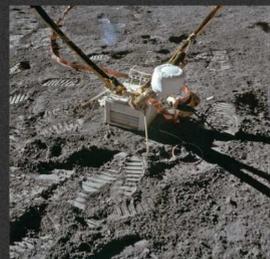
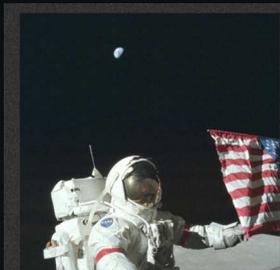
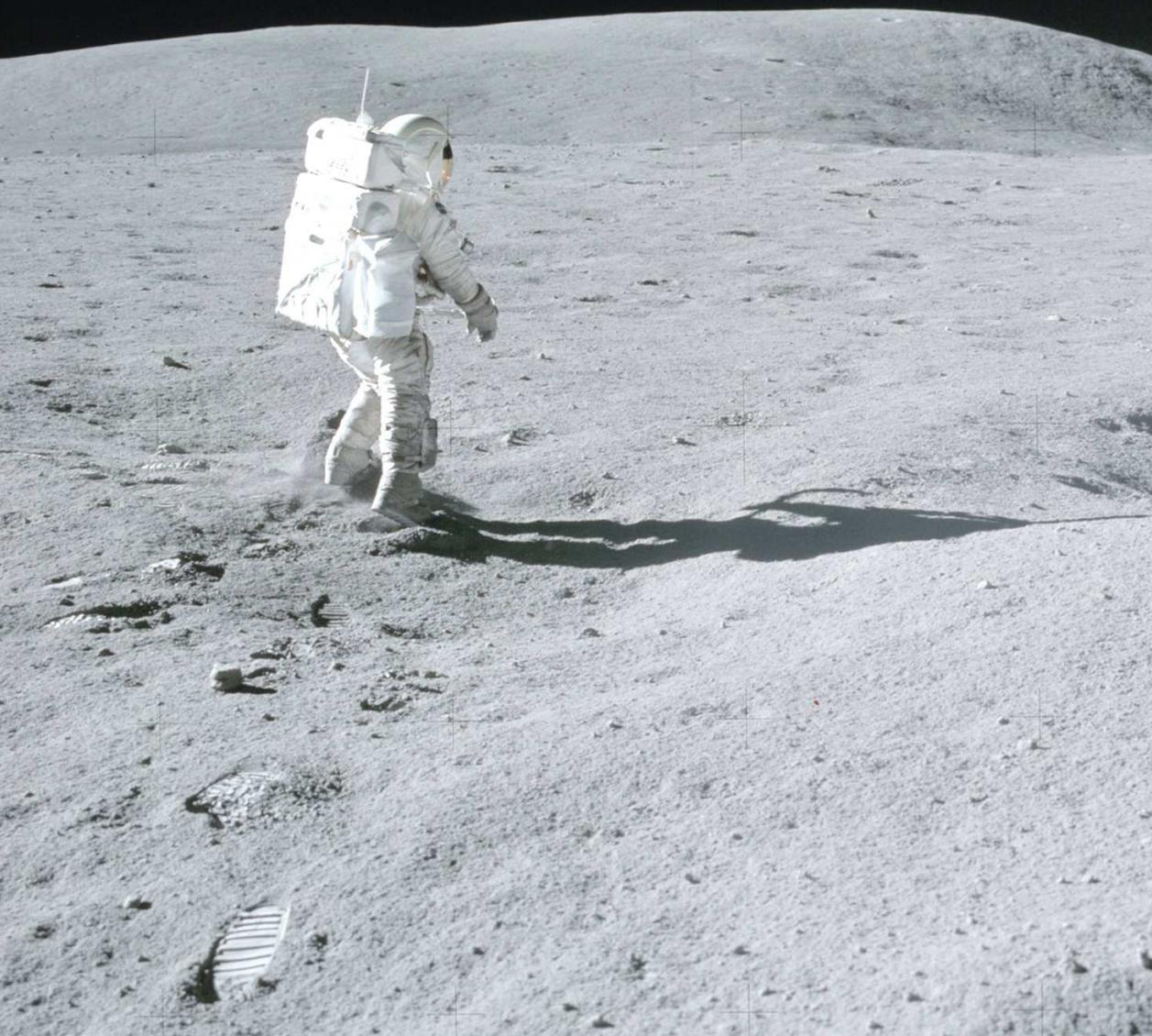


MACRO Cosmos

bimestriel d'information scientifique
et technique * Juillet-Août 2019

Il y a 50 ans, nous avons marché sur la Lune

DEUXIÈME PARTIE



NortheK

Instruments - Composites - Optics

RITCHEY-CRÉTIEN 250 MM

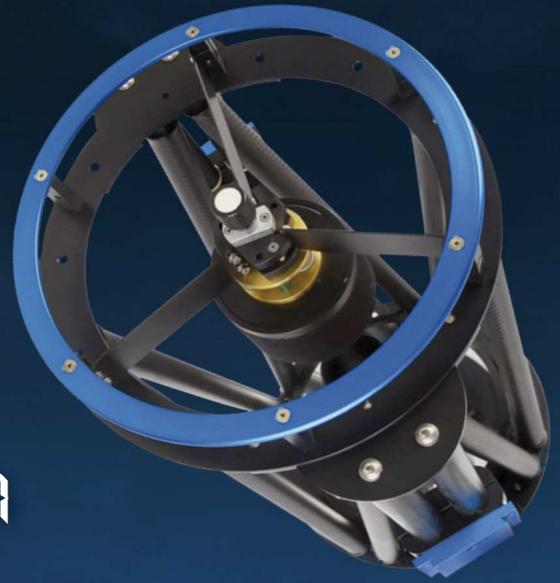
F/8.5 OPTIQUE EN SUPRAX PAR SCHOTT

STRUCTURE DE CARBONE

CELLULE NORTHEK STABILOBLOK 25

MISE AU POINT FEATHER TOUCH FTF 2000 2"

POIDS 15 KG.





édition Française du magazine

ASTROFILO

Directeur responsable
Michele Ferrara

Conseiller scientifique
Prof. Enrico Maria Corsini

Éditeur
Astro Publishing di Pirlo L.
Via Bonomelli, 106
25049 Iseo - BS - ITALY
email info@astropublishing.com

Internet Service Provider
Aruba S.p.A.
Via San Clemente, 53
24036 Ponte San Pietro - BG - ITALY

Copyright
Tout le contenu du magazine est, sauf mention expresse, la propriété de Astro Publishing di Pirlo L. ou inclus avec la permission de l'auteur. La reproduction ou la diffusion totale ou partielle du contenu, de quelque manière que ce soit, sans l'accord écrit préalable du détenteur des droits, est une violation de copyright. Une copie unique du contenu peut être réalisée, seulement pour un usage personnel et non-commercial. L'utilisateur ne peut distribuer une telle copie à d'autres, sous forme électronique ou non, à titre payant ou non, sans l'accord écrit préalable du détenteur du copyright. L'éditeur peut être contacté pour obtenir les droits de sources iconographiques non spécifiées.

Publicité - Administration
Astro Publishing di Pirlo L.
Via Bonomelli, 106
25049 Iseo - BS - ITALY
email admin@astropublishing.com

SOMMAIRE

4

Il y a 50 ans, nous avons marché sur la Lune (Deuxième Partie)

Nous continuons et complétons notre contribution aux célébrations du cinquantième anniversaire de la conquête de la Lune, dont la première partie a été publiée dans le numéro de mai-juin. L'objectif reste de mettre en évidence les raisons pour lesquelles la NASA a choisi des sites spécifiques pour les six...

30

Un fragment métallique planétaire survit à la destruction d'une étoile

Un fragment d'une planète qui a survécu à la mort de son étoile a été découvert dans un disque de débris formé par des planètes détruites que l'étoile finit par absorber. La découverte a été faite par un groupe d'astronomes dirigé par l'Université de Warwick et impliquant des chercheurs d'IAC et ULL. Le fragment...

32

La différence dans les calculs de la constante de Hubble n'est pas aléatoire

Les astronomes utilisant le télescope spatial Hubble affirment avoir franchi un seuil important en révélant un écart entre les deux techniques clé permettant de mesurer le taux d'expansion de l'univers. L'étude récente confirme le fait que de nouvelles théories peuvent être nécessaires pour expliquer les forces qui...

36

Hubble observe un astéroïde rare actif

Grâce à une collaboration imposante réunissant des données de télescopes au sol, de programmes de surveillance du ciel entier et de télescopes en orbite (y compris le télescope spatial Hubble), un rare astéroïde « autodestructeur » appelé 6478 Gault a été observé. Des images claires de Hubble ont fourni aux...

40

Localiser Gaïa afin de cartographier la Voie Lactée

Le satellite Gaïa de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) scrute le ciel depuis l'orbite terrestre afin de créer la cartographie tridimensionnelle la plus étendue et la plus précise de notre galaxie. L'an passé, la mission Gaïa a publié son très attendu second jeu de données listant, avec une précision inégalée, les paramètres...

44

Un système d'amas globulaires dans le disque d'une galaxie

Les amas globulaires sont des groupes de 100 000 à 1 000 000 étoiles, dont les composants ont à peu près le même âge et une composition chimique similaire. Ce sont des objets très anciens, formés il y a environ 11,5 milliards d'années, soit 2,3 milliards d'années après le Big Bang. Ces amas se trouvent...

46

Émissions radio des particules de poussière dans MACS0416_Y1

Les chercheurs ont détecté un signal radio généré par poussière interstellaire abondante dans MACS0416_Y1, une galaxie située à 13,2 milliards d'années-lumière dans la constellation de l'Éridan. Les modèles standards ne peuvent expliquer cette poussière dans une galaxie si jeune, ce qui nous oblige...

48

De nouveaux détails sur les plus anciennes étoiles de la Voie Lactée

Une équipe internationale dirigée par un chercheur de l'Universitat Politècnica de Catalunya – Barcelona-Tech (UPC) et de l'Institut d'études spatiales de Catalogne (IEEC), a mesuré pour la première fois les paramètres stellaires d'un très ancien type d'étoiles galactiques connues sous le nom de « sous-naine froide »...

50

Hubble assemble une large vue de l'univers lointain

Les astronomes ont construit le « livre d'histoire » le plus vaste et le plus complet des galaxies sur une seule image, en se basant sur 16 années d'observations effectuées par le télescope spatial Hubble. La mosaïque du ciel profond, créée à partir de près de 7500 expositions individuelles, fournit un large...

54

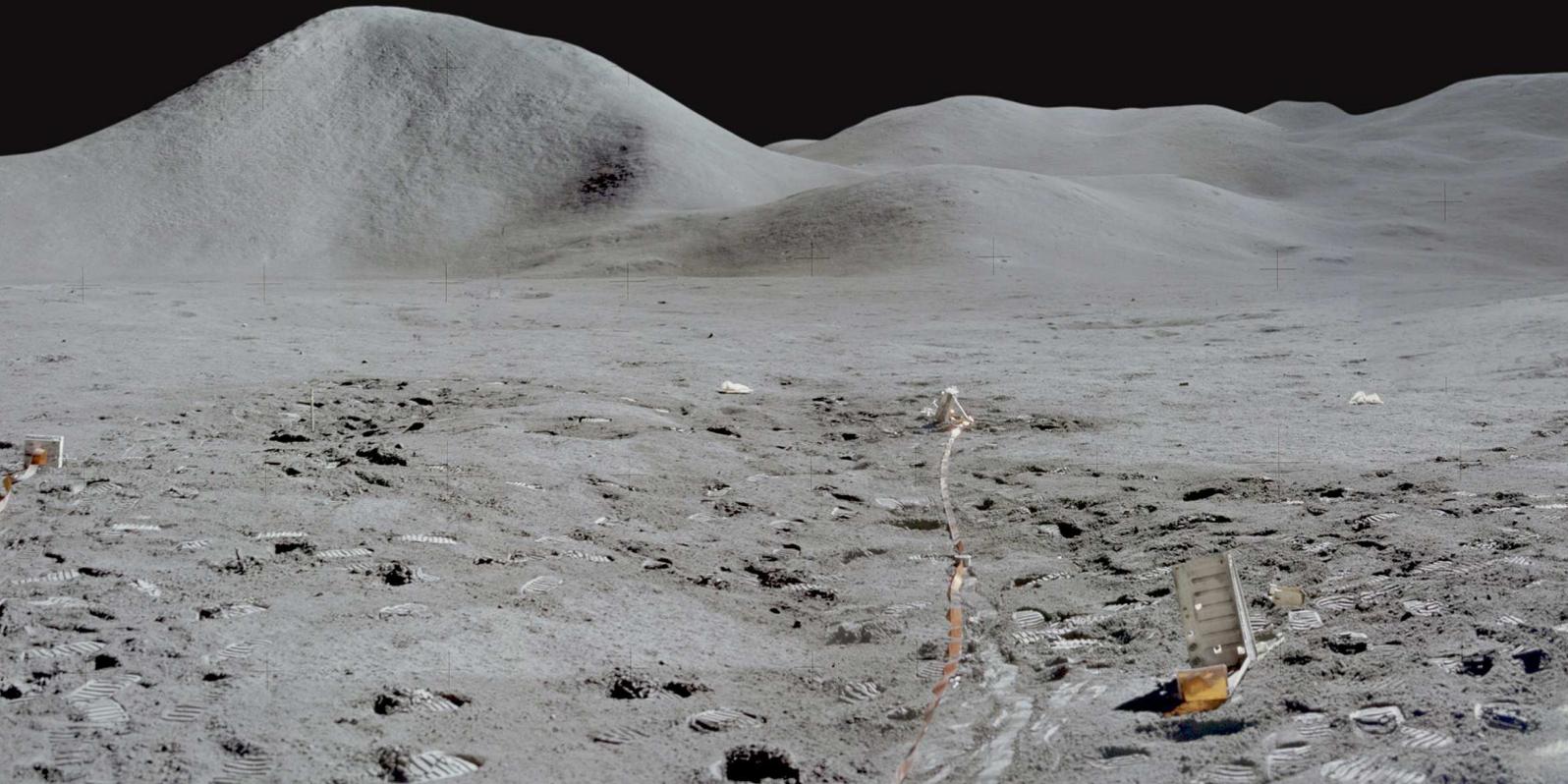
GRAVITY innove dans le domaine de l'imagerie exoplanétaire

L'instrument GRAVITY, qui équipe l'Interféromètre du Very Large Telescope (VLT) de l'ESO, a effectué la première observation directe d'une exoplanète au moyen de l'interférométrie optique. Cette technique a révélé l'existence d'une atmosphère exoplanétaire complexe composée de nuages de fer et de silicates...

Il y a 50 ans, nous avons marché sur la Lune

(Deuxième Partie)

*par Michele Ferrara
relu par Audrey et Charles Choné*



Nous continuons et complétons notre contribution aux célébrations du cinquantième anniversaire de la conquête de la Lune, dont la première partie a été publiée dans le numéro de mai-juin. L'objectif reste de mettre en évidence les raisons pour lesquelles la NASA a choisi des sites spécifiques pour les six atterrissages humains, et l'importance que ces sites avaient et ont encore du point de vue de la connaissance de l'évolution géologique de la Lune.

Après avoir échantillonné les territoires des mers et la Formation Fra Mauro, les géologues avaient hâte

d'envoyer les astronautes dans un environnement montagneux, mais aucun site de ce type n'avait été suffisamment inspecté pour le valider en vue d'un atterrissage. Cependant, les alternatives disponibles ne manquaient pas. En plus des structures apparemment volcaniques des Collines Marius et de la Chaîne de Davy, il existait dans la Mer de la Sérénité un système de crêtes et de ravines d'apparence sombre, qu'Apollo 14 prévoyait de visiter avant d'être redirigé vers Fra Mauro. Au début, Apollo 15 devait être une mission 'H' (atterrissage de précision, avec un séjour pouvant aller

jusqu'à deux jours sur la Lune, avec deux activités extravéhiculaires), mais le 2 septembre 1970, il fut décidé de la transformer en une première mission 'J', capable de rester plus longtemps sur la Lune et avec une plus grande mobilité à la surface. Pour cette raison, un site avec plusieurs structures était vraiment nécessaire pour tirer parti de l'énorme potentiel d'exploration offert par le Lunar Roving Vehicle (LRV – Rover lunaire en français). La cible pressentie était un nouveau candidat : le sillon Hadley, à l'est de la Mer des Pluies. Parmi les deux types de ravines lunaires existantes, les li-

APOLLO 15 – Image panoramique de la zone Opérationnelle d'Apollo 15. [NASA, Project Apollo Archive; image merging by Astro Publishing]



APOLLO 15 – David R. Scott au travail à côté du Lunar Roving Vehicle, stationné près de la Chaîne Hadley. [NASA, Project Apollo Archive]





A POLLO 15 – James B. Irwin, pilote du module lunaire, utilise une pelle à main pour creuser un sillon dans le terrain lunaire. [NASA, Project Apollo Archive]



A POLLO 15 – David R. Scott sur le rocher de la Station 2. [NASA, Project Apollo Archive]



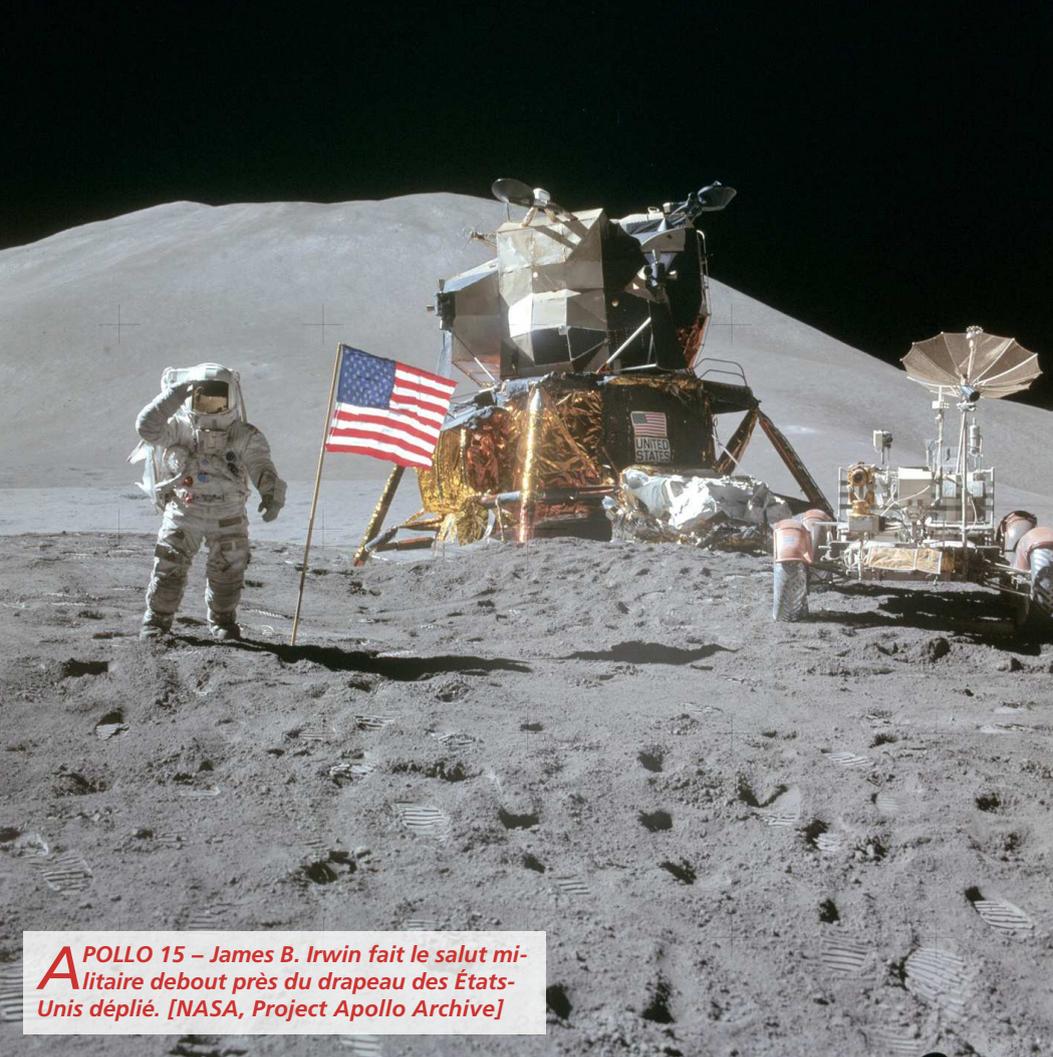
APOLLO 15 – Vue panoramique
de Hadley Delta et au-delà.
[NASA, Project Apollo Archive; image
merging by Astro Publishing]



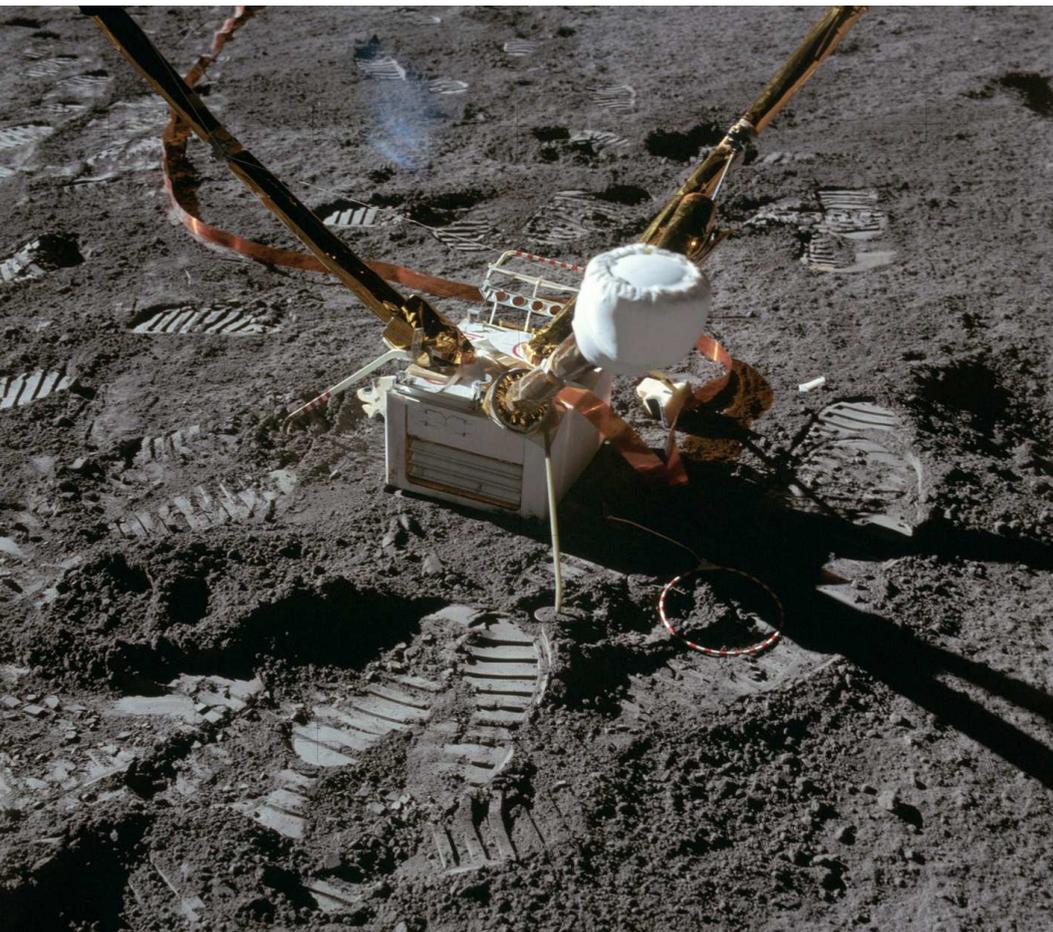
néaires et les sinueuses, Hadley est l'une des ravines sinueuses les plus impressionnantes. Elle commence dans une fente voûtée dans le bassin en face des Monts Apennins, et exploite ensuite un système de fractures radiales et périphériques pour se diriger vers le nord sur environ 110 km, parallèlement au littoral marin. À la base du Mont Hadley Delta (un sommet au sud du Mont Hadley) il touche le Palus

APOLLO 15 – Un astronaute au travail près de la Chaîne Hadley. En bas à droite, scènes de 'vie lunaire' de la mission Apollo 15. [NASA, Project Apollo Archive]





A POLLO 15 – James B. Irwin fait le salut militaire debout près du drapeau des États-Unis déplié. [NASA, Project Apollo Archive]



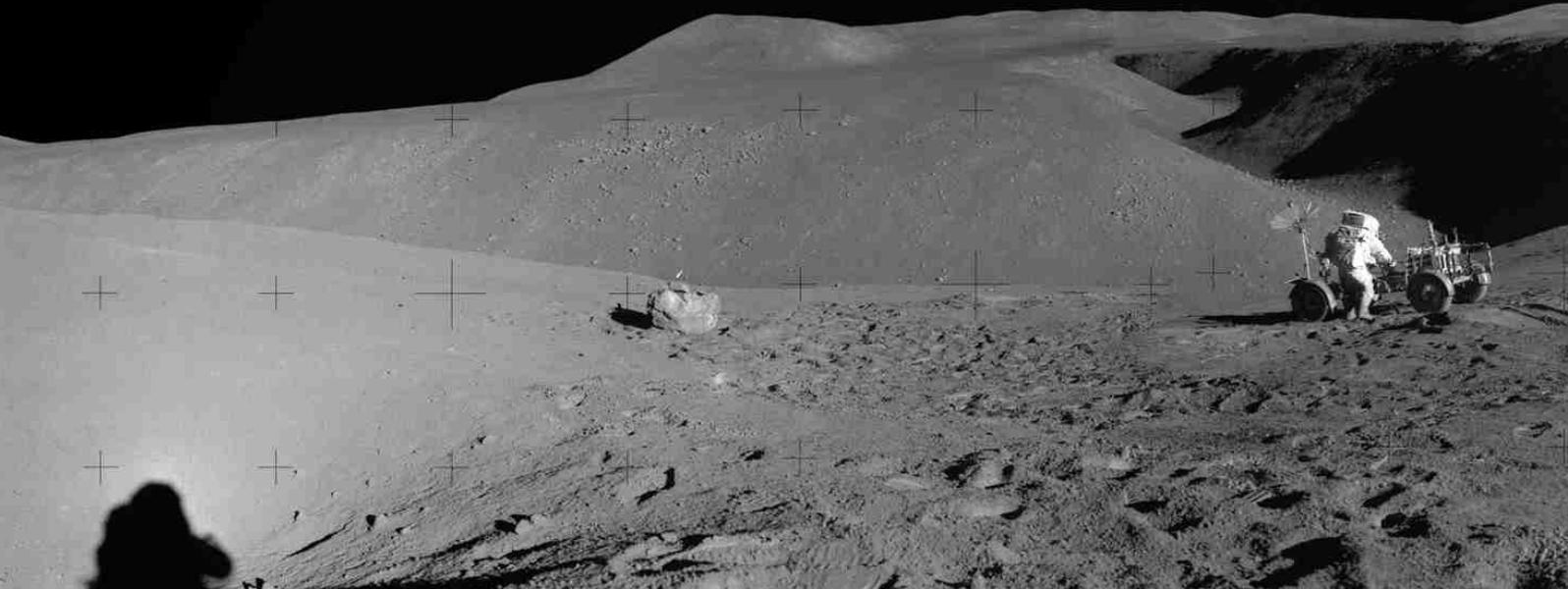
A POLLO 15 – Le paquet d'expériences de surface lunaire Apollo (ALSEP) positionné pendant la mission Apollo 15. [NASA, Project Apollo Archive]

Putredinis, avant de finalement disparaître. La combinaison Hadley-Apennins promettait d'être une cible optimale pour l'étude de la formation de la Mer des Pluies, qui à son tour était la base de l'étude stratigraphique de la Lune. Mais atterrir dans cette zone aurait été un défi du point de vue opérationnel, car cela aurait impliqué le survol des Apennins, dont les sommets sont parmi les plus hauts de la face de la Lune visible depuis la Terre, et aurait

APOLLO 15 – James B. Irwin
travaillant avec le LRV.
[NASA, Project Apollo Archive]



APOLLO 15 – Vue panoramique du bord de la Chaîne Hadley.
Une version haute résolution de cette image est visible à l'adresse
https://www.astropublishing.com/moonscapes/A15_Hadley_Rille_panorama.pdf
[NASA, Project Apollo Archive; image merging by Astro Publishing]



nécessité une descente deux fois plus raide que les missions précédentes pour descendre dans la vallée entre deux massifs et une ravine. Il n'y avait donc aucune marge de manœuvre par rapport à une approche idéale ce qui avait rendu impossible son exploration lors des missions précédentes. Par ailleurs, cette mission a nécessité d'assouplir les règles de sélection des





sites d'alunissage. Jusque-là, pour être certifié, un site et son approche venant de l'est devaient avoir été documentés en haute résolution. La région de Hadley-Apennins n'avait été photographiée par un Lunar Or-

biter que comme site d'intérêt scientifique, avec une résolution juste acceptable d'environ 20 mètres. C'était la topographie qui bordait Hadley-Apennins qui rendait le site si attrayant pour les scientifiques. La

disponibilité d'une ravine sur une mer inondant la vallée d'une chaîne de montagnes à la périphérie de la Mer des Pluies a fait d'Apollo 15 la première mission à cibles multiples. Envoyer un vol précédent sur un site



A *POLLO 16 – Vue panoramique du site d'atterrissage d'Apollo 16. Une image en version haute résolution de cette image est visible à l'adresse https://www.astropublishing.com/moonscapes/A16_LEM_Station_panorama.pdf [NASA, Project Apollo Archive; image merging by Astro Publishing]*

aussi riche aurait été un gaspillage, car le LRV était essentiel pour exploiter un tel potentiel.

Sur Terre, le processus d'orogénèse est le résultat de la tectonique des plaques et il faut des millions d'années pour créer une chaîne de montagnes. La surface lunaire, au contraire, est façonnée par le bom-

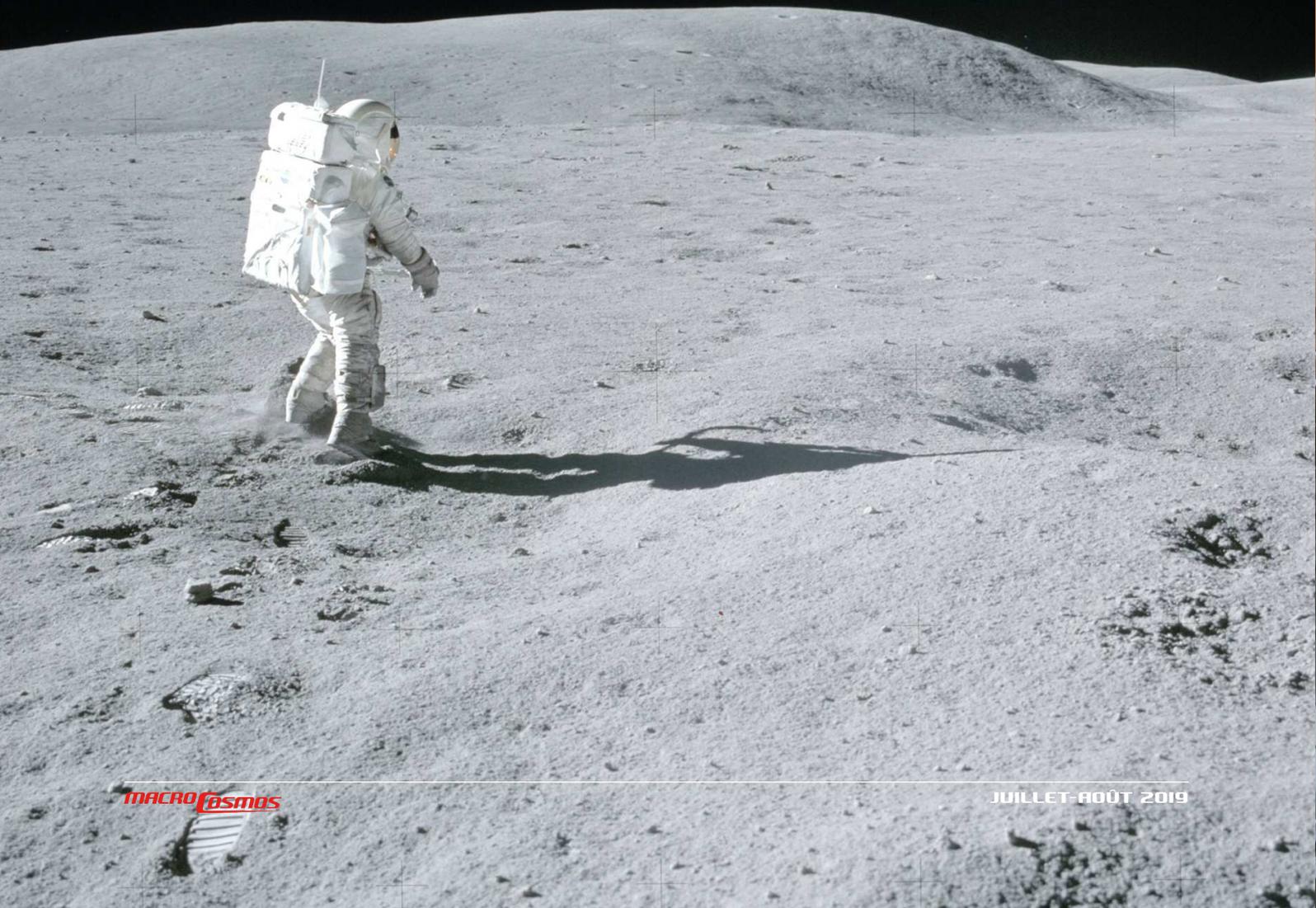
bardement de météorites et les montagnes entourant les bassins d'impact ont été instantanément soulevées lorsque le choc a brisé la croûte, produisant une série de failles radiales et périphériques sécantes. Dans ce scénario les montagnes sont donc des masses individuelles.

Les Apennins forment le bord sud-est de la Mer des Pluies, et la pente raide qui fait face au bassin de cette chaîne est connue sous le nom de Front des Apennins. Pour apprécier

l'importance de cette chaîne de montagnes, il est nécessaire de considérer sa position entre les bassins Imbrium (Mer des Pluies) et Serenitatis (Mer de la Sérénité).

La Lune peut être étudiée par analyse stratigraphique basée sur le principe de superposition. Cette analyse montre qu'avant l'événement Imbrium, le terrain sur lequel les Apennins ont été construits était la partie interne de l'équivalent pour Serenitatis de la Formation Fra Mauro. Par conséquent, il y avait

A **POLLO 16 – Charles Duke**
Marche dans le Plum Crater.
[NASA, Project Apollo Archive]





APOLLO 16 – Les astronautes
prélèvent des échantillons
de la surface lunaire. [NASA,
Project Apollo Archive]

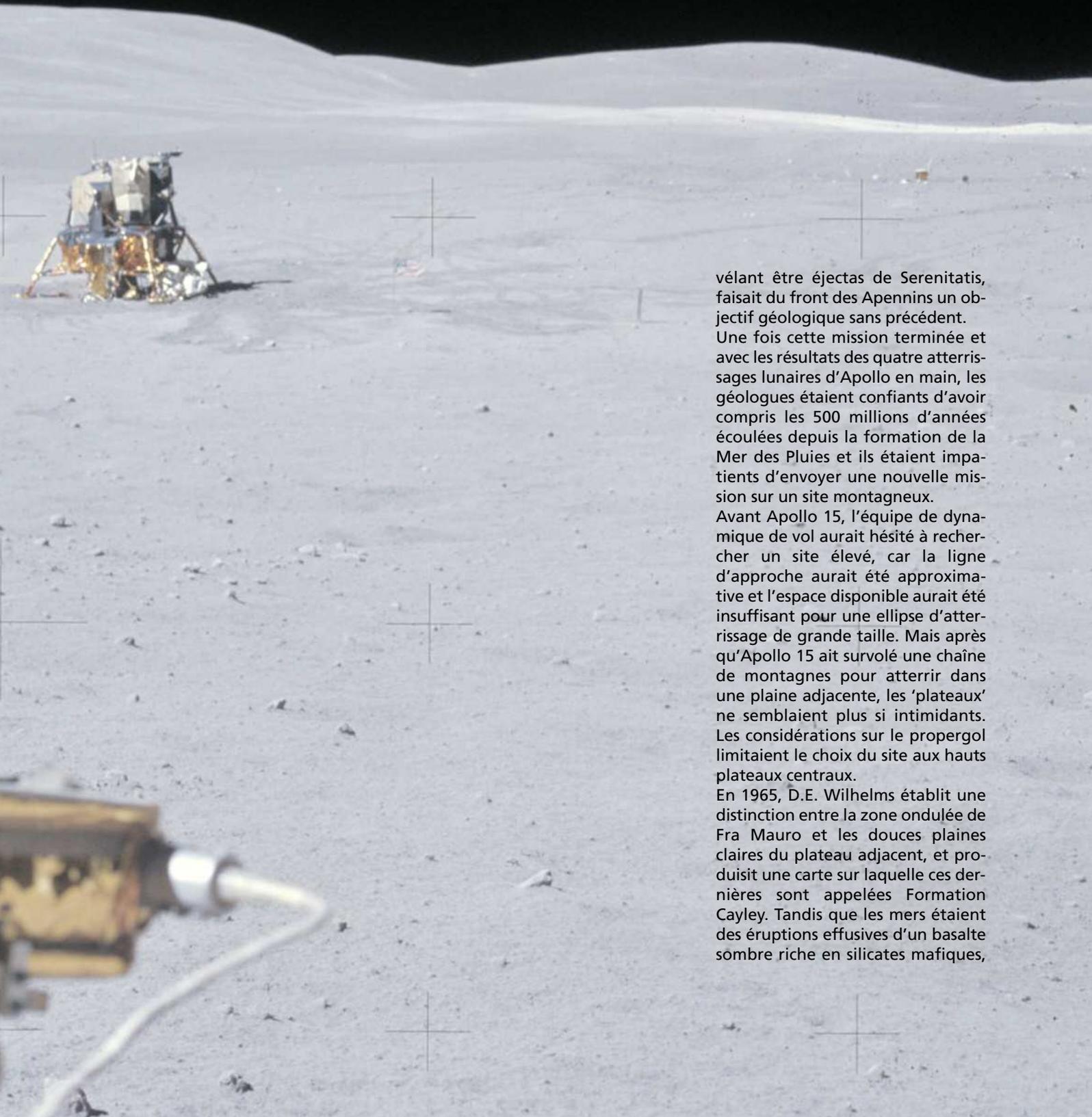


APOLLO 16 – John W. Young
posant à côté du LRV.
[NASA, Project Apollo Archive]

APOLLO 16 – Image prise à bord du LRV pendant que les astronautes se dirigeaient vers le module lunaire. [NASA, Project Apollo Archive]

une couche d'éjectas de Serenitatis déposée sur la croûte, plus tard contaminée par la formation de la Mer des Pluies, de sorte que les blocs de la croûte sous-jacents étaient exposés par le nouvel événement. Il est possible qu'une partie de ce matériel soit resté sur les pics, mais il est probable que la majeure partie ait glissée vers le bas et se soit accumulée dans les vallées. Lors de la formation d'un cratère d'impact, le matériel creusé plus profondément est laissé au bord du cratère lui-même. Quand un bassin est formé, il y a aussi une impulsion de matériel semi-fondu creusé dans les profondeurs de la croûte de surface, c'est ce matériel qui aurait recouvert les Apennins. Les roches de Fra Mauro ont révélé qu'Imbrium s'est formé il y a 3,85 milliards d'années, mais la Formation Fra Mauro ne recensait que les éjectas de la croûte. Pour Apollo 15, la perspective d'un grand cratère sur le flanc du massif des Apennins, capable de renfermer un échantillon de la croûte ancienne ou un rocher roulé du sommet et se ré-





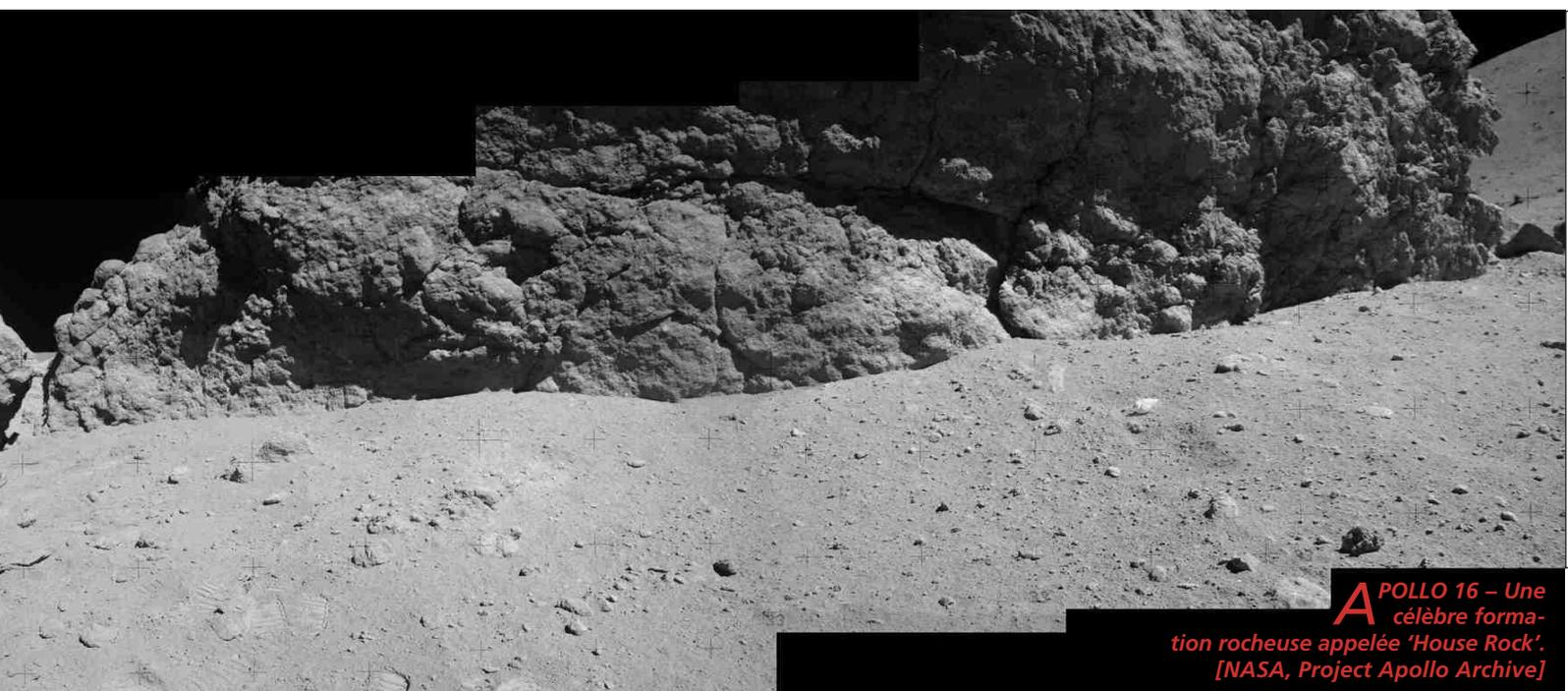
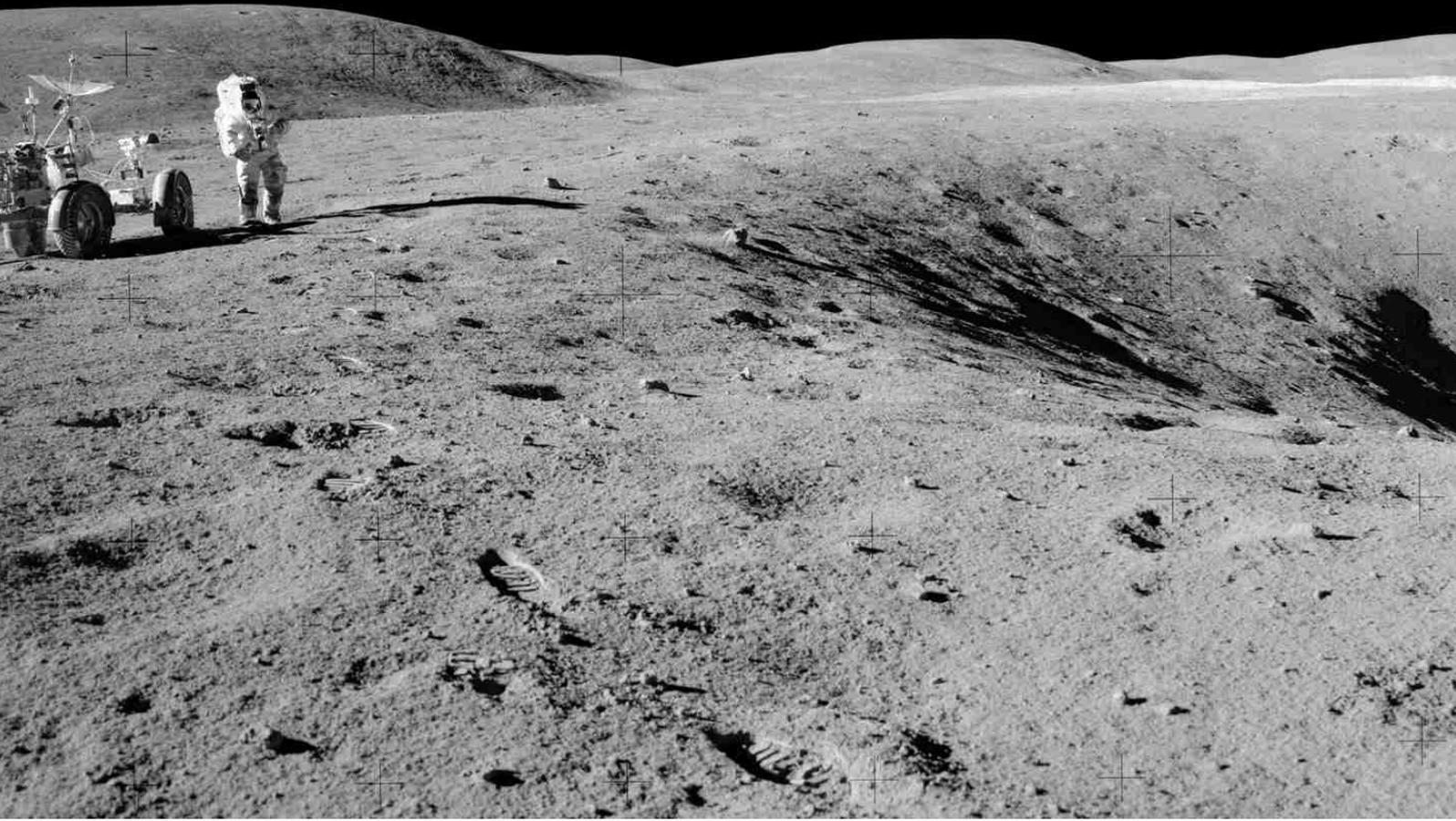
vélant être éjectas de Serenitatis, faisait du front des Apennins un objectif géologique sans précédent.

Une fois cette mission terminée et avec les résultats des quatre atterrissages lunaires d'Apollo en main, les géologues étaient confiants d'avoir compris les 500 millions d'années écoulées depuis la formation de la Mer des Pluies et ils étaient impatients d'envoyer une nouvelle mission sur un site montagneux.

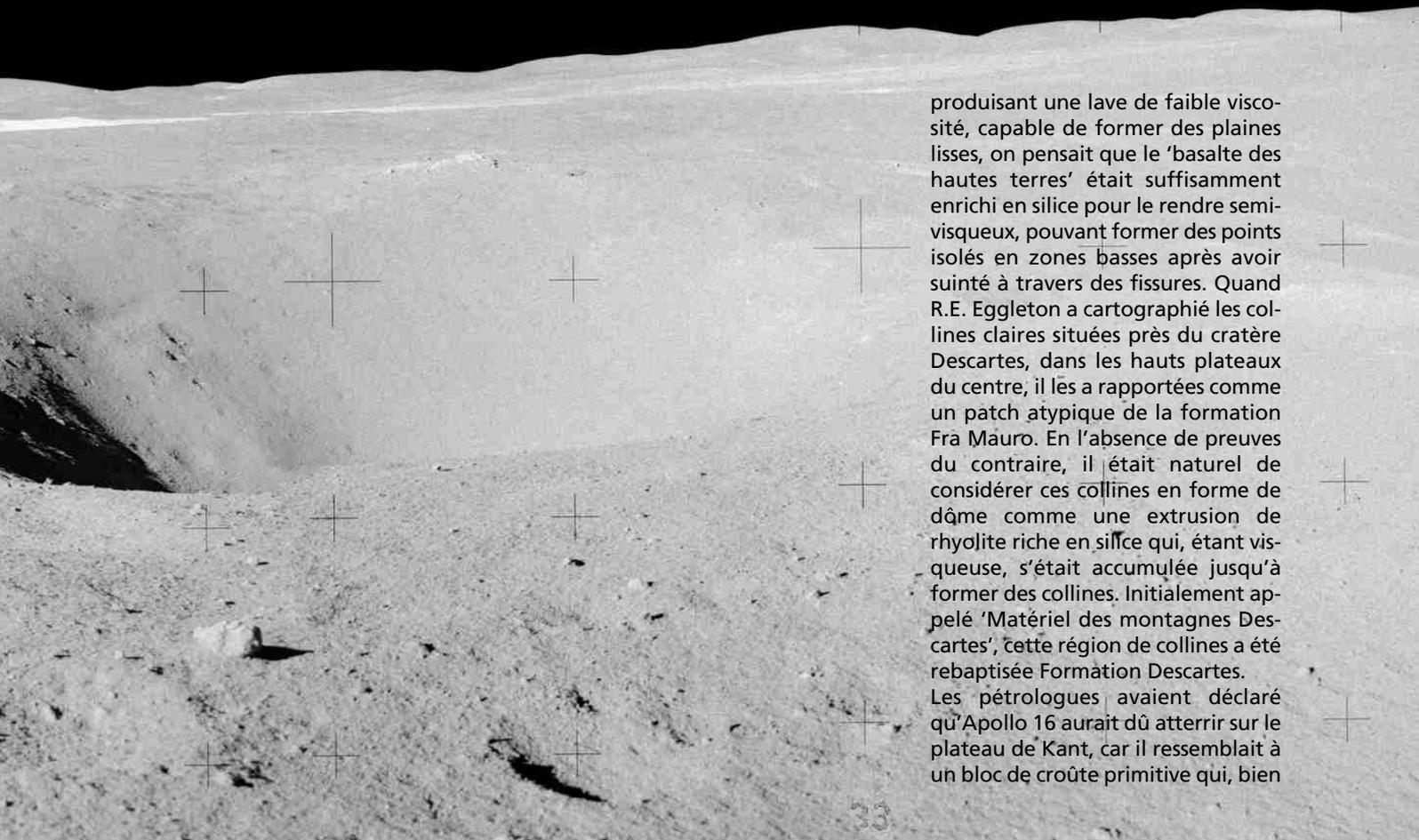
Avant Apollo 15, l'équipe de dynamique de vol aurait hésité à rechercher un site élevé, car la ligne d'approche aurait été approximative et l'espace disponible aurait été insuffisant pour une ellipse d'atterrissage de grande taille. Mais après qu'Apollo 15 ait survolé une chaîne de montagnes pour atterrir dans une plaine adjacente, les 'plateaux' ne semblaient plus si intimidants. Les considérations sur le propergol limitaient le choix du site aux hauts plateaux centraux.

En 1965, D.E. Wilhelms établit une distinction entre la zone ondulée de Fra Mauro et les douces plaines claires du plateau adjacent, et produisit une carte sur laquelle ces dernières sont appelées Formation Cayley. Tandis que les mers étaient des éruptions effusives d'un basalte sombre riche en silicates mafiques,

APOLLO 16 – Vue panoramique du Plum Crater.
Une version haute résolution de cette image est visible à l'adresse
https://www.astropublishing.com/moonscapes/A16_Plum_Crater_panorama.pdf
[NASA, Project Apollo Archive; image merging by Astro Publishing]



APOLLO 16 – Une célèbre formation rocheuse appelée 'House Rock'.
[NASA, Project Apollo Archive]



produisant une lave de faible viscosité, capable de former des plaines lisses, on pensait que le 'basalte des hautes terres' était suffisamment enrichi en silice pour le rendre semi-visqueux, pouvant former des points isolés en zones basses après avoir suinté à travers des fissures. Quand R.E. Eggleton a cartographié les collines claires situées près du cratère Descartes, dans les hauts plateaux du centre, il les a rapportées comme un patch atypique de la formation Fra Mauro. En l'absence de preuves du contraire, il était naturel de considérer ces collines en forme de dôme comme une extrusion de rhyolite riche en silice qui, étant visqueuse, s'était accumulée jusqu'à former des collines. Initialement appelé 'Matériel des montagnes Descartes', cette région de collines a été rebaptisée Formation Descartes. Les pétrologues avaient déclaré qu'Apollo 16 aurait dû atterrir sur le plateau de Kant, car il ressemblait à un bloc de croûte primitive qui, bien

que cratérisée, ne semblait pas masquée par le volcanisme ; mais les géologues ont rejeté cette idée précisément pour cette raison : ils cherchaient des preuves de volcanisme. Ils ont souligné que juste au-delà du versant ouest du plateau se trouvait la Formation Descartes et qu'un atterrissage dans l'une des vallées qui semblent coincées dans la Formation Cayley aurait permis à une seule mission d'échantillonner les deux types de terrain.

Les informations fournies par les observations directes d'Apollo 16 ont bouleversé la logique scientifique entourant le choix du site d'atterrissage. La Formation Cayley n'était finalement pas une plaine volcanique. La nature de la Formation Descartes était incertaine car son échantillonnage n'était pas clair. Si Stone Mountain était d'origine volcanique, cela aurait été masqué par les éjectas de South Ray. Bien que la région de Smoky Mountain n'ait pas été échantillonnée, rien n'avait été observé sur North Ray suggérant du volcanisme. Apollo 16 a suggéré qu'il y a probablement peu de montagnes d'origine volcanique (voire aucune) sur la Lune.

Près de trois ans et demi après les premiers pas lunaires d'Armstrong et d'Aldrin, la mission Apollo 17 a commencé. Le site d'atterrissage avait déjà été choisi sachant qu'il s'agirait de la mission finale. La sélection du site, ayant eu lieu avant le vol d'Apollo 16, a été influencée par les événements cruciaux de l'histoire lunaire déjà résolus et ceux qui allaient vraisemblablement l'être par Apollo 16.

La cible d'Apollo 17 a donc été vivement débattue. Tycho, dans les plateaux du sud, et Tsiolkovski, de l'autre côté de la Lune, présentaient un intérêt particulier, mais n'étaient pas pratiques du point de vue opérationnel. Le bassin de Humorum,

au sud de l'Océan des Tempêtes, est partiellement inondé et le cratère Gassendi, de 93 km de diamètre, s'étend entre le bord et la rive nord de sa mer intérieure. Un atterrissage dans ce cratère aurait permis d'échantillonner son sommet central, de dater le cratère et probablement de mieux comprendre le bassin environnant.

Le choix du dernier site d'atterrissage était néanmoins motivé par le besoin d'affiner la période d'activité du moteur thermique de la Lune. Comme la formation de la Mer des Pluies était bien connue, de même que le réveil des laves qui avaient inondé la plupart des bassins au cours des 500 millions d'années suivantes, la cible était le volcanisme tardif.

Les collines Marius et la Chaîne de Davy ne méritaient pas une mission 'J' et le choix s'est réduit donc aux cratères Gassendi et Alphonsus (ce dernier de 100 km de diamètre), qui semblaient renfermer des volcans et une 'couverture sombre' sur le bord est de Serenitatis. Bien que le bassin de Serenitatis n'ait été inondé de lave que quelque temps plus tard, on pense que le processus a commencé avant le début de l'ascension dans Imbrium. De toute évidence, Serenitatis n'a pas été inondé en une fois. Il y avait des matériaux sombres autour du bord de sud-est, et l'opinion générale voulait qu'il fût nettement plus jeune que les tons plus clairs du milieu. Une visite dans cette région nous aurait permis d'échantillonner à la fois le sol ancien et le sol très jeune.

Grâce au personnel expérimenté et aux excellentes performances de l'équipement, tous les aspects de la mission d'atterrissage final ont été menés avec compétence, précision et facilité relative. Le sous-sol s'est avéré être une coulée. Lorsque les charges sismiques déployées dans la vallée ont été déclenchées à dis-



A POLLO 17 – L'astronaute Eugene Cernan posant près du drapeau des États-Unis, avec la Terre à l'arrière-plan. [NASA, Project Apollo Archive]



APOLLO 17 – Le ‘camp de base’ de la mission Apollo 17, avec le module lunaire au centre. [NASA, Project Apollo Archive]



APOLLO 17 – Vue panoramique du Massif du Nord.
Une version haute résolution de cette image est visible à l'adresse
https://www.astropublishing.com/moonscapes/A17_North_Massif_panorama.pdf
[NASA, Project Apollo Archive; image merging by Astro Publishing]





A POLLO 17 – Équipement pour la
collecte d'échantillons lunaires
[NASA, Project Apollo Archive]



A POLLO 17 – Grattage d'un
rocher lunaire. [NASA,
Project Apollo Archive]

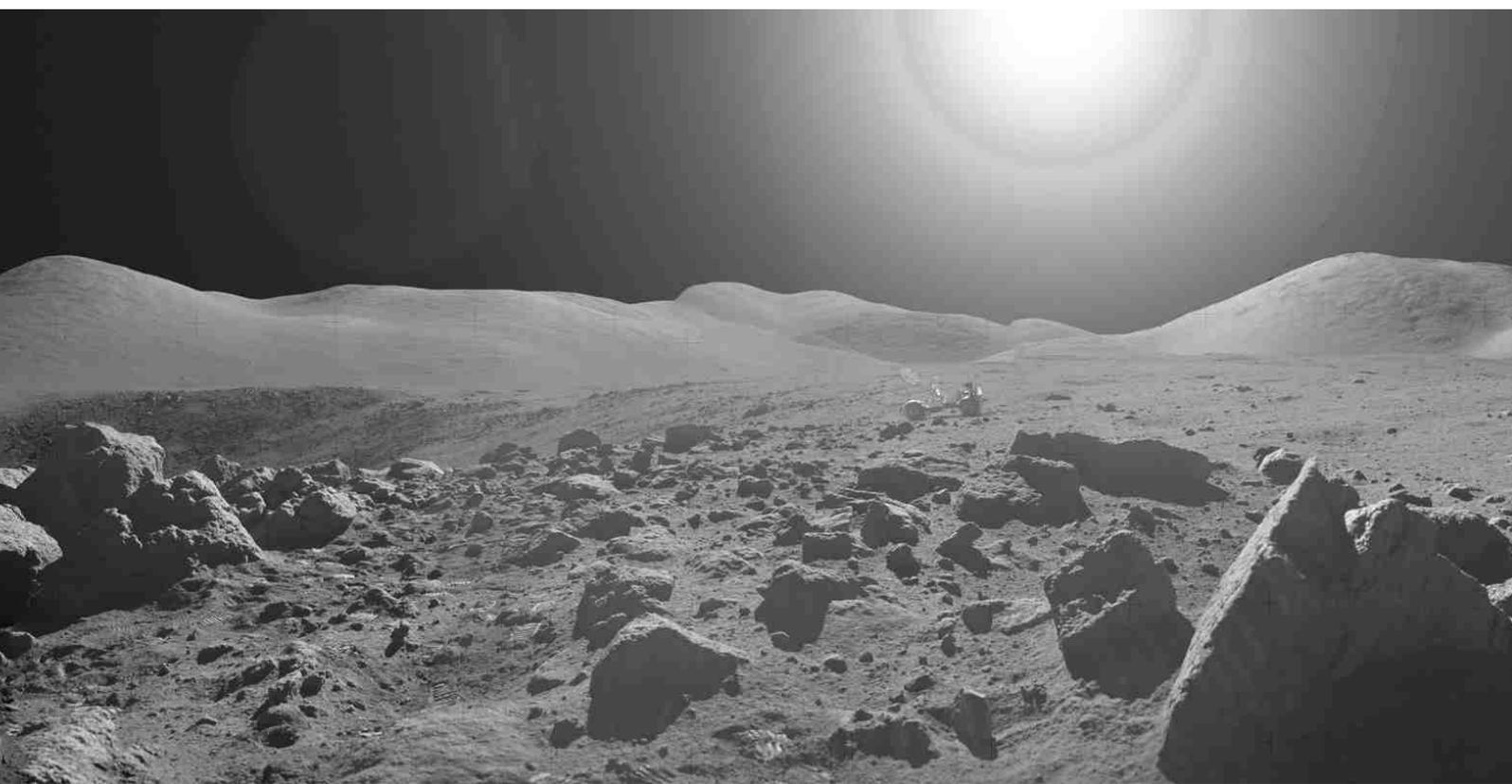
APOLLO 17 – Vue panoramique à 360° sur les massifs Sud et Nord.
L'astronaute (ci-dessous) se dirige vers le LRV à la fin de la deuxième bande, sous le reflet du Soleil. Une version haute résolution de cette image est visible à l'adresse https://www.astropublishing.com/moonscapes/A17_South&North_Massifs_panorama360.pdf [NASA, Project Apollo Archive; image merging by Astro Publishing]



tance, elles ont révélé que l'épaisseur de ce matériau dépassait 2 km. Avant que l'expérience sur les propriétés électriques de la surface n'ait surchauffée, elle avait enregistré des données cohérentes avec ce résultat. Le sous-sol pré-Sérénité se

situe hors de la portée d'un impact. Évidemment, avant la formation de cette mer, les massifs s'élevaient à près de 6 km au-dessus du fond de la vallée et la plupart des éjectas des Taurus Mountains sont maintenant submergés.

Apollo 17 fut la dernière mission lunaire habitée. Dans les plans initiaux de la NASA, il y avait trois autres missions, 18, 19 et 20, qui ont toutefois été annulées pour diverses raisons, notamment les réductions budgétaires nécessaires au finance-



ment du programme Skylab et, moins utilement, de la guerre au Vietnam. La mission Apollo 20 a été annulée immédiatement après le succès d'Apollo 12, tandis qu'Apollo 18 et 19 ont été annulées après la mésaventure d'Apollo 13. Ces évè-

nements, se déroulant alors que l'intérêt du public pour la conquête de la Lune était toujours à son apogée, invalident donc une thèse assez répandue selon laquelle c'était le désintérêt croissant des contribuables américains pour ce type d'activité

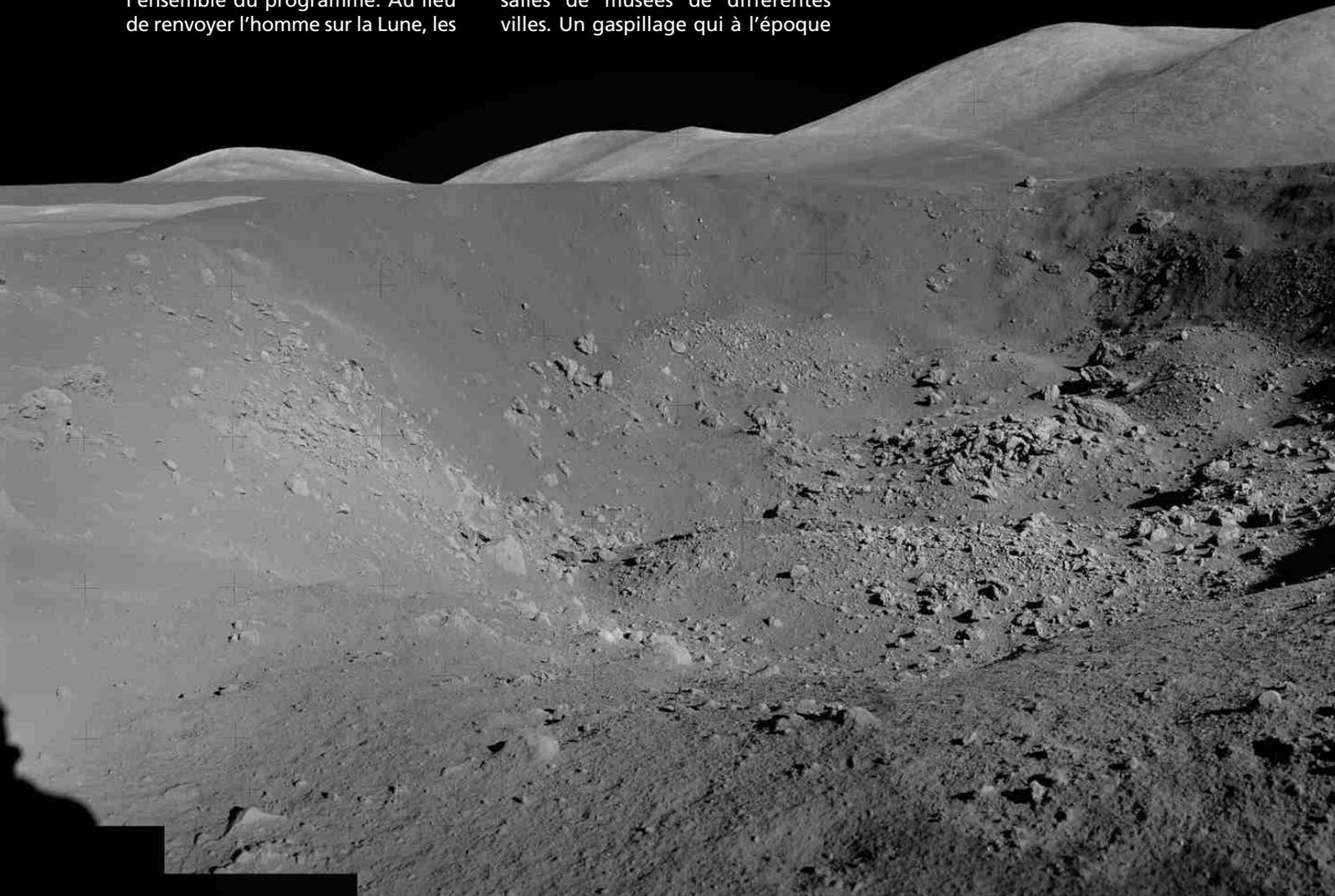
spatiale qui aurait provoqué sa conclusion prématurée.

Lorsque la NASA a décidé d'abandonner Apollo 20, l'équipement de la mission n'avait été construit que partiellement, au contraire, de celui d'Apollo 18 et 19 qui était prêt.

Ces deux missions auraient pu être mises en œuvre avec un effort économique relativement modeste, augmentant de manière significative la production scientifique de l'ensemble du programme. Au lieu de renvoyer l'homme sur la Lune, les

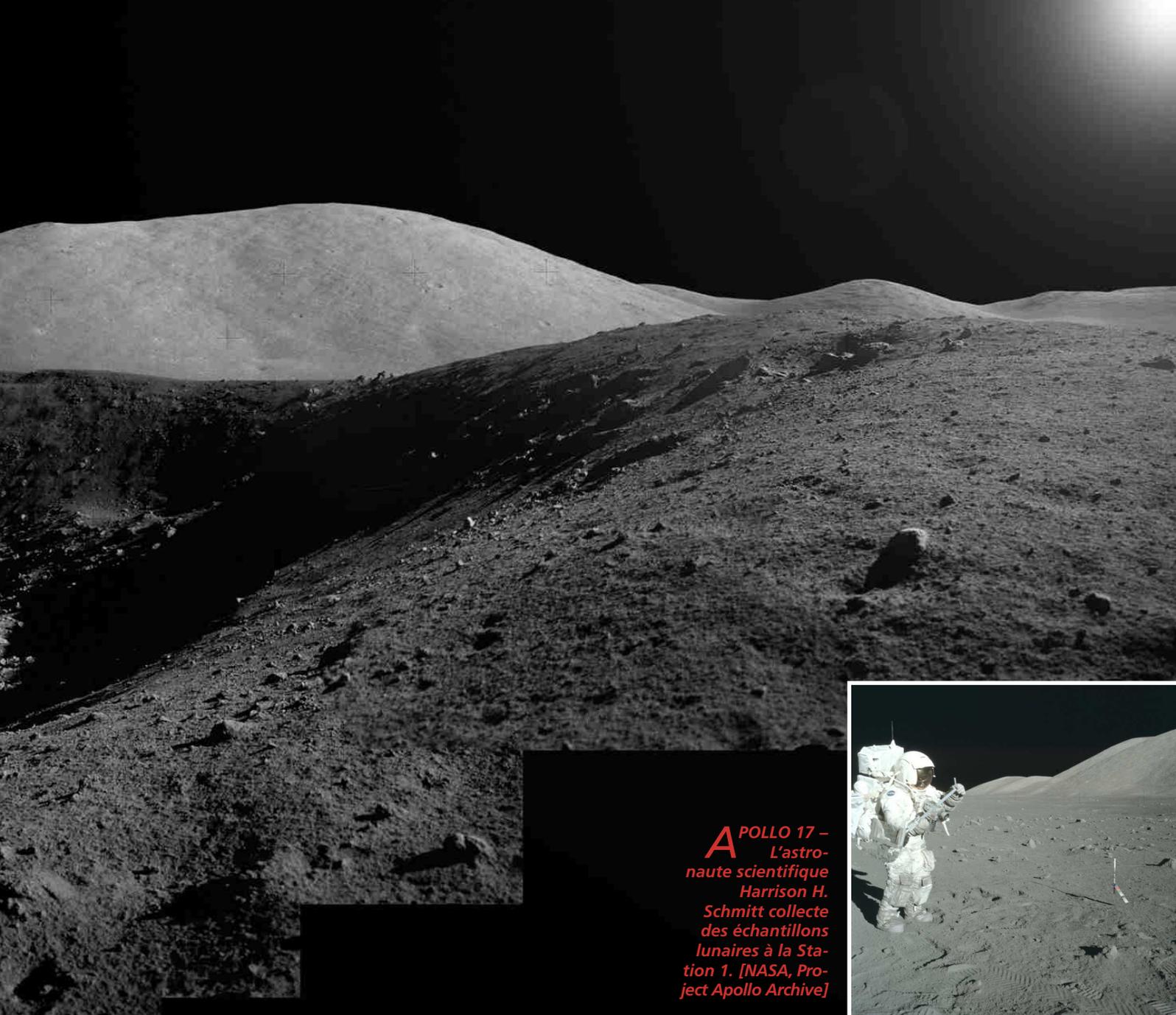
composants de ces missions ont été en partie convertis pour d'autres programmes et en partie utilisés pour orner les parcs de stationnement des centres de la NASA et les salles de musées de différentes villes. Un gaspillage qui à l'époque

A POLLO 17 – Un gros plan du Shorty Crater. [NASA, Project Apollo Archive]

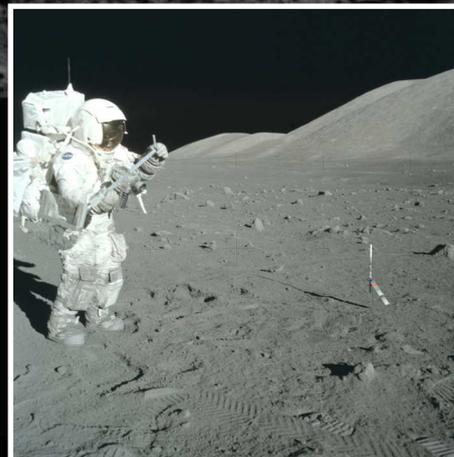


A POLLO 17 – Vue panoramique sur les massifs Sud et Nord. Au premier plan, Harrison Schmitt s'étend pour ouvrir les panneaux solaires de l'émetteur SEP. Une version haute résolution de cette image est visible à l'adresse https://www.astropublishing.com/moonscapes/A17_South&North_Massifs.pdf [NASA, Project Apollo Archive; image merging by Astro Publishing]

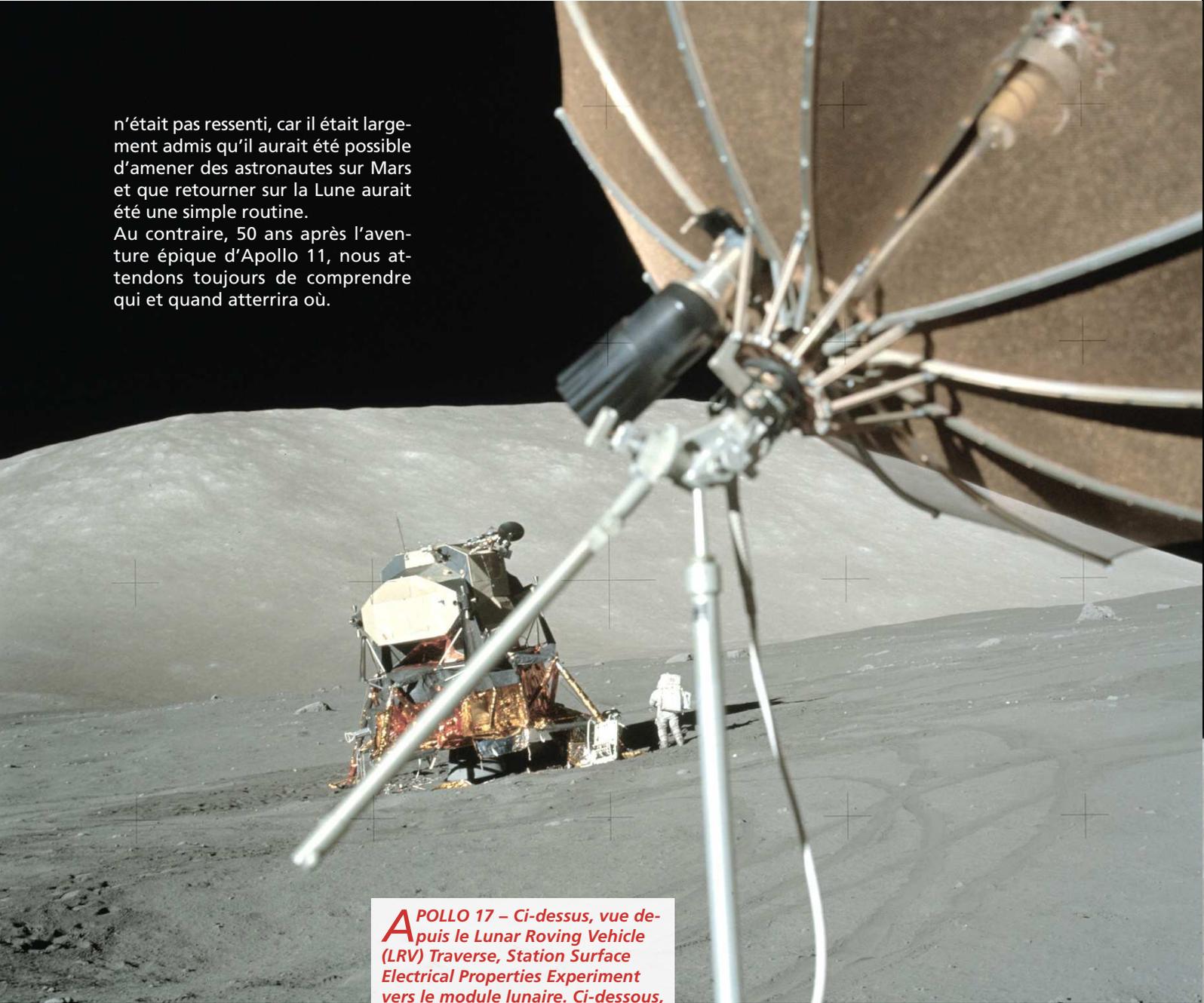




A POLLO 17 –
L'astro-
naute scientifique
Harrison H.
Schmitt collecte
des échantillons
lunaires à la Sta-
tion 1. [NASA, Pro-
ject Apollo Archive]



n'était pas ressenti, car il était largement admis qu'il aurait été possible d'amener des astronautes sur Mars et que retourner sur la Lune aurait été une simple routine. Au contraire, 50 ans après l'aventure épique d'Apollo 11, nous attendons toujours de comprendre qui et quand atterrira où.



A POLLO 17 – Ci-dessus, vue depuis le Lunar Roving Vehicle (LRV) Traverse, Station Surface Electrical Properties Experiment vers le module lunaire. Ci-dessous, scènes d'exploration avec le LRV. [NASA, Project Apollo Archive]

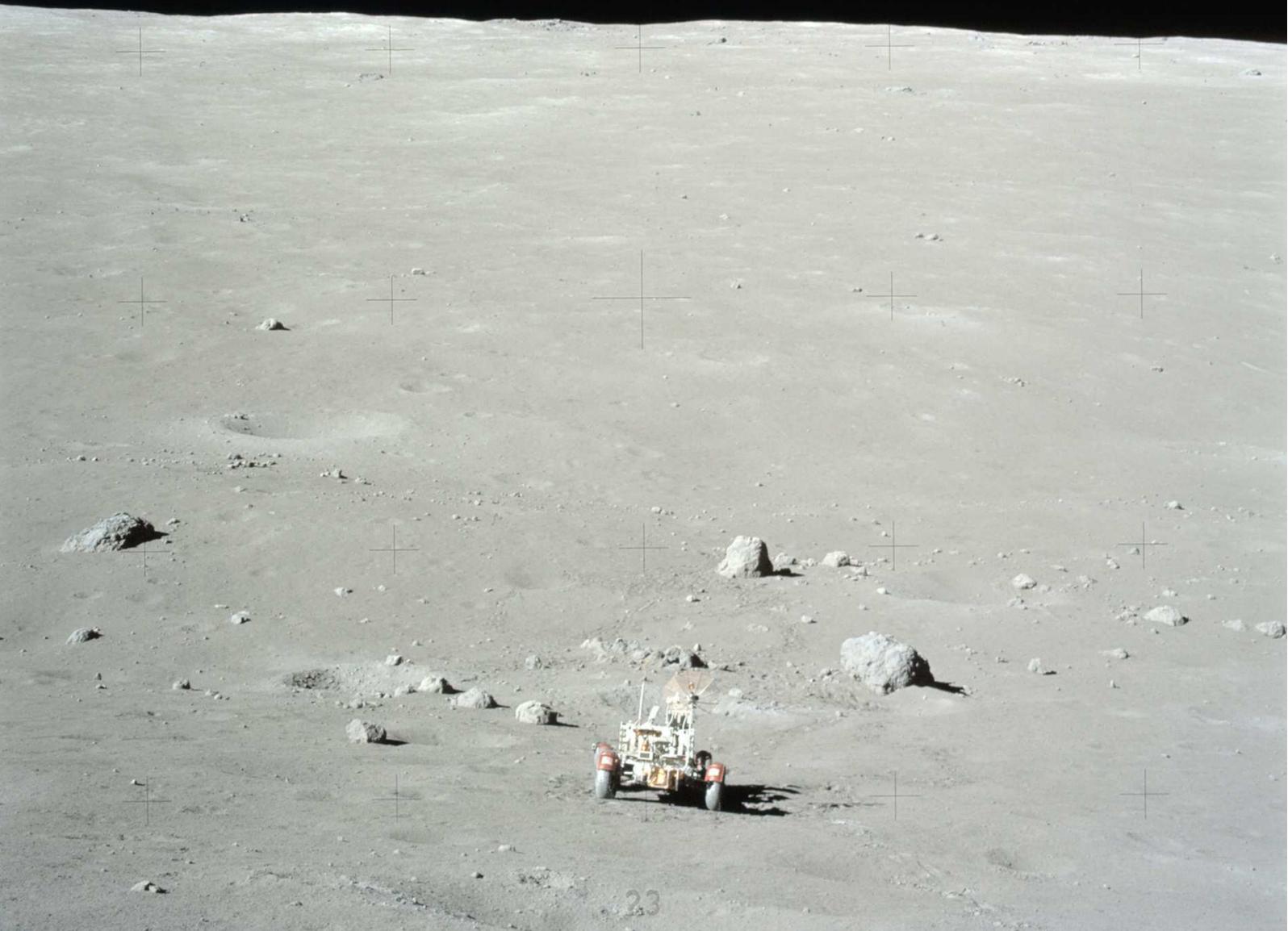


Au cours des dernières décennies, les agences spatiales gouvernementales et privées ont présenté un grand nombre de projets d'atterrissages sur la Lune et Mars (avec la colonisation ultérieure de celles-ci), projets qui ont depuis disparu à la suite de coupes budgétaires, de leur impossibilité technique et d'autres causes. Dans l'état actuel des choses, le retour le plus optimiste sur la Lune d'un équipage est prévu pour 2024, dans le cadre du programme Artemis, qui propose initialement d'amener deux astronautes à explorer le pôle sud lunaire, jetant ainsi les bases d'un futur séjour durable

dans cette région, supposé réalisable à partir de 2028. L'administrateur de la NASA en personne, Jim Bridenstine, a annoncé le 23 mai les derniers développements du programme Artemis, à la suite des déclarations du président et du vice-président des États-Unis, à propos de la volonté et nécessité de revenir fouler le sol lunaire dès que possible. Ces déclarations ont d'ailleurs été accompagnées d'une allocation à la NASA d'un budget supplémentaire

APOLLO 17 – Vidéo ci-dessus, l'adieu à la Lune : dernier décollage d'un module lunaire. Ci-dessous, le LRV photographié lors de la deuxième activité extravéhiculaire (EVA) 2 de la mission Apollo 17. [NASA, Project Apollo Archive]

de 1,6 milliard de dollars pour l'exercice financier 2020, en plus des 21 milliards de dollars déjà alloués. Il est clair que la concurrence de l'exubérante astronautique chinoise fournit les bons stimuli pour une nouvelle course à l'espace. ■



Un fragment métallique planétaire survit à la destruction d'une étoile

par IAC

relu par Roland Boninsegna

Un fragment d'une planète qui a survécu à la mort de son étoile a été découvert dans un disque de débris formé par des planètes détruites que l'étoile finit par absorber. La découverte a été faite par un groupe d'astronomes dirigé par l'Université de Warwick et impliquant des chercheurs d'IAC et ULL. Le fragment, riche en fer et en nickel, a survécu à un cataclysme au niveau du système planétaire qui a suivi la mort de l'étoile hôte, SDSS J122859.93+104032.9. Considéré comme faisant partie d'une planète plus grande, sa survie est d'autant plus surprenante qu'il orbite plus près de son étoile qu'on ne le pensait auparavant : il fait le tour en seulement deux heures. Comme indiqué dans la revue *Science*, c'est la première fois que les scientifiques utilisent la spectroscopie pour découvrir un corps solide gravitant autour d'une naine blanche, exploitant les variations subtiles de la lumière émise pour identifier le gaz supplé-

mentaire généré par le fragment. À l'aide du spectrographe OSIRIS, installé sur le Gran Telescopio Canarias (GTC) à l'Observatoire Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma), les scientifiques ont étudié un disque de débris en orbite autour d'une naine blanche, à 410 années-lumière, produit par la destruction de corps rocheux composés d'éléments tels que le fer, le magnésium, le silicium et l'oxygène, c'est-à-dire les quatre éléments clés de la Terre et de la plupart des corps rocheux. Dans ce disque, les chercheurs ont découvert un anneau de gaz s'écoulant d'un corps solide, comme une queue de comète. Ce gaz pourrait être généré par le corps lui-même ou par l'évaporation de la poussière qui entre en collision avec de petits débris à l'intérieur du disque. Les astronomes estiment que l'objet doit avoir au moins un kilomètre de diamètre, mais il pourrait aussi avoir des dimensions égales à quelques centaines de kilomètres de diamètre, comparables donc aux plus

gros astéroïdes connus du système solaire. Les naines blanches sont les restes d'étoiles comme notre Soleil, qui ont brûlé tout leur carburant et perdu les couches extérieures, laissant derrière elles un noyau dense qui se refroidit lentement. Cette étoile a tellement rétréci que le planétésimal orbite dans le rayon d'origine de son soleil. Les preuves suggèrent qu'il faisait autrefois partie d'un corps plus grand et plus éloigné de son système solaire et qu'il s'agissait probablement d'une planète brisée par l'étoile qui a commencé son processus de refroidissement. L'auteur principal de l'étude, Christopher Manser, chercheur au Département de physique, a déclaré : « L'étoile devait avoir à l'origine deux masses solaires, mais la naine blanche ne représente que 70 % de la masse de notre Soleil. Elle est également très petite, à peu près la taille de la Terre, et cela rend cette étoile, et en général toutes les naines blanches, extrêmement denses. »

Vue imaginaire d'un fragment planétaire qui, en orbitant autour de l'étoile SDSS J122859.93+104032.9, laisse derrière lui une queue de gaz. [Mark Garlick]

La gravité de la naine blanche est si forte (environ 100 000 fois celle de la Terre) qu'un astéroïde typique serait détruit par des forces de gravité s'il passait trop près d'elle.

Le professeur Boris Gaensicke, du Département de physique et co-auteur, a ajouté : « La planète que nous avons découverte est profondément ancrée dans le puits de gravité de la naine blanche, beaucoup plus proche que là où nous nous attendons à trouver quelque chose encore en 'vie'. Cela n'est possible que parce qu'il doit être très dense et, ou très probablement, il a une force interne qui maintient sa cohésion. Nous proposons donc qu'il soit composé en grande partie de fer et de nickel. S'il s'agissait de fer pur, il pourrait survivre là où il se trouve maintenant, mais également, il pourrait s'agir d'un corps riche en fer mais doté d'une force interne pour le maintenir en cohésion, ce qui est cohérent avec un fragment assez massif d'un noyau planétaire. Si

cela est correct, le corps d'origine avait au moins des centaines de kilomètres de diamètre, car ce n'est que lorsque ces dimensions sont atteintes que les planètes commencent à se différencier et à faire migrer les éléments plus lourds vers le centre, pour former un noyau métallique (comme l'eau ajoutée réagit par rapport à de l'huile). »

La découverte offre un regard nouveau sur les planètes pouvant résider dans d'autres systèmes solaires

et une vision sur notre avenir. Christopher Manser a déclaré : « À mesure que les étoiles vieillissent, elles deviennent des géantes rouges qui 'nettoient' l'intérieur de leur système planétaire. Dans notre système solaire, le Soleil s'étendra là où la Terre est actuellement en orbite et l'effacera avec Mercure et Vénus. À partir de Mars et au-delà, tout survivra et s'éloignera du Soleil agonisant. L'opinion générale est que, dans 5 à 6 milliards d'années, notre système solaire sera composé d'une naine blanche au lieu du Soleil, autour de laquelle tourneront Mars, Jupiter, Saturne, les planètes extérieures, ainsi que des astéroïdes et des comètes. Des interactions gravitationnelles sont susceptibles de se produire dans de tels résidus du système planétaire, ce qui signifie que les grandes planètes peuvent facilement déplacer des corps plus petits vers des orbites qui les rapprochent de la naine blanche, où ils sont déchiquetés par son énorme gravité. » ■

La différence dans les calculs de la constante de Hubble n'est pas aléatoire

par NASA/ESA
relu par Roland Boninsegna

Les astronomes utilisant le télescope spatial Hubble affirment avoir franchi un seuil important en révélant un écart entre les deux techniques clé permettant de mesurer le taux d'expansion de l'univers. L'étude récente confirme le fait que de nouvelles théories peuvent être nécessaires pour expliquer les forces qui ont façonné le cosmos.

Un bref résumé : l'univers grandit chaque seconde ; l'espace entre les galaxies s'allonge, à l'image de la pâte qui gonfle dans le four. Mais à quelle vitesse se déroule l'expansion de l'univers ? En essayant de répondre à cette question, Hubble et d'autres télescopes ont découvert une différence intrigante entre ce que les scientifiques prédisent et ce qu'ils observent.

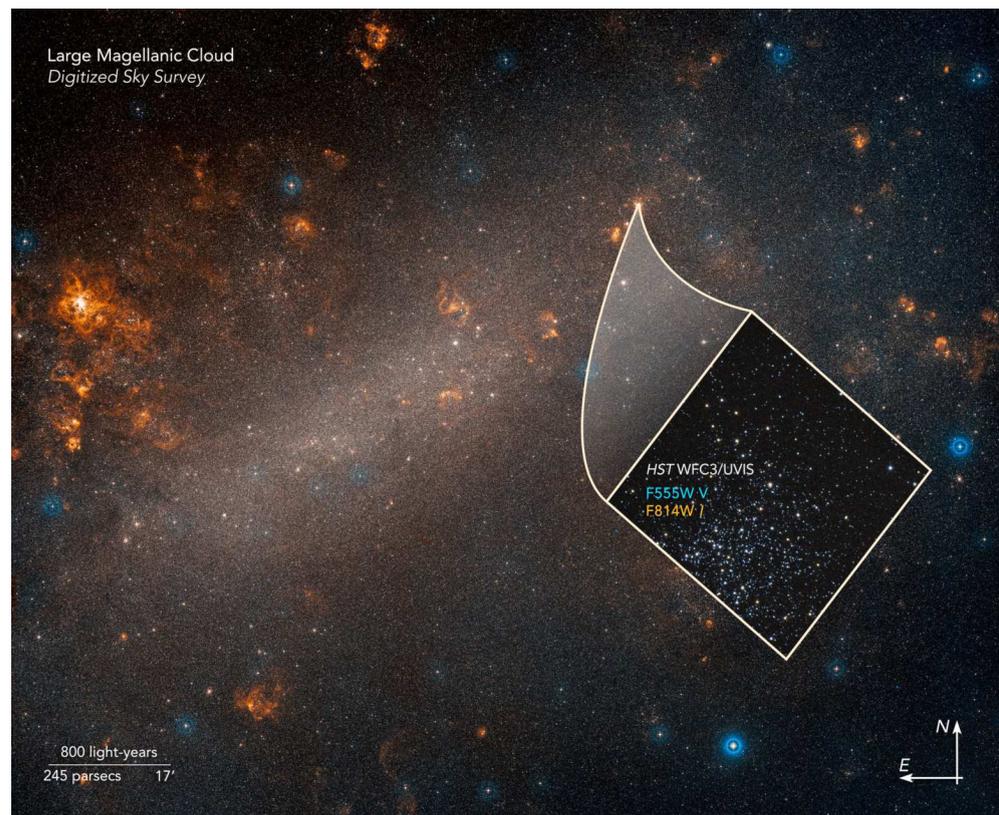
Les mesures de Hubble suggèrent un taux d'expansion plus rapide que prévu, par rapport aux mesures basées sur l'apparence de l'univers, il y

a plus de 13 milliards d'années. Ces mesures de l'univers primitif proviennent du satellite Planck de l'Agence spatiale européenne.

La divergence (74,03 contre 67,4 km par seconde, par mégaparsec) a été

soulignée dans des articles scientifiques ces dernières années, mais il est difficile de savoir si les différences sont attribuables à des techniques de mesure ou si elles peuvent découler de mesures erronées.

Vue télescopique depuis le sol du Grand Nuage de Magellan, une galaxie satellite de notre Voie Lactée. L'image dans le panneau, prise par le télescope spatial Hubble, révèle l'un des nombreux amas d'étoiles dispersés dans la galaxie naine. [NASA, ESA, A. Riess (STScI/JHU), and Palomar Digitized Sky Survey]



Les dernières données de Hubble réduisent la possibilité que la divergence ne soit qu'un cas fortuit à 1 sur 100 000. Il s'agit d'un progrès significatif par rapport à l'estimation précédente, moins d'un an auparavant, d'une possibilité de 1 sur 3000. Les mesures les plus précises de Hubble à ce jour renforcent l'idée qu'une nouvelle physique pourrait être nécessaire pour expliquer la divergence.

« La discordance détectée par Hubble entre l'univers primordial et l'univers plus évolué pourrait constituer le développement le plus excitant de la cosmologie des dernières décennies », a déclaré le chercheur principal et prix Nobel Adam Riess, du Space Telescope Science Institute (STScI) et Johns Hopkins University, à Baltimore, Maryland. « Cet écart a augmenté et il a maintenant atteint un point qu'il est vraiment impossible de considérer comme un événement fortuit. Cela ne pourrait vraisemblablement pas se produire par le seul hasard. »

Les scientifiques utilisent une « échelle de distance cosmique » pour déterminer la distance qui sépare les objets de l'univers. Cette méthode se base sur des mesures précises des distances par rapport aux galaxies voisines, puis sur des galaxies plus éloignées et puis, encore plus éloignées, en utilisant leurs étoiles comme indicateurs de distance. Les astronomes utilisent ces valeurs, ainsi que d'autres mesures de la lumière des galaxies qui rougit lorsqu'elle traverse un univers de plus en plus étendu, pour calculer la rapidité avec laquelle le cosmos se dilate avec le temps, valeur connue sous le nom de constante de Hubble. Riess et son équipe SH0ES (Supernovae H0 for the Equation of State) étudient depuis 2005 la possibilité

Les mesures du taux d'expansion d'aujourd'hui ne correspondent pas au taux prévu, en fonction de la façon dont l'univers est apparu peu de temps après le Big Bang, il y a plus de 13 milliards d'années. À l'aide de nouvelles données du télescope spatial Hubble, les astronomes ont considérablement réduit la possibilité que cet écart soit un événement fortuit. [NASA/ESA]

de perfectionner les mesures de distance avec le télescope spatial Hubble et d'affiner la constante.

Dans cette nouvelle étude, les astronomes ont utilisé l'instrument pour observer 70 étoiles pulsantes appelées variables céphéides dans la Grand Nuage de Magellan. Les observations ont aidé les astronomes à « reconstruire » l'échelle de distance, améliorant ainsi la comparaison entre ces céphéides et leurs cousines plus éloignées dans les galaxies hébergeant des supernovae. L'équipe de Riess a réduit l'incertitude de la valeur de la constante de Hubble à 1,9 %, contre une estimation antérieure de 2,2 %. Alors que les mesures de l'équipe sont devenues plus précises, leur calcul de la constante de Hubble est resté en contradiction avec la valeur attendue dérivée des observations de l'expansion de l'univers primitif. Ces mesures ont été effectuées par Planck, qui détecte le fond des micro-ondes cosmiques, le reste de la lueur de la naissance de l'univers qui remonte à 380 000 ans après le Big Bang.

Les mesures ont été soigneusement vérifiées. Par conséquent, les astro-

nomes ne peuvent actuellement pas éliminer l'écart entre les deux résultats en raison d'une erreur commise dans une seule mesure ou méthode. Les deux valeurs ont été testées de différentes manières. « Ce ne sont pas juste deux expériences contradictoires », a expliqué Riess. « Nous mesurons quelque chose de fondamentalement différent : le premier est une mesure de la vitesse à laquelle l'univers se développe aujourd'hui, comme nous le voyons. L'autre est une prédiction basée sur la physique du premier univers et sur la mesure de la vitesse à laquelle

il devrait se développer. Si ces valeurs ne concordent pas, il devient très probable que quelque chose manque dans le modèle cosmologique qui relie les deux époques. »

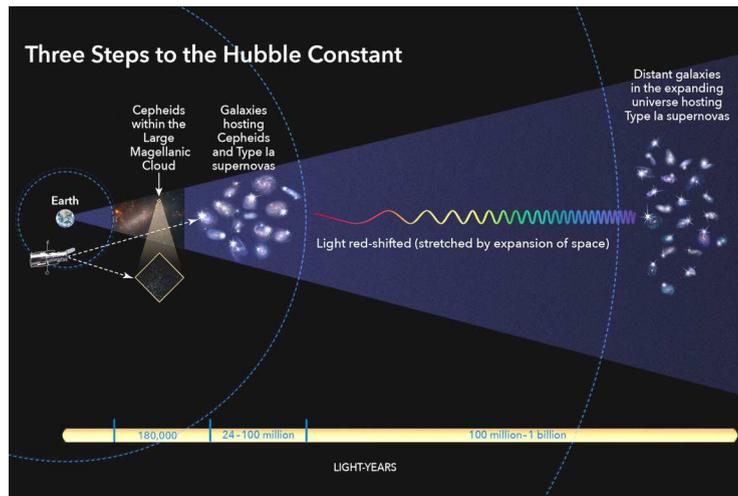
Les astronomes ont utilisé les variables céphéides comme échelle cosmique pour mesurer les distances intergalactiques proches, pendant plus d'un siècle. Mais essayer d'enquêter beaucoup sur ces étoiles était si dispendieux en termes de temps qu'il était presque impossible d'y parvenir. L'équipe a donc utilisé une nouvelle méthode intelligente, appelée DASH (Drift And SHift), qui utilise Hubble comme appareil photo « pointe et déclenche » pour photographier rapidement des images d'étoiles pulsantes extrêmement lumineuses, éliminant ainsi la nécessité d'un pointage précis.

« Lorsque Hubble utilise un pointage précis en se synchronisant sur des étoiles guide, il peut seulement observer une céphéide pour chaque orbite de 90 minutes autour de la Terre. Il serait donc très fastidieux pour le télescope d'observer chaque céphéide », a expliqué Stefano Casertano, membre de l'équipe, de

STScI et Johns Hopkins. « Au lieu de cela, nous avons recherché des groupes de céphéides suffisamment proches les uns des autres pour pouvoir se déplacer entre elles sans avoir à recalibrer le pointage du télescope. Ces céphéides sont si brillantes qu'il nous suffit de les observer pendant deux secondes seulement. Cette technique nous permet d'observer une douzaine de céphéides pendant toute la durée d'une orbite. Par conséquent, nous restons sous le contrôle des gyroscopes et continuons à 'DASHer', c'est-à-dire à nous nous déplacer très vite. »

Les astronomes de Hubble ont ensuite combiné leurs résultats avec une autre série d'observations faites par l'Araucaria Project, une collaboration entre des astronomes d'institutions du Chili, des États-Unis et d'Europe. Ce groupe a mesuré la distance du Grand Nuage de Magellan en observant la diminution de la lumière lorsqu'une étoile passe devant son partenaire dans des systèmes d'étoiles binaires à éclipsés. Les mesures combinées ont aidé l'équipe SH0ES à établir la luminosité réelle des céphéides.

Avec ce résultat plus précis, l'équipe pouvait alors « resserrer les boulons » du reste de l'échelle de distance qui s'étend plus profondément dans l'espace. La nouvelle estimation de la constante de Hubble est de 74 kilomètres par seconde par mégaparsec. Cela signifie que pour chaque 3,3 millions d'années-lumière de nous, une galaxie semble se déplacer 74 kilomètres plus vite



Cette illustration montre les trois étapes de base utilisées par les astronomes pour calculer la rapidité avec laquelle l'univers se dilate dans le temps, une valeur appelée constante de Hubble. Toutes les étapes impliquent la construction d'une « échelle de distance cosmique » forte, commençant par la mesure de distances précises vers les galaxies voisines et par conséquent la transition vers des galaxies de plus en plus éloignées. Cette échelle est une série de mesures de différents types d'objets astronomiques avec une luminosité intrinsèque que les chercheurs peuvent utiliser pour calculer des distances. [NASA, ESA, and A. Feild (STScI)]

par seconde, à la suite de l'expansion de l'univers. Ce chiffre indique que l'univers se développe à un rythme 9 % plus rapide que la prévision de 67 kilomètres par mégaparsec, qui résulte des observations de Planck de l'univers primitif, ainsi que de notre compréhension actuelle de l'univers.

Une explication de ce désaccord implique une apparition inattendue d'énergie sombre dans le jeune univers, qui est maintenant considérée représenter les 70 % du contenu de l'univers lui-même. Proposée par les astronomes de Johns Hopkins, la théorie est surnommée « énergie sombre précoce » et suggère que l'univers a évolué comme un drame en trois actes.

Les astronomes ont déjà émis l'hypothèse que l'énergie sombre existait pendant les premières secondes qui ont suivi le Big Bang et a poussé la matière dans l'espace, démarrant

l'expansion initiale. L'énergie sombre pourrait également être la raison de l'expansion accélérée actuelle de l'univers.

La nouvelle théorie suggère qu'il y a eu un troisième épisode d'énergie noire peu de temps après le Big Bang, qui a dilaté l'univers plus rapidement que prévu par les astronomes. L'existence de cette énergie sombre précoce pourrait expliquer la discordance entre les deux valeurs de la constante de Hubble, a déclaré Riess. Une autre hypothèse est que l'univers contient une nouvelle particule subatomique qui se déplace à une vitesse proche de celle de la lumière.

Ces types de particules rapides sont collectivement appelés « rayonnement sombre » et incluent des particules précédemment connues sous le nom de neutrinos, créées dans les réactions nucléaires et les désintégrations radioactives.

Une autre possibilité intéressante est que la matière noire (une forme invisible de matière non composée de protons, de neutrons et d'électrons) interagit plus fortement avec la matière ou le rayonnement normal qu'on ne le pensait auparavant.

Mais la vraie explication reste un mystère. Riess n'a pas de réponse à ce problème ennuyeux, mais son équipe continuera à utiliser le télescope spatial Hubble pour réduire les incertitudes de la constante de Hubble. Leur objectif est de réduire l'incertitude à 1 %, ce qui devrait aider les astronomes à identifier la cause de la divergence. ■

omegon®

1000 PHOTOS SANS ÉLECTRICITÉ

MiniTrack LX2 : La première monture photo entièrement mécanique.



Saslong Night - Sassolungo da Col Raier (Italy) - Photo: Cristian Fattinanzi

Les prises de vue panoramiques illustrées ci-dessus sont désormais pour vous. La monture mécanique Omegon MiniTrack LX2 fonctionne avec un mécanisme à ressort. Pas d'électricité. Pas de recharge. Pas d'accus. Posez-la simplement sur un trépied, montez votre appareil photo et remontez-la. C'est parti pour capturez de belles images du ciel avec votre appareil photo.

✓ Mécanisme à ressort

La monture utilise un mécanisme à ressort avec une autonomie de 60 minutes – Elle ne dépend ni du secteur ni de la batterie. Il suffit de la remonter comme une horloge et c'est parti.

✓ Fine et compacte

Que ce soit en avion ou en sortie nocturne : la MiniTrack trouve place dans tous les bagages et en laisse encore pour un beau trépied ou un deuxième téléobjectif.

✓ Système à ressort puissant

La MiniTrack n'a pas besoin de contrepoids, le système à ressort prend en charge le suivi. Économisez du poids et du lestage.

✓ Filetage 6,35 mm intégré

La MiniTrack s'adapte sur tout trépied et dispose de deux filetages 6,35 mm. Vous pouvez fixer la MiniTrack, sur une rotule et ainsi atteindre toutes les régions du ciel que vous voulez observer.

✓ Jusqu'à 2 kg de charge utile

Cette monture vous offre des prises de vue grand angle du ciel étoilé. Les possibilités sont nombreuses, du grand angle jusqu'au petit téléobjectif.

✓ Tube viseur polaire

Utilisez le tube viseur polaire pour aligner rapidement la MiniTrack sur l'étoile polaire. C'est suffisant pour une orientation « approximative ».



Rotule, appareil photo et trépied ne sont pas compris dans l'offre !

€129

Pour rechercher des informations supplémentaires



| MiniTrack LX2 | Article N°. | Prix en € |
|--|-------------|-----------|
| Monture photo pour l'hémisphère nord | | |
| LxPxH en mm 210x78x30, poids 430 g | 55040 | 129,00 |
| Monture photo pour l'hémisphère nord avec rotule | | |
| LxPxH en mm 210x78x130, poids 730 g | 56106 | 159,00 |
| NOUVEAU Monture photo pour l'hémisphère nord et sud | | |
| LxPxH en mm 250x78x30, poids 490 g | 57993 | 159,00 |
| NOUVEAU Monture photo pour l'hémisphère nord et sud avec rotule | | |
| LxPxH en mm 250x78x130, poids 790 g | 60258 | 189,00 |

Omegon et Astro-shop.fr est un domaine de nimax GmbH. Sous réserve de modifications de prix ou erreurs.



Voici ce que publie :

« La MiniTrack LX2 tient ses promesses et permet de faire de l'astrophotographie grand angle de manière rapide et spontanée en voyage sans alimentation encombrante. » (Abenteur Astronomie)

Disponible chez

Astro-shop.fr

🔍 Pour une commande en ligne, saisir le numéro d'article dans le champ « Chercher » !

☎ +33 4 84 80 08 08

Hubble observe un astéroïde rare actif

par NASA/ESA

relu par Roland Boninsegna

Grâce à une collaboration imposante réunissant des données de télescopes au sol, de programmes de surveillance du ciel entier et de télescopes en orbite (y compris le télescope spatial Hubble), un rare astéroïde « autodestructeur » appelé 6478 Gault a été observé. Des images claires de Hubble ont fourni aux chercheurs des nouvelles informations sur le passé inhabituel

de l'objet. Gault mesure entre 4 et 9 km de large et a deux minces queues cométaires de débris qui nous disent comment l'astéroïde s'autodétruit lentement. Chaque queue est la preuve d'un événement actif qui a libéré du matériel dans l'espace. Gault a été découvert en 1988. Cependant, l'observation de deux queues de débris est le premier indice de l'instabilité de l'astéroïde.

Cet objet est l'un des rares à avoir été photographié alors qu'il se désintègre en raison d'un processus appelé « effet YORP ». Lorsque le Soleil réchauffe un astéroïde, le rayonnement infrarouge qui sort de sa surface chauffée enlève chaleur et moment cinétique. Cela crée une petite force qui peut faire tourner l'astéroïde plus rapidement. Si la force centrifuge dépasse à la fin la gravité

L'astéroïde 6478 Gault, vu avec le télescope spatial Hubble, montre deux minces queues de débris ressemblant à des comètes, qui indiquent comment l'astéroïde s'autodétruit lentement. Les courtes traînées lumineuses entourant l'astéroïde sont des étoiles en arrière-plan. L'astéroïde Gault est situé entre les orbites de Mars et de Jupiter. [NASA, ESA, K. Meech and J. Kley (University of Hawaii), O. Hainaut (European Southern Observatory)]

de l'astéroïde, celui-ci devient instable et des glissements de terrain sont générés à la surface, ce qui peut libérer des gravats et de la poussière dans l'espace, en semant ainsi une queue de débris, comme on le voit ici avec l'astéroïde Gault.

« Cet événement d'autodestruction est rare », a expliqué Olivier Hainaut (European Southern Observatory, Allemagne). « Les astéroïdes actifs et instables tels que Gault ne sont détectés qu'au moyen de nouveaux télescopes de surveillance balayant tout le ciel, ce qui signifie que des objets comme Gault, dont le comportement est anormal, ne peuvent plus échapper à la détection. »

Les astronomes estiment que parmi les 800 000 astéroïdes connus qui occupent la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter, il y a environ une destruction par an due à l'effet YORP. L'observation directe de cette activité par le télescope spatial Hubble a fourni aux astronomes une occasion privilégiée d'étudier la composition des astéroïdes. En étudiant le matériel que cet astéroïde instable libère dans l'espace, les astronomes peuvent se pencher sur l'histoire de la formation des planètes dans les premières époques du système solaire. Comprendre la nature de cet objet actif et autodestructeur a été un effort de collaboration impliquant des chercheurs et des laboratoires du monde entier. La queue de débris de l'astéroïde a été détectée pour la première fois par des télescopes de l'University of Hawai'i/NASA ATLAS (Asteroid Terrestrial-Impact Last Alert System), à Hawaii, le 5 janvier 2019. Après avoir examiné les données d'archive d'ATLAS et UH/NASA Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System), il a été constaté que la plus grande queue de débris de l'objet avait déjà été observée en décembre 2018. Peu de temps après, en janvier 2019, une seconde

queue plus courte a été vue par divers télescopes, notamment Isaac Newton, William Herschel et ESA OGS Telescopes à La Palma et Tenerife, en Espagne, Himalayan Chandra Telescope en Inde, et CFHT à Hawaii. L'analyse ultérieure de ces observations a suggéré que les deux événements qui ont produit les traces de débris ont eu lieu respectivement vers le 28 octobre et le 30 décembre 2018. Les queues ne seront visibles que pendant quelques mois, après quoi, la poussière se dispersera dans l'espace interplanétaire. Des observations de suivi ont été effectuées par divers télescopes au sol et les données collectées ont été utilisées pour déduire une période de rotation de Gault de deux heures, très proche de la vitesse critique à laquelle le matériel commence à dégringoler et à glisser à la surface de l'astéroïde, avant de dériver dans l'espace.

« Gault est le meilleur exemple de preuve tangible d'un rotateur rapide juste à la limite des deux heures », a expliqué l'auteur principal Jan Kley (University of Hawaii, États-Unis). « Il aurait pu être au bord de l'instabilité pendant 10 millions d'années. Même la moindre perturbation, telle que le faible impact d'une pierre, aurait pu déclencher les récentes éjections. »

Les images nettes de Hubble ont fourni des détails précieux sur l'activité de l'astéroïde. Les chercheurs ont conclu que, compte tenu la largeur étroite des queues éjectées, la diffusion de matériel est survenue au cours d'épisodes brefs, allant de quelques heures à quelques jours. Vu l'absence de poussière en excès dans le voisinage immédiat de l'astéroïde, ils ont conclu que l'activité n'était pas causée par une collision avec un autre objet de grande taille. Les chercheurs espèrent que d'autres observations fourniront encore plus d'informations sur cet astéroïde rare et curieux. ■

Voir la naissance d'un énorme système d'étoiles binaires

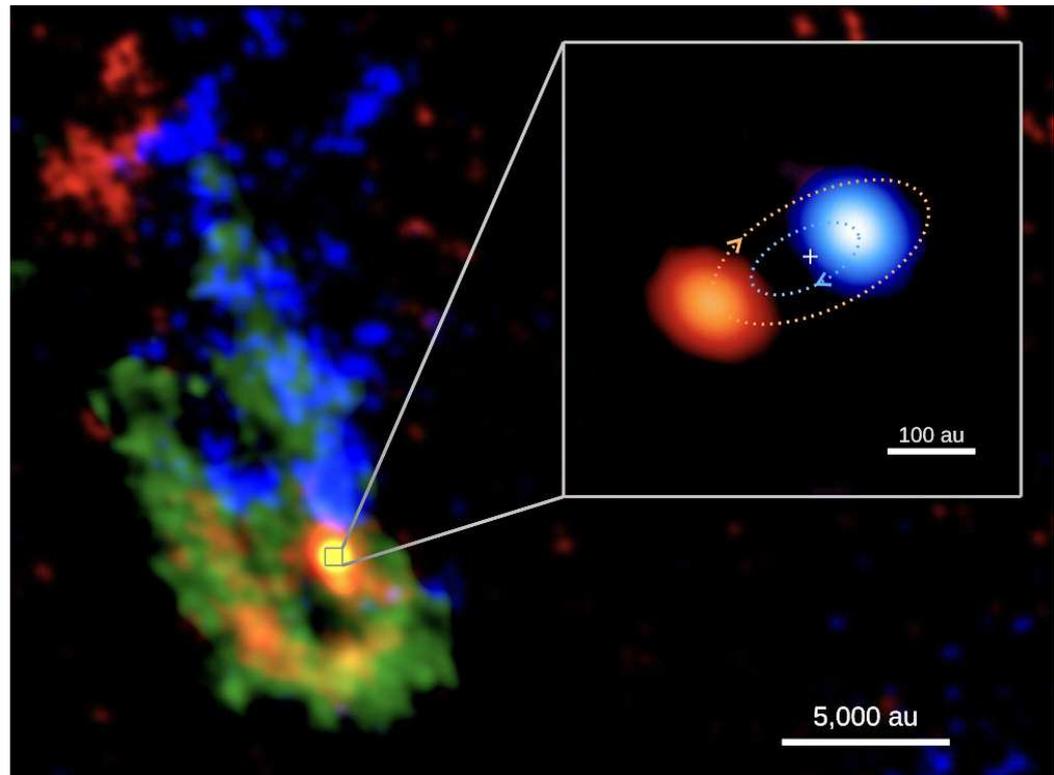
par ALMA Observatory
relu par Roland Boninsegna

Des scientifiques du RIKEN Cluster for Pioneering Research au Japon, de la Chalmers University of Technology en Suède, de l'Uni-

versity of Virginia, aux États-Unis, et d'autres collaborateurs ont utilisé l'Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) pour observer

un nuage moléculaire qui s'effondre pour former deux protoétoiles massives, qui deviendront éventuellement un système d'étoiles binaires.

Vue d'ALMA de la région de formation stellaire IRAS-07299 et du système binaire massif en son centre. L'image d'arrière-plan montre des flux de gaz denses et poussiéreux (représentés en vert) qui semblent se diriger vers le centre. Les mouvements de gaz qui s'approchent de nous, tracés par la molécule de méthanol, sont indiqués en bleu ; les mouvements s'éloignant de nous sont en rouge. Le panneau montre une vue agrandie du système binaire massif en formation, avec la protoétoile primaire, la plus brillante, se dirigeant vers nous indiquée en bleu, et la protoétoile secondaire, la moins brillante et la plus éloignée, représentée en rouge. Les lignes pointillées bleue et rouge montrent un exemple d'orbites des étoiles autour du centre de masse commun (indiqué par la croix).



Bien que l'on sache que les étoiles les plus massives possèdent des compagnons en orbite, il n'est pas clair de savoir comment cela se produit, par exemple : est-ce que les étoiles naissent ensemble d'un disque en spirale commun au milieu d'un nuage qui s'effondre, ou s'assemblent-elles par paires plus tard, à la suite de rencontres aléatoires dans un dense amas d'étoiles ? Comprendre la dynamique des binaires en formation a été difficile, car les protoétoiles de ces systèmes sont toujours enveloppées dans un nuage dense de gaz et de poussière qui empêche la plus grande partie de la lumière de s'échapper. Heureusement, il est possible de les voir en exploitant les ondes radio, à condition de pouvoir les photographier avec une résolution spatiale suffisamment élevée.

Dans la récente étude, publiée dans *Nature Astronomy*, des chercheurs dirigés par Yichen Zhang (RIKEN Cluster for Pioneering Research) et Jonathan C. Tan (Chalmers University et University of Virginia) ont utilisé ALMA pour observer en haute résolution spatiale une région de formation stellaire connue sous le nom de IRAS07299-1651, situé à une distance de 1,68 kiloparsecs (presque 5500 années-lumière).

Les observations ont montré que, déjà dans cette phase initiale, le nuage contient deux objets, une étoile « primaire » centrale massive et une autre étoile « secondaire » en formation, également de grande masse. Pour la première fois, l'équipe de recherche a pu utiliser ces observations pour déduire la dynamique du système. Les observations ont montré que les deux étoiles naissantes sont

séparées par une distance d'environ 180 unités astronomiques, elles sont donc assez éloignées l'une de l'autre. Leur période orbitale est d'environ 600 ans et elles possèdent une masse totale d'au moins 18 fois supérieure à celle de notre Soleil. Selon Zhang : « C'est une découverte passionnante, car pendant longtemps nous nous sommes demandé si les étoiles se forment dans les systèmes binaires lors de l'effondrement initial du nuage, ou si elles sont créées au cours des phases suivantes. Nos observations montrent clairement que la division en étoiles binaires a lieu au début, alors qu'elles sont encore dans leur enfance ». Un autre résultat de l'étude a été que les étoiles binaires sont nourries par un disque commun alimenté par le nuage qui s'effondre, ce qui favorise un scénario

dans lequel l'étoile secondaire du système se forme suite à la fragmentation du disque à l'origine autour de la primaire. Cela permet à la protoétoile secondaire, initialement plus petite, de « voler » le matériel qui tombe de sa sœur et finalement d'émerger ensemble comme jumeaux « similaires ». Tan ajoute : « C'est un exploit important pour comprendre la naissance des étoiles massives. Ces étoiles sont importantes dans l'ensemble de l'univers, notamment pour produire à la fin de leur vie les éléments lourds qui constituent notre Terre et qui se trouvent dans notre corps ». Zhang conclut : « Ce qui est important maintenant, c'est de regarder d'autres exemples pour voir s'il s'agit d'une situation unique ou de quelque chose qui est commun à la naissance de toutes les étoiles massives. » ■

Animation composée d'images prises par ALMA et montrant des flux de gaz, tracés par la molécule de méthanol, à différentes vitesses codées en fonction de la ligne de mire, autour du système protostellaire binaire massif. L'image d'arrière-plan grise montre la distribution globale, quelle que soit la vitesse, des émissions de poussière provenant des flux de gaz denses.

Localiser Gaïa afin de cartographier la Voie Lactée

par ESO / Thierry Botti

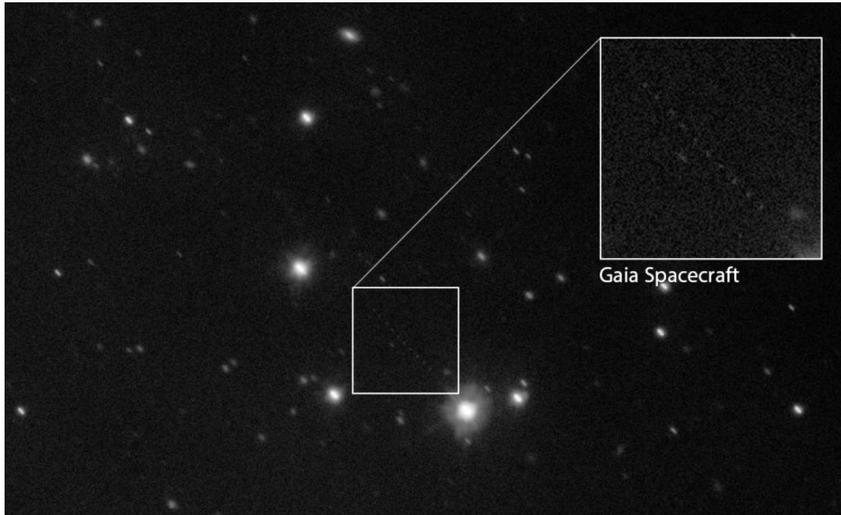
Le satellite Gaïa de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) scrute le ciel depuis l'orbite terrestre afin de créer la cartographie tridimensionnelle la plus étendue et la plus précise de notre galaxie. L'an passé, la mission Gaïa a publié son très attendu second jeu de données listant, avec une précision inégalée, les paramètres – positions, distances et mouvements propres – de plus d'un milliard d'étoiles de notre Voie Lactée. La publication de

ce catalogue a conduit à de nombreuses études disruptives dans divers champs de l'astronomie relatifs à la structure, l'origine et l'évolution de la Voie Lactée, et induit plus de 1700 publications scien-

Sur cette image figure la Voie Lactée telle qu'observée par Gaïa, d'après les mesures effectuées sur plus d'1,7 milliards d'étoiles. [ESA/Gaïa/DPAC]

tifiques depuis son lancement en 2013. Atteindre la précision nécessaire à l'établissement des cartes du ciel de Gaïa requiert la détermination précise de la position du satellite depuis la Terre. Ainsi, tan-

dis que Gaïa sonde le ciel, acquérant des données pour les besoins de son recensement stellaire, les astronomes surveillent régulièrement sa position au moyen d'un réseau mondial de télescopes optiques, parmi lesquels figure le VST à l'Observatoire Paranal de l'ESO. Le VST constitue à l'heure actuelle le télescope de sondage le plus vaste. Il opère dans le domaine visible et enregistre la position de Gaïa chaque



Sur cette image résultant de la superposition de clichés acquis par le *Télescope de Sondage du VLT (VST) de l'ESO*, figurent les positions successivement occupées par l'observatoire spatial Gaïa sous l'aspect d'une mince traînée de pointillés sur la moitié inférieure d'un champ de vue étoilé. Ces observations ont été effectuées dans le cadre d'un effort collaboratif continu visant à déterminer l'orbite de Gaïa et à améliorer la précision de sa cartographie céleste. [ESO]

deux nuits de l'année. « Les observations de Gaïa nécessitent l'adoption d'une procédure particulière » précise Monika Petr-Gotzens, qui coordonne l'exécution des observations de Gaïa pour l'ESO depuis 2013. « Le satellite est une cible mobile, dont le mouvement est rapide comparé à celui des étoiles constellant le ciel – suivre Gaïa représente donc un véritable défi ! »

« Le VST est l'outil parfait de suivi du mouvement de Gaïa », ajoute Ferdinando Patat, chef du bureau des Programmes d'Observation de l'ESO. « Utiliser l'une des installations phares de l'ESO dans le but de contribuer aux observations de pointe effectuées depuis l'espace constitue un bel exemple de collaboration scientifique. »

« Cette collaboration sol-espace est passionnante.

Elle repose sur l'utilisation de l'un des télescopes de classe mondiale de l'ESO afin d'ancrer les observations révolutionnaires du milliard d'étoiles de Gaïa », précise Timo Prusti, scientifique du projet Gaïa à l'ESA. Les observations effectuées par le VST sont

Cette vidéo résume comment le *télescope VLT Survey (VST) de l'ESO* aide à cartographier notre galaxie, traquant Gaïa en mouvement sous la forme d'une série de points faibles qui se détachent dans le ciel nocturne. [ESO]

utilisées par les experts en dynamique de vol de l'ESA pour suivre Gaïa et affiner notre connaissance de l'orbite du satellite. Un étalonnage minutieux constitue le préalable à la transformation des observations, au sein desquelles Gaïa arbore l'aspect d'un simple point de lumière parmi les étoiles brillantes, en informations orbitales significatives. Les données issues de la seconde publication de Gaïa ont été utilisées pour identifier chacune des étoiles peuplant le champ de vision, et ont permis de déterminer la position du satellite avec une précision remarquable – voisine de 20 millisecondes d'arc.

« Il s'agit d'un processus complexe : nous utilisons les paramètres stellaires acquis par Gaïa pour étalonner la position du satellite Gaïa et améliorer ses mesures d'étoiles », ajoute Timo Prusti.

« Après un traitement long et minutieux des données, nous sommes finalement parvenus à obtenir la précision nécessaire à l'implémentation des observations de Gaïa depuis le sol dans la détermination de son orbite », conclut Martin Altmann, responsable de la campagne Ground Based Optical Tracking (GBOT) au Centre d'Astronomie de l'Université d'Heidelberg, Allemagne.

Les données acquises dans le cadre de la campagne GBOT seront utilisées pour améliorer notre connaissance de l'orbite de Gaïa, non seulement dans le cadre des observations à venir, mais également pour les besoins des données recueillies sur Terre au cours des années précédentes. La prise en compte de ces résultats d'observation conduira à l'amélioration des jeux de données qui figureront dans les publications futures. ■

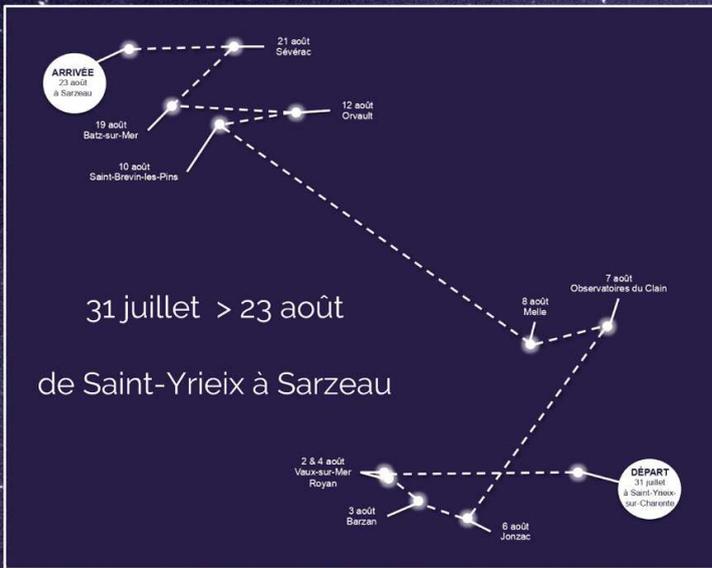
SPACE BUS

FRANCE



Circuit 2019

VENEZ DÉCOUVRIR L'ASTRONOMIE !



Durant 15 min, vous serez aux commandes d'une navette spatiale en partance pour Mars ! Malheureusement, votre voyage ne se passera pas comme prévu...



Rencontrez et discutez avec des astrophysiciens ! Ils/Elles répondront à toutes les questions que vous vous posez sur notre Univers, les missions spatiales et les métiers scientifiques.



Une dizaine d'animations ludiques sont proposées gratuitement pour petits et grands, sur différents thèmes de l'astronomie et de l'espace ! Système Solaire, Conquête Spatiale, Météorites... Venez donc découvrir les merveilles de l'Univers qui nous entoure !

Observez les merveilles du ciel dans un télescope : découvrez les mystères du Soleil durant la journée et la beauté de la Lune et des planètes à la nuit tombée.



Association SpaceBus France - 7 rue Montbrun 75014 Paris - SIREN 834 014 961

CLAUDIE HAIGNERÉ



JEAN-FRANÇOIS CLERVOY



DE 14H À MINUIT

ENTRÉE LIBRE

PLUS D'INFORMATIONS SUR
WWW.SPACEBUSFRANCE.FR



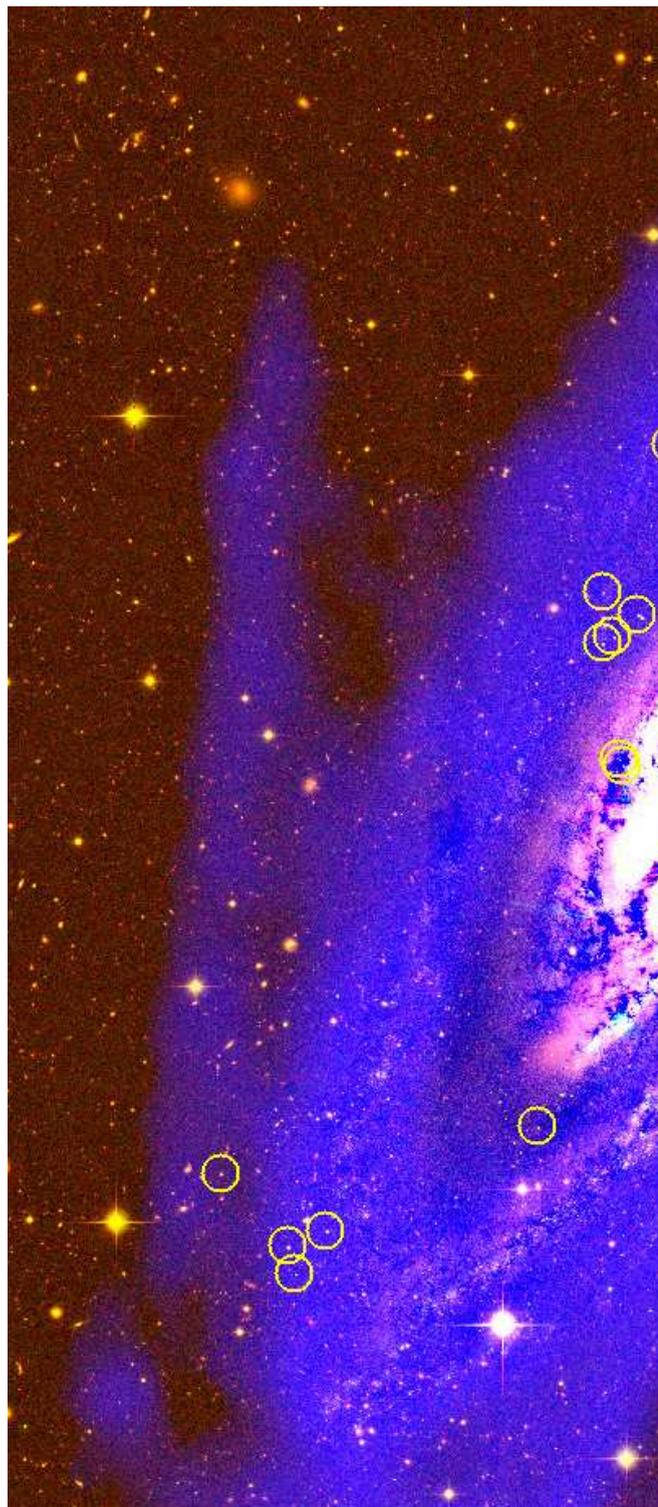
Un système d'amas globulaires dans le disque d'une galaxie

par IAC

relu par Roland Boninsegna

Les amas globulaires sont des groupes de 100 000 à 1 000 000 étoiles, dont les composants ont à peu près le même âge et une composition chimique similaire. Ce sont des objets très anciens, formés il y a environ 11,5 milliards d'années, soit 2,3 milliards d'années après le Big Bang. Ces amas se trouvent normalement dans les grandes galaxies, répartis dans les halos, dans une distribution sphérique autour de leurs centres. Une étude internationale, dirigée par un groupe de chercheurs de la National Autonomous University of Mexico (UNAM) et réalisée avec l'instrument OSIRIS sur le Gran Telescopio Canarias (GTC), a découvert dans la galaxie spirale Messier 106 (également connue sous le nom de M106 et NGC 4258) des amas globulaires qui, au lieu d'être répartis dans une sphère, semblent disposés dans un plan,

aligné avec le disque de gaz de la galaxie et tournent approximativement à la même vitesse que ce disque. « *Cela n'a jamais été vu auparavant, c'est une de ces découvertes absolument inattendues et surprenantes de la science* », explique Rosa Amelia González Lópezlira, chercheuse à l'Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRyA-UNAM), qui a dirigé la recherche. « *La façon dont ces groupes se déplacent et leur répartition sont comparables à celles des disques de galaxies pendant la période de formation maximale d'étoiles, il y a environ 10 milliards d'années, connue sous le nom de 'midi cosmique'*. Nous pensons donc que le disque d'amas dans M106 est peut-être un résidu de cette époque. » Les données obtenues avec l'instrument OSIRIS sur le GTC de l'Observatoire de la Roque de los Muchachos ont



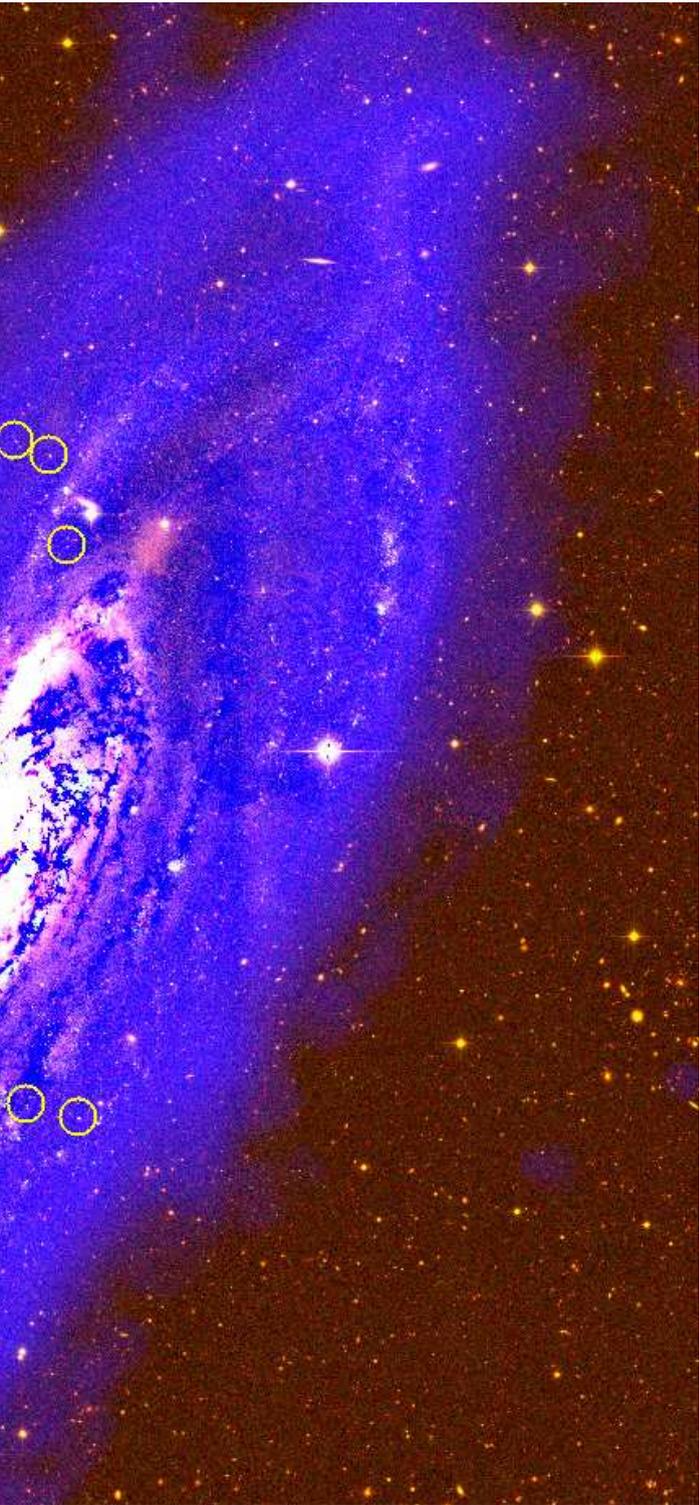


Image en fausse couleur de M106, qui combine des données d'hydrogène neutre obtenues à l'aide du radiotélescope Westerbork Synthesis (WSRT), en bleu, avec les images optiques obtenues avec (CFHT), en vert et en rouge. Les cercles jaunes mettent en évidence les amas globulaires observés, qui sont disposés sur un disque qui tourne en phase et à la même vitesse que le gaz neutre. [Divakara Mayya (INAOE)]

été d'une importance fondamentale pour confirmer les candidats amas globulaires et pour les distinguer d'autres sources de lumière, telles que les étoiles et les galaxies lointaines. Pour ce faire, il faut prendre des spectres montrant que chaque amas a une population contemporaine d'étoiles anciennes et appartient réellement à la galaxie étudiée.

Pour Divakara Mayya, chercheuse à l'Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) et deuxième auteur de l'article : « Les observations avec GTC et OSIRIS sont essentielles au succès de l'étude, car les objets sont assez éloignés et il faut donc plus d'une heure d'exposition avec le plus grand télescope optique infrarouge du monde pour extraire les informations importantes des spectres ».

L'instrument OSIRIS (Optical System for Imaging and low-Intermediate-Resolution Integrated Spectroscopy) est un spectrographe à objets multiples construit à l'Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) en collaboration avec Mexico, il est capable d'observer plusieurs objets à la fois.

« Avoir cette capacité de multiplexage, à savoir obtenir plus de spectres simultanément, est fondamental pour ce type d'étude et cela est possible sur trois des instruments actuels du GTC, qui couvrent la lumière visible et l'infrarouge », explique Antonio Cabrera, res-

ponsable des opérations scientifiques sur le GTC. Pour ce travail, 23 amas globulaires candidats ont été observés dans deux zones.

Cet article est le premier résultat d'un projet plus vaste qui étudiera les systèmes d'amas globulaires dans neuf galaxies spirales, dans un rayon de 52 millions d'années-lumière, afin d'examiner la relation entre le nombre d'amas globulaires et la masse du trou noir central dans les galaxies spirales.

« Cette relation est très étroite pour les galaxies elliptiques, mais elle n'est pas aussi claire dans les galaxies spirales comme la Voie Lactée », observe Lopezlira. « Les neuf galaxies que nous avons l'intention d'étudier ont une bonne estimation de la masse de leurs trous noirs centraux et se trouvent à des distances où nous pouvons effectuer des études valables sur leurs amas globulaires. »

Ce travail récent confirme l'existence d'une corrélation entre le nombre d'amas globulaires et la masse du trou noir central de M106, et prouve la précision de la méthode photométrique utilisée avec le GTC. « Des études de ce type dans plusieurs galaxies spirales peuvent clarifier le rôle des diverses hypothèses proposées pour la formation des galaxies, celles des amas globulaires et des trous noirs centraux », conclut le premier auteur du travail. ■

Émissions radio des particules de poussière dans MACS0416_Y1

par ALMA Observatory
relu par Roland Boninsegna

Les chercheurs ont détecté un signal radio généré par poussière interstellaire abondante dans MACS0416_Y1, une galaxie située à 13,2 milliards d'années-lumière dans la constellation de l'Éridan. Les modèles standards ne peuvent expliquer cette poussière dans une galaxie si jeune, ce qui nous oblige à repenser l'histoire de la formation des étoiles.

Les chercheurs pensent maintenant que MACS0416_Y1 a connu une formation stellaire échelonnée, avec deux périodes intenses 300 et 600 millions d'années après le Big Bang, intercalées d'une phase silencieuse. Les étoiles sont les principaux protagonistes de l'univers, mais elles sont soutenues par des « machinistes invisibles » dans les coulisses : poussière d'étoiles et gaz. Les nuages cosmiques de poussière et de gaz sont des lieux de formation stellaire et les narrateurs magistraux de l'histoire cosmique. « La poussière et les élé-

ments relativement lourds tels que l'oxygène sont dispersés par la mort des étoiles », a déclaré Yoichi Ta-

mura, professeur associé à l'Université de Nagoya et auteur principal de l'article scientifique. « Par consé-

Réprésentation artistique de la galaxie lointaine MACS0416_Y1. Sur la base d'observations avec ALMA et HST, les chercheurs supposent que cette galaxie contient des amas stellaires avec un mélange d'étoiles anciennes et jeunes. Les nuages de gaz et de poussière sont illuminés par la lumière des étoiles. [National Astronomical Observatory of Japan]



quent, une détection de poussière à un moment donné indique qu'un certain nombre d'étoiles se sont déjà formées et sont déjà mortes bien avant. » En utilisant ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), Tamura et son équipe ont observé la galaxie lointaine MACS0416_Y1. En raison de la vitesse limitée de la lumière, les ondes radio que nous observons dans cette galaxie ont dû parcourir 13,2 milliards d'années pour nous atteindre. En d'autres termes, elles fournissent une image de l'apparence de la galaxie il y a 13,2 milliards d'années, soit seulement 600 millions d'années après le Big Bang.

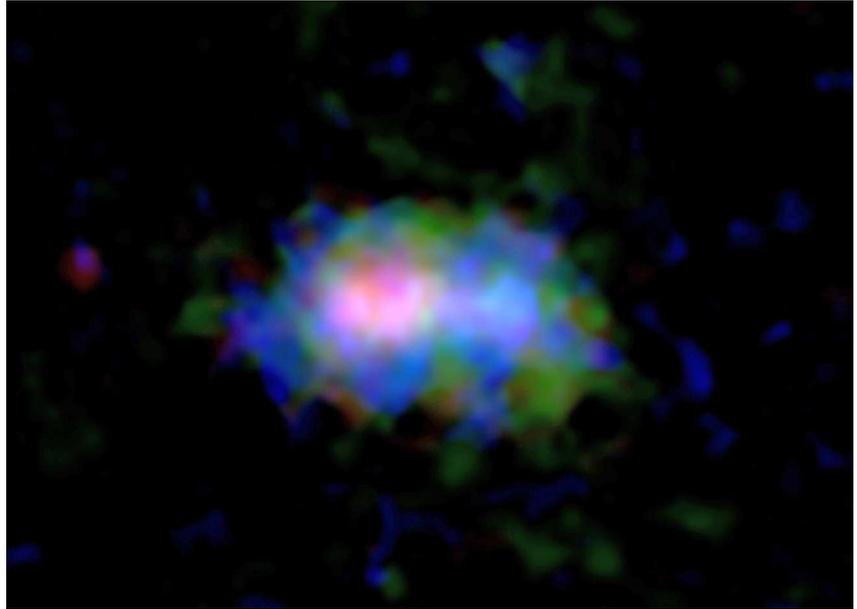


Image d'ALMA et du télescope spatial Hubble de la galaxie lointaine MACS0416_Y1. La distribution de la poussière et de l'oxygène tracée par ALMA est indiquée respectivement en rouge et vert, tandis que la distribution des étoiles capturées par le HST est indiquée en bleu. [ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), NASA/ESA Hubble Space Telescope, Tamura, et al.]

Les astronomes ont enregistré un signal faible mais révélateur d'émissions radio de particules de poussière dans MACS0416_Y1. Les télescopes spatiaux Hubble et Spitzer et le Very Large Telescope de l'ESO ont observé la lumière provenant des étoiles de la galaxie et, d'après leur couleur, ils ont estimé que l'âge de ces étoiles est de 4 millions d'années. « Ce n'est pas facile », a déclaré Tamura, « la poussière est trop abondante pour avoir été formée en seulement 4 millions d'années ».

C'est surprenant, mais il est possible que les étoiles les plus anciennes se cachent dans la galaxie ou se sont éteintes et ont déjà disparu.

« Plusieurs idées ont été proposées pour surmonter ce problème de l'équilibre de la poussière », a déclaré Ken Mawatari, chercheur à l'Université de Tokyo. « Cependant, aucune d'entre elles n'est décisive. Nous avons créé un nouveau mo-

dèle qui ne nécessite pas d'hypothèses extrêmes, différentes de notre connaissance de la vie des étoiles dans l'univers d'aujourd'hui. Le modèle explique à la fois la couleur de la galaxie et la quantité de poussière. » Dans ce modèle, la première vague de formation stellaire a commencé à 300 millions d'années (après le Big Bang) et a duré 100 millions d'années. Après cela, l'activité de formation stellaire est restée silencieuse pendant un moment, puis a recommencé à 600 millions d'années (après le Big Bang).

Les chercheurs pensent qu'ALMA a observé cette galaxie au début de sa deuxième génération de formation stellaire. « La poussière est un matériel crucial pour les planètes telles que la Terre », explique Tamura. « Notre résultat est un pas en avant important dans la compréhension de l'histoire ancienne de l'univers et de l'origine de la poussière. » ■



HiPERCAM révèle de nouveaux détails sur les plus anciennes étoiles de la Voie Lactée

par IAC

relu par Roland Boninsegna

Une équipe internationale dirigée par un chercheur de l'Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech (UPC) et de l'Institut d'études spatiales de Catalogne (IEEC), a mesuré pour la première fois les paramètres stellaires d'un très ancien type d'étoiles galactiques connues sous le nom de « sous-naine froide ». Ce sont des étoiles comme notre Soleil, mais de masse et de rayon plus petits, qui se sont formées dans la très jeune Voie Lactée et portent donc des informations importantes sur sa structure et son évolution chimique. Le travail a été réalisé en collaboration avec des chercheurs de l'University of Sheffield and the National Astronomical Observatories, ainsi qu'avec la Chinese Academy of Sciences. Les résultats ont été publiés dans la revue *Nature Astronomy*. Lors de la formation de la Voie Lactée, les premières étoiles étaient

essentiellement composées d'hydrogène. Les éléments plus lourds que l'hydrogène et l'hélium sont considérés comme des métaux en astronomie et leur présence détermine la métallicité d'une étoile. Au fil du temps et la mort des étoiles, le contenu de ces métaux dans la Voie Lactée et dans les étoiles naissantes a augmenté. Par conséquent, les anciennes étoiles ont une métallicité inférieure aux plus jeunes. « Parce que les vieilles étoiles peuvent révéler des informations importantes sur la structure et l'évolution chimique de la Voie lactée, il est essentiel que les astronomes déterminent leurs paramètres les plus fondamentaux, tels que la masse et le rayon », explique le

Une vision artistique d'un système binaire à éclipses composé d'une sous-naine froide (ici orangée) et d'une naine blanche. [Mark Garlick]

chercheur de l'UPC, Alberto Rebassa Mansergas, qui a dirigé l'étude. Comme les anciennes étoiles sont faibles et relativement rares dans les environs du Soleil, nous savons peu de choses sur les sous-naines froides. Actuellement, le rayon de seulement 88 et la masse de 6 d'entre-elles ont été estimés. Cependant, aucune valeur de masse et de rayon pour la même sous-naine froide n'a été mesurée avec précision, laissant les études théoriques sur de telles étoiles non testées jusqu'à présent. Dans leur travail, les chercheurs ont trouvé la première sous-naine froide dans un système binaire à éclipses, un système dans lequel deux étoiles gravitent l'une autour de l'autre, dans ce cas une sous-naine froide et une naine blanche. « Les systèmes de binaires à éclipses offrent la possibilité de mesurer directement les masses et les rayons des deux composants avec une précision sans précédent », explique Rebassa Mansergas. Jusqu'à présent, les scientifiques n'avaient pas d'appareil photo suffisamment puissant pour obtenir des mesures précises de la masse et du rayon des composants stellaires. Grâce à l'utilisation de l'instrument HiPERCAM installé sur le GTC, à l'Observatoire Roque de los Muchachos (Garafía, La Palma), associé aux données de l'instrument X-Shooter de l'Unité 2 du Very Large Telescope (VLT) de l'ESO, au Chili, les chercheurs ont pu mesurer avec précision le système

pour la première fois. L'article scientifique est le premier à avoir été publié à l'aide des données d'HiPERCAM. Selon Vikram Dhillion, astrophysicien à l'Université de Sheffield et chercheur affilié à l'IAC, ainsi que l'un des responsables du projet HiPERCAM : « La mesure de la masse et du rayon de cette ancienne étoile confirme une prédiction essentielle de la théorie de la structure stellaire et démontre les capacités uniques de notre nouvelle caméra HiPERCAM sur le télescope Gran Telescopio Canaria de 10,4 mètres ».

Cette caméra peut prendre une photo toutes les millisecondes, contrairement aux autres appareils qui prennent généralement une photo toutes les quelques minutes. Grâce à sa vitesse d'acquisition élevée, HiPERCAM permet d'étudier avec des détails sans précédent des objets avec des variations de luminosité rapides, causées par des phénomènes tels que des éclipses et des explosions.

« Les observations avec HiPERCAM sur le GTC ont permis d'obtenir simultanément les courbes de lumière du système stellaire en question à travers 5 filtres, avec une précision sans précédent, grâce au grand diamètre du télescope. La combinaison HiPERCAM/GTC ouvre une porte extraordinaire à l'étude d'objets à variabilité temporelle, offrant une très haute résolution et couvrant une gamme de magnitudes inaccessibles pour d'autres télescopes », explique Antonio Cabrera, responsable des opérations scientifiques du GTC. Avec ces valeurs, ainsi que la température et la luminosité des sous-naines froides obtenues à partir des observations, les auteurs ont été en mesure de valider, pour la première fois, les relations théoriques entre masse, rayon, luminosité et température pour les étoiles les plus anciennes de notre galaxie. ■

Hubble assemble une large vue de l'univers lointain

par NASA/ESA
relu par Roland Boninsegna

Les astronomes ont construit le « livre d'histoire » le plus vaste et le plus complet des galaxies sur une seule image, en se basant sur 16 années d'observations effectuées par le télescope spatial Hubble.

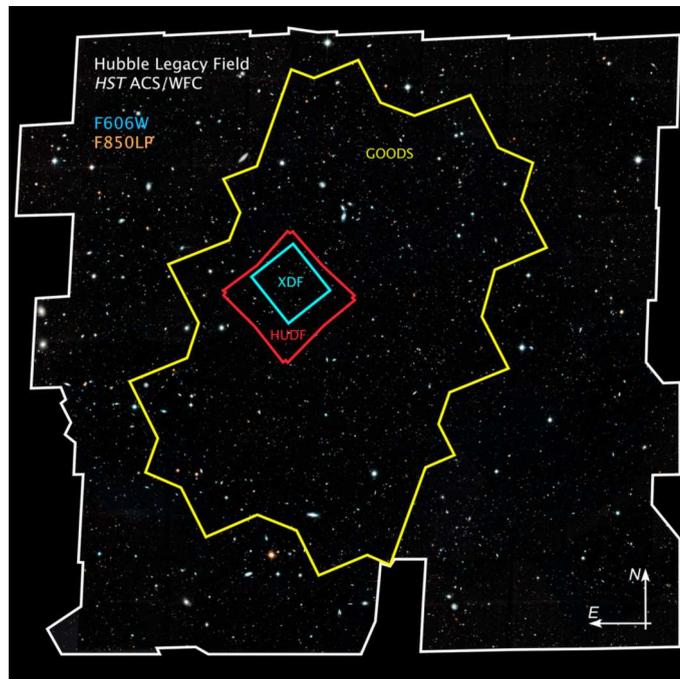
La mosaïque du ciel profond, créée à partir de près de 7500 expositions individuelles, fournit un large portrait de l'univers lointain, contenant 265 000 galaxies couvrant 13,3 milliards d'années, jusqu'à seulement 500 millions d'années après le Big Bang. Les galaxies les plus faibles et les plus éloignées n'ont qu'un dix milliardième de la luminosité de ce que l'œil humain peut voir. Même l'histoire de l'évolution de l'univers est racontée dans ce panorama. Le portrait montre comment les galaxies évoluent au fil du temps, se construisant pour devenir les galaxies géantes visibles dans l'univers proche. Cet effort ambi-

tieux, appelé Hubble Legacy Field, combine également des observa-

tions faites durant différents projets sur le ciel profond par Hubble, y compris l'eXtreme Deep Field (XDF), la vue la plus profonde de l'univers.

La gamme de longueurs d'onde s'étend de la lumière ultraviolette à la lumière de l'infrarouge proche, en capturant les principales caractéristiques de l'assemblage d'une galaxie au fil du temps.

« Maintenant que nous sommes allés au-delà des enquêtes précédentes, nous détectons beaucoup de galaxies plus lointaines dans le plus grand ensemble de données jamais produit par Hubble », a déclaré Garth Illingworth, de l'Université de Californie à Santa Cruz, à la tête de l'équipe qui a assemblé l'image. « Cette image contient l'ensemble de l'histoire de la croissance des galaxies dans l'univers, depuis leur enfance jusqu'à leur adolescence. Aucune autre image ne surpassera pas celle-ci avant le lancement des futurs télescopes spatiaux. Nous avons construit cette mo-



Cette image montre les dimensions et les positions dans l'Hubble Legacy Field des deux zones que Hubble avait étudiées précédemment dans cette région, le Great Observatories Origins Deep Survey (GOODS) et l'Hubble Ultra Deep Field (HUDF), ainsi que l'image la plus profonde jamais prise par Hubble, l'eXtreme Deep Field (XDF). [NASA, ESA, G. Illingworth and D. Magee (University of California, Santa Cruz), K. Whitaker (University of Connecticut), R. Bouwens (Leiden University), P. Oesch (University of Geneva), and the Hubble Legacy Field team]



Les astronomes ont développé une mosaïque de l'univers lointain, appelée Hubble Legacy Field, qui documente 16 années d'observations effectuées par le télescope spatial Hubble. L'image contient plus de 200 mille galaxies qui s'étendent sur 13,3 milliards d'années, jusqu'à 500 millions d'années seulement après le Big Bang. [NASA, ESA, G. Illingworth and D. Magee (University of California, Santa Cruz), K. Whitaker (University of Connecticut), R. Bouwens (Leiden University), P. Oesch (University of Geneva), and the Hubble Legacy Field team]

saïque comme un outil pour nous-mêmes et pour les autres astronomes », a ajouté Illingworth. « On espère que cette enquête conduira à une compréhension plus cohérente, plus profonde et plus large de l'évolution de l'univers dans les années à venir. » L'image fournit un vaste catalogue de galaxies loin-

taines. « Les remarquables mesures à haute résolution des nombreuses galaxies de ce catalogue permettent un large éventail d'études extragalactiques », a dit le chercheur en chef du catalogue Katherine Whitaker, de l'Université du Connecticut, à Storrs. « Souvent, ces types de projets ont produit des découvertes

inattendues qui ont eu le plus grand impact sur notre compréhension de l'évolution des galaxies. »

Les galaxies sont les « signets de l'espace », comme les appelait une fois l'astronome Edwin Hubble, il y a un siècle. Les galaxies permettent aux astronomes de suivre l'expansion de l'univers, elles offrent des indices sur

Cette vidéo explore les détails de l'Hubble Legacy Field. [NASA, ESA, G. Illingworth and D. Magee (University of California, Santa Cruz), K. Whitaker (University of Connecticut), R. Bouwens (Leiden University), P. Oesch (University of Geneva), and the Hubble Legacy Field team. Music: James Creasey]

rassemblées de manière cohérente et ne pouvaient être utilisées par aucun chercheur. Les astronomes peuvent sélectionner les données de leur choix dans le Legacy Field et les utiliser immédiatement, au lieu d'avoir à effectuer une énorme quantité de réduction de données avant d'effectuer des analyses scientifiques. »

L'image, ainsi que les expositions individuelles qui composent la nouvelle vue, sont disponi-

la physique fondamentale du cosmos, montrent l'origine des éléments chimiques et permettent de tracer les conditions qui ont conduit à l'apparition de notre système solaire et de la vie.

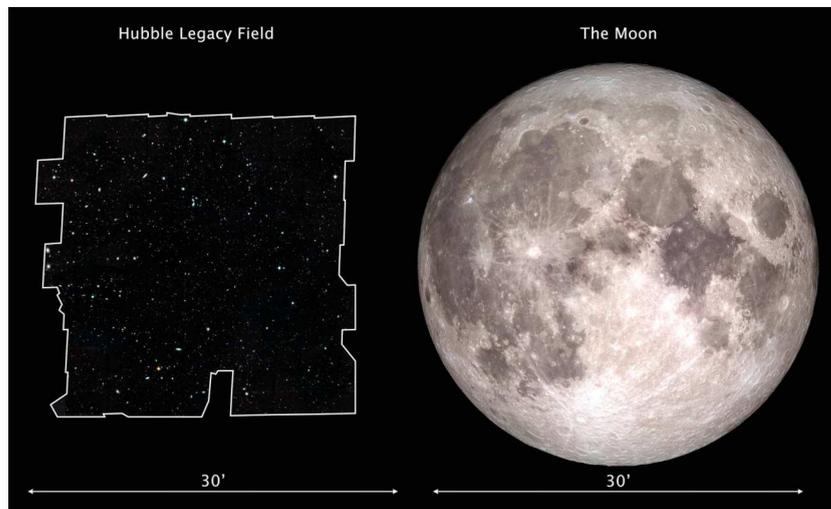
Cette vue plus large contient environ 30 fois plus de galaxies que les champs profonds précédents. La nouvelle image, une mosaïque de plusieurs instantanés, couvre presque la largeur de la pleine lune. Le XDF, qui a pénétré plus profondément dans l'espace que cette vue plus large, se trouve dans cette région, mais couvre moins d'un dixième du diamètre de la pleine lune. Le Legacy Field révèle également un zoo d'objets insolites. Beaucoup d'entre eux sont les restes de catastrophes galactiques chaotiques, remontant à une période du début de l'univers dans laquelle de petites et jeunes galaxies se sont heurtées et ont fusionné avec d'autres galaxies. Assembler toutes les observations a été une tâche immense. L'image comprend le travail collectif de 31 programmes Hubble menés par différents groupes d'astronomes.

Hubble a passé plus de temps sur cette petite zone que sur toute autre région du ciel, pour un total de plus de 250 jours, près de trois quarts d'année.

« Notre objectif était de rassembler les 16 années de photographies dans une 'image dédiée', a expliqué Dan Magee, de l'Université de Californie, Santa Cruz, et responsable du traitement des données de l'équipe. « Auparavant, la plupart de ces photos n'avaient pas été

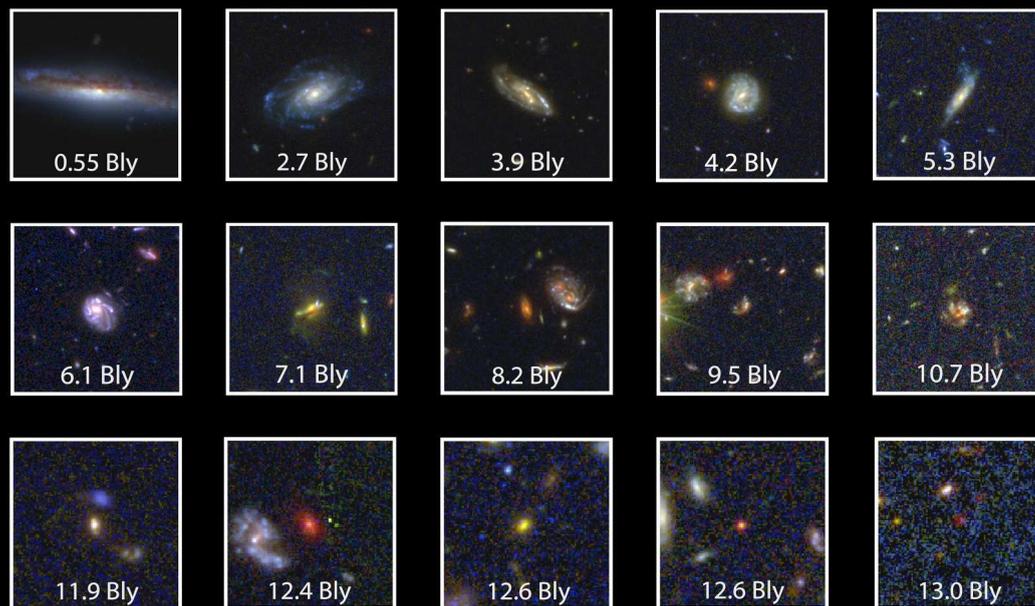
bles pour la communauté des astronomes du monde entier sur le site de Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST). MAST, une base de données astronomiques de Hubble et d'autres missions de la NASA disponible sur Internet, est située au Space Telescope Science Institute à Baltimore, Maryland.

Le télescope spatial Hubble a parcouru un long chemin en prenant des « échantillons » de plus en plus fondamentaux de l'univers lointain. Après le lancement de Hubble en 1990, les astronomes se sont demandé s'il valait la peine de passer une partie du temps du télescope



Ce graphique compare la taille du champ de l'Hubble Legacy dans le ciel avec les dimensions angulaires de la Lune. [Hubble Legacy Field Image: NASA, ESA, and G. Illingworth and D. Magee (University of California, Santa Cruz); Moon Image: NASA, GSFC, and Arizona State University]

Ce graphique présente des images en gros plan de 15 des 265000 galaxies de l'Hubble Legacy Field. Les galaxies sont dispersées dans le temps, de 550 millions d'années à 13 milliards d'années. Leur lumière arrive sur Terre maintenant, après avoir traversé l'espace pendant toutes ces années. Cette collection d'images permet aux astronomes de regarder dans le passé pour voir



Bly = billion light-years

des galaxies très jeunes, dans les premières époques de l'univers. L'univers a 13,8 milliards d'années. Le panneau supérieur des images montre des galaxies « adultes » ; le panneau intermédiaire montre les galaxies dans leur « adolescence », quand elles grandissent et changent de façon spectaculaire ; le panneau inférieur montre de petites et jeunes galaxies. [NASA, ESA, G. Illingworth and D. Magee (University of California, Santa Cruz), K. Whitaker (University of Connecticut), R. Bouwens (Leiden University), P. Oesch (University of Geneva), and the Hubble Legacy Field team]

dans une « partie de pêche » pour réaliser une très longue exposition d'un petit morceau de ciel apparemment vide. L'image résultante, le Hubble Deep Field de 1995, a capturé plusieurs milliers de galaxies jamais vues auparavant. Cet effort courageux a été une étape importante et une démonstration du concept qui a jeté les bases des images futures. En 2002, l'Advanced Camera for Surveys de Hubble est allé encore plus loin, pour découvrir 10000 galaxies en un seul « instantané ». En 2012, les astronomes ont utilisé les expositions de la Wide Field Camera 3 (WFC3) de Hubble, installée en 2009, pour assembler l'image eXtreme Deep Field. Contrairement aux précédentes caméras de Hubble, la WFC3 couvre une gamme de longueurs d'onde plus étendue,

de l'ultraviolet à l'infrarouge proche. Cette nouvelle mosaïque d'images est la première d'une série d'images appelée Hubble Legacy Field. L'équipe travaille actuellement sur une deuxième série d'images, pour un total de plus de 5200 expositions d'une autre zone du ciel. À l'avenir, les astronomes espèrent élargir la gamme multi-longueurs d'onde des images 'legacy', afin d'inclure des données infrarouges avec des longueurs d'onde plus longues et des observations de rayons X à haute énergie, produites par deux autres grands observatoires de la NASA, les télescopes spatiaux Spitzer et Chandra. Le nombre immense de galaxies dans le Legacy Field constitue également la première cible des futurs télescopes. « Il va vraiment préparer le terrain pour le Wide Field Infra-

red Survey Telescope (WFIRST) de la NASA », a déclaré Illingworth. « Le Legacy Field est un précurseur de WFIRST, qui capturera une image 100 fois plus grande qu'une photo typique de Hubble. En seulement trois semaines d'observations par WFIRST, les astronomes seront en mesure d'assembler un champ beaucoup plus profond et deux fois plus large que celui de l'Hubble Legacy Field. » De plus, le prochain télescope spatial James Webb de la NASA permettra aux astronomes d'approfondir leurs recherches sur le Legacy Field, afin de révéler la croissance réelle des galaxies juvéniles. La couverture infrarouge de Webb ira au-delà des limites de Hubble et Spitzer, pour aider les astronomes à identifier les premières galaxies de l'univers. ■

GRAVITY innove dans le domaine de l'imagerie exoplanétaire

par ESO / Thierry Botti

L'instrument GRAVITY qui équipe l'Interféromètre du Very Large Telescope (VLT) de l'ESO, a effectué la première observation directe d'une exoplanète au moyen de l'interférométrie optique. Cette technique a révélé l'existence d'une atmosphère exoplanétaire complexe composée de nuages de fer et de silicates emportés dans une tempête à l'échelle planétaire.

Cette technique offre des possibilités uniques de caractériser nombre d'exoplanètes connues à ce jour.

Ce résultat a été annoncé ce jour par la collaboration GRAVITY au travers de la publication d'une lettre au sein de la revue *Astronomy and Astrophysics*. Y sont présentées les observations de l'exoplanète HR8799e effectuées au moyen de l'interférométrie optique.

Cette exoplanète fut découverte en 2010 en orbite autour de la jeune étoile HR8799 de la séquence principale, distante de quelque 129 années lumière de la Terre et nichée au cœur de la constellation de Pégase. Le résultat d'aujourd'hui dévoile de nouvelles caractéristiques de HR8799e.

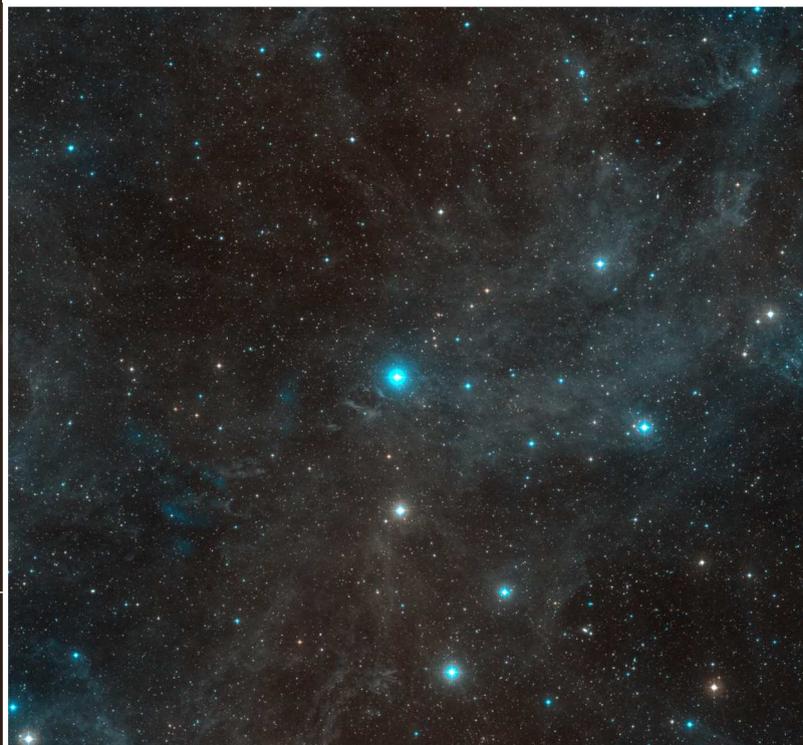
Son obtention a requis l'utilisation d'un instrument doté d'une résolution et d'une sensibilité particulièrement élevées. GRAVITY peut utiliser les quatre unités télescopiques du VLT de l'ESO, les combiner afin de constituer un télescope unique de dimensions plus étendues. De cette technique, baptisée interférométrie, s'ensuit la création d'un super-télescope – le VLTI – capable de collecter la lumière en provenance de l'atmosphère de HR8799e et de précisément la discerner de la lumière issue de son étoile hôte. HR8799e est un super-

Sur cette vue d'artiste figure l'exoplanète observée, baptisée HR8799e. [ESO/L. Calçada]



Jupiter, soit un monde bien différent de ceux qui composent notre Système Solaire, bien plus massif et plus jeune que les planètes qui orbitent autour du Soleil. Agée de 30 millions d'années seulement, cette exoplanète est suffisamment jeune pour offrir aux scientifiques une fenêtre sur la formation des planètes et des systèmes planétaires. Cette exoplanète est particulièrement inhospitalière – l'énergie résiduelle issue de sa formation et un puissant effet de serre portent la température de surface de HR8799e à quelque 1000 °C en effet. C'est la toute première fois que l'interférométrie optique est utilisée pour discerner les détails d'une exoplanète. Cette nouvelle technique a permis d'obtenir un spectre d'une qualité inégalée, dix fois plus détaillé que toutes les observations antérieures. Les mesures effectuées par l'équipe ont révélé la composition de l'atmosphère de HR 8799e – quelques surprises furent au rendez-vous. « Notre analyse a montré que HR-8799e est dotée d'une atmosphère composée d'une quantité de mo-

Sur cette image champ large figurent les environs de la jeune étoile HR 8799 dans la constellation de Pégase. Cette image a été créée à partir de clichés issus du Digitized Sky Survey 2. [ESO/Digitized Sky Survey 2, Davide de Martin]



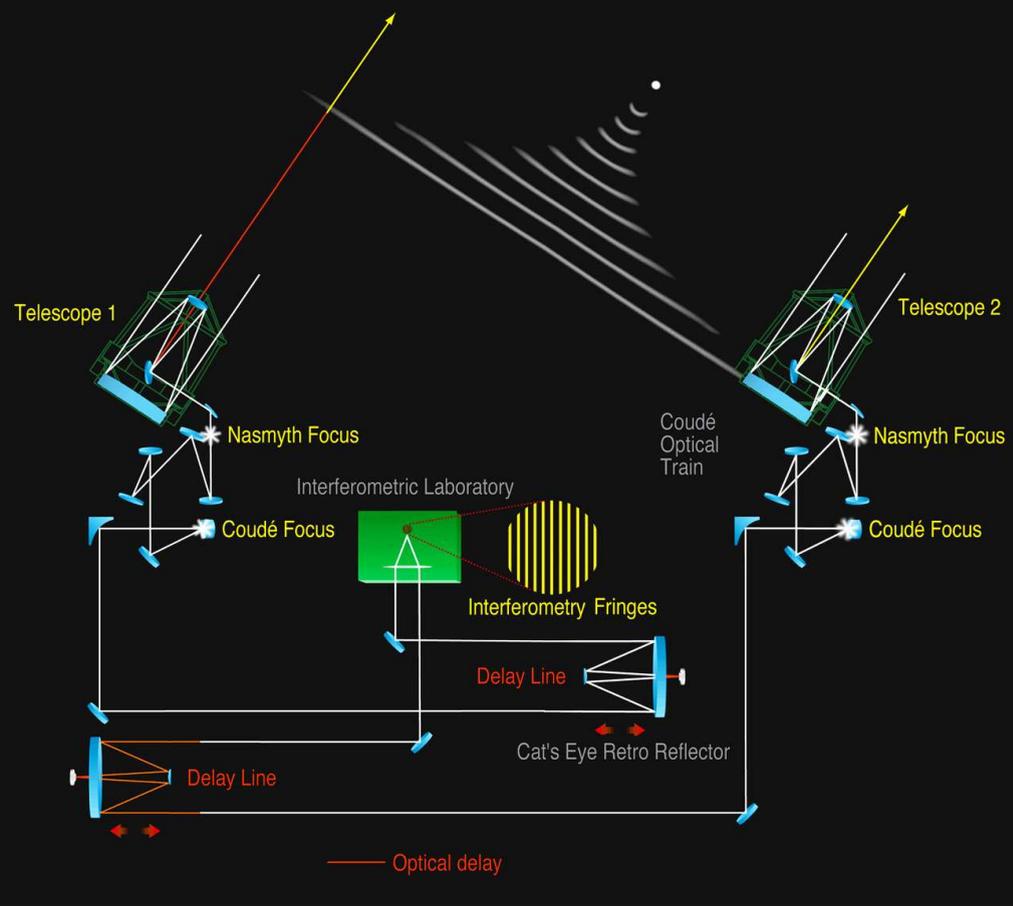


Schéma de l'interféromètre VLT. La lumière d'un objet céleste éloigné pénètre dans deux des télescopes du VLT et est reflétée par les divers miroirs dans le tunnel interférométrique, sous la plate-forme d'observation au sommet de Paranal. Deux lignes à retard avec des chariots mobiles ajustent en permanence la longueur des chemins afin que les deux faisceaux interfèrent de manière constructive et produisent des franges au niveau du foyer interférométrique en laboratoire. [ESO]

se condensent et s'infiltrent en surface, sous la forme de pluies. C'est l'image que l'on pourrait avoir de l'atmosphère dynamique d'une jeune exoplanète géante, subissant de complexes processus physico-chimiques. » Ce résultat s'appuie sur la série d'impressionnantes découvertes effectuées par GRAVITY, parmi lesquelles figure l'observation, l'an passé, de

noxyde de carbone nettement supérieure à celle de méthane – ce qui surprend, connaissant la chimie d'équilibre », explique Sylvestre Lacour, chercheur CNRS à l'Observatoire de Paris – PSL et à l'Institut Max Planck dédié à la Physique Extraterrestre, par ailleurs leader de l'équipe. « Ce résultat

surprenant peut s'expliquer par la présence, au sein de l'atmosphère, de puissants vents verticaux qui empêchent le monoxyde de carbone de s'associer à l'hydrogène afin de donner du méthane. »

L'équipe a découvert que l'atmosphère était également composée de nuages de poussière de fer et de silicates. Ce résultat, combiné à l'excès de monoxyde de carbone, laisse à penser que l'atmosphère de HR-8799e subit actuellement une énorme tempête particulièrement violente.

« Nos observations évoquent une boule de gaz illuminée de l'intérieur, des rayons de lumière chaude perçant au travers de zones nuageuses plus sombres », ajoute Sylvestre Lacour. « Des mouvements convectifs déplacent ces nuages constitués de particules de silicates et de fer, qui

Cette vidéo contient 7 images de HR8799 prises avec le télescope Keck pendant 7 ans. La vidéo a été réalisée par Jason Wang, les données ont été réduites par Christian Marois et les orbites adaptées par Quinn Konopacky. Bruce Macintosh, Travis Barman et Ben Zuckerman ont participé aux observations. [J. Wang et al.]

Cette vidéo résume la première observation directe d'une planète extrasolaire utilisant l'interférométrie optique. [ESO]

gaz tourbillonnant à une vitesse avoisinant 30% de la vitesse de la lumière en périphérie de l'horizon du trou noir massif de la Voie Lactée. Il ajoute une nouvelle méthode d'observation des exoplanètes à l'arsenal de méthodes existantes dont disposent déjà les télescopes et les instruments de l'ESO – ouvrant ainsi la voie à de nombreuses autres découvertes impressionnantes. ■

...ar
...inspector-1,
...ineur de
...space

...tauri
...elles validées

...Terra ritorna dopo miliardi di anni
...del pianeta vicino alla Terra
...universo
...calcare

...ASTRONOMY magazine
...THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN SPACE
...Bi-monthly magazine of scientific and technical information • May-June 2017 Issue

...Twin spends
...340 days in orbit
...Bloostar
...space at your
...fingertips

...UNIVERSO
...LA RIVISTA GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI MANTIENE AGGIORNATO SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI
...Revista bimestral de información científica y técnica •

...Una sonda a
...casos del Sol

...Un nuovo
...tránsito sopra
...el disco
...KIC 8462852

...lo un
...YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN SPACE
...September-October 2018

...possible
...glacial lake
...Mars

...olution to the
...mysteries of Uranus

...forming Mars
...science fiction

...ASTROFILO
...LA RIVISTA GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI AGGIORNA SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI
...bimestrale di informazione scientifica e tecnica • gennaio-febbraio 2019 • € 0,00

...Barnard's Star b,
...la super-Terra
...più vicina

...Bennu, Didymoon
...e la difesa planetaria

...Bennu, Didymoon
...e la difesa planetaria

...ASTROFILO
...LA RIVISTA GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI AGGIORNA SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI
...bimestrale di informazione scientifica e tecnica • Mars-April 2017

...Tabby's star, un
...mystère non risolto
...Deux sondes exploreront
...le système solaire
...primitif

...ASTROFILO
...LA RIVISTA GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI AGGIORNA SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI
...bimestrale di informazione scientifica e tecnica • settembre-ottobre 2017 • € 0,00

...Missione PLATO,
...il passo decisivo

...Le pulsar nel
...mirino di NICER

...Trovato un esopianeta con atmosfera di acqua rovente
...MASCARA vede la prima luce al La Silla Observatory
...Preparativi per Mercurio: BepiColombo completa i test
...ALMA conferma la chimica complessa dell'atmosfera di Titano

...Cinque anni di Curiosity

...MACRO Cosmos
...LE MAGAZINE MULTIMEDIA GRATUIT QUI VOUS TIEN AU COURANT DE L'ACTUALITE SPATIALE
...bimestriel d'information scientifique
...et technique • Novembre-Décembre 2017

...Une autre origine
...la ceinture d'astéroïdes

...Deep Space Gateway,
...repartir de la Lune

...Hubble découvre un objet sans précédent dans le Système Solaire
...L'emfer sous un ciel de titane
...European Solar Telescope: première lumière en 2027
...Hubble observe une planète noire comme la nuit

...L'industrie minière va
...au-delà de la Terre

...Une nouvelle Supernova
...au-dessus de Munich

...deux découvertes
...Curiosity

...UNIVERSO
...LA RIVISTA GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI MANTIENE AGGIORNATO SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI
...Revista bimestral de información científica y técnica • Número de noviembre-diciembre 2018

...Hayabusa2 trabajando
...en Ryugu

...primera
...na espera
...ción

...Barnard's Star b,
...la super-Terra
...più vicina

...Bennu, Didymoon
...e la difesa planetaria

...ASTROFILO
...LA RIVISTA GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI AGGIORNA SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI
...bimestrale di informazione scientifica e tecnica • gennaio-febbraio 2017 • € 0,00

...4 strani segnali
...dalla Galassia

...Stellare colto mentre forma compagne ravvicinate
...di ESO aiutano a reinterpretare la supernova ASASSN-15lh
...delle dimensioni dei semi planetari

...MACRO Cosmos
...LE MAGAZINE MULTIMEDIA GRATUIT QUI VOUS TIEN AU COURANT DE L'ACTUALITE SPATIALE
...bimestriel d'information scientifique
...et technique • Novembre-Décembre 2017

...Une autre origine
...la ceinture d'astéroïdes

...Deep Space Gateway,
...repartir de la Lune

...Hubble découvre un objet sans précédent dans le Système Solaire
...L'emfer sous un ciel de titane
...European Solar Telescope: première lumière en 2027
...Hubble observe une planète noire comme la nuit

...L'industrie minière va
...au-delà de la Terre

...Une nouvelle Supernova
...au-dessus de Munich

...deux découvertes
...Curiosity

...UNIVERSO
...LA RIVISTA GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI MANTIENE AGGIORNATO SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI
...Revista bimestral de información científica y técnica • Número de marzo

...Noticias desde el
...sistema TRAPPIST

...Chicxulub:
...fact

...primera vez, como un telescopio de 16 metros
...primera luz con NIREX
...de una estrella gigante roja
...elementos del ELT
...profundizada por ALMA

...MACRO Cosmos
...LE MAGAZINE MULTIMEDIA GRATUIT QUI VOUS TIEN AU COURANT DE L'ACTUALITE SPATIALE
...bimestriel d'information scientifique
...et technique • Mars-April 2019

...Le projet Genesis et
...protection planétaire

...Le rover Opportunity
...est à la retraite

...le plus brillant de l'univers primordial
...réseau austral de télescopes Cherenkov à Paranal
...révèle un monde complètement nouveau
...première protoétoile avec un disque déformé
...planète qui s'évapore rapidement

...orbitale, un

...orbitale, un

...From Alpha
...tauri

...ASTRONOMY magazine
...THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN SPACE
...Bi-monthly magazine of scientific and technical information • November-December 2017 Issue

...The second biggest
...meteorite discovered

...wonders of
...ray Buttes

...wonders of
...ray Buttes

...look at disintegrating comet
...in its own exhaust
...of Eta Car

...ASTRONOMY magazine
...THE FREE MULTIMEDIA MAGAZINE THAT KEEPS YOU UPDATED ON WHAT IS HAPPENING IN SPACE
...Bi-monthly magazine of scientific and technical information • January-February 2018 Issue

...The first
...interstellar
...asteroid

...Chicxulub:
...fact

...UNIVERSO
...LA RIVISTA GRATUITA DI ASTRONOMIA CHE TI MANTIENE AGGIORNATO SUGLI ULTIMI AVVENIMENTI EXTRATERRESTRI
...Revista bimestral de información científica y técnica • Número de marzo

...Noticias desde el
...sistema TRAPPIST

...Chicxulub:
...fact

...primera vez, como un telescopio de 16 metros
...primera luz con NIREX
...de una estrella gigante roja
...elementos del ELT
...profundizada por ALMA

...MACRO Cosmos
...LE MAGAZINE MULTIMEDIA GRATUIT QUI VOUS TIEN AU COURANT DE L'ACTUALITE SPATIALE
...bimestriel d'information scientifique
...et technique • Mars-April 2019

...Le projet Genesis et
...protection planétaire

...Le rover Opportunity
...est à la retraite

...le plus brillant de l'univers primordial
...réseau austral de télescopes Cherenkov à Paranal
...révèle un monde complètement nouveau
...première protoétoile avec un disque déformé
...planète qui s'évapore rapidement

...orbitale, un

...orbitale, un

...orbitale, un

NortheK

Instruments - Composites - Optics

DALL KIRKHAM 350 MM

F/20 OCCLUSION 23%

OPTIQUE EN SUPREMAX 33 PAR SCHOTT

STRUCTURE DE CARBONE - CELLULE À 18 POINTS

FLOTTANTS - MISE AU POINT MOTORISÉ

2,5" FEATHER TOUCH - SYSTÈME DE VENTILATION

ET D'ASPIRATION DE LA COUCHE LIMITE

POIDS 34 KG.

ÉGALEMENT DISPONIBLE EN VERSIONS
NEWTON F/4.1 AVEC CORRECTEUR DE 3"

RITCHEY CHRÉTIEN F/9

AVEC CORRECTEUR/RÉDUCTEUR

CASSEGRAIN CLASSIC F/15

