

---

## L'astronomie dans le monde

---

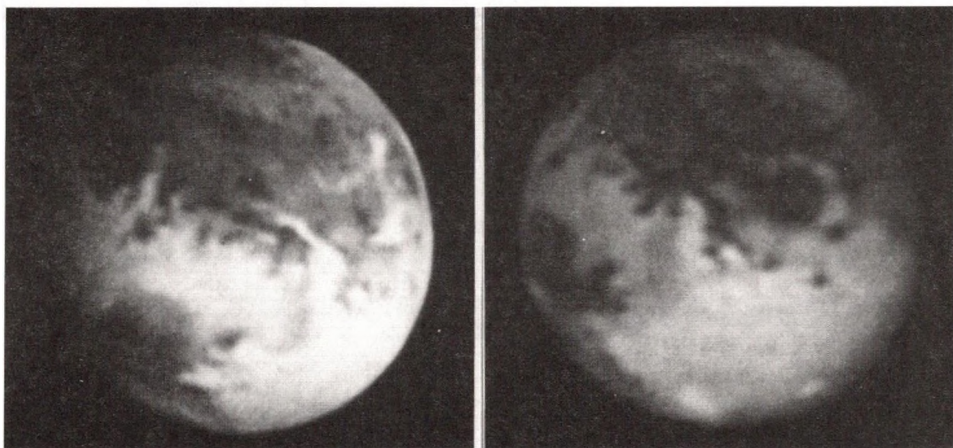
### *Mars depuis la Terre*

Ces photos de Mars n'ont pas été obtenues par le Hubble Space Telescope, ni même à l'occasion d'une opposition particulièrement favorable de la planète rouge. Il s'agit tout simplement de quelques-uns des clichés réalisés au Pic du Midi par une équipe dynamique, comprenant, entre autres, notre compatriote Jean Bourgeois, François Colas et Jean Lecacheux.

Le Pic du Midi est célèbre par les nombreuses photos à haute résolution du système solaire qui y ont été prises. Cela est dû à une transparence remarquable et à un seeing parfois superbe qui permet d'atteindre des détails d'une finesse de l'ordre du dixième de seconde d'arc. Malheureusement ces conditions idéales

ne durent souvent pas longtemps et il s'agit pour les astronomes d'être vigilants pour profiter des moindres périodes de calme de l'atmosphère.

L'agitation de notre atmosphère est très irrégulière. Elle se manifeste par des déformations lentes, aussi bien que par une altération rapide des images. L'observation visuelle a un avantage sur la photographie dans la mesure où elle permet une meilleure analyse du flot d'informations que nous transmet un télescope. L'œil a la possibilité de trier les images successives et de figer les meilleurs moments. C'est ainsi que des dessins réalisés à l'oculaire voici un siècle restent quasiment inégalés.



Mars, fin 1990, depuis l'Observatoire du Pic du Midi, lorsque la planète avait un diamètre de 17 secondes d'arc. (Cliché J. Bourgeois, F. Colas, J. Lecacheux)

Mais l'avènement des détecteurs électroniques et des caméras CCD est en train de bouleverser cette situation. La possibilité offerte par ces détecteurs d'obtenir des poses répétées et très courtes permet de profiter des meilleures périodes de seeing, même brèves. En outre ils sont fidèles, et représentent l'image telle qu'elle est, sans l'interprétation que lui donne involontairement un observateur visuel. Ce sont ces interprétations subjectives, associées à des illusions d'optiques qui sont à l'origine de légendes comme celle des canaux martiens.

On devine l'importante contrainte que présente pour les observateurs planétaires l'utilisation de caméras CCD. Il faut mitrailler sans arrêt et entasser des centaines de clichés afin de pouvoir sélectionner les meilleurs. Il faut aussi leur faire subir le traitement digital approprié pour convertir les signaux électroniques en éclaircissement. C'est ainsi que lors de l'opposition martienne de 1990, quelque 4000 clichés ont été réalisés au Pic. Mais ce travail porte ses fruits et une abondante moisson de magnifiques clichés est récoltée. Les images de Mars que nous présentons montrent une résolution remarquable, de l'ordre de 0,2 seconde d'arc, et ont été obtenues dans le proche infrarouge, à la longueur d'onde de 8000 Angströms, où les atmosphères terrestre et martienne sont moins gênantes.

### *Mars par Hubble*

Le HST (Hubble Space Telescope) a scruté Mars lui aussi, à la même époque. La résolution de ses clichés est très bonne, à peu près équivalente à celle obtenue au Pic. Pour arriver à ce résultat malgré les gros défauts du miroir, il faut de nombreuses heures de traitement sur ordinateur. Le HST a l'avantage de pouvoir travailler dans l'ultraviolet où les observateurs terrestres sont aveugles. Le cliché que nous présentons est la combinaison d'images obtenues dans les couleurs bleue, verte et rouge. La « péninsule » sombre qui se détache sur le fond plus clair est Syrtis Major. Cette structure n'est guère visible sur le cliché rouge correspondant pris au sol.



Mars, fin 1990, par le HST. Cliché composite en rouge, vert et bleu.

### *Un pulsar très spécial*

Arecibo, le plus grand radio télescope du monde se trouve dans les Caraïbes, dans l'île de Porto Rico. Il mesure 305 mètres de diamètre ce qui lui assure une sensibilité inégalée. C'est avec cet instrument que vient d'être découvert un pulsars des plus intéressants, qui répond au nom poétique de PSR1534+12.

Comme le nom le suggère, les pulsars se manifestent par une émission périodique de rayonnement électromagnétique. Certains ne sont décelés qu'en ondes radio, mais celui du Crabe peut être observé en lumière visible comme une petite étoile clignotant au centre de la nébuleuse M1. Cette pulsation n'est en fait que la manifestation de la rotation de l'astre sur lui-même. Les pulsars sont des étoiles en fin de carrière. Après avoir épuisé tous les combustibles nucléaires dont elles disposaient (et en premier lieu l'hydrogène), elles n'ont plus eu la force de résister à leur propre poids. C'est ainsi qu'une étoile comme le Soleil, d'un diamètre de plus d'un million de kilomètres, en arrive à tenir dans une dizaine de kilomètres. Le diamètre diminuant d'un facteur cent mille, le volume diminue d'un facteur égal au cube de cette valeur, soit un million de milliards de fois. Et la densité augmente dans cette même inimaginable proportion.

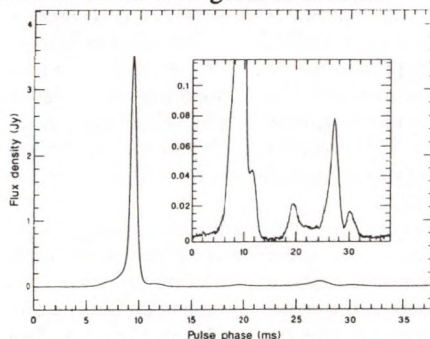
Il est difficile de réaliser comment la matière qui nous entoure peut être comprimée de cette façon. Pourtant, si l'on y réfléchit bien, les atomes et les molécules, que l'on représente souvent par des boules pleines, sont en réalité bien vides. Si l'on osait utiliser la très mauvaise analogie entre système solaire et atome, où les électrons orbitent autour d'un noyau à la manière des planètes autour du Soleil, on pourrait dire que la taille des électrons et du noyau par rapport à celle de l'atome est comparable à celle des planètes et du Soleil par rapport au système solaire. Autrement dit s'il était possible de briser les atomes et de vaincre la répulsion électrique qui empêche noyau (chargés positivement) et électrons (chargés négativement) de se rapprocher, on pourrait ranger toutes ces particules dans un espace bien moindre. Et ce n'est pas tout. Le noyau lui-même est constitué de particules plus petites encore, et lui aussi pourrait subir un tassement important s'il se laissait faire.

Les physiciens ont souvent la bonne fortune de voir la nature réaliser leurs idées les plus audacieuses. Les pulsars sont justement des étoiles écrasées sous leur propre poids en un empilement serré de particules sub-nucléaires. Protons et électrons sont combinés en neutrons, et ces astres sont appelés sous le nom générique d'étoiles à neutrons.

Notons que la nature va encore bien plus loin dans la miniaturisation avec les trous noirs. Si l'étoile qui s'effondre a une masse trop élevée, la gravité devient alors beaucoup trop forte. Rien (en tout cas rien que l'on connaisse) ne peut lui résister et l'étoile devient si petite, avec un champ de gravitation si intense, que même la lumière ne peut s'en échapper. Mais cela c'est une autre histoire...

Revenons à nos étoiles à neutrons. Tous les pulsars sont des étoiles à neutrons. Mais l'inverse n'est pas vrai. Quel phénomène particulier donne à une étoile à neutron le statut particulier de pulsar? Simplement son orientation dans l'espace. La contraction modifie deux propriétés importantes de l'étoile, le champ magnétique et la vitesse de rotation. Le champ magnétique devient gigantesque, toutes les lignes de force ayant été resserrées sur un espace minuscule. D'autre part la rotation atteint des valeurs considérables (plusieurs tours par seconde) par suite de la conservation

de ce que l'on appelle le moment cinétique. C'est la même loi qui fait que l'eau tourne de plus en plus vite en approchant le trou d'un siphon, ou qu'une fronde accélère sa rotation si l'on diminue la longueur de la corde.



**Profil d'un pulse de PSR1534+12 à la fréquence de 430 MHz. On remarque le pic très pointu, d'une largeur à mi-hauteur de 450 millièmes de seconde. L'encart montre le même profil amplifié vingt fois. On y constate que l'émission en dehors du pulse principal est très faible. (Extrait de *Nature*)**

A cause du champ magnétique qui confine certaines interactions dans des zones privilégiées, l'astre émet un rayonnement intense dans la direction des pôles magnétiques. L'axe magnétique est généralement incliné sur l'axe de rotation, de sorte que les faisceaux émis par les pôles balayent chacun un cercle sur la sphère céleste. Si la Terre a la chance de se trouver sur l'un de ces cercles (vus depuis l'étoile), elle reçoit périodiquement un flux d'ondes électromagnétiques. L'étoile à neutrons est alors visible comme un pulsar. Sinon l'étoile reste invisible car son rayonnement en dehors des faisceaux est bien trop faible pour être décelé.

Le nouveau pulsar découvert à Arecibo a une période relativement courte de 38 milli-secondes. Vingt-six fois par seconde il émet un pulse très intense et très bref. Ceci le distingue des autres pulsars qui ont des profils moins aigus et permet de mesurer sa période avec une précision inégalable. On sait que la régularité des pulsations et la précision des mesures avait déjà fait envisager l'utilisation des pulsars

comme horloges fondamentales, au même titre que les horloges atomiques. C'est dire l'intérêt qu'éveille ce nouveau venu.

Mais PSR1534+12 est pourvu d'autres particularités. On a pu montrer qu'il est l'une des deux composantes d'un système binaire. La période de révolution du système est de 10 heures. L'analyse des orbites montre que la masse des deux corps est à peu près la même (1,3 fois celle du Soleil). L'orbite est très excentrique et son étendue est comparable au diamètre du Soleil. On en conclut que le compagnon du pulsar est très petit, et est donc probablement une étoile à neutrons. Il n'est pas détecté comme pulsar car son orientation est telle que ses faisceaux de radiation ne balayent pas la Terre.

Un tel système orbital subit des effets de gravitation complexes, que décrit la théorie de la relativité générale. La précision des mesures que l'on peut obtenir permettra de tester cette théorie d'une façon bien meilleure que ce qui avait pu être fait jusqu'ici. On devrait aussi être à même de mettre en évidence un nouvel effet, non encore confirmé : la précession de l'axe de rotation du pulsar, due à plusieurs effets relativistes.

### *Un monstre cosmique?*

Avec une masse comparable à celle de notre Galaxie, mais concentrée dans un volume des milliers de fois plus petit, un objet mystérieux perturbe le mouvement des étoiles de la galaxie NGC 6240. Trou noir ou pas? L'éternelle question se pose de nouveau et, de nouveau, la question n'a pas de réponse catégorique. Il pourrait s'agir d'un monstrueux trou noir, d'une masse de cent milliards de Soleils, mais les théories du cosmologiste Hawking (le célèbre auteur d'*Une brève histoire du temps*) indiquent que l'univers n'est pas assez vieux pour que de tels trous noir aient eu le temps de se former.

Il pourrait aussi s'agir d'un amas très serré d'innombrables étoiles faibles. On pense que la galaxie NGC 6240 est le résultat de la collision de deux galaxies. La violence de la rencontre peut être à l'origine des phénomènes observés.



La partie de la galaxie NGC 6240 contenue dans l'ellipse se comporte comme une galaxie tout à fait habituelle. Mais la région indiquée par la croix est emportée dans un tourbillon très violent.

### *Les malheurs de Galileo*

La sonde Galileo, dont le but final est l'observation de la planète Jupiter en 1995, connaît quelques difficultés de communication. L'antenne parabolique de 5 mètres qui doit servir à établir la liaison radio à grand débit (134 bauds) refuse obstinément de se déployer. L'absence de cette antenne aurait des conséquences dramatiques pour la réussite de la mission car il est pratiquement impossible de transmettre les images et autres données scientifiques avec les petites antennes annexes utilisées actuellement.

Galileo suit actuellement une trajectoire compliquée qui lui permettra d'acquérir une vitesse suffisante pour son voyage. Assez paradoxalement, le temps que la sonde passe ainsi dans la banlieue solaire, lui donnera la possibilité d'effectuer le trajet vers Jupiter à une allure record. Après être revenue saluer la Terre une première fois (nous donnant ainsi de superbes images de notre planète et de son satellite), Galileo s'éloignera quelque peu dans la zone des astéroïdes. Elle analysera la petite planète Gaspra, puis reviendra nous visiter une

seconde fois en décembre 1992. Cette dernière rencontre lui communiquera une impulsion vigoureuse, et la propulsera vers la planète géante. Les données concernant Gaspra auront été enregistrées à bord, et pourront sans problème être transmises par les petites antennes lors du survol de la Terre. Cette première partie de la mission devrait donc se dérouler comme prévu.

Entretemps les ingénieurs s'affairent pour élucider les mystères de l'antenne récalcitrante. Selon une technique souvent utilisée pour opérer les dépannages spatiaux, ils essayent de reproduire la panne sur une réplique exacte en laboratoire. S'ils y parviennent, ils seront peut-être à même de trouver un remède. Le temps travaille pour eux. Il reste quatre ans avant l'arrivée près de Jupiter, et les observations qui seront faites jusque là pourront être relayées avec les autres équipements. Il y a aussi un espoir d'auto-guérison de Galileo : les allées et venues actuelles, plus ou moins près du Soleil, échauffent et refroidissent les composants de la sonde. Et l'antenne est tantôt exposée aux rayonnements solaires directs, et tantôt cachée dans l'ombre de celle-ci. Tout cela impose des contractions et des dilatations thermiques qui pourraient secouer salutairement cet équipement rétif.

### *Les tueurs de dinosaures*

L'explication généralement proposée pour l'extinction massive des dinosaures il y a 65 millions d'années fait intervenir la collision d'un astéroïde ou un noyau cométaire avec la Terre. Les poussières projetées dans l'atmosphère par l'impact ont perturbé de façon dramatique le climat de la planète (selon le même scénario que le fameux *hiver nucléaire*) ce qui a conduit à la disparition, non seulement des dinosaures, mais aussi de toute une série d'autres espèces vivantes.

Une des raisons de l'acceptation de cette hypothèse réside dans le fait que les autres sont bien fragiles et ne résistent guère à l'examen des scientifiques.

Plus convaincants sont les résultats d'une campagne de recherche du site de l'impact menée depuis dix ans. Nous avons déjà parlé du cratère Manson, situé aux Etats-Unis, dans l'Iowa. Avec un diamètre de 36 kilomètres, et un âge de 66 millions d'années, il était un candidat très plausible, bien qu'un peu petit. (Il ne s'agit naturellement pas d'un beau cratère comme le Meteor Crater de l'Arizona; l'érosion de myriades de siècles l'a rendu invisible, excepté aux analyses géologiques).

Mais voici qu'un nouveau candidat, beaucoup plus sérieux encore, se fait jour. Les rumeurs couraient bon train depuis quelque temps sur la présence des traces d'un impact gigantesque dans la région du Golfe du Mexique et de la Péninsule du Yucatan. Les études minéralogiques semblent concorder. Une grande proportion des cristaux de quartz que l'on trouve dans les couches géologiques ayant apparemment l'âge requis, sont striés d'une façon qui témoigne d'un choc catastrophique. Le cratère du Yucatan, ou plutôt la structure dite de Chicxulub, mesure 180 kilomètres de diamètre. Elle correspond à l'impact d'un corps de 10 kilomètres de diamètre (le noyau d'une comète comme Halley, ou un astéroïde déjà respectable). L'énergie de l'impact a été 200 fois plus grande que celle du cratère Manson. La simultanéité exacte des deux impacts il y a plus de 65 millions d'années n'est bien sûr pas facile à démontrer. La coïncidence est remarquable, et l'on peut penser qu'un seul objet, de type cométaire, s'est brisé sous l'influence de la chaleur solaire, et que plusieurs débris ont heurté notre planète à quelques minutes d'intervalle. Il y aurait pu avoir encore d'autres impacts. On connaît d'ailleurs des candidats au nord de l'URSS.

Cet assaut global, digne des récits de science-fiction les plus échevelés, n'aura laissé aucune chance aux pauvres dinosaures.