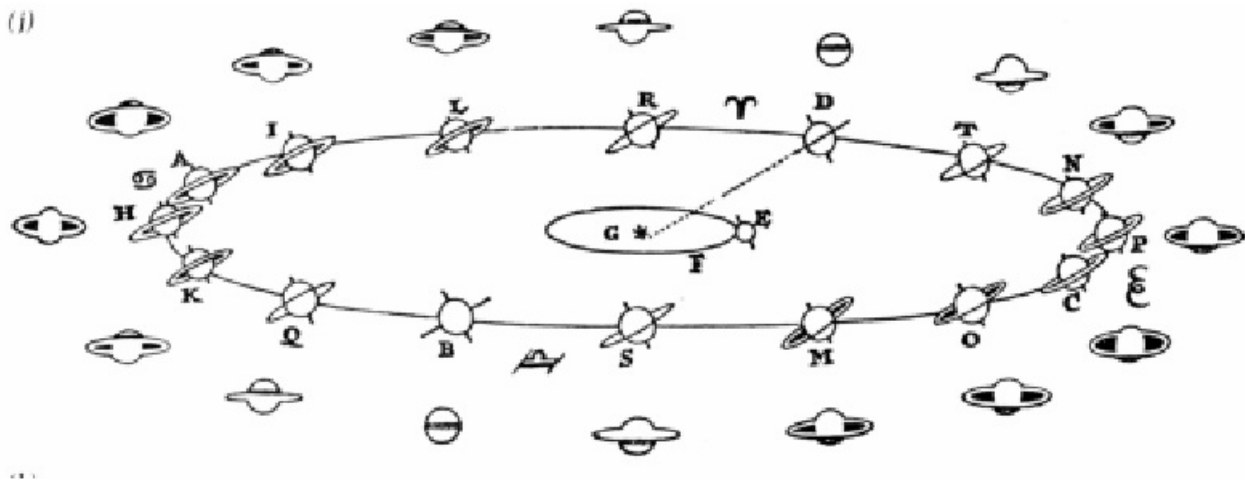


## *Aspect des anneaux de Saturne d'après Huygens*



Voici le dessin de Huygens paru en 1659 dans *Systema Saturnium* pour expliquer la nature de Saturne, une planète entouré d'un anneau et l'aspect de ce dernier au cours de la révolution de la planète.

On peut y voir :

- les orbites héliocentriques de la Terre et de Saturne, pratiquement dans le même plan (inclinaison de l'orbite de Saturne  $2^{\circ}30'$ ).
- les différentes phases de Saturne lors de sa rotation autour du Soleil avec l'orientation propre des anneaux
- quatre signes du Zodiaque ♈ ♊ ♎ ♏ Bélier, Gémeaux, Balance, Capricorne servant de repère longitude.
- à l'extérieur l'aspect de Saturne vu de la Terre.
- la Terre (E) inclinée de  $23,5^{\circ}$  sur le plan écliptique, dessinée avec son axe de rotation.

La révolution sidérale de Saturne sur son orbite est de 29 ans et 167 jours ou 29 et 11/24 ans.

L'anneau est en fait formé de multiples anneaux plus ou moins larges, plus ou moins denses constitués de particules de glaces, rochers, micro poussières...

### **Orientation du dessin**

▣ Comment peut-on s'orienter sur le dessin ?

Le signe du Bélier ♈ y est situé entre les positions **D** et **R**, le point vernal, origine des coordonnées écliptiques est situé actuellement approximativement vers **D** un peu avant le début du Bélier. On peut donc situer la Terre en fonction de l'époque de l'année.

▣ Où placer la Terre à l'équinoxe de printemps, en se référant aux lettres de positions de Saturne ?

Le jour d'équinoxe de printemps, le Soleil et le point vernal ou point ♈ sont dans la même direction. La Terre est sur son orbite dans la direction de **B**, au début du signe de la Balance.

▣ L'inclinaison de la Terre vous paraît-elle correcte ?

Oui, car après le printemps vient l'été. Pour la Terre représentée en cette saison, le Soleil passe très haut au méridien, et le pôle nord de la Terre est bien incliné vers lui.

## Aspects des anneaux

▣ Quand les anneaux disparaissent -ils ?

- la Terre est dans le plan des anneaux, on ne voit plus que la tranche, même si une face est éclairée.
- le Soleil est dans le plan des anneaux. Ils n'ont plus que la tranche très mince d'éclairée.
- lorsque de la terre on voit le côté non éclairé de l'anneau

▣ Où se produit sur le dessin, les passages du Soleil et de la Terre dans le plan des anneaux ?

Lors d'une révolution de Saturne en 29 ans 167 jours, ceci se produit en deux positions opposées **B** et **D** (schéma Huygens).

▣ Quelle est la fréquence de ce phénomène ?

Toutes les demi-révolutions de Saturne : 14 ans 166 jours.

▣ Comment se produit le passage de la Terre dans le plan des anneaux ?

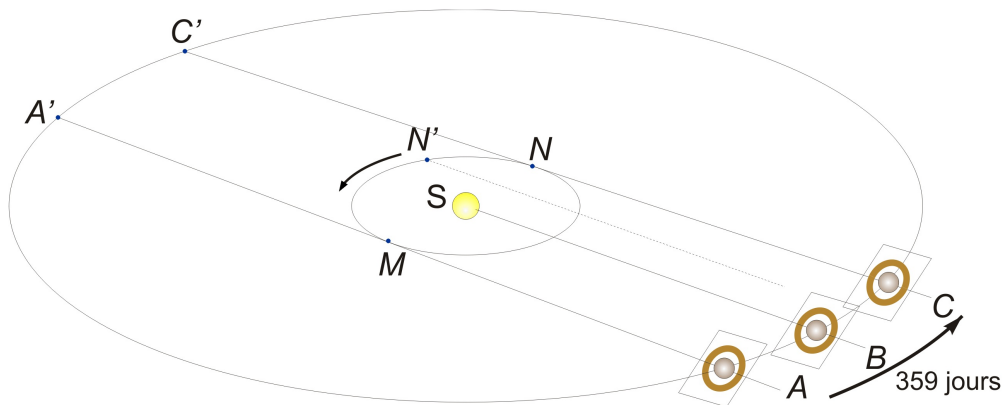
Le plan des anneaux reste parallèle à lui-même, au cours de la révolution de Saturne. Ce plan va balayer l'orbite de la Terre et rencontrer celle-ci quand il parcourra *AC* (voir figure ci-dessous). Il y aura toujours disparition par alignement. Mais si le Soleil est devant Saturne (conjonction), la planète devient invisible à cause de la lumière du jour.

▣ Calcul du temps pour parcourir *AC* ?

L'arc *AC* (voir figure ci-dessous) est presque égal au diamètre de l'orbite de la Terre soit 2 unités astronomiques. Sachant que Saturne fait un tour ( $2 \times 9,55$  u.a.) en 29 ans 167 jours, temps pour 2 u.a. ?

Réponse 359 jours.

Il faut presque un an à Saturne pour que le plan des anneaux balaye l'orbite de la Terre.



Supposons que le passage de la Terre dans le plan des anneaux se fasse au début du balayage et que la Terre soit un peu avant *M*, point de tangence à l'arrivée du plan des anneaux (*N* point de tangence à la sortie).

La Terre tournant plus vite va retraverser le plan des anneaux peu de temps après.

Six mois plus tard Saturne est en *B* (passage du Soleil dans le plan des anneaux), la Terre est un peu avant *N*.

Lorsque Saturne ira de *B* en *C*, la Terre retournera en *M* en passant par *N*. Il y aura obligatoirement un autre passage de la Terre dans le plan, quand la Terre sera vers *N*.

On peut en conclure qu'à chaque passage des anneaux dans l'orbite de la Terre, on peut avoir :

- un passage du Soleil dans le plan des anneaux
- un ou trois passages de la Terre, dans ce plan suivant la position de la Terre sur son orbite.

On aura deux ou quatre disparitions des anneaux soit par alignement, soit par éclairage.

▣ Comment situer sur le dessin ci-dessus, la disparition apparente par orientation du côté non éclairé des anneaux vers la Terre.

Quand Saturne parcourt la partie *AB*, la Terre est à gauche du plan, inversement quand Saturne est entre *B* et *C*, à droite.

Observer ce phénomène avec la simulation *passage\_plan\_anneaux.ggb* en regardant les positions respectives du Soleil et de la Terre par rapport à la ligne des noeuds. Remarquer que le phénomène est variable suivant les passages.

▣ Distance et diamètre apparent de Saturne et des anneaux à la conjonction et à l'opposition ?

Ce sont les deux positions où la planète est la plus proche et la plus éloignée de la Terre.

Conjonction, le Soleil et la planète sont alignés avec la Terre, mais du même côté.

Opposition, alignement des trois corps, mais la Terre est entre le Soleil et la planète.

On donne demi-grand axe de la Terre 150 000 000 km, de Saturne 1 429 000 000 km (soit 9,55 u.a.), diamètre de Saturne, 120660 km, de l'anneau 136200 km.

	<b>conjonction</b>	<b>opposition</b>
distance (km)	1579000000	1279000000
Diam. angulaire de la planète	15,8"	19,4"
Diam. angulaire de l'anneau	35,6"	43,9"

Comparaison au diamètre solaire ou lunaire, environ 30 minutes d'arc, soit 100 fois plus petit pour Saturne.

▣ La dernière disparition des anneaux a eu lieu le 4 septembre 2009.

A retrouver sur *Stellarium* ou *Géogébra*

▣ La Terre et Saturne seront-elles en conjonction ou en opposition ?

En regardant le dessin de Huygens, on peut hésiter entre les positions de Saturne en **B** ou **D**. Les éphémérides donnent une longitude écliptique de Saturne de 169° 40'. Le Soleil sera presque dans la même direction, puisqu'il sera à 180° de longitude à l'équinoxe d'automne quelques jours plus tard. Ce sera donc vers la conjonction qui aura lieu le 17 septembre. L'observation sera difficile, Saturne étant proche du Soleil.

▣ En quelle année et mois aura lieu la prochaine disparition ?

Ceci reporté à 2024, avant l'équinoxe de printemps.

## Simulations Stellarium

Tout ceci peut se vérifier avec un logiciel tel *Stellarium*.

Lancer *Stellarium* et arrêter le mouvement diurne.

1 - Passage de la Terre dans le plan des anneaux

- Se placer avec le menu *Configuration/Dates & heures* au 1<sup>er</sup> janvier 2008 0 heure

- Avec le menu *Recherche d'objet* sélectionner Saturne
  - Zoomer sur Saturne en repoussant la molette de la souris jusqu'à avoir Saturne et l'anneau plein écran.
  - En appuyant sur la touche "=" faire avancer le temps de jour en jour pour voir évoluer l'anneau (pour revenir en arrière touche "-").
  - Rechercher la disparition de l'anneau. Noter le jour. On peut préciser l'heure.
  - En zoom inverse faire apparaître le ciel, l'horizon et le Soleil pour situer Saturne.
- A quelle heure pourra t-on voir Saturne ?

## 2 - Passage du Soleil dans le plan des anneaux

Se placer dans le Soleil

- sélectionner le Soleil par le menu *Recherche d'objet*
- faire "CTRL shift g" pour se placer sur le Soleil
- sélectionner Saturne par le menu *Recherche d'objet*
- zoomer pour revoir les anneaux plein écran
- rechercher la date de disparition des anneaux (10 août 2009)
- discussion

## 3 - Passage suivant

Revenir les pieds sur Terre

- sélectionner la Terre par le menu *Recherche d'objet*
- faire "CTRL shift g" pour revenir sur Terre
- sélectionner Saturne par le menu *Recherche d'objet*
- zoomer pour revoir les anneaux plein écran
- rechercher la date de disparition des anneaux
- discussion

En avançant d'année en année avec le menu Date, puis de mois en mois et jour en jour trouver la prochaine disparition des anneaux.

Remarque : dans Stellarium, l'éclairage des anneaux n'est pas modulé suivant l'inclinaison de ceux-ci par rapport au Soleil. On ne voit pas la très courte disparition due à l'éclairage.

## 4 - Histoire

On peut aussi vérifier que quelques mois après l'observation de l'aspect non circulaire de Saturne par Galilée en 1610, il y eut une disparition de l'anneau.

Dates : le 26 juin 1612 et aussi le 17 février 1613.

On peut aussi retrouver les prédictions par Huygens des disparitions des anneaux en juillet 1685 et juin 1701.

## 5 - lancer Géogébra, charger passage\_plan\_anneaux.ggb

Retrouver les différentes configurations sur une période sidérale de Saturne

Voir la feuille d'utilisation de la simulation