



# L'astronomie dans le monde

ESO/VLT

## *Matière noire*

*Basé sur un communiqué ESO*

Le « cisaillement cosmique », plus couramment connu sous le nom anglais de cosmic shear, dénote la déformation des images des objets lointains par le champ gravitationnel de ceux situés en avant-plan. C'est l'effet classique de lentille gravitationnelle mais de faible intensité sur des champs étendus. Le cosmic shear est produit essentiellement par les plus grandes structures de l'Univers, à une échelle encore plus grande que les amas de galaxies. C'est une version extrême du « weak lensing » que l'on réserve plutôt aux subtiles déformations produites par le champ gravifique des amas de galaxies.

L'analyse minutieuse des minuscules déformations observées fournit des informations sur le champ gravitationnel dans l'Univers, sans faire de distinction entre celui produit par la matière normale et celui dû à la matière noire. On peut en déduire la distribution des masses totales et, en comparant avec la répartition connue de la matière normale, on en déduit celle de la matière noire.

Il va sans dire qu'un tel travail demande des observations profondes et détaillées de très grands champs. C'est ainsi que les astronomes

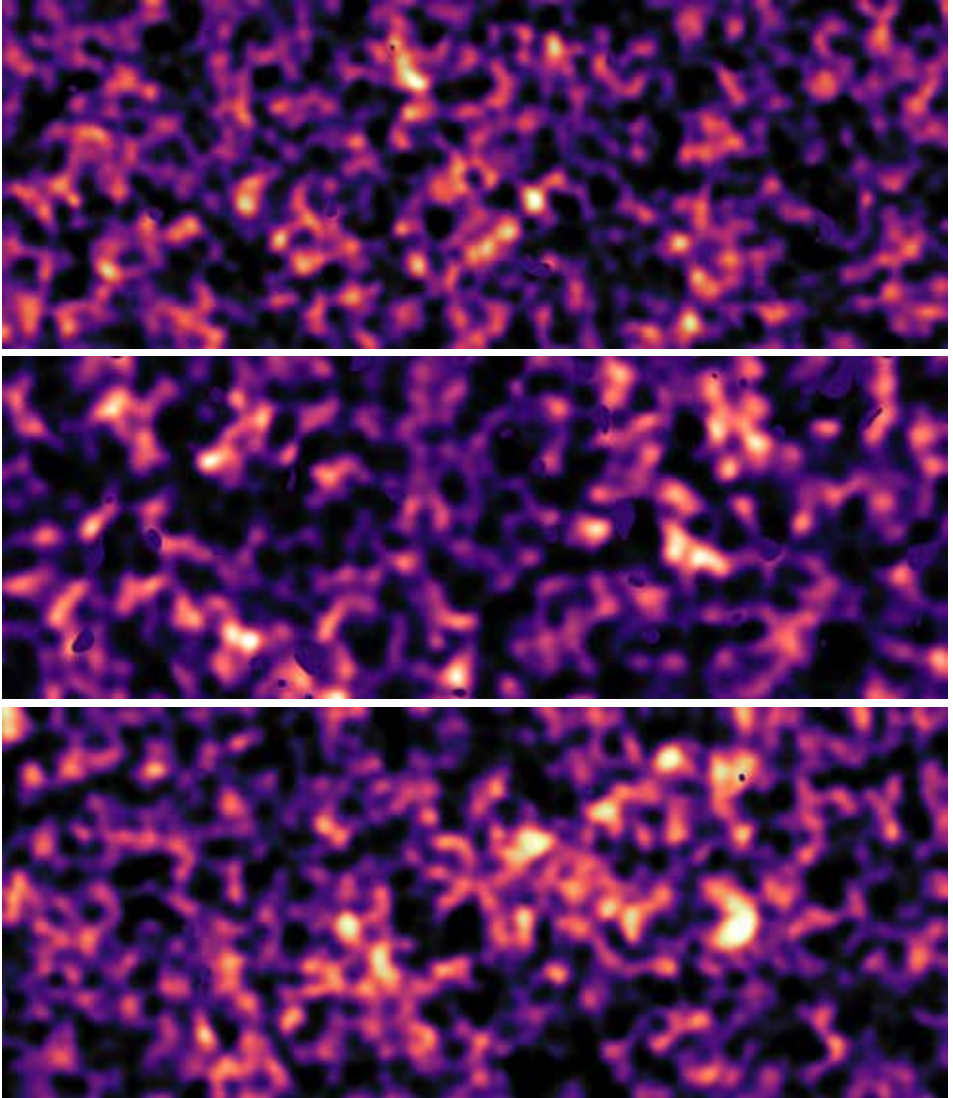
ont réalisé une nouvelle analyse du cosmic shear au moyen du télescope de Survey du VLT de l'ESO-Paranal, dans le cadre du projet KiDS (Kilo Degree Survey). Ils ont utilisé des images couvrant un champ total de 450 degrés carrés – soit plus d'un pour cent de la sphère céleste – et comportant une quinzaine de millions de galaxies. C'est le plus grand et le plus profond survey de ce genre effectué à ce jour.

Comme souvent, les résultats obtenus ne correspondent pas exactement à ce que l'on attendait, ce qui est heureux puisque de nouvelles questions font toujours progresser la science.

L'analyse de KiDS semble contredire les déductions obtenues sur base des données du télescope spatial Planck. En particulier, la distribution de la matière et, surtout, celle de la matière noire, paraît beaucoup plus uniforme<sup>1</sup>, un résultat qui obligerait à revoir les théories concernant certains aspects fondamentaux de la cosmologie et l'évolution de l'Univers depuis le Big Bang.

---

<sup>1</sup> L'homogénéité de l'Univers se mesure par un paramètre (S8) qui combine la taille et l'importance des fluctuations de densité dans des cellules de 8 mégaparsecs.



*Cartes de la matière noire dans l'Univers, obtenues dans le cadre du programme KiDS réalisé au télescope VLT de Survey de l'ESO-Paranal. Elles concernent trois des cinq régions observées par KiDS et sont respectivement 420, 280 et 400 fois plus étendues que la pleine lune. Elles ont été obtenues via l'analyse des effets gravitationnels que la matière noire exerce sur trois millions de galaxies situées à plus de six milliards d'années-lumière. Quelques petites régions sombres aux contours bien nets trahissent l'absence de données en raison de l'interposition d'objets proches, brillants, masquant les galaxies lointaines. (Kilo-Degree Survey Collaboration/H. Hildebrandt & B. Giblin/ESO)*

## Supernova ASASSN-15lh

Basé sur un communiqué ESO

ASASSN-15lh fut-elle simplement la plus brillante des supernovæ jamais observées ? De nouvelles observations effectuées en partie à l'ESO mettent en doute cette assertion. Certains astronomes proposent en effet l'hypothèse qu'il ne s'agissait pas d'une supernova mais d'un événement plus extrême et particulièrement rare : la dislocation d'une étoile passant à trop grande proximité d'un trou noir en rotation rapide.

En 2015, le programme de recherche automatique de supernovæ ASAS-SN a détecté cet événement et ASASSN-15lh fut cataloguée parmi les supernovæ superlumineuses, des explosions de vieilles étoiles extrêmement massives. Cet événement était deux fois plus brillant que la précédente détentrice du record, sa luminosité s'élevant à 20 fois celle de la Voie lactée dans son intégralité.

Dans les dix mois qui ont suivi, les astronomes ont effectué de nouvelles observations<sup>1</sup> de la galaxie-hôte distante de quelque 4 milliards d'années-lumière et ils ont proposé un nouveau scénario explicatif de cet événement extraordinaire. Il est apparu que la probabilité qu'il s'agisse d'une supernova extrêmement brillante était très faible. ASASSN-15lh résulte vraisemblablement de la dislocation d'une étoile

de faible masse par un trou noir supermassif en rotation rapide. Dans ce scénario, l'attraction gravitationnelle d'une intensité extrême qu'exerce un trou noir supermassif situé au centre de la galaxie hôte a provoqué la désintégration de l'étoile de type Soleil qui s'en est trop approchée – un phénomène extrême de marée qui, à ce jour, n'a fait l'objet que d'une dizaine d'observations. Au cours de ce processus, l'étoile a été transformée en spaghetti, et les collisions entre les débris ainsi que la chaleur libérée lors de l'accrétion ont généré un sursaut de lumière. L'événement a ainsi pris l'aspect d'une explosion en supernova particulièrement intense, bien que l'étoile en question ne fût pas dotée d'une masse suffisante pour exploser en supernova.

*Vue d'artiste d'une étoile située à proximité d'un trou noir supermassif en rotation rapide. Bien que sa masse soit infiniment supérieure à celle de l'étoile, son « horizon » couvre une superficie équivalant à seulement 200 fois la surface de l'étoile. La forme oblongue de l'horizon résulte de la rotation du trou noir. L'attraction gravitationnelle du trou noir supermassif entraîne la dislocation de l'étoile. Celle-ci se transforme en spaghetti et l'énergie libérée conduit à un sursaut de lumière.*  
(ESO, ESA/Hubble, M. Kornmesser)

<sup>1</sup> L'équipe a basé ses nouvelles conclusions sur des observations effectuées au moyen de divers télescopes – opérant depuis le sol pour certains, depuis l'espace pour d'autres. Parmi ces instruments figurent le Very Large Telescope (VLT) de Paranal (ESO), le New Technology Telescope (NTT) de La Silla (ESO), le télescope spatial Hubble, le Las Cumbres Observatory Global Telescope (LCOGT), l'Australia Telescope Compact Array, le télescope spatial XMM-Newton, le Wide-Field Spectrograph (WiFeS) et le télescope Magellan.





D'autres éléments, totalement indépendants des observations, plaident en faveur d'une perturbation de marée plutôt que d'une supernova. Les données ont notamment révélé la succession de trois phases distinctes au cours des 10 mois de suivi, ce qui pour les spécialistes semble en meilleure adéquation avec une perturbation de marée. La détection d'un sursaut ultraviolet ainsi que l'augmentation de température rendent un peu moins probable un événement de type supernova. Enfin, la localisation même de l'événement – une galaxie rouge, massive et passive – n'est pas propice à une explosion en supernova super lumineuse, qui généralement se produit au sein de galaxies naines de couleur bleue, caractérisées par un taux de formation stellaire élevé.

La perturbation de marée évoquée pour ASASSN-15lh demande que le trou noir supermassif soit en rotation. Considérant la masse de la galaxie hôte, le trou noir central supermassif doit peser quelque cent millions de soleils. En temps normal, un trou noir de

*Cette vue d'artiste dépeint un trou noir supermassif doté d'une rotation rapide et entouré d'un disque d'accrétion. De faible épaisseur, le disque est constitué des vestiges d'une étoile de type solaire que les forces de marée générées par le trou noir ont disloquée. Les collisions entre débris ainsi que la chaleur produite au cours de l'accrétion peuvent générer un sursaut de lumière semblable à une explosion de supernova.*

*(ESO, ESA/Hubble, M. Kornmesser)*

cette masse ne peut disloquer une étoile située à l'extérieur de son horizon des événements – frontière en deçà de laquelle rien n'échappe à son attraction gravitationnelle. Toutefois, si ce trou noir est doté d'une vitesse de rotation élevée – il fait alors partie des trous noirs de type Kerr –, cette limite ne s'applique plus.

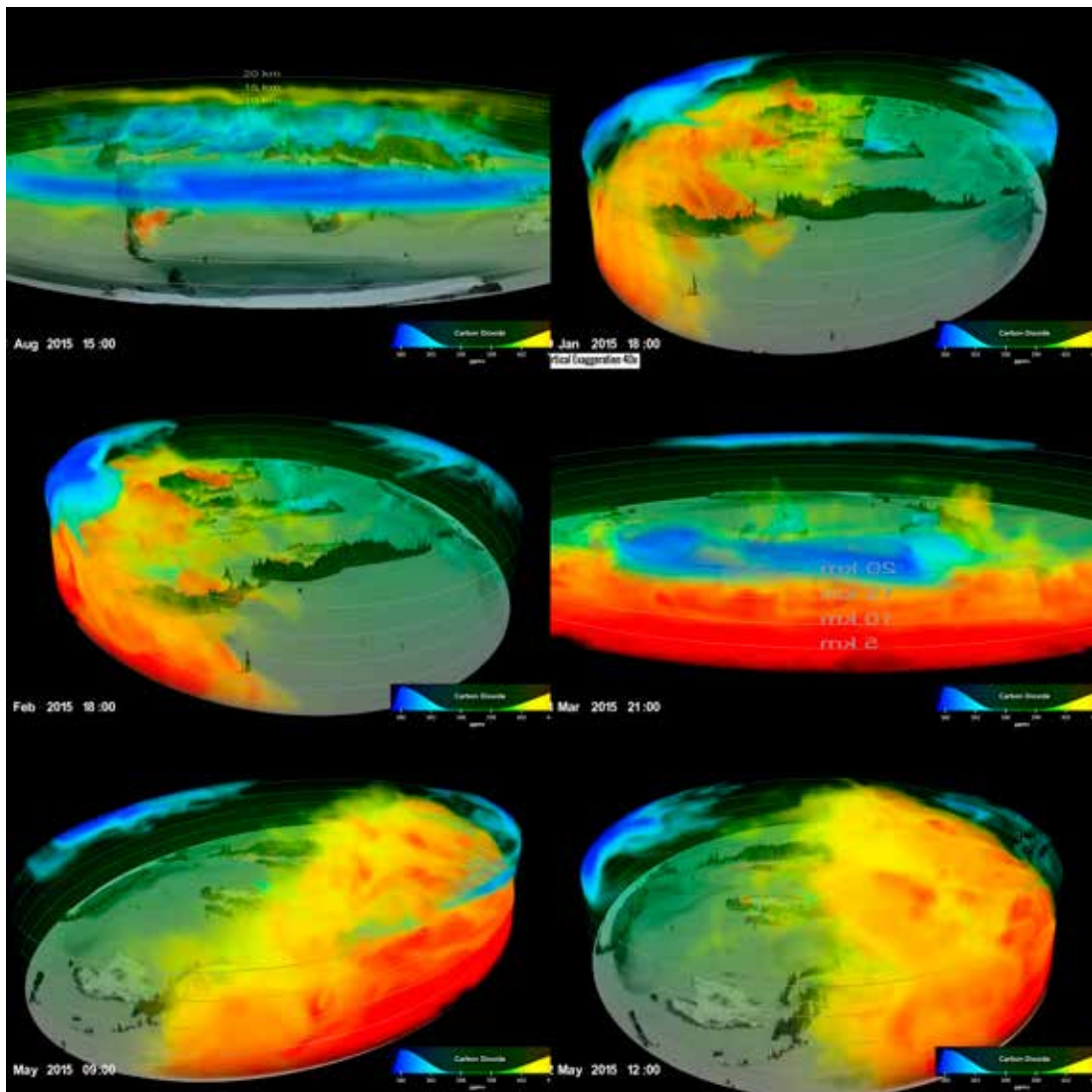


(NASA/JPL-Caltech/SWRI/MSSS)

### ***Tache sur Jupiter***

Depuis 1986 l'hémisphère austral de Jupiter est enguirlandé d'une série de taches ovales brillantes dont le nombre varie de 6 à 9. Ce sont des tempêtes massives, des formations nuageuses tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Actuellement il y a huit de ces taches.

L'image a été prise le 11 décembre d'une hauteur de 24 000 kilomètres par la caméra couleur de la sonde Juno, JunoCam. Cette caméra n'a qu'une utilité scientifique limitée. Elle a été incorporée à la sonde dans un but médiatique mais doit quand même permettre de donner un contexte aux observations des autres instruments de Juno.



*Extraits d'une animation montrant l'évolution de la concentration du dioxyde de carbone dans l'atmosphère durant une année. Les observations du satellite OCO-2 (Orbiting Carbon Observatory) associées à un modèle atmosphérique sophistiqué ont permis cette visualisation 3D dynamique.  
(NASA Goddard Space Flight Center/K. Mersmann, M. Radcliff, producers)*



*OCO-2, vision d'artiste.  
(NASA/JPL-Caltech)*

## ***Dioxyde de carbone***

Les mesures satellitaires de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre ont été rassemblées par la NASA et combinées avec des modèles complexes pour créer une visualisation 3D étonnamment réaliste de la distribution et des mouvements de cet important gaz à effet de serre entre septembre 2014 et septembre 2015.

Le gaz carbonique agit comme le thermostat de la Terre. L'augmentation de sa concentration atmosphérique en raison principalement de la production d'énergie à partir de carburants fossiles conduit au changement global du climat et au réchauffement que nous connaissons.

Pendant des décennies, les scientifiques suivaient cette progression du gaz carbonique au moyen de stations terrestres peu nombreuses. Disposer d'une vue à haute résolution ouvre de nouvelles perspectives et aidera les scientifiques à comprendre les processus qui contrôlent combien de dioxyde de carbone reste dans l'atmosphère et combien de temps il y reste – des questions qui, in fine, détermineront le climat futur de notre planète.

On pense que la moitié des émissions causées par l'activité humaine reste dans l'atmosphère, qu'un quart est absorbé par la terre et le reste par l'océan. Derrière ces nombres simples se cachent des questions difficiles. Quels sont les écosystèmes qui absorbent le dioxyde de carbone et en quelle quantité ? La terre et l'océan pourront-ils continuer à exercer ce rôle, ou se satureront-ils rapidement ?

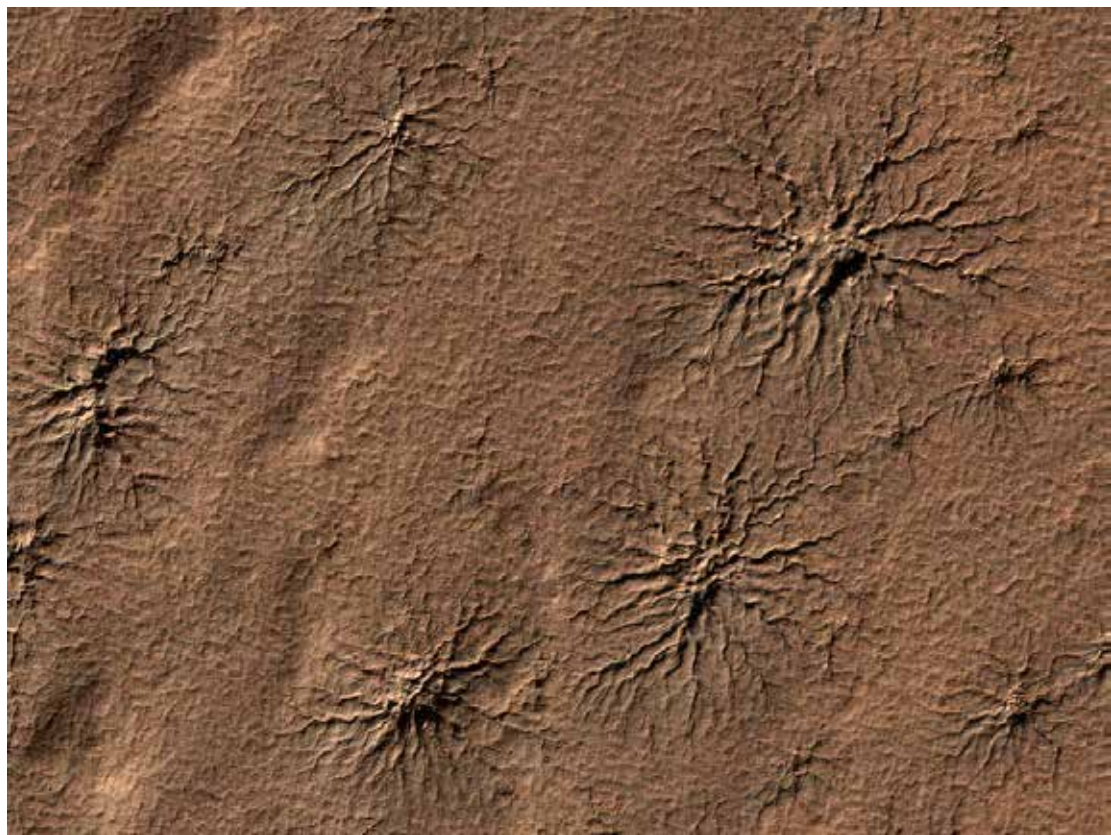
Les scientifiques ont besoin de connaître les mécanismes qui dirigent le « flux de carbone », c'est-à-dire les échanges de dioxyde de carbone entre l'atmosphère, la terre et l'océan. Les nouvelles données sont un pas vers une réponse à ces questions.

Les données satellitaires ont été acquises par OCO-2, lancé en 2014 et premier satellite de la NASA destiné spécifiquement à la mesure du gaz carbonique à l'échelon régional. OCO-2 envoie près de 100 000 mesures par jour. La visualisation 3D dynamique permet de voir l'influence des continents, des chaînes de montagnes, des courants océaniques et des zones de forte activité photosynthétique. Parmi les améliorations futures les scientifiques veulent intégrer une meilleure modélisation des effets biologiques des forêts et autres écosystèmes terrestres.

## ***Araignées martiennes***

Ces formations à l'aspect d'araignées sont des sillons ou des canaux distribués de façon radiale autour d'un puits central et que l'on pense dues à la sublimation de la glace carbonique. On ne les trouve que dans la région du pôle sud de la planète rouge. Leur taille va de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Après avoir longtemps cherché en vain dans les images du MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) des signes d'évolution d'une année à l'autre, les scientifiques ont enfin identifié des puits autour desquels se développaient progressivement des canaux qui survivaient et s'étendaient. Ils se trouvent dans des zones de dunes sablonneuses de sorte qu'il



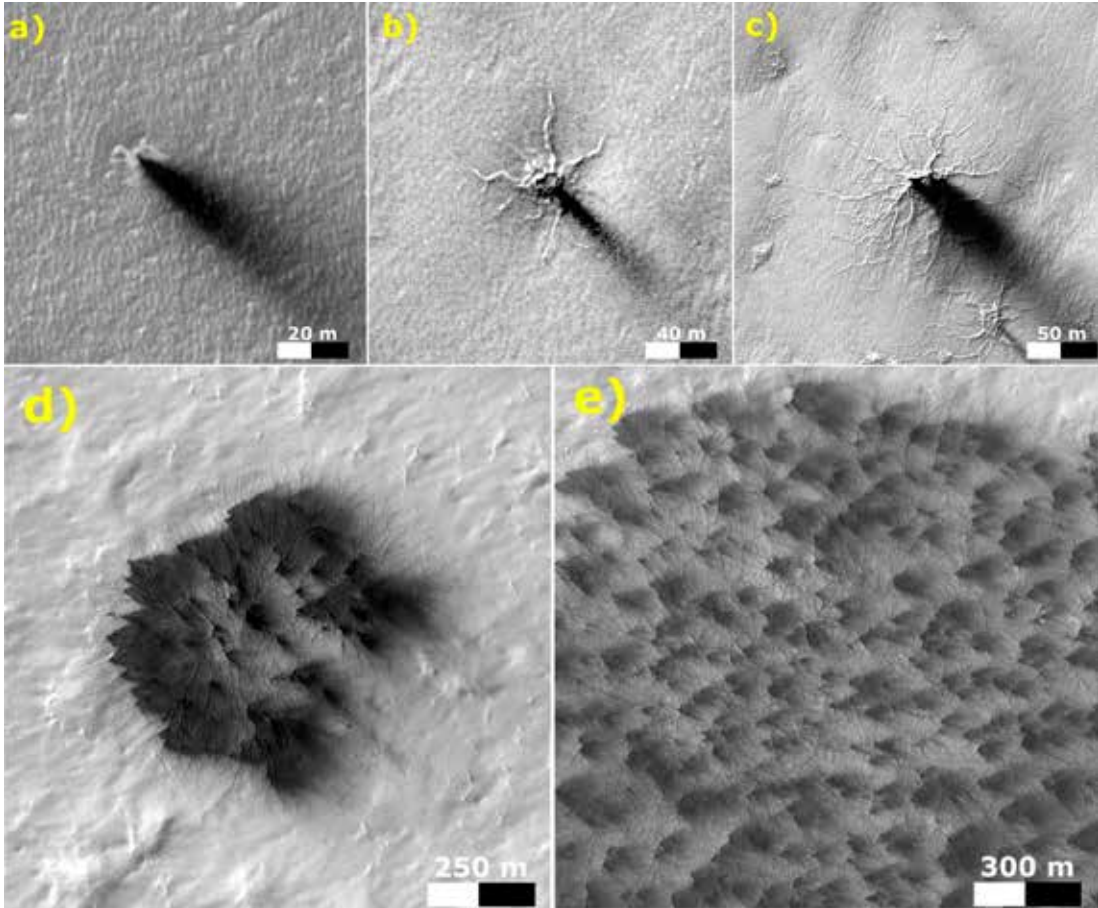
est difficile de prédire leur croissance ou leur disparition sous le mouvement des sables. Les observations montrent qu'il faut plus d'un millier d'années martiennes pour qu'un embryon d'araignée en devienne une vraie. Au cours de cet intervalle il y a beaucoup de chances que le sable mette fin au processus.

Des glaciers de dioxyde de carbone recouvrent certaines régions près des pôles. Au printemps la lumière pénètre la glace, réchauffe le sol sous-jacent et provoque une certaine évaporation. La pression du gaz carbonique augmente jusqu'à fissurer le glacier. Le gaz s'échappe violemment, emportant avec lui du sable et des poussières. En retombant, ces particules forment sous le vent des éventails sombres caractéristiques.

*Les « araignées » martiennes sont des craquelures qui apparaissent à la surface de Mars dans la région polaire australe et dues à l'évaporation de la glace carbonique. Image prise par le Mars Reconnaissance Orbiter en août 2009. (NASA/JPL-Caltech/University of Arizona)*

Il y a six ans, les chercheurs ont remarqué sur les images de HiRISE l'apparition de petits sillons sur les dunes du pôle nord, là où des éruptions au travers de la couverture de glace carbonique avaient créé des éventails au printemps. Ces sillons disparaissaient dans l'année, apparemment recouverts par le sable.





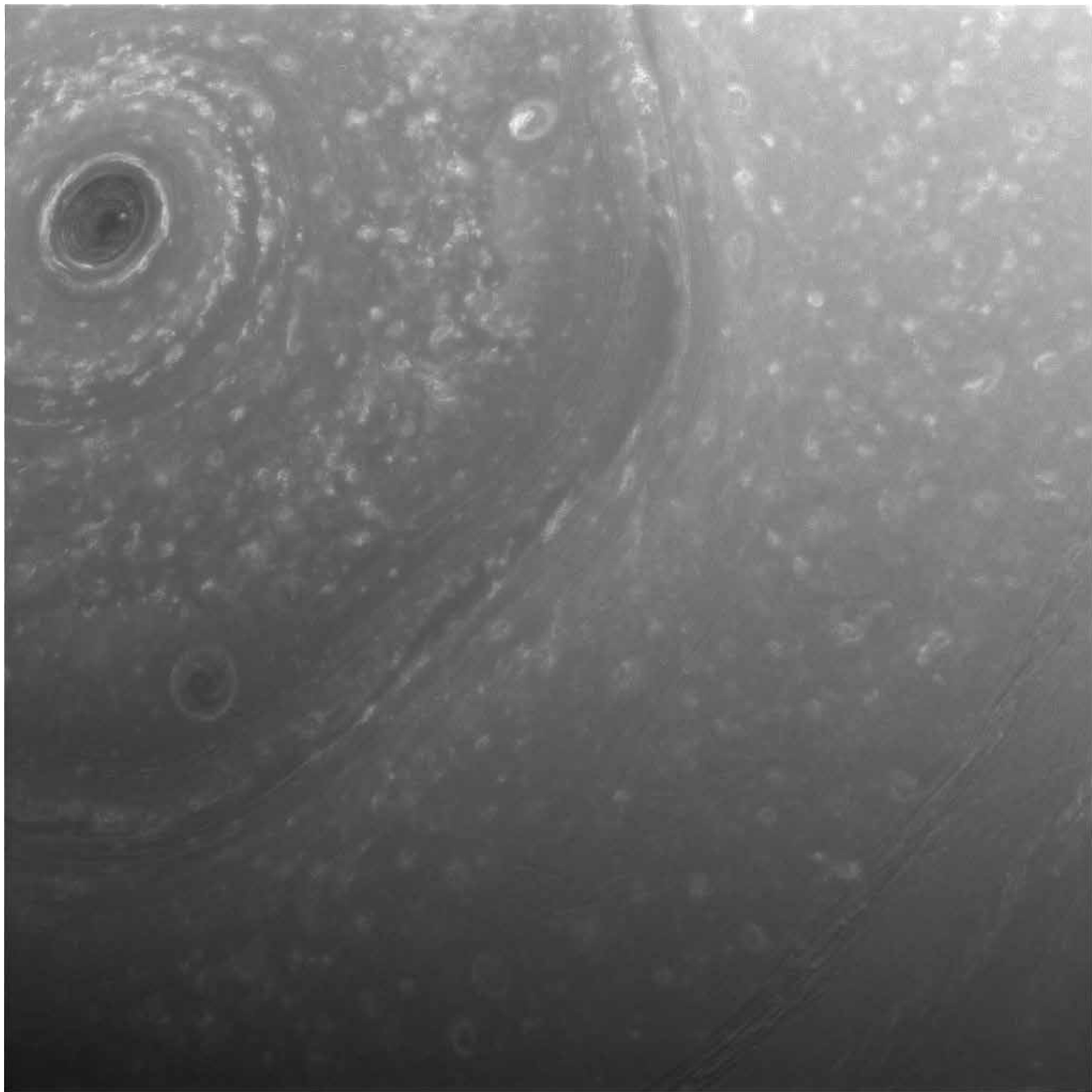
On a également repéré de tels sillons associés aux dépôts en éventails du pôle sud. Mais là, ils n'ont pas disparu. Ils se sont même développés durant les trois années martiennes d'observation et se sont ramifiés comme les fameuses araignées.

Il y a des dunes dans ces endroits, mais moins de sable qu'au pôle nord. Il semble que l'apparition de ces formations demande la présence de sable, mais pas trop. Il faut un sol suffisamment meuble pour que le gaz carbonique puisse l'éroder en sillons mais, s'il l'est trop, ceux-ci se comblent facilement.

*Ces images prises par la caméra HiRISE du Mars Reconnaissance Orbiter montrent des formations de taille et de complexité croissantes. On pense qu'elles résultent du dégel saisonnier du dioxyde de carbone recouvrant en hiver de grandes régions près du pôle nord de Mars.*

*La séquence d'images illustre les étapes possibles du développement d'un terrain « aranéiforme ». Elles vont d'une dépression avec un trou (en haut, à gauche) jusqu'à un vaste réseau d'araignées (en bas, à droite). Les dépôts en éventails sont dus au même processus de dégel.*

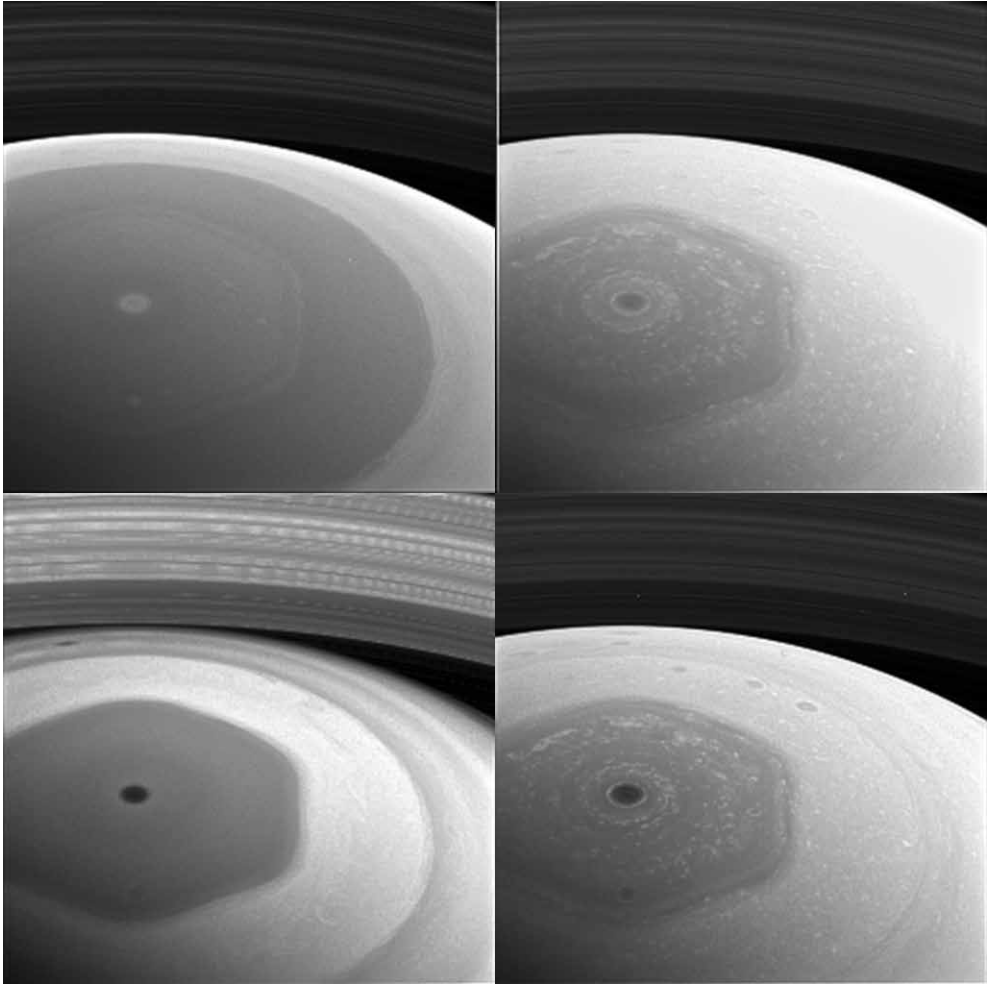
*(NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona)*



### ***Cassini (suite)***

Les nouvelles images de Cassini montrent l'hémisphère nord de Saturne et en particulier le fameux hexagone marquant la trajectoire d'un puissant jet-stream. Ces images sont les premières prises pendant la phase « Ring-Grazing Orbits » entamée le 30 novembre (cf. *Le Ciel*, janvier 2017, 32) et qui

***L'hexagone de Saturne vu par Cassini le 3 décembre d'une distance de 390 000 kilomètres. Chaque côté de l'hexagone est aussi grand que la Terre. En son centre, une tempête bien ronde.***  
***(NASA/JPL)***

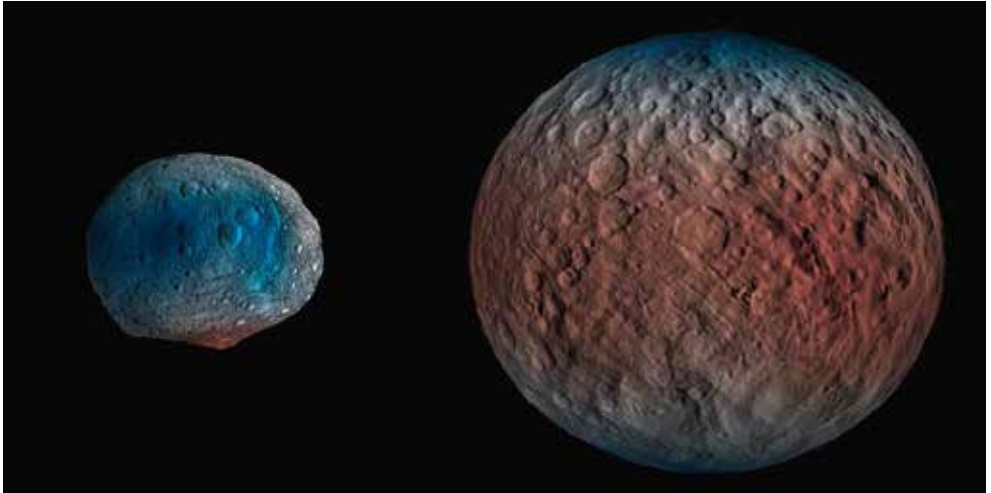


mène Cassini depuis le bord des anneaux jusqu'à une position très loin au-dessus de hémisphère nord.

Les premières images ont été obtenues les 2 et 3 décembre, deux jours avant le premier passage près des anneaux.

Ces orbites ring-grazing continueront jusqu'au 22 avril. Ensuite Cassini s'approchera encore plus près de Saturne, se fauflant entre les anneaux et les nuages avant de plonger dans la planète le 15 septembre. Autant dire que l'on aura l'occasion de voir de fantastiques images dans les mois à venir.

*Le pôle nord de Saturne vu au travers de quatre filtres différents, du violet (420 nanomètres) à l'infrarouge proche (939 nm) en passant par le rouge (648 nm) et le très proche infrarouge (728 nm). Images prises par Cassini le 2 décembre d'une distance de 640 000 kilomètres. (NASA/JPL)*



## *Cérès*

La présence d'eau sur Cérès peut être estimée à partir de celle de l'hydrogène. Le détecteur de rayons gamma et de neutrons (GRaND) à bord de la sonde Dawn mesure la concentration en hydrogène dans une couche superficielle d'un mètre du régolithe de la planète naine, c'est-à-dire le matériau pulvérulent résultant de l'érosion par les divers agents cosmiques, rayonnements, météorites. L'interaction des rayons cosmiques avec les atomes de cette couche produit l'émission de neutrons que peut détecter GRaND. Les atomes d'hydrogène ralentissent les neutrons et la présence de cet atome se signale donc par une diminution du nombre de neutrons comptés.

Hydrogène ne signifie pas nécessairement eau, il peut se trouver dans des composés hydratés (de la famille des serpentines, par exemple) mais on a de bonnes raisons de penser que la glace d'eau est le principal réservoir de l'hydrogène. La glace semble former dix pour cent de la couche et doit se trouver dans les interstices entre les poussières du régolithe.

L'observation de Cérès montre un plus faible taux de neutrons près des pôles et donc une plus forte abondance d'eau. L'image ci-dessus compare les résultats de Cérès avec

*Abondance de l'hydrogène sur Vesta et Cérès. En bleu les zones où il est le plus présent.  
(NASA/JPL)*

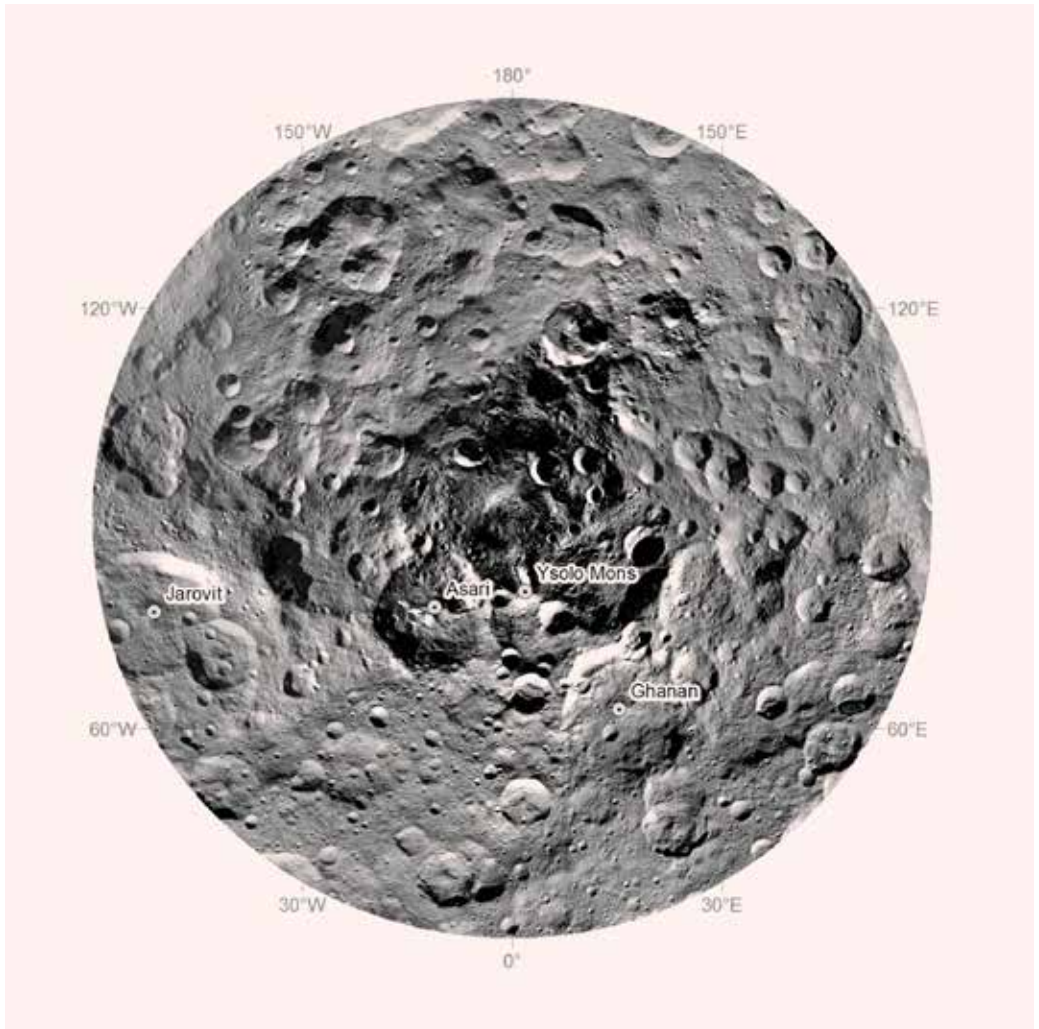
ceux de Vesta, l'autre gros astéroïde étudié par Dawn en 2011-2012. Vesta est à l'évidence un monde beaucoup plus « sec ».

L'équateur de Cérès est peu incliné sur l'écliptique, seulement 4° (par comparaison, la Terre est inclinée de 23°). Les saisons sont peu marquées et l'on trouve aux hautes latitudes des cratères dont le fond reste dans l'ombre tout au long de l'année qui dure 1682 jours terrestres. Dans ces zones de « pièges froids » la température n'est au plus que d'une trentaine de K (-240 °C) de sorte que la glace ne se sublime pratiquement pas, même sur de très longues périodes pouvant se compter en milliards d'années.<sup>1</sup>

Notre Lune présente aussi des pièges froids. Le cratère Shackleton situé au pôle sud en est un exemple. De la glace y a été trouvée. Plus surprenant, Mercure, pourtant si proche

---

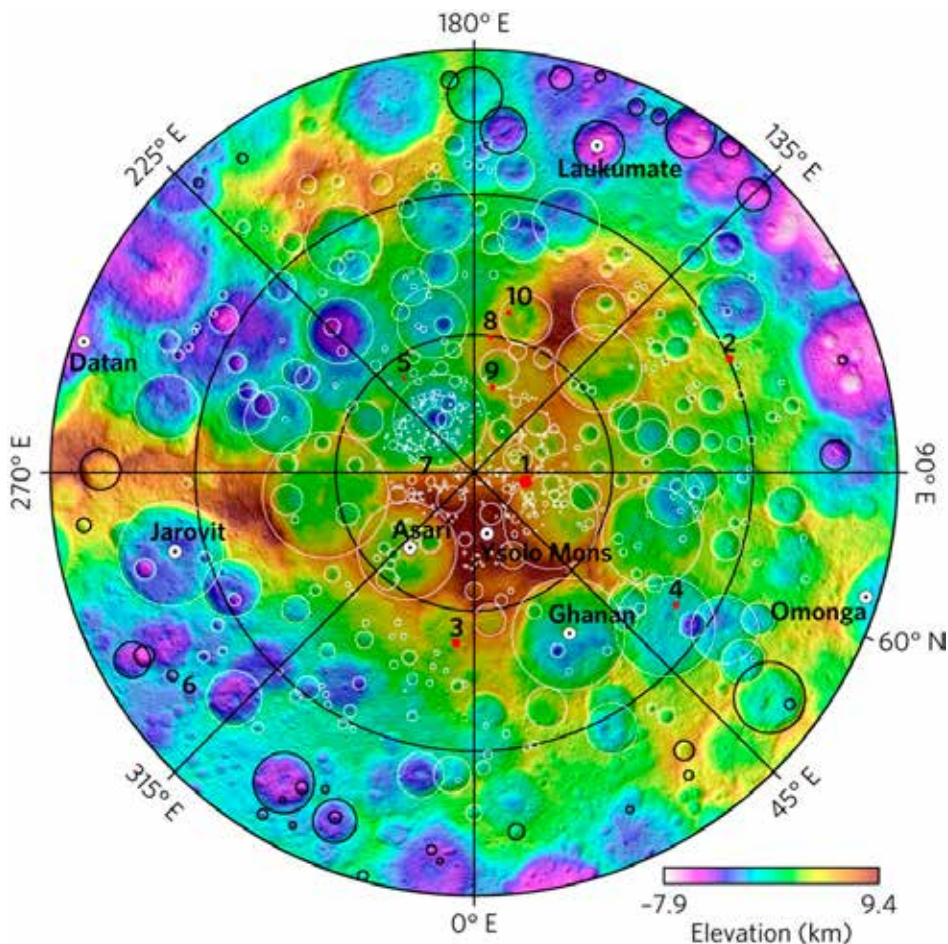
<sup>1</sup> Conventionnellement, on parle de pièges froids lorsque la perte d'eau correspond à une épaisseur d'un mètre par milliard d'années, ce qui nécessite une température inférieure à 110 K. On est ici bien en dessous.



***Mosaïque des régions boréales de Cérés. Les images ont été prises par Dawn d'une altitude de 1 470 kilomètres entre août et octobre 2016. (NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)***

du Soleil, contient aussi de la glace dans des cratères polaires (Kandinsky, Prokofiev...).

Une analyse des images a conduit à identifier 634 cratères de plus de 500 mètres de diamètre, situés au nord de 65° et contenant des zones d'ombre permanente. Parmi eux, 338 sont au nord de 83° de latitude. En outre, entre les latitudes nord de 60 et 65° on a trouvé 37 cratères susceptibles de renfermer ces ombres permanentes. Ces zones perpétuellement plongées dans l'obscurité sont presque exclusivement situées dans les fonds de cratères et sur les parois faisant face au pôle nord.



La plus grande de ces régions ne fait pas moins de 137 kilomètres carrés. Elle est située dans un cratère de 18 kilomètres de diamètre à 8° du pôle.

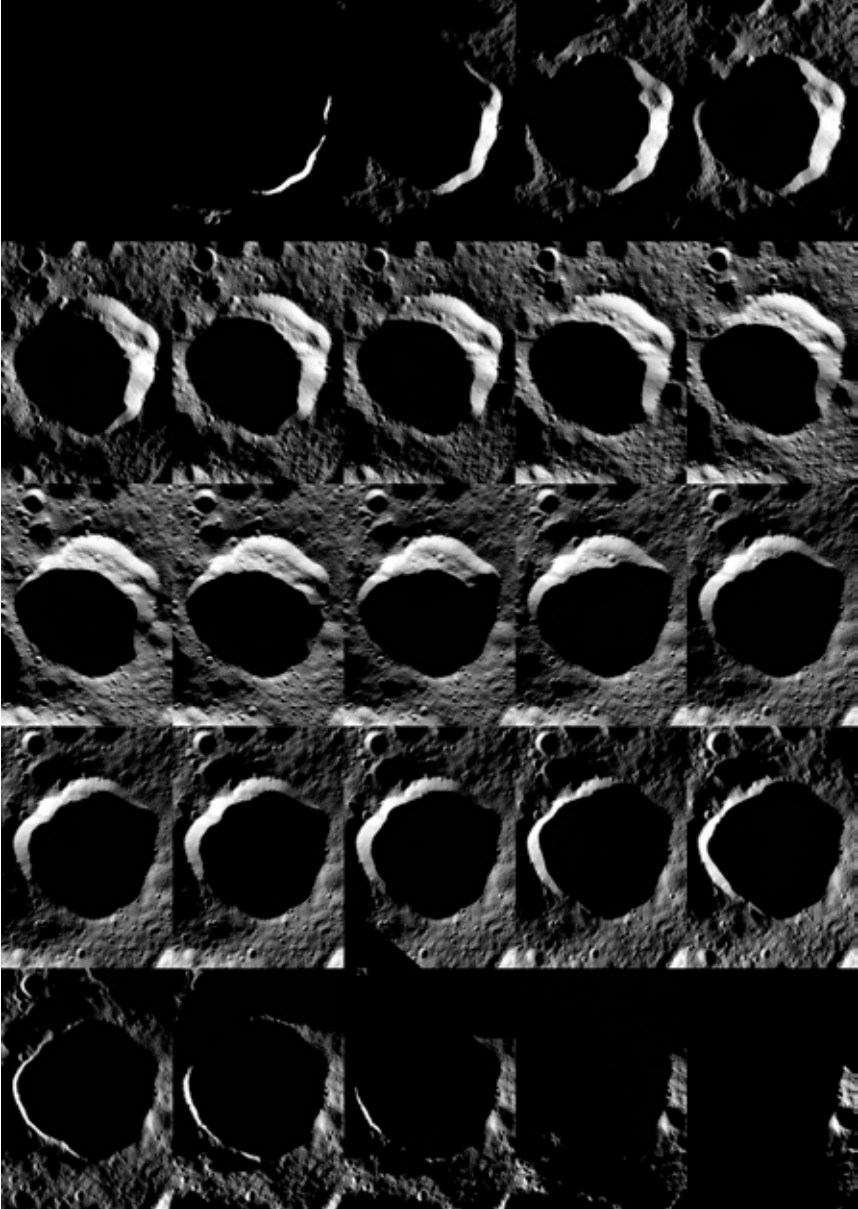
Si l'on totalise les régions d'ombre permanente de l'hémisphère nord de Cérès, on arrive à une fraction de 0,15% de la surface totale de l'hémisphère.

La caméra de Dawn a détecté des dépôts de glace dans une dizaine de ces cratères, dont celui présenté dans la séquence de la page ci-contre. Pour l'un d'entre eux, l'analyse spectroscopique a permis de s'assurer qu'il s'agissait bien de glace d'eau.

*Projection stéréographique de Cérès centrée sur le pôle nord et s'étendant jusqu'à la latitude de 60° nord. Les cratères renfermant certainement des zones d'ombres permanentes sont entourés d'un cercle blanc. Ceux contenant des dépôts brillants sont en rouge et sont numérotés de 1 à 10.*

*En outre, 37 cratères situés entre 60 et 65° de latitude et soupçonnés d'abriter des ombres éternelles sont cerclés de noir.*

*(T. Platz et al., Nature Astronomy)*



*Séquence d'images d'un cratère proche du pôle nord de Cérés et dans lequel de la glace a été détectée. Cette séquence ne couvre pas toutes les situations mais on comprend que l'ombre est perpétuelle dans certaines régions (pièges froids) et que la température est si basse que la glace ne peut se sublimer. (NASA/JPL)*

## Bételgeuse

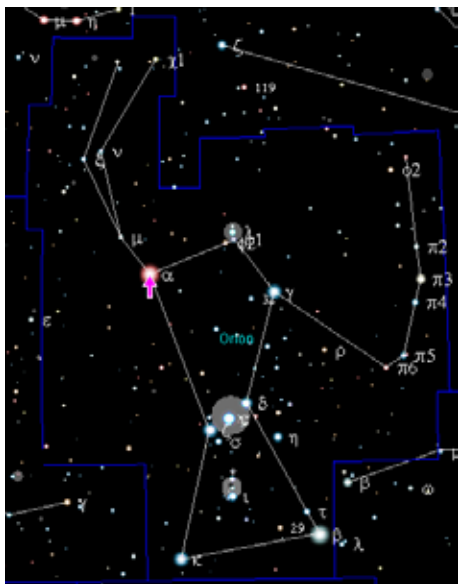
Bételgeuse, la brillante étoile rouge de l'épaule d'Orion, est une géante en fin de vie. D'une masse de dix à quinze fois celle du Soleil, elle brûle son combustible à toute allure et ne vivra que quelques millions d'années. Son comportement, sa variabilité, indiquent que sa fin est relativement proche. Elle explosera en supernova bientôt, ce qui peut vouloir dire dans cent mille ans ou ... demain. Sa proximité (quelque 600 années-lumière) rendra l'étoile aisément visible en plein jour.

Une indication sur l'histoire de Bételgeuse nous vient de sa rotation. Une étoile mille fois plus grosse que le Soleil – placée dans le Système solaire elle s'étendrait au-delà de Mars – devrait tourner très lentement. Mais ce n'est pas le cas. Sa rotation à la vitesse de 15 kilomètres par seconde est 150 fois trop rapide. Une façon d'expliquer cette anomalie est de supposer



**Image infrarouge de Bételgeuse montrant deux enveloppes en interaction autour de l'étoile.**  
(L. Decin/University of Leuven/ESA)

### **Bételgeuse dans la constellation d'Orion.** (Wikipedia/Zwergelstern)



qu'en grossissant l'étoile a avalé un compagnon qui était en orbite aux environs de sa surface actuelle. Le moment angulaire du couple s'est retrouvé dans l'enveloppe extérieure et a été transféré à l'étoile.

L'absorption d'une étoile par une autre devrait s'accompagner d'une éjection de matière et l'on devrait donc observer une enveloppe à une certaine distance. En fait on distingue bien deux enveloppes d'un côté de Bételgeuse, signe d'un événement violent dans un passé récent. Ces enveloppes peuvent aussi n'être que l'onde de proue générée par le mouvement de Bételgeuse dans le milieu ambiant, mais l'hypothèse du compagnon avalé il y a cent mille ans lorsque l'étoile est devenue une supergéante a l'avantage d'expliquer en outre la rotation rapide.

Pour en apprendre plus, les astronomes espèrent pouvoir étudier Bételgeuse par la technique de l'atroséismologie et analyser son intérieur à la lumière de ses vibrations.



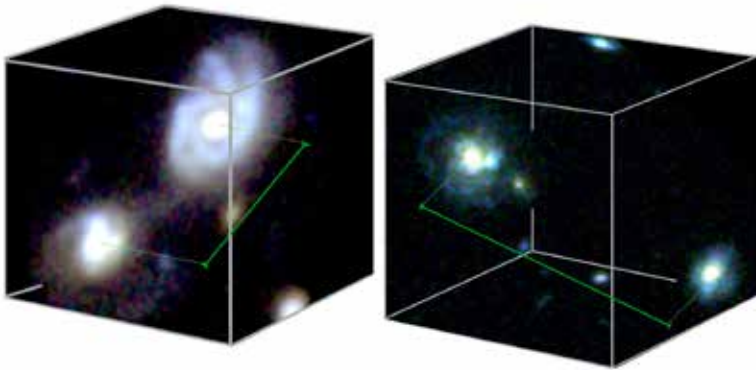
## Formation des galaxies

*Basé sur un communiqué  
Observatoire de Paris/CNRS*

Des observations de galaxies lointaines réalisées à l'aide du spectrographe KMOS nouvellement installé au VLT de l'ESO ont montré qu'il y a 8 milliards d'années, un grand nombre de galaxies étaient animées d'un mouvement de rotation plus important que prévu. Cette première observation semblait plaider en faveur d'un scénario de formation par accretion de gaz. Cependant, la résolution spatiale de KMOS n'étant pas suffisante, il n'était pas possible d'établir sans ambiguïté l'origine de ces mouvements. En combinant ces données à l'imagerie profonde délivrée par le télescope spatial Hubble, les astronomes ont pu établir que la cinématique des ces objets était plus perturbée qu'on ne le pensait. En parallèle, l'équipe a initié la première recherche systématique de compagnons physiquement liés à ces galaxies distantes, grâce à un relevé spectroscopique réalisé par le télescope spatial Hubble dans le proche infrarouge. Le résultat est surprenant et décisif. Près des deux tiers des galaxies distantes sont en voie de fusion. L'interaction avec un compagnon massif explique les structures singulières observées

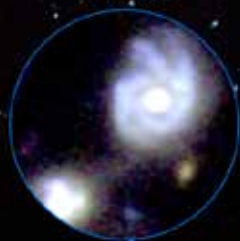
sur les images du télescope spatial Hubble, telles que des queues de marée et des ponts de matière. Comme ces galaxies distantes sont les ancêtres des galaxies spirales actuelles, les observations attestent que les galaxies spirales ont formé un nouveau disque après une fusion. Ces résultats fournissent une nouvelle preuve essentielle en faveur du scénario hiérarchique de formation des galaxies, qui suppose que les petites galaxies fusionnent pour en former de plus grandes.

*Deux exemples parmi les nombreuses paires de galaxies découvertes grâce à la spectroscopie proche infrarouge de Hubble, qui a permis de mesurer la distance entre chacun des membres du couple. Les images obtenues par Hubble sont si profondes qu'elles révèlent des ponts de matière entre les galaxies ainsi que des queues de marée, prouvant de façon irréfutable que ces galaxies sont en interaction gravitationnelle.  
(STScI / Rodrigues et al. 2016)*



# FORMATION DES GALAXIES SPIRALES

- 8 milliards d'années



## Interactions entre galaxies

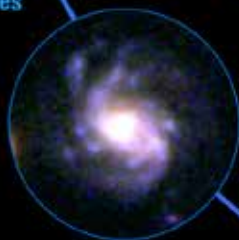
Les interactions et fusions de galaxies étaient très fréquentes dans l'Univers "jeune". A ces époques, 60% des galaxies se trouvent engagées dans une phase de fusion avec une autre galaxie riche en gaz.



## Fusion des noyaux

Après avoir interagi lors d'une longue danse cosmique de plusieurs centaines de millions d'années, les deux galaxies fusionnent pour former un nouveau noyau compact qui donnera naissance au futur bulbe.

- 6 milliards d'années



## Reconstruction du disque

Durant la fusion, de grandes quantités de gaz sont éjectées dans les parties externes. Ce gaz retombe en spiralant autour du centre du nouveau bulbe et forme ainsi un nouveau disque.

## Les galaxies spirales géantes aujourd'hui

72% des grandes galaxies sont dominées par leur disque. Notre Galaxie et la grande galaxie d'Andromède, notre plus proche voisine, sont toutes deux des galaxies spirales géantes.

Actuellement



## **Mars humide**

*Basé sur un communiqué CNRS*

La planète rouge a connu quelques millions d'années d'humidité. Des chercheurs ont identifié sur Mars des strates sédimentaires d'origine lacustre. Leurs caractéristiques impliquent qu'un climat favorable à l'eau liquide s'est longuement maintenu sur la planète il y a 3,8 milliards d'années.

Les chercheurs s'accordent sur une ancienne présence d'eau liquide sur Mars, mais pas sur sa durée ni sa stabilité. Les sondes Mars Express de l'ESA et Mars Reconnaissance Orbiter de la NASA ont cependant fourni de nouvelles preuves d'une activité aqueuse prolongée. Depuis leur orbite, elles ont analysé le sol de plaines situées au nord du bassin de Hellas, un des plus grands cratères d'impact de tout le Système solaire. Par analogie aux « mers lunaires », ces plaines étaient considérées comme ayant une origine volcanique. Or, les instruments indiquent la présence de larges volumes de roches sédimentaires. La caméra HRSC a fourni une couverture régionale de la zone, tandis que HiRISE a permis une observation plus fine de la teinte et de la texture des sédiments, profitant de zones d'érosion. Les spectro-imageurs OMEGA3 et CRISM4 ont de leur côté analysé la compo-

sition des terrains et confirmé la présence de strates riches en minéraux argileux. Ces derniers ne se retrouvent pas dans les coulées de lave et proviendraient au contraire de dépôts lacustres ou de plaines alluviales.

Pour former ces plaines sédimentaires, épaisses de plus de 300 mètres et étendues sur des dizaines de kilomètres, un climat moins froid et sec qu'actuellement a été nécessaire. Il a également dû se maintenir pendant plusieurs millions d'années. 400 millions d'années plus tard, ces sédiments ont été localement recouverts par des terrains volcaniques. Ceux-ci ont scellé les zones d'érosion, permettant de quantifier ce processus. Ainsi, lors de cette époque ancienne, un taux d'érosion cent fois supérieur aux estimations du taux d'érosion actuel et de celui des trois derniers milliards d'années est nécessaire pour expliquer ces zones. Pour cela, il faut que l'atmosphère ait été relativement dense avant la formation des laves. Ces abondants terrains sédimentaires forment une région idéale pour de futures missions d'analyse au niveau du sol.

***Image HiRISE de strates sédimentaires partiellement érodées. En rouge (fausses couleurs), la détection des minéraux argileux (ou phyllosilicates) par le spectro-imageur CRISM. (NASA/ASU/HiRISE/CRISM/IAS)***

