

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 53 (1995)
Heft: 268

Artikel: L'univers, dis-moi ce que c'est? : planètes : épisode 5, première partie
Autor: Barblan, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898730>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



L'Univers, dis-moi ce que c'est?

Planètes: épisode 5, première partie

F. BARBLAN

Avec cet épisode, nous allons quitter les planètes telluriques, solides et petites, pour entrer dans le monde des géants de notre système planétaire. Ces planètes (Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune), sont constituées avant tout de gaz (à l'exception peut-être d'un petit noyau central rocheux) et possèdent une faible densité. La figure 1 donne leurs caractéristiques astronomiques et physiques.

	Distance moyenne au Soleil (10 ⁶ Km)	Période orbitale (années)	Excentricité	Inclinaison sur l'écliptique
Jupiter	778	11.86	0.048	1.3°
Saturne	1426	29.41	0.056	2.5°
Uranus	2870	84.04	0.046	0.8°
Neptune	4497	164.8	0.010	1.8°

	Diamètre équatorial (Km)	Masse (10 ²⁵ Kg)	Densité moyenne (Kg/m ³)
Jupiter	142800	190	1300
Saturne	12000	57	700
Uranus	51120	8.7	1300
Neptune	49528	10	1700

Fig. 1. Les caractéristiques astronomiques et physiques des planètes joviennes.

Fig. 2. Exploration des planètes joviennes par les sondes Voyager 1 et 2. A l'exception de quelques faibles corrections de trajectoire, chaque sonde Voyager effectue son voyage de la Terre vers Jupiter essentiellement sous l'effet de la gravitation solaire. La déflexion due à la gravitation de Jupiter permet aux sondes de se diriger vers Saturne. (Source Réf. [1]).

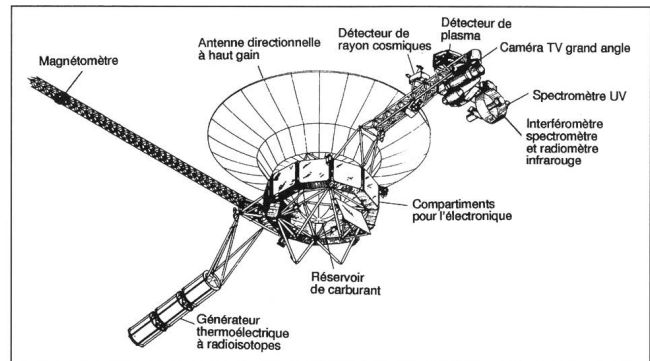
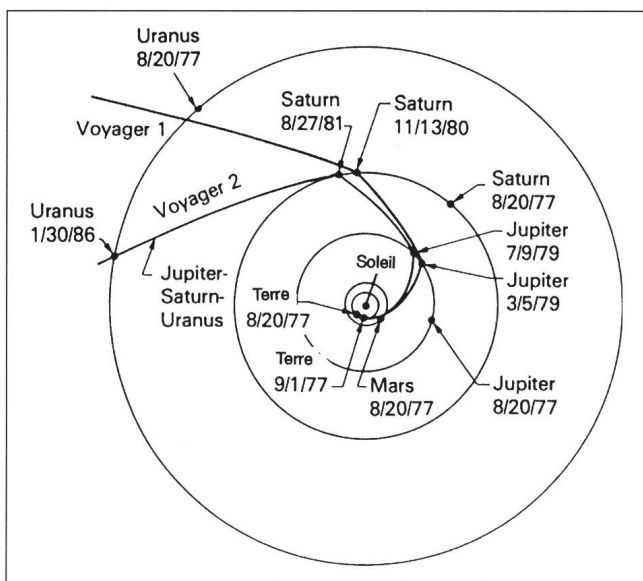


Fig. 3. La sonde Voyager, véritable exploit technique. De dimensions et masse comparables à une voiture moyenne, la sonde Voyager emporte avec elle les instruments pour onze types d'observations différentes des planètes externes et de leurs satellites. (Source Réf. [1]).

Les quatre centres d'intérêts majeurs dans l'étude des planètes joviennes sont:

- la structure globale de la planète et, en particulier, le problème de la source d'énergie interne,
- la dynamique de l'atmosphère,
- les anneaux et les
- satellites, qui constituent un monde à part fascinant et étrange.

Grâce aux sondes Voyager 1 et 2 (figures 2 et 3) de grands progrès ont pu être réalisés dans la compréhension du système solaire externe.

Entre Jupiter et Saturne, il y a beaucoup de ressemblances et de points communs, en particulier en ce qui concerne leur structure interne. Pour une meilleure lecture du texte, les deux planètes sont décrites séparément, par conséquent dans l'épisode traitant de Saturne des références fréquentes seront faites à ce texte.

2.4 Jupiter, la plus grande des planètes du système solaire

La structure interne et la source de chaleur interne de Jupiter

Jupiter, le géant parmi les géants (figure 4), est essentiellement constitué d'hydrogène et d'hélium, les seules substances qui permettent d'expliquer une masse volumique de 1.33 g/cm³ aux pressions et aux températures existantes sur cette planète. L'abondance relative (nombre de particules) de ces éléments correspond étrangement à celle du Soleil (pour l'hélium par exemple: 10% pour Jupiter contre 11% pour le Soleil), sans qu'aucune théorie ne soit, pour le moment, capable d'expliquer cette observation.

Le modèle généralement admis pour la structure globale de Jupiter est un modèle à trois composantes. Une couche externe constituée d'un mélange d'hydrogène et d'hélium gazeux forme

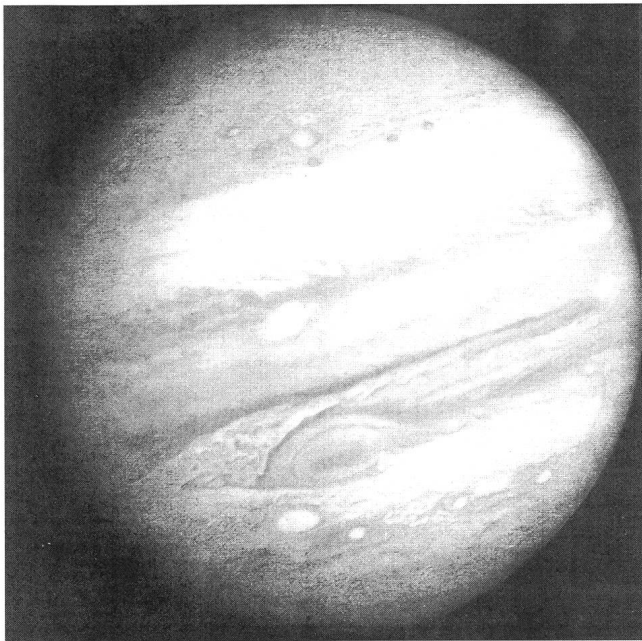


Fig. 4. Jupiter, la plus grande des planètes du système solaire. Photo prise le 1^{er} février 1979, par Voyager 1, à 30 millions de kilomètres de la planète. La résolution de l'image est de l'ordre de 600 kilomètres. (Source Réf. [1]).

l'atmosphère de la planète. En allant vers le noyau, ce mélange de gaz se transforme progressivement (pression et température augmentant) en un liquide, l'hydrogène étant sous forme moléculaire (H_2). A une profondeur correspondant à environ 0.2 rayon planétaire, la pression atteint environ 3 millions d'atmosphères et le liquide moléculaire se transforme en un liquide métallique (mélange de protons et électrons non liés). L'existence de cet océan d'hydrogène métallique semble confirmée par l'intense champ magnétique que possède Jupiter (10 fois celui de la Terre), dont la queue de la magnétosphère s'étale largement au delà de la trajectoire de Saturne.

La taille et la densité d'une planète s'ajustent par rapport à l'établissement d'un équilibre hydrostatique (la pression vers l'extérieur des matériaux comprimés, ainsi que l'effet de la force centrifuge, sont compensés par la force de gravitation qui agit vers l'intérieur). L'aplatissement produit par la force centrifuge dépend de la distribution des masses par rapport à l'axe de rotation. Le degré d'aplatissement est donc un indice sensible de la structure interne d'un corps en rotation. En tenant compte des différentes couches, constituées d'un mélange hydrogène-hélium, ainsi que du fait que la période de rotation de Jupiter est d'environ 10 heures et que l'aplatissement observé est de 6.5% (le rayon polaire est de 6.5% plus petit que le rayon équatorial), les calculs, sur des modèles de structure interne, amènent à considérer l'existence d'un noyau solide, représentant environ les 4% de sa masse totale et constitué de roche et de glace (figure 5). L'origine de ce noyau solide est encore incertaine. Deux hypothèses sont possibles: c'est le «coeur» préexistant autour duquel la planète s'est accrétée au moment de la formation du système solaire; ou le noyau s'est formé plus tard comme conséquence d'une redistribution de la matière à l'intérieur de la planète.

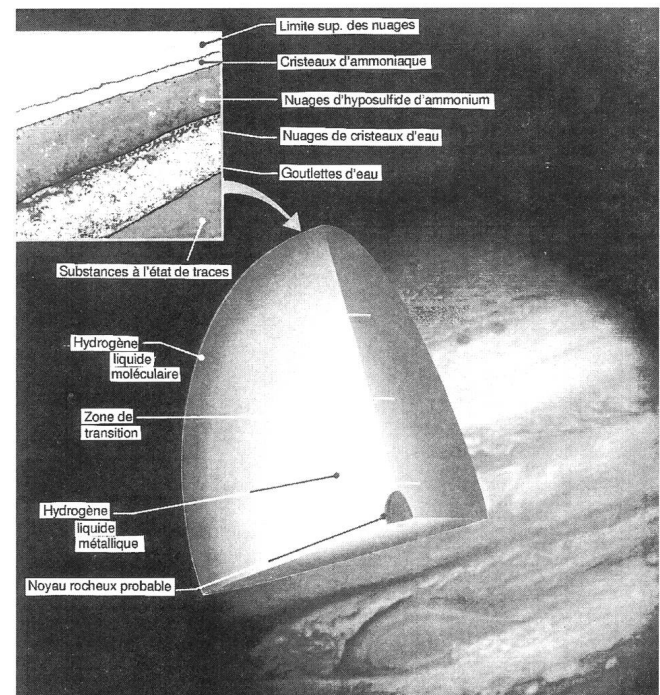
On pense que la planète possède, pour un corps constitué principalement d'hydrogène «froid», presque la taille maximale admissible (318 fois la masse de la Terre) sans qu'elle

produise sa propre énergie. Mais, d'autre part, on constate que Jupiter a un bilan énergétique positif, c'est-à-dire que l'énergie rayonnée (dans l'infrarouge) vers l'extérieur est 1.5 à 2 fois plus grande que l'énergie solaire absorbée. Il faut donc admettre que cette planète possède une source d'énergie interne qui, selon la remarque précédente, ne peut évidemment pas être la fusion nucléaire. On suppose qu'elle est engendrée par un lent rayonnement, vers l'extérieur, de la chaleur piégée lors de la formation de la planète. Les calculs de modèles de refroidissement montrent que le mélange hydrogène-hélium, sous les conditions physiques existantes sur Jupiter, possède un gradient thermique pratiquement adiabatique, et que la température dans le noyau central doit être comprise entre 20000 degrés et 30000 degrés. Un gradient thermique adiabatique signifie qu'un élément de volume qui s'élève perd de l'énergie en exerçant une pression sur le milieu environnant au fur et à mesure que son volume augmente, il ne perd pas d'énergie par transfert de chaleur. Ainsi, dans un milieu à gradient presque adiabatique, le flux de chaleur est très faible, ce qui explique que Jupiter puisse maintenir depuis des milliards d'années un bilan énergétique positif, malgré une température centrale relativement «petite».

L'atmosphère de Jupiter

L'atmosphère (figure 5) de cette planète pose quelques problèmes. Commençons par le plus «simple»: la coloration des nuages (les formes observables dans le visible à la surface de Jupiter correspondent à des couches de nuages plus ou moins opaques se formant à différentes altitudes). L'étude spectroscopique a montré l'existence de vapeur d'eau, d'ammoniac et d'hydrosulfure d'ammonium. Or les condensations de ces trois substances, qui semblent être les candidates les plus probables pour constituer la masse des aérosols des

Fig. 5. La structure interne de Jupiter selon les derniers modèles et la structure verticale de sa haute atmosphère. (Source Réf. [1]).





nuages, sont blanches. On émet l'hypothèse que la coloration pourrait être provoquée par l'existence de soufre et de phosphore dans l'atmosphère de Jupiter, mais ces éléments n'y ont pas encore été décelés; la question reste donc ouverte. On a pu, par contre, déterminer que la coloration des nuages est fonction de l'altitude. Pour une altitude décroissante (de l'extérieur vers l'intérieur de la planète), on passe respectivement du rouge au blanc et ensuite au brun et, finalement, au bleu. Les divers composés responsables de ces colorations doivent probablement se former à différents niveaux, selon les conditions de température et la quantité de lumière solaire qu'on y trouve.

Un autre problème concernant l'atmosphère de Jupiter est celui de sa chimie. La spectroscopie infrarouge a révélé une riche composition chimique : de la vapeur d'eau, de la phosphine (PH_3), du germane (GeH_4), de l'acide cyanhydrique (HCN), du monoxyde de carbone (CO), de l'éthane (C_2H_6) et de l'acétylène (C_2H_2). Or tous ces produits ne peuvent exister dans une atmosphère riche en hydrogène que si elle est en équilibre chimique (tout serait autrement transformé en méthane et en ammoniaque). Donc, l'atmosphère de Jupiter est en déséquilibre chimique. On pense que les sources possibles de ce déséquilibre sont le rayonnement ultraviolet du Soleil, des décharges électriques entre nuages (on en a mis en évidence dans les ovals blancs) et des pluies de particules chargées, qui peuvent produire des radicaux libres. Ces radicaux peuvent se recombinaison avec le méthane pour donner l'éthane et l'acétylène, par exemple. Ainsi, la composition de l'atmosphère de Jupiter résulterait de l'équilibre entre une production et une destruction permanente des hydrocarbures supérieures.

La problématique la plus complexe concernant l'atmosphère de cette planète est certainement celle relative à sa circulation. Cette dernière se caractérise globalement par l'existence d'une succession de bandes, à circulation alternée de l'est vers l'ouest et réciproquement, et par un système complexe de tourbillons dont certains sont « permanents » et de grande taille. Le terme

Fig. 6. La grande tache rouge et le système complexe de tourbillons qui l'accompagne. Photo prise par Voyager 2, le 3 juillet, à six millions de kilomètres de distance. La comparaison avec la photo no 4 montre des changements sensibles dans la structure des tourbillons et de la couche de nuages blancs qui entourent la tache. (Source Réf. [1]).

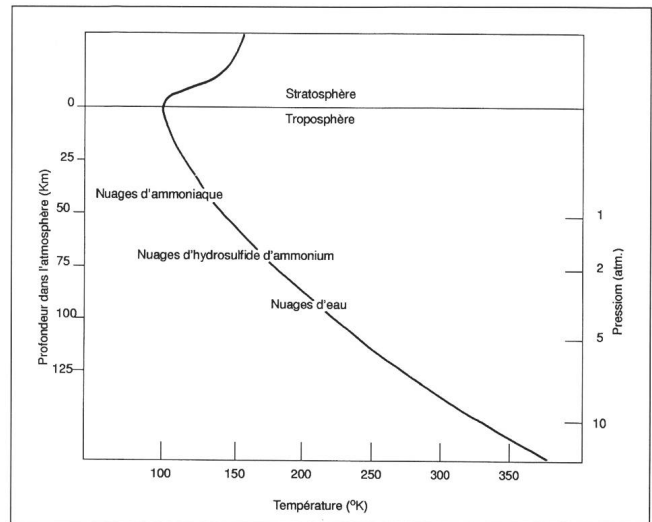
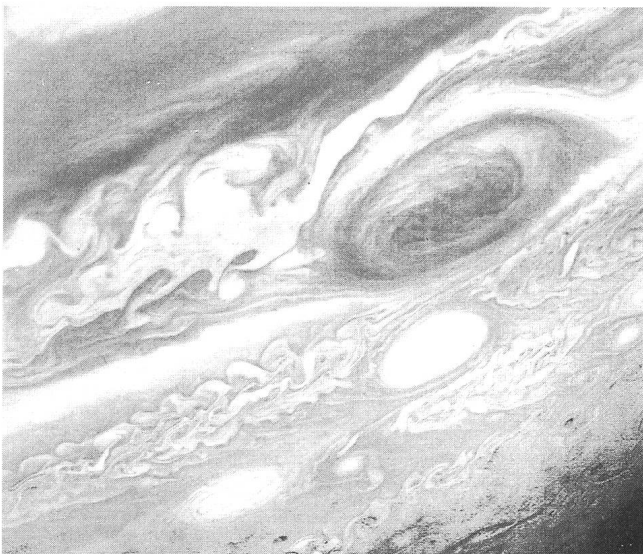


Fig. 7. Profil de température à travers la haute atmosphère de Jupiter.

« permanent » doit être compris dans le sens : depuis qu'il existe des observations fiables de Jupiter; ainsi, la grande tache rouge (figure 6), le tourbillon géant de dimensions comparables à celle de la Terre, a, en tout cas, un âge presque séculaire. Quant à savoir si elle est vraiment permanente, cela reste, pour le moment, une question ouverte.

Actuellement, le seul modèle qui permet d'expliquer la création des bandes à circulation alternée (figure 8) et leur maintien dans le temps dérive d'un formalisme mathématique utilisé pour les prévisions météorologiques sur Terre, en adaptant, évidemment, sa paramétrisation aux conditions caractérisant Jupiter. Certaines des hypothèses restent, malgré tout, relativement loin de la réalité jovienne, ainsi le modèle admet comme épaisseur de l'atmosphère active celle correspondant à la pénétration de la lumière solaire, et suppose que la limite inférieure de cette couche se comporte comme une surface solide. Malgré ces imperfections, le modèle rend compte de l'établissement des bandes et du système de tourbillons qui leur est associé, et qui ne représente rien d'autre que le moteur qui entretient les vents d'est ou d'ouest. L'énergie qui alimente les tourbillons est fournie par le gradient de température que le rayonnement solaire maintient entre l'équateur et les pôles. Par contre, le modèle est totalement incapable d'expliquer l'apparition d'un tourbillon géant stable, comme la grande tache rouge, ou des tourbillons de grande dimension et de longue durée de vie comme les ovals blancs.

Beaucoup de questions restent encore ouvertes: quelle est l'épaisseur effective de l'atmosphère qui participe à la circulation de surface? – quelle est l'importance et l'influence du transfert vertical de chaleur sur cette circulation? – quel est le mécanisme qui engendre et maintient les tourbillons géants, en particulier la grande tache rouge? – quelle est la densité de l'atmosphère en-dessous de la couche de nuages?.

On comprend donc l'importance accordée à la sonde Galileo qui transporte une petite sonde atmosphérique destinée à effectuer une « chute » à travers l'atmosphère de Jupiter (figure 9). Galileo a été lancé le 12 octobre 1989 et la mise en orbite autour de Jupiter est prévue en janvier 1995. Malgré les difficultés rencontrées avec l'antenne principale (elle refuse de se déployer), les ingénieurs du Jet Propulsion Laboratory de Pasadena sont confiants dans la réussite de la mission.

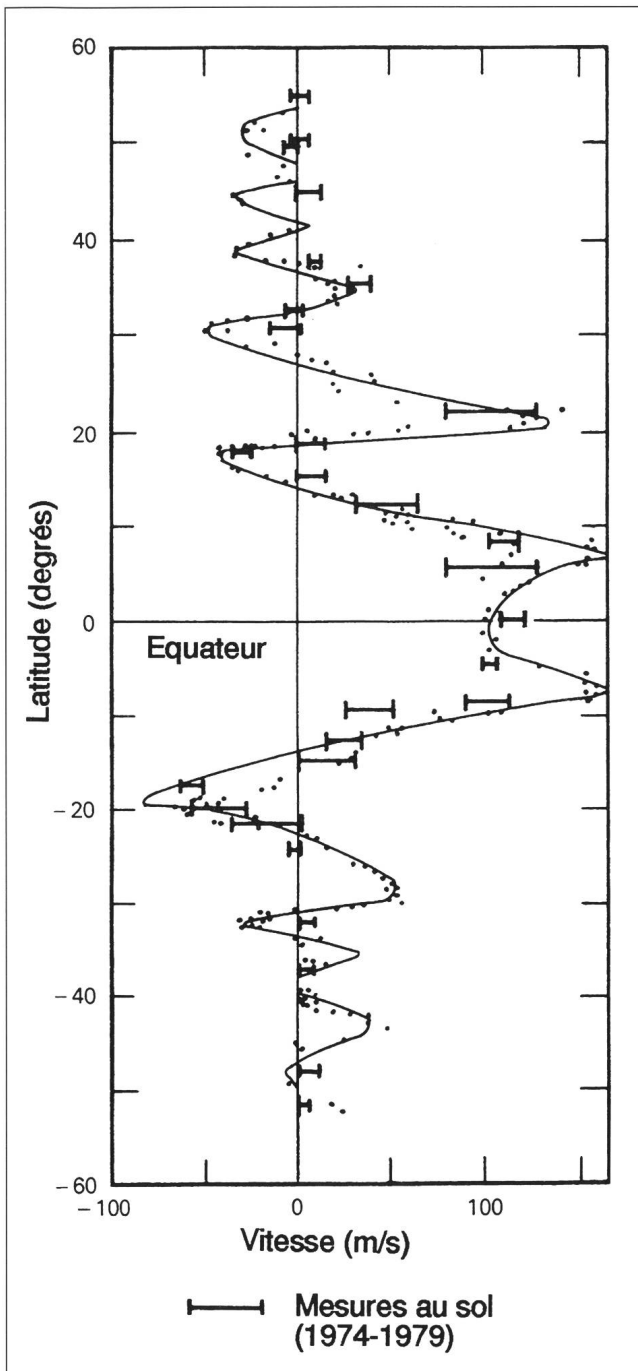


Fig. 8. Profil des vitesses dans la haute atmosphère jovienne. Ce diagramme montre les vitesses horizontales, déduites à partir de deux images successives prises, par Voyager, à dix heures d'écart l'une de l'autre. L'excellente correspondance entre les mesures prises au sol et celles de Voyager indique une grande stabilité des vents. La distribution des vents possède une symétrie nord-sud nettement plus marquée que celle des nuages. (Source Réf. [1]).

Dans la deuxième partie de cet épisode consacré à Jupiter, nous ferons connaissance avec le système de satellites de cette planète et avec ses anneaux.

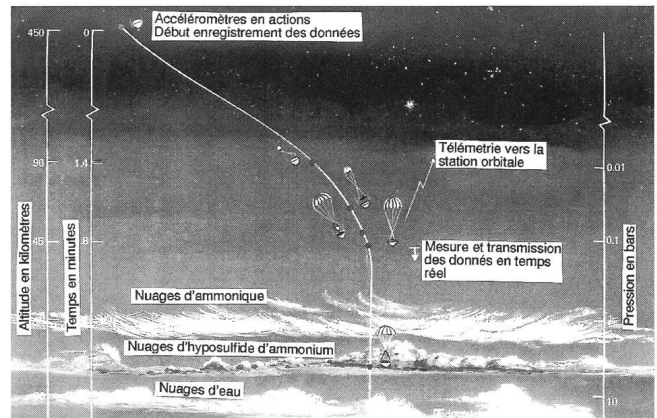


Fig. 9. Trajectoire et mode de fonctionnement du module atmosphérique de la sonde Galileo, dont le but est d'explorer la haute atmosphère de Jupiter. Le module doit entrer dans l'atmosphère avec une vitesse et un angle bien déterminés pour ne pas être détruit. A une hauteur correspondant à 0.1 bar commence la chute verticale avec parachute et le module dispose alors d'environ une heure pour étudier l'atmosphère et les nuages de Jupiter. (Source Réf. [1]).

Bibliographie

Jupiter, T. GEHRELS editor, The University of Arizona Press, 1976
Jupiter et Saturne, A. INGERSOLL, Pour la Science, pp.56-67
 Février 1982

[1] *Voyage to Jupiter*, D. MORRISON AND J. SAMZ, NASA SP-439, pp199, 1980

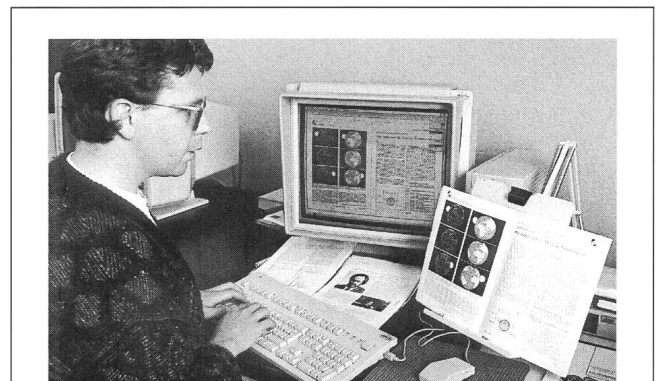
Les planètes lointaines, TIME-LIFE, Amsterdam, pp144, 1989

Planets Beyond, Discovering The Outer Solar System, J. WILEY, pp286, 1988

The Planet Jupiter, B. M. PEEK, FABER AND FABER, 1958, pp283

FABIO BARBLAN

2a Ch. Mouille-Galand, 1214 Vernier (GE)



Imprimerie Glasson SA

Rue de la Léchère 10
 1630 Bulle
 © 029/2 26 76



Das Problem:

Suchen Sie schon lange nach Ihrem Einsteigerteleskop? Stapelt sich bei Ihnen altes Fernrohrgerümpel und Bücher meterhoch auf dem Dachboden? Haben Sie Restposten in Ihrem Geschäft, welche nur unnötig Staub fangen? Fehlt an Ihrem Teleskop noch irgendein Teil? Hat noch niemand auf Ihre Verkaufsinserate in Zeitschriften reagiert? Kennen Sie das?

Die Lösung:

Astrofloh

Was ist denn das? werden Sie sich fragen. Ganz einfach: Tagsüber gibt es einen Flohmarkt und abends ein Starbecue – gemütliches Beisammensein mit Grill und brutzeln. Der Astrofloh soll dem Erfahrungsaustausch und dem günstigen Erwerb oder Verkauf von Astronomie-Zubehör dienen.

Angebot je nach Anbieter:

Adapter aller Art, Baupläne, Barlowlinsen, Bücher, CCD, Dias, Dobsonians, Fangspiegelzellen, Feldstecher, Fernrohre, Fernrohrtüben, Filme, Filter, Fotos, Kameras, Kabel, Kuppeln, Linsen, Montierungen, Objektive, Okularauszüge, Okulare, Planetarien, Prismen, Rohrschellen, Säulen, Schleifzubehör, Spektive, Spiegel, Spiegelrohlinge, Spiegelzellen, Stative, Sterne, Sternwarten, Steuerungen, Zeichnungen, Zeitschriften, ...

... einfach alles, was irgendwie mit Astronomie zu tun hat.

Wo? Kollegium «Heilig Kreuz»
Fougeres
CH-1700 Fribourg
(ca. 10 min vom Bahnhof)

Wann? Samstag, den 24. Juni 1995
ab 10:00 Uhr morgens
(Eine Anmeldung ist nicht nötig.)

Wenn Sie ein astronomisches Zubehör zu verkaufen haben, so bringen Sie es bitte mit. Falls es nicht oder nur sehr umständlich transportabel ist, sind dafür als Ersatz Fotos, Beschreibungen und detaillierte Skizzen gerne willkommen. «Nahrungsmittel», Geschirr für das Starbecue und evl. Verkaufsstände bitte selber mitbringen. Getränke und heißer Grill werden zur Verfügung gestellt. Es sind etwa 500 m² gedeckte Parkplatzfläche – also keine Angst, auch wenn es regnet

Für Fragen wendet Euch an uns ...

See you soon!

Peter Kocher
ufem Berg 23
CH-1734 Tentlingen
Tel. +41-37-381822

Peter Stüssi
Breitenried
CH-8342 Wernetshausen
Tel. +41-1-9373847
Fax +41-56-225761

Bernd Nies
Chindismülistraße 6
CH-8626 Ottikon
Tel. +41-1-9352638
Internet: bnies@sky.itr.ch

