

Dernières nouvelles du système solaire

NDLR - L'assemblée générale du CLEA, le 25 janvier 1987 s'est terminée par le feu d'artifice de la conférence d'André Brahic. La rédaction des Cahiers aurait souhaité en donner un exact reflet. Force a été de constater que le texte écrit, même s'il a été revu par le conférencier, même s'il peut être illustré de quelques photos, ne peut rendre ce qui a fait le charme et la force de l'exposé oral. André a commenté des dizaines de diapos, documents remarquables qui auraient suffi, à eux seuls, à soulever l'enthousiasme des auditeurs. Il y ajoutait ce qui fait son talent exceptionnel de chercheur, d'enseignant et d'orateur, une flamme dont le texte écrit ne peut malheureusement rendre l'éclat.

L'objet système solaire

Inventaire actuel du système : neuf planètes, cinquante quatre satellites, huit mille astéroïdes répertoriés sur quinze mille suspectés, un réservoir presque inépuisable de comètes.

1986 a été une année importante par la riche moisson d'informations récoltées : exploration du système d'Uranus, rencontre de la comète de Halley. Se rappeler que de telles explorations supposent une longue préparation, une persévérance de l'effort intellectuel, financier et technique pendant de longues années. La sonde Voyager 2 qui a visité Uranus en 1986 avait été envoyée en 1977 mais les travaux la concernant remontent à 1964.

Fin octobre 1986, un colloque international s'est réuni à Heidelberg pour un premier bilan sur la comète de Halley. En novembre, c'est un véritable congrès de planétologie qui s'est tenu à Paris, ce qui montre le rang honorable qu'occupe l'astronomie française dans ce domaine. De très nombreux pays consacrent des efforts dans ces recherches ; alors qu'aux USA la politique actuelle n'est pas en faveur de l'accroissement des crédits de recherche, d'autres pays, le Japon par exemple, entrent dans la course. Les efforts devront se poursuivre, en n'oubliant pas que le travail effectué en 1987 ne portera ses fruits qu'après 1995...

Les recherches sur le système solaire mobilisent ainsi une foule de scientifiques en raison des buts poursuivis qui sont multiples. Plaçons en premier celui des origines du système solaire. La principale difficulté provient du fait qu'on ne connaît justement que lui comme système de planètes. Comment s'est-il constitué ? Immense puzzle dont on découvre peu à peu certaines pièces mais on en ignore beaucoup d'autres et même leur nombre.

Autre question passionnante, celle de l'existence de la vie hors de la Terre. On semble bien pouvoir nier cette existence sur les autres planètes du système solaire. Il faudra donc chercher ailleurs, ce qui accroît l'intérêt de la découverte, toujours à venir, d'autres systèmes planétaires.

En restant dans le système solaire, l'étude des planètes des satellites, des astéroïdes et des comètes offre aux physiciens un merveilleux laboratoire, avec des conditions très diverses dont beaucoup sont peu ou pas du tout réalisables sur Terre. Toutes études qui sont d'un intérêt technologique et industriel évident.

Ne pas négliger enfin l'intérêt culturel de l'exploration du système solaire, de même qu'il est culturellement indispensable de bien connaître son pays ou sa commune. Sans oublier l'apport de cette connaissance à la lutte nécessaire contre l'obscurantisme astrologique. Pour les astronomes, mais pas seulement pour eux, il y a aussi l'excitation de la découverte, ce qui n'est pas rien.

Ce qui est devenu familier

Depuis que les premières sondes spatiales ont commencé à nous apporter leurs révélations, nous sommes devenus familiers des résultats qui, lors de leurs découvertes, ont pu surprendre. Ainsi, l'idée doit être

désormais bien acquise de la grande diversité des aspects des planètes et des satellites. Si les chercheurs ne manquent pas d'imagination pour concevoir une grande variété de modèles répondant à telle ou telle situation, la nature fait encore mieux. Depuis Galilée, les quatre gros satellites de Jupiter se ressemblaient dans les télescopes, aux périodes près de leurs révolutions ; tout à changé avec Voyager, chaque satellite nous a réservé des surprises.

Revoyons les voisins. Mercure est beaucoup plus cratérisé qu'on ne le supposait ; il ressemble à la Lune par sa surface mais non par sa composition interne, il est plus dense, il a un champ magnétique. Vénus : on connaît maintenant sa période de rotation ; on a commencé sa cartographie grâce à des échos radar à travers ses épais nuages. Notre planète bleue et son compagnon : la photo prise par Voyager qui réunit sur un même cliché la Terre et la Lune nous offre pour la première fois la vision d'une sorte de "planète double".

L'histoire de l'exploration de la Lune est exemplaire, elle comporte toutes les phases : envoi d'une sonde tournant autour de l'astre (première vision de la "face cachée"), sonde se posant sur la Lune, débarquement d'un équipage humain et retour vers la Terre de matériaux prélevés sur la Lune.

A cette dernière phase près, l'exploration de Mars est bien avancée. On y a repéré les traces d'anciens fleuves, on y connaît le plus grand volcan éteint. Les robots posés sur Mars ont pu analyser le sol : aucune trace de vie là où l'on espérait trouver ne serait-ce qu'un lichen...

Nous revoyons toujours avec plaisir les photos ^{de Jupiter} prises par les sondes Voyager en 1979 : l'atmosphère turbulente de la planète, la permanence de la tache rouge, ce gigantesque tourbillon d'un diamètre supérieur à celui de la Terre ; les quatre satellites galiléens si différents l'un de l'autre, Callisto le plus cratérisé, Ganymède avec ses curieuses structures, Europe l'objet le plus lisse du système solaire, enfin Io avec ses volcans en activité. On reviendra sur les anneaux pour les comparer avec ceux de Staurne et d'Uranus.

Les photos de Saturne ont été prises en 1981. L'atmosphère de la planète montre aussi des turbulences mais moindres que sur Jupiter. Quant aux dix-sept satellites repérés (on est persuadé qu'il y en a d'autres, au moins vingt-quatre), c'est encore la grande diversité : Mimas et son gigantesque cratère, Encelade plus cratérisé d'un côté que de l'autre, Japet si sombre, Titan et son atmosphère d'azote qui fait soupçonner la présence sur son sol de l'azote liquide...

L'exploration d'Uranus

Ce fut, le 24 janvier 1986, le premier grand événement de l'année (Cf Cahiers Clairaut n°33). Pourtant, la sonde Voyager 2 avait déjà rempli le contrat pour lequel elle avait été lancée, la visite de Jupiter puis de Saturne. La NASA sut profiter des positions pas trop dispersées des grosses planètes pour que Voyager 2 poursuive son périple vers Uranus. Mieux, ses techniciens surent remédier à une panne dans le système propre d'orientation de la sonde, un axe un peu "grippé" ; ils remarquèrent qu'il suffisait de demander seulement des mouvements plus lents.

Il fallait aussi affronter deux difficultés particulières pour cette rencontre avec Uranus. Alors que les passages auprès de Jupiter et de Saturne avaient été en quelque sorte préparés par les passages des sondes Pioneer, pour Uranus c'était vraiment une première visite. De plus, du fait de la position du plan équatorial d'Uranus presque perpendiculaire au plan de l'écliptique, la visite de la planète et du système de ses satellites serait forcément très brève.

Sans reprendre tous les détails déjà publiés dans le Cahier 33 (été 1986 d'après le séminaire du 17 février), rappelons à grands traits les surprises de la rencontre. Mesure de la période de rotation de la planète et découverte d'un champ magnétique important qui n'avait pu être décelé auparavant, l'axe magnétique étant incliné de 55° sur l'axe de rotation. Par le mouvement des nuages on constate que la planète tourne plus vite près des pôles qu'à l'équateur : période de 17 h à 26° de latitude, période de 15 h à 44° de latitude. Par les mesures du champ magnétique, le noyau de la planète tourne avec une période de 17 h 12 mn.

Dix satellites nouveaux ont été découverts qui s'ajoutent aux cinq antérieurement connus. Ces nouveaux satellites ont des diamètres de 15 à 130 km et sont en général non sphériques. Tous sont sombres ou même très sombres ; leurs densités sont faibles (1,5 à 1,7). Les cinq "anciens" offrent encore une grande diversité : Obéron très cratérisé, Titania présente des cratères à fond plat, Umbriel est le plus sombre, Ariel présente de profondes vallées d'effondrement. Les photographies de Miranda ont été particulièrement réussies avec une résolution de sept cents mètres ; on y découvre des structures géologiques complexes révélant une activité passée intense.

Les anneaux

Il est évidemment instructif de rapprocher les photos des trois systèmes d'anneaux connus. Une structure simple et fine des anneaux de Jupiter. Un système de dix anneaux bien nettement confinés autour d'Uranus, avec la singularité supplémentaire de l'inclinaison de certains de ces anneaux sur le plan équatorial de la planète.

Anneaux très différents des structures qui entourent Saturne et donnent aux photos l'aspect de disques microsillons. Avec des structures radiales encore inexplicées qui apparaissent et disparaissent du fait sans doute des rotations différentielles.

Les anneaux ou fragments d'anneaux soupçonnés autour de Neptune seront, à coup sûr, encore différents. Attendons 1989 et espérons que Voyager 2 fonctionnera encore bien à cette époque pour les photographier.

La comète de Halley

En 1950, trois points étaient acquis au sujet des comètes : le noyau est un solide très petit, la queue est au moins en partie due à l'action du vent solaire, enfin il y a un immense réservoir de comètes, le nuage de Oort, une sphère homogène autour du Soleil jusqu'à cent mille unités astronomiques (plus d'une année de lumière). Dans ce nuage, quelques cent milliards de comètes soumises à l'attraction du Soleil ou aux perturbations dues au passage d'étoiles voisines provoquant soit leur échappée au système solaire soit leur approche du Soleil, soit simplement un changement de leur orbite.

En 1986, pour profiter du passage de la comète de Halley à son périhélie le 9 février, cinq sondes avaient été lancées, deux japonaises, deux soviétiques, une européenne, Giotto, qui s'est approchée à six cents kilomètres du noyau (Cf Cahier n°32, printemps 86, l'article d'Eric Gérard).

Là encore, pour la comète comme pour Uranus, des surprises :
- Alors qu'on s'attendait à voir un noyau brillant il est très sombre, il n'y a pas d'objet plus sombre dans le système solaire. Tant et si bien que les cameras automatiques avaient été programmées pour viser la partie la plus brillante alors elles ont placé les jets de matière au centre de l'image le noyau sombre étant sur le côté.
- Le noyau est plus gros que prévu, on s'attendait à un diamètre de l'ordre du kilomètre, on découvre un ellipsoïde avec un grand diamètre de quinze kilomètres et les autres diamètres de sept.

- La surface du noyau, photographiée en noir et blanc (des photos qui ne sont pas encore publiques) montre un relief plus ou moins tourmenté ; on y observe des cratères (qui ne sont pas des traces d'impact mais plus probablement des "cicatrices" d'éjections explosives), des falaises,...
- Une grande variabilité de son aspect qui peut s'expliquer par l'explosion de poches de gaz entraînant l'éjection de plusieurs tonnes de matériaux par seconde.
- La queue de poussières s'incurve normalement selon la loi newtonienne alors que la queue de plasma est droite avec des turbulences qui révèlent celles du vent solaire derrière l'obstacle qu'est pour lui le noyau de la comète (un peu comme pour le courant d'une rivière en aval d'une pile de pont).

Des photographies de la comètes prises en 1910 avaient été exploitées en 1983 grâce à des techniques modernes. Elles permettaient une première évaluation de la période de rotation propre du noyau, soit environ 2,2 jours. Les photographies prises par les sondes pendant leur brève visite à proximité confirment cette valeur. Par contre l'observation suivie pendant un an, à partir d'observations terrestres, de l'atmosphère révèle une fluctuation régulière de la quantité de lumière diffusée avec une période de 7,4 jours. On peut interpréter cette période comme marquant le retour face au Soleil d'une zone active. Ce qui pose un problème : comment expliquer ces deux périodes 2,2 et 7,4 jours ? On peut imaginer plusieurs mouvements, rotation propre, précession, nutation. 7,4 jours serait la période de la précession. Et si cette précession devait se confirmer, cela impliquerait l'existence d'un noyau central rigide.

Toutes ces découvertes sont passionnantes. Mais la comète de Halley n'est qu'une comète particulière, il serait imprudent à partir de cet unique exemple, d'en tirer une théorie générale des comètes. D'autres observations d'autres comètes sont à réaliser, avec la difficulté de programmer une sonde alors que, pour les observateurs terrestres, les apparitions des comètes sont généralement inattendues. Les comètes qu'on attend, dont l'orbite est connue, sont le plus souvent moins actives donc moins intéressantes. On aimerait suivre une comète "fraîche", n'étant encore jamais venue près du Soleil et dont on suivrait l'évolution quand elle s'en approcherait...

Deux questions

Un auditeur demande quelle est la possibilité d'envoyer sur Mars une sonde habitée. Adré Brahic fait remarquer que l'envoi d'une sonde automatique sur Mars coûte environ un milliard de dollars. Envoyer seulement un homme coûterait cent fois plus cher ; ce n'est ni techniquement ni financièrement insurmontable (la guerre du Viet Nam a coûté au moins aussi cher aux USA). Mais ne serait-il pas plus instructif, scientifiquement, d'envoyer cent sondes automatiques ? Pour l'heure, les robots font mieux que les hommes et pour un coût moindre ; par exemple, un robot peut mieux pointer un télescope en impesanteur qu'un astronaute. Sans parler des problèmes humains de survie dans la solitude et dans le confinement pendant les très longs mois du voyage.

Autre question sur les découvertes permettant de soupçonner l'existence d'autres systèmes planétaires. C'est évidemment la grande découverte astronomique des prochaines années à venir. Les photos du ciel en infrarouge réalisées par le satellite IRAS révèlent l'existence de matière sombre autour de l'étoile Béta Pictoris, alors ...

BULLETIN DE DERNIERE HEURE

Au moment de rédiger la conférence, André Brahic nous fait remarquer que chaque jour "il se passe quelque chose dans l'étude du système solaire". Que ce soit par l'étude sur ordinateurs des modèles théoriques conçus par les astronomes, que ce soit grâce au dépouillement des documents accumulés par les sondes, soit toujours par les observations faites depuis la Terre. La place manque, dans ces Cahiers, pour donner toutes les nouvelles récentes. Voici seulement quelques exemples.

L'EAU SUR MARS - Les photos du sol martien montrent des lits de rivières asséchées, des complexes "fluviaux", des traces d'écoulements violents faisant penser à des bras de mer (imaginez le détroit de Gibraltar asséché). Toutes ces données font penser que, dans le passé, l'eau a coulé sur Mars, d'autres liquides, la lave par exemple, n'aurait pu donner le même résultat. Or la pression et la densité de l'atmosphère actuelle de la planète ne permettent la présence d'eau que sous forme solide (glace aux pôles ou mélanges de glaces et de rochers) ou sous forme gazeuse observée dans l'atmosphère. On est donc conduit à penser que l'atmosphère a évolué il y a peut-être un milliard d'années. Très récemment, pour la première fois, une équipe franco-américaine a découvert de l'eau lourde sur Mars grâce au télescope franco-canadien de Hawaï ; observation trop récente pour en mesurer toutes les implications mais elle semble confirmer qu'il y avait plus d'eau sur Mars dans le passé et qu'une grande partie s'en est échappée.

LES ASTEROIDES - Le satellite IRAS qui a photographié le ciel en infra rouge a découvert environ quinze mille astéroïdes. Parmi ceux-ci il y en a plus de trois mille qui ont reçu une dénomination et dont les orbites sont connues alors que, depuis la Terre, on en a observé plus de six mille mais certaines orbites sont mal connues. Des théoriciens pensent qu'il y en a quelques centaines de milliers.

On a accumulé les données par tous les moyens de la détection à distance. Il faut aller explorer de près ces objets, "briques" initiales de la constitution des planètes.

PLUTON - Que les inquiets se rassurent la planète Pluton n'est pas en train de s'effondrer sur elle-même comme certains ont pu le croire en confrontant ce qu'on a dit de sa masse au cours des années qui ont suivi la découverte de cette planète lointaine. A la découverte on lui attribuait une masse de l'ordre de celle de la Terre, trente ans plus tard, ce n'était plus que 20% de la masse terrestre, aujourd'hui on penserait moins de 1%. La planète ne se dissipe pas mais les mesures sont de plus en plus précises, en particulier grâce à la découverte du satellite Charon. On a pu observer des éclipses mutuelles de la planète et de son satellite : le diamètre de Pluton serait de onze cents kilomètres, plus petit que celui de la Lune. Avec Charon, c'est plutôt un couple de planètes, un couple beaucoup plus serré que le couple Terre-Lune et les effets de marée y sont certainement importants : à étudier...

LA COMETE DE HALLEY - Revenons sur les éjections de matière du noyau, de 10^{28} à 10^{30} molécules par seconde ; dès que la matière est éjectée le rayonnement ultra-violet du Soleil casse les molécules, on n'observe plus que des radicaux libres (une aubaine pour les chimistes !). On se demande quelles sont les molécules mères. Pour la première fois on a trouvé H_2O et CO_2 et H_3O .

Il y a là toute une chimie compliquée à étudier.

Aussi plusieurs catégories de poussières. Certaines avec des compositions en hydrogène, oxygène et azote compatibles avec les abondances solaires, ce qui confirmerait la composition primitive des comètes. D'autres poussières,

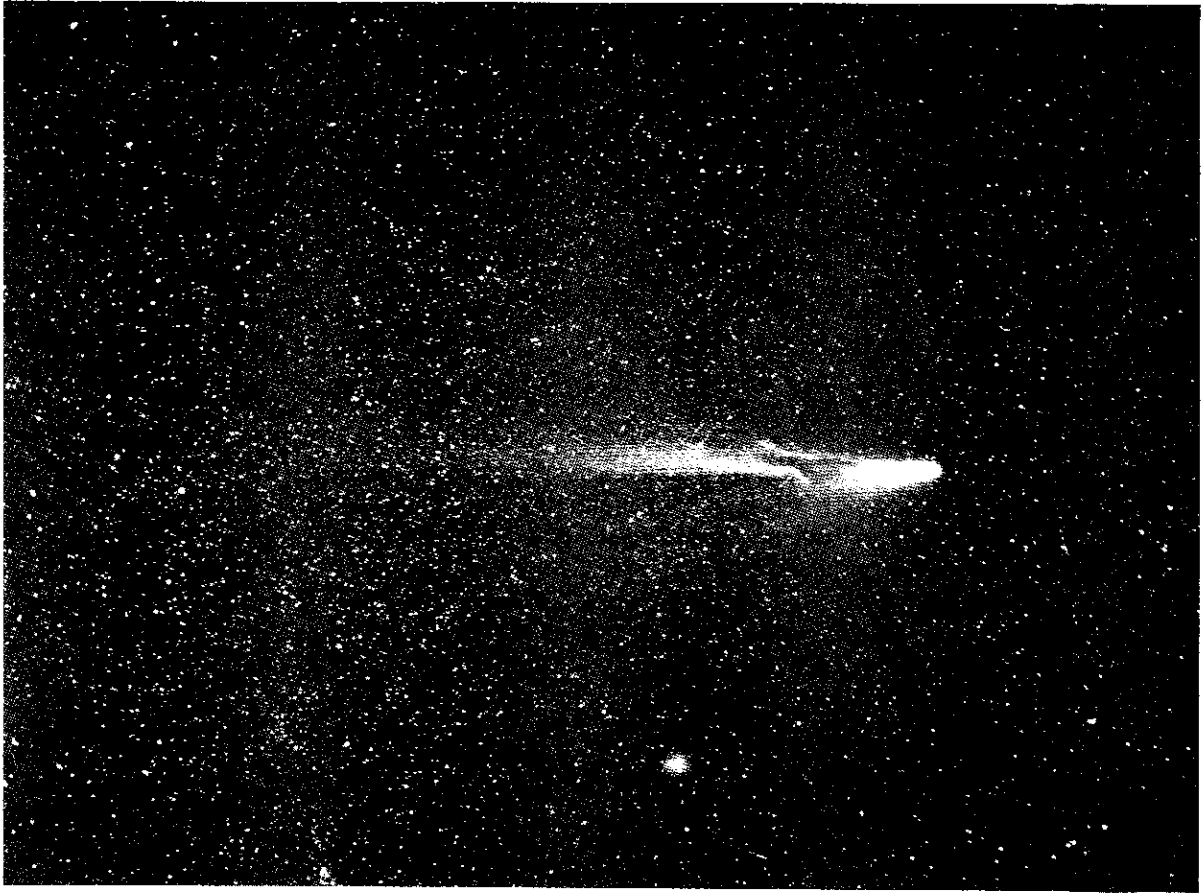
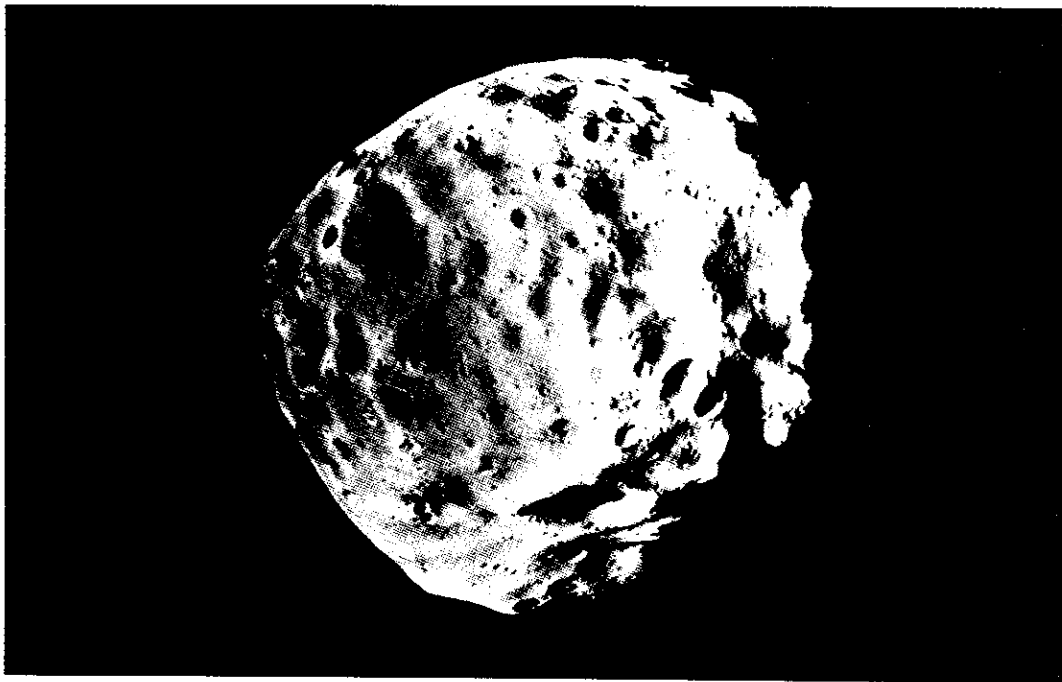


Photo de la comète de Halley le 10 mars 1986 à l'observatoire européen austral.



Le satellite Phobos de la planète Mars photographié par la sonde Viking 1
(dimensions: 21 x 19 km)

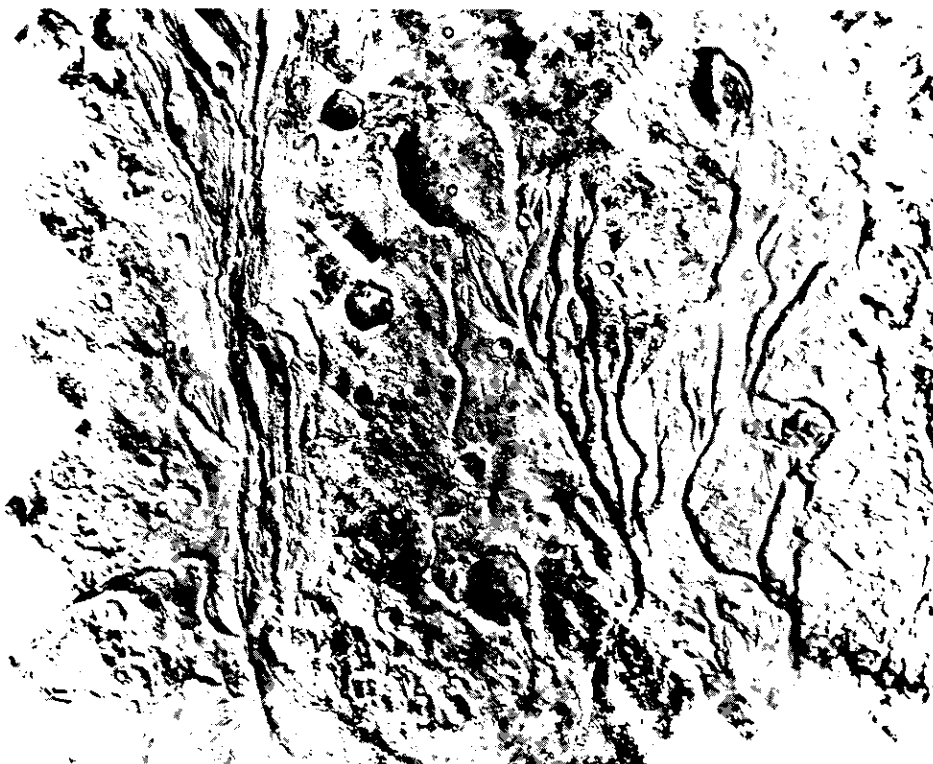
des chondrites carbonées contiennent plus de carbone que les chondrites terrestres et semblent comparables à certains météorites. Il y a aussi des poussières avec excès d'éléments minéraux (magnésium, calcium, fer,...).

L'interaction du vent solaire avec les comète est très instructive. Il y a une zone où il n'y a que le vent solaire, une zone riche en particules cométaires, une zone intermédiaire. Toutes ces zones ont été observées. Le vent solaire contourne une cavité derrière la comète. Le vent solaire semble aussi freiné par les particules éjectées du noyau. On trouve encore des poussières à 300 000 kilomètres du noyau mais il y en a plus que prévu au voisinage du noyau.

Quant à la température du noyau elle est plus élevée qu'on ne l'attendait, entre 50 et 100°C. Le matériau constitutif du noyau serait plus réfractaire qu'une glace. Le dégazage se ferait par sources locales à débit brusque presque explosif...

A suivre, il y a trop à dire.

André Brahic



Lits de rivières à la surface de la planète Mars