

L'astronomie dans le monde

La surface de Vesta

D'après HST News
et Space Astronomy Update
April 19, 1995

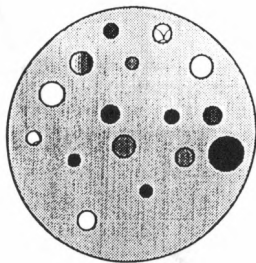
Vesta est sans doute le plus diversifié des gros astéroïdes, et le seul que l'on sait posséder des surfaces sombres et brillantes, à la façon des mers et des zones montagneuses de notre Lune. Les observations conduites au sol ont révélé des régions basaltiques, signe de coulées anciennes de lave. L'intérieur de Vesta a donc été liquide dans un lointain passé, comme c'est le cas aujourd'hui pour la Terre.

Une explication est que Vesta s'est formée par agglomération de petits corps dont la radioactivité avait été exacerbée par l'explosion d'une supernova proche. Celle-ci aurait enrichi l'espace en isotopes radioactifs comme l'aluminium 26. Cette hypothèse de

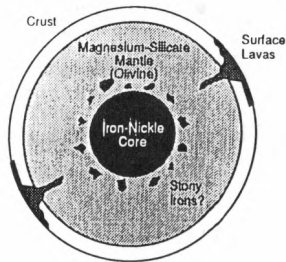
supernova n'est pas entièrement gratuite, on pense que c'est peut-être là qu'il faut chercher le déclic qui entraîna la formation du système solaire. Une fois incorporés en quantité suffisante, les isotopes radioactifs ont fait monter la température du cœur de Vesta au-dessus du point de fusion. C'est alors qu'eut lieu un phénomène de « différenciation ». Les matériaux les plus légers flottaient en surface alors que les plus lourds s'accumulaient au centre. Il s'agit là d'un processus très courant pour les planètes de type terrestre, c'est-à-dire ayant une croûte solide (par opposition aux planètes géantes, gazeuses). Les roches se sont ainsi élevées vers la surface où elles se sont solidifiées il y a quatre milliards d'années, pour former la croûte de Vesta qui, à l'exception de cratères météoritiques, est restée inchangée depuis.

Les plus importants des impacts météoritiques exposent une couche interne

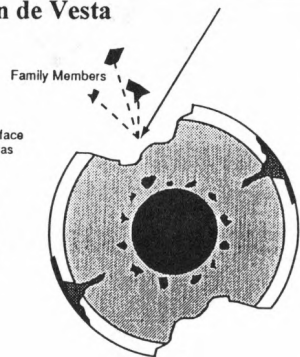
Phases principales de l'évolution de Vesta



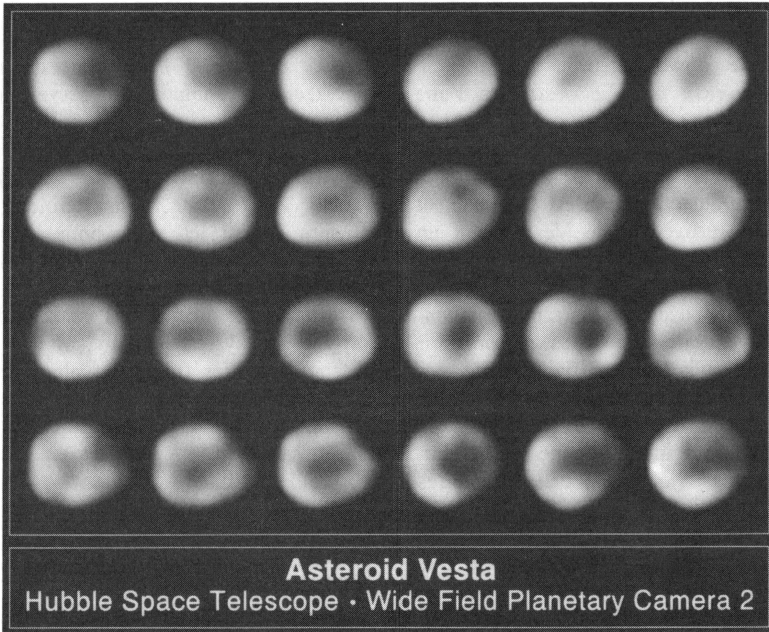
Les astéroïdes se forment par agglomération de plus petits corps dans le système solaire primitif.



L'astéroïde s'échauffe, et les éléments lourds se déposent en son centre. Une croûte se forme. Entre les deux, le manteau fournit la lave qui parfois s'écoule en surface.



Des impacts occasionnels brisent la croûte superficielle et exposent le manteau.



Le Hubble Space Telescope permet de suivre la rotation de la petite planète Vesta. En examinant cette série de 24 images prises au cours d'un « jour » de Vesta (5 heures et demie) les astronomes parviennent à repérer le déplacement des diverses formations superficielles. Parmi celles-ci figure un énorme bassin d'impact. En combinant ces données avec des résultats acquis depuis le sol, on espère dresser une carte de la planète.

d'« olivine », un des matériaux constitutifs du « manteau » terrestre. L'énergie libérée lors de ces impacts a été si grande que de la matière fut éjectée à grande distance, au point de quitter l'attraction de Vesta. Des morceaux de la petite planète ont fini par aboutir sur notre Terre, en y tombant elles-mêmes comme météorites.

En octobre 1960 on vit une météorite s'abattre en Australie occidentale, non loin de Millbillillie. Des fragments en furent retrouvés dix ans plus tard: grâce à la croûte noire formée lors de la traversée de l'atmosphère ils étaient aisément reconnaissables sur le sol rougeâtre environnant. Contrairement à la plupart des météorites, on put identifier sans trop de difficultés l'origine

de celle-ci: l'astéroïde Vesta. L'analyse spectroscopique y montrait la même signature du pyroxène, un constituant des laves volcaniques. La structure des grains minéraux de la météorite montrait aussi qu'elle avait subi une phase de fusion. Les isotopes de l'oxygène révélèrent une abondance très différente de ce que l'on trouve sur Terre, sur la Lune ou dans la plupart des autres météorites.

On retrouve le spectre du pyroxène dans une série de petits astéroïdes que l'on suppose être des fragments de Vesta, et qui orbitent à proximité de la « ceinture de Kirkwood », une zone vide d'astéroïde par suite de résonances gravitationnelles. Les astéroïdes s'approchant de cette région sont

éjectés sur des orbites qui peuvent les rapprocher de la Terre. C'est ce qui est sans doute arrivé à la météorite australienne. Après avoir été arraché à Vesta lors d'une collision, un gros fragment a subi d'autres collisions qui ont fini par envoyer de plus petits débris vers la ceinture de Kirkwood. La météorite australienne n'est certainement pas la seule provenant de Vesta selon un scénario du même type (voir photo en couverture de ce bulletin).

En fait, on suspecte plus d'une cinquantaine de types de météorites de provenir d'astéroïdes, mais les identifications ne sont pas toujours aussi simples que pour Vesta. Rappelons qu'en plus de Vesta, l'on a pu confirmer une origine martienne pour certaines météorites. Ajoutons à cela les pierres lunaires recueillies lors de diverses missions spatiales, ainsi que des météorites lunaires, et l'on dispose ainsi au total d'échantillons provenant de quatre planètes différentes.

Le Hubble Space Telescope a confirmé ces idées en fournissant des images d'un énorme bassin d'impact sur la petite planète. C'est peut-être de là que provient la météorite

australienne!

Grâce au HST l'occasion est ainsi donnée aux astronomes d'observer les plus anciens terrains du système solaire: les formations géologiques internes d'une planète, amenées en surface par des épisodes violents. Avant Vesta, les astéroïdes Ida et Gaspra étaient les seuls pour lesquels on disposait d'images (infiniment plus détaillées) grâce à la sonde Galileo. Mais Vesta est un astre beaucoup plus vieux, datant des origines du système solaire, alors qu'Ida et Gaspra sont des fragments plus récents de planètes plus grosses.

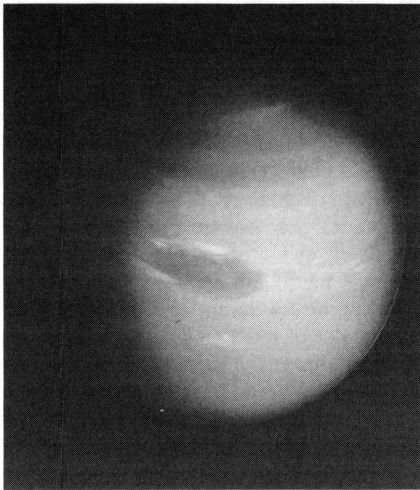
* * *

Les taches de Neptune

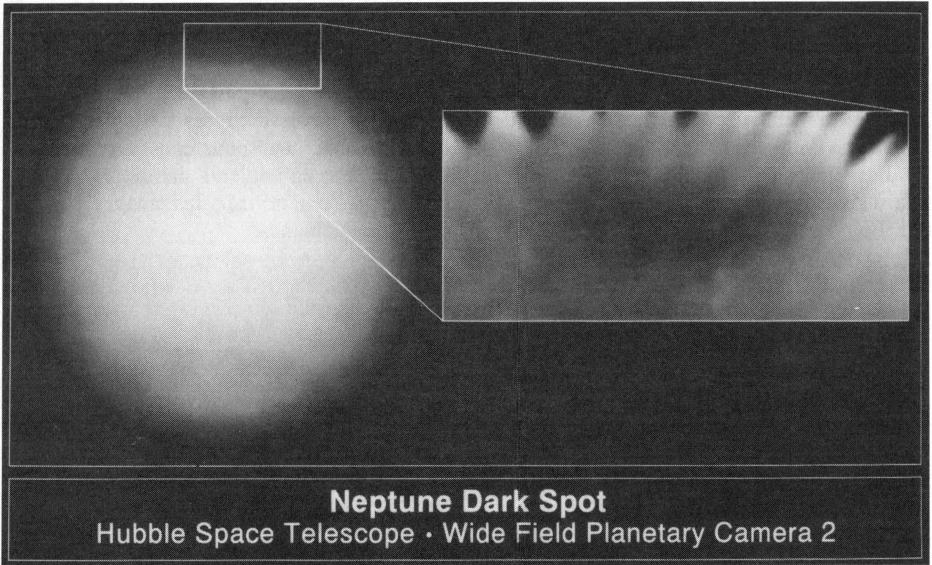
La lointaine Neptune a de nouveau surpris les astronomes avec l'apparition d'une nouvelle grande tache sombre dans l'hémisphère nord. Cette récente découverte est le fruit des observations du Hubble Space Telescope.

En juin dernier, les images de Hubble montraient la disparition de la fameuse tache géante que Voyager 2 avait observée en 1989 dans l'hémisphère austral de Neptune. La nouvelle tache semble être la parfaite contrepartie de l'ancienne, et comme elle, elle est accompagnée de nuages blancs d'altitude. Ceux-ci se forment lorsque les gaz atmosphériques se refroidissent en passant par-dessus la tache, et que le méthane se condense en cristaux. Tout comme la tache de 1989, la nouvelle est probablement un « trou » dans la couche supérieure des nuages de méthane. Ce trou permet d'apercevoir les niveaux inférieurs constitués de nuages plus sombres.

En fait, l'aspect de la planète évolue très vite et peut changer de façon dramatique en l'espace de quelques semaines. Ce compor-



La Grande Tache Noire de Neptune, en 1989.
Observations de la sonde Voyager 2.



La nouvelle tache noire de Neptune est beaucoup moins visible sur cette image par le HST. Elle est située juste au bord supérieur (sud) de cette photo obtenue avec la caméra WFPC2. En encart, on a essayé de reproduire l'aspect que doit avoir la tache en réalité.

tement est très différent de celui de Jupiter, dont la Grande Tache Rouge est remarquablement stable depuis plusieurs siècles, si l'on excepte quelques variations de contraste.

L'étude dynamique de l'atmosphère de Neptune pourrait être utile pour mieux comprendre l'atmosphère terrestre. Elle constitue un laboratoire qu'il n'est pas possible de reproduire sur Terre. Elle subit des contraintes différentes, ce qui permet de mieux discerner l'influence des divers paramètres. Par exemple, l'apport énergétique principal n'est pas dû au Soleil, mais bien à l'énergie interne libérée par la planète.

Les astronomes ne savent pas combien de temps durera cette nouvelle tache, mais pour la première fois ils disposent d'un télescope capable de suivre l'évolution de

cette atmosphère durant des années, voire des décennies.

* * *

Les nuages de Neptune

Outre la tache noire, le télescope spatial Hubble s'est occupé des nuages blancs qu'il a pu suivre en détail en octobre et novembre 1994. Ici aussi, les astronomes pensent que la grande activité montrée par Neptune est due à la différence de température entre la base de l'atmosphère, chauffée par la puissante source interne, et le sommet des nuages (proches du zéro absolu). Ceci peut être à

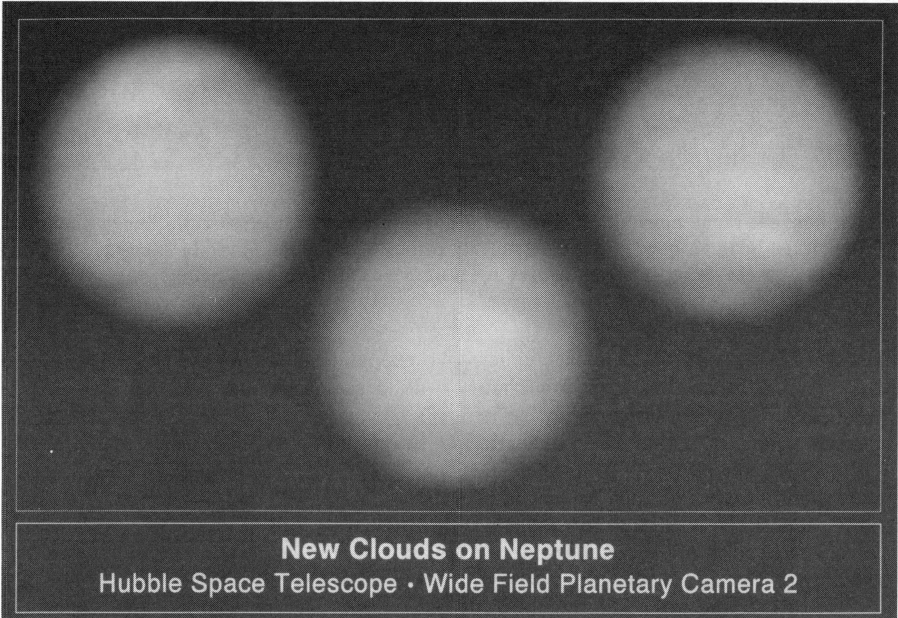
l'origine de fortes instabilités entraînant des perturbations climatiques à l'échelle planétaire.

En plus des constituants principaux des planètes géantes que sont l'hydrogène et l'hélium, on trouve dans l'atmosphère neptunienne du méthane et d'autres hydrocarbures comme l'éthane et l'acétylène.

Les images présentées à la page suivante sont dues à la caméra WFPC2 (Wide Field and Planetary Camera) du Hubble Space Telescope. Elles ont été prises avec des filtres différents, isolant des longueurs

d'onde du visible et de l'infrarouge. L'absorption du méthane dans le domaine rouge contribue à la couleur bleuâtre de Neptune. Les nuages habituels sont légèrement bleus eux aussi.

Par contre les nuages de cristaux de méthane apparaissent rosés si l'on associe le domaine infrarouge pour constituer de fausses couleurs: en couleurs naturelles, c'est-à-dire pour l'œil normal, les nuages seraient parfaitement blancs.



Les nuages de Neptune. Images par la caméra WFPC2 du Space Telescope, obtenues les 10 et 18 octobre, et le 2 novembre 1994. La planète était alors à 2,8 milliards de kilomètres de la Terre.

Lentilles cosmiques

D'après HST News
April 5, 1995

La photo ci-dessous est le résultat d'observations réalisées par le Hubble Space Observatory. Elle représente une partie de l'amas de galaxies Abell 2218, et donne un exemple remarquable de mirage gravitationnel.

Les structures en arc, visibles un peu partout sont des images formées par le champ de gravitation de l'amas. Celui-ci est si massif et si compact que les rayons lumineux qui le traversent sont défléchis par son attraction. Ce phénomène est semblable à celui que provoquerait une lentille géante qui agrandirait et déformerait les objets situés derrière elles. Les arcs que l'on voit sont donc les images distordues de galaxies très lointaines, si lointaines qu'aucun télescope n'aurait pu les déceler en l'absence de len-

tille gravitationnelles. On estime la distance de ces galaxies à cinq ou dix fois celle de l'amas Abell 2218. On voit donc ces astres tels qu'ils étaient voici des milliards d'années, lorsque l'univers n'avait que le quart de son âge actuel. Leur étude est pleine de promesse pour comprendre l'évolution du cosmos, et l'origine des galaxies.

La finesse de certains arcs sur la photo prise par le HST est telle que les télescopes au sol ne permettent pas leur observation. Certaines des images produites par l'effet de mirage sont multiples. Cela arrive lorsque la distorsion induite par le champ gravitationnel est suffisamment intense. Abell 2218 nous permet de voir 7 système multiples, un record à ce jour!

Le grand nombre d'images réparties sur toute la photo permet de calculer la distribution de la masse qui est à l'origine du champ gravifique.



Gravitational Lens in Galaxy Cluster Abell 2218
Hubble Space Telescope · Wide Field Planetary Camera 2

Les arcs visibles en grand nombre sur cette photo prise par le Hubble Space Telescope sont dus à l'effet de lentille gravitationnel de l'amas de galaxies Abell 2218. Les arcs sont en fait les images de galaxies extrêmement lointaines, grossies, et distordues par la lentille.

L'oxygène d'Europe

Les gros satellites des planètes extérieures sont de véritables planètes, certains d'entre eux étant plus gros que Mercure. Pluton, lui-même, fait pâle figure à côté des Ganymède, Titan et autres Callisto. On peut donc s'attendre à rencontrer sur ces satellites les caractères des planètes « normales », comme le fait d'être capable de retenir une atmosphère.

On connaît effectivement l'atmosphère de Triton, constituée d'un peu d'azote, ou celle, beaucoup plus dense et complexe de Titan, qui masque la surface de ce satellite de Saturne sous d'épais voiles d'hydrocarbures.

En général, les atmosphères sont très ténues, et demandent des techniques d'observation raffinées pour pouvoir être détectées et analysée. La gravité à la surface de ces corps est généralement trop faible pour combattre efficacement la tendance des molécules à s'évader dans l'espace. On assiste donc à une compétition entre la production de molécules en surface du satellite – sous l'effet du rayonnement – et leur fuite lorsque le mouvement d'agitation thermique leur communique une vitesse suffisante dans les couches supérieures de l'atmosphère. Ce mouvement thermique est d'autant plus rapide que les molécules (ou atomes) sont légers. Les gaz qui s'évadent le plus vite sont donc l'hydrogène et l'hélium. Par contre les gaz plus lourds, tels que l'azote ou l'oxygène, et a fortiori les gaz rares comme le radon, sont plus sages.

C'est là une des raisons de la composition chimique de l'atmosphère terrestre qui a pour constituants principaux l'azote et l'oxygène. Notre Lune, par contre est incapable de retenir un semblant d'atmosphère car, malgré sa gravité non négligeable, elle

est trop près du Soleil: la température est trop élevée et l'agitation thermique trop violente. Les rares atomes ou ions que l'on observe n'ont qu'une vie très éphémère et s'éparpillent bien vite dans le vide interplanétaire.

Les basses températures qui règnent aux niveaux des orbites des planètes géantes sont plus propices à l'existence d'atmosphères stables. Les astronomes n'ont donc été très surpris d'apprendre la découverte d'oxygène sur un des satellites de Jupiter, Europe.

Il y a plus de vingt ans que l'on soupçonnait que de l'oxygène libre existait sur trois des satellites galiléens de Jupiter, soupçons basés sur l'observation d'une occultation stellaire par Ganymède. Cette observation concluait à la présence possible d'une atmosphère avec une pression d'un microbar seulement. (rappelons que la pression atmosphérique terrestre est d'environ un bar). On proposa que le gaz était de l'oxygène provenant de la dissociation des molécules d'eau de la surface gelée de Ganymède. Callisto et Europe ayant des surfaces de même nature devaient aussi posséder une atmosphère d'oxygène. C'est bien ce qui vient d'être confirmé pour Europe, mais avec une pression d'un cent-millième de microbar (ou dix « picobars »). Entre-temps, les observations de Voyager avaient invalidé les conclusions tirées sur Ganymède, excluant la présence d'une atmosphère d'une pression supérieure à dix microbars!

En fait les théoriciens ont pu démontrer que le jeu des équilibres physico-chimiques sur les satellites galiléens permet l'existence de deux états pour l'atmosphère: soit une pression d'un microbar, soit une valeur de dix picobars. Il est cependant exclu que la pression sur Ganymède ait été d'un microbar lors de l'occultation: la transition entre les deux états se fait en cent mille ans.