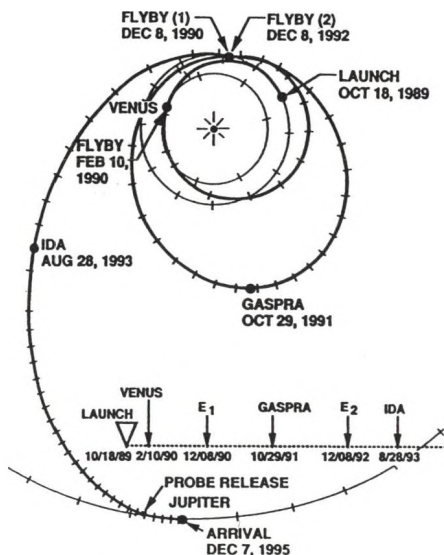


L'astronomie dans le monde

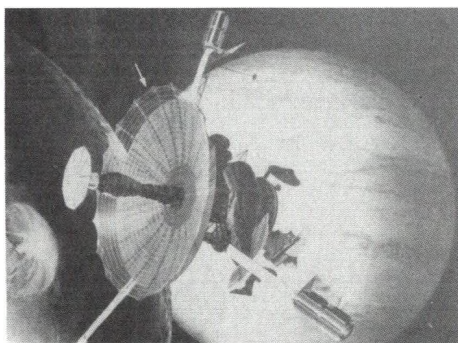
Galileo



La trajectoire complexe de Galileo mène la sonde vers Jupiter, après un survol de Vénus, deux de la Terre, et celui de deux astéroïdes!

La trajectoire poursuivie par la sonde américaine Galileo, et qui devrait lui permettre d'atteindre la planète géante Jupiter le 7 décembre 1995, se révèle un véritable parcours d'obstacles. Et un challenge permanent pour les techniciens qui s'en occupent. L'orbite est très complexe et on a fait appel à l'assistance gravitationnelle des planètes Terre et Vénus pour éjecter la sonde à grande vitesse, mais grâce à un minimum d'énergie, vers Jupiter. Il s'agissait d'être très précis car, par exemple, le dernier survol de la Terre, le 8 décembre 1992, s'est effectué à 304 kilomètres d'altitude. La

moindre erreur pouvait conduire Galileo à se consumer dans notre atmosphère ou à modifier sa trajectoire de façon totalement anarchique. Deux ans auparavant, jours pour jours, le 8 décembre 1990, Galileo passait une première fois près de nous (un peu plus loin malgré tout).



Vue d'artiste de l'aspect qu'aurait dû présenter Galileo dans les parages de Jupiter si son antenne s'était bien déployée. (Cliché NASA et JPL)

Et le 10 février 1990, c'est Vénus qu'elle survolait, quatre mois après son lancement par une navette spatiale le 18 octobre 1989.

Les raisons de la complication extravagante de cette trajectoire résident dans le manque de vitesse initiale lors du lancement! Pour atteindre une vitesse convenable, permettant à Galileo d'aller directement vers Jupiter, il aurait fallu embarquer une fusée d'appoint Centaur dans la navette, projet jugé bien téméraire au lendemain de l'explosion de Challenger.

Non contents d'avoir résolu le problème mécanique de la vitesse initiale, les ingénieurs ont voulu faire encore mieux, et ils ont ajouté au programme de Galileo deux autres astres, les astéroïdes Gaspra et Ida! Gaspra a été visité le 29 octobre 1991 à une distance de 1600 kilomètres (voir *Le Ciel*, décembre 1991, pages 344-346). Ida devrait suivre le 28 août 1993. La séance de clichés réalisée sur Gaspra a été bien fructueuse. Au moment même, une seule image avait été transmise sur Terre en raison du grand éloignement. Les scientifiques ont pu conclure que l'astéroïde avait connu une vie tourmentée, allant de collision en collision avec ses semblables. La série complète a confirmé cette théorie et, montrant Gaspra selon tous les angles, elle a révélé que l'astéroïde était probablement un assemblage assez lâche de plusieurs corps plus petits. Gaspra, comme Toutatis et Castalia serait en fait « double », ou multiple (voir *Le Ciel*, janvier 1993, page 12). On pense que cette structure pourrait résulter du bris d'astéroïdes plus gros. La minuscule gravité d'un astre comme Gaspra (un deux-millième de celle de la Terre) aurait suffi à maintenir quelques fragments ensemble.



Gaspra vu par Galileo sous plusieurs perspectives. (Cliché NASA et JPL)



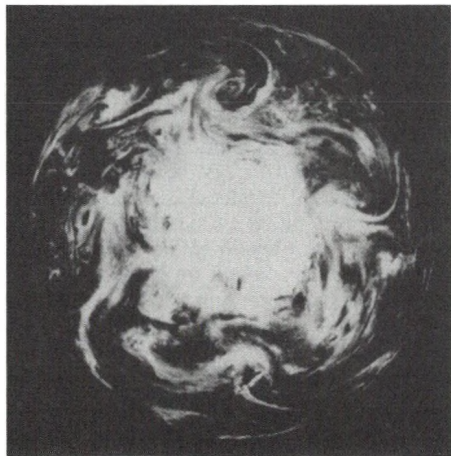
Huit jours après avoir frôlé notre planète à 304 kilomètres d'altitude, Galileo a pris cette vue de la Lune passant en avant-plan de la Terre. (Cliché NASA et JPL)

Dès le début de la mission, un problème majeur était apparu : l'antenne principale qui doit assurer la transmission de toutes les observations ne s'ouvrait pas. Nous avons relaté les différentes tentatives effectuées pour tenter de réaliser cette ouverture. Une séquence de cycles thermiques (au total, sept refroidissements à l'ombre suivis de réchauffements au Soleil) dans laquelle on avait placé beaucoup d'espairs n'a pas réussi... Cela, c'était la manière douce, mais Galileo se montrait bien récalcitrante. On est alors passé à la manière forte : secousses répétées assénées par une série de brèves mises en marche des moteurs de déploiement. Plus de 13000 secousses ont été communiquées avant qu'en désespoir de cause on abandonne toute tentative d'ouverture de l'antenne.

Nos lecteurs se souviennent que toutes ces péripéties ont pour origine commune le retard du lancement, dû lui même à l'explosion de Challenger. C'est en effet ce retard qui a entraîné une perte de lubrification des « baleines » du parapluie de l'antenne principale.

Au début, la mise hors fonction de l'antenne ne laissait aucun espoir quant à la réussite de la mission principale, Jupiter. A cette distance il était impossible de transmettre avec la petite antenne auxiliaire de télémétrie, ne fut-ce qu'un pour cent des informations accumulées (voir *Le Ciel* novembre 1991, pages 300—301, et septembre 1992, page 257). Et c'est pour cette raison que les images de Gaspra ont dû attendre si longtemps avant de pouvoir être étudiées. Mais les spécialistes de la NASA en ont vu bien d'autres. Souvenons-nous de leurs prouesses successives qui ont permis aux sondes Voyager de remplir leurs missions au-delà de toutes les espérances. La compression des données à transmettre, associée à de meilleures performances des récepteurs au sol permettront de récupérer 70 pour cent de ce qui était initialement prévu. L'optimisme renaît donc pour les spécialistes qui attendent beaucoup de cette mission vers Jupiter.

En attendant, les observations du système Terre-Lune faites par Galileo lors de son passage de décembre sont étudiées avec le plus grand intérêt : en particulier, des images de la région polaire boréale de la Lune, et des observations de nuages stratosphériques au-dessus de l'Antarctique.



C'est à partir d'observations réalisées lors du passage de décembre 1990, que cette mosaïque de la région polaire antarctique a été assemblée. On y voit le spectaculaire tourbillon de l'atmosphère terrestre. (Cliché NASA et JPL)

Un atlas « Hubble » d'anciennes galaxies

Dans les années 1920, le grand astronome Edwin Hubble établissait la fameuse classification des galaxies en spirales, elliptiques et irrégulières, avec toute une série de sous-classes rendant compte des particularités qu'il avait observées dans l'univers proche.

Le Hubble Space Telescope, grâce à sa bonne résolution spatiale, a permis la classification de galaxies extrêmement lointaines, situées dans l'amas CL 0939+4713. Cet amas est vu tel qu'il était voici quatre milliards d'années, alors que l'univers n'avait que les deux tiers environ de son âge présent. En dépit de l'énorme distance, on reconnaît en effet les divers types de galaxies.

Sur l'image, les galaxies sont arrangées précisément dans l'ordre proposé par Edwin Hubble. Les trois rangées du haut montrent des objets très courants dans les amas proches : galaxies elliptiques (types E) et lenticulaires (S0) qui font probablement la transition entre elliptiques et spirales.

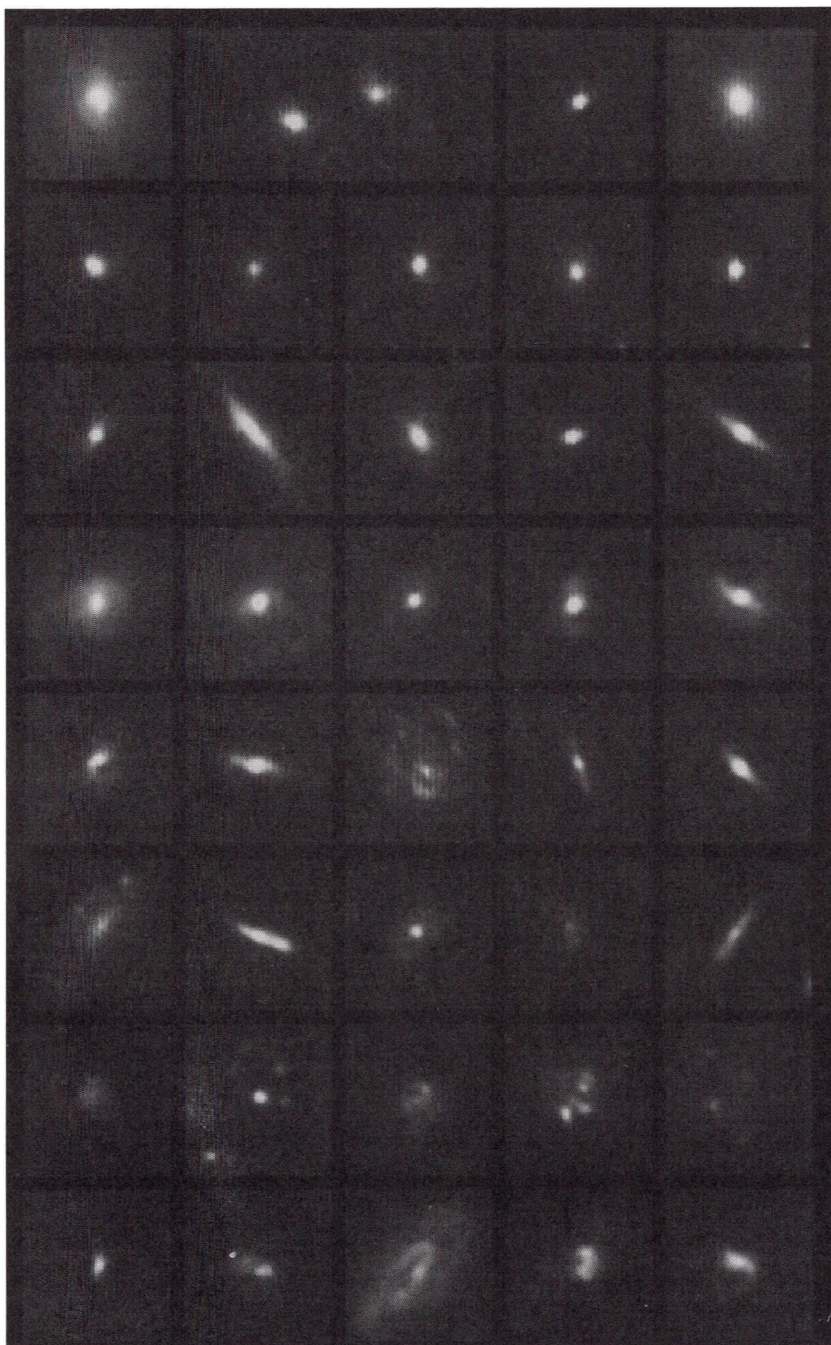
Les rangées 4 à 7 montrent des galaxies spirales présentant des ouvertures diverses de leurs bras (types Sa, Sb, Sc et Sd selon l'ouverture croissante). Beaucoup de ces spirales ont disparu à l'heure actuelle, en particulier parce qu'elle ont été avalées par de plus grosses galaxies. A la ligne 7 se trouvent des galaxies de type Sd, à la structure assez irrégulière.

Enfin, la dernière rangée montre des galaxies en collision, se fondant en une seule entité.

Le Hubble Space Telescope a révélé que les galaxies propices à la formation d'étoiles étaient bien plus abondantes il y a quelques milliards d'années que maintenant, un résultat que devront expliquer les théories cosmologiques.

L'image du HST (page suivante) a été prise avec la Wide Field/Planetary Camera, et a demandé 6 heures de pose.

(Cliché Alan Dressler, Carnegie Institution, et NASA)



Jardiner avec la Lune?

Bien que ce soit de saison, nos lecteurs seront surpris de nous voir aborder ce sujet : il est bien entendu que la Lune n'a pas le moindre pouvoir sur les salades, et prétendre le contraire vous range dans la catégorie des astrologues, biogéologues et autres lecteurs de marc de café.

Nous ne pouvons qu'en convenir, et pourtant... ne lit-on pas dans la (généralement) fort sérieuse revue *Nature* « [...] la Lune joue le rôle d'un régulateur de climat. Si elle n'existait pas, ou si elle était beaucoup moins grosse, [il est très probable] que l'obliquité de la Terre serait chaotique et présenterait d'importantes variations pouvant atteindre 50° [...] ou même 85°. Ce qui aurait des conséquences bien dommageables sur le climat terrestre. » (dans l'article *Stabilization of the Earth's obliquity by the Moon*, par J. Laskar, F. Joutel et P. Robutel, du Bureau des Longitudes)

Il est temps de rassurer nos lecteurs. Les astronomes ne sombrent pas dans la chiromancie, pas plus qu'ils ne remettent sur l'établi les idées saugrenues de Velikovski. Les changements d'obliquité auxquels font allusion Laskar et ses collègues, auraient lieu sur des millions d'années, période bien courte à l'échelle astronomique, mais longue, démesurément longue à l'échelle des salades. N'attendons donc pas la disparition de la Lune ni l'inclinaison favorable qui nous donnerait des saisons tropicales, pour faire notre jardin.

On sait que l'inclinaison de l'axe de la Terre (l'obliquité) varie plus ou moins régulièrement autour d'une valeur moyenne proche de 23,3°, avec une amplitude de $\pm 1,3^\circ$. Comme nous le rappelions récemment à l'occasion de la parution de l'ouvrage de W. Burrough *Weather Cycles*, c'est la combinaison des variations de l'obliquité, de la précession et de l'excentricité, qui réussit à perturber le climat de la Terre et qui a été — et sera encore — à l'origine d'âges glaciaires (théorie de Milankovitch). Les théoriciens français ont pu montrer qu'une large zone « chaotique » existe pour des valeurs de l'obliquité allant de 60° à 90°. Avec 23° la Terre évite heureusement cette zone et les conséquences assez catastrophiques qui en découleraient pour le climat, et pour la vie. Mais ce qui restreint la zone chaotique dans cet intervalle, et ce qui maintient la Terre à une valeur assez constante, c'est la Lune. Sans elle

et le couple mécanique important qu'elle exerce sur notre planète, la zone dangereuse irait de 0° à 85°, et ne pourrait être évitée.

Stabilité des obliquités planétaires

Dans le même numéro de *Nature*, Laskar et Robutel s'attaquent au problème général de la stabilité de l'axe de rotation des planètes dans le système solaire. Ils montrent que les quatre planètes telluriques (Mercure, Vénus, la Terre, Mars) ont pu, à un moment ou l'autre, subir de grandes variations de leur obliquité. Mercure et Vénus ont probablement connu une phase chaotique avant d'être maintenant stabilisées perpendiculairement au plan de leur orbite. La Terre, comme nous le disions, doit son état de tranquillité à la bienfaisante présence de son satellite naturel. Quant à la planète rouge, elle justifie pleinement son titre de dieu de la guerre, car elle est actuellement en plein chaos, avec des variations pouvant le conduire de 0° jusqu'à 60°. C'est pur hasard si la valeur actuelle de cette obliquité (24°) est voisine de celle de la Terre.

En conséquence de ceci, il est vain d'essayer d'expliquer l'inclinaison actuelle des planètes par sa valeur primordiale, lors de la formation du système solaire. Quelle qu'ait été cette inclinaison, elle s'est considérablement modifiée au cours des âges. Dans le cas de la Terre, ces modifications ont pu se produire avant que la Lune ne soit capturée.

Remarquons que l'instabilité générale de l'inclinaison des planètes telluriques pose une contrainte supplémentaire sur la probabilité de trouver la vie dans des systèmes planétaires extérieurs. Il est logique de supposer que les planètes au comportement chaotique doivent être exclues, or elles constituent une bonne proportion de celles où l'on aurait pu supposer l'existence d'un environnement propice.

Le cas des planètes géantes est différent. Les astronomes français ont démontré que leur inclinaison reste stable, et est ainsi depuis très longtemps. Il n'est cependant pas impossible que dans les premiers temps du système solaire ces planètes soient passées par une phase chaotique elles aussi.

Dans une précédente rubrique (*Le Ciel*, septembre 1992, page 253) nous annoncions la découverte du comportement chaotique des planètes sur leur orbite, phénomène affectant principalement les planètes intérieures, ainsi que Pluton, mais aussi nombre de satellites. Le chaos s'étend donc à d'autres caractéristiques mécaniques du système solaire, et fait de celui-ci un ensemble fondamentalement imprévisible, à l'encontre de ce que l'on croyait il y a quelques années encore.

* * *

La malédiction des extraterrestres

Enfin du concret sur les extraterrestres : des faits bien précis montrent, tout comme dans le cas des grandes pyramides, que ceux qui s'attaquent à ce genre de problème doivent affronter le courroux des entités qu'ils osent déranger. Déjà, dans *Le Ciel* de janvier 1989 (page 16) nous relations la fin catastrophique du radiotélescope géant de 90 mètres de Green Bank, aux Etats-Unis. Fait éminemment curieux, l'instrument s'était effondré sans raison apparente, en l'absence de vent... Mais les scientifiques avaient eu l'audace de l'utiliser

pour traquer les extraterrestres, dans le cadre du programme SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence) de la NASA.

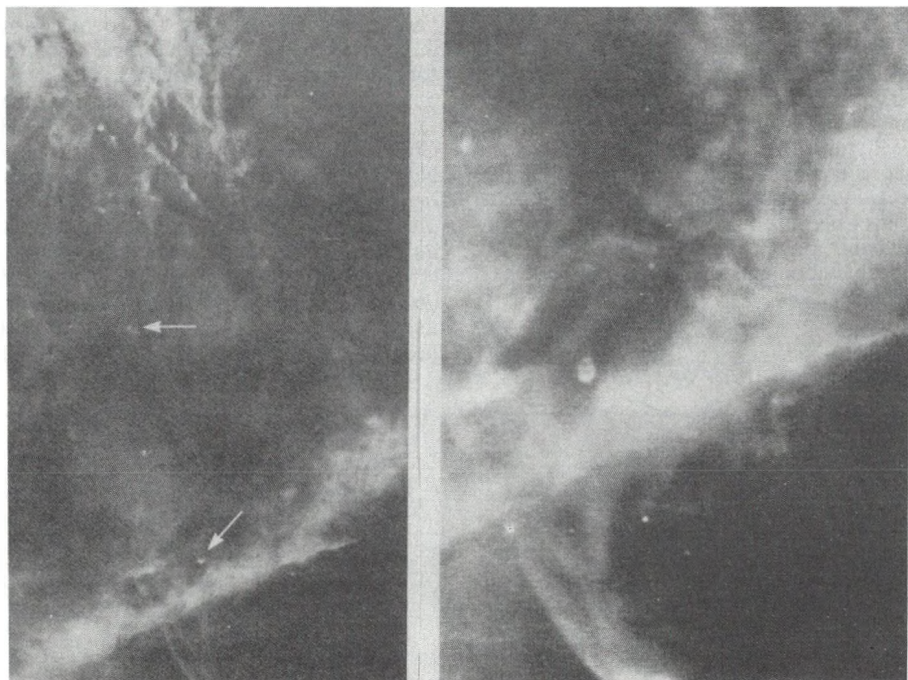
Le même sort attendait un autre instrument tout aussi célèbre, le « 26 mètres » de Hat Creek, près du Mont Lassen en Californie du Nord. L'astronome Carl Heiles, présent sur les lieux au moment de l'événement, s'en tira avec plus de peur que de mal. On aura beau prétendre qu'il y a eu un coup de vent, et que « chapeau et vent sont incompatibles » (Hat Creek = Val du Chapeau), nul ne s'y laissera prendre : le télescope de Hat Creek était impliqué jusqu'aux antennes dans le programme SETI...

* * *

Naissance d'étoiles

Le télescope spatial Hubble a récemment fait une découverte des plus significatives dans le domaine de l'origine des étoiles et des systèmes planétaires. L'image ci-jointe qu'il a prise d'une petite région de la nébuleuse d'Orion montre deux petites bulles de gaz et de poussières qui sont des « systèmes solaires » en pleine formation. On pense que de tels disques protoplanétaires (ou « proplydes ») doivent entourer la plupart des étoiles à leur naissance et au moins pendant quelques milliers d'années.

Dans certains cas favorables, comme celui du Soleil, les collisions entre grains de poussières conduisent à la formation d'un véritable système de planètes tournant dans un même plan autour d'une étoile centrale.



Ci-dessus, à gauche, deux « proplydes » (Protoplanetary Disks) dans la nébuleuse d'Orion. L'image de droite montre un agrandissement de l'un d'eux. Les traînées blanches sont des ondes de choc se propageant plus vite que la vitesse du son. C'est sans doute le passage de l'un de ces chocs qui a fait démarrer le processus de formation stellaire en contractant un nuage de gaz.

* * *

Magellan

Après avoir cartographié par ondes radar quelque 99 pour cent de la surface de Vénus, la sonde Magellan en terminait une fois pour toutes avec cet aspect de sa mission en septembre dernier. L'objectif initial de Magellan, la cartographie de 70 pour cent de Vénus, était largement dépassé. Reste maintenant une autre mission : l'analyse fine de la trajectoire doit

fournir la carte du champ de gravité de la planète. Les zones de forte densité attirent plus le vaisseau, l'accélèrent et modifient de façon mesurable les fréquences d'émission radio (par effet Doppler). Cette analyse est d'autant plus précise que l'orbite est basse, c'est pourquoi Magellan a été ramené d'une altitude périhélique de 258 kilomètres à 182 kilomètres. L'orbite, encore très excentrique sera bientôt circularisée. Un gros point d'interrogation : la NASA recevra-t-elle les fonds pour ce travail?



A la page précédente, une mosaïque constituée d'une série de bandes, imagées lors de trajectoires parallèles, montre une région d'environ 500 kilomètres sur 300, au sud-ouest de *Beta Regio*. On y remarque toute une série d'accidents topographiques, généralement d'origine volcanique. (Cliché NASA/JPL)

A la page suivante, un énorme cratère dû à la chute d'un astéroïde ou d'une comète est entouré de débris s'étalant sur près de 400 kilomètres. Sur une planète comme la Terre, à l'atmosphère beaucoup plus ténue, les débris auraient été projetés beaucoup plus loin. (Cliché NASA/JPL)

