

L'astronomie dans le monde

La constante de Hubble et le HST

La constante de Hubble mesure la vitesse d'expansion de l'univers. On l'exprime par la vitesse relative d'éloignement de deux galaxies qui seraient distantes d'un million de parsecs (1 mégaparsec, soit un peu plus de trois millions d'années-lumière). La valeur exacte de cette constante fait l'objet de travaux continus qui la situent généralement entre 50 et 100 kilomètres par seconde et par mégaparsec. On espère que le Hubble Space Telescope parviendra à préciser cette quantité en déterminant avec précision la distance de galaxies éloignées dont la vitesse de récession est bien connue.

Cette vitesse se déduit facilement des spectres puisqu'elle est directement proportionnelle au décalage vers le rouge des raies. Mais la mesure de la distance des galaxies est une tout autre affaire. On ne peut l'obtenir directement mais à partir de l'observation d'astres de luminosité connue, étoiles géantes ou supernovas par exemple, présents dans ces galaxies. C'est là qu'intervient le Space Telescope dont la résolution optique permet de distinguer les étoiles individuelles de galaxies lointaines. Mais il est très important de calibrer avec soin ces standards de luminosité. Là aussi le Space Telescope a son mot à dire.

Une équipe d'astronomes de diverses nations vient d'annoncer les résultats d'une étude de l'expansion de l'univers menée à l'aide du HST. Ils ont observé 27 étoiles variables géantes, les céphéides, dans une lointaine galaxie spirale IC 4182. C'est la première fois que l'on observe autant de ces variables aussi loin. Les céphéides constituent un élément essentiel de la calibration des distances cosmiques. Depuis les célèbres observations des Nuages de Magellan faites par Miss Leavitt au début du siècle, on sait que la période de variation de ces étoiles est directement reliée à leur éclat intrinsèque. Toutes les céphéides de même période ont la même luminosité

moyenne. On peut donc les classer par ordre de distance rien qu'en analysant la vitesse de leurs variations et en évaluant leur luminosité apparente. La mesure de leur distance exacte a demandé des calibrations à partir d'autres indicateurs qui ont finalement permis de situer la position des Nuages de Magellan.

Mais la galaxie IC 4182, bien que située à 16 millions d'années-lumière d'après les observations du HST, est malheureusement encore trop proche pour permettre la détermination de la constante de Hubble. Il faut pour cela des galaxies des dizaines ou des centaines de fois plus éloignées dans lesquelles on ne distingue plus les céphéides. Le gros intérêt d'IC 4182 est d'avoir été le siège de l'explosion d'une supernova en 1937, ce qui permet de calibrer maintenant la luminosité intrinsèque des supernovas de même type. Puisque les supernovas peuvent être observées dans des galaxies beaucoup plus lointaines, le problème de la mesure de leur distance est résolu. En apparence tout au moins, car les résultats du HST ne sont pas confirmés par d'autres astronomes qui estiment la distance de IC 4182 à 8 millions d'années-lumière seulement! Ces déterminations donnent pour la constante de Hubble une valeur allant de 45 à 86 kilomètres par seconde et par mégaparsec. On est donc revenu à la case départ, avec la même gamme de valeurs parmi lesquelles on ne sait trop que choisir. Seules de nouvelles observations permettront de trancher.

* * *

Le chaos dans le système solaire

Les phénomènes dits « chaotiques » sont monnaie courante dans la nature. Ce sont des phénomènes dont on ne peut prédire bien longtemps l'évolution car cela demanderait de connaître avec grande précision leur état initial.

Un exemple typique est la météorologie. On a pu dire que les battements d'ailes d'un papillon pouvaient avoir une incidence sur le climat des antipodes quelques jours plus tard.

Les grands mouvements de l'horloge majestueuse que constitue le système solaire semblent si bien réglés et si propices au calcul exact qu'il est difficile d'y voir le chaos. Et pourtant eux non plus ne peuvent être maîtrisés. Naturellement, et contrairement à la météo, on peut prédire la position exacte de la Terre ou de Mars à plus d'un jour de distance. Les problèmes surviennent lorsque l'on considère des durées bien plus longues : en l'occurrence des millions d'années.

Les spécialistes du Massachusetts Institute of Technology (MIT) et du Bureau des Longitudes (Paris) ont montré que toutes les planètes avaient un mouvement chaotique : modifier d'un millimètre la position initiale d'une planète suffit à rendre totalement imprévisibles les résultats après quelques millions d'années.

On savait depuis peu que le mouvement de Pluton était chaotique. Mais Pluton est la planète ayant l'orbite la plus curieuse. On savait aussi que des astres plus petits, satellites et astéroïdes, montraient un mouvement chaotique. Ainsi le satellite de Saturne Hypérion effectue un mouvement de rotation des plus curieux et des astéroïdes peuvent être éjectés de leur orbite. La découverte du chaos dans le mouvement de toutes les planètes est un nouveau pas important dans la connaissance de notre système solaire.

Il y a une différence importante entre le chaos présenté par les planètes et celui de certains astéroïdes. Les calculs montrent que les grosses planètes conservent leur orbite. Il est simplement impossible de dire où elles se trouveront après un grand nombre de révolutions. Par contre l'orbite de quelques astéroïdes peut changer de façon imprévisible et envoyer ceux-ci à peu près n'importe où. C'est ce que l'on appelle le chaos catastrophique. Ce n'est pas le cas de tous les astéroïdes, loin s'en faut. Par exemple la position de l'astéroïde Helga est impossible à calculer au-delà de quelques milliers d'années, mais son orbite ne change pas pour autant, même après des millions d'années. L'orbite du satellite Hypérion reste stable elle aussi malgré sa rotation erratique. En fait il semble que le chaos non catastro-

phique soit beaucoup plus courant que l'autre variété. Ce qui est probablement assez normal dans la mesure où nous sommes là pour le constater...

L'origine de ce chaos, et les raisons de sa relative stabilité sont encore inconnus. On pense généralement à des résonances subtiles entre les divers astres. Ceci correspond naturellement à la description de l'état actuel du système solaire. L'évolution de celui-ci a forcément conduit à l'élimination progressive de la plupart des conditions chaotiques catastrophiques.

* * *

Giotto

D'après les communiqués n°28 et 30,
des 10 et 27 juillet 1992

Le 10 juillet à 17h30, la sonde Giotto de l'ESA est passée à environ deux cents kilomètres de la comète Grigg-Skjellerup (voir *Le Ciel*, juin 1992, p. 190), alors à 214 millions de kilomètres de la Terre. Elle a frôlé cette comète d'encore plus près que la comète de Halley en 1986!

Le choix de la comète Grigg-Skjellerup était dicté par la position favorable de cette comète, ainsi que par le fait qu'il s'agit d'une comète érodée et peu active, s'opposant en cela à la comète de Halley, toute fraîche et dynamique. La comparaison de ces deux astres extrêmes s'annonçait très prometteuse, d'où l'intérêt des astronomes pour cette seconde mission.

Quelque 300 scientifiques et invités divers du monde entier ont suivi avec enthousiasme cet événement historique à partir du Centre d'opérations spatiales (ESOC) de l'ESA à Darmstadt. Sur les onze instruments de la charge utile, huit ont été remis sous tension, certains d'entre eux dès le 3 juillet, après une série de manœuvres de réactivation commencées le 4 mai. Le signal attestant du réveil de la sonde avait été reçu par la station de Robledo, près de Madrid, qui fait partie du Deep Space Network de la NASA, et retransmis à l'ESA.

A environ 600.000 kilomètres du noyau, soit douze heures avant la rencontre, un analyseur de plasma (JPA) détectait la présence d'ions cométaires. Entre 18.000 et 15.000 km, les deux analyseurs de plasma ont fait état de ce qui ressemblait à une onde de choc, beaucoup plus nette que ce que l'on attendait d'une comète aussi faible. Les mesures faites avec le magnétomètre n'ont pu confirmer cette découverte lors de l'approche, mais elles contenaient des informations passionnantes sur des types d'ondes jamais encore observés dans un plasma naturel. Toutefois, sur la trajectoire d'éloignement, le magnétomètre a clairement observé une onde de choc.

L'expérience de sonde optique a fourni la première indication de l'entrée dans la chevelure de poussières à environ 20.000 km de distance et ses données ont permis de déduire une première estimation de la distance de la rencontre, soit approximativement 200 km. Les données complémentaires du magnétomètre donnent à penser que Giotto est passé du côté opposé au Soleil, c'est-à-dire dans la région où se forme la queue.

A 15h30m56s les détecteurs d'impact ont annoncé le premier impact d'une particule relativement volumineuse, suivie de deux plus petites.

Peu après, à 15h31m02s, l'antenne à grand gain a paru osciller légèrement autour de son axe nominal. La vitesse de rotation a aussi très légèrement augmenté (de 0,003 tour par minute). Ces phénomènes font l'objet d'études plus poussées.

L'expérience sur les particules chargées a donné des indications claires et a montré une différence surprenante des structures de Halley et de Grigg-Skjellerup.

Le spectromètre de masse à ions a également fourni des données intéressantes, mais leur analyse sera complexe et malaisée compte tenu de la faible vitesse relative au moment de la rencontre (14 km/s au lieu de 68 km/s pour la comète de Halley).

Des essais poussés de la caméra effectués le 7 juillet avaient pu confirmer que le trajet de la lumière était obstrué. Néanmoins de nouveaux essais ont été menés qui ont fourni d'utiles données techniques.

Selon l'ESA, tous les expérimentateurs ne cessent de témoigner de leur enthousiasme quant à la qualité des données reçues de la rencontre de Giotto avec la comète Skjellerup. Les résultats sont exceptionnels et dépassent toute attente.

Le jeudi 23 juillet à 19h07, la sonde Giotto était mise en hibernation une nouvelle fois. Avant cette mise en sommeil, l'ESOC avait procédé à une dernière manœuvre de correction d'orbite destinée à renvoyer l'engin vers la Terre qu'elle survolera à 220.000 kilomètres de 1 juillet 1999.

Ce remarquable périple de Giotto restera marqué dans l'histoire de l'aventure spatiale par une série de premières :

- Survol rapproché d'une comète.
- Première sonde de l'espace lointain à être mise en hibernation et réactivée (une première fois au bout de près de quatre ans, et une deuxième fois deux ans plus tard).
- Première sonde à revenir de l'espace lointain et à graviter autour de la Terre pour être réorientée vers une autre comète.

Y aura-t-il une troisième mission de Giotto? A l'heure actuelle rien n'est prévu. Il ne reste à bord que quatre kilos d'ergols pour les manœuvres de correction d'orientation et de trajectoire, ce qui limitera les activités en 1999. En outre, à cette date, les équipements électroniques des stations au sol auront progressé au point qu'il sera difficile de communiquer avec Giotto dont les systèmes embarqués auront alors plus de quinze ans. Même si les ingénieurs de l'ESA peuvent remédier à ces difficultés techniques, il semble improbable que Giotto aille à l'avenir à la rencontre d'une troisième comète. Notons enfin que le prochain rebond gravitationnel n'aura lieu qu'en 2036!

* * *

La comète Grigg-Skjellerup

L'ESO nous communique deux images de la comète qu'a visitée la sonde Giotto. Ces images ont été prises à l'observatoire de La Silla au Chili. La première image, en première

couverture de ce bulletin, a été obtenue le 29 juin avec le télescope NTT; l'autre, ci-après, est due au télescope de 3m60, 15 heures avant la rencontre avec Giotto. Les observations faites au sol sont utilisées pour compléter les informations recueillies par la sonde spatiale. D'autre part la mesure de la position exacte de la comète sur ces images est précieuse pour déterminer la position relative de la comète et de Giotto.

Rappelons que Grigg-Skjellerup se range parmi les comètes joviennes, c'est-à-dire dont

l'orbite est souvent perturbée par la planète géante Jupiter. La dernière perturbation remonte à 1964 et a amené la comète à passer juste à l'intérieur de l'orbite de la Terre : une coïncidence heureuse grâce à laquelle l'objet céleste se trouve aujourd'hui sur le chemin de Giotto. Les paramètres actuels de l'orbite cométaire sont : période 5,10 ans, périhélie à 0,995 unités astronomiques (UA), aphélie à 4,93 UA, inclinaison de 21° sur le plan de l'équateur.



Image CCD de la comète Grigg-Skjellerup obtenue le 10 juillet 1992 par Klaus Jockers au télescope de 3m60 de La Silla. La taille de la chevelure est de l'ordre de quelques dizaines de milliers de kilomètres. La magnitude apparente est de l'ordre de 15. L'image est la superposition de 4 clichés d'une minute de pose chacun. Le domaine spectral est déterminé par un filtre rouge couvrant la région de 650 à 750 nanomètres. (Cliché European Southern Observatory)

* * *

Optimisme pour Galileo

Le vaisseau spatial Galileo, actuellement en route pour Jupiter, ne peut toujours pas disposer de son antenne de communication. Tous les efforts des ingénieurs pour déployer le « parapluie » récalcitrant sont restés vains. La transmission des données doit s'effectuer dix mille fois moins vite que prévu, en utilisant une toute petite antenne auxiliaire. Inutile de dire que cela ne satisfait guère les astronomes.

Heureusement, grâce à quelques astuces, il sera possible d'améliorer les choses. Tout d'abord, en perfectionnant les récepteurs et en combinant les signaux reçus par plusieurs antennes au sol; ensuite en raffinant les techniques de correction des erreurs de transmission. Un facteur dix doit ainsi être gagné. C'est très appréciable, même si le débit d'information reste encore mille fois moins élevé que ce que l'on avait espéré.

L'optimisme renaît car l'ordinateur de bord de la sonde pourra être programmé pour comprimer les données avant de les transmettre vers la Terre. Un facteur de dix ou vingt pourra être ainsi gagné selon le type d'information. Le gain sera le plus faible dans le cas des images les plus fouillées de l'atmosphère jovienne : les météorologues s'attendent à ne recevoir que quelques centaines d'images au lieu de plusieurs dizaines de milliers. Par contre les spécialistes de la magnétosphère recevront pratiquement leur plein quota de données.

En outre, il reste quelque espoirs de débloquent le système de déploiement de l'antenne principale. Six des sept tentatives utilisant un cycle thermique (refroidissement prolongé à l'ombre et réchauffement au Soleil) n'ont pas permis de la débloquent. Un septième et dernier essai sera effectué lors du prochain passage près du Soleil (à la fin de cette année), mais on ne voit pas pourquoi il aurait plus de succès que les précédents. En cas d'échec, il restera une manœuvre ultime : une succession rapide de mises en marche et d'arrêts des moteurs de déploiement. On pense que cette tentative est celle qui a les meilleures chances de succès. Elle a été réservée pour la fin en raison de son caractère un peu brutal.

En tout état de cause, il semble bien que Galileo ne sera pas aussi muet qu'on le craignait. Les belles images qu'il nous a données de Vénus, de la Terre, de la Lune et de l'astéroïde Gaspra ne resteront pas les seuls souvenirs de son odyssée.

* * *

Eureka

Le gros satellite Eureka — le plus lourd jamais construit en Europe avec ses 4.491 kilos — a été largué par la navette Atlantis, le 2 août à 7h07 TU lors du vol STS-46. En raison de quelques difficultés initiales l'altitude de l'orbite n'avait pu être portée immédiatement à sa valeur nominale de 507 kilomètres mais lui restait inférieure de 65 kilomètres. Ce n'était que partie remise. Le 6 août l'orbite pouvait être rehaussée, et le lendemain elle était circularisée grâce à une mise à feu pendant 11 minutes des propulseurs. Tout l'équipement fonctionnait de façon parfaite.

Le 18 août à 16h00 TU, à l'issue des activités de mise sous tension et de vérification des instruments, le satellite entrait dans sa phase de fonctionnement normal.

Les expériences embarquées doivent s'étaler sur une période de six mois. En fin de mission, au printemps 1993, Eureka redescendra par ses propres moyens à une altitude de 315 kilomètres en vue de sa récupération par une navette. La plate-forme devra alors être ramenée sur Terre. Après examen et révision, elle sera équipée d'une nouvelle charge en prévision d'une mission Eureka-2.

Cette structure d'opération, souple et permettant de nombreuses réutilisations, a été choisie en vue de susciter l'intérêt des industriels. La commercialisation du système pourrait amener un service de qualité à un plus faible prix de revient et pour une prise de risque minimale.

Pour la mission Eureka-1, la plate-forme est porteuse de quinze équipements qui permettent la conduite de plus de 50 expériences. La Belgique est bien représentée avec parmi les expérimentateurs principaux, J.C. Legros de l'Université de Bruxelles pour SGF (voir ci-

dessous), D. Crommelynck de l'Institut Royal de météorologie pour SOVA, et E. Arijns de l'Institut d'Aéronomie Spatiale pour ORA.

Dans le domaine de la synthèse des matériaux en microgravité, des monocristaux d'une pureté extrême seront réalisés afin d'en étudier la structure et la croissance. Ces expériences permettront d'améliorer non seulement nos

connaissances en physique fondamentale mais aussi notre maîtrise des technologies nécessaires à ce type d'activités. Celles-ci sont en effet appelées à se généraliser à bord des futurs laboratoires orbitaux pour la réalisation de cristaux ayant des applications dans des domaines aussi variés que la pharmacie ou l'électronique.

STS-46 : EN BREF

Mission	STS-46 (49e vol de navette)
Navette	OV-104 Atlantis (12e vol)
Date de lancement	Fin juillet 1992
Heure de lancement	13 h 45 TU (9 h 45 heure locale)
Site de lancement	LC-39B, Kennedy Space Center, Floride, Etats-Unis
Fenêtre de lancement	2,5 heures
Orbite	Circulaire à 425 km d'altitude, Inclinée à 28,45°.
Durée de la mission	6 jours 22 heures 9 minutes
Heure de retour	11 h 54 TU (7 h 54 locale)
Site d'atterrissage	Shuttle Landing Strip, Kennedy Space Center, Floride, Etats-Unis

Equipe

Commandant :	Loren J. Shriver (NASA),
Pilote :	Andrew M. Allen (NASA) (Equipe Bleue)
Spécialistes de Mission :	Claude Nicollier (ESA) (Equipe Bleue)
	Marsha S. Ivins (NASA) (Equipe Rouge)
	Jeffrey A. Hoffman (NASA) (Eq. Rouge, EV1)
	Franklin Chang-Diaz (NASA) (Eq. Rouge, EV2)
Spécialiste de Charge Utile :	Franco Malerba (ASI) (Equipe Bleue)

STS-46 : LA CHARGE UTILE

Charge utile Européenne :

EURECA-1	Plate-forme autonome récupérable destinée aux expériences en microgravité. (ESA)
TSS-1	Sous-satellite captif pour l'étude dynamique et électromagnétique de ce type de matériel. (ASI)

Charge utile Américaine :

EOIM-III	Etude de l'interaction de l'oxygène atomique avec les matériaux.
TEMP2A-03	Equipement de gestion de l'énergie thermique.
CONCAP2/3	Installations autonomes à expériences multiples du Consortium for Material Development in Space (CMDS).
IDCE-01	Exposition limitée de matériaux à l'environnement spatial
PHCF	Etude des effets de la microgravité sur des cellules de glandes pituitaires de rat (PHCF).

Ces expériences auront également pour but l'étude du rôle joué par la gravité dans nombre de processus physico-chimiques par ailleurs bien connus. La plupart des matériaux synthétisés sur Terre le sont à partir de solutions ou du moins de phases liquides, et de nombreuses retombées sont attendues de cette meilleure compréhension de la dynamique des fluides.

L'un des buts principaux de la mission Eureka-1 concernera les sciences de la vie. Le milieu spatial étant fondamentalement hostile à la vie, une bonne connaissance des effets d'une longue exposition d'échantillons orga-

niques à des conditions de microgravité et de rayonnements est nécessaire à la poursuite et à l'expansion des activités humaines dans l'espace.

Eureka emporte aussi toute une série d'expériences n'ayant pas pour objet l'étude de la microgravité mais pour lesquelles ce satellite récupérable constituera néanmoins la plateforme idéale. Elles porteront sur l'étude de l'environnement spatial et de la haute atmosphère, l'astronomie, les télécommunications et les équipements des satellites de futures générations :

EXPERIENCES ET EXPERIMENTATEURS

Four automatique à miroir (AMF)

Expérimentateur principal : K. W. Benz, Institut de Cristallographie de l'Université de Fribourg (Allemagne).

Installation de croissance cristalline en milieu soluble (SGF)

Expérimentateur principal : J. C. Legros, Université Libre de Bruxelles (Belgique).

Installation de cristallisation de protéines (PCF)

Expérimentateur principal : W. Litke, Laboratoire de Chimie de l'Université de Fribourg (Allemagne).

Ensemble de fours (MFA)

Expérimentateur principal : A. Passerone, Institut de Chimie Physique Appliquée des Matériaux du CNR, Gênes (Italie).

Exobiologie et effets des rayonnements (ERA)

Expérimentateur principal : H. Bücker, Institut de Médecine Aéronautique et de Biophysique du DLR, Cologne (Allemagne).

Thermostat de haute précision (HPT)

Expérimentateur principal : G. Findenegg, Université de la Ruhr Bochum (Allemagne).

Adhérence et forces de surface (SFA)

Expérimentateur principal : G. Poletti, Université de Milan (Italie).

Instrument de mesure du spectre solaire (SOSP)

Expérimentateur principal : G. Thuillier, Service d'Aéronomie du CNRS, Verrières-le-Buisson (France).

Instrument de mesure de la constante solaire et de ses variations (SOVA)

Expérimentateur principal : D. Crommelynck, Institut Royal de météorologie de Belgique, Bruxelles (Belgique).

Radiomètre à occultation (ORA)

Expérimentateur principal : E. Aerts, Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique, Bruxelles (Belgique).

Télescope à grand champ (WATCH)

Expérimentateur principal : N. Lund, Institut Danois de Recherche Spatiale, Lyngby (Danemark).

Expérience de capture temporelle des particules (TICCE)

Expérimentateur principal : J. A. M. McDonnell, Unité de Sciences Spatiales, Laboratoire de Physique de l'Université du Kent (Grande Bretagne).

Ensemble de propulsion ionique à radiofréquences (RITA)

Expérimentateur principal : H. Bassner, MBB DASA, Ottobrunn (Allemagne).

Instrument de télécommunications interorbitales (IOC)

Chefs de Projet : R. Tribes, CNES, Toulouse (France). N. Neale, ESA/ESTEC, Noordwijk (Pays-Bas).

Réseau solaire à l'arséniure de gallium (ASGA)

Expérimentateur principal : C. Flores, CISE Spa, Segrate (Italie).

- **AMF.** Ce four à rayonnement optique permettra la croissance de monocristaux uniformes à partir de la phase liquide ou de la phase vapeur. Premier d'une nouvelle génération d'installations de croissance de cristaux équipés de mécanismes d'échange d'échantillons et de lampes, ce four aura un fonctionnement automatique durant toute la mission et pourra effectuer une vingtaine d'expériences différentes.
- **SGF.** Conçue pour permettre la croissance de monocristaux à partir d'une solution, cette installation à utilisateurs multiples se compose essentiellement de quatre réacteurs dont trois serviront effectivement à la croissance monocristalline en solution. Le quatrième, divisé en vingt éprouvettes séparées, aura pour objet la mesure de données concernant la diffusion.
- **PCF.** Cette installation à utilisateurs multiples destinée à la croissance de cristaux à partir d'une solution comporte douze réacteurs qui permettront la conduite d'autant d'expériences ayant pour objet l'obtention de monocristaux de protéines exempts de défaut, d'un haut degré de pureté et d'une taille d'une fraction de millimètre autorisant la détermination de leur structure moléculaire par diffraction de neutrons ou de rayons X.
- **MFA.** Cet équipement modulaire recevant douze fours de trois types différents est une installation à utilisateurs multiples destinée aux expériences en sciences des matériaux. Lors de la mission Eureca-1, les expériences sélectionnées porteront sur la croissance de cristaux semi-conducteurs, sur les phénomènes de mouillage entre céramiques et alliages liquides et sur les processus de solidification dirigée de semi-conducteurs et d'alliages divers.
- **ERA.** Cette autre installation à utilisateurs multiples permettra la conduite de plusieurs expériences de sciences de la vie. Durant la mission Eureca-1, on étudie notamment les effets de l'environnement spatial sur les échantillons biologiques, l'action des ions lourds sur les tissus, l'inactivation et la mutagenèse par irradiation solaire, les effets des rayonnements ultraviolets solaires sur la formation et la destruction de molécules et la composition du rayonnement cosmique dans l'environnement de la plate-forme.
- **HPT.** Cet équipement a été conçu pour mener des expériences en microgravité de longue durée avec un contrôle de la température extrêmement précis.
- **SFA.** Cet ensemble expérimental a été conçu pour l'étude des liens existant entre, d'une part, les forces de surface et les énergies interfaciales et, d'autre part, des paramètres physiques et physico-chimiques tels que la topographie et la propreté de surface, la température ainsi que les caractéristiques de déformation des corps en contact. Le SFA exécutera une série d'expériences consistant en l'observation de l'impact de billes contre des cibles planes.
- **SOSP.** En mesurant à l'aide de trois spectromètres (infrarouge, visible et ultraviolet), l'éclairement absolu du Soleil et ses variations dans le domaine s'étendant de 170 à 3.200 nanomètres, cet instrument participera à l'étude de la physique solaire et des relations Soleil-Terre dans le domaine de l'aéronomie et de la climatologie.
- **SOVA.** Pour étudier la constante solaire, ses variations et sa répartition spectrale, cet équipement, composé de deux radiomètres absolus, d'un radiomètre de haute précision et de photomètres solaires, réalise des mesures des fluctuations de l'éclairement et de son spectre sur des périodes allant de quelques minutes à plusieurs heures ou plusieurs mois. Par comparaison avec des mesures passées et futures, le SOVA permettra l'étude de ces variations à l'échelle de plusieurs années.
- **ORA.** En mesurant l'intensité du rayonnement solaire dans dix domaines de longueur d'onde de l'ultraviolet à l'infrarouge pendant les phases de lever et de coucher du Soleil, cet instrument permettra la mesure des densités d'aérosols (permanents ou d'origine volcanique) et de gaz à l'état de traces (ozone, dioxyde d'azote, vapeur d'eau, dioxyde de carbone, etc.) dans la mésosphère et la stratosphère terrestres (entre 20 et 100 kilomètres d'altitude).
- **WATCH.** Cet instrument aura pour mission de détecter et déterminer la position des sources de rayonnement gamma et X émettant des photons d'énergie comprises entre 5 et 200 keV. Les données recueillies serviront à la détermination des courbes de luminosité et des spectres énergétiques des sursauts gamma cosmiques, novae, noyaux galactiques actifs et autres sources variables de rayonnement gamma ou X.
- **TICCE.** Conçue pour capturer des particules de la taille du micron se déplaçant à plus de trois kilomètres par seconde par rapport à la plate-forme et enregistrer leur impact, cette expérience permettra, après son retour sur Terre, l'étude des poussières présentes en orbite basse (poussières météoritiques ou cométaires, débris d'origine terrestre, etc.).
- **RITA.** Ce moteur ionique expérimental sert à évaluer les performances de ce type de propulsion dans l'espace et à acquérir une expérience pratique, grâce à environ 2.000 heures de fonctionnement à des régimes de poussée variables, en vue de son utilisation sur des systèmes spatiaux futurs.
- **IOC.** Cet équipement doit permettre l'expérimentation et la démonstration préopérationnelle des futurs services de transmission de données via un réseau de satellites-relais géostationnaires assurant une couverture totale du globe. L'IOC teste la transmission de données bidirectionnelle et de télémesures depuis un satellite en orbite basse (en l'occurrence, la plate-forme Eureca) vers une station terrestre via le satellite de télécommunication Olympus de l'ESA.
- **ASGA.** Ce réseau solaire, composé de deux petits modules d'essais, permet de tester les performances de photopiles à l'arséniure de gallium dans différentes configurations (en panneaux et en concentrateurs paraboliques) et d'évaluer les effets de l'environnement en orbite terrestre basse sur les composants employés.

* * *

La chasse aux trous noirs (suite)

La chasse aux trous noirs gigantesques, que l'on croit exister au centre des noyaux galactiques, est en train d'apporter de beaux trophées. La technique est simple en apparence. On étudie en détail les régions centrales de galaxies proches, afin de déterminer la vitesse de rotation des étoiles autour du centre. Les lois de la gravitation prédisent que la vitesse est d'autant plus grande que la masse présente au cœur de la galaxie est élevée. On peut estimer la masse du noyau d'après sa luminosité. Si les étoiles tournent anormalement vite, c'est qu'il existe une masse cachée, peut-être un trou noir.

C'est de cette façon que l'on a pu déterminer l'existence probable d'un trou noir dans M32 (voir *Le Ciel*, juin 1992, page 183), dans M31, M87 et d'autres galaxies. Le dernier trou noir potentiel, dans NGC3115, découvert par les américains John Kormendy et Douglas Richstone, s'impose comme le plus massif actuellement connu. Sa masse serait de l'ordre d'un milliard de fois celle du Soleil! Ce sont des trous noirs de cette masse qui animent les astres extraordinairement énergétiques que sont les quasars. Il est fort possible que NGC3115 soit passée par le stade quasar, lorsque le trou noir avalait les étoiles et toute matière passant à sa portée. Le trou noir ayant fait le ménage autour de lui, la galaxie s'est apaisée et plus rien ne témoigne des violences passées, sauf un champ de gravitation anormalement intense et une ronde infernale des étoiles dans le noyau.

* * *

Aurores sur Jupiter

D'après la Note d'Information
ESA n°13 du 26 juin 1992

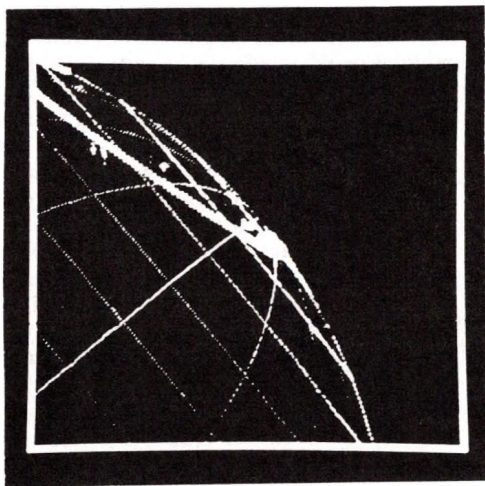
C'est en février dernier qu'a été recueillie, au moyen du Hubble Space Telescope (HST), la première image de l'aurore polaire formant un cercle au-dessus du pôle nord de Jupiter. Ce cliché, réalisé dans la longueur d'onde du rayonnement Lyman-alpha de l'hydrogène, a

été pris au moment où la planète géante se trouvait à 4,5 unités astronomiques (soit 673 millions de kilomètres) de la Terre, tout juste 15 heures après que la sonde Ulysse de l'ESA eut survolé Jupiter sur sa trajectoire de sortie du plan de l'écliptique.

Jusqu'à une date récente, l'observation et le suivi des phénomènes atmosphériques ne dépassaient pas le cadre de notre planète. Aujourd'hui, en revanche, le HST nous offre la possibilité d'étudier des phénomènes comme les orages géants et les aurores polaires qui se produisent dans l'atmosphère de planètes éloignées du système solaire. S'il est vrai que plusieurs sondes, notamment Voyager, nous ont transmis des images détaillées de l'atmosphère de ces planètes, seul le télescope spatial Hubble permet de procéder en quelque sorte au suivi météorologique de ces mondes lointains.

L'image ci-dessous a été obtenue par une équipe européenne comprenant notamment deux représentants de l'Institut d'Astrophysique de Liège, Vincent Dols et Jean-Claude Gérard. Avec un ensemble de filtres soigneusement choisis, il est possible d'isoler le rayonnement Lyman-alpha émis par l'hydrogène atomique et d'améliorer le contraste entre le phénomène et la surface brillante de la planète. Le fait est que, malgré la sensibilité réduite du télescope et de la caméra dans cette partie du spectre électromagnétique — l'ultraviolet lointain —, on observe nettement des zones de plus forte intensité s'étendant du voisinage du pôle nord au limbe oriental à une latitude d'environ 55°. Vu de la Terre, le méridien central correspond au 120ème degré de longitude et Io, le satellite de Jupiter qui est en interaction intense avec le champ magnétique de la planète, a été localisé à proximité du limbe occidental (à droite).

En raison de la faible luminosité intrinsèque de l'aurore et du manque de netteté imputable à l'aberration sphérique du miroir du HST, il a fallu regrouper les « pixels » (éléments d'image), c'est-à-dire se contenter d'un moins bon piqué de l'image. La région d'émission apparaît sous la forme d'une zone homogène, tachetée, entourant le pôle magnétique.



La région polaire nord de Jupiter, observée par la Faint Object Camera du télescope spatial Hubble. Le méridien central correspond au 120^{ème} degré de longitude de Jupiter; la longitude augmente vers la gauche de l'image et les autres méridiens (tracés électroniquement) sont espacés de 20° en 20°. Les parallèles sont quant à eux espacés de 10° en 10°. Les taches brillantes s'étendant du voisinage du pôle nord au limbe oriental correspondraient à la signature Lyman-alpha de l'aurore boréale excitée par la précipitation dans la haute atmosphère jovienne de particules chargées. La ligne très brillante est le tracé de l'empreinte de lignes de forces caractéristiques du champ magnétique de Jupiter.

Les zones brillantes atteignent des intensités très élevées, comparables à celles des aurores polaires les plus spectaculaires de notre planète. Toutefois, contrairement à son homologue terrestre, l'aurore de Jupiter ne peut être observée dans la lumière visible en raison de la différence de composition des atmosphères des deux planètes et de la forte luminosité du disque jovien éclairé par le Soleil. L'image fait apparaître de fortes variations d'intensité avec la longitude, ce qui constitue une autre différence par rapport aux aurores terrestres.

Selon le Dr. J.C. Gérard de l'Université de Liège, on savait déjà que l'aurore polaire se trouvait à cet endroit car la sonde Voyager et le satellite IUE (International Ultraviolet Explorer) l'avaient détectée en 1980 et avaient fourni des estimations approximatives de son intensité et de sa localisation. Mais c'est la première fois qu'on la voit. Il est maintenant possible d'étudier sa morphologie et de tenter de comprendre les processus à l'origine de ces phénomènes spectaculaires.

On pense que les particules chargées précipitent le long des lignes de force du champ magnétique très intense de Jupiter et que, par interaction avec l'hydrogène atmosphérique, elles donnent naissance aux aurores. Pour expliquer l'origine exacte de ces particules, on a proposé deux théories opposées. Selon la première, les particules chargées proviendraient du vent solaire. Selon la deuxième, elles seraient dues à la diffusion des particules le long des lignes de force du champ magnétique croisant le tore de plasma qui entoure Jupiter au voisinage de l'orbite de Io (à environ 6 rayons joviens). Il est en effet établi que l'activité volcanique à la surface de Io alimente l'atmosphère de Jupiter en ions soufre et oxygène. La comparaison de l'emplacement exact des émissions aurorales et de l'empreinte des lignes de force du champ magnétique de Jupiter fournit des données capitales pour le choix entre les modèles de précipitation des particules. Ces données, combinées à celles qui ont été transmises en même temps par la sonde Ulysse sur les particules et le champ magnétique, apporteront le complément d'information indispensable.

Malgré leur caractère préliminaire, ces observations donnent du poids à la théorie selon laquelle des particules (électrons, protons ou ions lourds) précipiteraient le long des lignes de force du champ magnétique à haute latitude, en provenance de régions équatoriales éloignées, au lieu de diffuser le long des lignes qui coupent l'orbite de Io.

* * *

Planète ou comète?

D'après un communiqué de
l'ESO du 19 août 1992

En 1979 une petite planète était découverte qui se déplaçait sur une trajectoire allongée. Elle reçut le numéro 4015 et fait partie des astéroïdes de type Apollo dont les orbites croisent celle de la Terre.

L'extrapolation du mouvement de (4015) dans le passé a permis de retrouver (4015) sur des plaques photographiques prises par le Grand Schmidt du Mont Palomar en 1949. Cet objet avait été remarqué à l'époque et, chose remarquable, il avait alors été catalogué comme étant une comète, et baptisé « comète Wilson-Harrington »! S'agit-il encore d'un objet qui comme Charon montre de temps à autre une atmosphère de type cométaire?

Une étude minutieuse des clichés de 1949 montre que le petit embryon de queue était bien réel, et non pas un défaut photographique. En 1949, la planète (4015) était une comète — ou passait par un stade d'activité de type cométaire.

Une explication de ce type de comportement est que la petite planète est partiellement recouverte de glace et que celle-ci s'évapore lors des passages au plus près du Soleil.

Les photos reproduites en couverture intérieure de ce bulletin illustrent ces curieuses observations. La photo (a) date de novembre 1949 et montre clairement la queue à gauche de la traînée laissée par le mouvement de l'astre durant la pose de 12 minutes. Le cliché a été obtenu en lumière bleue avec le Schmidt du Mont Palomar. La seconde photo (b) a été prise la même nuit en lumière rouge. La pose était de 45 minutes (ce qui explique la longue traînée) et l'on peut voir, bien que beaucoup plus difficilement, les traces d'une queue. Ces deux images ont été traitées spécialement au laboratoire de l'ESO pour améliorer le contraste.

Le cliché (c) montre la même région, photographiée récemment avec le même télescope du Mont Palomar. Aucune trace d'un astre diffus n'y apparaît qui aurait pu être confondu avec une queue cométaire. Enfin, en (d), un cliché de la petite planète, pris par le Schmidt de l'observatoire anglo-australien en 1979, révèle une trace absolument nette, sans le moindre soupçon de queue.