

"CLUB DU TEMPS LIBRE"

Mardi 8 Décembre 1981

Exploration de Saturne et de ses satellites à l'aide  
des sondes Voyager

Madame LEBLANC, astronome à l'Observatoire de Meudon, devant 80 personnes, a traité avec une haute compétence, avec aisance et clarté, le sujet : "Exploration de Saturne et de ses satellites à l'aide des sondes Voyager".

Elle a illustré son exposé par des diapositives rapportées de la NASA.

Avec les grandes découvertes spatiales de ces 3 dernières années, Viking, Pioneer, Voyager, nous assistons à une véritable explosion de nos connaissances sur le système solaire. Les répercussions de ces découvertes sont très importantes car c'est l'histoire même de l'Univers et de l'évolution de notre planète qui est concernée. Qu'en est-il exactement ?

Avant de donner les résultats des Voyager sur Saturne, Madame LEBLANC a rappelé dans une première partie la place de Saturne dans le système solaire ; dans la deuxième partie elle a présenté les caractéristiques du système de lancement et des sondes Voyager, de la télémétrie et des trajectoires.

Elle a présenté en 3ème partie les observations de Saturne, de ses anneaux et de ses satellites.

En conclusion elle a montré qu'elles sont les implications de ces découvertes sur la connaissance de notre système solaire

I.- SATURNE ET LE SYSTEME SOLAIRE.-

Selon les théories classiques, notre système solaire s'est formé par contraction lente d'une masse gazeuse en rotation : la nébuleuse primitive. Les différentes planètes se sont formées par l'accrétion (1) des divers éléments se trouvant dans la nébuleuse (schéma 1).

---

(1) accrétion : accroissement de masse que subit une étoile et dû à la force de gravitation exercée par cette étoile sur la matière interstellaire environnante.

Près du Soleil qui est au centre, où la température est très élevée, les éléments légers tels que l'Hydrogène et l'Hélium s'évadent. Il est donc naturel de ne pas trouver la même composition chimique pour toutes les planètes.

Alors que les planètes géantes sont d'énormes masses gazeuses constituées d'Hydrogène et d'Hélium, les planètes terrestres (Mercure, Vénus Mars, Terre) sont composées d'éléments plus lourds (schéma 2.). Les planètes géantes ont un système important de satellites que n'ont pas les planètes terrestres. Ceci est dû à 3 facteurs :

- leur distance au soleil,
- leur période de rotation,
- leur masse.

En effet, le Soleil, proche des planètes terrestres, capture les satellites des planètes. Si par exemple la Lune était plus éloignée de la Terre, elle serait capturée par le soleil.

#### a.- Distances des planètes à la terre.-

Sur le schéma 3 sont représentés les distances respectives des planètes au soleil. Les planètes terrestres sont proches du soleil. Les planètes géantes en sont éloignées.

Les temps indiqués sur le schéma représentent les durées nécessaires pour qu'un signal électromagnétique parcourt la distance entre la planète et la Terre (vitesse du signal : environ 300.000 Km/sec).

Par exemple : la lumière du Soleil met 8 minutes pour nous atteindre. Quand nous envoyons un signal de la Terre vers Jupiter, il mettra 46 minutes pour y arriver.

#### b.- Différences entre une planète terrestre et une planète géante.-

Sur le schéma 4 sont représentées deux planètes types : Jupiter une planète géante et une planète terrestre : la Terre.

Ces planètes, comme il y a été dit précédemment, ne se sont pas formées de la même manière.

Les planètes terrestres se sont formées près du soleil et se sont refroidies très rapidement si bien qu'il y a eu formation d'une croûte. Les planètes terrestres sont formées de matériaux lourds et en particulier de métaux.

Les planètes géantes, quant à elles, sont formées de matériaux légers en particulier d'Hydrogène et d'Hélium.

La Terre tourne sur elle-même en 24 heures, les planètes géantes ont des vitesses de rotation beaucoup plus grandes.

Saturne a une période de rotation de 10 heures 40 minutes.

Les planètes terrestres ont peu ou pas de satellites tandis que les planètes géantes en ont parfois un nombre assez grand (Saturne : 16 actuellement connus).

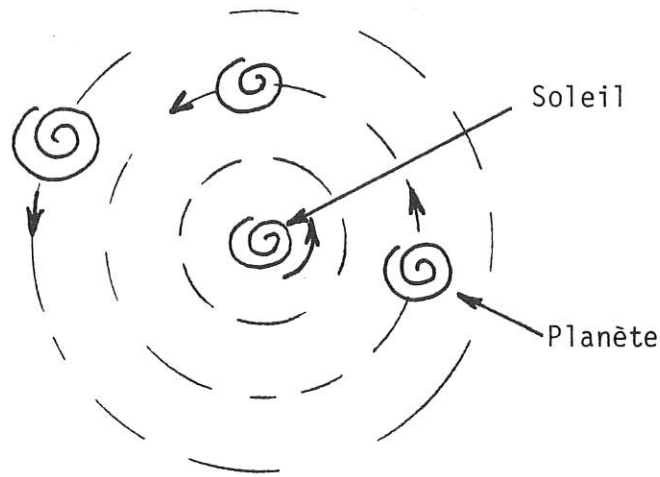


Schéma 1 :  
Formation du  
système solaire

Rayon équatorial

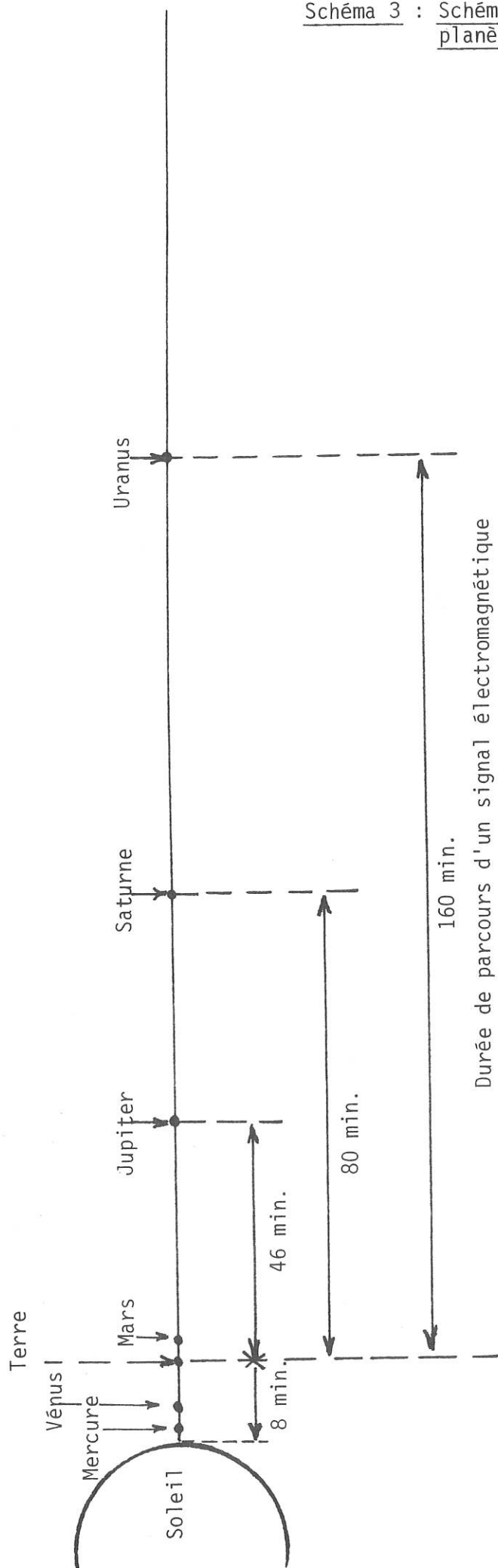
0,38	●	Mercure	} Planètes terrestres
0,97	●	Vénus	
1	●	Terre	
0,53	●	Mars	

11,26		Jupiter	} Planètes géantes, au-delà de 1
9,47		Saturne	
4,06		Uranus	
3,58		Neptune	

Schéma 2 :  
Les rayons équatoriaux  
des planètes par rapport  
à celui de la Terre pris  
comme unité.  
 Rayon de Pluton au-delà  
 de Neptune : 1,17

Distance Terre → Jupiter = 800 millions km environ  
 Distance Terre → Saturne = 2 milliards km environ

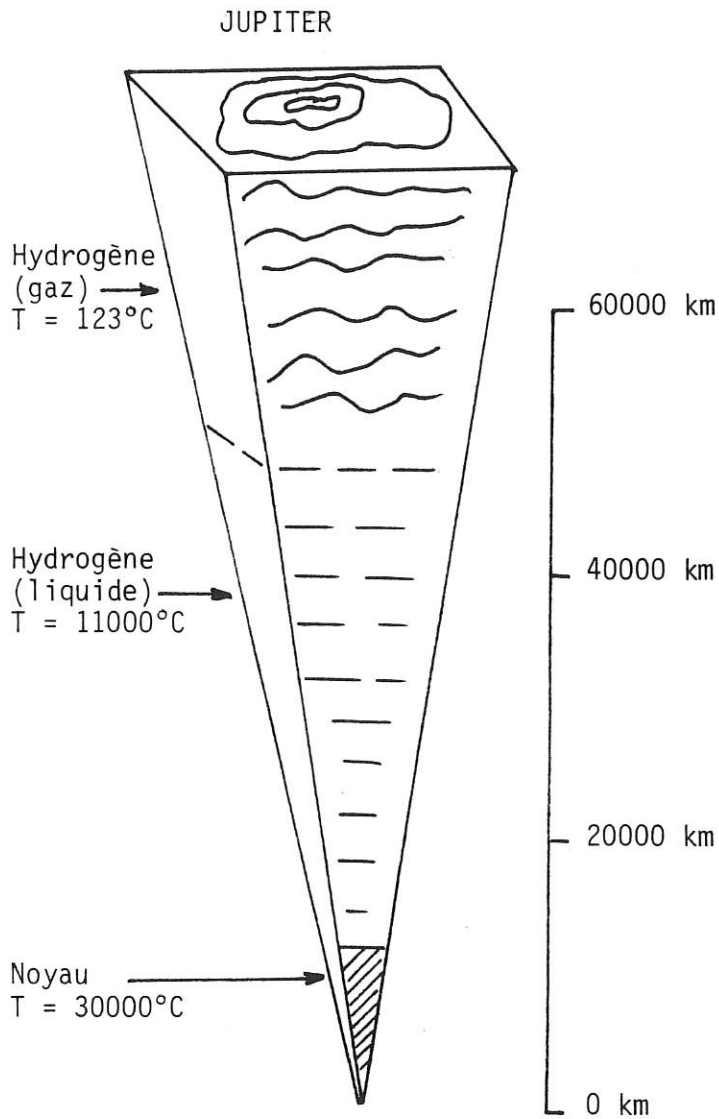
0 → 1 milliard de km  
 Echelle approximative



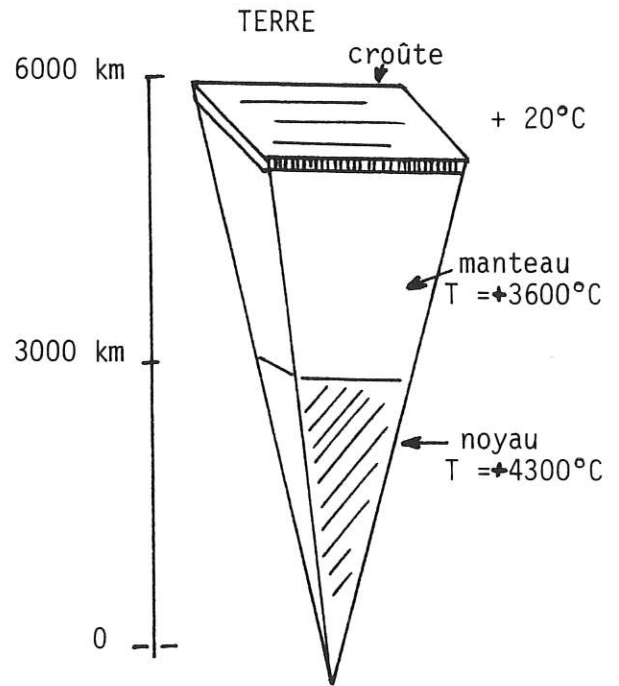
Durée de parcours d'un signal électromagnétique

Schéma 3 : Schéma des distances des planètes au soleil.

Planète géante



Planète terrestre



Formation :	Température basse	...	élevée
Composition :	Hydrogène	...	métaux
Rotation :	Rapide (11 h pour Saturne)	...	lente (24 heures)
Satellites :	Nombreux	...	peu

Schéma 4 : Comparaison entre les structures des planètes géantes et des planètes terrestres

## II.- MISSION VOYAGER.-

Les buts scientifiques de cette mission sont nombreux :

- l'exploration de Jupiter et ses satellites,
- l'exploration de Saturne et ses satellites,
- l'exploration d'Uranus.

On veut en connaître :

- leur dimension,
- leur masse,
- leurs propriétés magnétiques,
- leur composition chimique,
- l'atmosphère : vitesse des vents, température, composition, pression.
- la magnétosphère de ces planètes, c'est à dire l'étude de l'enveloppe qui entoure le champ magnétique de la planète (schéma 5.).

C'est un programme très ambitieux et très vaste.

Il a été cependant entièrement réalisé grâce aux 11 expériences qui ont été montées sur les 2 sondes Voyager.

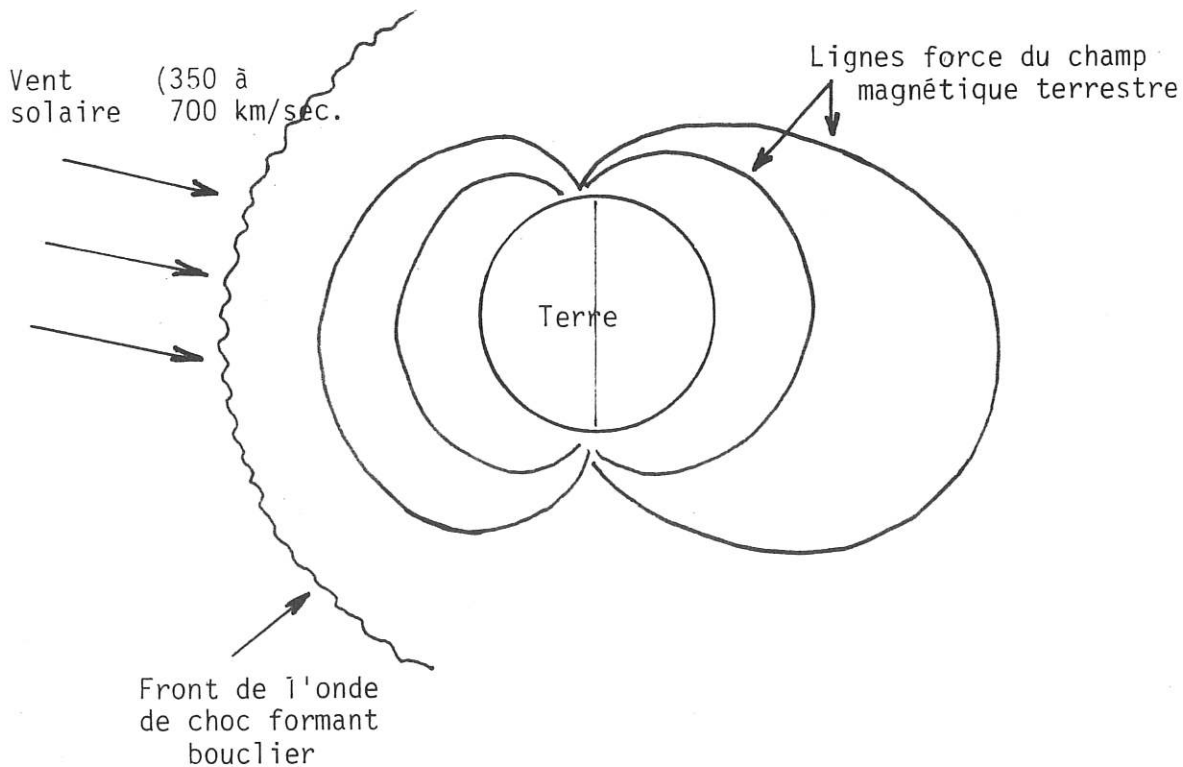


Schéma 5 : La magnétosphère

a.- La Sonde :

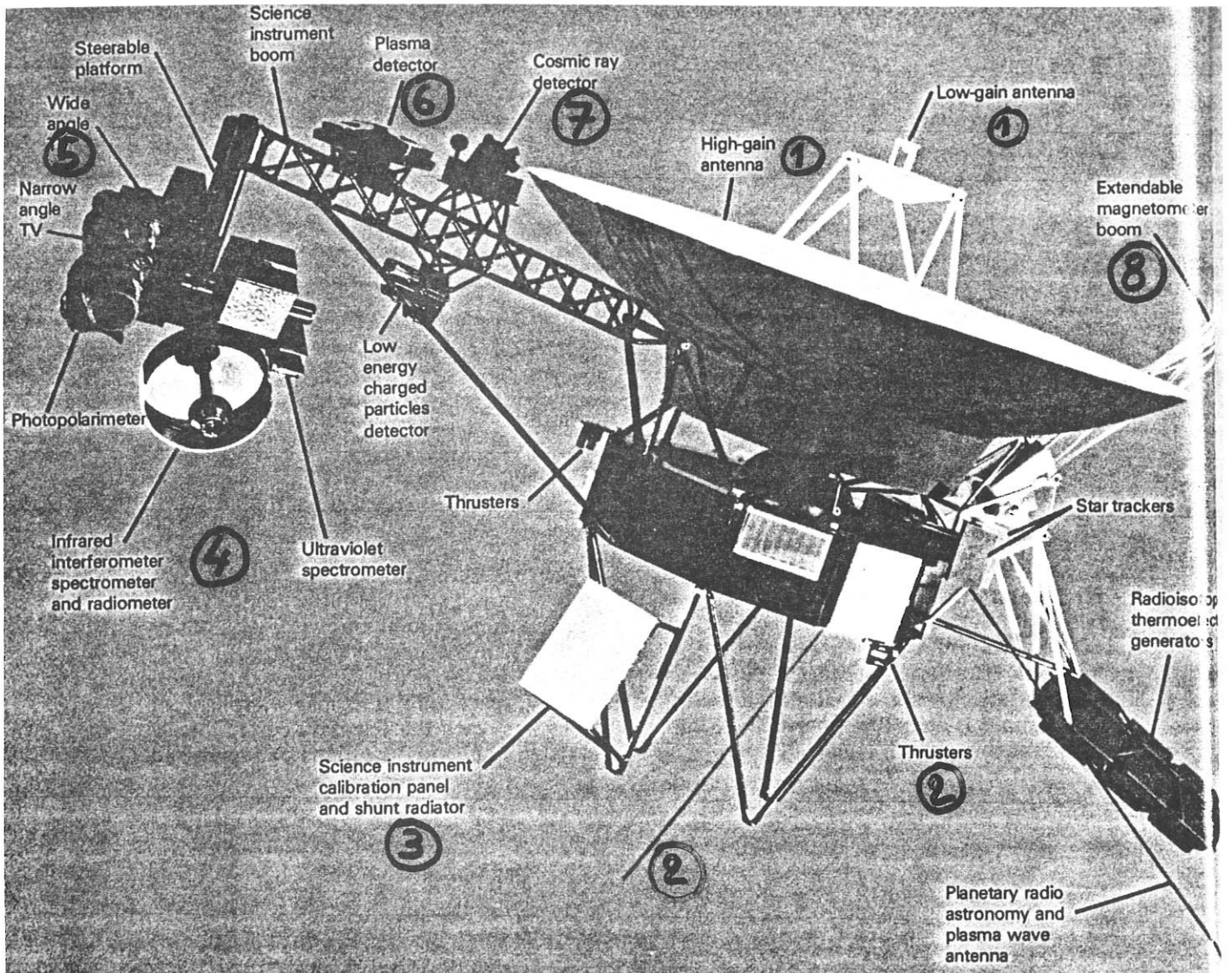


Schéma 6 : Sonde Voyager.

- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Antennes paraboliques           | 5. Caméras de Télévision         |
| 2. Antennes réceptrices            | 6. Détecteur de plasma           |
| 3. Plaque de radiateur             | 7. Détecteur de rayons cosmiques |
| 4. Spectomètres et interféromètres | 8. Magnétomètre                  |

Elle comporte entre autres choses :

- une antenne de télémétrie très importante (3,7 mètres de diamètre).
- 1 bras commandant une plate-forme mobile.

Sur cette plate-forme sont placées des expériences (caméras de télévision, photopolarimètre, expérience en ultra-violet et infra-rouge).



La puissance électrique est fournie par des générateurs à radio-isotopes à base de plutonium radioactif qui, en se désagrégant, fournit de la chaleur, transformée en énergie électrique. On récupère ainsi 450 watts (au lancement). Cette quantité d'électricité diminue par la suite pour atteindre 400 watts quand la sonde est au voisinage de Saturne.

b.- Le lanceur utilisé devait être très puissant. Il s'agit du lanceur Titan Centaure formé de l'association de 2 fusées.

L'ensemble fait 50 m de haut et pèse 700 tonnes.

La sonde Voyager 1 pèse 825 Kg et est munie de 117 appareils.

La poussée du lanceur est de 20.000 Kg. Le combustible utilisé est de l'oxygène et de l'hydrogène liquide.

56 minutes après le lancement, la sonde est sur la trajectoire qui la conduit vers Jupiter et Saturne.

c.- Trajectoire : Les 2 sondes furent lancées presque en même temps : Août et Septembre 1977. Leur vitesse moyenne était de 54.000 km/heure soit 15 km/seconde.

Nous voyons sur le schéma 7 l'orbite de Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

La 1ère sonde est passée près de Saturne à 126.000 Km le 12 novembre 1980 puis elle a continué son voyage au-delà des limites du système solaire.

La 2ème sonde rencontrera Uranus en 1986 et Neptune en 1989, après qu'elle eut rencontré Saturne.

### III.- SATURNE.-

Saturne est sans doute le plus bel objet que l'on puisse voir dans le ciel ; on l'appelle la merveille des planètes ; c'est Galilée qui l'observa le premier en 1610, mais c'est Huyghens qui identifia l'anneau de Saturne. Cassini plus tard a découvert que cet anneau était divisé.

1ère diapositive : Sur une première diapositive nous voyons une partie sombre appelée "la division de Cassini".

2ème diapositive : Sur une deuxième, nous voyons Saturne photographié par Voyager à 76 millions de km de la Terre. Nous voyons apparaître beaucoup plus de 2 anneaux. Les points brillants sont des satellites de Saturne. Sur la planète nous voyons des bandes horizontales comparables à celles observées sur Jupiter.

3ème diapositive : Voici une vue de Jupiter prise à 9 millions de km. Nous voyons des tourbillons dans la zone sombre et une onde longitudinale dans la zone bleue. On peut discerner des détails larges : 175 km sur ce cliché.



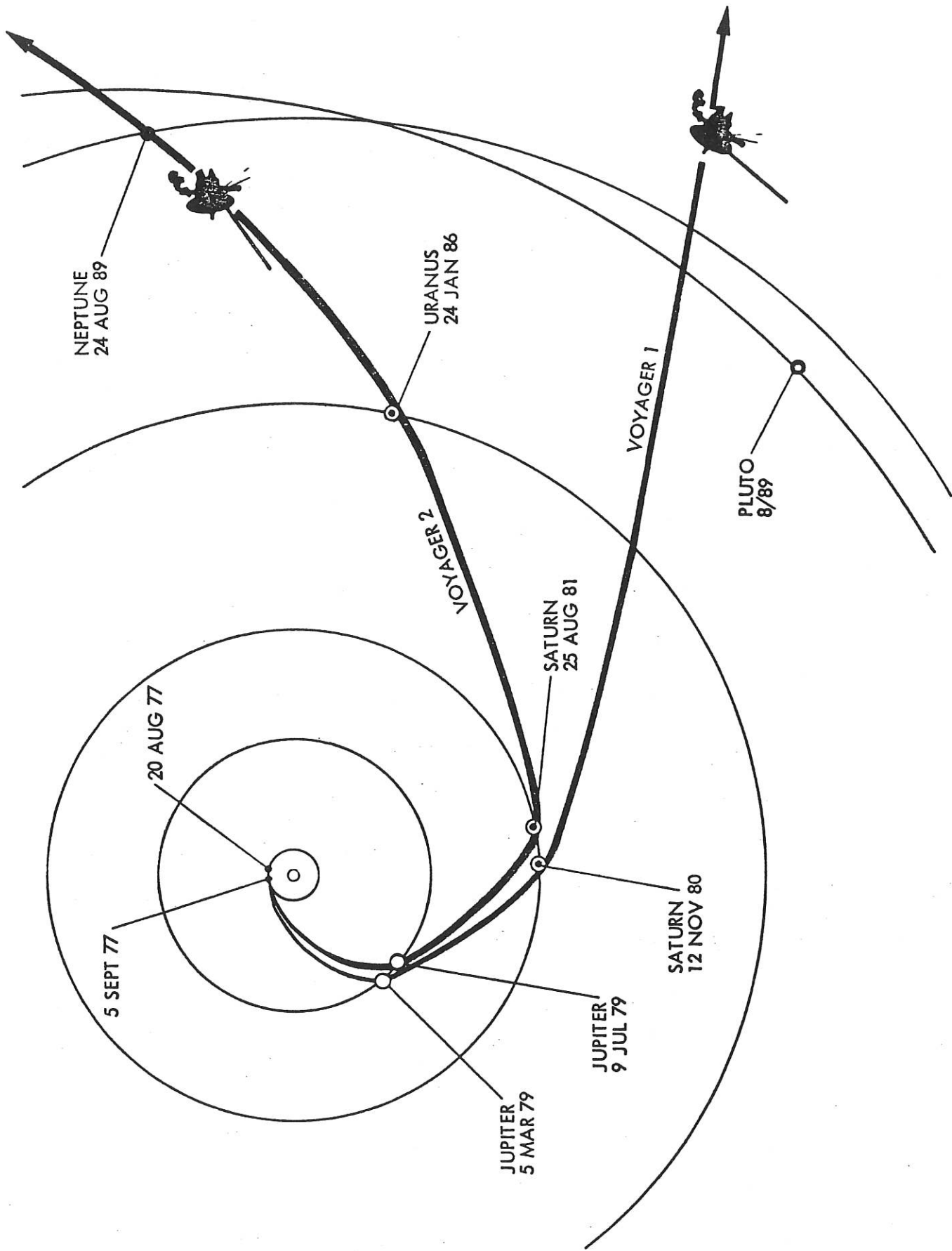


Schéma 7 : Les trajectoires des deux Voyager

4ème diapositive : Elle montre des bandes horizontales et des taches sombres qui ressemblent beaucoup à la grande tache rouge observée sur Jupiter mais à plus petite échelle. Elles sont dues à des mouvements de convection de gaz chauds qui s'élèvent comme des champignons dans l'atmosphère plus froide.

Ces taches ne sont donc pas statiques mais dynamiques car l'on peut voir sur Jupiter sans cesse des mouvements circulaires.

5ème diapositive : C'est le pôle Sud de Saturne. On voit des ondulations longitudinales de faibles amplitudes et de toutes petites zones de convection.

## 1.- L'atmosphère de Saturne.

Vents : Les bandes horizontales que nous avons vues sont dues aux vents très forts qui soufflent dans l'atmosphère de Saturne. Leur vitesse atteint à l'équateur 1800 km/h (sur Terre : 110 km/h). Cette vitesse diminue vers les pôles. Ceci est la conséquence de la vitesse de rotation linéaire différente entre un point situé à l'équateur et au pôle.

Sur le schéma 8 où sont portées en abscisses la vitesse des vents et en ordonnées la latitude, on voit à l'équateur des vents très forts, qui décroissent à des latitudes moyennes. A partir de là la direction des vents est inversée.

Les petites flèches représentent les tourbillons qui se forment à la surface de la planète.

Les traits en pointillé représentent les bandes colorées que l'on voit à la surface de la planète.

Le schéma 9 nous explique la présence des tourbillons énormes que l'on a observés sur Jupiter et Saturne. L'intérieur de la planète est faite d'une couche de gaz chauds qui, en arrivant à la surface, vont être en contact avec des gaz beaucoup plus froids. Il va se former alors des espèces de champignons.

Composition de l'atmosphère : 90% d'Hydrogène et 11% d'Hélium.

La température y est de - 150°C.

## 2.- Les anneaux.

Une diapositive montre les anneaux de Saturne photographiés à 1,5 millions de km. On se rend compte qu'il y en a quelques centaines, peut-être quelques milliers. La surface ressemble à un véritable disque microsillon.

Les anneaux n'ont pas la même couleur en allant du centre vers l'extérieur. Ceci est dû à la différence des dimensions des particules qui composent ces anneaux et à leur composition. On reconnaît aussi la division de Cassini et ce que l'on avait appelé les anneaux A, B, C, D,

# VENTS

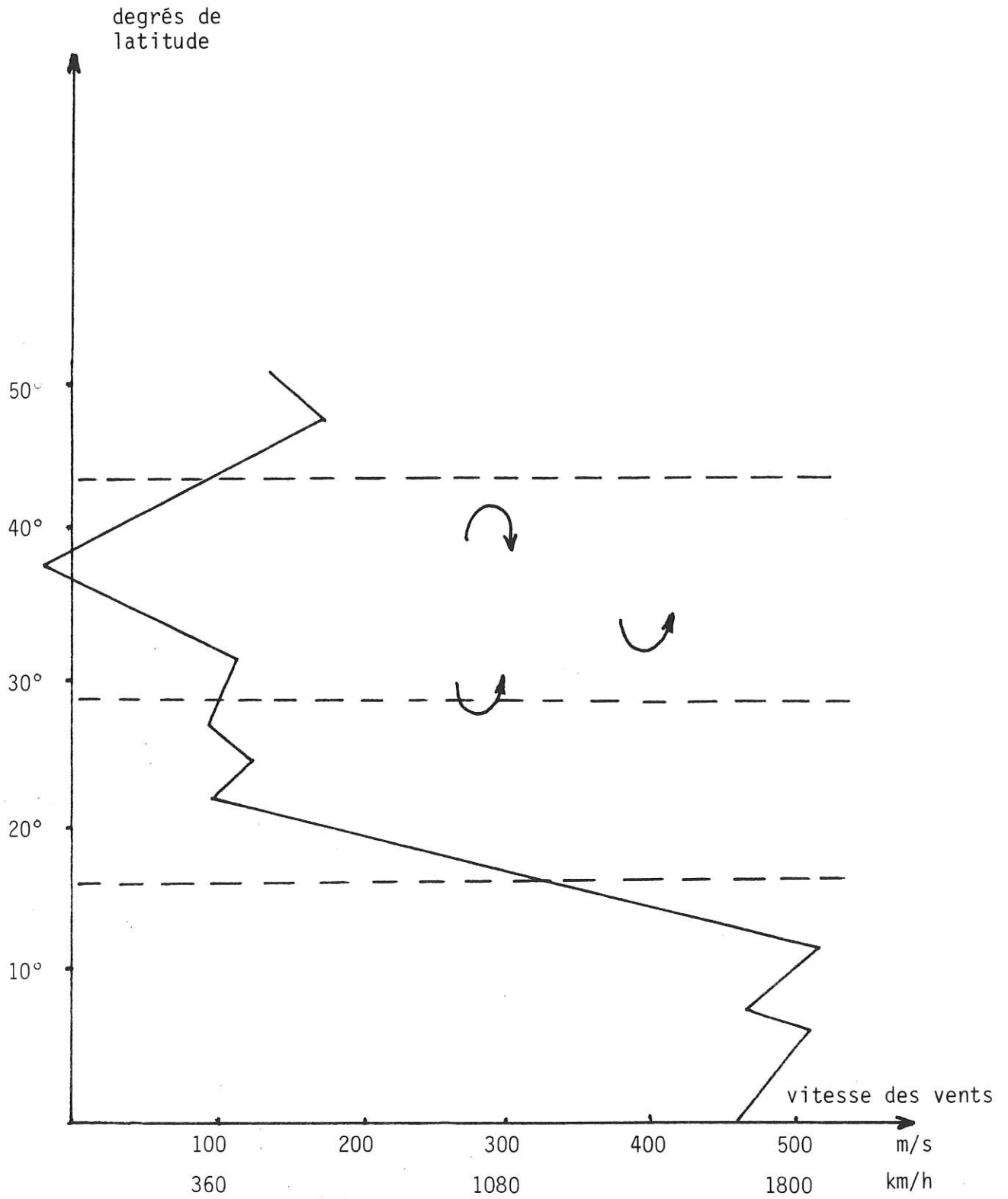


Schéma 8 : Vitesses des vents suivant la latitude.

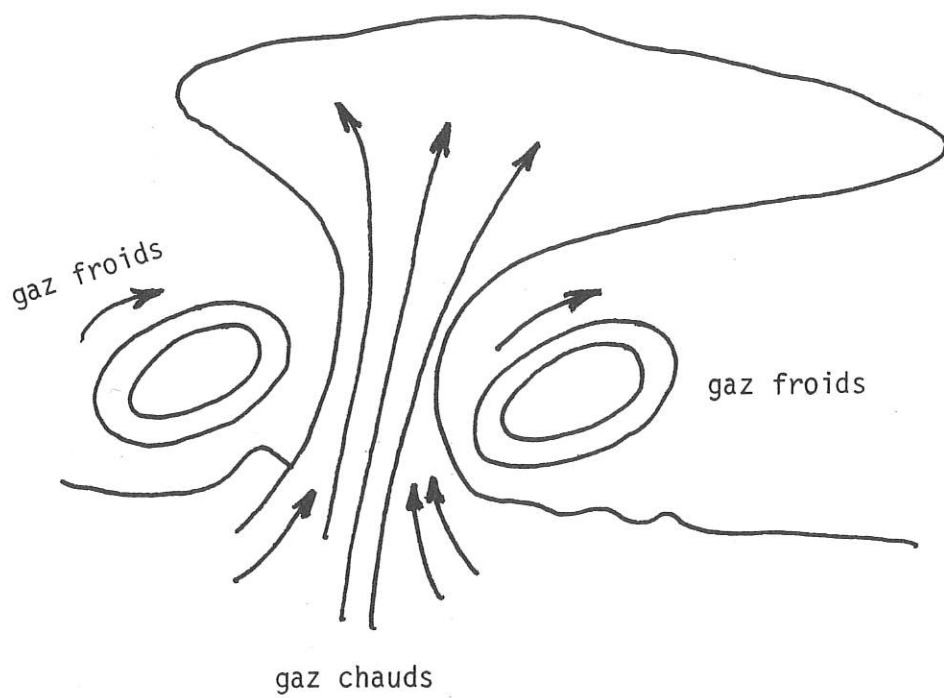


Schéma 9 : Schéma sur la formation d'un "champignon".

G, F. En réalité chacun de ces anneaux est composé d'une centaine d'anneaux (annelets) que nous voyons mieux sur la diapositive suivante. (schéma 10).

Ils s'étendent sur 65000 km. Leur épaisseur est très faible : quelques kilomètres seulement. La largeur d'un anneau peut être inférieure à 10 kilomètres.

Nous voyons ensuite une séquence de 6 clichés pris à 15 minutes d'intervalle. On remarque des ombres dans l'anneau B. Ces taches sombres appelées "spokes" (rayon d'une roue) sont dues à des mouvements de matière (particules de faible dimension). Nous voyons ces taches sombres se déplacer d'un cliché à l'autre ; leur mouvement est indépendant de celui des anneaux. On pense qu'ils sont produits par des forces magnétiques et électrostatiques.

La diapositive suivante montre 2 anneaux qui s'enchevêtrent. Leur dimension est de 35 km environ. Il est impossible d'expliquer actuellement par la mécanique céleste et les forces de gravitation ce phénomène.

La plupart des anneaux sont concentriques, cependant on a pu identifier au moins 2 anneaux excentriques que l'on peut voir sur le cliché suivant.

### 3.- Satellites.

Sur les schémas 10 et 11 on voit des petits satellites comme Mimas, Encéladus, Téthys, Dioné, Réa, qui sont proches de Saturne et Titan qui en est éloigné.

On voit sur le schéma 11 la distance relative à ces satellites ainsi que leurs dimensions relatives mesurées en prenant comme unité le rayon de Saturne. Indépendamment de ces satellites qui étaient déjà connus, on a découvert au total 16 satellites. Il y en a probablement d'autres, mais ils n'ont pas été encore repérés sur les clichés. On sait maintenant qu'il y a 2 satellites sur deux orbites très proches. Comment se fait-il qu'ils n'entrent pas en collision ? (schéma 12). Un satellite A (celui qui a l'orbite plus petite) a une vitesse plus grande que l'autre. Au bout d'un certain temps il rattrape le satellite plus lent B. A ce moment là, il y a inversion des vitesses. En effet le satellite lent va avoir tendance à donner une partie de son énergie au satellite rapide. Il va être ainsi propulsé sur l'orbite extérieure tandis que le lent va être propulsé vers l'intérieur ; le satellite sur l'orbite interne va donc aller plus vite que l'autre. Ainsi il n'y a pas collision.

#### Titan.-

C'est le plus gros satellite ; son diamètre dépasse 5000 km.

Avant même que Voyager n'atteigne Saturne, Titan apparaissait aux astronomes comme un satellite particulièrement intéressant. Voyager 1 s'en est approché de 2.500 km.

En effet, on avait pu détecter une atmosphère à sa surface, comprenant du méthane ( $\text{CH}_4$ ) et aussi de l'azote liquide à  $-180^\circ\text{C}$  ce qui laisserait supposer la possibilité d'un embryon de vie. Mais la température de Titan est trop basse ( $-100^\circ\text{C}$  environ) donc cette possibilité est to-

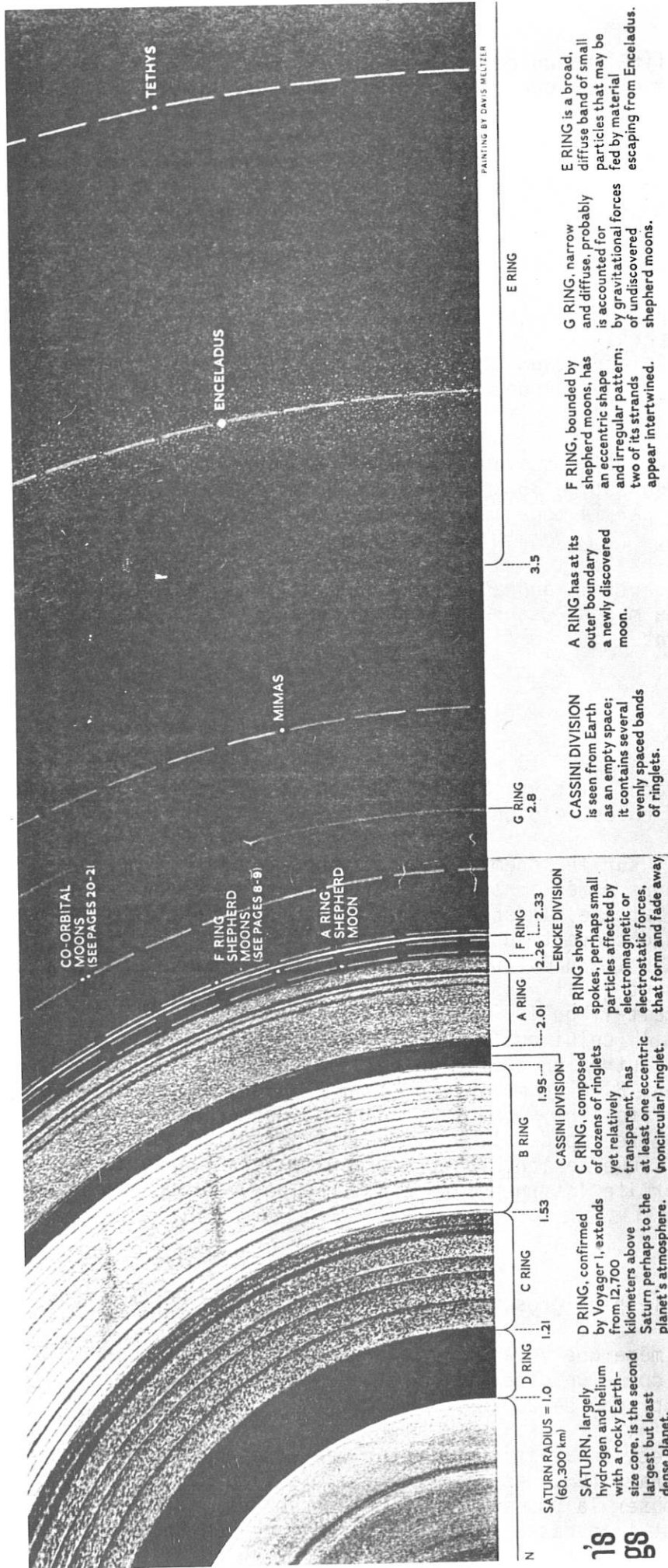


Schéma 10 : Les multiples anneaux de Saturne.

codifiés de l'intérieur vers l'extérieur  
 D C B || A F G E  
 division  
 de  
 Cassini

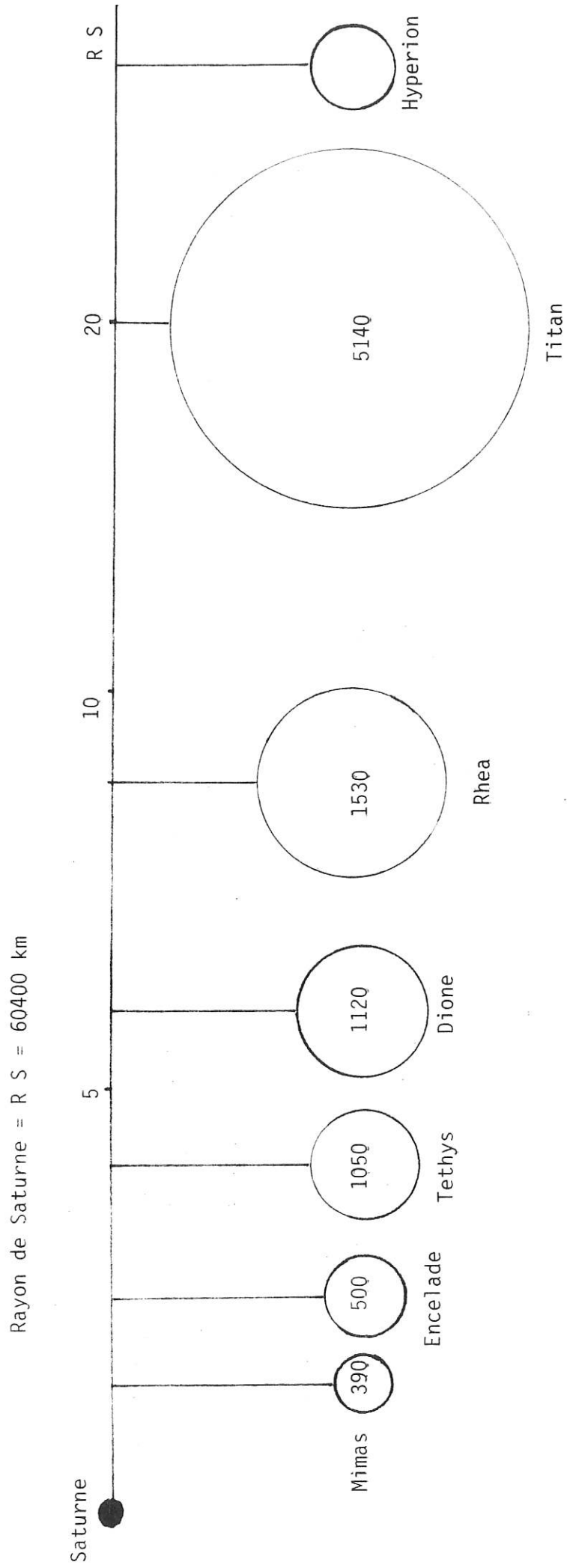


Schéma 11 : Les satellites de Saturne avec leurs diamètres en kilomètres (7 sur 16).



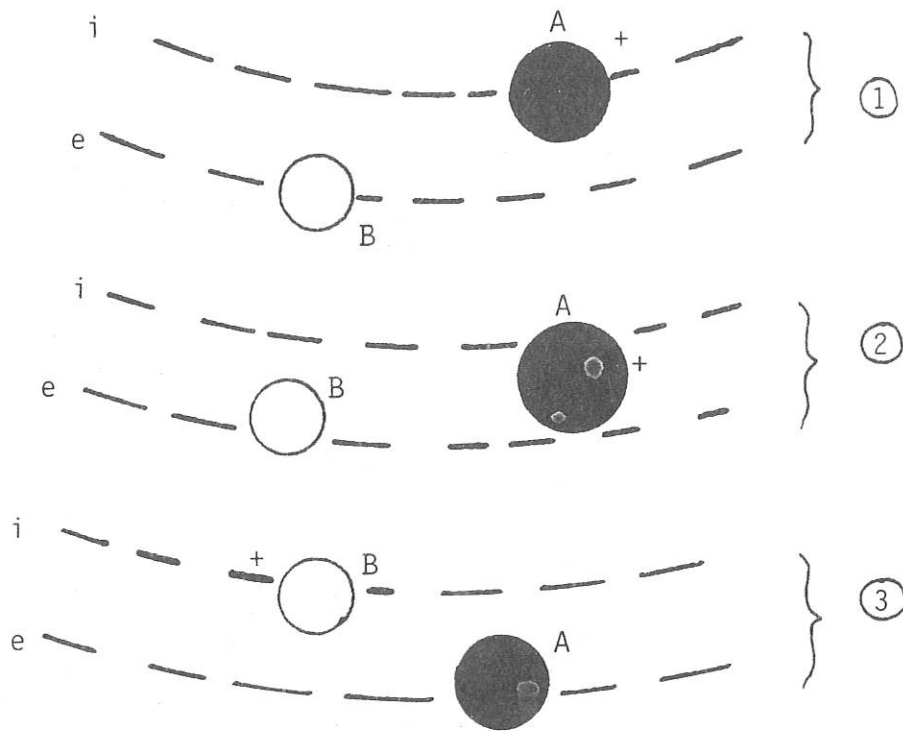


Schéma 12

Comment deux petits satellites A et B parcourent deux orbites i (intérieure) e (extérieure), très voisines, sans se rencontrer.

On notera que les satellites changent d'orbite en échangeant de l'énergie :

A recevant de l'énergie de B passe de l'orbite intérieure à l'orbite extérieure, tandis que B passe de l'orbite extérieure à l'orbite intérieure ... et ainsi de suite ...

Le lent devient rapide, le rapide devient lent.

Le cycle des changements d'orbites serait de l'ordre de 4 ans.

talement exclue maintenant.

Certes, Voyager a fait du "rase-mottes". Cependant on n'a pas pu voir la surface de Titan à cause de cette brume épaisse qui l'entoure.

Ce fut très décevant pour les astronomes ; mais grâce à 2 expériences en ultraviolet et en infrarouge, on a obtenu une vision tout à fait significative de Titan.

En infrarouge, on a confirmé la présence de méthane ainsi que de plusieurs molécules carboniques (éthane, éthylène) et de composants organiques. On a pu, d'autre part, mesurer la température de l'atmosphère de Titan ( $-150^{\circ}\text{C} > T > -100^{\circ}\text{C}$ ).

En ultraviolet, on a découvert la présence d'azote et déterminé la pression (2,7 bars).

A cette température et pression, l'azote se liquéfie. On peut donc penser que Titan est recouvert en plusieurs endroits d'azote liquide. Avec la Terre, c'est la seule planète du système solaire dont l'atmosphère se compose essentiellement d'azote. (schéma 13).



Schéma 13 : Titan comparé à la Terre

Titan peut donc être considéré comme une planète terrestre plongée dans un état de froid, mise en congélation ...

Les autres satellites apparaissent tous avec beaucoup de cratères.

Ces cratères sont dus au bombardement par des météorites au début de l'histoire du système solaire. En l'absence d'atmosphère et d'activité géologique interne, ces corps ont gardé les cicatrices de ces bombardements.

Nous citons, en dehors de Titan,

Dioné qui est une boule à la surface craquelée par des émissions de gaz et des cratères de 100 km de diamètre.

Mimas qui semble avoir reçu beaucoup plus de projectiles. Sur le cliché, on peut voir des détails de 3 km.

Mimas ressemble quelque peu à notre Lune.

Iapetus dont une partie de sa surface est sombre, l'autre brillante. Les parties brillantes sont des cratères recouverts d'un miroir de glace. On pense que la partie sombre est due à une différence de composition de la surface de la planète.

Téthys où l'on aperçoit une vallée très profonde qui s'étend sur 2/3 de la surface de la planète (schéma 14).

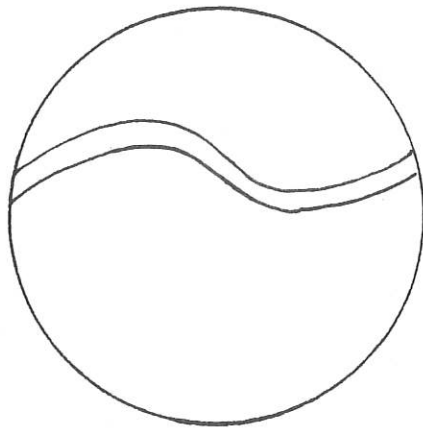


Schéma 14 : La profonde vallée de Téthys ;  
profondeur de l'ordre du kilomètre ;  
longueur : plusieurs centaines de  
kilomètres.

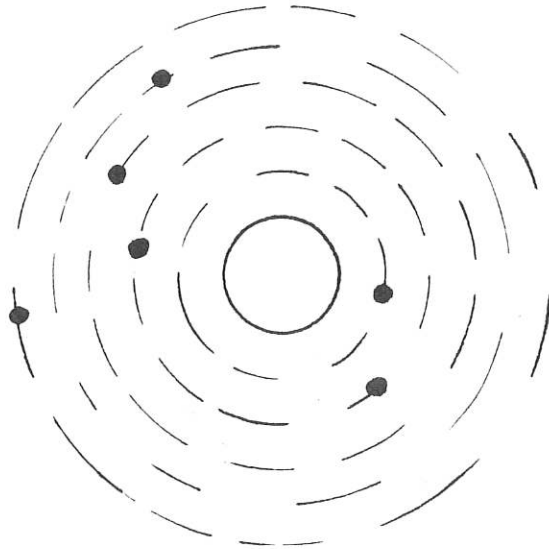


Schéma 15 : Résonance.  
Les planètes peuvent réagir les unes  
sur les autres ce qui modifierait leurs  
trajectoires.

#### IV.- CONCLUSION.- IMPLICATION DE CES DECOUVERTES.-

Que nous apportent toutes ces découvertes ?

Titan :

Une étude détaillée de cette planète devrait permettre de mieux comprendre quelle serait l'évolution des planètes terrestres dans des conditions de température très basse.

Système des satellites de Saturne :

Une question se pose, celle de la stabilité de cet ensemble de satellites. Les satellites de Saturne sont très proches les uns des autres ; dans ce cas, des phénomènes de résonance se produisent, un phénomène agissant sur les trajectoires et toute une étude reste à faire (schéma 15).

Présence des anneaux :

On sait maintenant que Saturne n'est pas la seule planète à posséder des anneaux. Grâce à Voyager on a découvert un anneau autour de Jupiter et des observations au sol, à très forte résolution, ont montré qu'Uranus possédait aussi des anneaux (schéma 16).

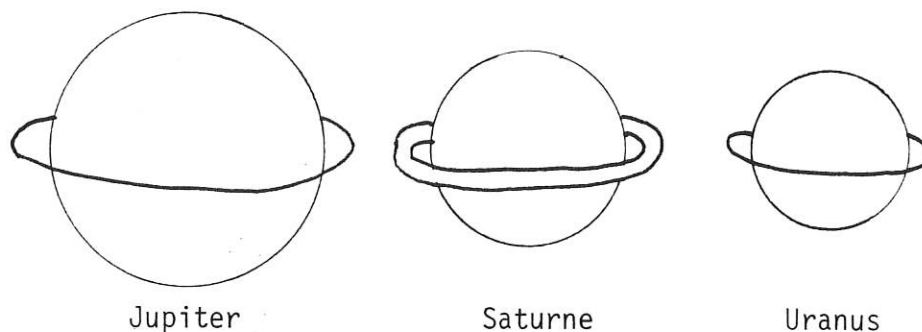


Schéma 16 : Les anneaux de trois planètes.

Les découvertes sont très importantes car les astronomes se sont longtemps demandés pourquoi Saturne était la seule planète entourée "d'un" anneau.

On peut penser que les anneaux de Saturne et sans doute celui d'Uranus, par certains côtés, ressemblent à ce qu'était notre système solaire dans l'étape précédant la formation des planètes ; c'était un disque de particules subissant des collisions. L'exploration de Saturne a donc ajouté une pièce importante au dossier de la formation du système solaire.

La conférence appréciée par les adhérents fut suivie de questions auxquelles ont répondu Madame LEBLANC et Monsieur SIRE.