airbags étaient trop difficiles à tester (ci-contre).



© Nasa/JPL

d'affiner nos connaissances sur le déploiement du parachute à vitesse supersonique. Nos recherches dans ce domaine nous ont conduits dans le grenier d'un ingénieur de la Nasa à la retraite ! Il détenait un document précieux à nos yeux : un film sur les tests d'ouverture de parachute.

Enfin, pour élaborer le Sky Crane, nous cherchions des informations sur l'allumage de petits moteurs tout près de la surface. En la matière, Apollo faisait référence. Là encore, nous avons consulté des vétérans. Nous nous sommes même rendus au musée de l'Air et de l'Espace de Virginie pour voir un module lunaire en vrai !

Comment des savoir-faire si pointus peuvent-ils se perdre d'une mission à l'autre ?

R. M. : C'est simple : lorsque ces techniques ne sont plus utilisées, leur mémoire s'efface à mesure que les gens partent à la retraite. Par exemple, le moteur ajustable de Viking n'étant plus employé, ses composants n'étaient plus commercialisés. Il a donc fallu tout réinventer. À l'aide de documents, on peut facilement comprendre comment un ancien design est conçu, mais on ne saisit pas les détails et on ne comprend pas forcément bien à quelles contraintes il répondait. Seuls des êtres humains peuvent nous livrer toute sa subtilité. Forts de notre expérience d'"archéologues", nous avons pris soin de consigner avec force détails toute la documentation produite dans le cadre de la mission MSL, pour que notre savoir-faire ne soit pas perdu. Espérons que ça sera utile aux suivants !

Le Sky Crane s'est révélé être un succès. Mais avant que ce choix soit adopté définitivement pour Curiosity,

Même le parachute a dû être redessiné (ici, lors d'essais) pour qu'il se déploie correctement à vitesse supersonique.



© Nasa/JPL

vous avez dû convaincre de nombreux sceptiques...

R. M. : Oui ! Nous voulions être certains que nous ne faisons pas fausse route, qu'au sein de l'équipe, nous ne nous étions pas "autopersuadés" de la solidité d'un concept, en réalité bancal. C'est pourquoi nous avons demandé à plusieurs spécialistes (ingénieurs, vétérans de Viking et d'Apollo...) de nous exposer leurs inquiétudes au gré de plusieurs réunions. Ce qui les préoccupait le plus, c'était ce fameux effet de pendule. Mais à force de mener des tests sur ordinateur, à force de corriger des paramètres et de réduire nos marges d'erreur, nous avions de solides arguments à opposer à chaque critique formulée. Et les plus sceptiques ont finalement été convaincus. Nous sommes très satisfaits de constater que le Sky Crane ressemble beaucoup aux tout premiers croquis, réalisés il y a douze ans. C'est la preuve que nous avions un bon concept de base.

Un concept pour lequel vous avez envisagé les pires scénarios catastrophes !

R. M. : C'est vrai. Une fois MSL en route vers Mars, mon travail a consisté à anticiper tout ce qui pourrait mal tourner pour la mission, et pour le Sky Crane en particulier, afin que l'équipe puisse parer aux situations les plus inattendues. Aidé d'un groupe de six personnes, j'ai inventé toute une série de "tuiles". Par exemple, nous avons simulé une fuite d'hydrazine sur le module de croisière, causée par l'impact d'une météorite quatre jours avant l'atterrissage. La minuscule fuite accélérât progressivement le vaisseau de sorte qu'au moment de l'arrivée, MSL aurait dérivé de 9 km par rapport à son point d'atterrissage prévu. L'équipe a dû non seulement trouver la cause du problème, mais également décider s'il était prudent ou non d'allumer les boosters percés afin de corriger le tir. C'est finalement l'option qu'ils ont choisie.

Une autre fois, nous avons imaginé une coupure de communication avec la Terre au cours de l'atterrissage et pendant les deux jours suivants. Les ingénieurs se sont creusé la tête pour savoir d'où venait le problème, si Curiosity avait bien atterri, et comment rétablir la communication. Je ne les ai pas épargnés ! Un jour, j'ai même annoncé que le plus expérimenté de l'équipe, particulièrement habile pour résoudre les problèmes, avait gagné au loto et devait s'absenter plusieurs jours pour aller récupérer son chèque. Les autres ont dû redoubler d'efforts pour trouver les solutions sans lui...

Votre équipe a réalisé plus de 2 millions de simulations numériques de l'atterrissage de Curiosity. Diriez-vous qu'aujourd'hui, à l'heure où les ordinateurs sont ultrapuissants, il est moins risqué de se poser sur Mars qu'à l'époque de Viking ?

R. M. : Oui et non. Certes, nous avons réduit les risques relatifs à la planète elle-même (turbulences de l'atmosphère, irrégularités de terrain...) en les modélisant, mais à concevoir des missions de plus en plus complexes, nous augmentons nos chances de faire des erreurs. Nous devons désormais apprendre à ne plus en faire.

EQUINOXE

33, cours Lafayette - 69006 Lyon

Tél : +33 (0)4 72 75 03 31

LE TELESCOPE

37, Bd Beaumarchais Métro Bastille

75003 Paris - Tél : +33 (0)1 42 77 39 84



Oculaires
Hyperion
Ø 31,75 / 50,8 mm



Support
universel



Tête binoculaire
Ø 50,8 mm



Filtre solaire continuum
Ø 31,75 / 48 mm



Lentille de Barlow
Ø 31,75 mm



Filtre UHC
Ø 31,75 mm



Correcteur
de coma
Ø 50,8 mm



Crémaillère
Crayford SC
50.8 mm



Renvoi coudé géant à miroir
Mexbright 50.8 mm



Jeu filtres RVB-C / CCD - Ø 31,75 / 50,8 mm



Adaptateur Afocal
31.75 mm ADPS1



Bague C 50
31.75 mm - N°15



Chercheur Sky
Surfer V



Adaptateur
OPFA-1
31.75 mm



Prisme
redresseur
AMICI 45°
31.75 mm

S.C. 19/12/2000 NEDAS S.A. - Photos non contractuelles - Photo M.D.S.S.A.



BAADER PLANETARIUM

CIEL & ESPACE

RÊVES SANS FRONTIÈRES
ABONNEZ-VOUS !

Abonnement [papier + version numérique]

Recevez chaque mois **vos** magazine
en version papier

+

sa version numérique

Les hors-série vous sont **OFFERTS**
et vous bénéficiez des **AVANTAGES**
du numérique

Les versions numériques
sont enrichies des liens
vers les podcasts audio complémentaires
des sujets traités dans le magazine.

Vous disposez du numéro directement
téléchargeable sur votre ordinateur,
ou votre netbook.

Vous archivez ainsi les numéros.



La version numérique Ciel & Espace
est lisible sur toutes les tablettes,
indépendamment du système utilisé
(iOs Apple, Android, Windows phone, etc.)



OFFRE DÉCOUVERTE

Abonnement 1 an

24 numéros
[12 numéros papier et leur version numérique]



4 hors-série
[2 hors-série et leur version numérique]

69 € au lieu de 167,40 €*

Soit **58%** de réduction

Abonnement 2 ans

48 numéros
[24 numéros papier et leur version numérique]



8 hors-série
[4 hors-série et leur version numérique]

129 € au lieu de 319,80 €*

Soit **0,85 €** l'exemplaire numérique

* Prix kiosque

Offre valable pour la France métropolitaine. Pour les DOM-TOM et les pays étrangers, consulter notre site internet www.cieletespace.fr

Bon à retourner, accompagné de son règlement, à Ciel & Espace, Service abonnements, 18/24, quai de la Marne 75164 PARIS cedex 19

Tél. : 01 44 84 80 27

Fax : 01 42 00 56 92 — Email : cieletespace@dipinfo.fr

☐ Abonnement pour 1 an 24 NUMÉROS [12 numéros papier et leur version numérique] + 4 hors-série* [2 numéros papier et leur version numérique] au prix de 69 €

☐ Abonnement pour 2 ans 48 NUMÉROS [24 numéros papier et leur version numérique] + 8 hors-série* [4 numéros papier et leur version numérique] au prix de 129 €

* Vous recevrez ainsi les hors-série publiés après votre prise d'abonnement.

* Prix de vente au numéro. Le tarif d'abonnement s'entend TVA et port inclus pour la France métropolitaine. Dom, Tom et autres pays, information sur www.cieletespace.fr ou au 33 1 44 84 80 27

Pour le Canada et les USA, contacter : Express Mag (Québec), au 1.800.363.1310. - email : expressmag@expressmag.com
internet : www.expressmag.com

Pays étrangers : voir tarif de l'offre sur www.cieletespace.fr

Tarifs valables jusqu'au 31/12/2012

Nom
Prénom
Adresse
..... Code postal
Ville E-mail

Je règle

☐ par chèque

☐ par CB n°

.....

Expiration

cryptogramme*

(*3 derniers chiffres du numéro figurant au dos de votre carte)

En application de l'article 27 de la loi du 06/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont communiquées aux destinataires la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de nos services. Vous pouvez vous opposer à ce que vos noms et adresse soient cédés ultérieurement.

Siège social : Ciel & Espace 17, rue Émile Desluc-de-la-Meur 75014 Paris.

CIEL ESPACE

le monde comme vous ne l'avez jamais vu

Abonnez-vous et réabonnez-vous en ligne : www.cieletespace.fr - Paiement sécurisé.

Consultez toutes nos offres France et étranger : www.cieletespace.fr.

A211

LE GTC

LE PLUS GRAND TÉLESCOPE

Jusqu'à l'entrée en service des premiers télescopes de 30 à 40 m de diamètre, le Gran Telescopio Canarias (GTC) restera le plus puissant réflecteur au monde. Visite d'un géant construit par l'Espagne.

Philippe Henarejos



Le Gran Telescopio Canarias se trouve à 2 274 m d'altitude, sur l'île de La Palma, par 17° 52' 34" O et 28° 45' 34" N.

EN CHIFFRES

36

C'est le nombre de miroirs hexagonaux qui constituent le miroir principal de 10,4 m du Gran Telescopio Canarias.

130

C'est, en millions d'euros, le coût de construction du télescope. Pour comparaison, le télescope Hubble a coûté 1 milliard de dollars. Le GTC est financé à 90 % par l'Espagne, 5 % par l'université de Floride et 5 % par l'université de Mexico.

DU MONDE



➤ Début de nuit au Roque de los Muchachos, point culminant de l'île de La Palma. La coupole du télescope de 10,4 m est ouverte afin que la température interne s'égalise avec celle de l'extérieur et qu'aucune turbulence ne vienne brouiller les images.



© GTC/AC

➤ Ce couple de galaxies en interaction, NGC 5395 et NGC 5394, a été saisi par le GTC en 2011. Distantes de 165 millions d'années-lumière, elles se sont télescopées voici quelques millions d'années et ressortent métamorphosées de leur rencontre. Des dizaines de galaxies bien plus lointaines apparaissent à l'arrière-plan.

➤ Pris en 2010, ce cliché montre la nébuleuse Sharpless 2-106, distante de 2000 années-lumière. Il s'agit d'un nuage de gaz au sein duquel une jeune étoile encore masquée par de la poussière est apparue récemment. Plusieurs dizaines d'autres étoiles sont en train de s'y former.



© GTC/AC. Rend : © Pablo Bonev/GTC/AC

DES télescopes géants construits à la fin du XX^e siècle, le Gran Telescopio Canarias (GTC) est le dernier. C'est aussi le plus grand puisqu'avec un diamètre utile de 10,4 m, il surclasse de très peu les deux Keck américains (10 m), à Hawaï. Imaginé dès 1987, le projet a été lancé en février 1994 pour donner l'opportunité aux astronomes

espagnols, de plus en plus nombreux, d'avoir accès à un grand instrument. Implanté près du point culminant de l'île de La Palma (Canaries), le télescope et sa coupole ont été achevés en 2007. Au bord de la spectaculaire caldeira de Taburiente, le GTC commence à donner la mesure de sa puissance. Grâce à son vaste miroir principal, il permet

l'étude détaillée d'événements lointains dans l'Univers, comme le sursaut gamma GRB 101225A, survenu à Noël 2010, et qui a été interprété comme la fusion d'une étoile à neutrons avec le cœur d'une étoile massive. Le GTC sert aussi à explorer les galaxies les plus lointaines à plusieurs milliards d'années-lumière. ●

LES ENTRAÎLLES DU GÉANT

La coupole culmine à 41 m, soit un édifice inférieur de 6 m à la statue de la Liberté, à New York.

Fenêtres d'égalisation thermique. En les ouvrant, la température de l'intérieur de la coupole se met au niveau de celle de l'extérieur. L'écoulement de l'air à travers la coupole atténue les turbulences.

1 Miroir primaire hexagonal de 10,4 m, constitué de 36 miroirs ajustés avec précision. Sa surface équivaut à 4 millions de pupilles humaines. Il permet d'accomplir en une nuit l'équivalent de 40 nuits avec un télescope de 4 m.

2 Miroir secondaire, de 1,17 m de diamètre. Il renvoie la lumière concentrée par le miroir primaire vers le foyer du télescope.

3 Miroir tertiaire. De forme elliptique (1,5 m sur 1 m), il est incliné à 45 ° et renvoie le faisceau lumineux vers les deux foyers Nasmyth ou les quatre foyers Cassegrain coudés.

Segment hexagonal. Chacun de ces 36 miroirs est orienté en temps réel par trois vérins qui soutiennent 36 points de contact. L'ensemble du miroir principal conserve ainsi sa forme idéale pendant les observations.



© Google Earth

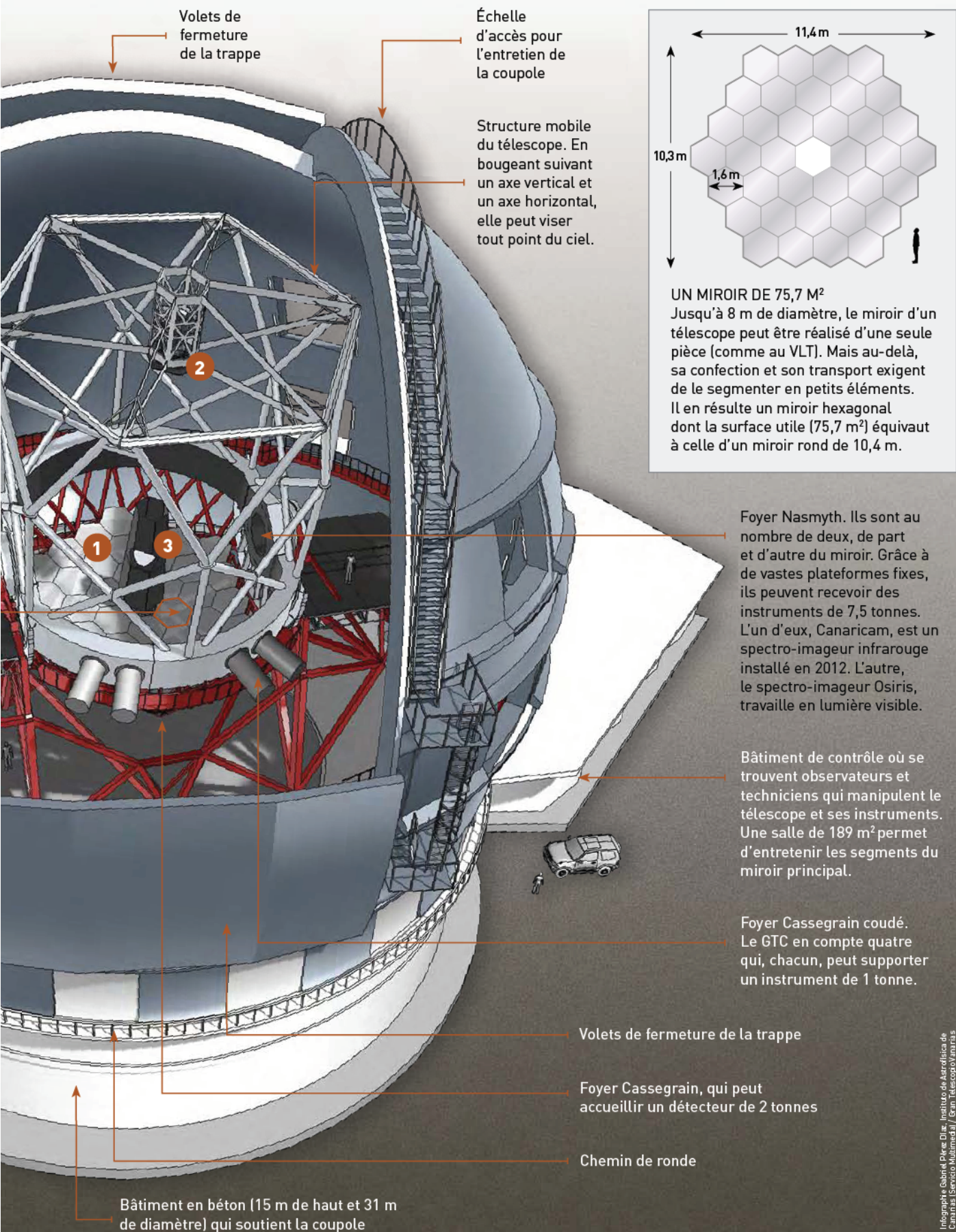
L'OBSERVATOIRE DU ROQUE DE LOS MUCHACHOS

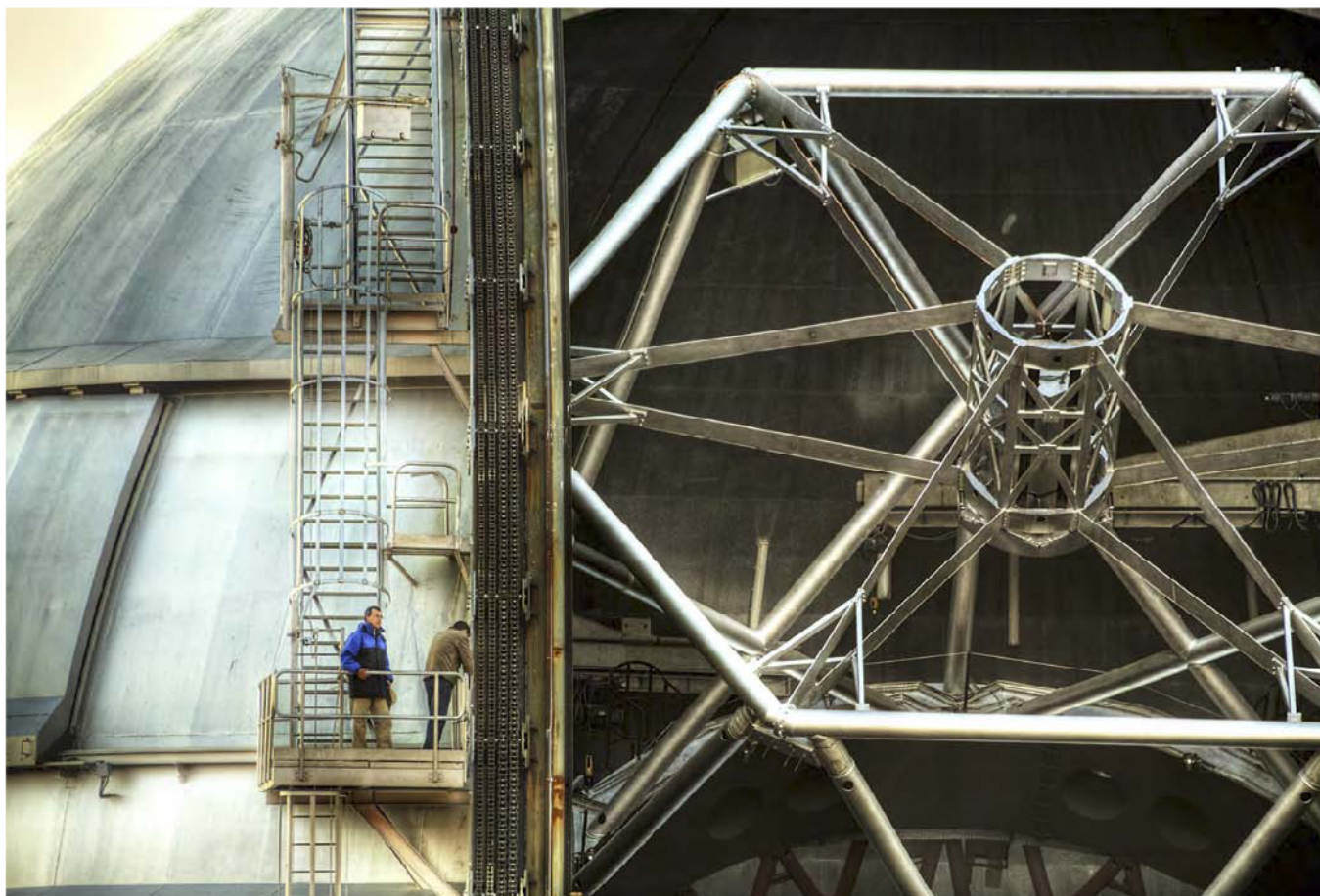
Le GTC est construit en bordure de la caldeira de Taburiente, près d'autres télescopes dont le Herschel (4,2 m) et le Newton (2,5 m).

A | Magic (17 m), deux télescopes gamma
B | Télescope Liverpool (2 m)
C | Télescope Isaac Newton (2,5 m)
D | Télescope William Herschel (4,2 m)
E | Swedish Tower (solaire) (1 m)

F | Dutch Open Telescope (solaire) (45 cm)
G | Nordic Optical Telescope (2,5 m)
H | Télescope Galileo (3,5 m)
I | GTC (10,4 m)

Le socle (mobile) du télescope se trouve à 8 m de haut.

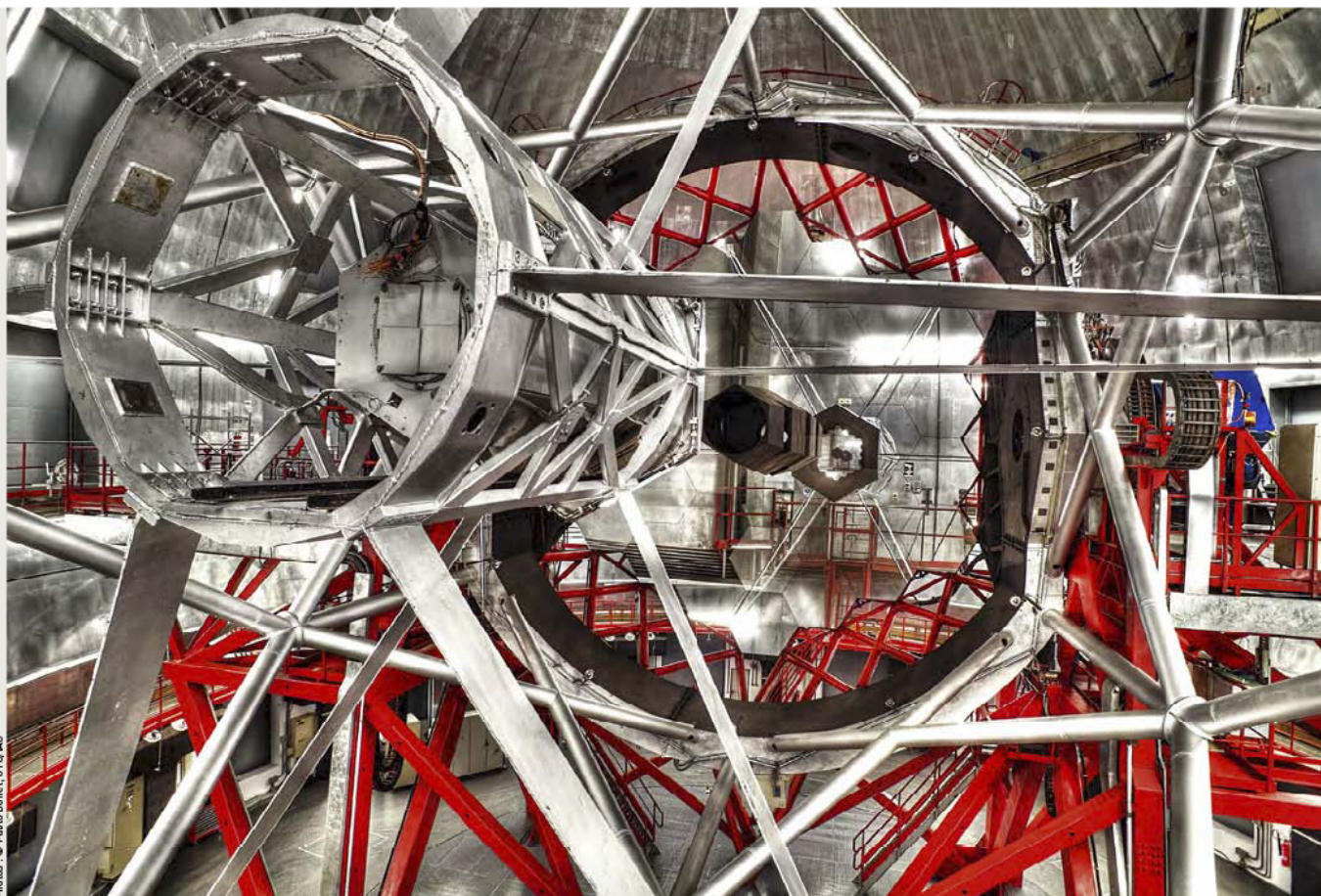




SOUS LE CIEL DES CANARIES

Un géant de 500 tonnes

Sous la coupole de 33 m de diamètre, loge le GTC dont la partie mobile pèse 350 tonnes. Parfaitement équilibrée, cette énorme structure métallique de 20 m de haut et de 13,6 m de diamètre pourrait être orientée à la main pour son pointage ! Le télescope dans son entier atteint la masse de 500 tonnes.



Enchevêtrement de métal

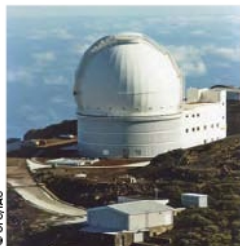
Le treillis métallique qui tient le télescope forme un bel enchevêtrement de tubes. Au premier plan, le support du miroir secondaire (1,17 m de diamètre) pointe vers l'horizon. Au fond, le miroir principal, où se reflète l'intérieur de la coupole fermée. Il est constitué de 36 segments hexagonaux de 450 kg chacun et d'une épaisseur de 8 cm. L'ensemble fait 16 tonnes.

Au-dessus de la mer de nuages

Non loin du tropique du Cancer, l'île de La Palma bénéficie d'environ 300 jours de Soleil par an. Un climat propice aux observations astronomiques, surtout en altitude, comme au Roque de los Muchachos où le GTC surmagne souvent au-dessus des nuages bas et des embruns formés au niveau de la mer.

UN CHANTIER PHARAONIQUE

1987



© GTC/JAC

L'idée d'un instrument géant espagnol naît après l'inauguration du télescope anglo-néerlandais de 4,2 m William Herschel (ci-dessus), sur l'île de La Palma, à l'ouest de l'archipel des Canaries.

1994

Création de la société publique Grantecan, dans le but d'étudier la faisabilité du télescope sur le site du Roque de los Muchachos, à La Palma.

2000



© GTC/JAC

Les travaux de terrassement commencent. La première pierre du bâtiment est posée en juillet.

2002



© GTC/JAC

Après trois ans de travaux rendus difficiles par les conditions climatiques, le bâtiment et la coupole sont achevés.



Courtney R. Bachiller

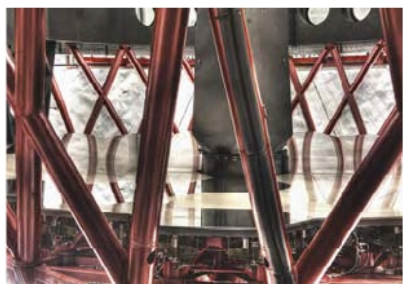
“L'Espagne ne voulait pas se contenter de participer à l'exploitation de télescopes étrangers. Des gouvernements successifs ont fortement appuyé les efforts de notre communauté scientifique pour développer l'astronomie de pointe. C'est pour cela que l'Espagne s'est décidée à construire le GTC, qui est aujourd'hui une icône de la science nationale. Pour ce chantier, nous avons maîtrisé des techniques de pointe (optique, cryogénie, etc.). Le haut niveau atteint nous permet maintenant de contribuer à l'ESO avec un retour scientifique et technologique important. Et l'expérience acquise nous place en première ligne pour prendre part à la construction du EELT [de 39 m de diamètre], au Chili.”

RAFAEL BACHILLER

directeur de l'Observatoire astronomique national (Espagne)

UNE OPTIQUE DE PRÉCISION

Doté d'une optique adaptative, le télescope de 10,4 m est capable de discerner de très petits détails sur la voûte céleste. Il pourrait distinguer les deux phares d'une voiture situés à 20 000 km. Pour arriver à un tel niveau de précision, la surface du miroir principal suit une courbure quasi parfaite, dont les plus grosses “bosses” mesurent 90 nanomètres. Cela signifie que si le miroir était aussi grand que toute la péninsule ibérique, son plus gros relief visible n'aurait pas plus de 1 mm de hauteur.



© Pablo Borne/GTC/JAC

DIMANCHE ET FÊTES COMPRIS

Le GTC fonctionne tous les jours, y compris les jours fériés. En tout, 65 personnes, dont une dizaine de scientifiques, veillent à sa bonne marche. Basées au Centre d'astrophysique de La Palma, près de Santa Cruz de La Palma, différentes équipes se relayent au sommet. Les techniciens chargés de la maintenance opèrent de jour, quand le télescope n'observe pas, pour réparer et assurer l'entretien régulier afin qu'il soit en état en fin d'après-midi. Une équipe d'opérations prend la main pendant la nuit pour préparer les programmes scientifiques, exécuter les observations et récupérer les données obtenues. À quatre ou cinq nuits d'affilée correspondent autant de jours de repos.

2003



© GTC/IAC

La construction de la structure du télescope, située dans la coupole, commence.

2007



© GTC/IAC

Le 13 juillet, les premières observations sont réalisées alors que le miroir ne compte que 12 de ses 36 segments hexagonaux. Cette même année, l'Espagne devient le 15^e État membre de l'ESO (Observatoire européen austral). Le savoir-faire acquis avec le GTC en fait un membre important.

2009

Au mois de mai, les premières observations scientifiques portent sur la formation des naines brunes, la métallicité d'étoile à exoplanètes et l'origine des sursauts gamma.

2009



© GTC/IAC

Le 24 juillet a lieu l'inauguration officielle du télescope en présence du roi d'Espagne Juan Carlos.

UNE CONSTRUCTION DIFFICILE

Implanter le plus puissant télescope du monde au sommet d'un volcan a posé de nombreux problèmes. Au total, le projet a pris quatre ans de retard. Principale raison : les aléas climatiques. Pendant les trois ans de la construction de la coupole, chutes de neige, gel et vent ont stoppé la progression des travaux de décembre à mars. En 2005, un incendie de forêt (photo ci-contre) a joué aussi contre les constructeurs. À cela se sont ajoutés des problèmes techniques. L'anneau métallique soutenant le télescope, mal conçu, a dû être refait. La mise en place du miroir secondaire, prévue en février 2002, n'a pu être réussie qu'en 2006.



BR

ALLER PLUS LOIN

À VOIR

Les aléas de la construction (en espagnol) : <http://goo.gl/zLk1U>

Des vidéos montrent les différentes parties du télescope, son fonctionnement et les étapes de la construction : <http://goo.gl/1dRPB>

VERS LA COMPRÉHENSION DES GALAXIES

Le prochain objectif scientifique dévolu au GTC est la compréhension des premières galaxies de l'Univers. Pour cela, l'énorme télescope est engagé dans un programme d'observations régulières du même champ céleste, le Hubble Deep Field North (aussi appelé Goods-N). L'instrument a pour vocation de déterminer précisément l'éloignement (ou redshift) des galaxies visibles dans cette région du ciel située dans la Grande Ourse

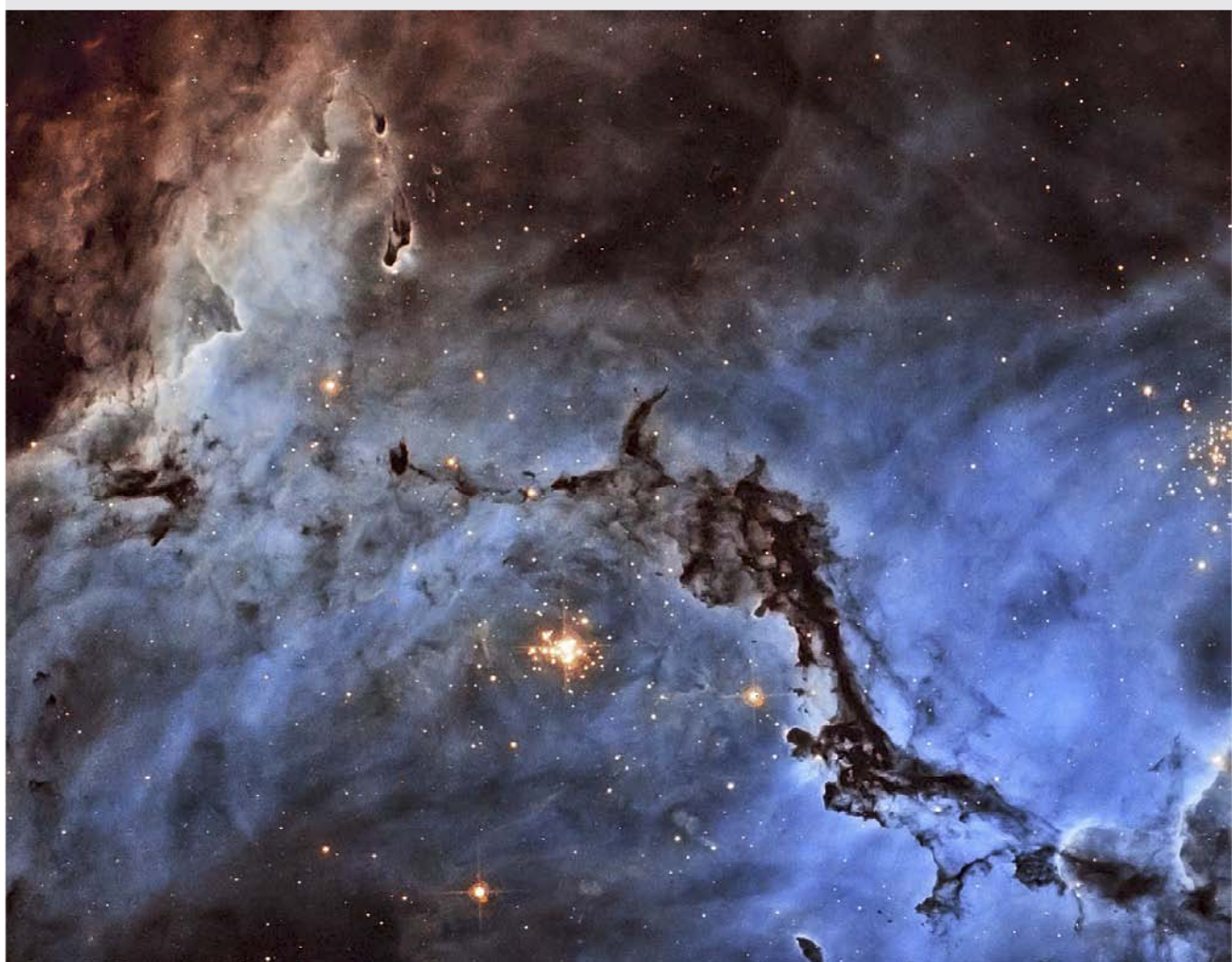
(voir le Théma d'octobre 2012). Il doit aussi déterminer leur masse ainsi que leur âge. Baptisé Shards, ce programme doit permettre de comprendre la formation des galaxies actuelles. En effet, les lointaines galaxies observées dans ce champ sont probablement les progénitrices des galaxies elliptiques proches de la Voie lactée. Mais leur compacité et leur masse importante posent des problèmes aux théoriciens.

Remerciements à Rafael Bachiller, directeur de l'Observatoire astronomique national (Madrid), et Jose Miguel Rodriguez Espinoza, astronome à l'IAC.

Un concours lancé par la Nasa et l'ESA a permis de rendre visibles des milliers d'images prises par le télescope spatial Hubble. Les lauréats, simples amateurs, ont fait œuvre utile. Sans eux, ce patrimoine photographique n'aurait jamais quitté les disques durs où il était stocké.

Matthieu Le Chanjour

HUBBLE DÉVOILE SES TRÉSORS



LA NÉBULEUSE NGC 1763 PAR JOSH LAKE

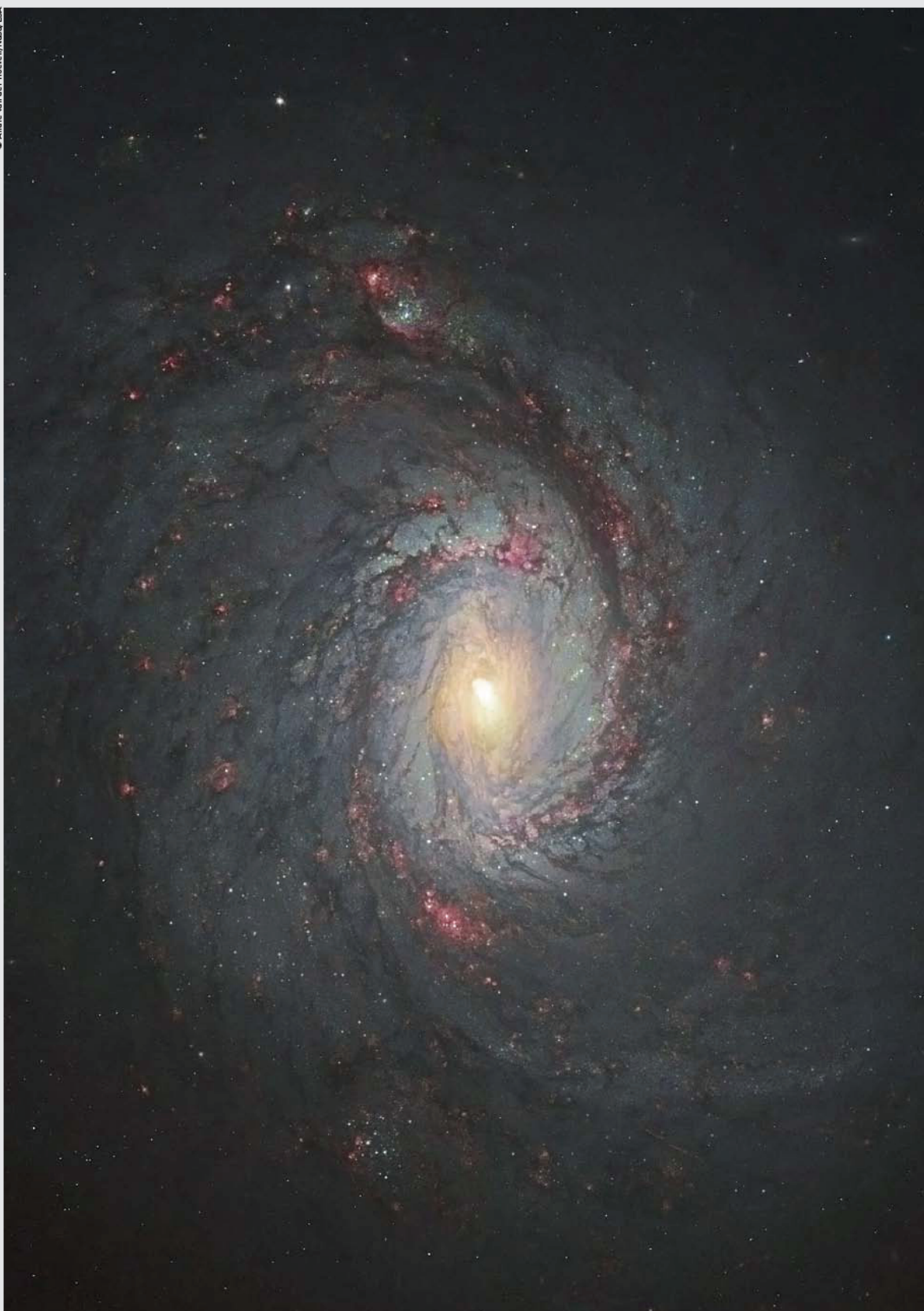
Cette nébuleuse sombre fait partie d'une région active de formation stellaire, N11, dans le Grand Nuage de Magellan, la plus grande galaxie satellite de la Voie lactée. La beauté des nuages d'hydrogène (en bleu) et d'azote (en rouge) a valu à cette vue en fausses couleurs la première place du concours Traitement d'images et le prix du Public.

LA GALAXIE SPIRALE M 77 PAR ANDRE VAN DER HOEVEN

M 77 est située dans la constellation de la Baleine, à 47 millions d'années-lumière de la Terre. L'image résulte d'une savante combinaison entre les données de plusieurs instruments du télescope Hubble (2^e prix du concours Traitement d'images).



© André Van der Hoeven / NASA / ESA





© Matej Novak/Nasa/ESA

LA NÉBULEUSE PLANÉTAIRE NGC 6153 PAR MATEJ NOVAK
 Cette nébuleuse planétaire, vestige de l'explosion d'une étoile, est principalement composée d'hydrogène et d'oxygène. Elle a été observée dans la constellation du Scorpion et immortalisée par la caméra WFPC2 de Hubble (8^e prix du concours Recherche d'images).

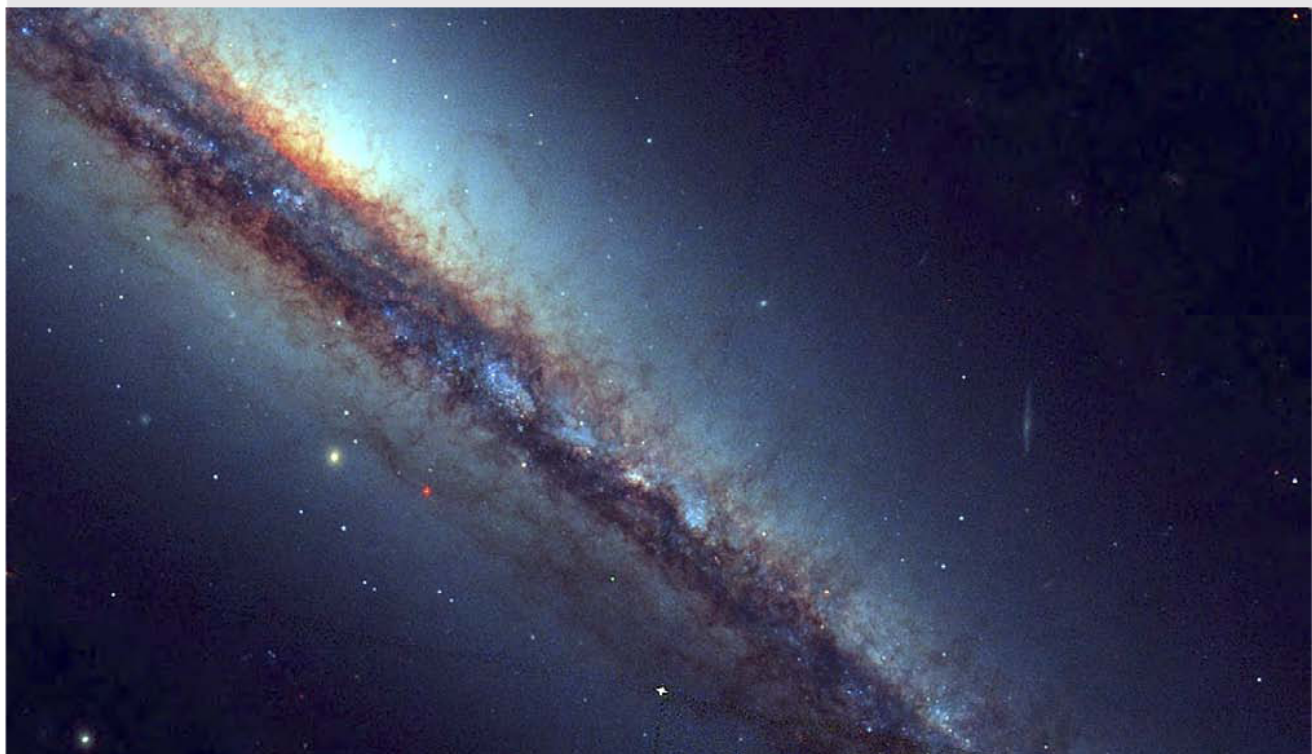
HUIT cent mille images prises par le télescope spatial Hubble dorment à l'abri des regards. Un véritable trésor que les scientifiques, avant tout intéressés par les mesures qu'ils récoltent, n'ont ni le temps ni la vocation d'exposer au grand jour. Pour y remédier, la Nasa et l'Agence spatiale européenne (ESA) ont ouvert ces archives sur le portail Hubble Legacy Archive, par le biais du concours des "Trésors cachés de Hubble 2012", qui a pris fin le 31 mai 2012.

Les passionnés d'astrophotographie ont ainsi pu dépoussiérer toutes ces données et les mettre en valeur. En tout, 2 800 nouvelles images sont venues enrichir le patrimoine visuel de Hubble. Elles ont été prises avec les caméras Advanced Camera for Surveys (ACS), Wide Field and Planetary Camera 2 (WFPC2) et Wide Field Camera 3 (WFC3), installée sur le télescope spatial en 2009. Tous ces instruments, couvrant un champ

large, sont destinés à l'observation du ciel profond, c'est-à-dire des nébuleuses et des galaxies. Les participants avaient deux possibilités : soit choisir des clichés passés inaperçus (concours Recherche d'images), soit retoucher leurs trouvailles (Traitement d'images). Les vingt lauréats, dont deux prix du Public, ont reçu différentes récompenses dont un autographe de l'astronaute John Grunsfeld qui a dirigé la mission de remise à neuf du télescope Hubble en 2009.

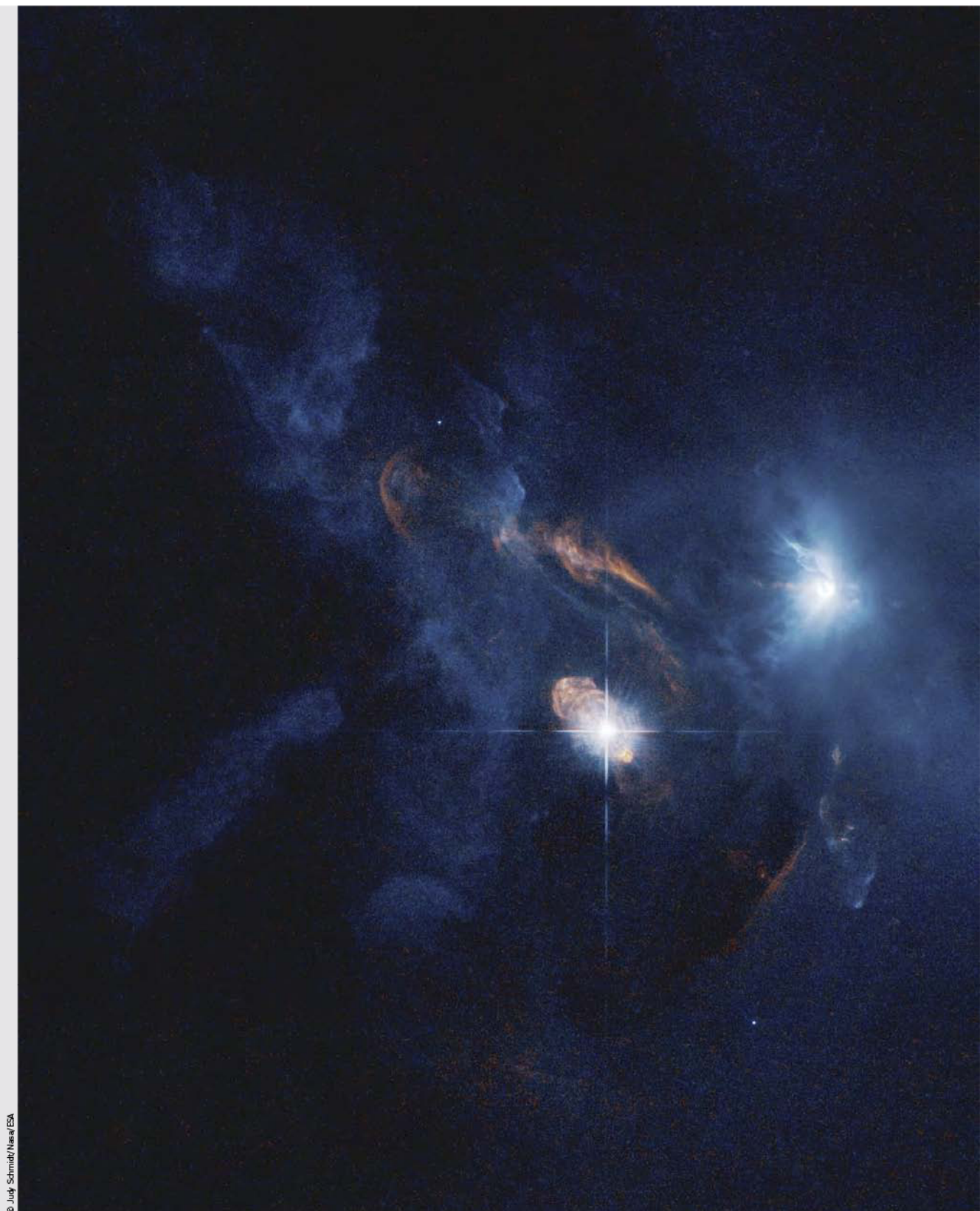
L'instigateur du projet, Lars Lindberg Christensen, n'en est pas à son coup d'essai. Il dirige le secteur Éducation et sensibilisation du public de l'Observatoire européen austral (ESO) et déjà, en 2010, il avait mené un concours similaire appelé "Les Trésors cachés de l'ESO" (lire *C&E* n° 490). De belles opérations de communication ? Oui. Mais utiles aussi : seul 0,4 % des 800 000 images réalisées par Hubble ont été vues du public. ●

Moins de 1 % des 800 000 photos réalisées avec Hubble depuis son lancement ont été vues du public



© Ralf Schoofs/Nasa/ESA

LA GALAXIE SPIRALE NGC 4217 PAR RALF SCHOOFFS
 Cette galaxie spirale de la constellation des Chiens de chasse est visible par la tranche. Voisine de M 106, elle est relativement facile à photographier avec un télescope d'amateur (6^e prix ex aequo du concours Recherche d'images).



© Judy Schmidt/Naau/ESA

L'ÉTOILE XZ TAURI PAR JUDY SCHMIDT

De l'aveu du jury, cet objet insolite n'aurait jamais été trouvé sans l'intervention de l'Américaine Judy Schmidt. Il s'agit d'une étoile très jeune, dont le vent stellaire a poussé des nuages de gaz à s'allumer en leur arrachant des électrons. L'étoile XZ Tauri se situe à 450 années-lumière de la Terre (3^e prix du concours Traitement d'images).



© Nikolaus Sulzenauer / NASA / ESA



LA GALAXIE NAIN IC10 PAR NIKOLAUS SULZENAUER

Cette galaxie naine et irrégulière appartient au Groupe local, qui réunit les voisines de la Voie lactée. Située à 2,1 millions d'années-lumière, c'est le seul membre du Groupe local qui connaît des sursauts de formation stellaire (10^e prix du concours Traitement d'images).



LAMAS ABELL 68 PAR NICK ROSE

L'amas de galaxies Abell 68 est situé dans la constellation du Petit Renard. Sa photo par Hubble révèle de nombreuses lentilles gravitationnelles. Cet effet optique provient de la déformation de l'image des galaxies lointaines par la force gravitationnelle de galaxies située à l'avant-plan (9^e prix du concours Traitement d'images).

© Nick Rose / NASA / ESA



ALLER PLUS LOIN

AU SUJET DU CONCOURS

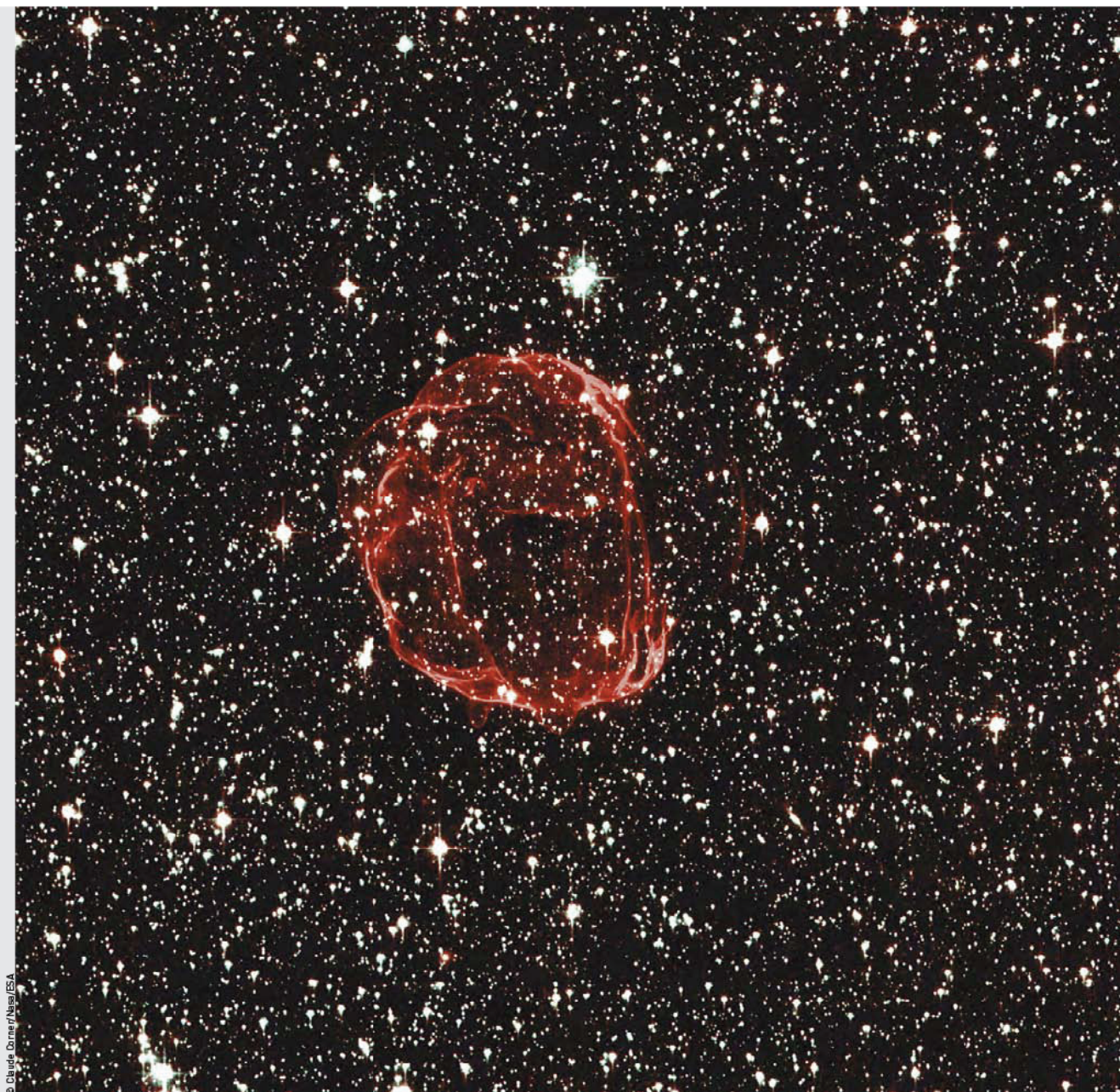
Découvrez l'ensemble des images proposées pour les Trésors cachés de Hubble 2012 : www.flickr.com/groups/hubblehiddentreasures/pool/

Et toutes les images du concours de retouche : www.flickr.com/groups/hubblehiddentreasures/advanced/pool/

AU SUJET DE HUBBLE

Hubble Legacy Archive : <http://hla.stsci.edu/hlview.html>

Sa dernière remise à neuf par les astronautes en 2009 : www.cieletespace.fr/node/3398



© Claude Corner/Nasa/ESA



© Luca Limatola/Nasa/ESA



**LE VESTIGE DE SUPERNOVA SNR 0519-69
PAR CLAUDE CORNER**

Cette nébuleuse planétaire d'un rouge étincelant est le résidu d'une supernova, c'est-à-dire l'explosion d'un astre en fin de vie. L'absence d'étoiles jeunes dans son voisinage lui a permis de conserver une forme relativement sphérique (6^e prix du concours Traitement d'images).



LE NUAGE IRAS 14568-6304 PAR LUCA LIMATOLA
L'image trouvée par l'Italien Luca Limatola est un nuage moléculaire. Ces nuées interstellaires n'ont pas la densité suffisante pour s'effondrer sur elles-mêmes et donner naissance à une étoile (3^e prix du concours Recherche d'images).

L'Atlas virtuel de la Lune fait peau neuve. Les concepteurs de ce logiciel gratuit de cartographie lunaire l'enrichissent des données photographiques les plus récentes, issues des sondes spatiales.

Jean-Luc Dauvergne

ATLAS VIRTUEL DE LA LUNE : UNE VERSION DE RÊVE

D EPUIS dix ans, l'Atlas virtuel de la Lune (AVL), logiciel gratuit conçu par Christian Legrand et Patrick Chevalley, a fait le bonheur de milliers d'astronomes amateurs. Car l'outil n'est pas seulement une cartographie ultra-précise des cratères et autres reliefs lunaires, il représente aussi un gisement inépuisable d'informations que Christian Legrand, passionné de l'astre de la nuit, a réunies patiemment. Résultat : le logiciel est plébiscité, et pas uniquement par les observateurs. *"La page de*

téléchargement du logiciel a été consultée plus de 750 000 fois !" se réjouit Christian Legrand.

Pour fêter l'anniversaire de leur logiciel, les auteurs ont décidé d'aller plus loin encore avec une mise à jour majeure, qu'ils dévoileront le 1^{er} novembre lors des Rencontres du ciel et de l'espace, à Paris (lire p. 68) : il est désormais possible d'afficher les cartographies complètes de la sonde américaine Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) et même de la discrète sonde chinoise Chang'e 2 ! Elles offrent respectivement une résolution de 120 m avec un éclairage oblique, et de 60 m avec un éclairage vertical !

Cette version 6 est l'aboutissement d'un travail de fourmi commencé bien avant la première mise en ligne, le 6 juin 2002. *"J'ai débuté mes recherches lunaires voici vingt ans,* indique Christian Legrand. *Et si l'on fait un calcul rapide, depuis 2002, nous y avons sans doute travaillé plus de 7 000 heures, soit près de 2 ans et demi à raison de 8 heures par jour",* estime Christian Legrand. Avec une belle notoriété en guise de récompense : *"Notre outil est utilisé par l'équipe de sir Patrick Moore pour la préparation des émissions de la BBC, mais aussi par les chercheurs de Birkbeck College/University College of London pour fournir le contexte des données géologiques collectées par la sonde européenne Smart 1",* cite l'amateur à titre d'exemple. *Ciel & Espace* y a également recours pour concocter ses pages d'éphémérides. Et la traduction en espagnol et en chinois réalisée par d'autres passionnés a contribué à augmenter sa diffusion !

Patrick Chevalley (à gauche) et Christian Legrand ont grandement enrichi leur logiciel, l'Atlas virtuel de la Lune. Ils présenteront cette nouvelle mouture le 1^{er} novembre aux 8^{es} Rencontres du ciel et de l'espace, à Paris.



Courtesy C. Legrand

Aujourd'hui, la version 6 offre des cartes d'une précision bien supérieure à ce qui est accessible avec un télescope d'amateur. La simulation des ombres au terminator est très réaliste et permet de préparer finement ses observations. Et les nombreuses couches à superposer à la carte offrent un contenu pédagogique unique en son genre.

L'AVL aurait tous les atouts pour devenir payant ! Mais ce n'est pas la philosophie des auteurs : *"Deux grands principes nous guident, explique Christian Legrand. Plus il y a de gens qui accèdent à l'observation du ciel, plus ils prendront conscience de la fragilité de la Terre. Par ailleurs, il vaut mieux que les amateurs gardent leur argent pour acheter du matériel."* Cependant, développer un tel logiciel demande quelques moyens. Christian Legrand a dû se constituer une belle bibliothèque d'une soixantaine d'ouvrages consacrés à la Lune. Et les auteurs doivent se tenir à jour côté informatique. L'Atlas est gratuit si on le télécharge⁽¹⁾. Mais il est aussi disponible en DVD pour 20 €. Étant donné le volume à télécharger (4 Go sur la version complète), cette solution peut se révéler pratique. *"Pour rentabiliser nos investissements, nous apprécions particulièrement l'aide que nous apportent les personnes qui prennent le DVD ou qui nous font une donation"*, souligne Christian Legrand.

L'Atlas virtuel semble si riche qu'il est légitime de se demander ce qui lui manque. Peut-être une version pour Android et les téléphones mobiles ? *"Nous y pensons, confie Christian Legrand. Mais ce n'est pas simple, il faut qu'à chaque fois, Patrick [NDLR : le programmeur du tandem] s'approprie un nouveau langage"*, prévient-il. Notons que l'AVL fonctionne déjà sous Linux, Windows et Mac. *"Comme je vais être à la retraite d'ici un an ou deux, j'aurai bientôt plus de temps à lui consacrer. Il s'ouvre devant nous une nouvelle décennie pour nous faire plaisir, Patrick et moi"*, conclut Christian Legrand, enthousiaste ! ●

(1) Téléchargement sur <http://ap-i.net/avl/>

ALLER PLUS LOIN

À LIRE

La success-story de l'Atlas virtuel de la Lune est à lire dans *C&E* n°479, avril 2010, p. 62.

LES PRINCIPALES NOUVEAUTÉS

→ Dans sa version 6, l'Atlas virtuel de la Lune (AVL) se lance à partir d'un "Centre de commandes", qui donne accès directement à différents modules et aux documentations associées.

→ Le Module Atlun (Atlas de la Lune) est amélioré sur trois points : l'affichage des ombres au terminator avec les données LRO ; la visualisation du champ des caméras CCD ; l'orientation du globe lunaire

pour les télescopes Newton azimutaux et Dobson.

→ Les nouvelles textures Lunar Reconnaissance Orbiter et Chang'e 2.

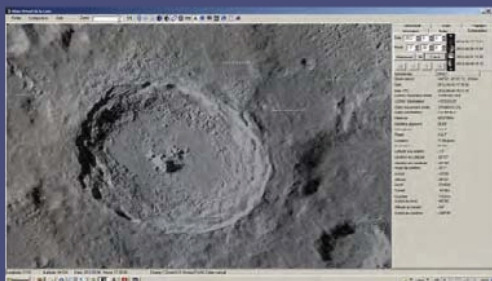
→ Cinq nouvelles textures faites avec des cartes historiques.

→ Cinq nouvelles couches scientifiques, par exemple le relevé des températures de surface la nuit.

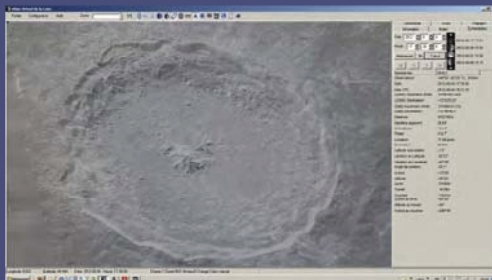
→ Deux bibliothèques d'images supplémentaires "Best of Damian Peach" et "Pic du Midi".



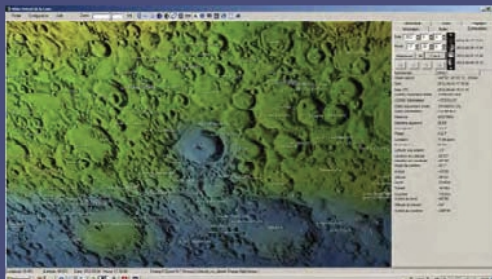
Un clin d'œil à l'histoire : les auteurs ont ajouté les cartes réalisées par Cassini, Hevelius, Langrenus au XVII^e siècle, et par Tobias Mayer au XVIII^e siècle.



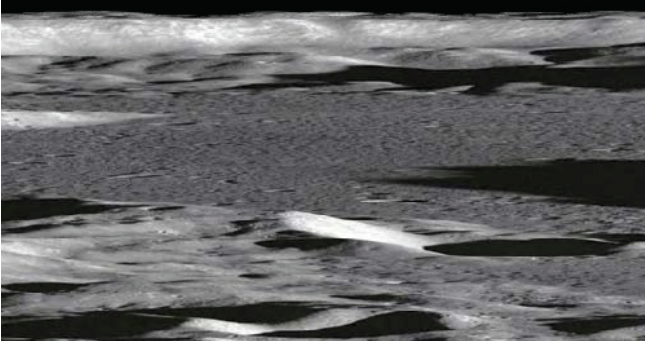
Sur toute la surface de la Lune, vous avez accès à la cartographie de qualité exceptionnelle réalisée par la caméra grand-champ de la sonde LRO. La résolution est de 120 m.



Cette vue du cratère Tycho a été prise par la sonde Chang'e 2, avec un éclairage du Soleil vertical. Sa résolution est de seulement 60 m.



Exemple de couche superposée à la carte. Elle indique les températures de nuit.



Quoi de commun entre Aristote et Raymond Queneau ? Cyrano de Bergerac et Einstein ? Buffon et Edgar Allan Poe ? Ils ont tous écrit sur l'Univers ! Dans l'anthologie *Variations sur un même ciel*, parue le 31 octobre, vingt-cinq astronomes nous présentent quelques pépites issues de leur bibliothèque : Aristote, Queneau, Cyrano, mais aussi Borges, Gamow, Stevenson et bien d'autres. Extrait.

David Fossé

LES ASTRONOMES VOUS OUUVRENT LEUR BIBLIOTHÈQUE



**Variations sur
un même ciel**

Éditions La ville
brûle, octobre 2012

IL en a fallu, des univers, pour arriver au nôtre ! Récits mythologiques ou savantes réflexions, intuitions fulgurantes ou travaux herculéens, rêveries : par le passé, tout a été bon pour penser le cosmos. Cependant, les cosmologistes n'ont pas toujours reconnu leur dette... Comme l'écrit joliment Hubert Reeves dans la préface du livre *Variations sur un même ciel*, il fallait "redonner une voix à ceux qui ont participé à l'élaboration de la cosmologie contemporaine et dont les noms sont souvent occultés par les versions officielles de la littérature scientifique".

Car en effet, au-delà des grands découvreurs, ceux qui ont fait progresser la cosmologie scientifique à grands pas, "nombreux sont ceux qui ont su poser les bonnes questions, et sans lesquelles les progrès ne seraient peut-être jamais arrivés".

Anaximandre ? Il est l'auteur de la première cosmologie scientifique, explique le physicien théoricien Carlo Rovelli. Cyrano de Bergerac ? "Il annonce la pluralité infinie des systèmes solaires dans l'Univers homogène, infini, éternel et en continue métamorphose", assure le cosmologiste Edgard Gunzig. Il faut donc les relire, tout comme il ne faut jamais hésiter à revenir aux sources plus directement scientifiques, en particulier celles de la génération des fondateurs. Dans l'extrait de cet ouvrage que nous avons choisi, l'astrophysicien Jean-Pierre Luminet commente un texte du physicien russe Alexandre Friedmann daté de 1923, *L'Univers comme espace et temps*. Ce texte formidable, à découvrir aussi dans *Variations sur un même ciel*, expose l'ambition de la cosmologie relativiste alors naissante.

“ Quand on parle de la structure de l'Univers, il faut se souvenir que notre espace matériel, celui où les astres bougent et évoluent, n'a pas d'existence indépendante du temps, [...] il s'ensuit que lorsqu'on parle des propriétés géométriques de l'Univers, il faut d'abord s'attacher aux propriétés géométriques de l'espace-temps. ”

ALEXANDRE FRIEDMANN

L'Univers comme espace et temps,
1923 (extrait)



La création de l'Univers, entre mathématiques et métaphysique

Par Jean-Pierre Luminet

Coupés de la littérature scientifique mondiale pendant les années de guerre 1914-1918 et la révolution russe, les savants soviétiques ne prennent connaissance de la théorie de la relativité générale qu'avec plusieurs années de retard. En 1919, la confirmation expérimentale de la valeur de la déflexion des rayons lumineux dans le champ gravitationnel solaire, prédite par la théorie d'Einstein, a un grand retentissement. En 1920, dès sa nomination à l'université de Saint-Petersbourg comme professeur de physique et de mathématiques, Alexandre Friedmann (1888-1925) étudie avec diligence la relativité générale. La théorie le séduit par la largeur de ses vues, par sa base théorique claire et simple, son appareil mathématique élégant. Il entreprend d'en

chercher des solutions exactes, mesurant vite qu'avec cette nouvelle interprétation de la gravitation, dans laquelle la nature de l'espace et du temps est liée à la distribution et au mouvement des masses gravitantes, la structure de l'Univers devient pour la première fois l'objet d'une analyse scientifique exacte. Il y parvient dès 1922, avec la publication dans la revue allemande *Zeitschrift für Physik* de l'article fondateur de la cosmologie non statique intitulé "Sur la courbure de l'espace"⁽¹⁾. Friedmann y fournit le premier modèle d'Univers en expansion, à courbure et densité positives [voir schéma p. 66], constante cosmologique non nulle et pression nulle. Il franchit ainsi le pas qu'Einstein n'avait pas été prêt à faire : si l'on abandonne

Friedmann pose la question de savoir si l'Univers connaît une seule "arche" ou s'il est en oscillation perpétuelle

l'hypothèse d'un Univers statique, le problème cosmologique relativiste comporte une infinité de solutions dans lesquelles la métrique varie en fonction du temps. Friedmann discute le cas d'un Univers homogène et isotrope, c'est-à-dire avec une densité de matière constante dans l'espace, avec une courbure spatiale positive (le cas négatif fera l'objet d'un article publié en 1924). Il démontre que, si le rayon de courbure est indépendant du temps, les seules solutions sont les univers statiques d'Einstein et de Sitter. S'il dépend du temps, il y a une infinité de solutions non statiques, en expansion monotone ou en oscillation périodique selon la valeur choisie pour la constante cosmologique. Cette dernière, introduite en 1917 par Einstein pour assurer l'existence de solutions statiques, n'est plus nécessaire ; comme Friedmann l'écrit, c'est "une constante superflue du problème". Elle peut néanmoins être conservée par souci de généralité, et ses diverses valeurs possibles engendrent toute une variété de modèles.

Dans le cas de l'Univers périodique, Friedmann pose la question de savoir si l'Univers connaît une seule "arche", débutant dans une singularité (appelée plus tard big bang) et se terminant dans une autre singularité (le "big crunch"), ou bien s'il est en oscillation perpétuelle, avec des cycles d'expansion-contraction se poursuivant éternellement. La seconde hypothèse sera étudiée notamment par Eddington et Lemaitre sous le

joli nom d'"univers-phénix". Friedmann s'attache enfin à rattacher ses modèles aux observations astronomiques et à quantifier ses prédictions relatives à l'âge de l'Univers. En tenant compte de certaines données observationnelles de l'époque relatives à la densité moyenne d'étoiles et à la taille de l'Univers observable, Friedmann peut estimer la masse de l'Univers. Il conclut son article par une remarquable prédiction, selon laquelle la durée de vie d'un Univers fermé serait de l'ordre de 10 milliards d'années. Cette valeur était beaucoup plus grande que l'âge des plus vieux objets de l'Univers tel qu'il était estimé à l'époque. Les chiffres avancés aujourd'hui pour l'âge de l'Univers précisent remarquablement la prédiction de Friedmann.

En 1924 paraît le deuxième article cosmologique fondamental d'Alexandre Friedmann, "Sur la possibilité d'un Univers à courbure négative constante"⁽²⁾, toujours dans *Zeitschrift für Physik*. Il considère cette fois les modèles à courbure spatiale négative (dits hyperboliques), démontre l'existence de solutions non statiques avec densité de matière positive, toutes caractérisées par une expansion monotone, et développe la première discussion d'envergure sur la topologie cosmique. Parallèlement à ses recherches de pointe, Friedmann mène à bien un ouvrage de semi-vulgarisation, *L'Univers comme espace et temps*⁽³⁾, dont l'extrait le plus significatif à caractère cosmogonique est reproduit ici [dans *Variations sur un même ciel, NDLR*]. L'achèvement du texte suivant de peu celui de l'article technique "Sur la courbure de l'espace", Friedmann peut incorporer dans la dernière partie les résultats cosmologiques majeurs qu'il vient d'obtenir.

L'ouvrage est rédigé non pas à l'intention du grand public, mais à celle des philosophes. Telle est du moins l'ambition de Friedmann, puisque son texte était initialement destiné à la revue de philosophie *Mysl (La Pensée)*. Il pense en effet

UNIVERS COURBES



ESPACE PLAT

Dans cette géométrie, la somme des angles d'un triangle vaut 180° . C'est le cas, semble-t-il, pour l'Univers à grande échelle.



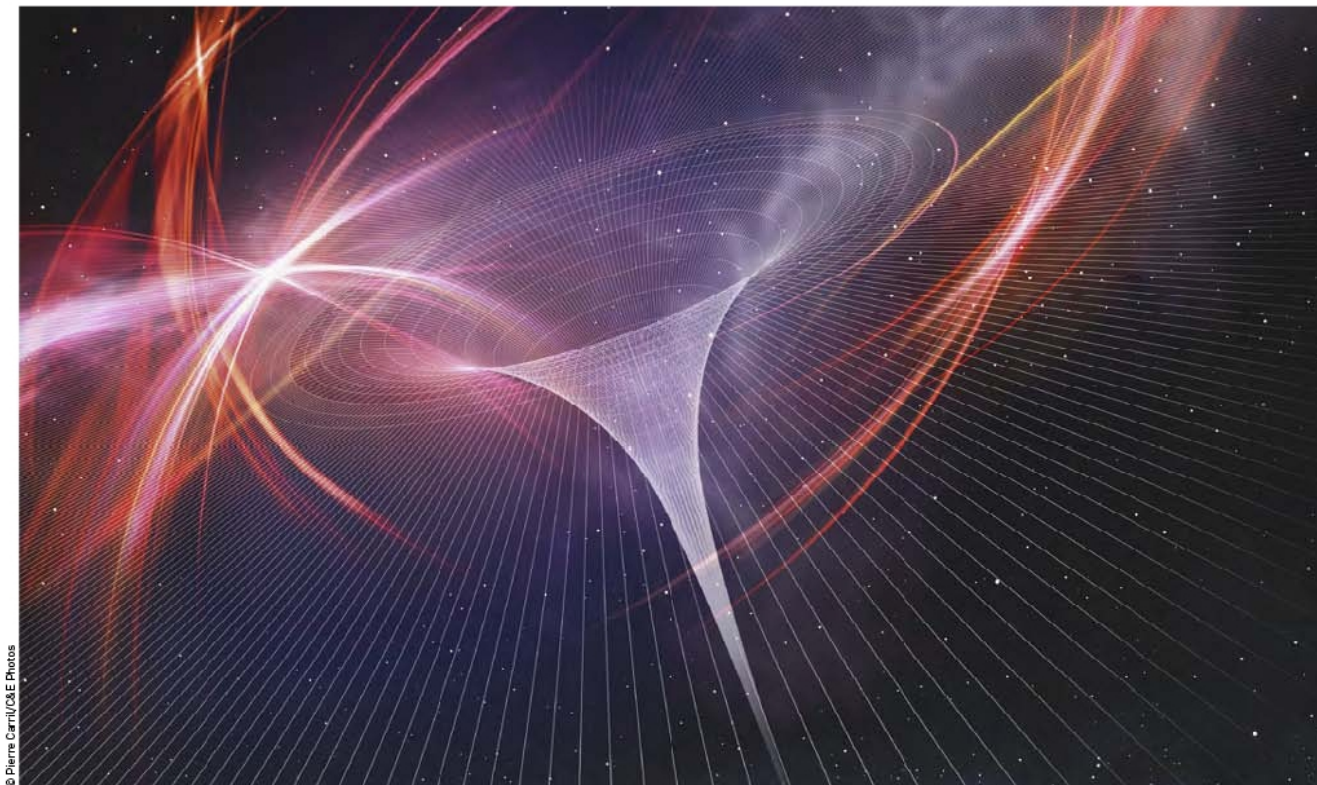
ESPACE À COURBURE POSITIVE

Dans un espace sphérique, la somme des côtés d'un triangle est supérieure à 180° .



ESPACE À COURBURE NÉGATIVE

La somme des côtés d'un triangle est inférieure à 180° , nous sommes dans un espace hyperbolique.



© Pierre Carni/O&E Photos

C'est dans l'histoire de la cosmologie la première formulation vulgarisée du concept d'Univers en expansion

que *"la hauteur de vue et la hardiesse des idées caractérisant les concepts généraux de la relativité sur l'espace et le temps doivent sans doute quelque peu marquer, sinon influencer, le développement des idées chez les philosophes modernes"*. Force est de reconnaître que son projet de *"vulgarisation à l'usage des philosophes"* n'est pas une réussite. Le style littéraire de Friedmann souffre d'un grand nombre de répétitions, de lourdeurs et de raideurs de langage ; quant au contenu et au niveau de technicité, l'auteur est quelque peu naïf de croire que les philosophes pourront pénétrer les arcanes de la relativité en le lisant. [...]

C'est à la fin de son livre que Friedmann présente, quoique brièvement, les solutions dynamiques qu'il a découvertes et publiées sous forme technique en 1922 ; c'est donc, dans l'histoire de la cosmologie, la première formulation vulgarisée des concepts d'Univers en expansion ou en contraction et de singularité cosmique.

L'extrait sélectionné ici résume la nouvelle cosmologie relativiste, en décrivant la famille très générale de modèles à courbure variable au cours du temps. Il est évident que, dès la

rédaction de son livre, Friedmann connaissait déjà les solutions fermées et ouvertes, et qu'il mesurait totalement les implications de leur découverte pour l'Univers réel.

Contrairement à ce qui a été souvent prétendu, le travail cosmologique de Friedmann ne se réduit pas à un simple problème mathématique.

En ce qui concerne la singularité cosmique (l'Univers réduit à un point), Friedmann pose pour la première fois le problème du début et de la fin de l'Univers en termes scientifiques. Il ne peut s'empêcher d'y voir une implication métaphysique en se référant aux *"cycles d'existence"* des cosmogonies hindoues, ou à la *"création du monde à partir de rien"* (référence au deuxième Livre des Maccabées, 7, 28).

Les concepts d'Univers cycliques ou oscillatoires

sont en effet assez fréquents dans la mythologie. Chez les Hindous, chaque cycle d'Univers est un "kalpa", ou "jour de Brahmā", qui dure 4 320 millions d'années. Vishnu, qui contrôle l'Univers, a une vie de 100 "années cosmiques", chacune contenant 360 jours de Brahmā. Après 36 000 cycles, correspondant à environ 150 trillions d'années terrestres, le monde arrive à sa fin, et seul survit l'Esprit. Après une période de temps indéterminée, un nouveau monde et un nouveau Vishnu émergent, et le cycle reprend. On notera que le "jour de Brahmā" est du même ordre de grandeur que l'âge de l'Univers dans la cosmologie moderne. Par ailleurs, le terme de "création du monde à partir de rien", une fois lancé dans le champ de la cosmologie relativiste, suscitera bien des remous et malentendus, et bloquera psychologiquement la plupart des physiciens. Ce problème, que Friedmann juge comme une "curiosité" — peut-être par modestie, ou bien pour prendre de nouveau distance par rapport à des interprétations théologiques dangereuses —, est cependant devenu l'enjeu majeur de la recherche contemporaine, car étroitement lié au problème

Friedmann discute également de l'âge de l'Univers, estimant le temps "écoulé depuis la création du monde" à quelques dizaines de milliards d'années. Il se fonde sur le calcul théorique de la période d'expansion-contraction de la solution cyclique qu'il avait effectué dans son article de *Zeitschrift für Physik*. Rappelons que les dernières analyses des données astronomiques recueillies en 2003 par le satellite WMAP, indiquent pour l'âge de l'Univers la valeur de 13,7 milliards d'années. C'est également dans le dernier chapitre que Friedmann mentionne l'insuffisance des équations d'Einstein pour définir la topologie globale de l'Univers, et qu'en conséquence, plusieurs topologies différentes peuvent être envisagées pour une même solution métrique des équations. Ces aspects topologiques seront développés dans son second article technique paru en 1924, mais il faudra attendre les années 1990 pour que la "topologie cosmique"⁽⁴⁾ devienne une branche à part entière de la modélisation cosmologique. Dans la conclusion générale de son livre, Friedmann écrit : "La théorie d'Einstein est confirmée par l'expérience ; elle rend compte de phénomènes qui étaient longtemps restés inexplicables, et elle conduit à de nouvelles et fascinantes prédictions. La méthode la plus correcte et la plus profonde pour explorer la géométrie de l'Univers et la structure du cosmos selon la théorie d'Einstein consiste à appliquer cette théorie à l'Univers dans son ensemble et à utiliser les observations astronomiques. À l'heure actuelle, cette méthode ne donne aucun résultat probant, parce que l'analyse mathématique est encore faible compte tenu des difficultés du problème, et les données astronomiques sont trop peu nombreuses pour étayer solidement l'étude expérimentale de l'Univers. Mais il ne s'agit là que d'obstacles temporaires ; nos descendants découvriront sans doute la véritable nature de ce cosmos qui nous héberge."

Hélas, Friedmann n'aura pas la satisfaction de voir la moindre acceptation de ses idées cosmologiques, puisqu'il décèdera brutalement en septembre 1925. La même année, un autre homme de science européen revient des États-Unis pour enseigner à l'Université de Louvain. Le jeune Belge Georges Lemaître reprendra indépendamment les intuitions prémonitoires du savant russe, et les amplifiera jusqu'à en faire la base de la théorie moderne du big bang. ●

(1) Traduit en français par J.-P. Luminet dans *Essais de cosmologie*, A. Friedmann et G. Lemaître, Le Seuil, coll. "Sources du Savoir", 1997.

(2) Ibid.

(3) Traduction française intégrale par A. Grib et J.-P. Luminet dans *Essais de cosmologie*, op. cit.

(4) M. Lachièze-Rey et J.-P. Luminet, "Cosmic topology", *Physics Reports* n° 254, pp. 135-214, 1995.

Si le savant russe avait survécu plus longtemps à sa théorie, il aurait pu être emprisonné et persécuté

non résolu de la gravité quantique. Dans la bibliographie générale de Friedmann, on note l'existence d'un manuscrit perdu, justement intitulé *Création (Mirozdanie)*. Nul ne sait quel pouvait en être le contenu, mais il n'est pas impossible que Friedmann y ait développé un point de vue théologique — point de vue qu'il se refuse à aborder dans son livre de vulgarisation, comme il le souligne à plusieurs reprises. Parler de la création de l'Univers sous le régime communiste était quelque peu osé politiquement, bien que Friedmann ne se souciât guère de politique. Ce n'est que dans les années 1960 que la science soviétique s'est convertie à la conception du big bang. Certains indices laissent à penser que si le savant russe avait survécu plus longtemps à sa théorie, il aurait pu être emprisonné et persécuté.

LE CIEL PRÈS DE CHEZ VOUS

NOVEMBRE 2012

70 | Initiatives RENCONTRES DU CIEL ET DE L'ESPACE : SUIVEZ LE GUIDE !

Rendez-vous phare de la communauté astronomique, les 8^{es} Rencontres du ciel et de l'espace vont faire vibrer la Cité des sciences, à Paris, du 1^{er} au 3 novembre.



72 | Ciel noir NUITS PARISIENNES SOUS SURVEILLANCE

François Ravetta, physicien à l'université Paris 6, lance une étude détaillée de la pollution lumineuse de la capitale, financée par la Ville de Paris.



73 | Sous les coupoles UN ARSENAL ASTRONOMIQUE DANS LE LUBERON

Une vue à 360° sur le parc régional du Lubéron depuis une ancienne base militaire ? Pas de doute, vous êtes à l'observatoire Sirene ! Près de la petite ville de Lagarde d'Apt, le site déploie un arsenal astronomique impressionnant.



74 | Agenda

Outre les Rencontres du ciel et de l'espace, à Paris, les férus d'astronomie pourront découvrir l'œuvre de Kepler à Poitiers, ou encore les instruments historiques de l'observatoire de Lyon, lors de soirées spéciales.



© J.L. Dauvergne/C&E Photos



© J.L. Dauvergne/C&E Photos



© P. Henares/C&E Photos



© J.L. Dauvergne/C&E Photos



© J.L. Dauvergne/C&E Photos

RENCONTRES DU CIEL ET DE

Rassemblement phare de la communauté astronomique en France, les 8^{es} Rencontres du ciel et de l'espace vont faire vibrer la Cité des sciences et de l'industrie du 1^{er} au 3 novembre, à Paris. Petit guide des grands rendez-vous à ne pas manquer.

Émilie Martin

Matériel astro : un salon XXL

Jamais le Salon du loisir astronomique n'aura été aussi vaste. *"Par rapport aux éditions précédentes, sa surface a augmenté de 40 %, se félicite Éric Piednoël, de l'AFA ⁽¹⁾, qui organise les Rencontres du ciel et de l'espace. Des 'poids lourds' tels que l'ESO, le Cnes ou le CEA y participeront pour la première fois."* L'ensemble se déploiera sur 1 000 m², au premier et au deuxième niveau du Centre des congrès de La Villette.

Pour en finir avec la fin du monde

2012, c'est l'année de la fin du monde ! Comment lutter contre cette théorie apocalyptique ?

Le 2 novembre, à 14 h 45, une table ronde est organisée pour *"donner des éléments aux animateurs de clubs, médiateurs, enseignants pour répondre de manière adaptée"*, détaille Éric Piednoël. À 13 h 15, le même jour, l'astronome Jean-Eudes Arlot se penchera sur les vrais dangers qui menacent la Terre, tout comme le feront ses collègues François Colas et Sylvain Bouley le 3 novembre, à 14 h 30. À noter : à l'auditorium, le cycle de conférences sur la fin du monde se prolonge jusqu'au 4 décembre.

Amateurs et pros : toutes les clés pour collaborer

Cinq forums techniques explorent les collaborations fructueuses entre chercheurs et astronomes amateurs. Le jeudi 1^{er}, à 15 h 15, on vous dévoile comment faire des observations semi-pro à Paris, puis le samedi 3 à 13 h 45, comment observer les étoiles binaires à éclipses et les astres variables. À 17 h 30, la table ronde *"Contribuer à la science en amateur, quel programme, quelle cible ?"* devrait répondre à toutes vos questions sur le sujet.



© P. Henares/C&E Photos



© J.L. Dauvergne/C&E Photos



© J.L. Dauvergne/C&E Photos



© P. Henares/C&E Photos

L'ESPACE : SUIVEZ LE GUIDE !

L'astronomie a besoin de vous !

L'astronomie participative a le vent en poupe ! Les programmes se multiplient qui invitent les citoyens à prendre part à des études scientifiques. Le vendredi, à 11 h 15, Alain Le Gué évoquera la "Chasse mondiale aux étoiles", dont l'objectif est de mesurer la qualité du ciel de France. Dans la foulée, à 12 h 15, sera présenté un grand projet de mesure de la biodiversité nocturne (co-organisé par l'AFA), qui débutera en mars 2013. À 13 h 45 enfin, un panorama de tous les programmes participatifs sera dressé.

Le ciel investit le web

Venez vous informer sur un autre secteur en pleine ébullition : l'e-astronomie. Comprenez : l'astronomie numérique. Par exemple, les conférences, cours et formations disponibles en ligne pour tous (vendredi, 17 h 45), ou encore les télescopes pilotables à distance *via* Internet (vendredi, 15 h 45)

(1) Association française d'astronomie, éditeur de Ciel & Espace.

À noter aussi :

Grande braderie : Le 3 novembre, venez acheter ou échanger du matériel, des optiques, des ouvrages astronomiques à la grande braderie, niveau S3, de 10 h à 11 h 15.

Ateliers photo : Apprenez à traiter vos images célestes avec des spécialistes du genre : Nicolas Outters, Laurent Laveder et Emmanuel Beaudoin, les 1^{er}, 2 et 3 novembre, de 15 h à 16 h.

Conférence astroparticules : Samedi 3, à 11 h 15, Michel Spiro donnera une conférence intitulée "LHC, le boson de Higgs, et après ?", sujet brûlant !

Visite d'Explora : Votre billet Rencontres journalier ou votre forfait Pass donne accès aux animations, ateliers et démonstrations de la Cité des Sciences, du 1^{er} au 4 novembre. Le dimanche, vous pourrez ainsi visiter l'exposition "Le grand récit de l'Univers", en compagnie de chercheurs.

ALLER PLUS LOIN

LE RENDEZ-VOUS

Rencontres du ciel et de l'espace
Cité des sciences et de l'industrie
30, avenue Corentin-Cariou
75019 Paris
Du jeudi 1^{er} au samedi
3 novembre 10h-20h (19h sa.)

LE PROGRAMME

Programme complet, tarifs et réductions sur : www.afanet.fr

LES NUITS PARISIENNES SOUS SURVEILLANCE

À la suite de l'appel à projet de recherche Paris 2030, la Ville de Paris s'est engagée à financer à hauteur de 40 000 € une étude de la pollution lumineuse de l'agglomération parisienne. Une enquête dirigée par François Ravetta, physicien à l'université Paris 6.

Ciel & Espace : Quels sont les objectifs de cette étude ?



François Ravetta : Elle vise à documenter sur une année les variations saisonnières de la pollution lumineuse, liées par exemple à la réverbération

du halo lumineux sur le plafond nuageux. Nous déterminerons la proportion des différentes couleurs dans le halo de lumière artificielle. Cela nous renseignera sur la contribution à la pollution lumineuse des différents équipements d'éclairage, qui ont chacun un spectre de couleurs différent.

Ces mesures seront effectuées au sol. Nous envisageons notamment de les mettre en regard de celles récoltées par le laboratoire Bioemco (Biogéochimie et écologie des milieux continentaux) sur les taux de croissance des platanes en fonction de leur exposition aux sources de lumière nocturne.

Comment ces mesures seront-elles réalisées ?

F. R. : Il s'agit d'installer des points de mesure de la luminance (intensité lumineuse par unité de surface) à l'aide d'appareils appelés photomètres. Ils enregistrent pendant un an les variations de la pollution lumineuse. Deux d'entre eux seront dans Paris même — un sur le site du Latmos⁽¹⁾ à Jussieu, auquel je suis rattaché, et un à l'observatoire de Paris — et un troisième, à Guyancourt (Yvelines). Les données seront comparées avec celles collectées par deux autres stations, l'une située à l'observatoire de Haute-Provence, où le ciel est préservé, et l'autre, sur la tour d'observation de l'Institut d'études spatiales (ISS) de l'université libre de Berlin. Le directeur de l'ISS, Jürgen Fisher, participera à l'étude en apportant

son expertise sur la conception d'une caméra couplée à un spectrographe. Grâce à cet instrument, nous réaliserons des panoramas vidéo montrant la part des différentes couleurs dans le halo de pollution lumineuse.

La Ville de Paris finance votre étude. Est-ce que cela signifie que la mairie s'engage dans la lutte contre la pollution lumineuse ?

F. R. : Cette étude n'est pas directement liée à la politique de la capitale en matière d'éclairage nocturne. Elle fournira bien évidemment des données utiles pour elle, et nous serons peut-être amenés à formuler des recommandations. Mais il s'agit avant tout d'une démarche scientifique, le programme Paris 2030 offrant à des équipes de recherche parisiennes, après sélection des dossiers,

la possibilité de développer librement des travaux en lien avec la Ville de Paris. Mon objectif est de quantifier et d'analyser la pollution lumineuse de la capitale. Ce travail donnera peut-être l'impulsion pour de futures recherches plus interdisciplinaires — à l'image de ce que fait Berlin avec son programme Milieu, qui étudie la ville comme un ensemble géochimique, écologique et socio-économique. Berlin se préoccupe aussi beaucoup de l'impact de l'éclairage public sur la santé humaine et l'environnement.

Propos recueillis par Matthieu Le Chanjour

(1) Latmos : Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales.

La région parisienne vue de nuit depuis l'ISS le 23 février 2011.



© ESA/Nasa/C&E Photos

UN ARSENAL ASTRONOMIQUE DANS LE LUBÉRON

Vous profitez d'une vue à 360° sur le parc régional du Lubéron depuis une ancienne base de lancement de missiles nucléaires ? Pas de doute, vous êtes à l'observatoire Sirene, dans la petite ville de Lagarde d'Apt. Il y a onze ans, l'association astronomique Sirene a investi l'ancienne base militaire afin d'y édifier un observatoire. Aujourd'hui, l'arsenal qu'elle y a déployé est impressionnant. La pièce maîtresse, un télescope de 635 mm, est abritée

sous une coupole accessible aux personnes à mobilité réduite. Non loin, on trouve aussi un télescope de 406 mm, un télescope de 250 mm datant de 1966 (et conservé en parfait état de fonctionnement), un coronographe et même un chercheur d'exoplanètes en cours de test ! L'observatoire propose également aux amateurs d'y laisser leurs instruments à demeure. Le ciel préservé du Lubéron a de quoi les y inciter... EM



OBSERVATOIRE SIRENE

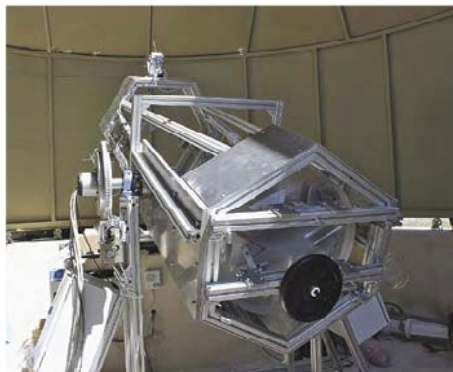
84400 Lagarde d'Apt

Tél. : 04 90 75 04 17

Site : obs-sirene.com



"Le 650 est entièrement dédié à l'observation à l'œil, précise Solange Fouwet, permanente du site. Il est possible de le réserver pour une soirée ou une nuit complète, avec ou sans accompagnateur." Doté d'une très grande focale, il est particulièrement performant pour observer la Lune, les planètes, les amas d'étoiles, les nébuleuses planétaires et les petites galaxies.



© Photos : Observatoire Sirene



Le site de Sirene est relativement préservé. Le halo de pollution lumineuse ne dépasse pas 12° sur l'horizon sud-sud-ouest. Les astronomes amateurs désirant laisser leur instrument sur place doivent souscrire un abonnement annuel de 3 000 € (hors intervention des techniciens).



Les deux queues de la comète Garradd, révélées par Olivier Sedan avec son télescope laissé à demeure à Sirene et piloté à distance. Ce cliché a été l'Astronomy Picture of the Day du 3 mars 2012 (<http://apod.nasa.gov/apod/ap120303.html>).



Virtud, un télescope prototype de 500 mm, est dédié à la confirmation d'exoplanètes par transit. Arrivé en juillet 2011 à l'observatoire, il est actuellement en phase de test.

E N B R E F

SUTRIEU (01) Le 6, de 15 h à 16 h 30 : séances de planétarium suivies d'une initiation au logiciel Stellarium (dès 6 ans).
Le 7, de 14 h à 17 h : réalisation d'expériences scientifiques "surprenantes et incroyables" (à partir de 8 ans).
6 et 7 novembre / 6 et 5 € / Observatoire du Col de la Lèbe / 04 79 87 67 31, www.astroval-observatoire.fr

DIJON (21) "Voyage dans les âges sombres de l'Univers !"
13 novembre, 18 h 30 / Entrée libre / Musée de la Vie bourguignonne, 17, rue Sainte-Anne.
Observation "Le ciel d'automne, les constellations, Jupiter".
17 novembre, 21 h / Gratuit / Observatoire des Hautes-Plates, parking haut du parc de la Combe à la Serpent, sur la route entre Dijon et Corcelles-les-Monts / SAB, 03 80 36 44 13, www.sab-astro.fr



ROCHECHOUART (87)
Conférence sur la géométrie dans l'art et dans l'espace, suivie d'une séance de planétarium.
16 novembre, 20 h 30 / Gratuit / Association Pierre de Lune, 16, rue Jean-Parvy / 05 55 03 02 70 / www.espacemeteorite.com

METZ (57) Rencontres des clubs d'astronomie du Nord-Est (RCANE).
24 et 25 novembre, dès 9 h 30 / MJC des 4 Bornes / 8, place de Verdun 55210 Viéville-sous-les-Côtes / ciacane@free.fr

REIMS (51) "Matière noire et énergie sombre", conférence de Nathalie Palanque-Delabrouille, astrophysicienne au CEA.
27 novembre, 19 h / Entrée libre / Médiathèque Jean Falala, 2, rue des Fuseliers / 03 26 35 34 70

VISITEZ L'OBSERVATOIRE HISTORIQUE DE LYON

L'observatoire de Lyon abrite deux instruments historiques : la lunette équatoriale coudée de 1887 et le télescope de 1 m de diamètre, datant de 1974. Vous aurez l'occasion de les découvrir lors de soirées spéciales, cet automne. Les visites seront complétées par des observations du ciel lyonnais. Prévoir vêtements chauds et lampe de poche (avec filtre rouge, si possible !).

Saint-Genis-Laval / 23 novembre, 18 h-20 h, et 21 décembre, 19 h à minuit
Observatoire de Lyon, 9, avenue Charles-André / 04 78 86 85 34 / www-obs.univ-lyon1.fr

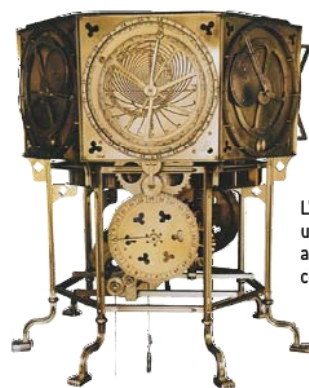


© Les films d'Id

KEPLER EN LUMIÈRE À POITIERS

Qui était Johannes Kepler, l'un des fondateurs de la science moderne ? Vous pourrez le découvrir à Poitiers, lors d'une semaine événement dédiée à l'astronome allemand. La programmation est alléchante. Le 19 novembre, *L'œil de l'astronome*, excellent film de Stan Neumann, sera projeté au TAP cinéma, place du Maréchal-Leclerc. Le 20, le spectacle musical *Kepler Music Project* s'inspire de *L'Harmonie du monde*, le célèbre ouvrage de Kepler. Le 22, lors d'une conférence, Christophe Letellier (université de Rouen) expliquera les travaux de Kepler concernant le mouvement des planètes. La semaine se terminera avec des ateliers pratiques : observation des satellites de Jupiter le 23, et découverte du principe d'une lunette astronomique le 24.

Poitiers / Du 19 au 24 novembre
Espace Mendès France, 1, place de la Cathédrale / 05 49 50 33 00 / www.emf.fr



L'Astrarium, une horloge astronomique complexe.

DR

REDÉCOUVREZ UN TRÉSOR DU MOYEN-ÂGE

Giovanni Dondi dell'Orologio (1330-1388) est peu connu. Pourtant, cet horloger de Padoue a construit, seize ans durant, l'Astrarium, une horloge astronomique complexe capable de reproduire précisément le mouvement des planètes du Système solaire, de la Lune et du Soleil. Sept reproductions de ce trésor perdu ont été réalisées, dont l'une se trouve au musée international d'Horlogerie, en Suisse. Le 24 novembre, un film sur ce génie oublié du Moyen-Âge sera projeté à l'Uranoscope de l'Île-de-France, en Seine-et-Marne, et commenté par Jean-Pierre Verdet, astronome à l'observatoire de Paris.

Gretz-Armainvilliers / 24 novembre
Uranoscope, allée Camille-Flammarion / 01 64 42 00 02 / <http://uranoscope.free.fr>

STAGES, CONFÉRENCES, SOIRÉES D'OBSERVATION...

RETROUVEZ L'AGENDA COMPLET sur www.afanet.fr, "Les manifestations"

LE GUIDE D'OBSERVATION

NOVEMBRE 2012

76 | Observation JUPITER EN MAJESTÉ

Juste avant son passage à l'opposition, le 3 décembre, la plus grosse planète du Système solaire est en position idéale pour l'observation.



78 | Premiers pas ÉVITEZ LA TURBULENCE INSTRUMENTALE

La différence de température entre l'intérieur de votre télescope et la fraîcheur de la nuit peut troubler vos observations. La solution pour y remédier : anticiper !



80 | Éphémérides

Hormis Jupiter, véritable reine de la nuit en novembre, les astronomes amateurs s'intéresseront à Uranus, qui a repris de la hauteur dans le ciel.



87 | La fiche NGC 246

Difficile pour les observateurs munis d'un instrument de faible diamètre, cette nébuleuse planétaire régulière est magnifique dans un télescope de plus de 200 mm.

91 | Nouveautés

Plus court que large, le télescope Veloce RH 200 mm doit son look original à sa formule optique exotique.

92 | Ouvert la nuit

Les photos des lecteurs avec, en coup de cœur ce mois-ci, une belle Voie lactée de Nicolas Jongis.



JUPITER EN MAJESTÉ

Juste avant son passage à l'opposition, le 3 décembre, la plus grosse planète du Système solaire est en position idéale pour l'observation. Au plus haut sur l'écliptique et avec une taille dépassant 47" d'arc, Jupiter offre cette année un festival de nuances et de couleurs.

Emmanuel Beaudoin

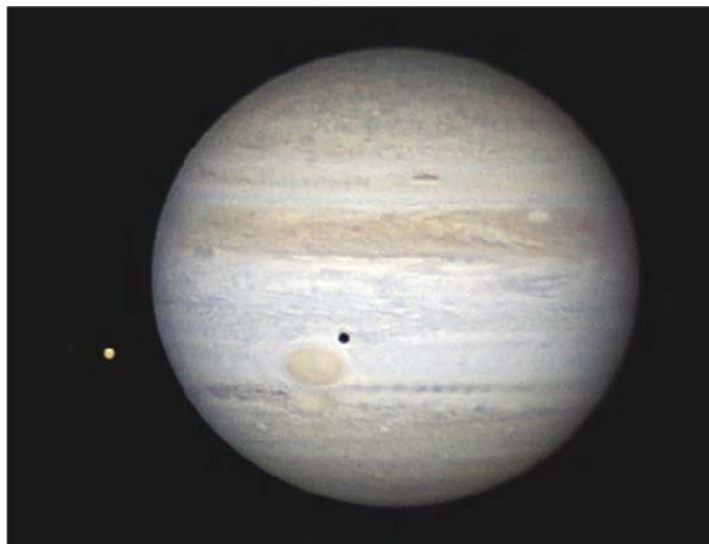
Les nuages de Jupiter

Après la disparition complète de l'une de ses principales bandes, il y a deux ans, l'atmosphère de Jupiter retrouve cette année toute sa splendeur. Toutefois, comme elle est peu contrastée, ne grossissez jamais plus de 1 à 1,5× le diamètre de l'instrument, exprimé en millimètres, au risque de perdre toute luminosité. Une lunette de 60 mm permet de voir les deux bandes équatoriales et de deviner une différence de couleur et d'épaisseur.

Les deux bandes équatoriales de Jupiter, bien visibles cette année, promettent des observations passionnantes.



Ci-dessous : l'ombre du satellite Europe passe au-dessus la Grande Tache rouge, ainsi que sa réplique miniature, Red Junior.



Les régions polaires apparaissent assombries. Avec un instrument de 100 mm, vous observerez en bord de la bande nord des petits festons vert sombre. Recherchez également la bande tempérée nord, bien marquée cette année. À travers un télescope de 200 mm, la bande équatoriale nord se révèle particulièrement complexe, tandis que la bande sud est toujours aussi tourmentée à l'arrière de la Tache rouge. Quelques ovales clairs ou sombres peuvent être détectés vers les régions polaires.

Un cyclone géant

La Grande Tache rouge, plutôt orange pâle cette année, commence à être distinguée dans un télescope de 100 mm. Lorsqu'elle est en bord du disque jovien, il ne faut que quelques minutes pour se rendre compte de la rotation rapide de l'atmosphère. Un télescope de 200 mm permet d'observer un renfort de contraste en son centre. Tentez aussi de repérer Red Junior, légèrement à l'ouest de sa grande sœur. Un filtre bleu accentue la visibilité de ces taches.

PASSAGE AU MÉRIDIEN DE LA GRANDE TACHE ROUGE

Date	Heure	Date	Heure
4	2 h 42	19	0 h 03
7	0 h 11	23	23 h 10
11	23 h 18	26	0 h 48
14	0 h 56	30	23 h 55
16	22 h 25		

Le ballet des satellites galiléens

À la condition d'un support stable (trépied photo, par exemple), les satellites de Jupiter peuvent déjà être vus aux jumelles. Une lunette de 50 mm munie d'un grossissement de 30× permet de suivre bien plus confortablement la ronde de ces quatre petits points lumineux autour de la planète. Leur période de révolution n'est que de quelques jours, si bien que leur configuration change sans cesse. Io est le

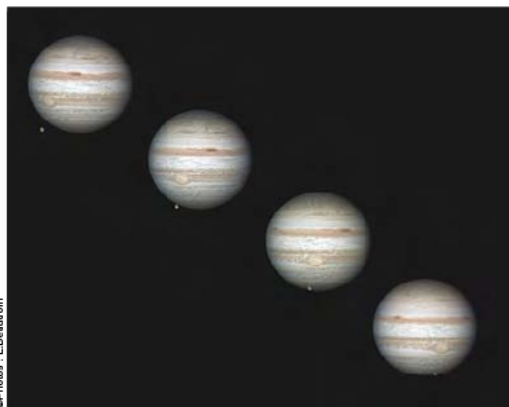
plus rapide (révolution en 1 j 18 h) et Callisto le plus lent (16 j 16 h). Notez qu'un télescope d'au moins 200 mm, armé d'un grossissement de 200 ou 300×, permet de discerner le petit disque des satellites, dont le diamètre est compris entre 1 et 2" d'arc.

Les éclipses des satellites

Du fait de la taille imposante de Jupiter, les satellites ne peuvent guère échapper à l'ombre de leur planète quand ils passent derrière elle. Alors, selon le même phénomène qui provoque nos éclipses de Lune, ils disparaissent. Avant l'opposition, nous verrons de temps à autre un satellite s'éteindre, comme par magie, à l'ouest de Jupiter. Utilisez notre tableau pour prévoir ces moments. La disparition d'un satellite sera plus facile à voir en début de mois, car l'ombre de Jupiter est encore assez décalée. Une lunette de 50 mm permet d'observer l'affaiblissement des satellites et leur disparition. Dans un instrument de 100 mm, ces éclipses sont visibles même tout près de Jupiter. Par ailleurs, vous noterez que l'extinction varie en rapidité selon le satellite : plus sa période de révolution est longue et sa taille importante, plus il prend son temps : Ganymède met environ 10 minutes à s'éteindre ! Durant ce temps, dans un télescope de 300 mm à fort grossissement, vous verrez son disque partiellement éclipsé.

Des ombres sur l'atmosphère

Lorsqu'un satellite passe devant Jupiter, il y projette son ombre, visible comme un petit rond noir. Grâce à leur contraste, ces ombres sont visibles avec un instrument de 80 à 100 mm, muni d'un grossissement de 100×. La plus amusante à voir est celle de Ganymède, car c'est la plus grosse et elle balaie les régions polaires. Les satellites eux-mêmes — en retard par rapport à leur ombre avant l'opposition — sont plus difficiles à distinguer, sauf quand ils naviguent devant les bords assombris du disque. Un télescope de 150 mm d'ouverture suffit alors pour les distinguer.



Jupiter effectue un tour sur elle-même en moins de 10 heures. Cette rotation rapide ne peut échapper aux observateurs attentifs. Le ballet des satellites — ici, Ganymède en bas du disque jovien — peut également être suivi dans un petit télescope.

HORAIRES EN TEMPS UNIVERSEL

Pour obtenir l'heure légale en France métropolitaine, ajoutez 1 heure.

PHÉNOMÈNES À OBSERVER

Satellite	Phénomène	Début	Fin
Europe	Ombre sur Jupiter	4 à 22 h 46	5 à 1 h 09
Europe	Passage devant Jupiter	5 à 0 h 12	5 à 2 h 32
Io	Éclipse	9 à 0 h 32	—
Io	Ombre sur Jupiter	9 à 21 h 41	9 à 23 h 51
Io	Passage devant Jupiter	9 à 22 h 16	10 à 0 h 25
Ganymède	Éclipse	11 à 0 h 32	11 à 2 h 36
Europe	Ombre sur Jupiter	12 à 1 h 22	12 à 3 h 46
Europe	Passage devant Jupiter	12 à 2 h 28	12 à 4 h 48
Io	Ombre sur Jupiter	16 à 23 h 35	17 à 1 h 45
Io	Passage devant Jupiter	17 à 0 h	17 à 2 h 09
Europe	Éclipse	20 à 22 h 05	—
Io	Éclipse	24 à 22 h 49	—
Ganymède	Ombre sur Jupiter	28 à 22 h 39	29 à 0 h 45
Ganymède	Passage devant Jupiter	28 à 23 h 12	29 à 1 h 03
Europe	Ombre sur Jupiter	29 à 19 h 52	29 à 22 h 16
Europe	Passage devant Jupiter	29 à 20 h 04	29 à 22 h 25

CONFIGURATIONS INTÉRESSANTES DES SATELLITES

Le 1 ^{er} vers 21 h	Les quatre satellites sont à l'ouest de Jupiter.
Le 2 vers 21 h	Callisto passe juste au nord du globe de Jupiter.
Le 4 vers 4 h	Les satellites sont tous à l'est de Jupiter.
Le 7 vers 3 h 15	Europe et Ganymède sont positionnés l'un au-dessus de l'autre.
Le 10 vers 3 h	Io et Europe sont positionnés très près l'un au-dessus de l'autre.
Le 11 vers 5 h	Ganymède et Callisto sont tous les deux contre Jupiter.
Le 13 vers 1 h	Les satellites, à leur élongation maximale, semblent immobiles.
Le 15 vers 22 h	Io et Europe se croisent.
Le 17 vers 3 h	Les satellites sont tous à l'ouest de Jupiter
Le 18 vers 19 h	Europe croise Ganymède.
Le 20 dès 0 h	Io et Europe s'éloignent de Jupiter l'un en dessous de l'autre.
Le 23 vers 0 h	Io croise Europe à l'ouest de Jupiter.
Le 27 vers 20 h	Callisto passe tout près du pôle Sud de Jupiter.
Le 30 dès 0 h	Tous les satellites sont à l'ouest de Jupiter.



Deux amateurs ont observé en direct l'impact d'un corps céleste, comète ou astéroïde, sur Jupiter. À lire sur : www.cieletespace.fr/node/9521

ÉVITEZ LA TURBULENCE INSTRUMENTALE

La différence de température entre l'intérieur de votre télescope et la fraîcheur de la nuit peut troubler vos observations. Pour y remédier, une seule solution : anticiper !

Emmanuel Beaudoin

QU'EST-CE QUE LA TURBULENCE DANS UN INSTRUMENT ?

Par une fraîche soirée d'automne, les étoiles ne scintillent pas, signe que l'atmosphère est calme (voir *C&E* n° 506). Voyant cela, vous vous empressiez de sortir votre instrument et vous pointez Jupiter, idéalement placée ce mois-ci. Mais là, surprise : dans l'oculaire, la planète géante ondule dans tous les sens ! L'atmosphère ne tiendrait-elle pas ses promesses ? Cela reste à voir. Car avant tout, il est certain qu'il y a des turbulences... dans votre instrument ! Celles-ci naissent de la différence de température entre l'instrument, tout juste sorti d'un endroit chaud, et l'air du dehors. L'air chaud s'élève en tourbillons invisibles qui troublent les images (comme quand on regarde au-dessus d'un feu de camp). Le plus grand réservoir de chaleur étant le miroir ou l'objectif de votre instrument, la turbulence instrumentale cessera quand ce dernier sera à la même température que l'air extérieur... Ce qui peut prendre du temps !

Tant qu'un instrument n'est pas à la même température que l'air extérieur, il rayonne de la chaleur, ce qui engendre des turbulences. Il est alors impossible d'obtenir des images nettes.



Illustrations : A. Bordenave pour C&E

COMMENT L'ÉVITER ?

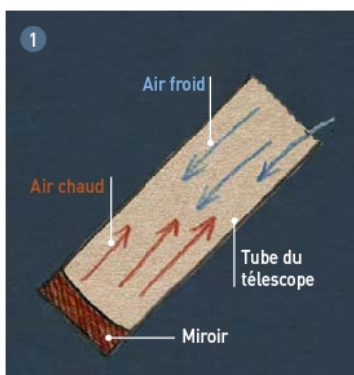
La meilleure parade consiste à anticiper votre observation. Mettez votre instrument dehors bien à l'avance — et à l'ombre bien sûr ! Si vous sortez votre instrument au dernier moment, vous devrez patienter avant d'avoir de bonnes images. Combien de temps ? Cela dépend de la différence de température entre l'endroit où il était stocké et la température de la nuit. L'été, cette différence est souvent négligeable et les observations peuvent commencer presque immédiatement. Mais le reste de l'année, l'écart peut être important. Une

heure d'attente est alors une bonne base. Cela peut être davantage pour un télescope de gros diamètre... ou bien moins dans le cas d'une lunette, dont le tube est fermé. Si vous possédez un Newton, vous serez tenté de mettre le tube en position verticale pour évacuer l'air chaud plus vite. C'est possible à condition que l'air ne soit pas humide, sinon de la buée se déposera sur le miroir. Notez que certains télescopes sont équipés de ventilateurs qui soufflent de l'air sur le miroir, ce qui fait gagner un temps précieux

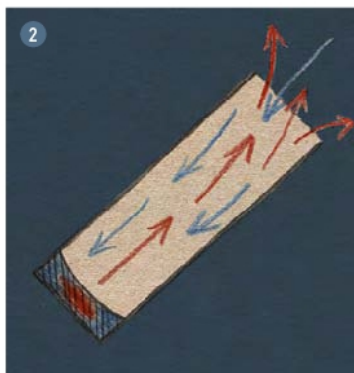
BON À SAVOIR

Dans un télescope dont le tube optique est fermé (Maksutov, Schmidt-Cassegrain), les mouvements d'air sont limités, ce qui réduit la turbulence interne. En revanche, l'air chaud libéré par le miroir s'évacue moins bien : les images peuvent tarder à être idéales.

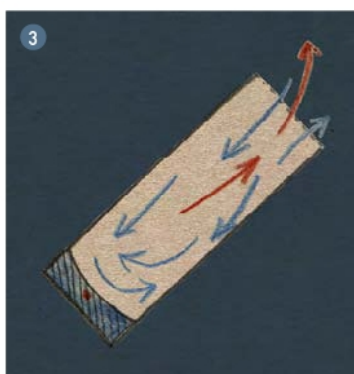
L'élément le plus long à refroidir est le verre d'un miroir ou d'un objectif. Ici, l'instrument sort d'une pièce à 20°C, alors que l'air extérieur est à 10°C.



Le verre se refroidit lentement à cause de son volume et de son inertie. Si la température nocturne diminue aussi, ce qui est fréquent le soir, l'équilibre tarde à s'établir.



La température nocturne s'est stabilisée à 7°C, le verre a enfin atteint cette température. Il n'y a plus de raison que des turbulences se forment dans l'instrument.



LE CIEL DE NOVEMBRE

DÉBUT
DE NUITFIN
DE NUITCOMMENT
UTILISER CES
CARTES

1 Éloignez-vous de toute source lumineuse. Laissez vos yeux s'habituer à l'obscurité pendant au moins 15 minutes. Pour lire la carte sans être ébloui, utilisez de préférence une lampe rouge.

2 Le centre de la carte correspond au zénith, le point situé au-dessus de votre tête. Une constellation représentée à mi-distance du centre et du bord de la carte est donc à égale distance de l'horizon et du zénith.

Ciel visible à la latitude de Clermont-Ferrand (45° 47' N). Si vous habitez au nord de cette ville, l'Étoile polaire sera plus haut dans le ciel et les étoiles de la partie sud de la voûte céleste seront plus proches de l'horizon (et inversement si vous habitez au sud).

LÉGENDE

SYMBOLES

- Amas ouvert
- Amas globulaire
- Nébuleuse planétaire
- Nébuleuse diffuse
- Galaxie
- Astéroïde
- Planète

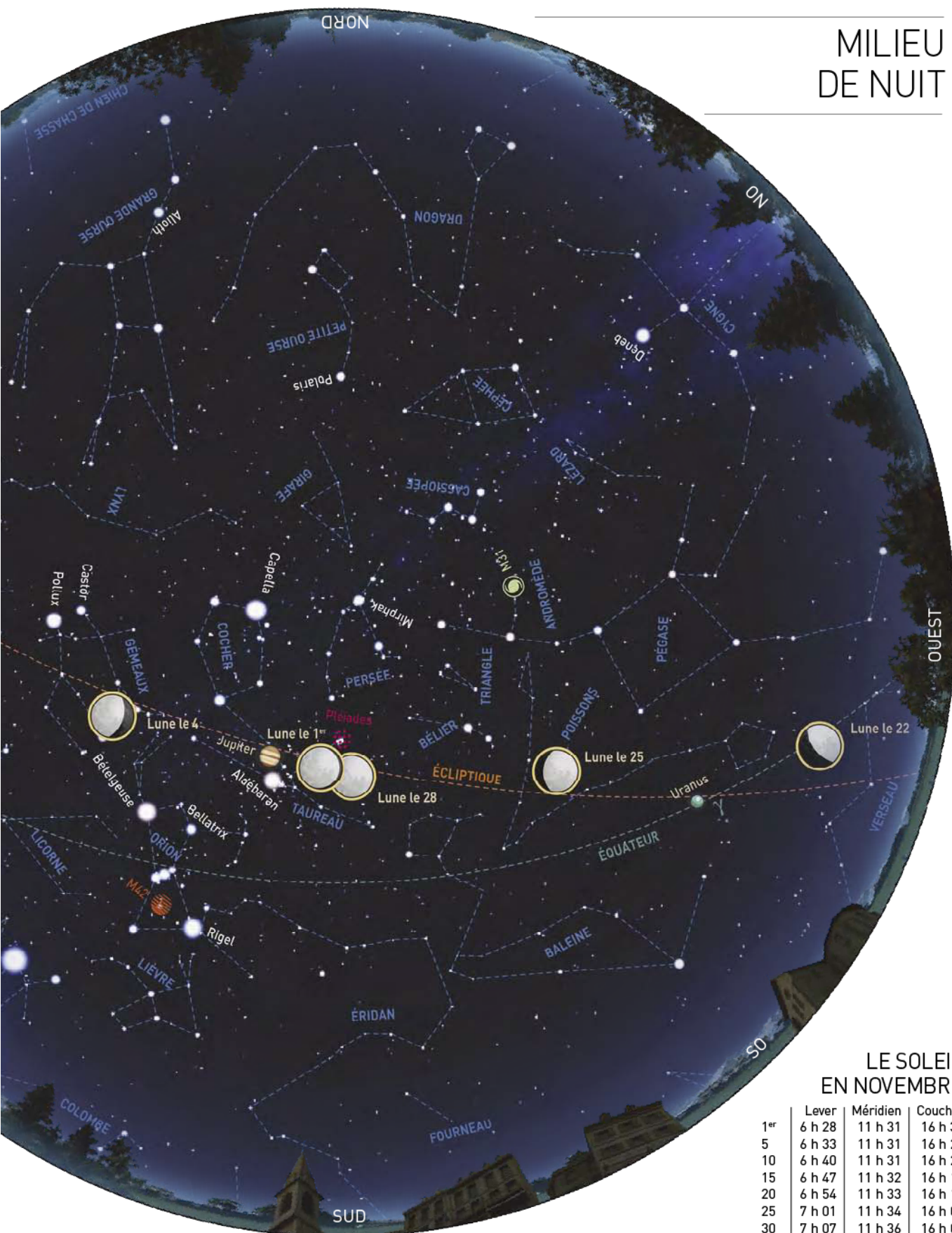
NOMS

- ORION** | Constellation
- Spica** | Étoile
- Mars** | Planète

3 Si, par exemple, vous observez vers l'ouest, tenez la carte comme indiqué ci-contre, en plaçant le mot "ouest" vers le bas. Les constellations dessinées au-dessus de l'horizon ouest vous font face sur le ciel.



MILIEU DE NUIT



LE SOLEIL EN NOVEMBRE

	Lever	Méridien	Coucher
1 ^{er}	6 h 28	11 h 31	16 h 33
5	6 h 33	11 h 31	16 h 28
10	6 h 40	11 h 31	16 h 21
15	6 h 47	11 h 32	16 h 16
20	6 h 54	11 h 33	16 h 11
25	7 h 01	11 h 34	16 h 07
30	7 h 07	11 h 36	16 h 05

Signification des pictos



2

VENDREDI



LA LUNE FRÔLE JUPITER

À 0 h 42 TU, belle conjonction entre la Lune gibbeuse et Jupiter, située à seulement 1° du pôle Nord de notre satellite.

5

LUNDI



MAXIMUM DES TAURIDES SUD

Maximum d'activité de l'essaim d'étoiles filantes des Taurides Sud. Le taux est de 5 météores par heure.

11

DIMANCHE



UN BRILLANT DUO

À l'aube, Vénus et la Lune, séparées de 7°, se tiennent à distance égale de l'horizon.

12

LUNDI



MAXIMUM DES TAURIDES NORD

Maximum de l'essaim des Taurides Nord, avec 5 étoiles filantes par heure. Comme les Taurides Sud, ces météores sont liés à la comète 2P/Enke à courte période (3,3 ans).

12

LUNDI



LE QUATUOR DE L'AUBE

Quarante heures avant la Nouvelle Lune, un fin croissant est visible à l'aube. Cherchez Saturne à moins de 9° sur sa gauche. Vénus, elle, surplombe de 7° l'astre de la nuit. Spica complète le tableau. Depuis Madagascar, ce rapprochement donne lieu à une occultation visible juste après le lever de la Lune.



13

MARDI



ÉCLIPSE AUSTRALE

Éclipse totale de Soleil visible dans le nord-est de l'Australie au lever du jour, puis dans l'océan Pacifique.

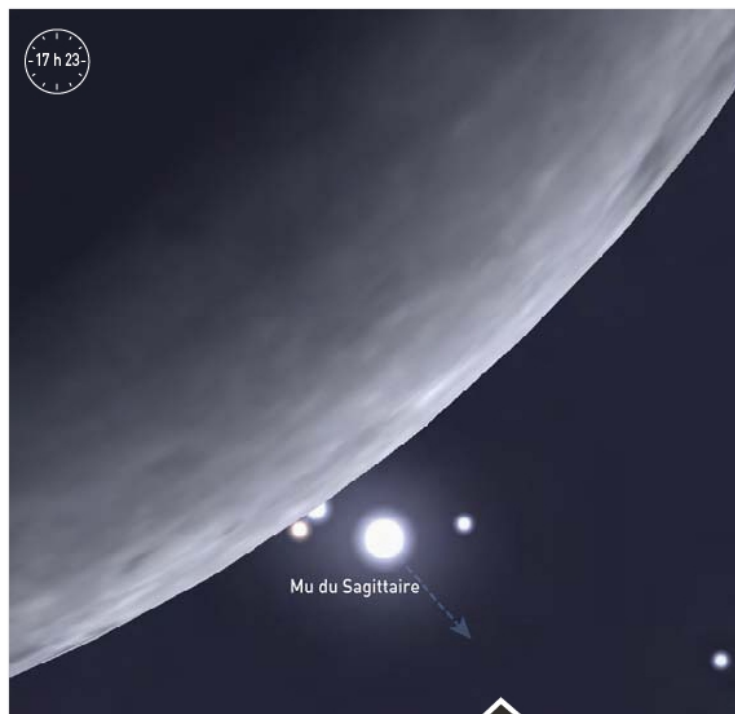
13

MARDI



LUEUR À L'AUBE

À partir d'aujourd'hui et jusqu'au 25, vous pouvez chercher la lumière zodiacale juste avant l'aube.



16

VENDREDI



ÉCLIPSE DANS LE SAGITTAIRE

À 17 h 22 TU, l'étoile Mu du Sagittaire réapparaît au limbe éclairé de la Lune après une occultation débutée en plein jour. Dans les deux minutes qui suivent, deux autres étoiles de magnitude 7,1 et 8,8 font de même.



17 SAMEDI

ÇA FILE DANS LE LION

Le matin, maximum d'activité de l'essai des Léonides. Le taux attendu ne devrait pas excéder 20 étoiles filantes par heure.

21 MERCREDI

LES MÉTÉORES DE LA LICORNE

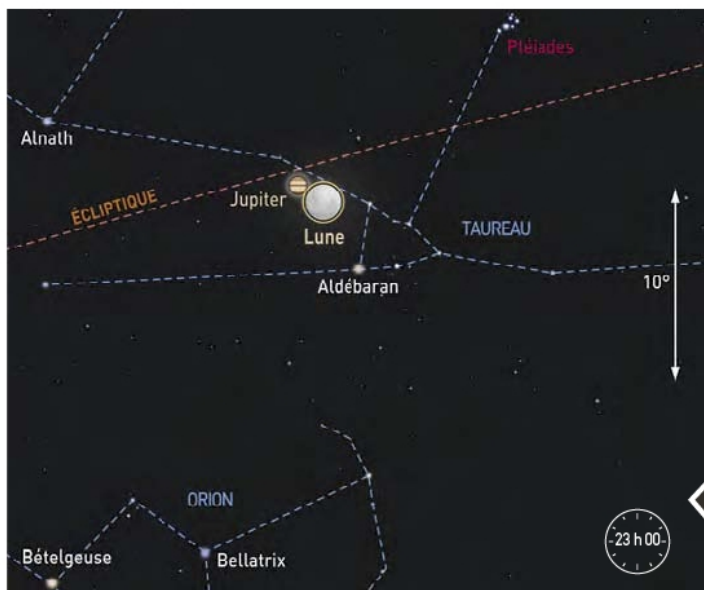
Maximum d'activité de l'essai d'étoiles filantes des Alpha Monocéroïdes. Cet essai peut atteindre un niveau de tempête, mais le taux attendu en 2012 devrait être modéré avec 5 météores par heure.

27

MARDI

DEUX PLANÈTES EN LIGNE DE MIRE

C'est sans doute la plus belle conjonction de l'année : Vénus et Saturne sont distantes de seulement 33' ! À l'aube, vous pouvez les observer dans le même champ au télescope à plus de 15° de l'horizon.



28

MERCREDI

UN LAMPADAIRE NATUREL

La Pleine Lune est la plus haute de l'année. Si vous êtes à la campagne et qu'il fait beau, faites l'expérience d'aller vous promener dehors sans lampe de poche. C'est surprenant.

27

MARDI

LA LUNE TRIOMPHE

Depuis le rond-point des Champs-Élysées, à Paris, la Lune passe dans l'Arc de triomphe à 5 h 50 TU.

28

MERCREDI

JUPITER A DE LA VISITE

Ce soir, la Lune se rapproche de Jupiter. Les deux astres sont séparés de moins de 1° en milieu de nuit. Aux jumelles ou dans une lunette à faible grossissement, on peut voir simultanément les cratères lunaires et les satellites de Jupiter.

Chaque jeudi,
retrouvez les éphémérides sur
www.cieletespacradio.fr

LES HORAIRES SONT EN TEMPS UNIVERSEL

Pour obtenir l'heure légale en France
métropolitaine, ajoutez 1 heure.

16

VENDREDI

LA LUNE CROISE MARS

Au crépuscule, le croissant de Lune surplombe la planète rouge, distante de 5°.

17

SAMEDI

DEUX DIAMANTS DANS LA VIERGE

Le matin, Vénus est en conjonction avec l'étoile Spica dans la Vierge. Les deux astres sont distants de 4°.

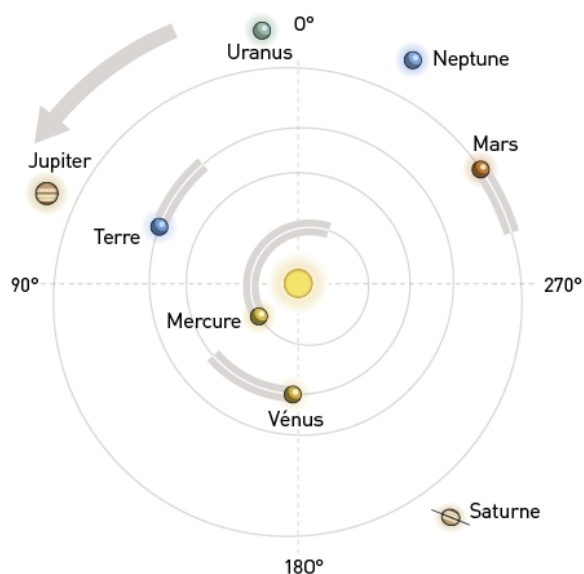
LES PLANÈTES

En première partie de nuit, deux planètes géantes sont idéalement situées : Neptune puis Uranus. La première est invisible à l'œil nu et reste petite au télescope. La seconde, en revanche, peut être détectée à l'œil nu sous un bon ciel. L'intérêt de l'observer au télescope est qu'elle a repris de la hauteur par rapport aux années précédentes. Pour la première fois, le rapprochement de 2012 a permis à des astronomes amateurs de révéler des détails à sa surface avec des télescopes de 250 à 400 mm. Le secret est d'utiliser un filtre laissant passer l'infrarouge proche à partir de 680 nm. Par exemple, le Baader IR-Pass Filter 685 nm. Il ne faut pas hésiter à accumuler des images pendant 20 minutes. Si le ciel est très stable, deux bandes nuageuses plus claires peuvent se montrer.

En milieu de nuit, une cible bien plus facile passe au méridien : Jupiter, qui sera au plus près de la Terre le 1^{er} décembre, et à l'opposition le 3. Le ballet de ses satellites et l'évolution de ses nuages en font une cible de choix (lire p. 76).

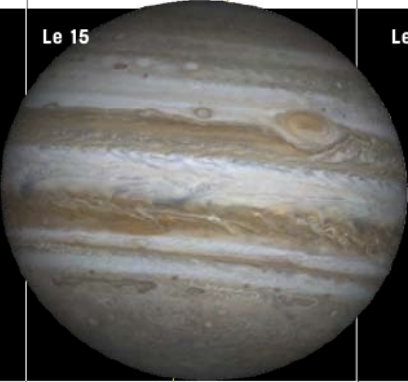
	MERCURE		VÉNUS	
TAILLES APPARENTES RELATIVES DES PLANÈTES	Le 10	Le 26	Le 10	Le 26
				
CONSTELLATION	SCORPION	BALANCE	VIERGE	VIERGE
MAGNITUDE	1,3	- 0,1	- 4	- 4
DIAMÈTRE APPARENT	9,1"	8,5"	12,9"	12,1"
ÉLONGATION	16° E	16° O	33° O	29° O
DISTANCE (UA)	0,741	0,791	1,309	1,394
LEVER/COUCHER	8 h 17 / 16 h 57	5 h 37 / 15 h 33	3 h 41 / 15 h 13	4 h 22 / 14 h 54
INTÉRÊT	★★★★	★★★★	★★★	★★★
VISIBILITÉ	Au crépuscule, l'inclinaison de l'écliptique ne permet pas à MERCURE de se dégager des lueurs du crépuscule. La planète est en revanche bien visible sous les tropiques début novembre.		De jour en jour, VÉNUS se rapproche doucement du Soleil, mais elle reste bien visible à l'aube. Au télescope, sa taille apparente modeste permet néanmoins de distinguer une phase gibbeuse.	

POSITIONS HÉLIOCENTRIQUES



Les planètes sont positionnées pour le 30 novembre. Pour Mercure, Vénus, la Terre et Mars, la portion de courbe plus large indique leur déplacement au cours du mois.

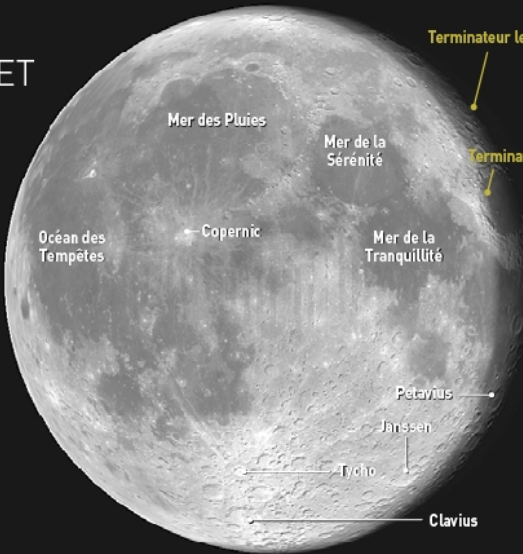
LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI
			1  L 18 h 10 C 8 h 54
5  L 21 h 50 C 11 h 45	6  L 22 h 53 C 12 h 17	7  DQ L 23 h 59 C 12 h 45	8  L - C 13 h 13
2  L 4 h 47 C 15 h 15	8  NL L 6 h 05 C 15 h 57	4  L 7 h 21 C 16 h 48	5  L 8 h 31 C 17 h 48
9  L 11 h 40 C 22 h 29	0  PQ L 12 h 10 C 22 h 38	2  L 12 h 37 C -	2  L 13 h 02 C 0 h 44
0  L 14 h 53 C 4 h 53	2  L 15 h 28 C 5 h 53	8  PL L 16 h 09 C 6 h 49	0  L 16 h 54 C 7 h 41

MARS	JUPITER	SATURNE	URANUS	NEPTUNE
Le 15	Le 15	Le 15	Le 15	Le 15
				
SAGITTAIRE	TAUREAU	VIERGE	POISSONS	VERSEAU
1,2	- 2,8	0,6	5,8	7,9
4,5"	47,9"	15,4"	3,6"	2,2"
35° E	159° O	18° O	132° E	97° E
2,1	4,111	10,71	19,386	29,85
9 h 51 / 18 h 14	17 h 20 / 8 h 42	5 h 08 / 15 h 41	14 h 22 / 2 h 41	13 h 08 / 23 h 33
★	★★★★	★	★★★★	★★★
MARS est seulement visible en fin de crépuscule. Elle ne présente plus d'intérêt au télescope.	JUPITER passe à l'opposition le 3 décembre. C'est la vedette du moment.	SATURNE fait son retour dans le ciel du matin. Elle est en conjonction avec Vénus le 27.	Toujours idéalement située, URANUS culmine en première partie de nuit.	Visez NEPTUNE sans tarder : elle culmine en tout début de nuit.

VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
2  L 18 h 58 C 9 h 45	3  L 19 h 51 C 10 h 30	4  L 20 h 49 C 11 h 10
9  L 1 h 06 C 13 h 40	0  L 2 h 17 C 14 h 08	1  L 3 h 31 C 14 h 39
6  L 9 h 33 C 18 h 55	7  L 10 h 24 C 20 h 06	8  L 11 h 05 C 21 h 19
23  L 13 h 27 C 1 h 48	24  L 13 h 53 C 2 h 51	25  L 14 h 21 C 3 h 52
8  L 17 h 46 C 8 h 28		
LÉGENDE L Lever C Coucher		

LA LUNE AU SOMMET

La Lune culmine début novembre. Le 1^{er}, elle est presque pleine. À cette date, l'éclairage sur le cratère Petavius est intéressant. Le lendemain, ne manquez pas le gigantesque Janssen, large de 191 km.



Taille angulaire : 31'

Date	Méridien	Hauteur	Phase
1 ^{er}	1 h 10	64°	98 %
2	1 h 58	65°	91 %
3	2 h 45	64°	85 %

Dernier Quartier	le 7 à 0 h 36
Nouvelle Lune	le 13 à 22 h 08
Premier Quartier	le 20 à 14 h 31
Pleine Lune	le 28 à 14 h 46

Apogée	le 1 ^{er} à 15 h : 406 049 km
Périgée	le 14 à 10 h : 357 360 km
Apogée	le 28 à 20 h : 406 364 km

© Atlas virtuel de la Lune

omegon

La qualité au meilleur prix

+++ Idées-cadeaux et promotions en cours +++ Idées-cadeaux et promotions en cours +++

Accessoires

☐ Oculaires Omegon



Omegon - Série d'oculaires Super-Plössl
N° d'article : 16915-16919
Prix : 39,90 € pièce



Omegon - Série d'oculaires Flatfield ED
N° d'article : 10015-10020
Prix : 98 € pièce



Omegon - Série d'oculaires Super LE
N° d'article : 23563-55 | 23727-30
Prix : 198 € pièce

☐ Oculaires Omegon



Omegon - Série d'oculaires SWA
N° d'article : 14642-14647
Prix à partir de 89 €



Omegon - Oculaires zoom
N° d'article : 3919, 5084
Prix à partir de 49 €



Omegon - Valise avec oculaires et accessoires
N° d'article : 8353 | Prix : 149 €

☐ Filtres Omegon



Omegon - Filtre polarisant variable
N° d'article : 7399 | Prix : 39,90 €



Omegon - Filtre anti-infrarouge
N° d'article : 4563 | Prix : 29,90 €



Omegon - Filtre lunaire
N° d'article : 5085 | Prix : 14,90 €

☐ Filtres Omegon



Omegon - Filtre UHC
N° d'article : 15626, 15629
Prix à partir de 49 €



Omegon - Filtre OIII
N° d'article : 15625, 15627
Prix à partir de 51 €



Omegon - Lot de filtres colorés
N° d'article : 11333 | Prix : 49 €

☐ Autres accessoires Omegon



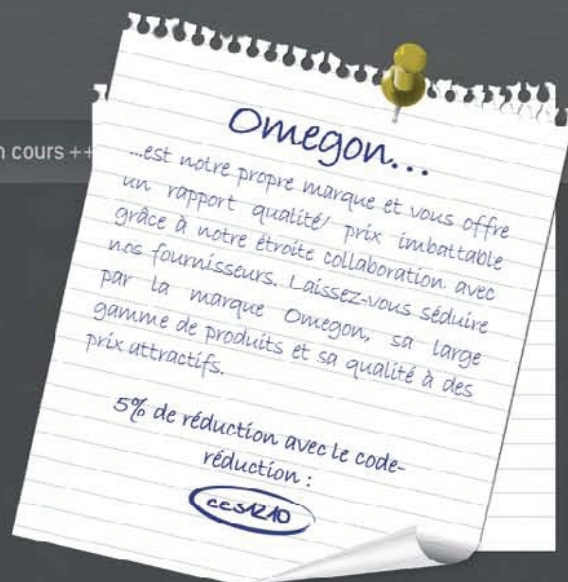
Omegon - Adaptateur caméra universel
N° d'article : 4139 | Prix : 39,90 €



Omegon - CCD Solar System Imager
N° d'article : 18877 | Prix : 119 €



Omegon - Chercheur 9x50 éclairé
N° d'article : 22357 | Prix : 109 €



Télescopes

☐ Télescopes Omegon



Omegon 60/700 AZ-1
N° d'article : 11267 | Prix : 79 €



Omegon 70/900 EQ-1
N° d'article : 22464 | Prix : 119 €



Omegon 114/900 EQ-1
N° d'article : 11266 | Prix : 179 €

☐ Télescopes Omegon



Omegon 130/920 EQ-2
N° d'article : 13762 | Prix : 199 €



Omegon 150/750 EQ-3
N° d'article : 13764 | Prix : 279 €



Omegon 150/750 EQ-4
N° d'article : 22465 | Prix : 349 €

Conseil personnalisé



service@omegon.eu



+33 (0)9 75 18 17 62



+49 (0)8191 94049-9

omegon.eu
c/o mmax GmbH
Otto-Lilienthal-Str. 9
86899 Landsberg am Lech
Allemagne

Nous sommes là pour vous du lundi au vendredi de 10h à 12h30 et de 13h30 à 17h00.



LA NÉBULEUSE NGC 246

Difficile pour les observateurs munis d'un instrument de faible diamètre, cette nébuleuse planétaire régulière est magnifique dans un télescope de plus de 200 mm.



© J.-P. Metzger/ICAE Photos

NGC 246 est plutôt difficile à observer depuis les moyennes latitudes boréales. Sa faible hauteur sur l'horizon fait qu'elle reste souvent estompée par l'absorption atmosphérique, voire des brumes ! Un télescope de 100 à 150 mm peut permettre de la voir sous de bonnes conditions (ciel très transparent et bien noir). Elle apparaît alors comme une fine bulle de savon dont la présence est mieux révélée par une observation en vision décalée (qui consiste à regarder légèrement à côté de l'objet).

Un télescope de 200 mm, doté d'un grossissement de 100 à 130 ×, offre une vision plus confortable : les bords nord et ouest de la nébuleuse sont plus brillants et mieux définis que les autres. Trois étoiles de magnitudes 12 et 13 peuvent être discernées dans le disque.

Toute la beauté de NGC 246 est appréciable dans un instrument de 300 mm de diamètre. La présence de nombreuses étoiles dans le champ lui confère un aspect transparent des plus réussis.

CARTE D'IDENTITÉ

NOM : NGC 246

NATURE : NÉBULEUSE PLANÉTAIRE

DISTANCE : 1 600 ANNÉES-LUMIÈRE

DIAMÈTRE : 2,5 ANNÉES-LUMIÈRE

DONNÉES ASTROPHYSIQUES

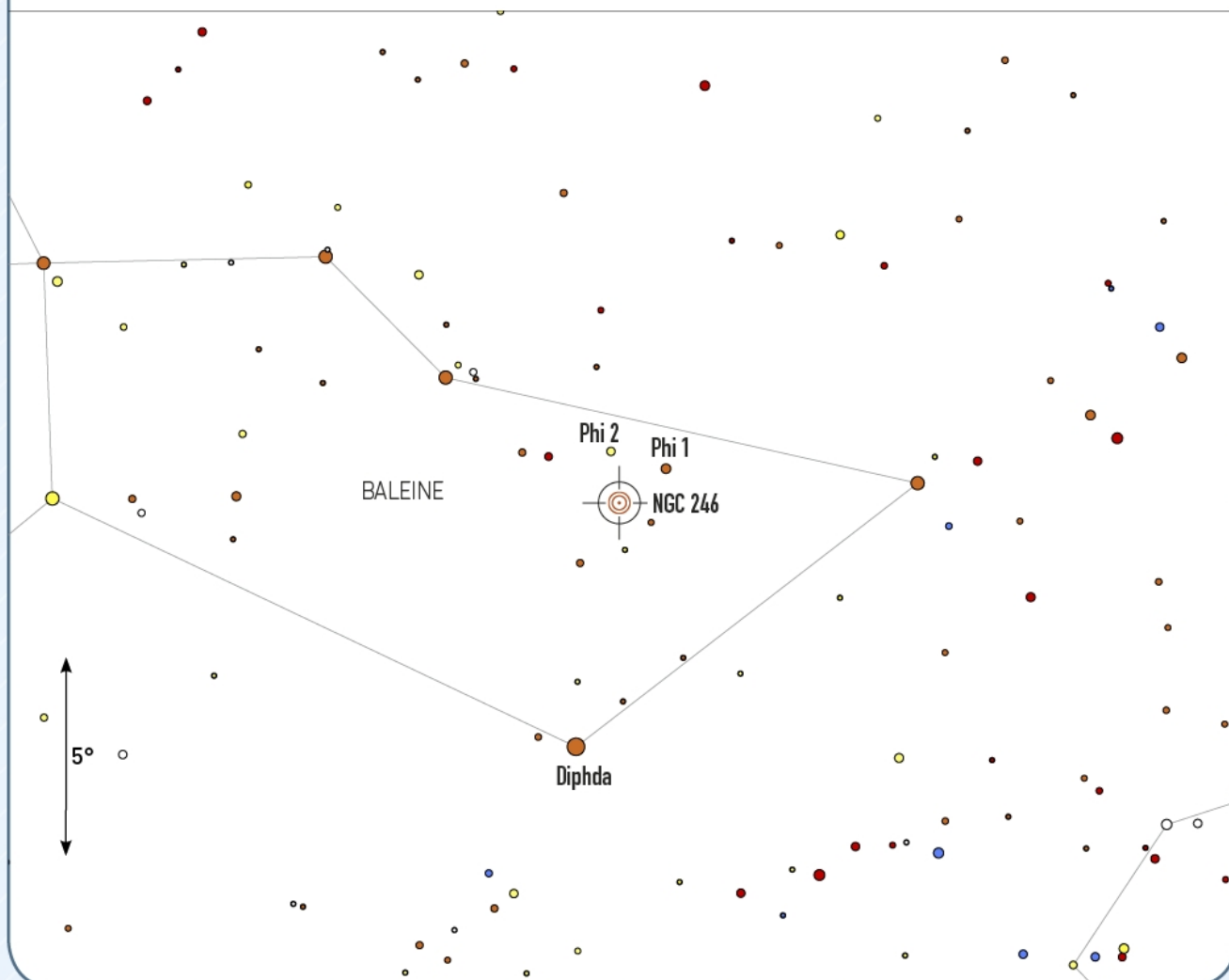
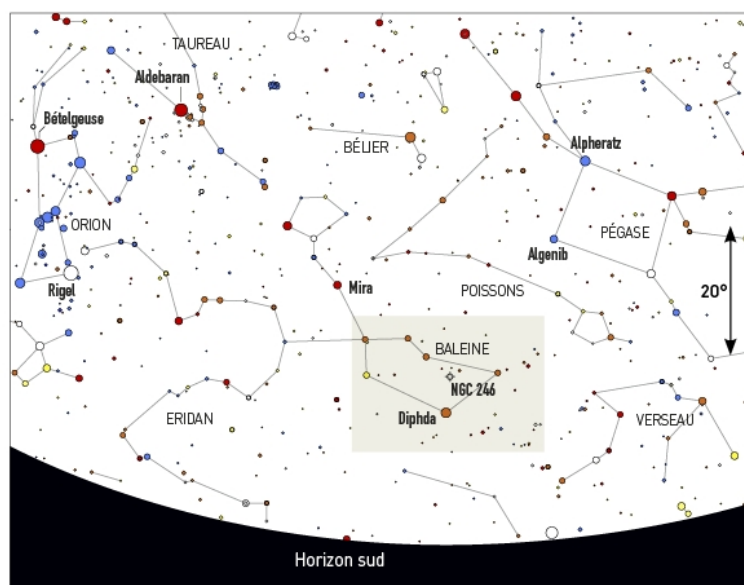
NGC 246 a été découverte en 1785 par le Britannique William Herschel. Il s'agit d'une nébuleuse planétaire créée par l'expulsion de l'enveloppe gazeuse d'une étoile dans l'espace. Cette étoile demeure aujourd'hui au centre de la nébuleuse, à l'état d'une naine blanche chauffée à 200 000 K ! Ce petit astre se distingue d'ailleurs par des variations d'éclat au cours des décennies. En 1930, elle atteignait la magnitude 9. Puis, peu avant 1970, elle a chuté à 11. Aujourd'hui, sa magnitude photographique tourne

autour de 12. D'où l'intérêt de l'observer régulièrement. En apparence simple quand on la voit dans un télescope d'amateur, la structure de NGC 246 est en réalité très complexe. Les coquilles de gaz externes sont ralenties par le milieu interstellaire et sont percutées par des coquilles plus rapides, éjectées plus tardivement. En 2004, des observations réalisées avec le satellite infrarouge Spitzer ont révélé un anneau de matière assez mystérieux qui n'est centré ni sur la coquille gazeuse, ni sur la naine blanche.

Le cadre indique le champ de la carte ci-dessous.

REPÉRAGE

NGC 246 est proche de Diphda, qui brille d'une belle magnitude 2 dans la Baleine. Cette étoile se trouve assez loin sous le carré de Pégase, près de l'horizon (depuis l'Europe), presque dans le prolongement de l'axe Alphératz-Algenib. NGC 246 se niche au sud de Phi 1 et Phi 2 de la Baleine, elles-mêmes au nord de Diphda. Compte tenu du fait que la nébuleuse est très faible, son repérage au chercheur est assez difficile. En l'absence de monture équatoriale ou de système Go-To, munissez l'instrument principal d'un oculaire de longue focale pour balayer la zone à sa recherche en couvrant un large champ.



A. C. Bierbaum/C&E Photos



À retourner, avec votre règlement, à **Ciel & Espace 18/24, quai de la Marne 75164 Paris Cedex 19**

la maison de l'Astronomie



33-35 rue de Rivoli - 75004 PARIS

Tél. : 01 42 77 99 55 - info@maison-astronomie.com

<http://www.maison-astronomie.com>

POUR LES FETES DE FIN D'ANNEE : OUVERTURES EXCEPTIONNELLES
les **DIMANCHES 9, 16 ET 23 DECEMBRE** et les **LUNDIS 10, 17 ET 24 DECEMBRE**

**LE SAMEDI 3 NOVEMBRE, PROFITEZ DES RENCONTRES DU CIEL ET DE L'ESPACE
POUR VENIR A LA MAISON DE L'ASTRONOMIE !**

Pour aller aux RCE à la VILLETTE
depuis la maison de l'Astronomie :

Ligne 7 - Station CHATELET-LES-HALLES - direction La Courneuve puis descendre à **PORTE DE LA VILLETTE**.

Pour venir à la maison de l'Astronomie
depuis la VILLETTE :

Ligne 7 - Station PORTE DE LA VILLETTE - direction Villejuif-Louis Aragon et descendre à **CHATELET-LES-HALLES**.

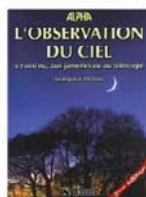
(ouverture prolongée de 9h à 19h)

OFFRE EXCEPTIONNELLE EN MAGASIN !

-10 %

**SUR LES MATERIELS ET ACCESSOIRES
ASTRONOMIQUES* EN MAGASIN**

* sauf sur le matériel et les accessoires des marques Baader-Planetarium et Skyvision et la librairie (remise -5%).
Offre non cumulable sur les promotions en cours.



◀ KIT DECOUVERTE 2012

~~59,29 €~~
49 €

**SPECIAL
DEBUTANT !**

3 OFFRES EXCLUSIVES !

Offres valables dans la limite des stocks disponibles du 1er novembre au 31 décembre 2012.

***SKY-WATCHER
MAK 102/1300 AZ GO-TO
+ KIT DECOUVERTE 2012**

Télescope de Maksutov sur monture azimutale avec sa recherche assistée Go-to.

Le kit découverte comprend :

- 1 livre d'apprentissage du ciel
- 1 carte du ciel Skyvision
- 1 DVD "La tête dans les étoiles"
- 1 dépliant pédagogique sur le système solaire
- 1 lampe rouge pour la lecture des cartes, la nuit
- 1 sac de transport toile

STARNAVIGATOR 102

Lunette astronomique avec recherche assistée Go-to et description vocale de 500 objets. Garantie 2 ans.

**** En plus de cette offre exceptionnelle, nous vous proposons une garantie de 3 ans supplémentaires pour 20 € au lieu de 39,90€. Cette offre inclue une formation gratuite à effectuer dans l'année qui suit votre achat.**



~~419 €~~
399 €
Mak 102/1300
AZ-Go-to

~~478,29 €~~
448 €*

~~579 €~~
399 €**

FAITES LE BON CHOIX !

**LES FETES DE FIN D'ANNEE PASSENT FORCEMENT PAR
LA MAISON DE L'ASTRONOMIE**

UNE FORMULE OPTIQUE ORIGINALE

Avec un tube optique plus court que large, le télescope Veloce RH 200 mm a de quoi surprendre. Il doit son look original à sa formule optique exotique, dite Riccardi-Honders. Elle est constituée à l'avant d'un ménisque comme sur un Maksutov. Mais le plus étonnant est le miroir primaire, de type Mangin : c'est la face arrière qui est métallisée ! La lumière traverse donc le verre avant d'être réfléchi. Un correcteur à deux lentilles termine ce chemin optique complexe. Le rapport focale/diamètre est hors norme pour un télescope puisqu'il est de f/3 seulement. Revers de la médaille, le miroir secondaire a une obstruction de 55 % ! Si on tient compte de cette perte de lumière, le système optique équivaut à un téléobjectif de 600 mm ouvert à f/3,7. Une telle obstruction s'accompagne



d'une forte perte de contraste. Elle est réductrice pour observer les planètes, mais acceptable en ciel profond. C'est d'ailleurs pour exceller dans ce domaine que cette formule optique a été inventée : elle permet de couvrir un champ

de 43 mm parfaitement corrigé ! Le gros avantage est le poids limité à 8,4 kg, avec un porte-à-faux et une prise au vent faibles. Il est donc utilisable sur une monture équatoriale très transportable. Pour beaucoup, le prix sera dissuasif — d'autant plus que cette formule optique n'a de sens que si on la couple à un capteur de grande taille (24 × 36 mm), lui aussi coûteux. Les utilisateurs de plus petits détecteurs CCD à la recherche d'une courte focale lumineuse auront plutôt intérêt à opter pour le système Fastar de Celestron, par exemple. Notez qu'il existe aussi dans la même gamme un 300 mm, mais son prix flirte avec les 20 000 € !

Officina Stellare Veloce RH 200 mm f/3

6 710 € sans porte-oculaire ; 6 925 € avec



Courtesy C. Pellier

LE LOGICIEL QUI ARRÊTE LA ROTATION DES PLANÈTES

Christophe Pellier

Passionné par l'observation du Système solaire, il est vice-président de la commission des observations planétaires de la Société astronomique de France.

VOUS AVEZ LA PAROLE

Winjupos est un logiciel gratuit qui permet "d'arrêter" la rotation des planètes. Un an après l'introduction de la première fonctionnalité de "dérotation" des images planétaires (qui compense la rotation d'une planète entre deux photos séparées de quelques minutes), le logiciel vient d'être mis à jour par son auteur, Grischa Hahn. Il propose à présent plusieurs méthodes pour lever cette contrainte qui concerne surtout Jupiter. La dérotation d'une vidéo très longue (jusqu'à 15 min) fonctionne très bien avec le format "avi", mais pas

encore avec le format "ser" s'il n'est pas issu d'une caméra Lumenera. Les résultats sont excellents mais engendrent néanmoins un artefact gênant sur le limbe de la planète. La dérotation à partir d'images déjà traitées est une alternative intéressante, plus simple à mettre en œuvre et qui ne produit pas d'artefact. Le logiciel permet aussi d'assembler des images couleur (RVB ou LRVB) dont les composantes sont espacées dans le temps. Des tutoriels existent car l'utilisation de ces méthodes avancées de traitement demande un apprentissage technique. Voici une aide en français : <http://w1p.fr/72320> ou ici, sur un site en anglais : <http://w1p.fr/72321>. Enfin, Winjupos propose aussi d'autres outils, un puissant module de cartographie, des éphémérides performantes avec des "plus" très utiles comme la mise à jour automatique de la longitude de la Grande Tache rouge.



Logiciel Winjupos

<http://jupos.org/gh/download.htm>

Cette rubrique est réalisée d'après les données des fabricants. La responsabilité de Ciel & Espace n'est pas engagée si celles-ci se révélaient erronées.

COUP DE
CŒUR Nicolas Jongis

LA CORDILLÈRE DES ANDES Lors d'un voyage au Chili, Nicolas a réalisé cette superbe photo de la Laguna Verde dans la cordillère des Andes, à 200 km au nord-est de Copiapo. Perché à plus de 4300 m d'altitude, l'endroit permet d'accéder à un ciel limpide. La Voie lactée et les Nuages de Magellan restent parfaitement visibles malgré la présence d'un croissant de Lune le 26 juin.

Objectif 14-24 mm / Reflex Nikon D700 / 30 s à f/4 et 1600 ISO





Philippe Michel

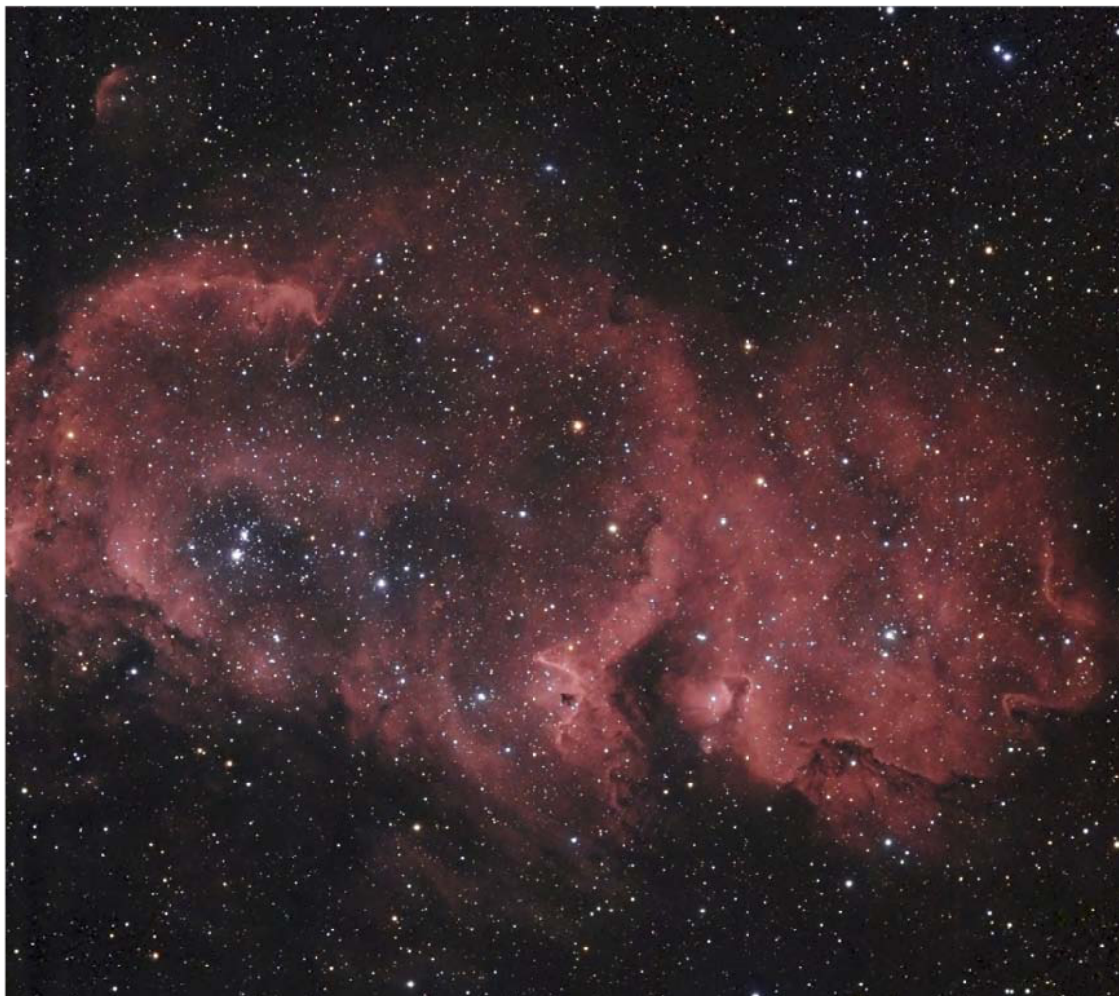
LA GALAXIE D'ANDROMÈDE Bon nombre de photos amateurs de la galaxie M31 la montre très colorée avec une dominante bleue. Pour arriver à ce résultat, il faut forcer sur le traitement et exagérer la saturation. La galaxie d'Andromède est en réalité assez peu colorée et présente une légère teinte bleue seulement en périphérie. L'image de Philippe reflète très bien cette réalité.

Lunette William Optic 80 mm / Caméra CCD Moravian C2-8300 / 4 h 40 min à travers un jeu de filtres LRVB

Serge Vieillard

M31 CROQUÉE La galaxie d'Andromède se révèle parfois décevante au télescope. Généralement, elle déborde du champ et ses structures sont peu contrastées. Ce dessin est pourtant remarquablement détaillé. Il est le fruit d'un long travail. Serge a observé la galaxie pendant plusieurs heures sur quatre nuits d'affilée afin de retranscrire ses faibles nuances de lumière : *"Chaque détail perçu devient une évidence et sert de point d'appui pour en détecter d'autres encore plus faibles"*, décrit-il.

Dobson Obsession 460 mm



Frédéric
Limousin

NÉBULEUSE DE L'ÂME La nébuleuse IC 1848 est un objet large mais faiblement lumineux. Pour l'immortaliser, il faut un instrument à grand champ et effectuer un temps de pose très long. Un filtre H alpha permet en plus d'augmenter fortement le contraste entre les nuages de gaz et le fond de ciel. Frédéric a effectué 12 poses de 10 min à travers ce filtre.

Lunette 80 ED / Caméra Atik 4000LE / Temps de pose total de 3 h 15 min avec des filtres H alpha, R, V et B



Daniel
Défournier

LE SOLEIL Cette vue du Soleil est un spectrohéliogramme. Le principe consiste à réaliser un spectre de notre étoile à travers une fente. On obtient ainsi pour chaque couleur l'intensité lumineuse de notre étoile sur un axe. Il suffit de le faire défiler devant la fente pour scanner l'ensemble de sa surface.

Un traitement logiciel permet de reconstruire une image pour chaque couleur ; ici, le rouge de l'hydrogène. La reconstruction se fait ligne par ligne, avec le logiciel Iris par exemple.

Spectrohéliographe artisanal de 800 mm de focale / Caméra vidéo DMK



L'IMAGE DES INTERNAUTES

Vainqueur de novembre : Matthieu Marcheguet



À découvrir sur www.cieletespace.fr/node/9558

CORRIGER LA POLLUTION LUMINEUSE

La pollution lumineuse est un fléau pour les astrophotographes. Philippe a visé la nébuleuse de la Patte de Chat, dans le Scorpion. Or, pour les observateurs des latitudes tempérées, cette nébuleuse est basse dans le ciel. Du coup, avec une lunette à grand champ, le gradient de lumière lié à la pollution lumineuse devient très visible. Les faibles nébuleuses visées en pâtissent. Heureusement, ce défaut se corrige au traitement. Plusieurs logiciels proposent des fonctions adaptées : "Retrait du gradient" dans Iris ou "Synthétique" dans Prism. Notez que ces outils assez puissants ne sont pas omnipotents. Si l'objet visé a une taille importante dans le champ, il est difficile de séparer le signal utile du signal parasite.

Philippe Moussette

Lunette Takahashi FSQ-106 / Reflex Canon EOS 5D défiltré /
30 min de pose à 1 600 ISO

Image envoyée par Philippe Moussette

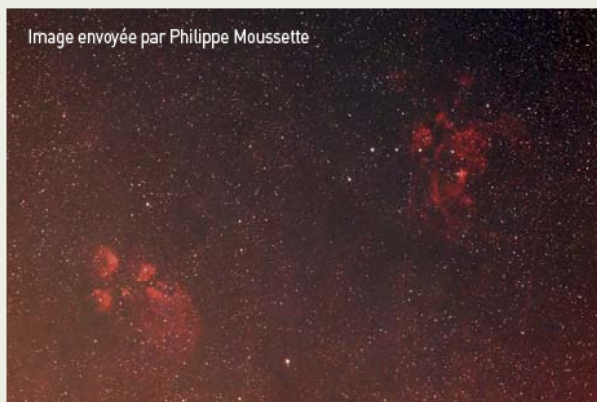


Image traitée pour supprimer
la pollution lumineuse



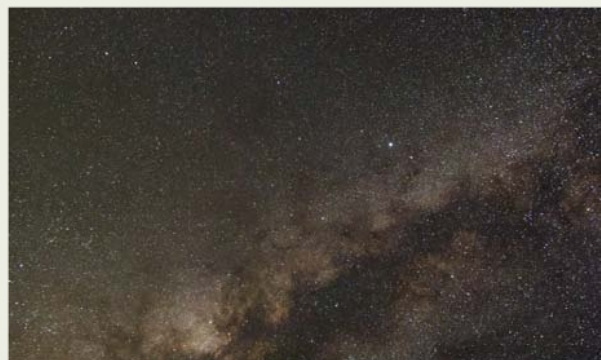
ÉVITER LES ÉTOILES VERTES

Sur cette vue de la Voie lactée, la mise au point et le suivi sont bons. Peut-être trop. En regardant de près, des étoiles très colorées sont visibles, y compris des étoiles vertes ! Or, ça n'existe pas. Il faut savoir qu'un capteur CCD ou Cmos ne voit pas les couleurs. Dans un appareil photo, la solution pour y parvenir consiste à mettre devant les pixels des petits filtres verts, rouges et bleus. Pour éviter qu'un détail ponctuel soit bleu, vert ou rouge, on place devant le capteur un filtre passe-bas : il floute les détails de haute fréquence. Or, lorsque l'on change le filtre d'un reflex afin d'étendre sa sensibilité dans le rouge pour l'astronomie, on supprime

aussi ce filtre passe-bas. Avec une focale modérée et une optique de qualité, les étoiles prennent des dominantes correspondant au filtre du pixel sur lequel leur image s'est formée. Pour éviter cela, la fonction "dithering" (tramage) des logiciels de guidage change légèrement le pointage de l'instrument entre chaque pose. Ainsi quand on additionne plusieurs photos, les défauts du capteur sont "lissés".

Paul Vincent

Reflex Canon EOS 350D / 5 min à 800 ISO et f/3,5



Les étoiles vertes n'existent pas ! C'est un artefact du capteur. Une étoile à dominante verte comme le Soleil émet aussi d'autres couleurs et nous apparaît blanche.

SPÉCIAL ARMSTRONG

L'astronaute américain Neil Armstrong s'est éteint le 25 août 2012. Pour découvrir qui était le premier homme à avoir marché sur la Lune, revivre son exploit ou en comprendre la portée, parcourez notre sélection.

RÉCIT

SOUS L'ŒIL DE L'ÉCRIVAIN



LE PUBLIC

Ce récit à la subjectivité assumée, par un monstre de la littérature américaine, s'adresse à tous.

NOTRE AVIS

Engagé en 1969 par *Life Magazine* pour couvrir le vol d'Apollo 11, l'écrivain Norman Mailer est là où nous aurions tous voulu être. Près des astronautes, au lancement à cap Canaveral, puis à Houston où il côtoie les principaux protagonistes de cette histoire. Ses plus belles pages restent sans doute celles consacrées aux deux héros de cette aventure : Armstrong et la Lune.

Du premier, Mailer dit qu'il est *"un homme qui attire le silence"*, partage *"un certain sentiment d'intimité avec la mort"*, et surtout, il est le seul astronaute à faire du vol à voile pendant ses loisirs : *"L'essentiel dans la vie est d'être en l'air."* La Lune, quant à elle, *"était comme une vieille machine à calculer déglinguée, avec un enchevêtrement de fils brûlés, champ de bataille muet des coups, des contusions et des impacts de tous les corps [...], elle parlait de trous, de marmites, de supplices, de cicatrices, de bourrelets et de boursouflures de magma fondu."* De la rencontre entre ces deux extraterrestres naîtra l'un des mythes fondateurs de l'Amérique du XX^e siècle. AC

Bivouac sur la Lune / Norman Mailer

Éditions Robert Laffont / Pavillons Poche / 640 p. / 10,90 €

RÉCIT

DE RETOUR DE LA LUNE



LE PUBLIC

Tous les lecteurs, même jeunes, goûteront avec intérêt ce récit de l'aventure d'Apollo 11 publié moins d'un an après les faits.

NOTRE AVIS

Les transcriptions des conversations entre les astronautes d'Apollo 11 et le centre spatial de Houston rythment cet ouvrage, dont la narration donne le contexte de la première aventure lunaire. Des témoins racontent leurs anecdotes avec les trois héros. L'entraînement, la vie de famille et les aspects techniques d'une mission Apollo permettent de comprendre chaque étape du voyage. PH

Premiers sur la Lune / Gene Farmer et Dora Jane Hamblin

Éditions Robert Laffont / 510 p. / En occasion

DOCUMENT VIDÉO

EN DIRECT DE LA MER DE LA TRANQUILLITÉ



LE PUBLIC

Tout le monde... mais c'est en anglais !

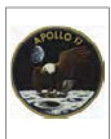
NOTRE AVIS

Les séquences télévisées ou filmées tournées pendant la mission Apollo 11 sont réunies dans ces DVD. Aucun commentaire : juste les images telles qu'elles sont parvenues aux télévisions de l'époque ou à la Nasa. On peut voir l'intégralité de la marche sur la Lune d'Armstrong et d'Aldrin, sous deux angles différents selon que l'on sélectionne la caméra de télévision ou la caméra 16 mm du module lunaire. Un vrai document ! PH

Apollo 11 / 3 DVD / Spacecraft Films / 10 h / 44,99 \$

SITE INTERNET

MINUTE PAR MINUTE



LE PUBLIC

Pour tous, et en particulier pour les non-anglophones qui voudront suivre l'intégralité de la mission Apollo 11 en vidéo (voir ci-dessus).

NOTRE AVIS

Tout ce qui s'est dit sur la Lune, ce 21 juillet 1969, est dans cette transcription en français du journal de surface d'Apollo 11. Aux échanges entre Armstrong, Aldrin et la Terre sont associés les commentaires des astronautes lors du débriefing de la mission. DF

Apollo 11 : journal de la surface lunaire / Transcription d'Eric M. Jones

Traduction de René et Lorraine Cantin / <http://goo.gl/Fap5l>

FICTION

LES COULISSES D'APOLLO



LE PUBLIC

Cette minisérie consacrée au programme lunaire américain est visible par tous, passionnés ou simples curieux !

NOTRE AVIS

Douze épisodes produits par l'acteur Tom Hanks (Jim Lovell dans *Apollo 13*) et Ron Howard explorent les multiples facettes de l'aventure Apollo. À travers chacune des missions sont abordés les problèmes techniques et humains auxquels la Nasa a dû faire face. Une narration efficace servie par d'excellents acteurs fait de cette série une référence en la matière.

PH

De la Terre à la Lune / 4 DVD

HBO-Studio Canal / 10 h 54 min / Langues : français, anglais ; sous-titres : français / 99 €

DOCUMENTAIRE

UNE HISTOIRE AMÉRICAINE DE L'ESPACE



LE PUBLIC

Quiconque souhaite revivre les principaux épisodes de la conquête de l'espace et de la course à la Lune.

NOTRE AVIS

Ce documentaire en six épisodes retrace l'histoire des vols habités, des débuts à nos jours. Il s'appuie sur des documents authentiques, commentés par les astronautes, les ingénieurs et tous les témoins de l'épopée. L'ensemble est instructif et bien raconté. Il est néanmoins dommage qu'il soit un peu trop à la gloire des États-Unis : les exploits russes (Spoutnik, Gagarine...) ne sont qu'évoqués, voire omis.

PH

Nasa : l'épopée de la conquête spatiale / 2 DVD

Discovery Channel / 4 h 24 min / 16,99 €

RÉCIT

AUTOBIOGRAPHIE HÉROÏQUE



LE PUBLIC

Les mordus du programme Apollo qui veulent tout comprendre des événements qui ont conduit Neil Armstrong et les autres à marcher sur la Lune.

NOTRE AVIS

Dans ce livre, dont la première édition date de 1995, toute l'histoire de la conquête spatiale américaine est vue par deux hommes du programme Mercury : Deke Slayton et Alan Shepard, premier Américain à séjourner dans l'espace puis commandant d'Apollo 14. Deux écrivains spécialistes de la Nasa leur ont prêté main forte pour rédiger ce récit extrêmement détaillé qui, du coup, se lit comme un roman.

EM

Ils voulaient la Lune /
Alan Shepard et Deke Slayton

Éditions Ifrane / 400 p. / En occasion

INTERVIEW

NEIL ARMSTRONG SE RACONTE



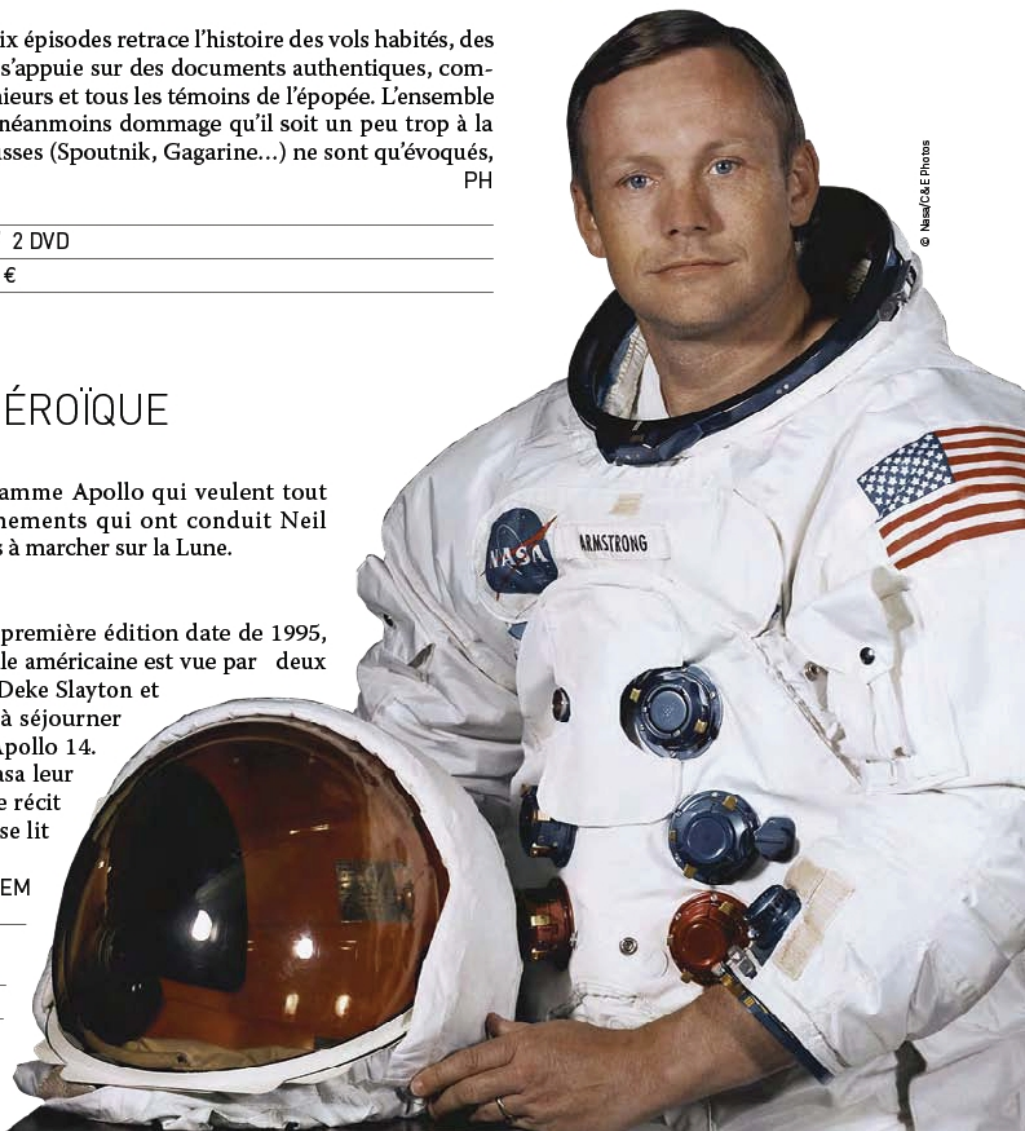
Au cœur de ce hors-série sur la conquête spatiale se trouvait un trésor : une longue interview du Neil Armstrong. Sur 40 pages, le "vainqueur de la Lune" raconte tout : le gamin de l'Ohio féru d'aviation, ses classes à l'école d'aéronavale, la guerre de Corée, son recrutement par la Nasa... On y lit aussi le récit d'anecdotes savoureuses : ce qui l'a inspiré pour son célèbre "*it's a small step for a man*", ou ce qui l'a le plus surpris sur la Lune. Un document.

EM

L'homme dans l'espace / Ciel & Espace

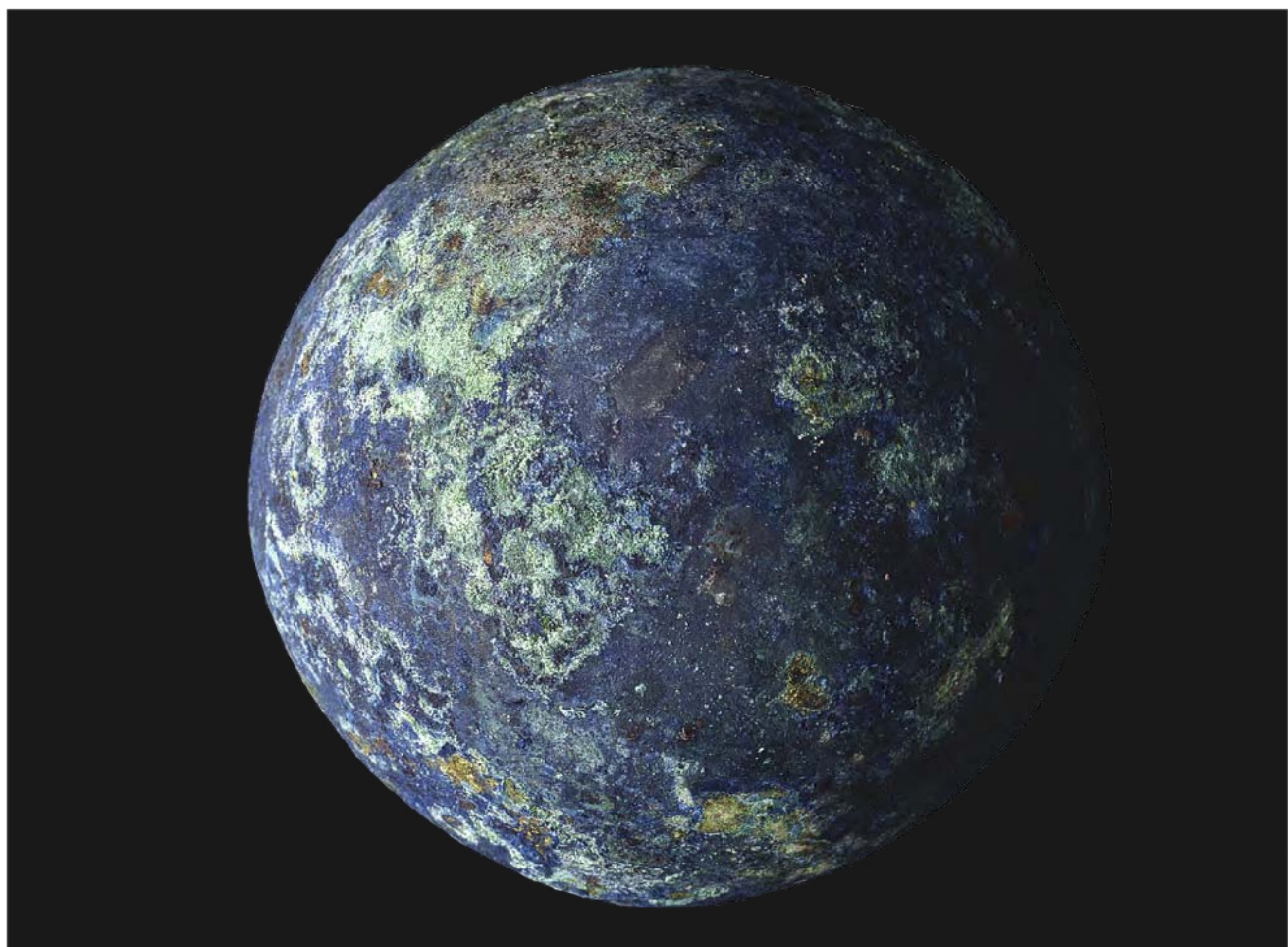
Hors-série, novembre 2003 /

<http://goo.gl/PUA2D>



© Nasa/C&E Photos

UN MONDE DANS UNE ÉCUELLE



© Jean-Baptiste Huynh



David Fossé

EST-CE la Terre ? Pas vraiment... Mars couverte d'eau, voici 4,5 milliards d'années ? Non plus ! Une cartographie radar de Vénus ? Vous n'y êtes pas. Il ne s'agit pas plus de la représentation de l'une des cinq planètes extrasolaires réputées habitables à ce jour, même si sa dominante outremer évoque irrésistiblement un océan que l'on peuplerait volontiers d'une vie grouillante... En réalité, cette "planète" est un bol venu d'Iran, issu du département des Antiquités orientales du Louvre. Sous l'œil du

photographe Jean-Baptiste Huynh — qui expose jusqu'au 31 décembre une série de photographies à très grand format réalisées à partir des collections du musée —, un objet usuel est devenu tout un monde en apesanteur. Il semble que nous pourrions flâner pendant des heures sur ses continents d'oxydes. En nous interrogeant : sommes-nous les seuls dans l'Univers à projeter l'infini dans nos écuelles ?



CELESTRON®

SKY PRODIGY 6"

Ce télescope associe une motorisation, un "ordinateur" intelligent intégré, un capteur numérique et la technologie StarSense™ qui permet un alignement automatique et instantané ne nécessitant aucun effort de la part de l'utilisateur.

Mettez-le simplement en marche, appuyez sur le bouton et appréciez la vue ! C'est aussi simple que ça.

**Aucune connaissance du ciel n'est requise.
L'innovation en une touche vous transforme
en astronome instantanément.**

Le système d'alignement automatique SkyProdigy prend seulement quelques minutes pour être prêt à choisir parmi des milliers d'objets à observer.

- Système d'alignement automatique
- Monture Alt-azimutale informatisée
- Monture à fourche et tube optique avec installation rapide sans outils
- Trépied en acier inoxydable réglable en hauteur
- CD-ROM "The SkyX" First Light Edition
- Boîtier piles d'alimentation
- Base de données permettant de localiser plus de 4000 objets célestes
- Technologie StarSense pour une procédure d'alignement complètement automatique sans intervention de l'utilisateur
- Logiciel de contrôle de la raquette de commande avec mise à jour disponible par téléchargement sur Internet

Caractéristiques

• Principe optique	Télescope
• Tube optique	Schmidt Cassegrain
• Traitement	Multicouche
• Diamètre	152 mm
• Longueur de focale	1 500 mm
• Rapport d'ouverture	F/9,8
• Magnitude limite	13,4
• Clarté	472 x
• Chercheur	point rouge
• Oculaires livrés	25 mm 9 mm
• Grossissements	60 x 167 x
• Grossissement maximum	359 x
• Coulant	31,75 mm
• Poids	10 Kg
• Type monture	Alt-azimutale
• Trépied	tubulaire en acier
• Hauteur	réglable
• Motorisation	double axe
• Raquette de commande	Go-to, base de données 4000 objets
• Procédure d'alignement	StarSense
• Mode de suivi	Alt-Az
• Vitesse de suivi	Sidérale, Solaire, Lunaire
• Logiciel livré	The SkyX



StarSense
TECHNOLOGY

MEDAS INSTRUMENTS

LABEL CONFIANCE

57 Av. Paul Doumer • 03200 VICHY • Tél. 04 70 30 19 30

En vente Opticiens et Maisons spécialisées - Liste des revendeurs sur www.medas.fr

SKY PRODIGY

