

L'astronomie dans le monde

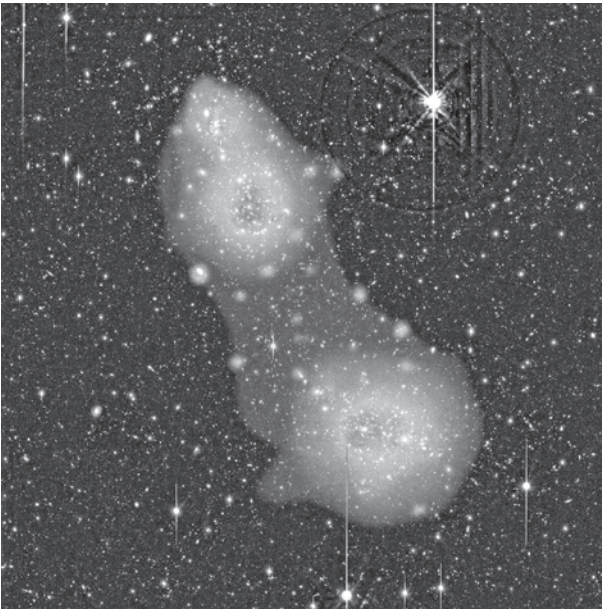


Image composite optique et X des amas de galaxies Abell 222 et 223 connectés par un pont de matière émettant des rayons X. L'image optique a été obtenue avec la caméra SuprimeCam du télescope japonais Subaru, L'image X est due à l'observatoire spatial XMM-Newton.
(© ESA/XMM-Newton/EPIC/ESO/SRON/MPE)

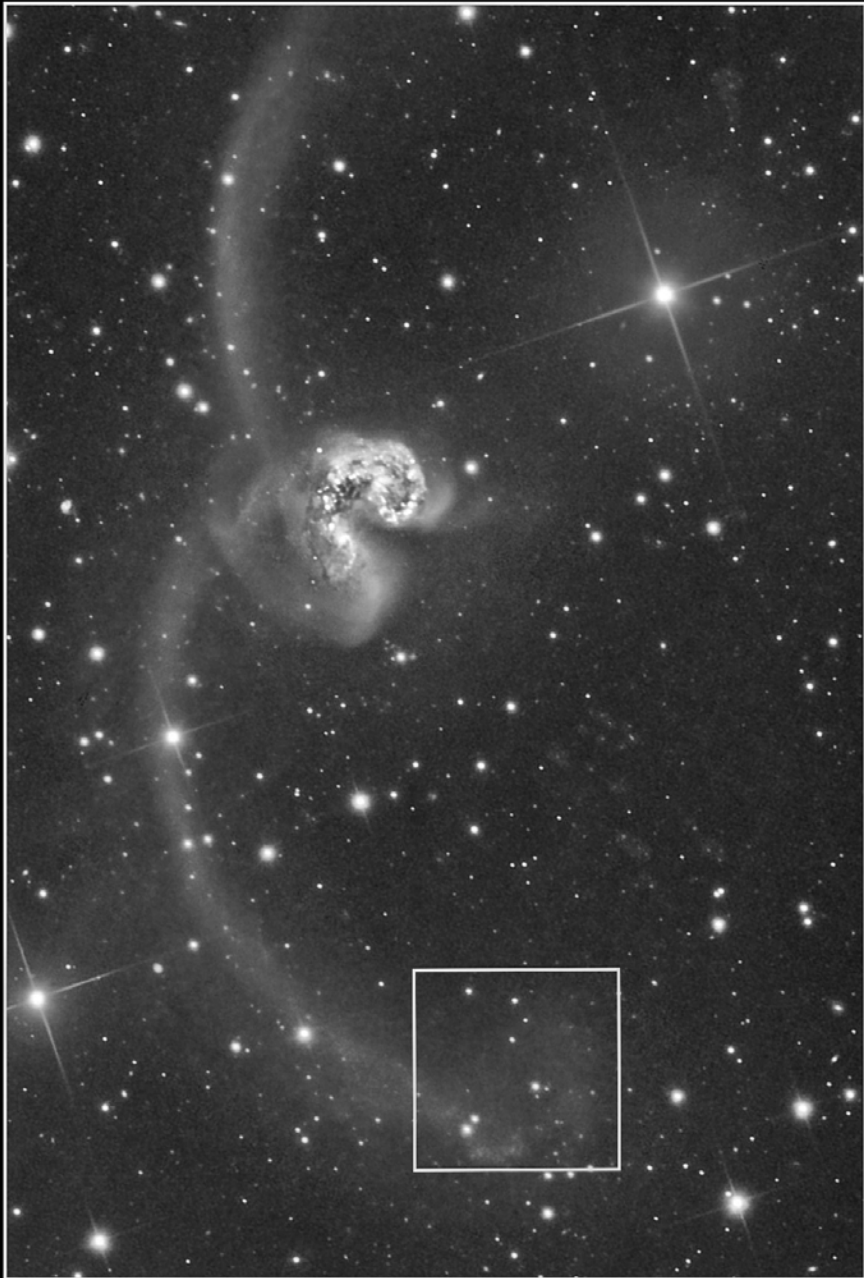
Matière manquante

On pense que la matière normale (baryonique) ne représente que cinq pour cent de l'univers. La moitié de cette matière avait échappé jusqu'à présent aux observations. Le télescope XMM-Newton de l'ESA a permis de mettre en évidence une partie de cette matière cachée. L'observation des amas de galaxies Abell 222 et 223 montre qu'elle existe sous la forme d'un gaz très ténu dispersé entre les amas.

Les antennes se rapprochent

L'observation d'étoiles géantes rouges du système de galaxies en collision des antennes indique une distance bien inférieure à ce que l'on pensait, 45 au lieu de 65 millions d'années-lumière. Cette correction permet de ramener certaines propriétés exceptionnelles du système à de plus justes proportions.

Les galaxies des Antennes sont parmi les plus proches galaxies en train de fusionner. NGC 4038 et NGC 4039 sont entrées en interaction il y a quelques centaines de millions d'années, formant l'un des spectacles les plus impressionnants du ciel. On les considère d'ailleurs comme les prototypes de cette phase de l'évolution des galaxies.





Pages précédente : les Antennes sont le résultat de la collision des galaxies NGC 4038 et 4039, L'image de gauche a été prise depuis le sol (ESO) celle de droite par le HST.
(© NASA, ESA, ESO)

Les observateurs ont examiné la longue queue sud des Antennes qui est constituée d'étoiles éjectées des galaxies par les forces de marée. Cette zone, beaucoup moins active que les centres des galaxies, est la plus propice pour distinguer les vieilles étoiles géantes rouges. Celles-ci, parvenues à un stade particulier de leur évolution, ont une luminosité bien connue et peuvent servir de standard pour mesurer les distances.

À 45 millions d'années-lumière de distance le diamètre des amas stellaires créés lors de la collision apparaît normal. Les taux de formation stellaire, les amas supermassifs, les sources X ultra-lumineuses, etc., tout semble maintenant rentrer dans le rang.

Évasion d'un trou noir

Jusqu'à présent ce phénomène n'existait que dans l'imagination des théoriciens, mais maintenant c'est devenu une réalité. On a observé un trou noir supermassif en train de s'échapper de sa galaxie. On pense que sa vitesse de près de 2 700 km/s est la consé-

quence de l'émission anisotropique d'ondes gravitationnelles lors de la fusion de deux trous noirs. C'est un simple effet de recul, le trou noir allant dans un sens, les ondes dans l'autre.

Le gaz situé dans le disque d'accrétion accompagne le trou noir et continue donc à l'alimenter, ce qui produit l'émission X de l'astre.

Cette observation prouve aussi la réalité du phénomène de coalescence de trous noirs, à la suite de la collision de galaxies. Elle montre aussi que des galaxies sans trou noir supermassif peuvent exister et, naturellement, que de monstrueux trous noirs isolés peuvent errer dans l'espace intergalactique.

Fusion de trous noirs

On peut difficilement imaginer phénomène plus violent que ces collisions de trous noirs. La majeure partie de l'énergie se dissipe sous forme d'ondes gravitationnelles. Mais des simulations numériques montrent que le rapprochement des trous noirs génère aussi des bouffées de rayonnement UV dues à l'échange de matière entre les disques d'accrétion. Ces émissions pourraient être observées par des satellites, alors que la détection d'ondes gravitationnelles est extrêmement difficile.

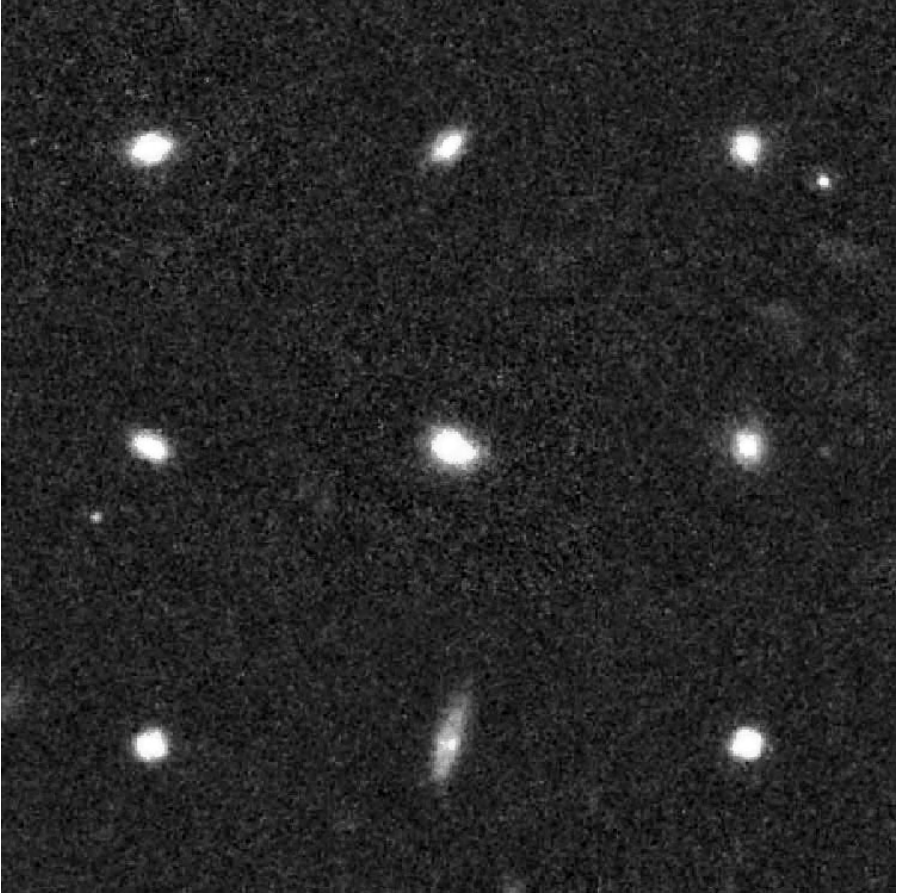
Galaxies trapues

Le télescope spatial Hubble et l'observatoire Keck de Hawaï ont été utilisés pour étudier des galaxies situées aux confins de l'univers, ce qui, par la relation entre temps et distance veut dire peu de temps après son origine.

L'observation de galaxies très lointaines (11 milliards d'années-lumière) a révélé des astres aussi massifs que notre Galaxie, mais nettement plus petits, de l'ordre de 5 000 a-l. Il est difficile de comprendre comment ces galaxies pourront

Vision d'artiste d'un trou noir s'échappant d'une galaxie.





Galaxies ultra denses vues par le télescope spatial Hubble telles qu'elles étaient il y a 11 milliards d'années. (© NASA/ESA)

atteindre une taille normale et comment elles ont pu se former, mais la matière noire y est peut-être pour quelque-chose.

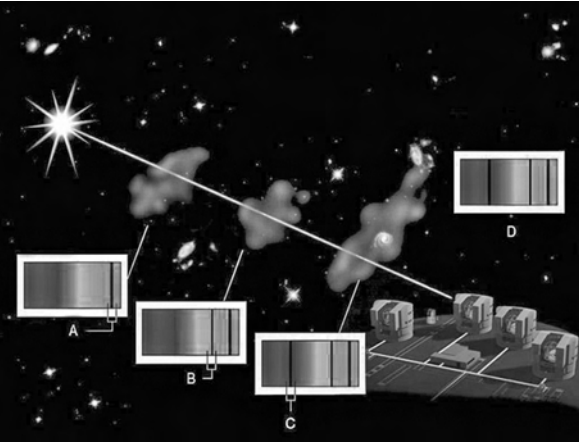
Les galaxies ultra denses pourraient, selon les estimations des astronomes, représenter la moitié des galaxies massives de l'époque.

Thermomètre moléculaire

Le VLT de l'ESO a permis la détection de monoxyde de carbone et d'autres molécules simples dans une galaxie distante de 11 milliards d'années-lumière. Les mesures ont

conduit à la détermination de la température du cosmos à cette époque reculée, environ 9 K, en bon accord avec la théorie.

Pour obtenir ce résultat, les astronomes ont utilisé le spectrographe UVES du VLT Kueyen de 8 m 20 de l'ESO, et ont visé pendant plus de 8 heures un quasar très lointain. Ce qui les intéressait n'était pas le quasar lui-même. Celui-ci ne sert que de source lumineuse devant laquelle se profile le spectre des nuages interposés sur la ligne de visée – nuages appartenant en l'occurrence à une galaxie



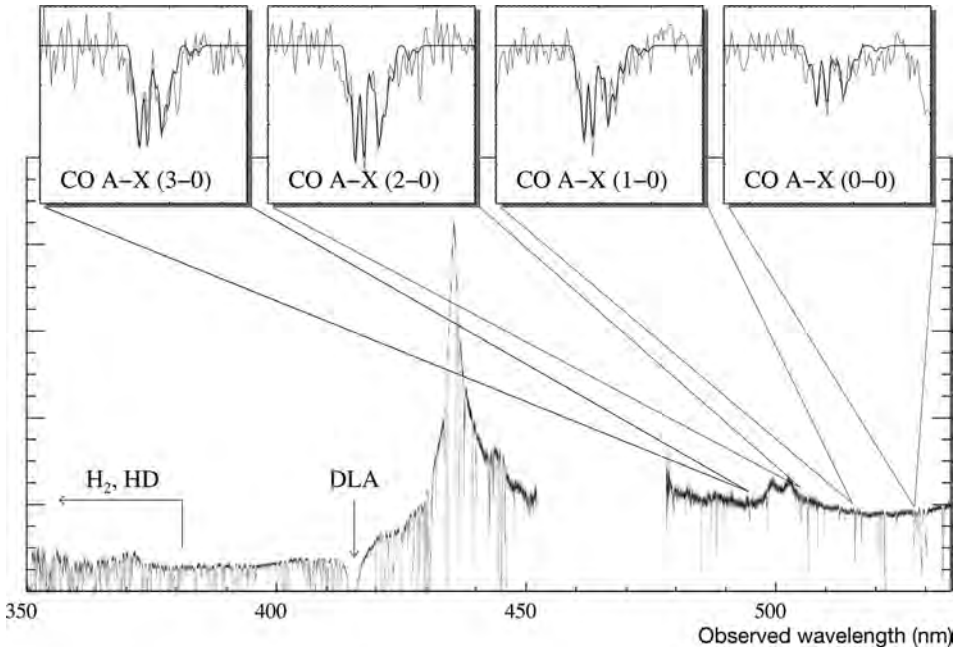
La lumière d'un quasar lointain traverse des nuages de gaz qui impriment leurs marques sur les spectres obtenus avec le VLT.
(© ESO)

très lointaine également. Ils ont ainsi mis en évidence la présence d'hydrogène moléculaire normal et deutéré (H_2 , HD) et de monoxyde de carbone (CO).

Ces observations montrent que les conditions physiques régnant dans le milieu interstellaire de cette galaxie sont très semblables à ce qu'elles sont aujourd'hui dans la nôtre, la Voie Lactée.

Mais le résultat le plus spectaculaire est sans doute la détermination de la température du fond cosmique de rayonnement (CMBR) à cette époque. Ce rayonnement est actuellement à la température de $T=2,725$ K, mais cette valeur dépend du redshift z car il se refroidit avec l'expansion de l'univers. On peut écrire que T est proportionnelle à $1+z$. Le redshift de la galaxie est connu (2,41837). On en déduit que la température correspondante devait être de

Spectre d'un quasar très lointain montrant les bandes de CO, HD et H_2 dues à la présence d'une galaxie à 11 milliards d'années-lumière. (© ESO/VLT/UVES)



9,315 K. Les observations donnent 9,15 K avec une fourchette de 0,7 K, ce qui est une confirmation éclatante du modèle de l'expansion de l'univers.

Ce n'est pas la première confirmation du genre. Déjà en 2000, UVES et le VLT de l'ESO permettaient de mesurer une température du CMBR entre 6 et 14 K dans une galaxie de redshift 2,34 située sur la ligne de visée du quasar PKS 1232+0815.

En 1994, bien avant les autres, le Keck de 10 mètres inaugurerait l'ère des télescopes géants en plaçant une limite de 13,7 K à la température du CMBR à un redshift de 2,9 et en proposant la première détection du deutérium à un redshift de 3,3.

Supernova récente dans la Voie Lactée

Les astronomes ont découvert le plus jeune résidu de supernova dans notre Galaxie : l'explosion qui lui a donné naissance s'est produite il y a seulement 140 ans. Depuis 1985, sa taille a augmenté de 15%, révélant une expansion très rapide.

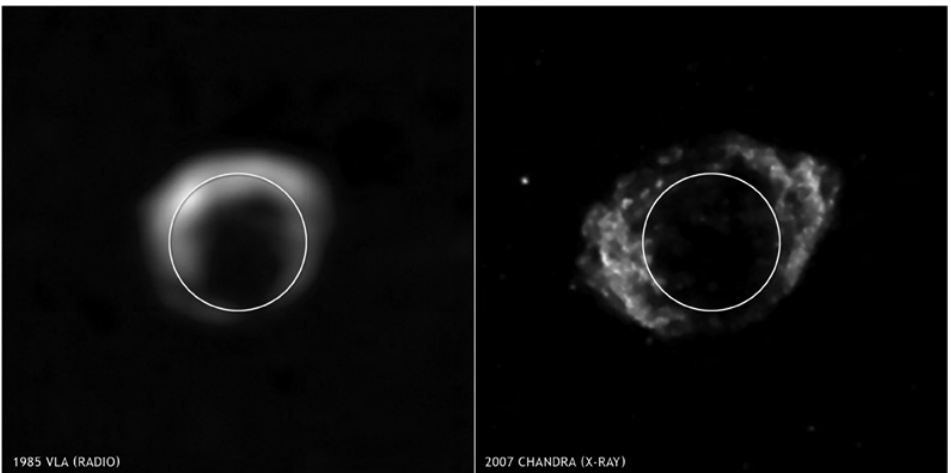
La découverte a été réalisée en comparant une image X de G1.9+0.3 obtenue avec l'observatoire spatial Chandra en 2007 et une image radio prise en 1985 avec l'interféromètre VLA

(Very Large Array). Pour confirmation, une nouvelle image VLA a été obtenue en 2007.

La distance de l'objet n'est pas connue de façon précise. Il se situe probablement dans les régions centrales de la Galaxie, caché derrière d'énormes nuages de poussières, ce qui explique que la supernova, qui a dû exploser au milieu du XIX^e siècle n'a pas été observée à l'époque depuis la Terre. C'est cette extinction par les poussières qui nous empêche d'ailleurs de voir la plupart des supernovae galactiques. Les statistiques disent qu'il doit en exploser plusieurs par siècle, mais on compte sur les doigts d'une main celles qui ont été vues au cours des temps historiques, les dernières étant les fameuses supernovae de Tycho Brahe (1572) et Johannes Kepler (1604).

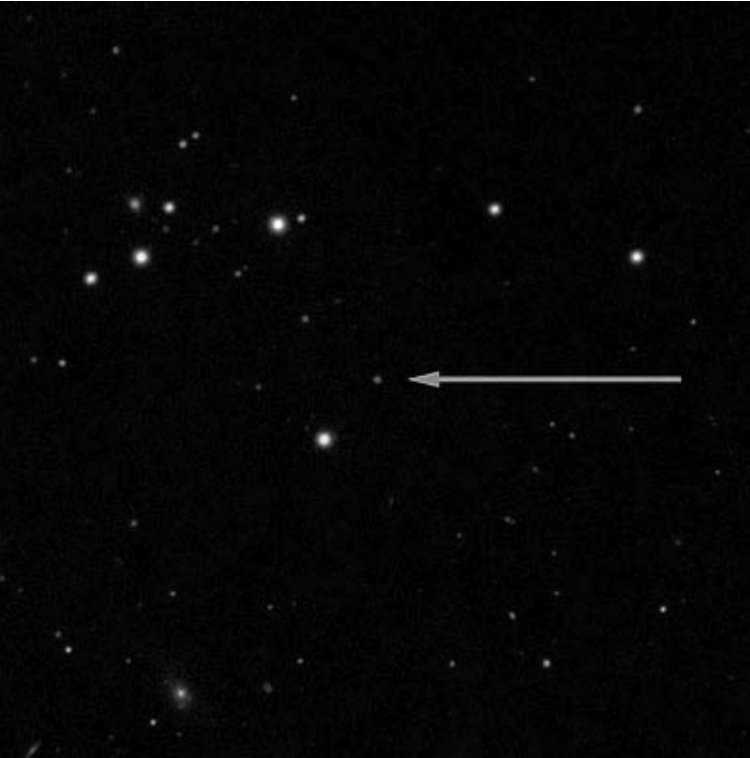
Avant la reconnaissance du statut de G1.9+0.3, la plus jeune supernova galactique était Cas A qui explosa vers 1680, selon des estimations faites également à partir du rythme d'expansion des nuages résiduels.

Le résidu de supernova G1.9+0.3 vu, à gauche en radio par le VLA (Very Large Array) en 1985 et, à droite, par l'observatoire spatial Chandra en 2007. (© Rayons X NASA/CXC/NCSU ; Radio NSF/NRAO/VLA)



1985 VLA (RADIO)

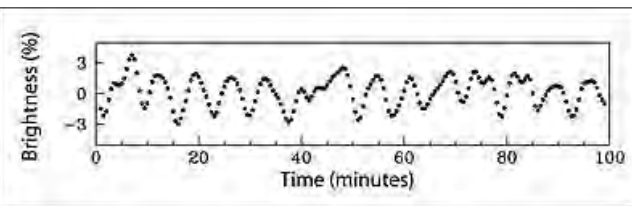
2007 CHANDRA (X-RAY)



*SDSS J142625.71
+575218.3 est la
première étoile naine
blanche carbonée
montrant des
pulsations.
(© Sloan Digital
Sky Survey, SDSS
Collaboration)*

Naine blanche particulière

Des astronomes texans ont montré la présence de pulsations dans une étoile d'un type rare, une naine blanche carbonée. C'est non loin de Mizar, dans la Grande Ourse, que SDSS J142625.71+575218.3 clignote doucement avec une période de 8 minutes. Ces vibrations ouvrent la voie pour une étude sismique de l'intérieur de ces astres.



*Courbe de lumière de la naine blanche obtenue avec le télescope Otto Struve de 2 m 10 de l'Observatoire McDonald, au Texas (ci-contre), et montrant les pulsations.
(© K. Williams/T. Jones/McDonald Observatory)*



L'étoile à neutrons 4U 1636-53

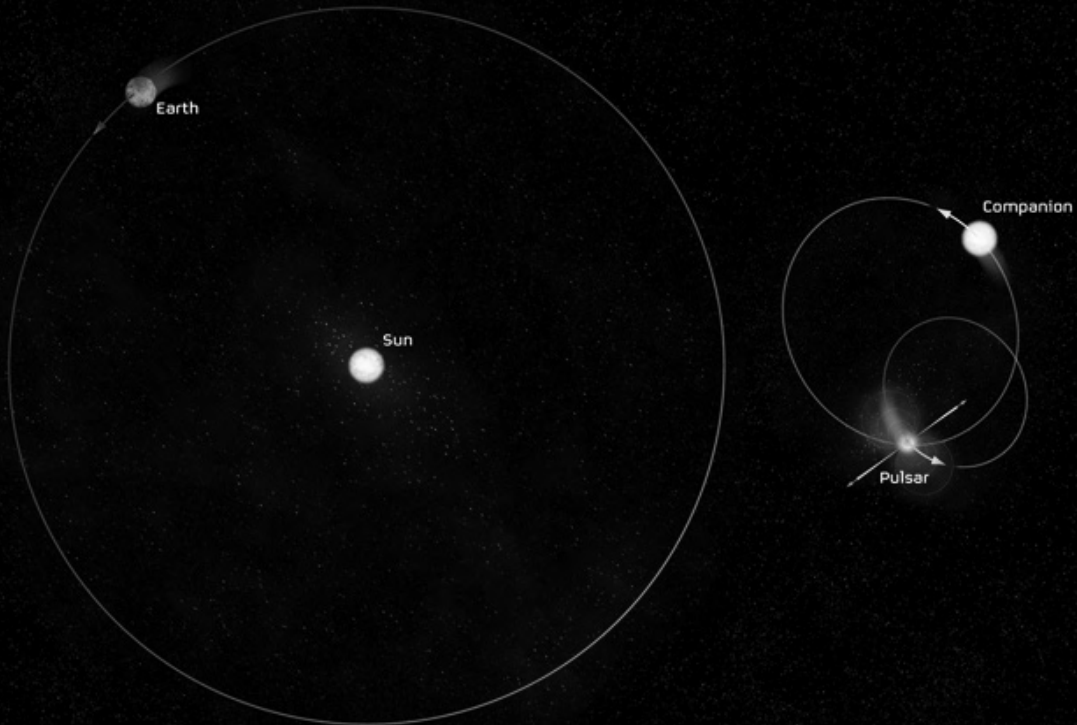
Comme nombre de ses semblables, l'étoile à neutrons 4U 1636-53 se trouve dans un système binaire et elle cannibalise tranquillement sa compagne. Après un certain temps, l'accumulation de matière provoque une température excessive et conduit à une explosion des couches extérieures de l'étoile. Les astronomes ont trouvé un moyen de prédire ces explosions en chronométrant les variations quasi-périodiques de l'émission X.

Pulsar étrange

Le pulsar « milliseconde » J1903+0327 présente des caractéristiques étranges. Sa rotation est l'une des plus rapides, sa masse l'une des plus élevées. On pense généralement que

les pulsars milliseconde doivent leur rotation effrénée à la présence d'un compagnon très proche dont l'orbite finit par devenir parfaitement circulaire. J1903+0327, quant à lui, est dans une orbite très lâche et excentrique autour d'une étoile de type solaire. Peut-être y a-t-il un autre compagnon, ce serait alors le premier pulsar connu dans un système triple.

Comparaison du système solaire et de celui du pulsar J1903+0327. Les dimensions du Soleil et du compagnon possible du pulsar sont exagérées par un facteur 10, celles de la Terre d'un facteur 1000, et celles du pulsar avec son champ magnétique et ses jets de rayonnement d'un facteur 100 000.
(© Bill Saxton, NRAO/AUI/NSF)



Hubble

Le 18^e anniversaire du télescope spatial Hubble est célébré par la publication d'un fascinant bestiaire de 59 galaxies en collision.

Quelques-unes des images de galaxies en interaction obtenues avec le HST.

Fin du monde

L'astéroïde Apophis ne heurtera pas la Terre dans les prochaines décennies. C'est ce qu'a dû confirmer la NASA pour mettre fin à de curieuses rumeurs. Un étudiant farfelu avait en effet postulé qu'une collision d'Apophis avec un satellite artificiel de la Terre lors de son passage rapproché en 2029 perturberait l'orbite de l'astéroïde, et augmenterait ainsi par quelque effet inconnu la probabilité d'une catastrophe en 2036. Une rencontre avec un satellite relève cependant de la plus haute fantaisie de même d'ailleurs que ses conséquences désastreuses.

La NASA maintient donc sa confiance dans ses conclusions : la probabilité d'une collision de la Terre avec Apophis en 2036 est de 1 sur 45 000. Remarquons que le risque de collision dans les prochaines décennies avec d'autres astéroïdes, comme 2007 VK 184, est un peu plus élevé, mais encore négligeable.

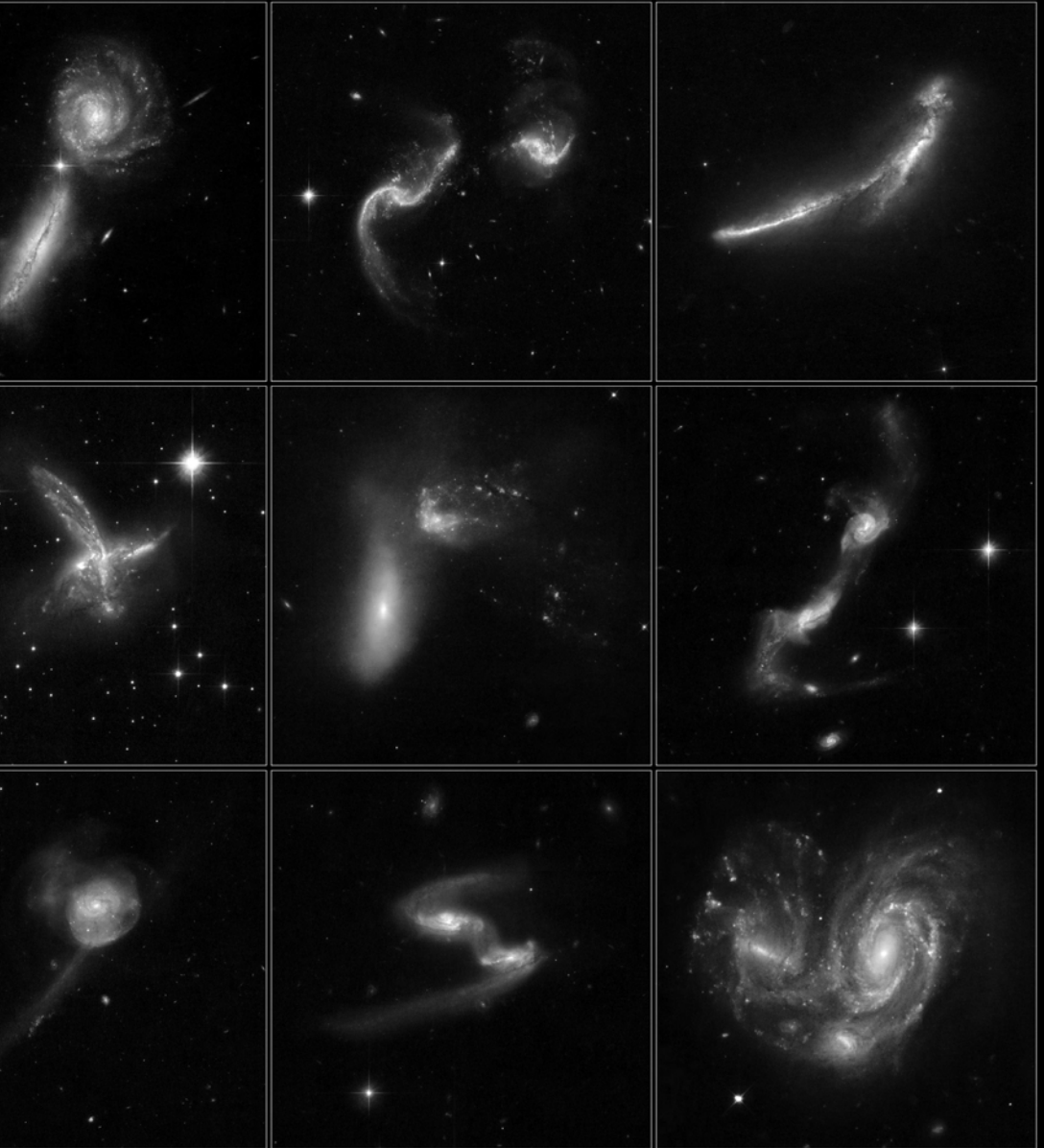
Oublions donc Apophis et ses petits cousins. La collision d'une vraie planète comme Mars ou Mercure avec la Terre serait assurément bien plus dramatique. C'est un phénomène de ce genre qui, à l'aube du système solaire, a donné naissance à la Lune et failli détruire la jeune Terre. Et, à long terme, une répétition n'est pas exclue. En effet de savants calculs montrent que l'excentricité de l'orbite de Mercure pourrait s'accroître naturellement par suite des perturbations de Jupiter. Cela jetterait la panique dans le système solaire qui deviendrait un gigantesque jeu de quilles. La probabilité qu'un tel scénario se réalise avant la mort du Soleil n'est que de quelques pour cent.

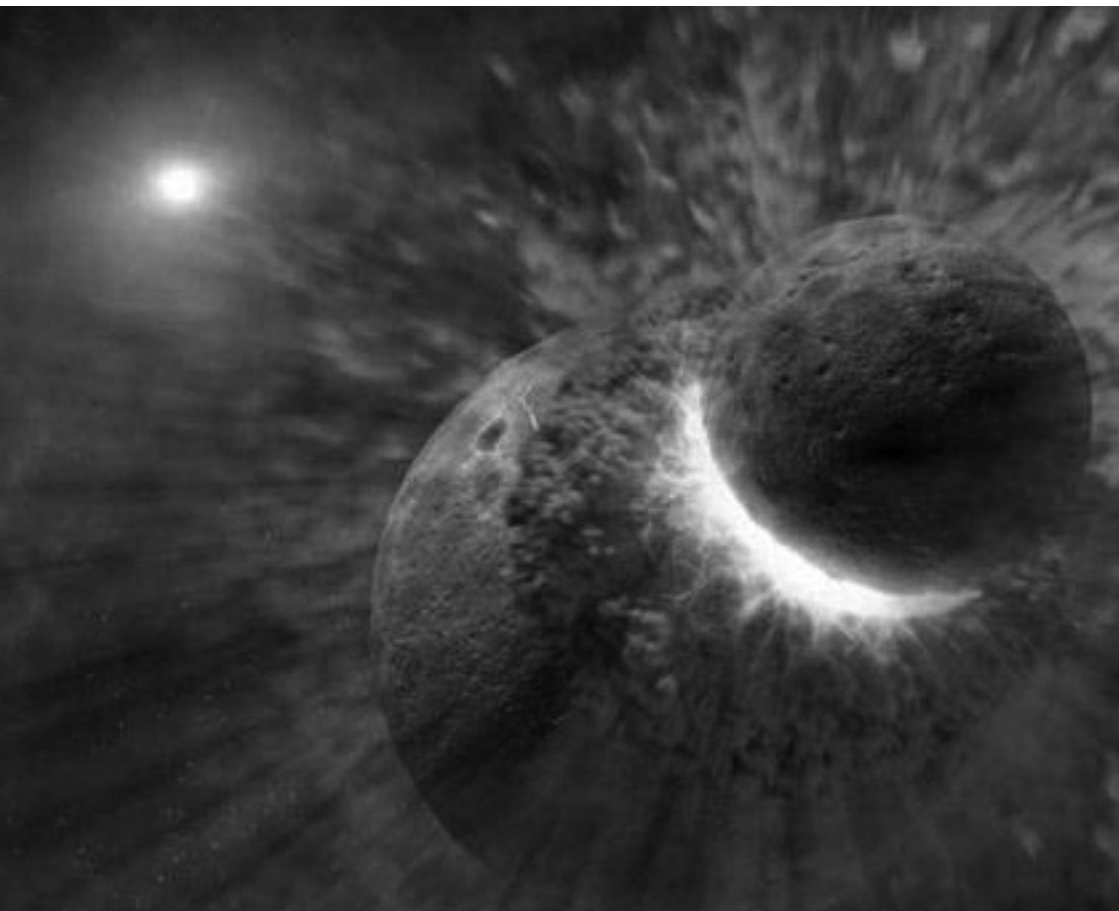
Interacting Galaxies



NASA, ESA, the Hubble Heritage (AURA/STScI)-ESA
A. Evans (University of Virginia, Charlottesville/NRAO)

Hubble Space Telescope • ACS/WFC • WFPC2





Une collision avec Mars ou Mercure, est-ce le sort réservé à notre planète ?
(© NASA/JPL Caltech)

Lunes

La Lune s'est donc formée lors de l'un de ces événements catastrophiques. Elle est née du chaos qui a caractérisé les premiers instants du système solaire. Des débris ont dû flotter dans l'espace pendant un certain temps. Les calculs montrent que de petits satellites ont pu subsister des dizaines, voire des centaines de millions d'années, en deux points particuliers de l'orbite lunaire, dits points de Lagrange,

qui constituent les sommets de deux triangles équilatéraux dont la base commune est le segment qui unit les sommets des deux corps principaux (la Terre et la Lune). Ces petits compagnons situés aux points de Lagrange L4 et L5, sont appelés satellites troyens par analogie avec les astéroïdes troyens de Jupiter.

Actuellement, le système Terre-Lune ne possède pas (plus, ou pas encore) de Troyens, si l'on excepte deux gros nuages de poussière. Cette dernière circonstance a fait renoncer à

Extinction KT

L'extinction des dinosaures s'est produite il y a 65 950 000 ans (à 40 000 ans près), une estimation basée sur la méthode ancienne dite argon-argon qui vient d'être calibrée avec une grande précision. L'ancienne estimation était de 65 500 000 avec une incertitude de 300 000 ans.

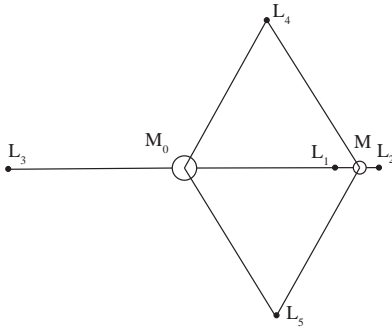


Schéma montrant les points de Lagrange. M_0 est la Terre, M la Lune.

utiliser ces positions stables pour installer des satellites artificiels.

Ces stries dans des sédiments du Pays Basque marquent des périodes successives de climats chauds et froids produits par des cycles de 100 000 et 405 000 ans dans les variations de l'excentricité de l'orbite terrestre. Leur datation par la méthode argon-argon a permis de calibrer celle-ci et de dater la transition Crétacé-Tertiaire (KT). (© UC Berkeley/Science)

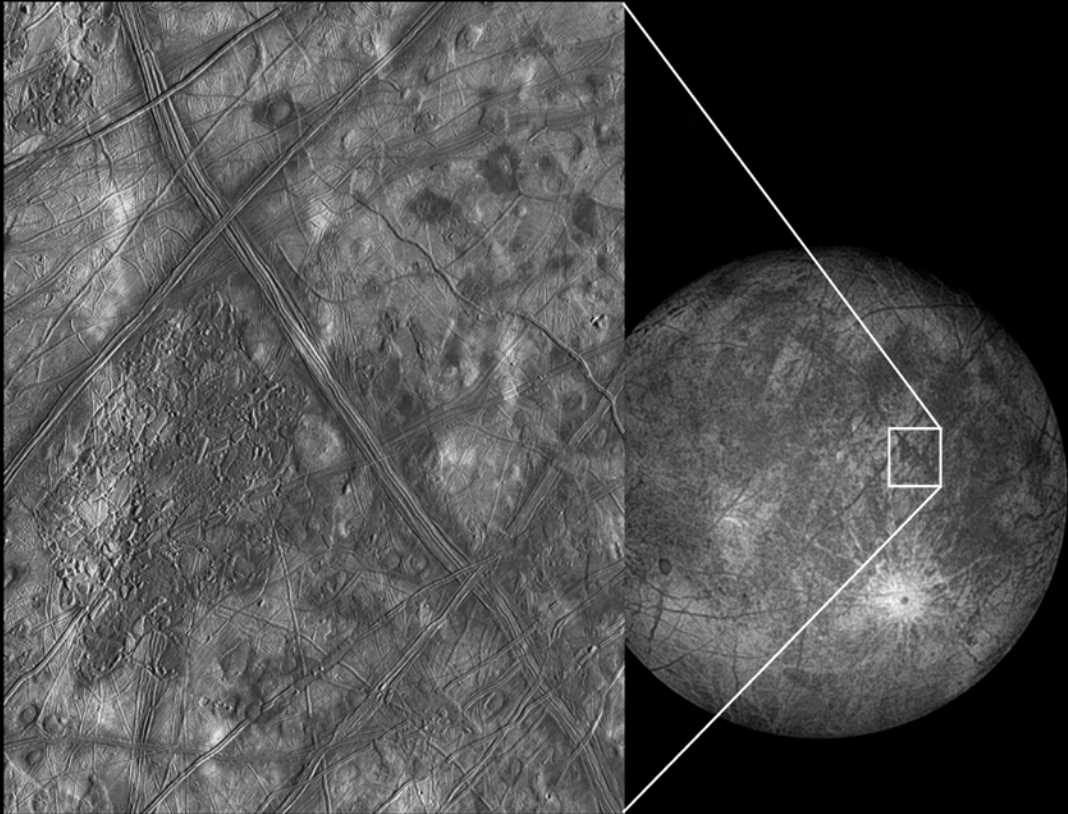


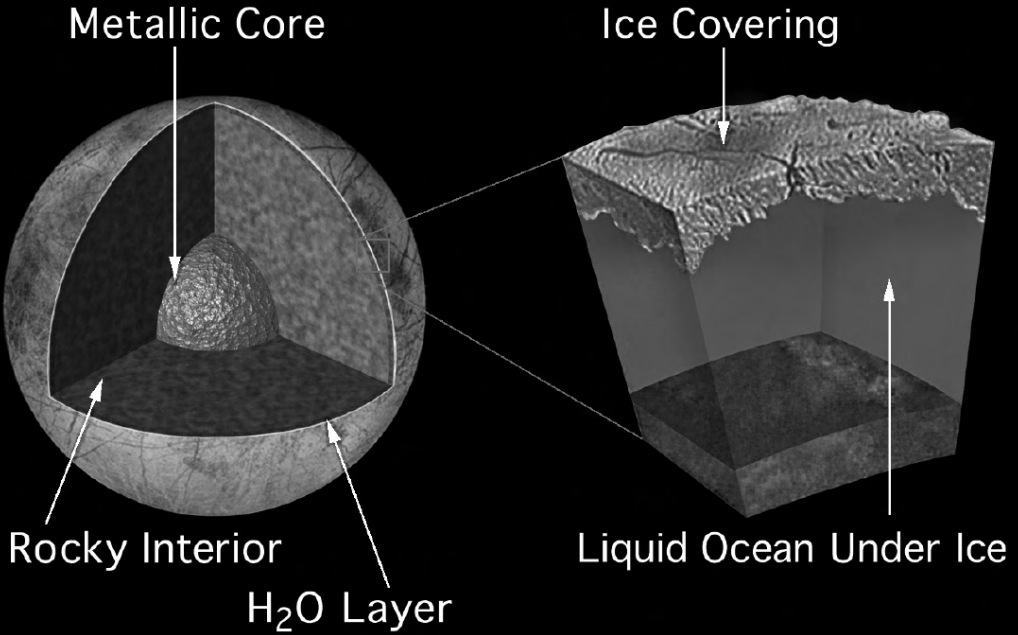
L'axe changeant d'Europe

Les pôles du satellite de Jupiter semblent se déplacer de façon importante au cours des âges. Des indices montrent qu'ils se sont trouvés à une dizaine de degrés de l'équateur actuel. Cela est sans doute dû à une accumulation de glace qui déséquilibre l'astre. On sait que l'axe de notre planète, ainsi que ceux de Mars et Encelade, se déplacent également — un mouvement bien réel à ne pas confondre avec ceux induits par la dérive des plaques tectoniques. Les observations qui ont conduit à ce résultat sont également en faveur de l'existence d'un océan sous l'écorce glacée d'Europe.

C'est la réunion d'observations de grandes structures en arc, faites par les sondes Voyager, Galileo et New Horizons en plusieurs décennies d'exploration spatiale, qui a permis de tirer ces conclusions.

Les reliefs de l'écorce d'Europe, les données géologiques et la présence d'un champ magnétique ont conduit les scientifiques à postuler l'existence d'un océan souterrain. Les derniers résultats suggèrent que les pôles ont fortement dérivé, ce qui accrédite l'hypothèse de cet océan. (© NASA)





Modèle de l'intérieur d'Europe. Un océan de 100 kilomètres d'épaisseur sous la banquise contiendrait deux fois plus d'eau que tous les océans de la Terre. (© NASA/JPL)

Ondes dans la haute atmosphère de Saturne

Vingt-deux ans d'observation depuis le sol et quelques années de données recueillies par Cassini ont mis en évidence dans la haute atmosphère de Saturne des oscillations en phase avec les saisons. Sur Terre, il existe aussi une oscillation de même nature dont la période est de 26 mois, d'où le nom d'oscillation quasi-biennale. Sur Jupiter, sujette au même phénomène, la période est de 4 ans (oscillation quasi-quadiennale). Quant à Saturne dont l'année dure 30 ans, elle est de 15 ans comme l'ont montré les observations faites depuis 1985 avec toute une variété de télescopes de par le monde.

La stratosphère d'une planète est la région de son atmosphère où la température croît avec l'altitude. La stratosphère diffère en cela de la troposphère — dans laquelle nous vivons — où la température décroît avec l'altitude. L'accroissement de la température avec l'altitude est dû à l'absorption du flux solaire par un constituant atmosphérique : l'ozone sur la Terre, le méthane sur les planètes géantes, en particulier sur Saturne.

Les variations verticales de température de sens opposé entre la troposphère et la stratosphère induisent des circulations atmosphériques très différentes dans ces deux régions. Dans la troposphère, la convection domine, et sous-tend la circulation de Hadley où l'air chaud monte depuis l'équateur pour redescendre dans les régions polaires. Dans la stratosphère, les mouvements convectifs sont interdits. En effet, en montant une particule

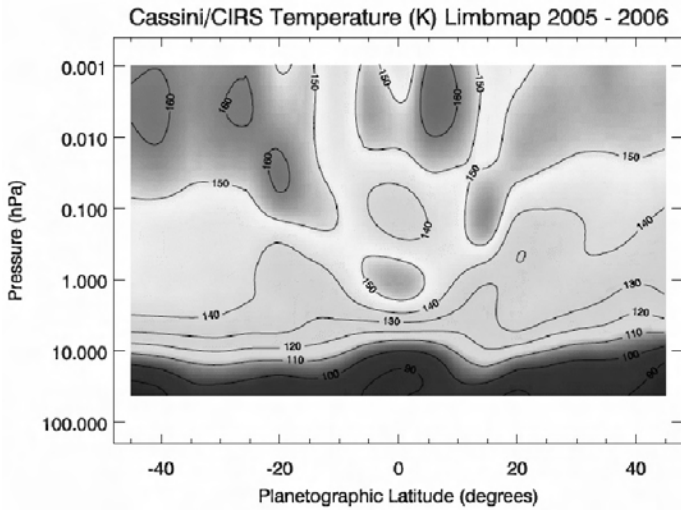


Figure 1 : Température mesurée par Cassini/CIRS dans la stratosphère de Saturne en fonction de la latitude et de la pression (les latitudes négatives correspondent à l'hémisphère sud, les latitudes positives à l'hémisphère nord). Aux latitudes moyennes, la température croît avec l'altitude, donc lorsque la pression décroît. Au contraire, à l'équateur, la température oscille verticalement. De plus, à l'altitude où la pression est de 1 hPa, la température chaude à l'équateur correspond à une température froide vers 20°N et 20°S, et vice-versa à 0.1 hPa et 10 hPa.

d'air se refroidit, tandis que la température de l'atmosphère environnante se réchauffe. La particule devient donc plus froide et plus dense que son voisinage et redescend. Ce mouvement de rappel génère des ondes de pression ou de température, qui se propagent verticalement. Avec le transport d'énergie sous forme radiative, ces ondes atmosphériques dominent le transfert d'énergie dans la stratosphère.

En utilisant le spectromètre infrarouge thermique (CIRS) à bord de la sonde Cassini en orbite autour de Saturne depuis 2004, les scientifiques ont établi une carte de la température stratosphérique de Saturne en fonction de l'altitude (ou de la pression) et de la latitude. À l'équateur, la température ne croît pas régulièrement avec l'altitude, mais présente des oscillations verticales. De plus, à un niveau de pression donné, une température élevée à l'équateur est associée à des températures basses dans les zones tropicales (20°S et 20°N). A partir de ce gradient de température, il est possible de calculer la vitesse et la direction des vents. La carte montre qu'il existe deux

jets équatoriaux superposés, l'un tournant dans le sens est-ouest, l'autre dans le sens ouest-est.

Cette structure qui existe également dans la stratosphère équatoriale terrestre, ainsi que sur Jupiter est due à l'interaction des ondes avec le vent local. Les ondes atmosphériques transportent un moment angulaire positif ou négatif suivant leur type et le transfèrent aux jets équatoriaux lorsqu'elles sont amorties.

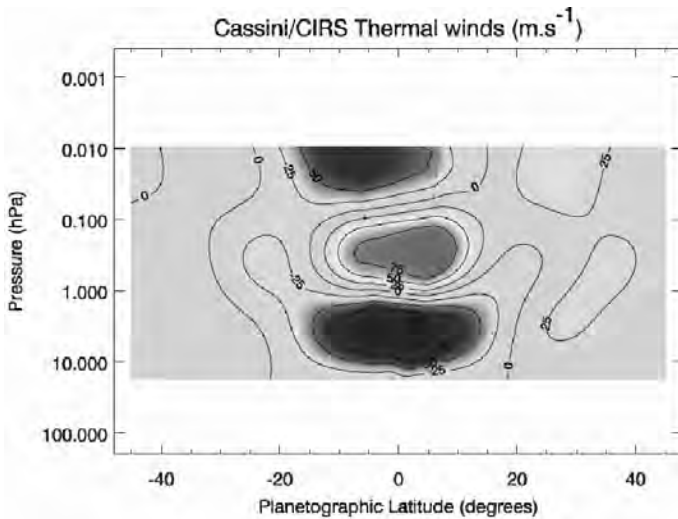


Figure 2 : À partir de la carte de température ci-contre, il est possible de déduire le sens et la vitesse des vents dans la stratosphère de Saturne. L'oscillation de température à l'équateur permet de montrer qu'il existe plusieurs jets intenses superposés verticalement. Seules les ondes atmosphériques peuvent générer une telle structure.

De plus la structure verticale des vents est continuellement tirée vers le bas. Ainsi à une altitude donnée, le vent alterne quasi-périodiquement entre un vent d'est et un vent d'ouest.

La stratosphère de Saturne se comporte comme ses sœurs terrestre ou jovienne. La comparaison entre ces trois planètes permettra de mieux comprendre comment les ondes atmosphériques engendrent ce phénomène d'oscillation sur Terre et ailleurs dans le système solaire.

Mars plus froid

Les observations radar effectuées par la sonde Mars Reconnaissance Orbiter indiquent que la lithosphère martienne ne se déforme pas sous le poids de la calotte polaire nord. Cette rigidité s'explique si l'intérieur de la planète est plus froid que ce que l'on pensait jusqu'à présent. En conséquence, d'éventuelles nappes aquifères (et des formes de vie) ne pourraient exister qu'à de grandes profondeurs. Les images radar montrent un empilement de

couches de glace reflétant l'activité climatique de Mars et corrélées aux variations de l'inclinaison de l'axe et de l'excentricité de l'orbite.

Anneau de Mars

Le petit satellite martien Phobos, dont l'altitude diminue inexorablement, ne tombera pas sur la planète. Selon les calculs d'un scientifique indien, il éclatera, sera éparpillé en petits morceaux sous l'effet des forces de marée et formera un anneau autour de la planète.