SATURNE 1980

N.D.L.R. Le 1er décembre 1980, dans un amphithéatre archi-comble du Laboratoire d'Astrophysique de Meudon, André Brahic a rendu compte de son séjour au Jet Propulsion Laboratory de Pasadena. En novembre, il a participé à la réception des signaux envoyés par Voyager 1 (noté V1 dans la suite)au cours de sa rencontre avec le système saturnien. Nous n'avons pas la prétention de reproduire ici l'exposé enthousiaste et passionnant de Brahic qui a duré deux heures et a été illustré de magnifiques projections commentées avec une chaleur et une compétence incomparables. Pour les lecteurs des "Cahiers" nous tentons d'en donner un aperçu et nous remercions l'ami André d'avoir corrigé notre texte avant le tirage.

REMARQUES PRELIMINAIRES.

Il est trop tôt pour faire une synthèse des résultats obtenus par la rencontre V1-Saturne. A.Brahic veut se limiter à dire les émotions qu'il a éprouvées devant tant de découvertes: on s'attendait à voir des choses diverses; on n'a pas été déçu, on en a vues plus que ce qu'on attendait. Le système saturnien, un vrai laboratoire.

Des premiers rapports seront publiés fin janvier 1981, les résultats essentiels au printemps 1981; ce qui n'épuisera pas les données recueillies. En quelques jours de novembre 1980, on a autant découvert sur Saturne et son environnement que tout ce qu'on avait appris depuis Galilée.

A.B. met en garde contre certaines idées reçues: 1) Certains disent "je savais tout ça avant"; c'est évidemment faux. 2)D'autres "depuis la Terre, on ne peut plus rien faire"; c'est tout aussi faux; les observations terrestres sont essentielles par exemple pour suivre longtemps ce que V1 a vu en quelques jours. 3) La mécanique céleste serait remise en question; encore faux: la trajectoire de V1 a été réalisée avec une précision remarquable; elle a apporté des faits nouveaux qui doivent nourrir les travaux modernes de mécanique céleste. 4) Ce sont les américains qui ont tout fait; non, même s'il est vrai que leur oeuvre a été très importante, la participation européenne et en particulier française n'a pas été négligeable. 5) le système découvert est plus compliqué qu'on ne s'y attendait, il semble jeune et instable; non, il est là depuis 4,6 milliards d'années, il est stable, ce qui pose problèmes.

SATURNE AVANT 1980.

Rappel de ce qu'on avait acquis depuis Galilée jusqu'en 1980. Saturne a un diamètre de 60 000 km, sa masse est le trois dix millième de celle du Soleil, sa densité voisine de 1. Sa période de rotation sur elle-même était évaluée à 10h 14 min. Inclinaison de l'équateur saturnien sur l'orbite 27°. C'est la planète la plus aplatie du système solaire. La planète est composée essentiellement d'hydrogène et d'hélium.

On s'intéressait aux anneaux parce qu'un tel système plat peut expliquer comment s'est formé le système solaire,ou encore quelle est la mécanique des système plats tels que les galaxies.

On comparera les premiers dessins de Galilée, la première photo prise en 1883, les dessins d'Antoniadi (1887), de Bernard Lyot (1950) avec les documents recueillis par V1.

En 1980, la Terre est passée deux fois dans le plan des anneaux ce qui a permis de découvrir quatre nouveaux satellites (V1 en découvrira trois autres).

Pioneer 11, lancé en avril 1973 a survolé Jupiter en décembre 1974 et puis Saturne le 1er décembre 1979. Mais la sonde Pioneer tournait sur elle-même alors que V1 est stabilisé et orienté à volonté. De plus en taille et en équipements, de Pioneer à V1 c'est passer de la Renault 5 à l'autobus. (Sur l'exploration de Saturne par Pioneer 11, lire l'article de T. Gehrels dans "l'Astronomie" de novembre 1980).

V1 a été lancé le 5 septembre 1977, a survolé Jupiter le 5 mars 1979 et s'est approché à 124 200 km du sommet des nuages de Saturne le 12 novembre 1980.

L'APPROCHE DE LA PLANETE.

Etant encore à 300 millions de km de Saturne en mars, V1 commençait à prendre des photos de plus en plus révélatrices.

Résumons les principaux aspects: la planète parait entourée d'une brume dans laquelle des taches dues à des mouvements convectifs apparaissent; mais ces taches sont moins nombreuses et moins contrastées que sur Jupiter. Il y a encore des bandes parallèles au plan équatorial; mais sur Jupiter les vents étaient plus violents aux limites des bandes alors que sur Saturne le vent est plus rapide au centre des bandes. A l'équateur saturnien le vent atteint 1 600 km/h, décroit rapidement vers les pôles.

Une équipe radioastronomique de Meudon a précisé la période de rotation propre de la planète: 10h 39min 27s (au lieu de 10h 14min).

Le rapport d'abondance H/He est plus grand que pour Jupiter. Il ne faut pas l'interpréter comme révélateur de la composition initiale de la nébuleuse antérieure à la formation du Soleil et des planètes. Car l'hélium aurait tendance à tomber vers le centre de la planète ce qui serait à l'origine de l'énergie rayonnée par la planète, énergie très supérieure à celle qu'elle reçoit du Soleil.

Sur Saturne, comme sur Jupiter, V1 a photographié des aurores boréales. Le champ magnétique de Saturne est pourtant plus faible; c'est la planète pour laquelle l'axe de rotation et l'axe magnétique sont le plus proche, presque confondus. Par contre, l'activité radio est intense dans l'environnement saturnien; peut-être y a-t-il des sources dans les anneaux.

La magnétosphère a une interaction intéressante avec le vent solaire. Pioneer était passé en 79 alors que l'activité solaire était maximale; la magnétosphère était comprimée, Titan était à l'extérieur. V1 a constaté une situation inverse en 80: moindre activité solaire, magnétosphère plus dilatée, Titan lui étant intérieur. Une raison supplémentaire de s'intéresser à ce satellite.

TITAN.

On savait que Titan avait une atmosphère. Pioneer n'avait pas pu bien photographier Titan alors que V1 s'en est approché jusqu'à 4 500km; avec son atmosphère il est un peu plus gros que Ganymède, sans son atmosphère un peu plus petit. Une taille de planète avec un diamètre de l'ordre de 5000km.

Les photos réalisées par V1 sont peu révélatrices. La surface est couverte de brume, pas de détails permettant d'évaluer la période de rotation

(probablement synchrone avec la révolution autour de Saturne). Le pôle nord a paru un peu plus sombre; est-ce un phénomène de saisons dont le cycle se déroulerait alors en 28 ans ? Problème à suivre.

Les spectres IR et UV ont, par contre, révélé un monde passionnant. Les spectres IR ont montré des températures allant de 170K à 80K; les spectres UV, 70K. En étudiant la réfraction des signaux radio émis par V1 vers la Terre et qui ont traversé l'atmosphère de Titan on a constaté que celle-ci était principalement composée d'azote (avec un petit peu d'argon et de méthane). Intéressant,n'est-ce pas ! Nous connaissons deux planètes à atmosphère de CO_2, Vénus et Mars, deux planètes à hydrogène et hélium, Jupiter et Saturne, et maintenant deux planètes à azote, la Terre et Titan.

Dans le spectre IR apparaît la présence d'acide cyanhydrique, l'une des premières molécules prébiotiques. Il y aurait sur Titan tout ce qu'il faut pour une certaine chimie organique mais on ne sait pas grand chose sur une telle chimie à 80K. En résumé Titan serait un peu comme une Terre en état de froid profond, sans champ magnétique mais en interaction avec la magnétosphère de Saturne; possédant des hydrocarbures et couverte d'un océan d'azote liquide ou tout au moins de marais d'azote. En tout cas, un monde passionnant à étudier en priorité.

LES AUTRES SATELLITES.

Il faut corriger l'idéee que Saturne et ses satellites (ou Jupiter et les siens) sont une image du système solaire. Dans le voisinage immédiat du Soleil, il n'y a presque rien: les quatre planètes telluriques. Près de Saturne, il y a beaucoup de choses, les satellites et les anneaux.

En dehors de Titan, les autres satellites sont très petits et irréguliers, avec des diamètres de l'ordre de 100 km ou de 500 à 800 pour Thétis, Dioné, Rhéa et Japet. Tous ont des densités entre 1 et 1,2; ce sont des blocs de glace; celle-ci, à des températures inférieures à 100 K, est plus dure que le roc.

Sur les satellites anciennement connus: Mimas qui n'a pas 200 km de diamètre a montré un cratère impressionnant (le tiers du diamètre du satellite). C'est lui qui a donné lieu à un titre trompeur du journal "Libération": "Le sein de glace"; c'est plutôt une dépression en forme de bol.

Encelade, un peu plus gros, a une surface lisse. Téthys (diamètre 500 km) montre beaucoup de cratères et une tranchée encore non interprétée. Dioné (diamètre 575 km) montre, comme Japet, un côté sombre et un côté brillant. Rhéa (diamètre 800 km) est cratérisé comme la Lune, Mercure ou Callisto; c'est un autre exemple de sol très ancien, mais ici en glace. Janus avait été observé par Texereau puis Dollfus en 1966. En 1980, lors du passage de la Terre dans le plan des anneaux, des photographies prises au Pic du Midi montraient deux satellites S10 et S11 sur la même orbite proche de l'anneau F, puis S12, précédant Dioné sur son orbite. [cf l'article de A. Brahic "Embouteillages autour de Saturne", La Recherche,sept 80] V1 découvre S13 et S14 dont les orbites encadrent l'anneau F et enfin S15 au ras de l'anneau A.

Pour André Brahic, l'interaction entre un disque et des satellites n'a jamais été complètement étudiée; il pense que deux corps relativement gros comme S13 et S14 (environ 100 km de diamètre) peuvent confiner l'anneau de manière stable.

LES ANNEAUX.

S'ils ont été identifiés par Huygens (1655) et beaucoup observés depuis, V1 va permettre de les voir sous diverses orientations: pendant la phase d'approche du satellite, le Soleil dans le dos, les anneaux visibles par la lumière réfléchie vers l'avant; ensuite, V1 étant sous les anneaux reçoit la lumière diffusée à travers les anneaux; après, pendant que V1 s'éloigne et est orienté vers le Soleil, il reçoit la lumière réfléchie par les anneaux vers l'arrière. D'autre part, V1 observe aussi la projection des anneaux sur la planète.

Grâce à ces divers éclairages, aux spectres IR, à l'effet d'occultation par les anneaux des signaux radio envoyés par V1, on peut se faire une idée de leur composition (eau, ammoniac) ainsi que sur la taille des particules qui les constituent. Exemple: dans l'anneau C la taille moyenne des particules serait de l'ordre du mètre, mais toutes les tailles existent.

Trait essentiel: les anneaux sont subdivisés en plusieurs centaines d'anneaux concentriques, les zones baptisées antérieurement ABCDEF subsistant pour réunir des groupes de caractères différents. L'anneau A est régulier et assez opaque. La division de Cassini (de l'ordre de 5 000 km) n'est pas vide comme on le croyait mais remplie d'une centaine de fines structures. L'anneau B, très complexe, est le plus opaque. L'anneau C, plus bleuté est assez transparent. Entre C et Saturne, il y a sûrement des matériaux très fins. L'anneau F entre les orbites de S13 et S14 a paru torsadé (on a parlé des "tresses de Bavaroise") ce qui donne l'aspect d'agglomérations de lumière.

Enfin, V1 a photographié dans les anneaux des structures radiales, des "doigts" qu'on peut interpréter comme des boursouflures commandées par des orages magnétiques.

FAREWELL VOYAGER ONE.

V1 s'éloigne maintenant de Saturne et va s'échapper du système solaire. Non sans avoir envoyé ses messages à la Terre aussi longtemps qu'il le pourra: renseignements intéressants sur l'espace interstellaire...

André Brahic termina son exposé par la projection de deux films. Le premier, réalisé en animation, explique le fonctionnement de la sonde et montre sa maniabilité. Le second, par réunion de photographies prises par V1, montre en accéléré la rotation des anneaux et des satellites qui leur sont associés: 45 secondes d'un cinéma -vérité qui valent de longs métrages. Un seul regret: que Galilée n'ait pas vu ça.

Mais ceux qui ont écouté André Brahic n'ont rien regretté !

(Rédaction Gilbert Walusinski)

N.D.L.R. Les documents photographiques reproduits dans les pages suivantes nous ont été amicalement prêtés par A. Brahic. On ne peut que regretter que le mode de reproduction des "Cahiers Clairaut"ne leur rende pas justice. Nous espérons cependant qu'ils aideront à illustrer les descriptions données dans le texte ci-dessus.

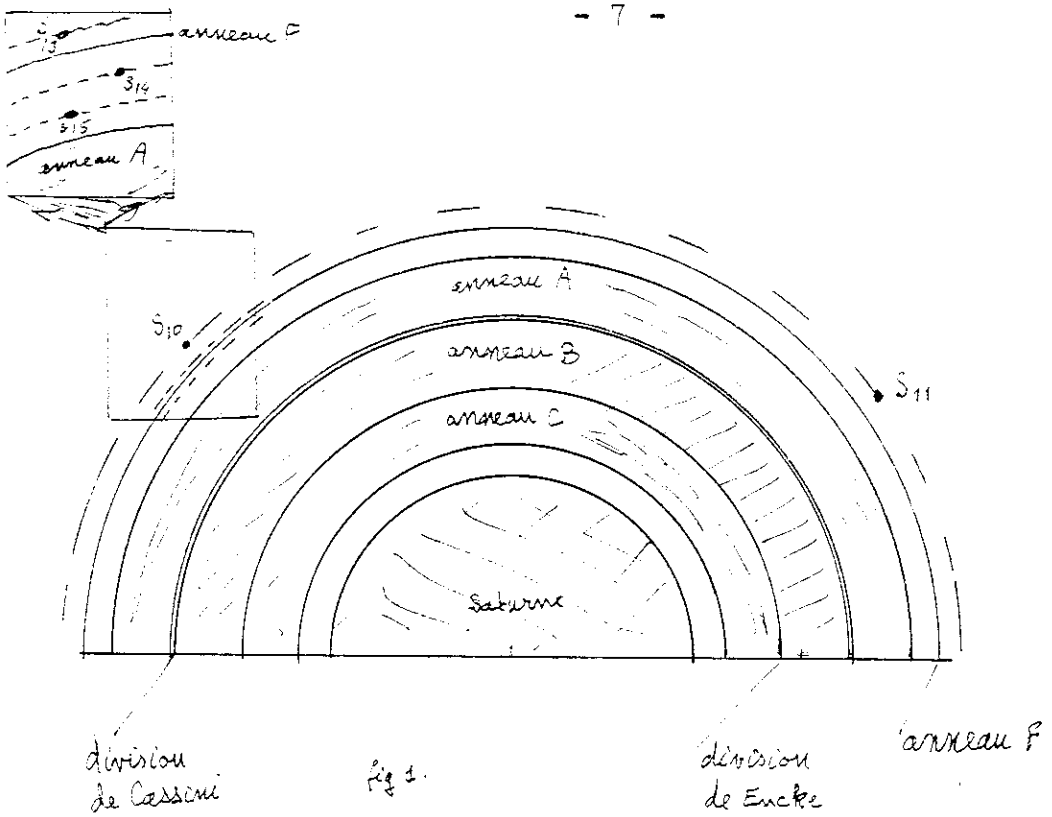


Fig 1.

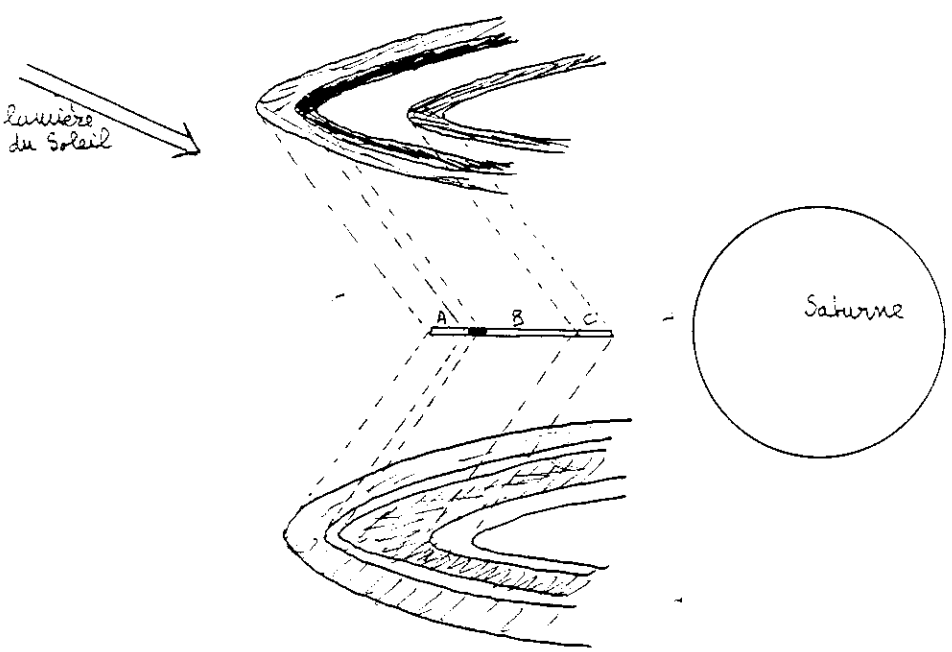
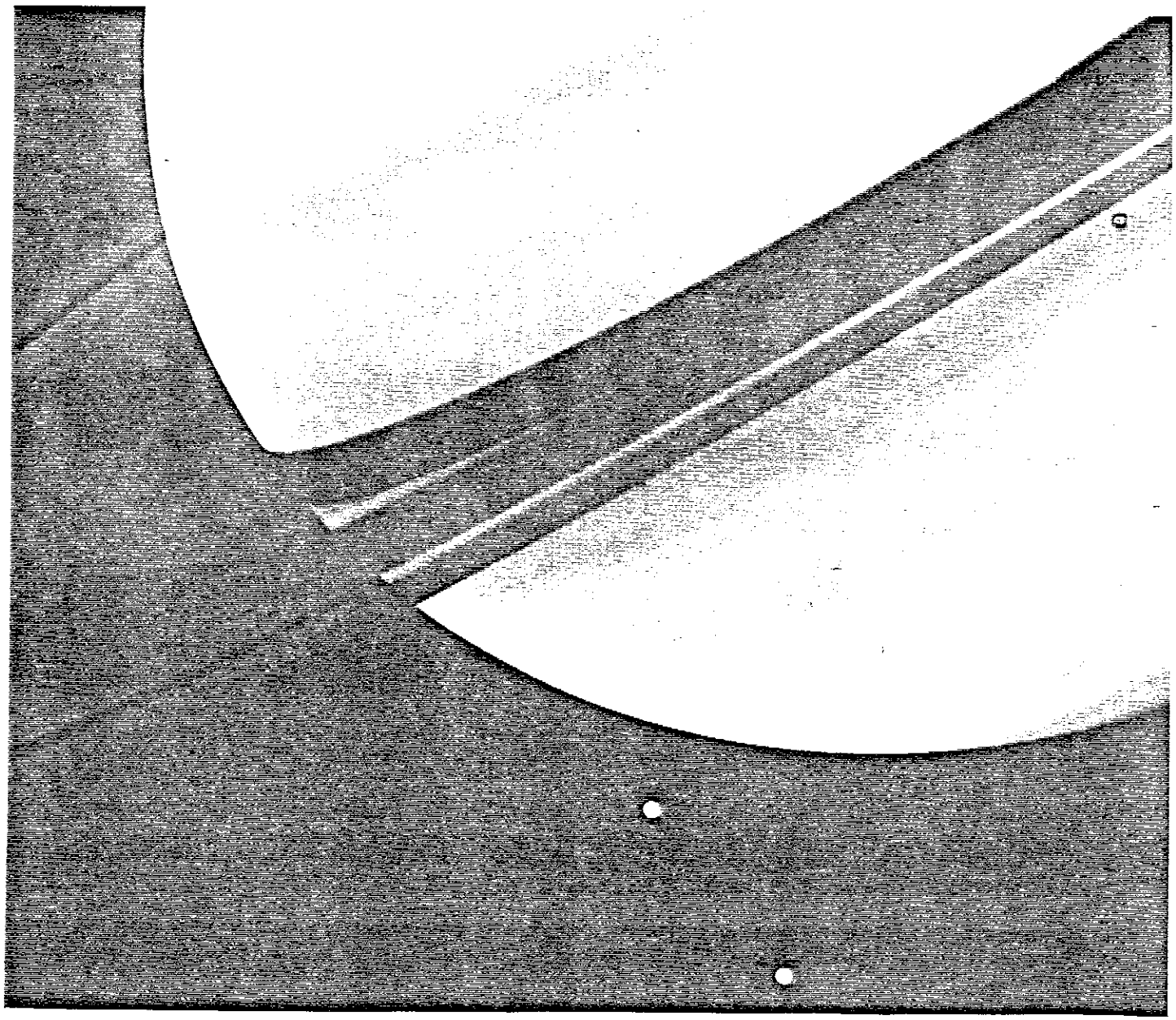
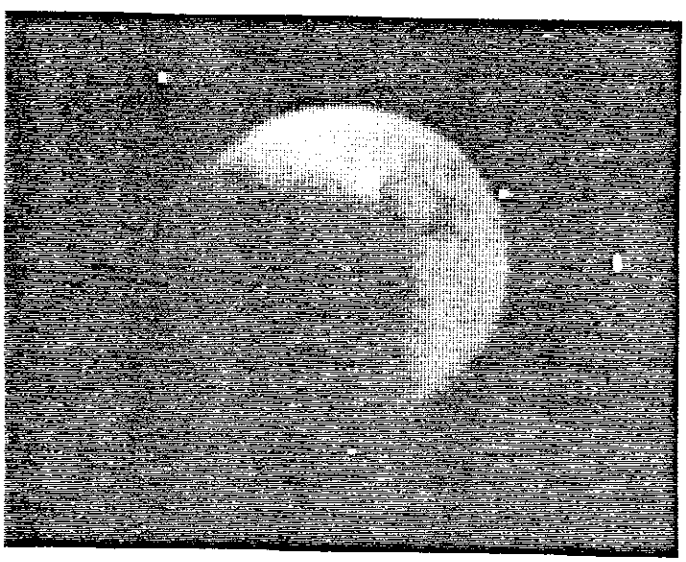


Fig 2. En haut, aspect des anneaux en lumière réfléchie. La division de Cassini paraît sombre et vide ; l'anneau C a l'aspect « anneau de crêpe ».

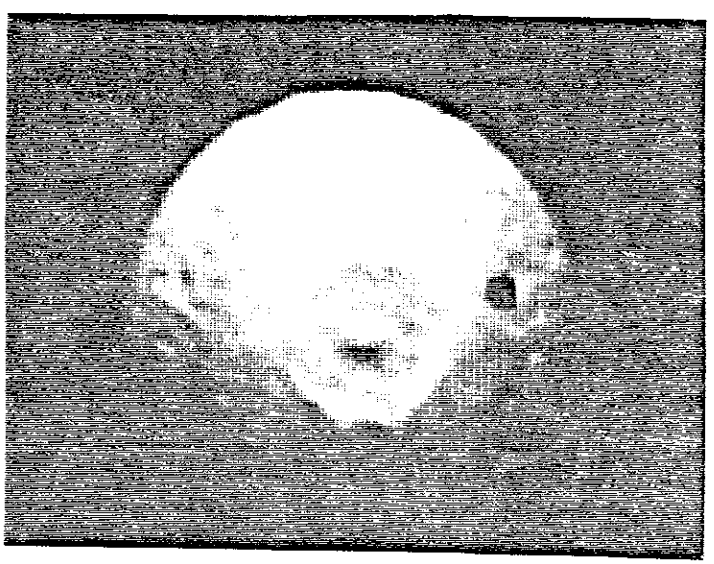
En bas, aspect des anneaux en lumière diffusée. La division de Cassini est claire ainsi que l'anneau C



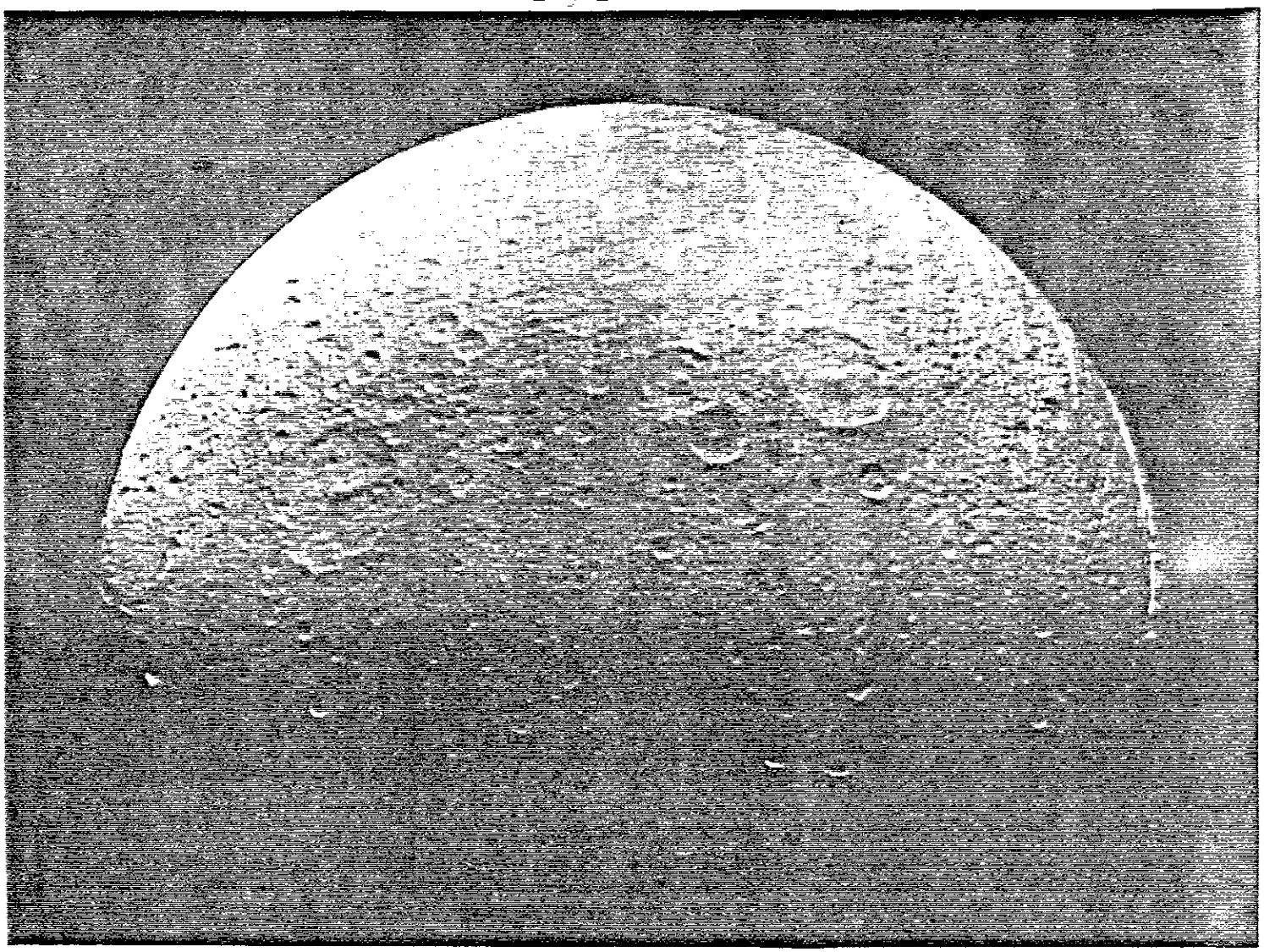
Saturne, Téthys (en bas) et Dioné photographiés le 3 nov. 1980 à une distance de 13 millions de km. On remarque en particulier les ombres des anneaux sur le globe et le limbe de la planète vu à travers la division de Cassini.



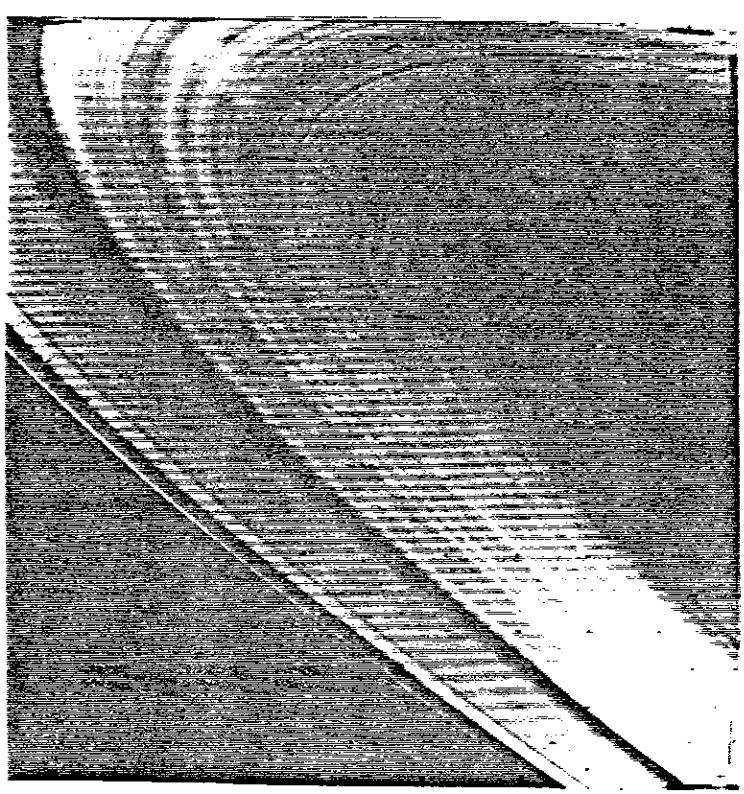
Japet, photographié le 12 nov. 1980, à une distance de 3,2 millions de km.



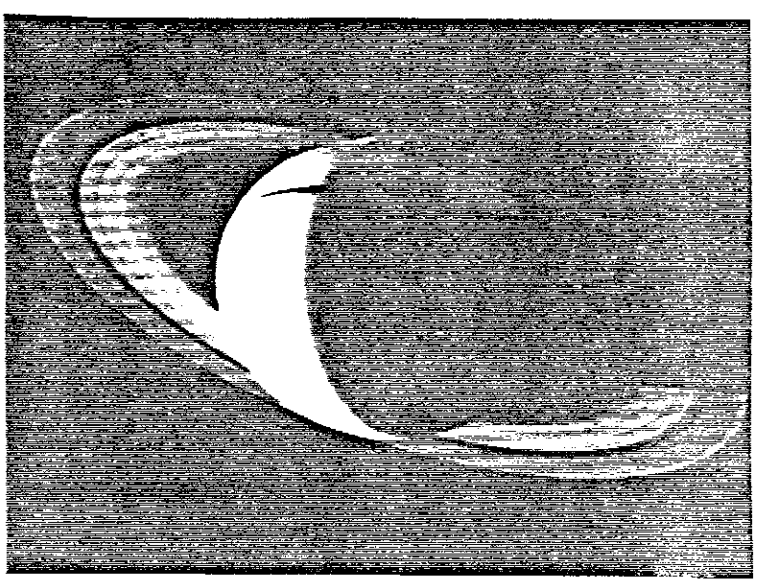
Mimas, photographié le 12 nov. 1980 à une distance de 660 000 km environ.



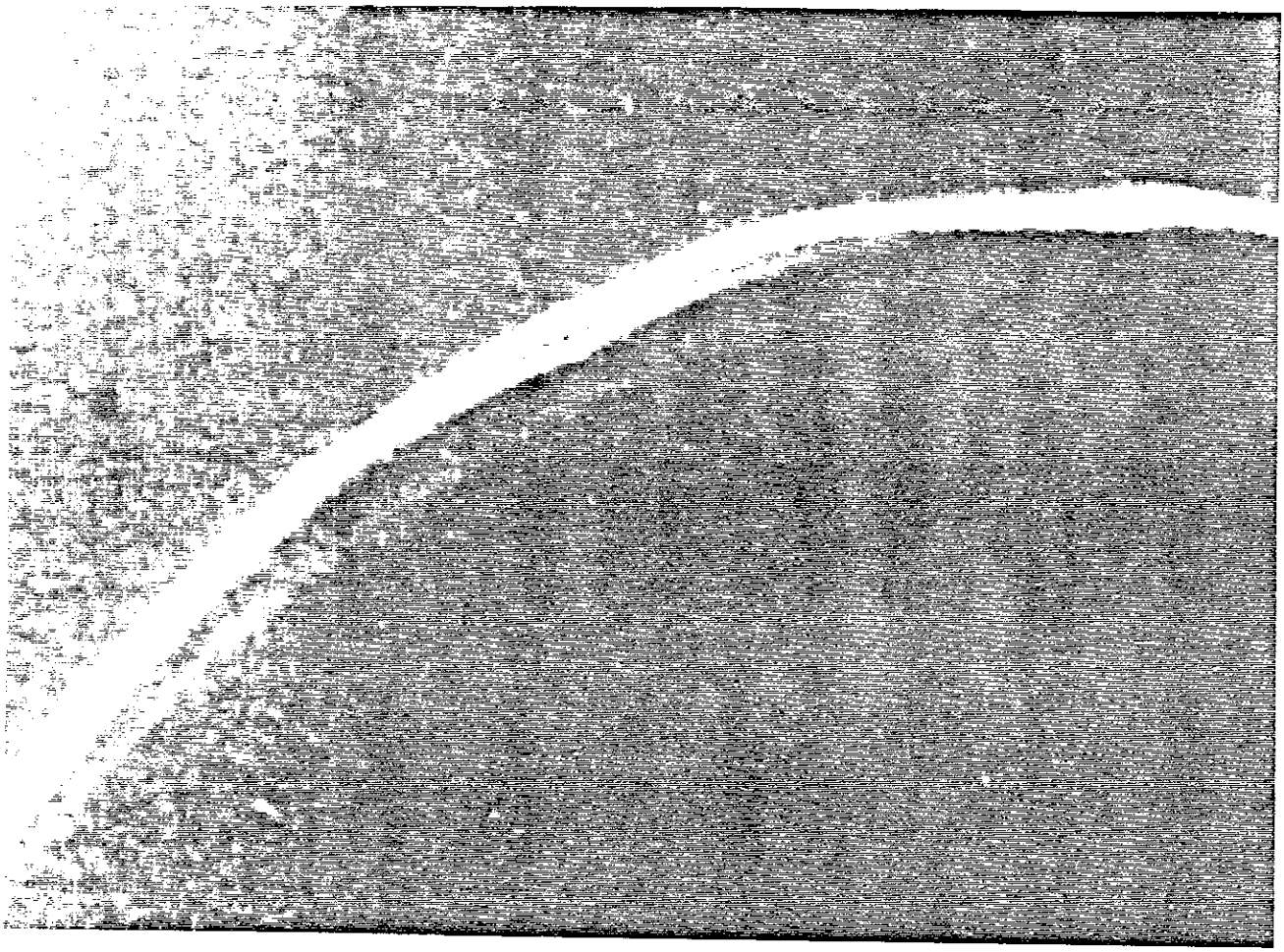
Dioné, photographié le 12 nov.1980 à une distance de 162 000 km



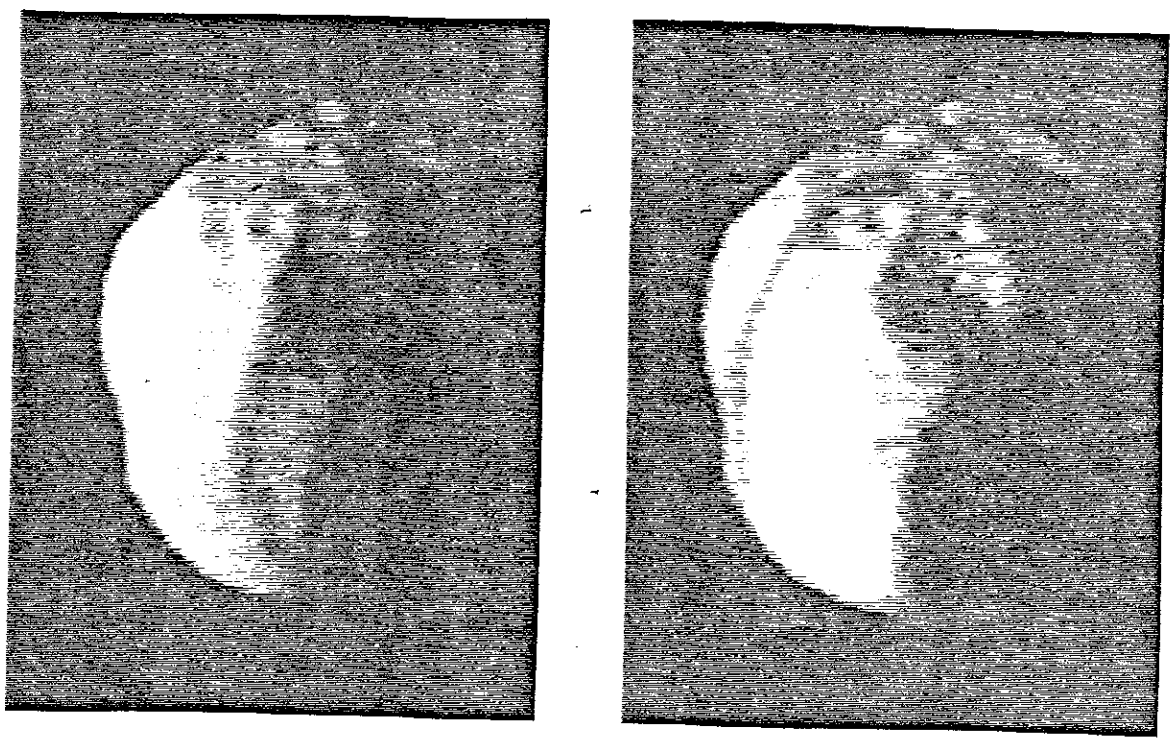
Le détail des anneaux et les structures en forme de doigts.



Saturne vu par VoyagerI en phase de croissant.



La structure complexe de l'anneau F de Saturne.



Clichés du satellite S 11, pris à 13 minutes d'intervalle le 12 nov. 1980 à une distance de 177 000 km environ; l'ombre circulaire qui traverse le satellite sur le cliché de droite est probablement celle d'un anneau étroit et lointain de Saturne situé à quelques milliers de km du satellite.