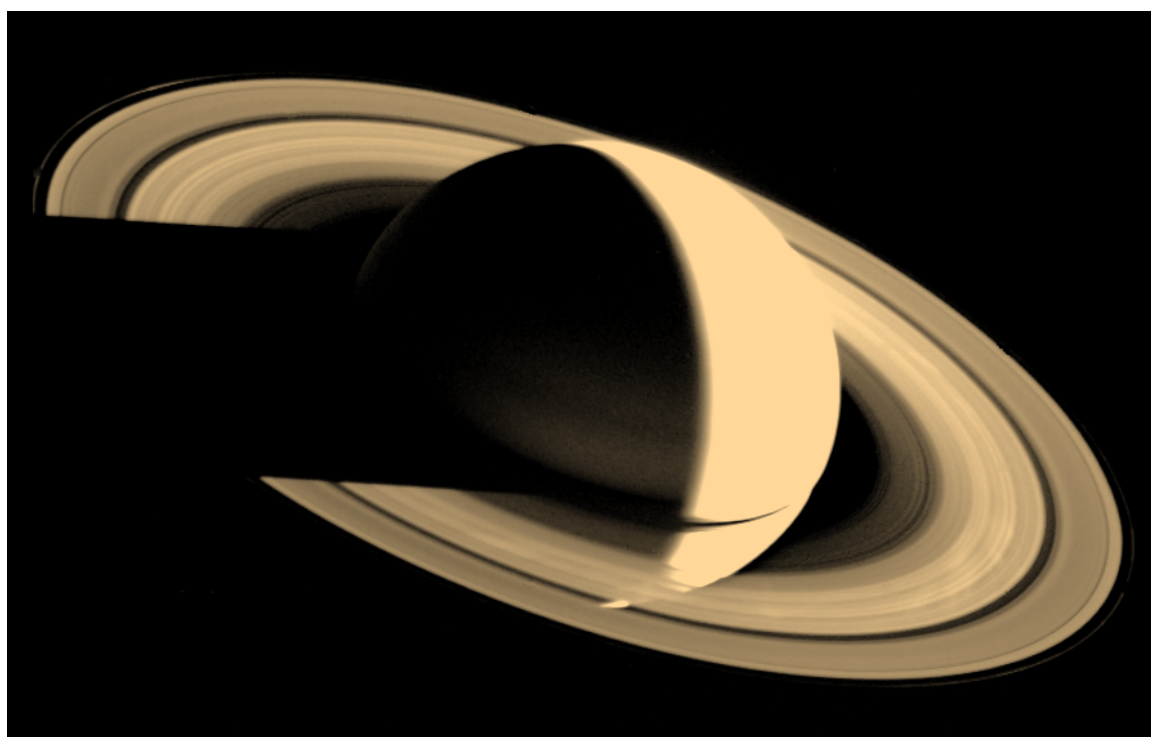


TP : Ombres et lumière sur les anneaux de Saturne

F. Henry
Observatoire de Paris



1 Objectifs

- ◇ Fabriquer une maquette à l'échelle de Saturne et de ses anneaux
- ◇ Expliquer comment les ombres se forment
- ◇ Comprendre comment la lumière se propage

2 Pré-requis

Savoir utiliser la règle de 3.

Pour les élèves les plus jeunes (niveau primaire), on pourra directement donner les tailles à utiliser.

Pour le collège, une collaboration avec le professeur d'arts plastiques pour la construction de la maquette serait à envisager.

3 Matériel nécessaire

- ◇ Une boule de polystyrène de 30 cm de diamètre creuse et divisée en deux.
- ◇ 2 feuilles de plastique transparent assez rigide (il faut quand même pouvoir la découper avec une paire de ciseaux), de 20 cm×35 cm de côté (ou une seule de 35×35 mais c'est moins pratique).
- ◇ Du papier crépon dans les couleurs de Saturne : jaune, marron clair, marron foncé, noir.
- ◇ 2,5 m de chenille noire (5 chenilles de 50 cm).
- ◇ Des feutres pour transparents (lavables à l'eau)
- ◇ De la colle sans solvant (le polystyrène fond sous l'effet des solvants) ou du scotch.
- ◇ Une paire de ciseaux
- ◇ Une lampe torche assez puissante
- ◇ La photo de Saturne prise par Voyager (en couverture, et en figure 6)

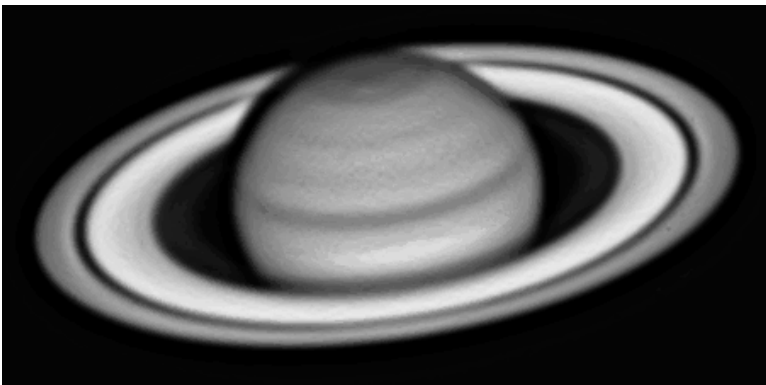
4 Introduction

Notre Soleil est une étoile vieille de 4,5 milliards d'années. Neuf planètes gravitent autour de lui : Mercure, Venus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune et Pluton. Mais la grande famille du système solaire ne s'arrête pas là. Il existe plus d'une centaines de satellites tournant autour de ces planètes, et plusieurs centaines de milliers de petits corps (comètes et astéroïdes) orbitant autour de notre étoile.

Sixième planète du Système Solaire, Saturne est la plus lointaine des planètes visibles à l'oeil nu (sa distance au Soleil est 9,5 fois la distance Terre - Soleil). Avec un diamètre 9,5 fois plus grand celui de la Terre, Saturne est la 2^{ème} plus grosse planète du système solaire, après Jupiter.

Elle possède de plus la particularité d'être entourée d'un spectaculaire système d'anneaux, identifiés par Huygens en 1659. Même s'ils ont l'air d'être pleins et continus, ils sont en réalité constitués de petits corps (composés essentiellement de glaces) situés sur des orbites différentes, et dont la taille varie de quelques centimètres à plusieurs mètres. L'origine de ces anneaux est encore mal connue. Ils résultent soit de la désagrégation de satellites qui se sont approchés trop près de la planète, soit de résidus du nuage primitif qui a donné naissance à tout le système solaire.

Depuis la Terre (cf. figure 1), on peut distinguer deux anneaux très brillants (notés A et B) séparés par la **division Cassini**, et un troisième plus sombre (C). Les sondes Voyager I et II, au début des années 1980, ont permis l'identification de 4 anneaux supplémentaires (D, le plus interne, et E, F, G, les plus externes). La figure 2 montre ces différents anneaux, et leur localisation.



©Nordic Optical Telescope Scientific Association - NOTSA.

Figure 1: Photo prise d'un télescope de 2.6 m situé aux Canaries. On distingue 2 anneaux très brillants : A (extérieur) et B (intérieur) séparés par la division Cassini. On devine l'anneau C localisé à l'intérieur de B.

Finalement, voici les caractéristiques de Saturne dont vous aurez besoin pour ce TP :

<i>nom de l'anneau</i>	<i>rayon interne</i>	<i>rayon externe</i>
anneau E	180 000 km	480 000 km
anneau G	165 800 km	173 800 km
anneau F	140 200 km	140 700 km
anneau A	122 000 km	136 800 km
anneau B	92 000 km	117 500 km
anneau C	74 500 km	92 000 km
anneau D	67 000 km	64 500 km
rayon de Saturne	60 500 km	

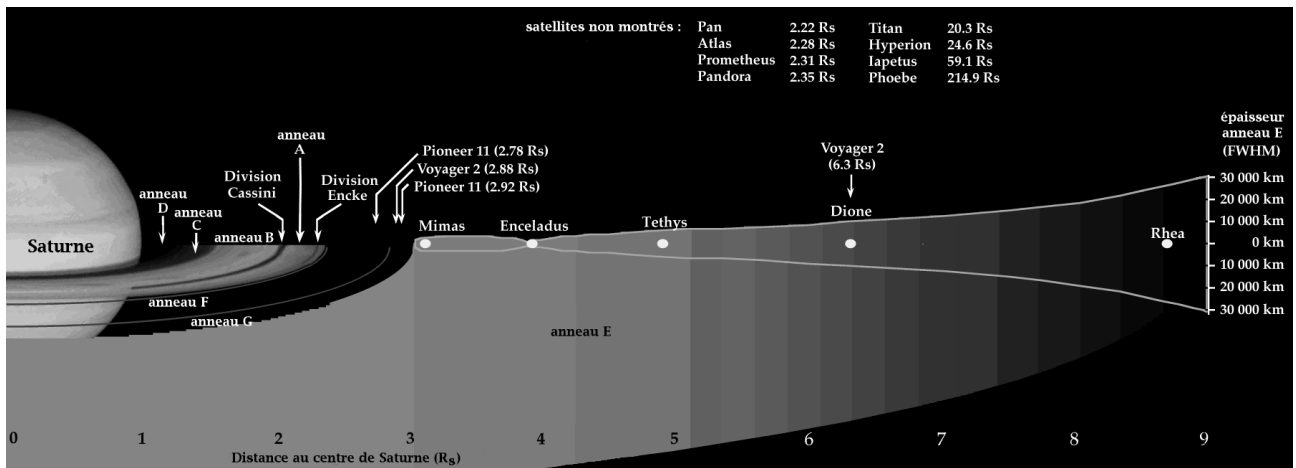


Figure 2: Schéma de Saturne et de ses anneaux. Les distances sont données en fraction de Rayon de Saturne (R_S)

5 Déroulement

Les élèves vont construire une maquette de Saturne et de ses 3 anneaux les plus visibles : A, B et C. Ils vont ensuite utiliser cette maquette pour comprendre et expliquer les jeux d'ombre que l'on peut voir sur la photo en dernière page du TP (figure 6). Cette photo a été prise par la sonde Voyager I en 1980, à une distance de 5 millions de kilomètres de Saturne.

5.1 Questions préliminaires...

5.1.1 ... sur la lumière

Le but, ici, est de faire le bilan sur les connaissances des élèves sur la lumière, avant de démarrer le TP. Les différentes réponses que les élèves donneront seront notées au tableau.

- ◇ Qu'est-ce que la lumière ?
- ◇ Quelles sont les sources lumineuses dans la salle de classe ?
- ◇ Comment la lumière se propage-t-elle du Soleil vers Saturne ?

5.1.2 ... sur la photo de Saturne par Voyager

- ◇ Faire une description de l'image de Saturne prise par Voyager (cf. figure 6).
- ◇ Identifier les faces de Saturne (jour et nuit), les anneaux A, B et C, ainsi que la division Cassini.
- ◇ A quoi correspond la grande zone sombre sur la partie gauche ?
- ◇ A quoi correspond la petite zone sombre sur la partie éclairée de Saturne ?
- ◇ Où est situé le Soleil ?
- ◇ Dans quelle direction est la Terre ?

- ◇ Faire un schéma simple du système solaire : Soleil, Terre et Saturne, avec leurs orbites. Expliquer alors pourquoi cette photo n'aurait pas pu être prise depuis la Terre.

5.2 Construction de la maquette

5.2.1 Les anneaux

La première tâche est de calculer la taille des anneaux à tracer sur la feuille de plastique. Elle va dépendre du diamètre de la boule de polystyrène que vous avez choisi. La règle de proportionnalité est la suivante :

$$\frac{\text{rayon de l'anneau modèle}}{\text{rayon de la boule de polystyrène}} = \frac{\text{rayon de l'anneau réel}}{\text{rayon de Saturne}}$$

Donc la largeur d'un anneau en plastique vaut :

$$\text{rayon de l'anneau modèle} = \frac{\text{rayon de la boule} \times \text{rayon de l'anneau réel}}{\text{rayon de Saturne}}$$

Maintenant, calculez et reportez dans le tableau ci-dessous les rayons internes et externes des anneaux A, B et C.

<i>nom de l'anneau</i>	<i>rayon interne</i>	<i>rayon externe</i>	<i>largeur de l'anneau</i>
anneau A cm cm cm
anneau B cm cm cm
anneau C cm cm cm

Sur l'une des feuilles plastique, tracez les 1/2 cercles correspondant aux bords internes et externes des anneaux, et à la périphérie de Saturne. Tracez un 1/2 cercle supplémentaire 1 cm plus petit que le rayon de Saturne. Cette bordure nous permettra de fixer l'ensemble des anneaux à la boule. Reportez par transparence les 1/2 cercles sur la seconde feuille. Découpez les 2 feuilles en suivant les pointillés de la figure 3. Ne séparez surtout pas les anneaux les uns des autres.

Découpez des bandes de papier crépon de la largeur des anneaux. Marron foncé pour le C, jaune pour le B et marron clair pour le A, par exemple. Collez les bandes de papier crépon sur les 2 faces de chaque feuille plastique. Pour cela, commencez par fixer le crépon sur le bord extérieur de l'anneau, et froncez vers le bord intérieur.

5.2.2 La planète

Ouvrez la boule en 2. Si vous avez une boule en un seul morceau, tracer au feutre l'équateur de la sphère, et découpez-la selon le trait avec un couteau bien aiguisé. Cette opération n'est donc pas conseillée aux petites mains...

Recouvrez séparément les 2 hémisphères de crépon clair. Collez ensuite la bordure interne des anneaux sur la bordure interne de l'une des hémisphères (indiquée par la flèche sur la figure 4).

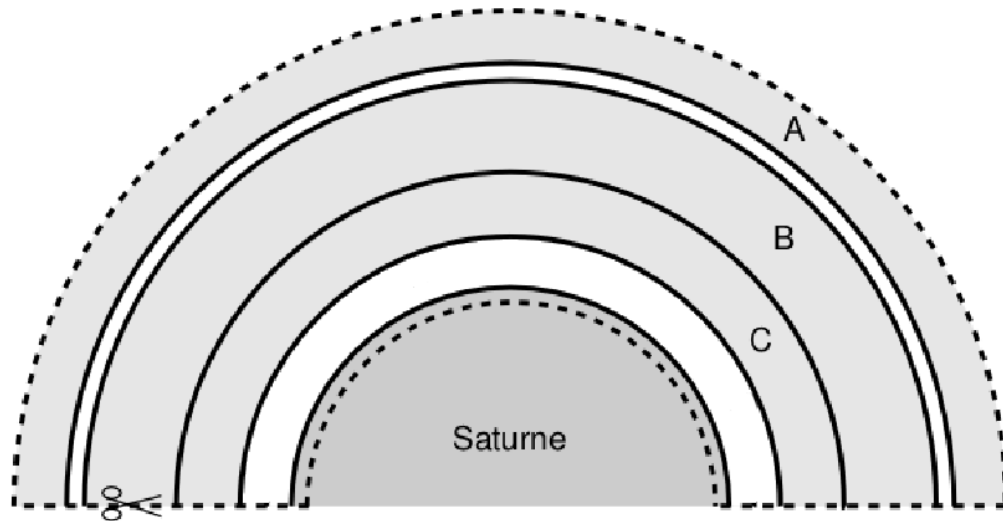


Figure 3: Schéma de découpage des anneaux. Les zones en gris clair correspondent aux anneaux et la partie en gris foncé correspond à la planète Saturne. Le découpage est à faire selon les pointillés.

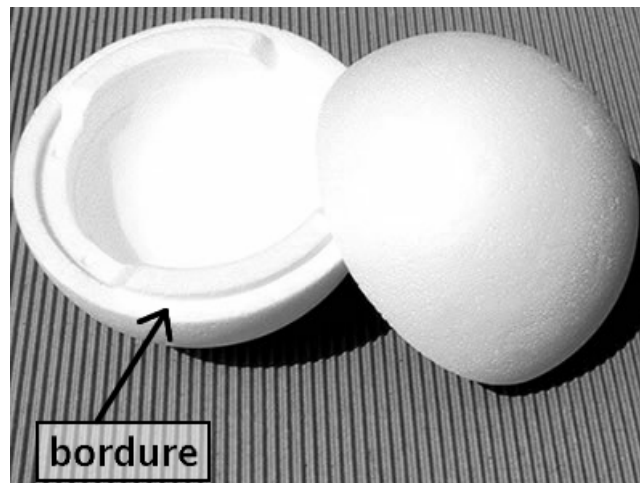


Figure 4: Cas d'une sphère de polystyrène divisée en 2. La flèche indique la partie à encoller sur laquelle les anneaux vont être fixés.

Refermez la boule en collant les bordures entre-elles. Si vos anneaux ne sont pas assez rigides et qu'ils tombent, il faut consolider l'ensemble.

5.2.3 Consolidation (facultatif)

Fixer alors les chenilles entre-elles en les tortillant sur 2 ou 3 cm, afin de former une grande chenille qui a la longueur du périmètre externe de l'anneau A. Refermez la chenille sur elle-même et collez-la sur le bord externe de l'anneau A.

Attachez un fil de nylon à un endroit de la chenille. Faites passer ce fil au-dessus de la planète (en le scotchant éventuellement) et attachez son autre extrémité au point diamétralement opposé au premier point d'attache (cf. figure 5). Tendez-bien le fil pour que les anneaux ne tombent plus. Répétez cette opération de façon perpendiculaire. Fixez d'autres fils de cette manière si la rigidité n'est pas satisfaisante.

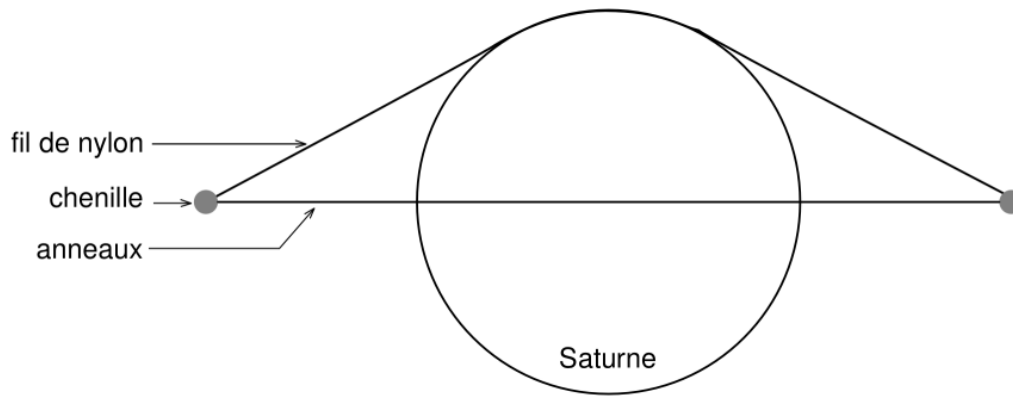


Figure 5: Schéma de l'étape de solidification vue par la tranche.

5.3 Expérimentation et discussion

Eteignez les lumières et fermez les rideaux de la classe. Chaque groupe d'élèves doit avoir une maquette et une lampe torche. Laissez-les d'abord expérimenter les différentes ombres qu'ils peuvent obtenir en bougeant la planète ou la lampe. Faites-leur ensuite recréer les ombres de la photo

Les élèves doivent découvrir que :

- ◇ seule une légère inclinaison de Saturne par rapport au Soleil peut reproduire les ombres de la photo de Voyager.
- ◇ lorsqu'ils montent ou descendent la lampe par rapport à Saturne, la forme de l'ombre de Saturne sur ses anneaux change. Quand la lampe est haute, Saturne projette une ombre circulaire sur les anneaux. Quand on la descend, l'ombre s'étire jusqu'à ce qu'elle semble droite, comme sur la photo. Faites rechercher aux élèves, avec une feuille de papier, le bout de l'ombre de Saturne. Ils s'apercevront alors que celle-ci est toujours incurvée.
- ◇ quand l'ombre de Saturne sur ses anneaux est droite, alors l'ombre des anneaux sur Saturne se situe sur l'équateur.

Faites-leur ensuite projeter l'ombre de Saturne et de ses anneaux sur les murs ou sur une feuille blanche. Ils pourront également dessiner le contour de l'ombre chinoise obtenue sur une feuille, pour différentes situations. On pourra alors introduire les notions d'opacité, de transparence.

La notion de cône d'ombre pourra aussi être abordée en fabriquant une petite boule avec du crépon clair suspendue avec du fil de nylon. En la faisant passer derrière Saturne, on s'aperçoit qu'il y a toute une zone qui est privée de la lumière du Soleil. C'est le cône d'ombre de Saturne. Avec la boule, faites suivre aux élèves la limite du cône d'ombre. C'est une droite. Le but est de leur montrer que la lumière se propage en ligne droite.

5.4 Pour aller plus loin

1. La lumière se propage à la vitesse de 300 000 kilomètres par seconde. Sachant que Saturne est située en moyenne à 1 427 000 000 km du Soleil, combien de temps met la lumière pour atteindre Saturne ?

2. Les élèves les plus grands pourront aussi rédiger un petit rapport sur les missions Voyager à destination de Saturne. Ils pourront y comparer les trajectoires de Voyager 1 et 2, et sélectionner les découvertes les plus importantes qui ont été faites grâce à ces 2 sondes spatiales. Ils pourront aussi s'intéresser à la sonde Cassini-Huygens, lancée en 1997 et qui arrivera dans le système de Saturne en 2004.

6 Bibliographie

6.1 pour les enseignants

- ◇ Fiche connaissance n° 17 du CNDP : *Lumière et ombres*
http://www.cndp.fr/textes_officiels/ecole/sciences-fiches-c2c3.pdf
- ◇ *L'astronomie est un jeu d'enfant*, M. Hartmann, ed. Le Pommier
- ◇ *Astronomie et Astrophysique*, M. Seguin et B. Villeneuve, ed. Masson
- ◇ *Cinq leçons d'astronomie : planètes & satellites*, A. Brahic, ed. Vuibert

6.2 pour tous

- ◇ *Une autre histoire de l'espace*, tomes 1 et 2, A. Dupas, ed. Découvertes Gallimard
- ◇ *L'astronomie pour les nuls*, S. Maran, ed. First Interactive
- ◇ *L'astronomie : tout ce qu'on sait et comment on le sait*, ed. De La Martinière Jeunesse
- ◇ *Larousse junior de l'astronomie*, ed. Larousse
- ◇ *Dictionnaire de l'astronomie et de l'espace*, P. de la Cotardière, ed. Larousse

6.3 quelques sites web

- ◇ <http://www.imcce.fr/Granpub/Promenade>
- ◇ <http://www.solarviews.com/french/toc.htm>
- ◇ <http://www.astrobale.com>
- ◇ <http://www.w3perl.com/astro/sondes>

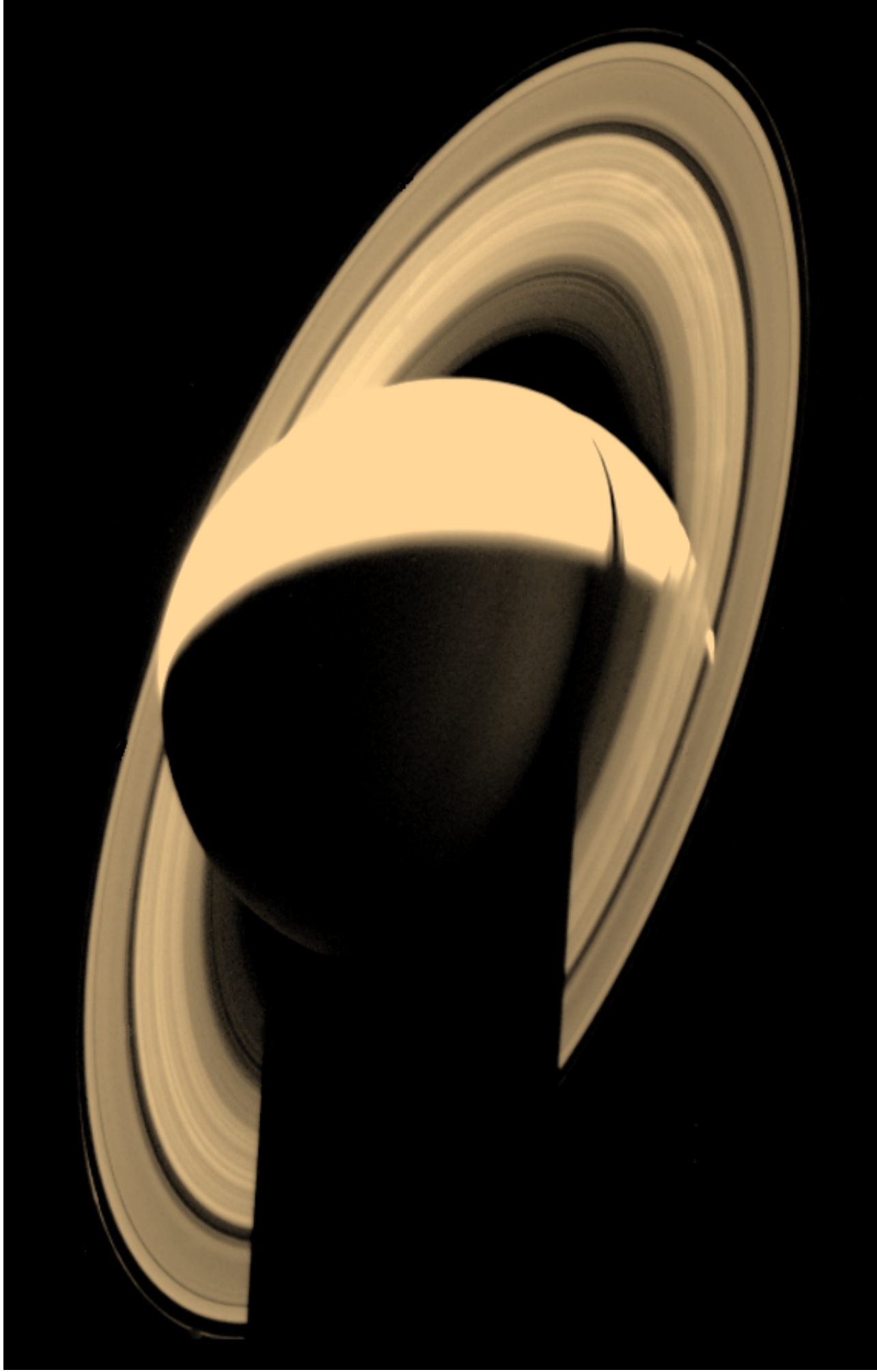


Figure 6: Photo de Saturne et de ses anneaux, prise par la sonde Voyager 1 en 1980. La sonde était alors à 5 millions de kilomètres de Saturne.