



HAL
open science

Satellites de Saturne I à VIII : configurations et phénomènes pour 1999

J.-E. Arlot, Th. Derouazi, S. Lemaître, Ch. Ruatti, W. Thuillot

► **To cite this version:**

J.-E. Arlot, Th. Derouazi, S. Lemaître, Ch. Ruatti, W. Thuillot. Satellites de Saturne I à VIII : configurations et phénomènes pour 1999. [Rapport de recherche] Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides(IMCCE). 1998, 43 p., figures, tableaux. hal-01478920

HAL Id: hal-01478920

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01478920v1>

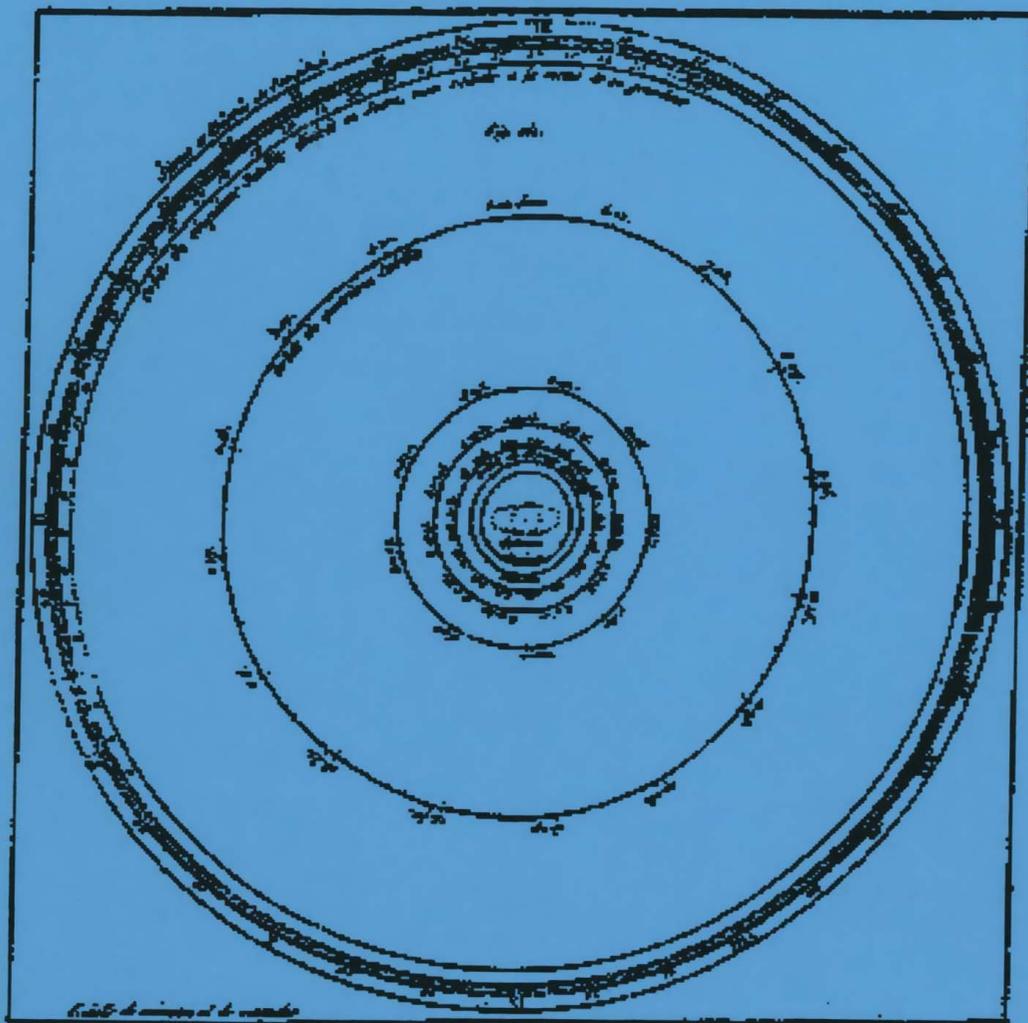
Submitted on 28 Feb 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SATELLITES DE SATURNE I à VIII

CONFIGURATIONS ET PHÉNOMÈNES POUR 1999



Supplément à la CONNAISSANCE DES TEMPS
à l'usage des observateurs



Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides
URA n° 707 du CNRS

**CONFIGURATIONS ET PHÉNOMÈNES
DES HUIT PREMIERS SATELLITES DE SATURNE
POUR 1999**

**CONFIGURATIONS AND PHENOMENA
OF THE FIRST EIGHT SATELLITES OF SATURN
FOR 1999**

Supplément à la CONNAISSANCE DES TEMPS
à l'usage des observateurs



Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Éphémérides
URA n° 707 du CNRS

**LE SERVICE MINITEL
DU BUREAU DES LONGITUDES
3615 ou 3616 code BDL**

Le *Service Minitel* du Bureau des longitudes met à la disposition des professionnels et des amateurs les informations suivantes:

- les actualités astronomiques et le ciel du mois;
- les heures du lever et du coucher du Soleil et de la Lune, les azimuts et hauteurs du Soleil en n'importe quel lieu, de -4000 à 2500 ;
- les phases de la Lune et les dates des saisons de -4000 à 2500 ;
- les éclipses du Soleil et de la Lune pour six années;
- les circonstances locales pour un lieu donné de l'éclipse totale de Soleil du 11 août 1999 visible dans le nord de la France ainsi que les villes de la centralité;
- les positions apparentes géocentriques, les hauteurs et azimuts, les heures du lever et du coucher du Soleil, de la Lune et des planètes de 1900 à 2020;
- les coordonnées héliocentriques moyennes des planètes de 1900 à 2020 dans le repère de la date; les positions des satellites naturels, les phénomènes des satellites galiléens pour quatre ans, et les phénomènes des satellites de Saturne pour la période actuelle où ils existent;
- les définitions et les concordances des calendriers, les fêtes légales et religieuses, l'heure légale en France, les dates de changement d'heure et le calcul du jour de la semaine.

Il fournit également des informations ponctuelles comme les passages des comètes et des astéroïdes, les pluies d'étoiles filantes...

Couverture: "Instrument pour trouver les configurations des satellites de Saturne", extrait de Lalande 1792, *Astronomie* tome 3.

ISSN 0769 - 1033

Dépôt légal: décembre 1998

**LES SERVEURS
DU BUREAU DES LONGITUDES SUR INTERNET**

<http://www.bdl.fr> et <ftp://ftp.bdl.fr>

Le Bureau des longitudes diffuse de nombreuses informations, périodiquement remises à jour, grâce à ses serveurs sur le réseau *Internet*. Outre des informations générales sur l'histoire et les activités du Bureau des longitudes, on peut y trouver des données scientifiques concernant les objets du système solaire:

- éphémérides de planètes et de satellites, phénomènes;
- éléments orbitaux de comètes et d'astéroïdes;
- données sur les éclipses de Soleil;
- images astronomiques.

Un serveur WEB est accessible à l'adresse <http://www.bdl.fr>. Un serveur ftp anonyme est accessible à l'adresse: <ftp://ftp.bdl.fr>.

**THE INTERNET SERVERS
OF BUREAU DES LONGITUDES**

<http://www.bdl.fr> and <ftp://ftp.bdl.fr>

Bureau des longitudes publishes information thanks to *Internet* servers. Besides general information concerning history and activities of Bureau des longitudes, one may access scientific data on:

- ephemerides of planets and satellites, phenomena;
- orbital elements of comets and asteroids;
- data on Solar eclipses;
- astronomical images.

The address of the WEB Server is: <http://www.bdl.fr>. One can also access an anonymous-ftp server at the address: <ftp://ftp.bdl.fr>.

PUBLICATIONS DU BUREAU DES LONGITUDES

Publications éditées par EDP Sciences,

7 avenue du Hoggar, Z.I. de Courtabœuf, B.P. 112, F-91944 Les Ulis Cedex A

Connaissance des Temps 1999.

Introduction aux Éphémérides astronomiques. Supplément explicatif à la Connaissance des Temps.

En préparation, un ouvrage grand public sur les éclipses de Soleil.

Publications éditées par Edinautic,

13 rue du Vieux Colombier, F-75006 Paris

Éphémérides nautiques 1999.

Publications éditées par Masson,

5 rue Laromiguière, F-75006 Paris

Annuaire du Bureau des longitudes. Éphémérides astronomiques 1999.

Cahiers des sciences de l'univers, publiés sous l'égide du Bureau des longitudes.

1. Les profondeurs de la Terre par J.-P. Poirier.
2. Stratosphère et couche d'ozone par G. Mégie.
3. Chronique de l'espace temps – Du vide quantique à l'expansion cosmique par A. Mazure, G. Mathez, Y. Mellier.
4. Les fondements de la mesure du temps par Cl. Audouin, B. Guinot.

Publications éditées par le Bureau des longitudes,

CNRS – Bureau des longitudes, Service des ventes, 77 avenue Denfert-Rochereau, F-75014 Paris

Suppléments à la Connaissance des Temps

Éphémérides des satellites faibles de Jupiter (VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII et XIII) et de Saturne (IX) pour 1999.

Satellites galiléens de Jupiter. Phénomènes et configurations pour 1999.

Satellites de Saturne I à VIII. Configurations et phénomènes pour 1999.

Le calendrier républicain (réédition, 1994).

Notes scientifiques et techniques du Bureau des longitudes.

Encyclopédie scientifique de l'univers.

La physique (1981).

La Terre, les eaux, l'atmosphère (réédition, 1984), épuisé.

Les étoiles, le système solaire (réédition, 1986).

La galaxie, l'univers extragalactique (réédition, 1988).

Circonstances locales de l'éclipse totale de Soleil du 11 août 1999.

Tables des matières	Page	<i>Tables of contents</i>	<i>Page</i>
Avertissement	7	<i>Foreword</i>	<i>7</i>
Données sur les satellites de Saturne	9	<i>Data on the Saturnian Satellites</i>	<i>9</i>
Usage des configurations	10	<i>The use of configurations</i>	<i>10</i>
Configurations	13	<i>Configurations</i>	<i>13</i>
Phénomènes	39	<i>Phenomena</i>	<i>39</i>

Avertissement

Le Bureau des Longitudes publie chaque année dans la *Connaissance des Temps*, les positions des planètes, du Soleil et de la Lune sous forme de coefficients de Tchébycheff. Depuis 1996, cet ouvrage donne également les positions des satellites de Mars, des satellites galiléens de Jupiter, des huit premiers satellites de Saturne et des cinq satellites d'Uranus sous forme de fonctions mixtes dépendant directement du temps.

Des suppléments à la *Connaissance des temps* sont publiés également et donnent :

– les positions des satellites faibles de Jupiter (VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII et XIII) et de Phobé (satellite IX de Saturne) sous forme de coefficients de Tchébycheff ;

– les configurations et les phénomènes des satellites galiléens de Jupiter ;

Le présent supplément donne les configurations et les phénomènes des huit premiers satellites de Saturne dans le but, principalement, d'aider les observateurs à identifier ces satellites. La précision de lecture des courbes permet une précision de positionnement de l'ordre de 10 à 15 secondes de degré (").

Il donne également les dates des phénomènes (éclipses, occultations, passages devant la planète et passages d'ombres). Ces phénomènes se produisent tous les quinze ans et sont les derniers de cette période.

Foreword

The Bureau des Longitudes publishes each year in the Connaissance des Temps, the positions of the Planets, the Sun and the Moon as Tchebychev polynomials. Starting 1996, this ephemeris gives also the positions of the satellites of Mars, of the Galilean satellites of Jupiter, of the first eight satellites of Saturn and of the five satellites of Uranus as mixed functions depending directly on the time.

Several supplements to the Connaissance des Temps are also published and give:

– the positions of the faint satellites of Jupiter (VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII and XIII), of Phoebe (satellite IX of Saturn) as Tchebychev polynomials;

– the configurations and the phenomena of the Galilean satellites of Jupiter;

The present supplement gives the configurations and the phenomena of the first eight satellites of Saturn in order to help the observers to identify those satellites. The precision of the curves allows an accuracy in the position of about 10 to 15 seconds of degree (").

Besides these informations the present booklet gives the dates of phenomena (eclipses, occultations, transit in front of Saturn, transit of shadows). These phenomena occur every fifteen years, these ones are the last phenomena of this period.

J.-E. Arlot

Directeur de l'Institut de Mécanique Céleste
et de Calcul des Éphémérides

Rédaction et calculs : J.-E. Arlot, Th. Derouazi, S. Lemaître, Ch. Ruatti, W. Thuillot.

DONNÉES SUR LES SATELLITES DE SATURNE

NOM	masse	rayon	période rotation sidérale	albédo géomé- métrique	magnitude visuelle	période orbitale	élon- gation max.	a	e	I sur l'équat.
unité →	masse de Saturne	km	jour			jour	' "	10 ³ km		degré
I Mimas	8.00×10^{-8}	209×196×191	(S)	0.77	12.9	0.942422	30	185.54	0.0191	1.56
II Encelade	1.3×10^{-7}	256×247×245	(S)	1.04	11.7	1.370218	38	238.20	0.0049	0.03
III Téthys	1.2×10^{-6}	536×528×526	(S)	0.8	10.3	1.887803	48	294.992	0	1.10
IV Dioné	1.85×10^{-6}	560	(S)	0.55	10.4	2.736916	1 01	377.654	0.0022	0.01
V Rhéa	4.06×10^{-6}	764	(S)	0.65	9.7	4.517503	1 25	527.367	0.0003 ⁽⁶⁾	0.35
VI Titan	2.3670×10^{-4}	2 575	(S)	0.21	8.3	15.945446	3 17	1 221.803	0.0291	0.30
VII Hypérion	3×10^{-8}	180×140×112		0.19/0.25	14.2	21.276673	3 59	1 481.1	0.1035	0.64
VIII Japet	3.31×10^{-6}	718	(S)	0.5/0.07	10.2/11.9	79.330954	9 34	3 561.85	0.0283	18.5 ⁽¹⁾
IX Phœbé	7×10^{-10}	115×110×105	0.4	0.07	16.5	(R)546.6	34 51	12 893.24	0.1756	173.7 ⁽¹⁾
X Janus ⁽⁵⁾		97×95×77	(S)	0.4	14	0.69466	24	151.47	0.007	0.14
XI Épiméthée ⁽⁵⁾		69×55×55	(S)	0.4	15	0.69432	24	151.42	0.009	0.34
XII Hélène ⁽²⁾		18×16×15		0.5	17	2.7391	1 01	378.06	0.005	0.15
XIII Télésto ⁽³⁾		15×12×7		0.6	18	1.8878	48	294.66		
XIV Calypso ⁽³⁾		15×8×8		0.8	18.5	1.8878	48	294.66		
XV Atlas		18×17×13		0.4	18	0.6019	22	137.67	0.002	0.3
XVI Prométhée ⁽⁴⁾		74×50×34		0.6	15	0.61299	23	139.35	0.002	0
XVII Pandore ⁽⁴⁾		55×44×31		0.6	15.5	0.62850	23	141.70	0.004	0
XVIII Pan		10				0.575	21	133.53		
Anneaux D		67 ⁽⁷⁾								
Anneaux C	1.7×10^{-9}	74.5/92.01 ⁽⁷⁾				0.2/0.6			0	0
Anneaux B	4.2×10^{-8}	92.01/117.51 ⁽⁷⁾								
Anneaux A	1.1×10^{-8}	122.20/136.77 ⁽⁷⁾								
Anneaux F		140.2 ⁽⁷⁾				0.618			0.003	0
Anneaux G		169 ⁽⁷⁾								
Anneaux E		180/480 ⁽⁷⁾								

(s): révolution synchrone

(R): révolution rétrograde

(1): inclinaison par rapport à l'écliptique.

Les éphémérides de Phœbé sont données sous la forme de coefficients de Tchébychev dans le *Supplément à la Connaissance des Temps: Satellites faibles...*

(2): Hélène: même orbite que Dioné

(3): Télésto et Calypso: même orbite que Téthys

(4): satellites coorbitaux " gardiens " de l'anneau F

(5): Janus et Epiméthée: même orbite

(6): excentricité propre. L'excentricité forcée due à Titan est de 0.0010

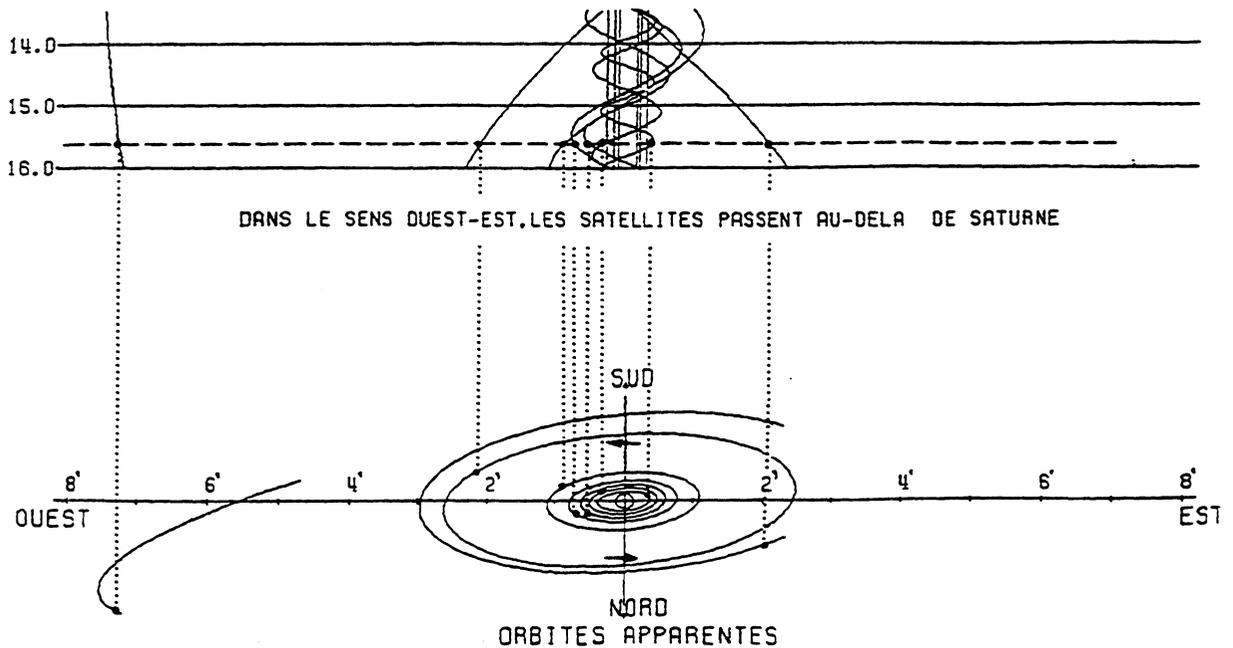
(7): en milliers de km

USAGE DES CONFIGURATIONS

Les configurations permettent d'identifier les satellites et de déterminer leur position en coordonnées tangentielle équatoriales relatives à Saturne avec la précision suivante (pour une lecture des courbes à 0,5 millimètre près) :

I	: 2 à 10"	V	: 2 à 3"
II	: 2 à 8"	VI	: 2 à 3"
III	: 2 à 6"	VII	: 2 à 3"
IV	: 2 à 4"	VIII	: 2 à 3"

L'exemple suivant montre comment procéder :



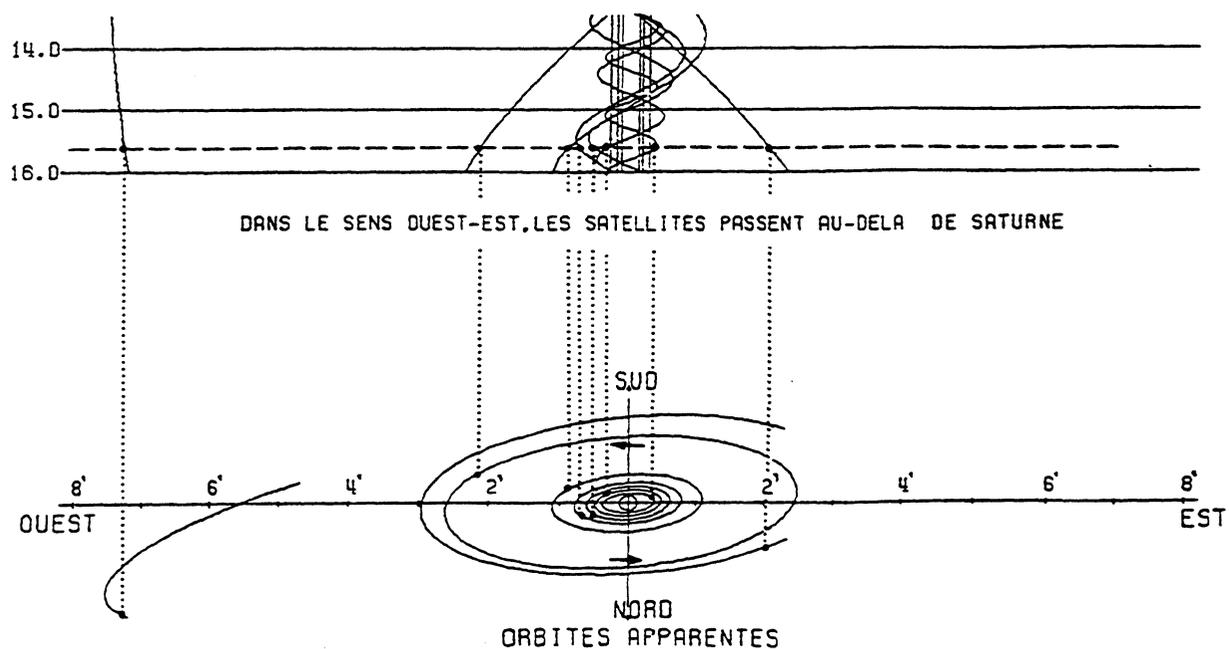
On reporte en abscisse sur l'axe ouest-est les distances $\Delta\alpha \cos \delta$ mesurées, pour la date voulue, sur les courbes. L'ordonnée est donnée par les orbites apparentes. L'indétermination avant/arrière est levée grâce au sens de rotation des satellites.

THE USE OF CONFIGURATIONS

The configurations allow the identification of the satellites and the determination of their position in tangential equatorial coordinates referred to the planet Saturn with the precision as follow (for a lecture on the curves with an accuracy of 0.5 millimeter):

I	: 2 to 10"	V	: 2 to 3"
II	: 2 to 8"	VI	: 2 to 3"
III	: 2 to 6"	VII	: 2 to 3"
IV	: 2 to 4"	VIII	: 2 to 3"

This example shows how to proceed:



The distances $\Delta\alpha \cos \delta$, measured on the curves for the chosen date, are plotted in abscissa on west-east axis. The ordinate is given by the apparent orbits. The direction of the rotation indicates if the satellite is before or behind the planet on its orbit.

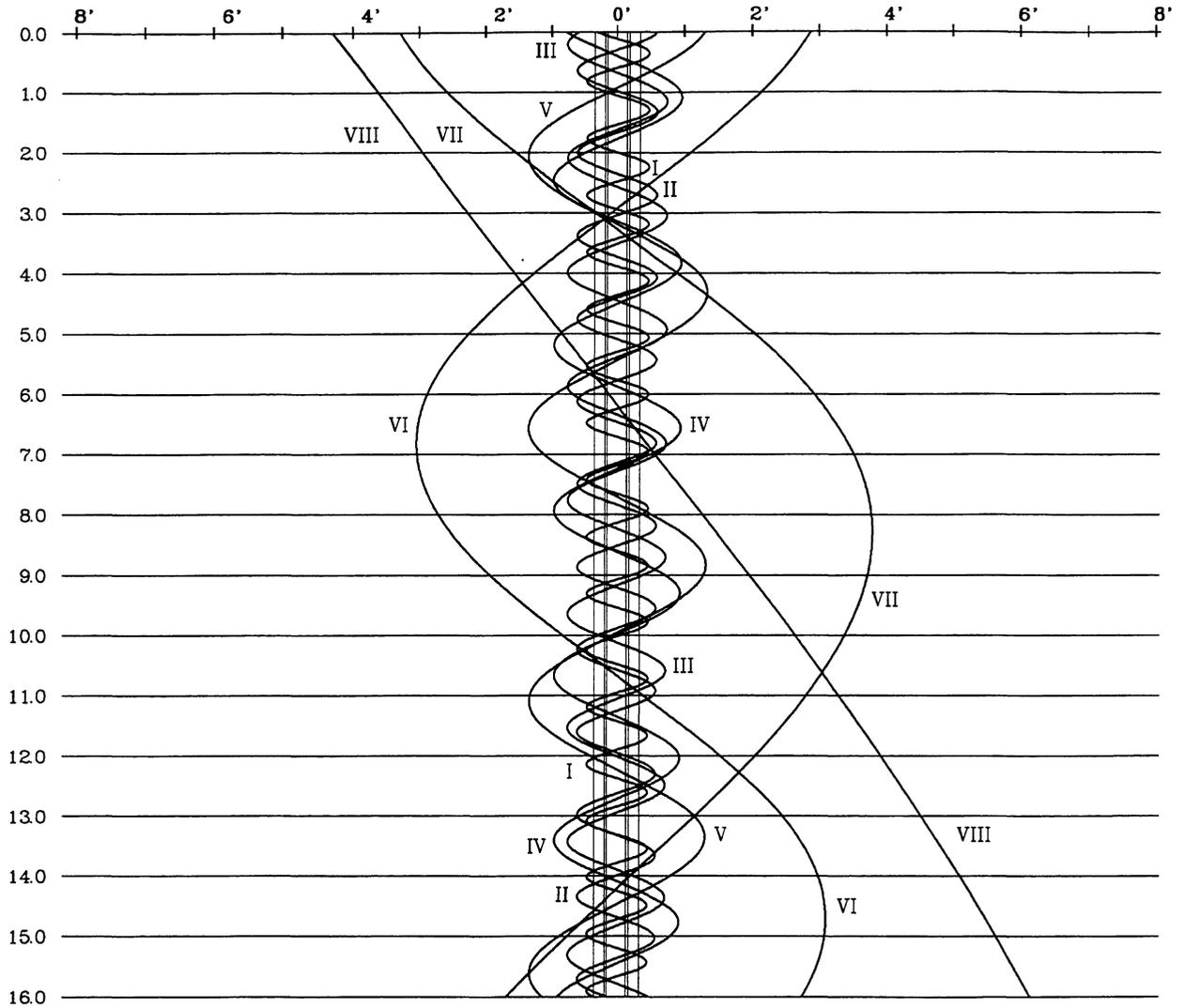
CONFIGURATIONS

1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

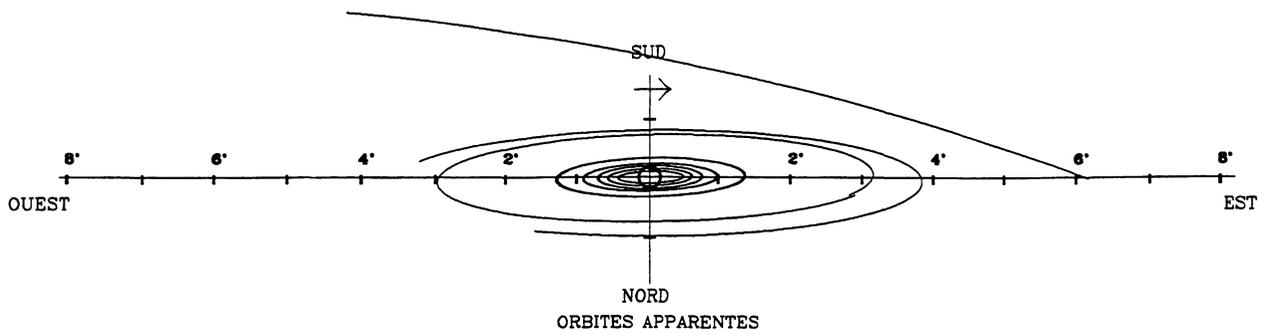
JANVIER - PREMIERE QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

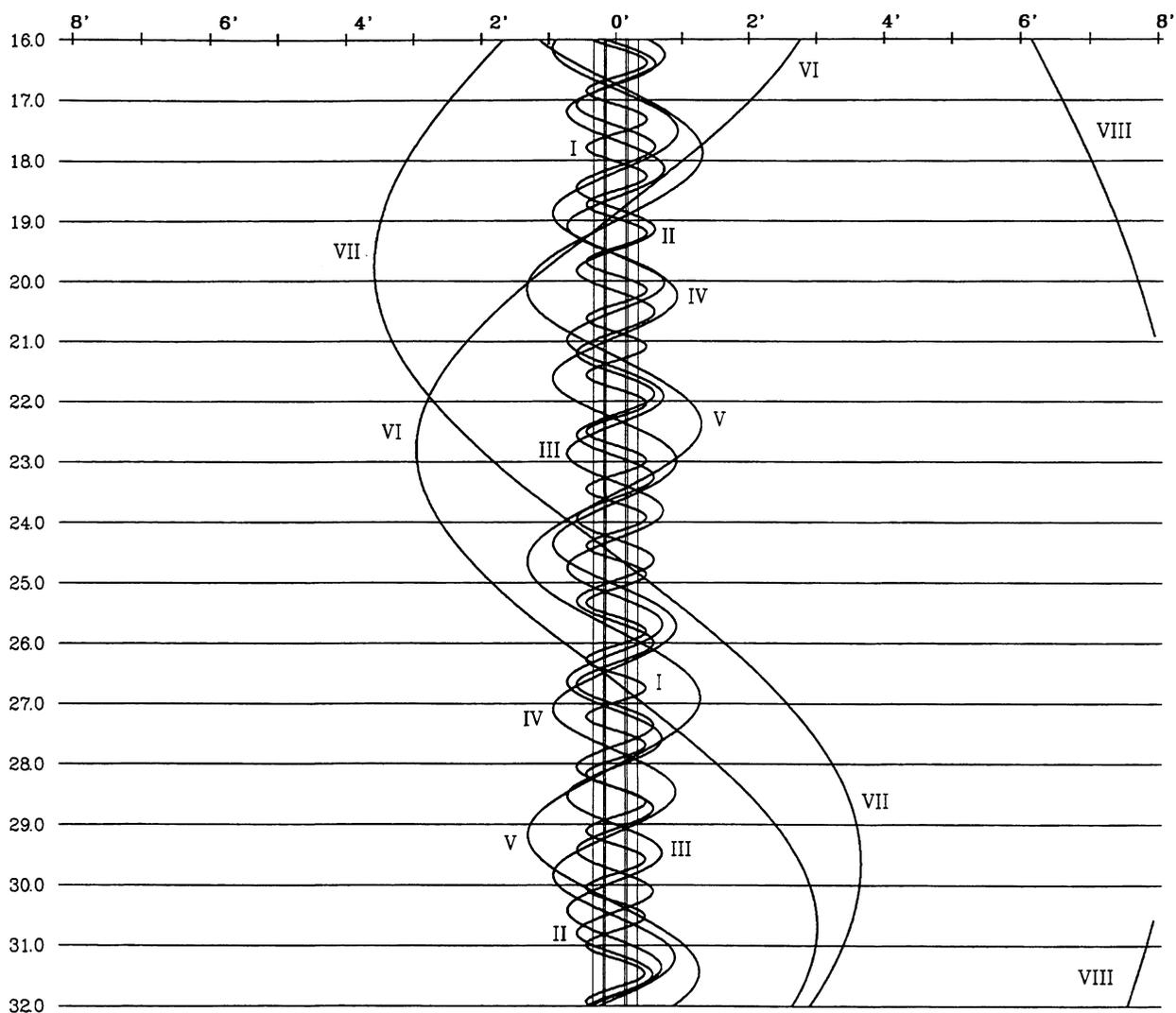


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

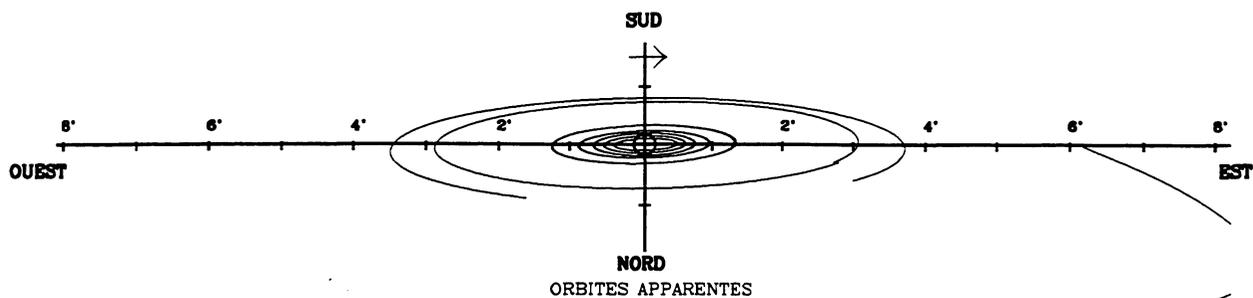
JANVIER - DEUXIEME QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

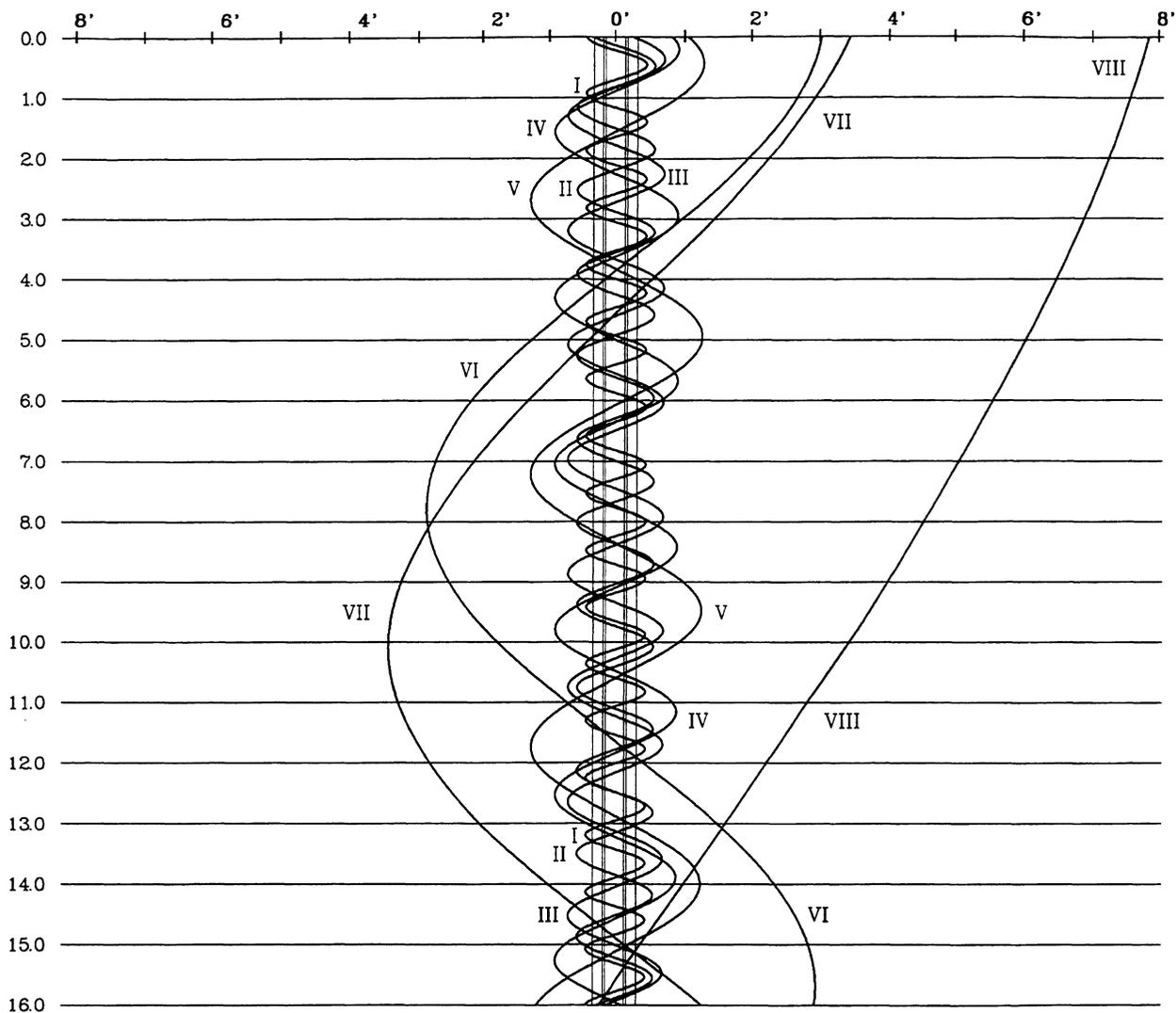


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

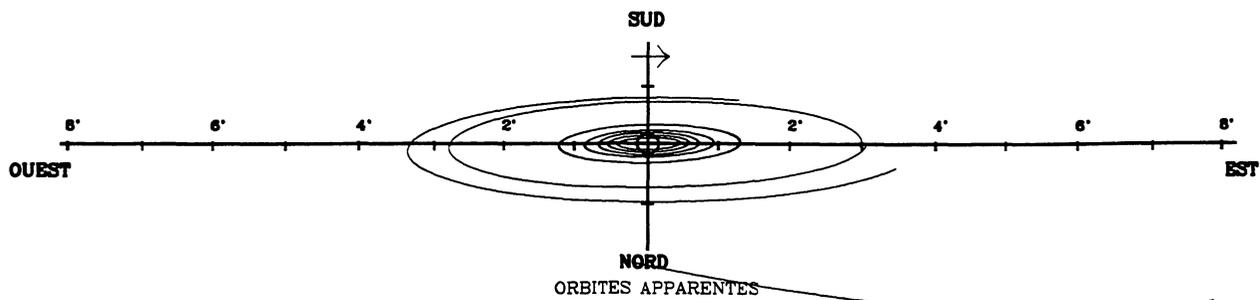
FEVRIER - PREMIERE QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

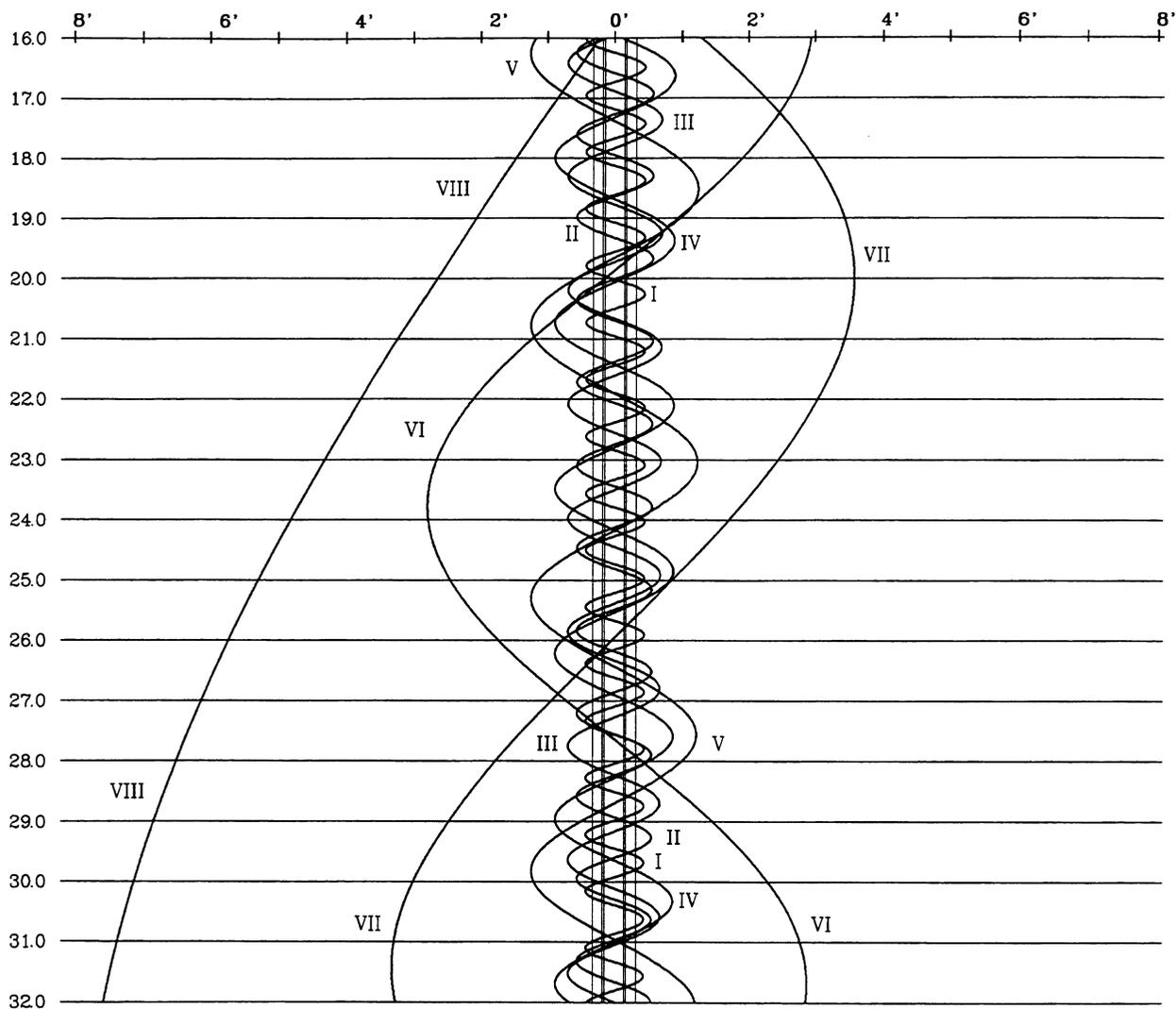


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

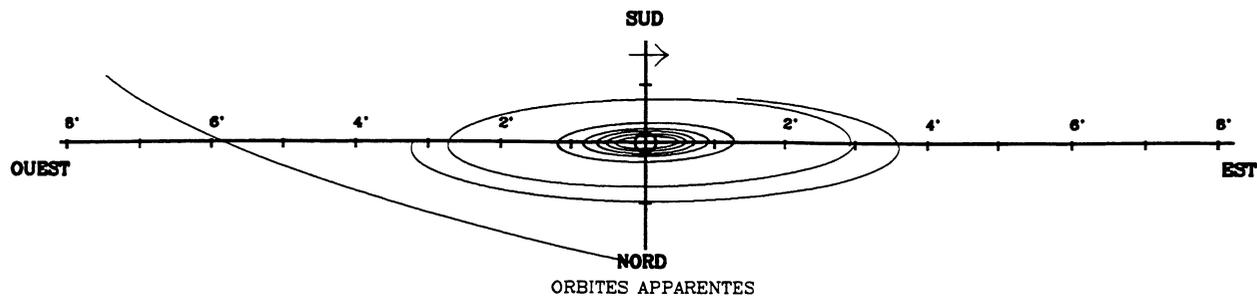
FEVRIER - DEUXIEME QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

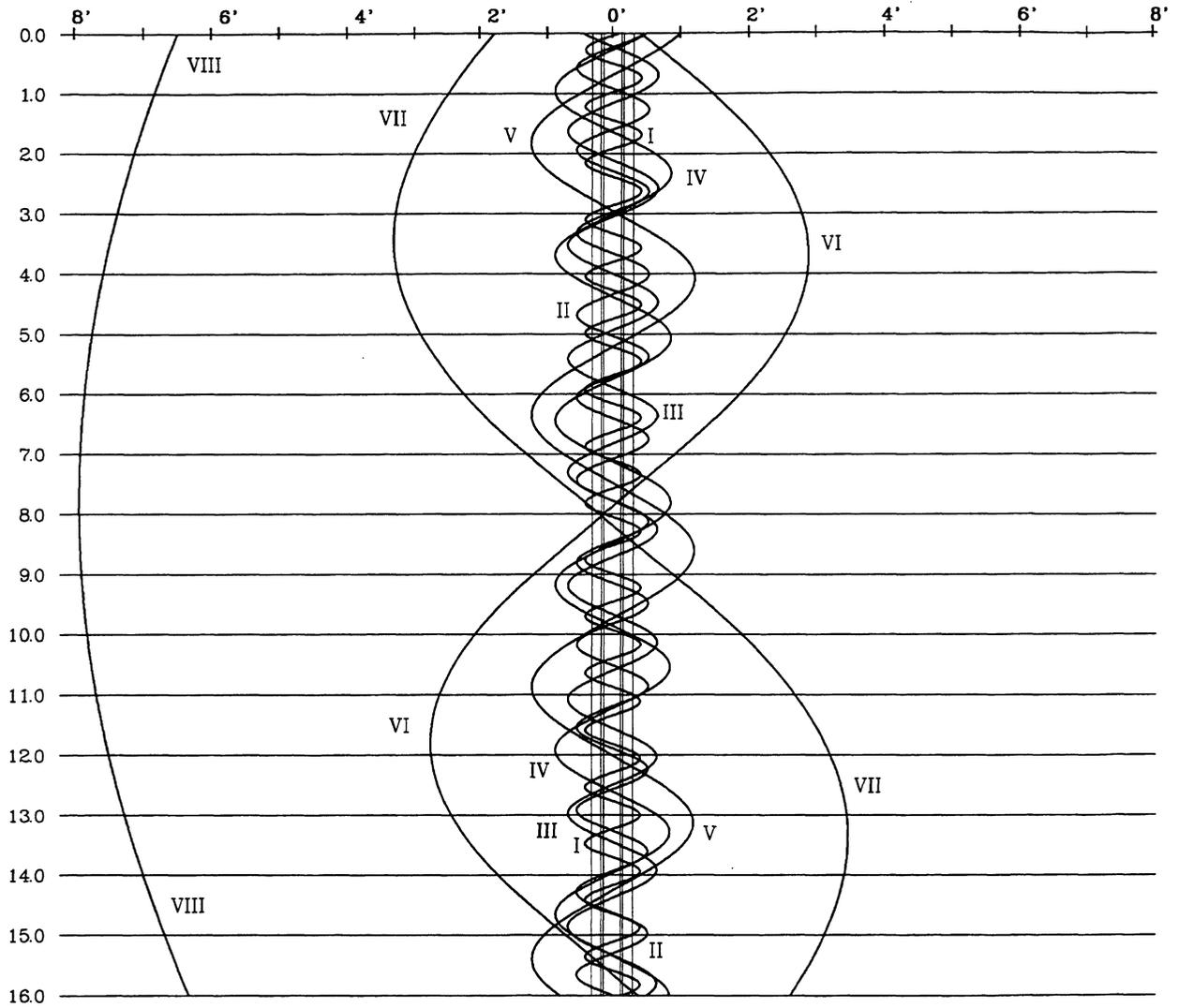


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

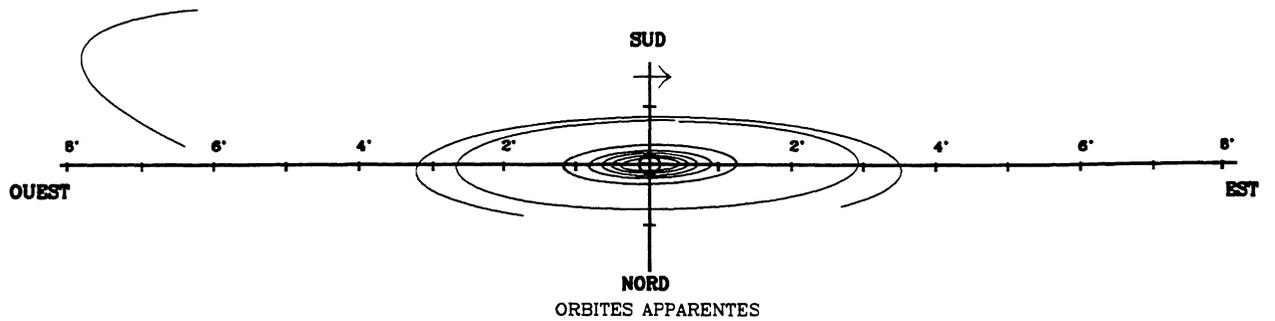
MARS - PREMIERE QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

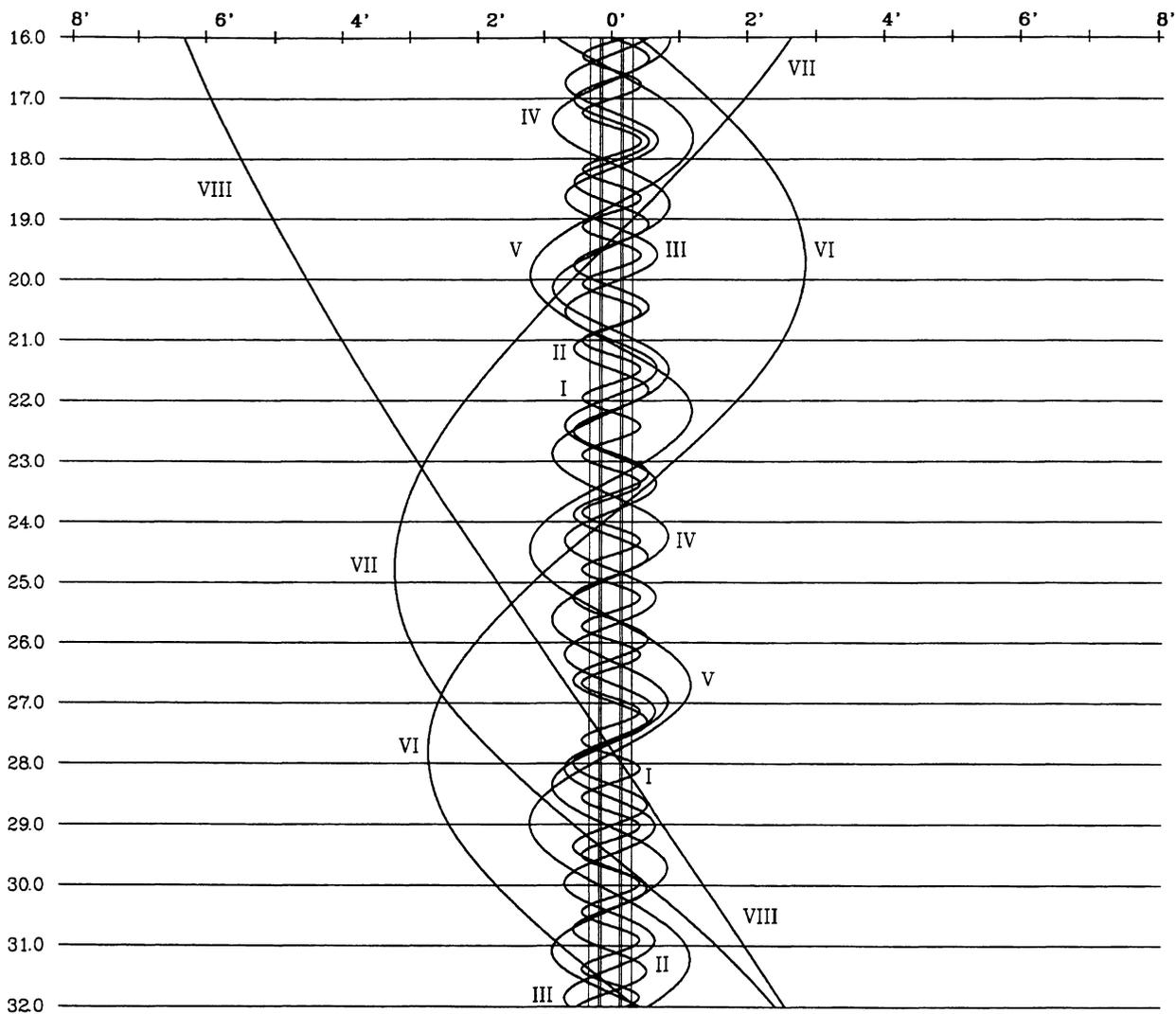


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

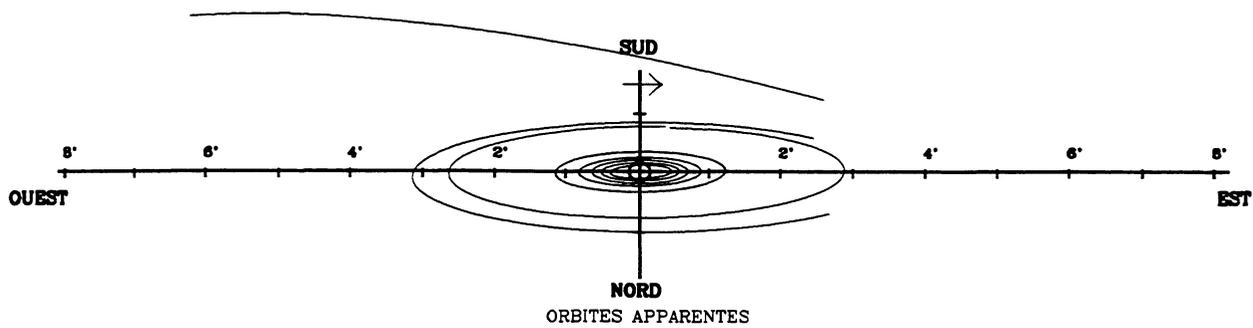
MARS - DEUXIEME QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

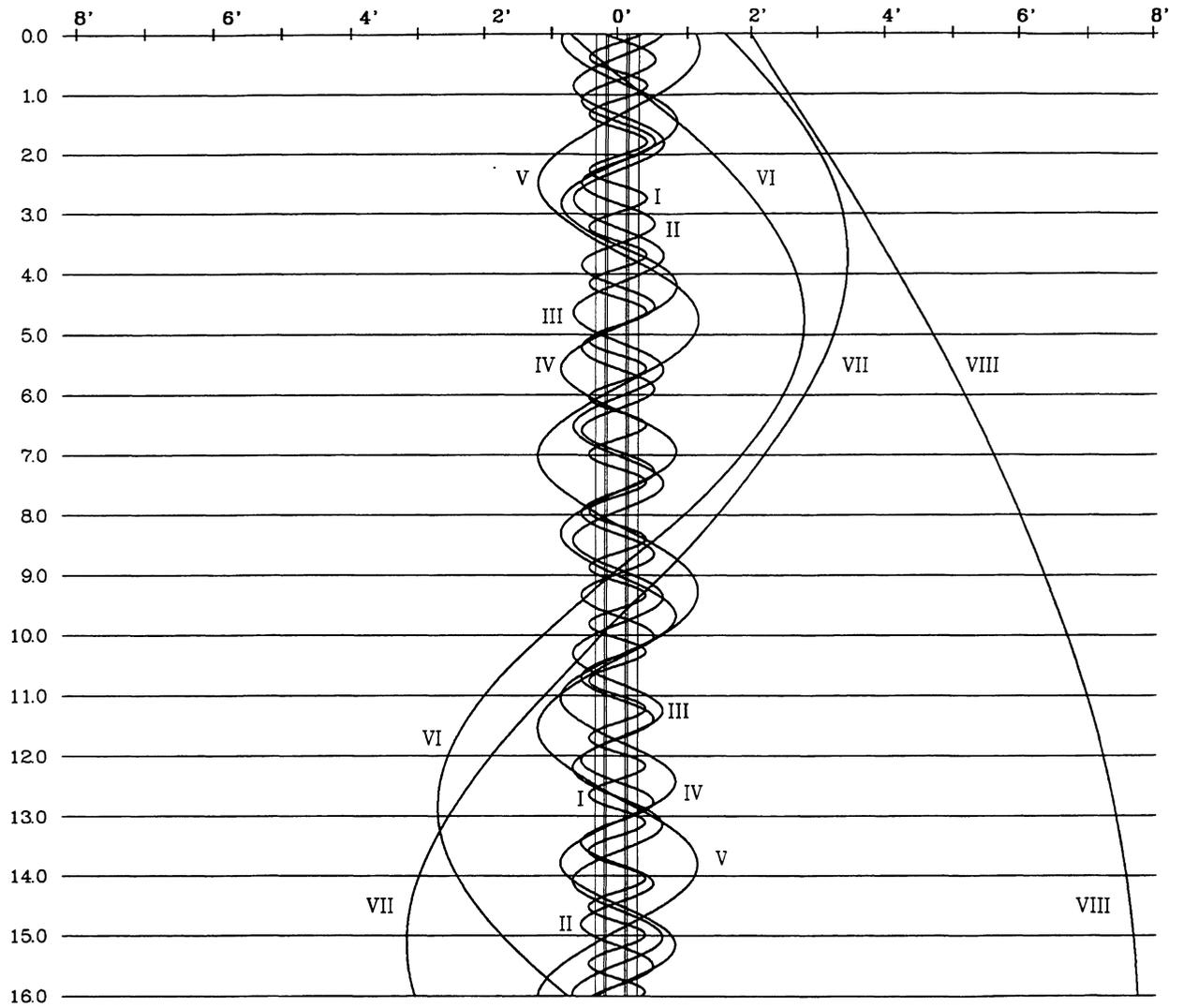


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

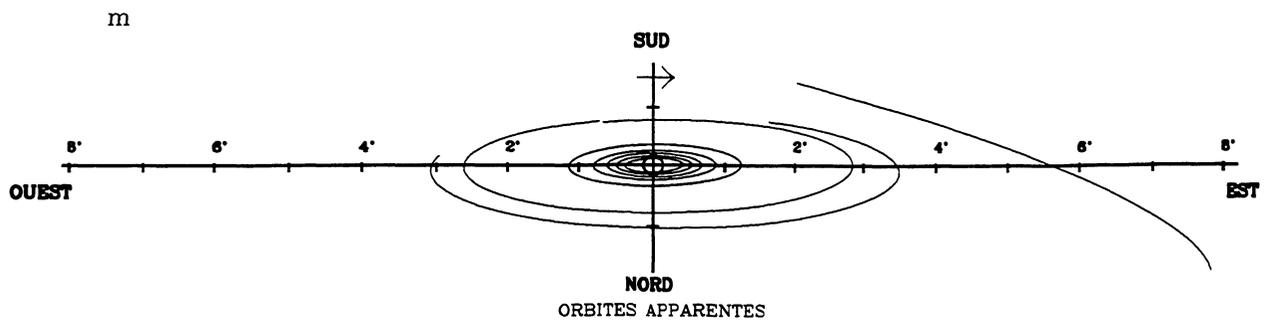
AVRIL - PREMIERE QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

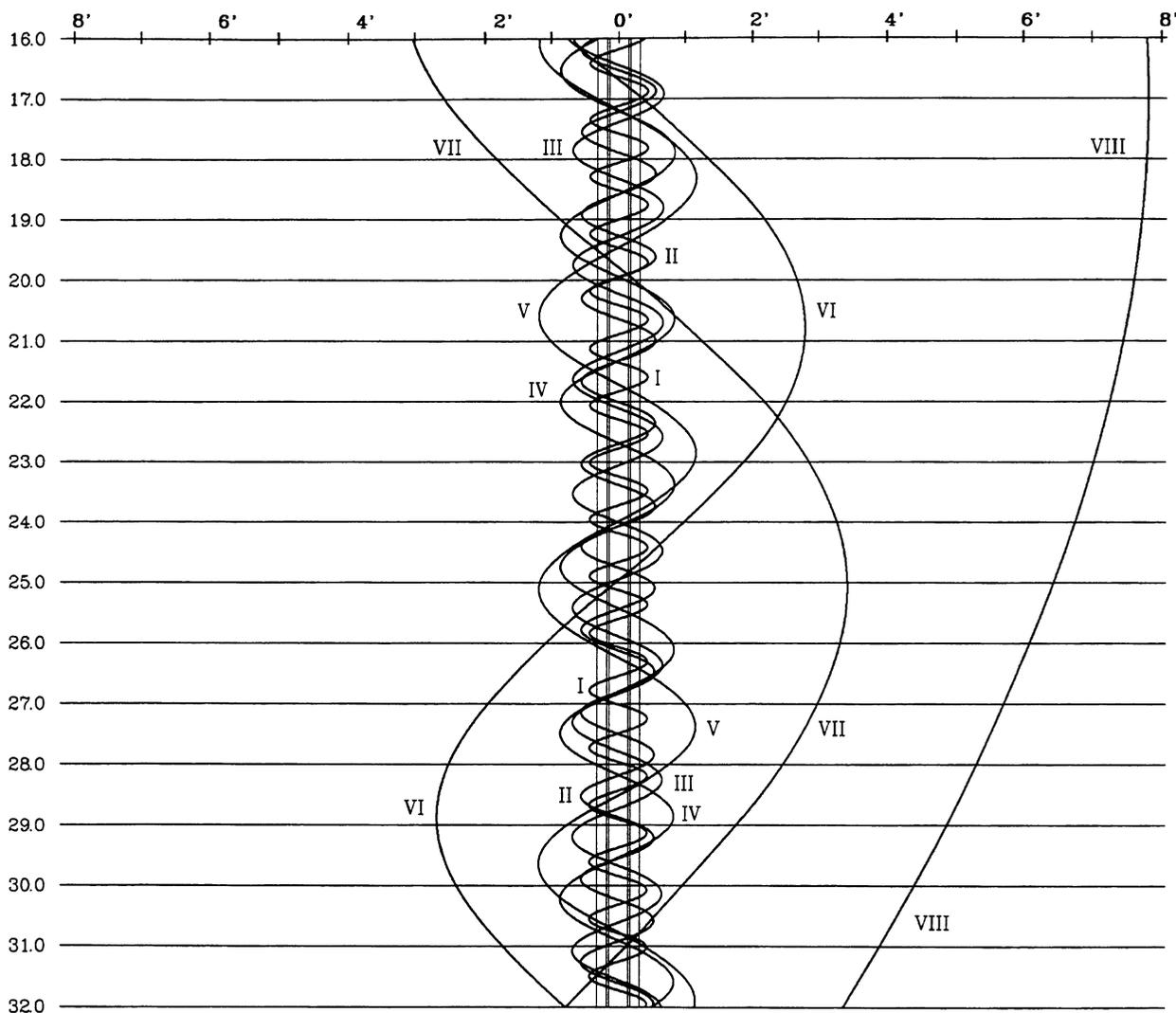


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

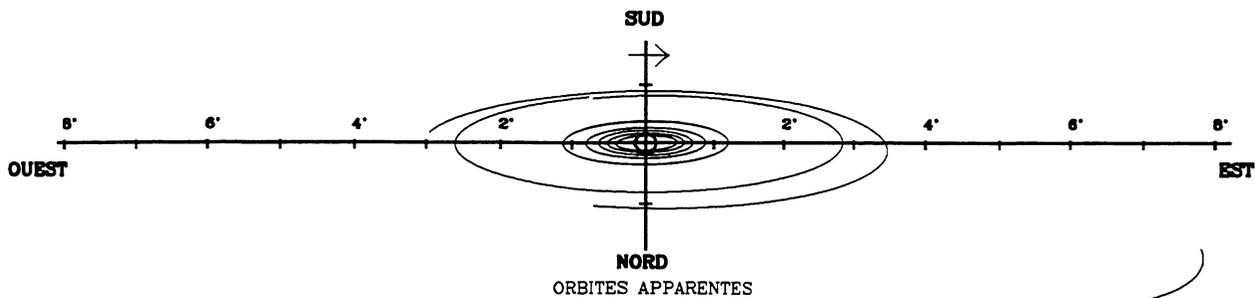
AVRIL - DEUXIEME QUINZAIN

OUEST

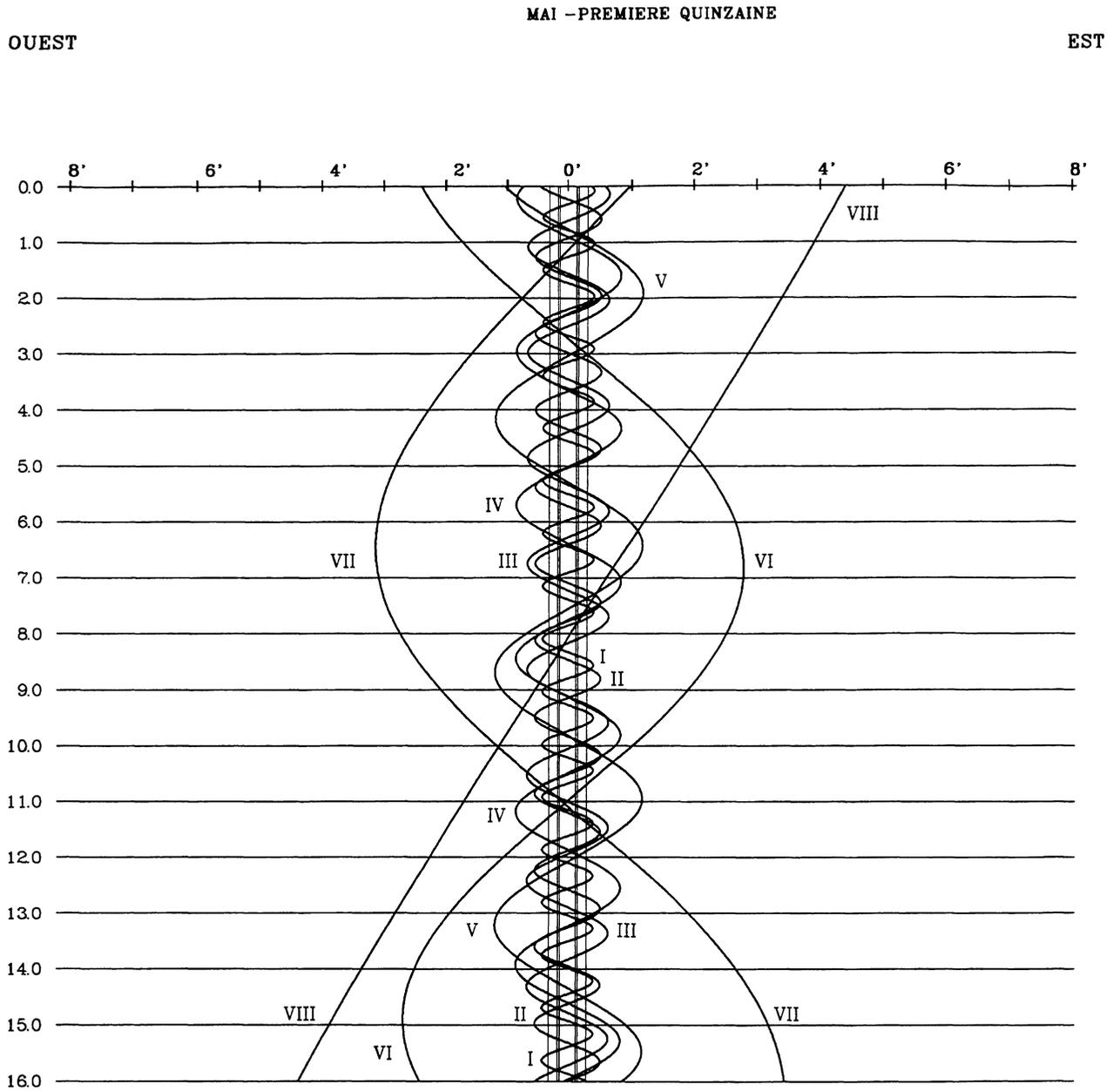
EST



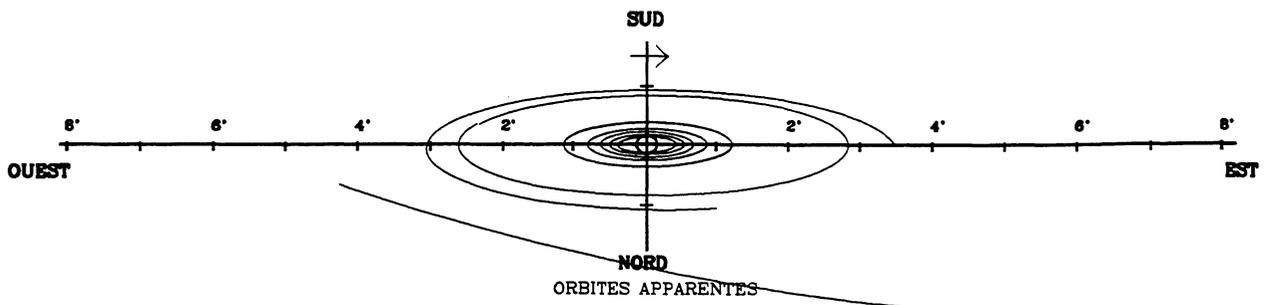
DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE



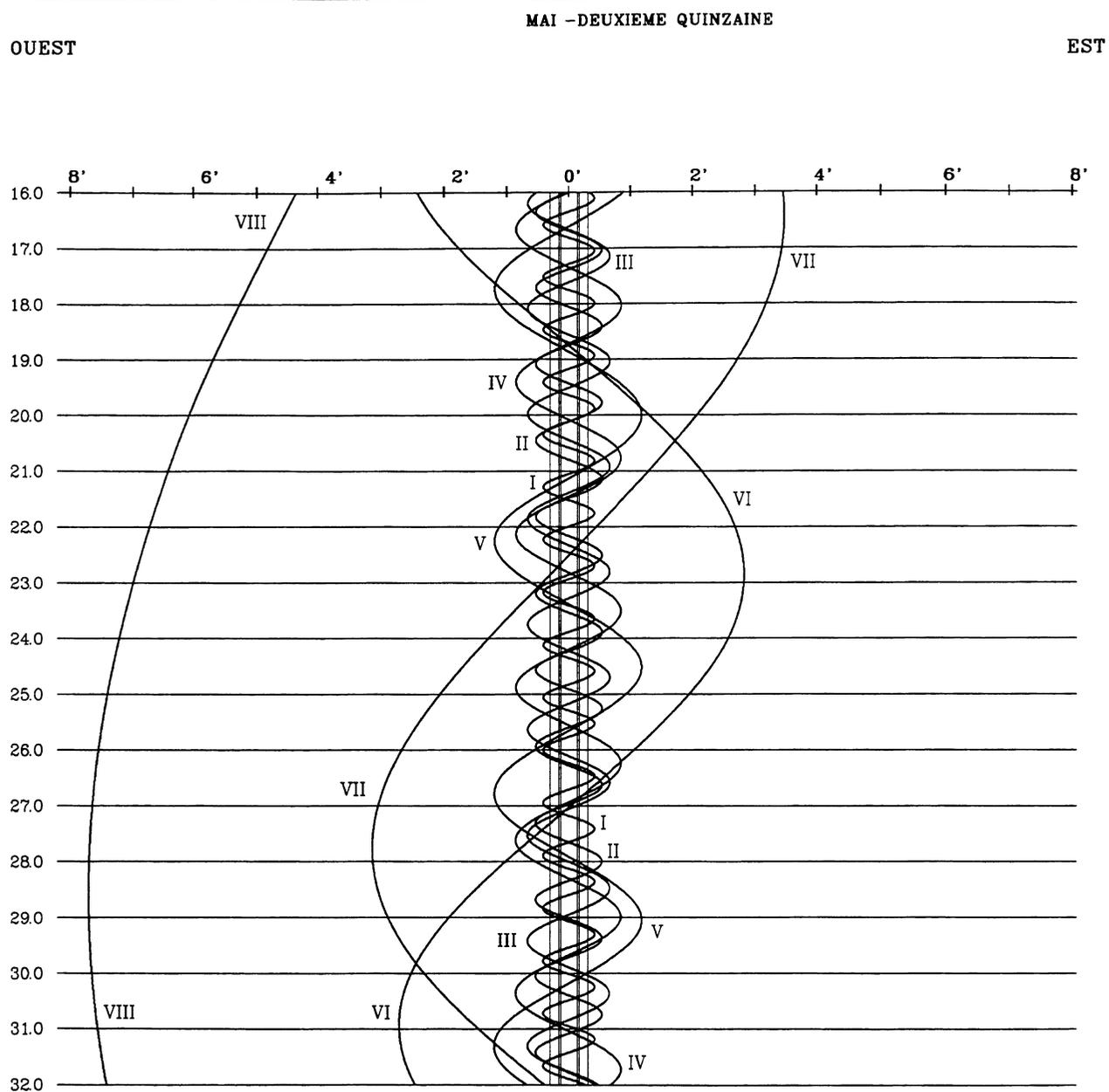
1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE



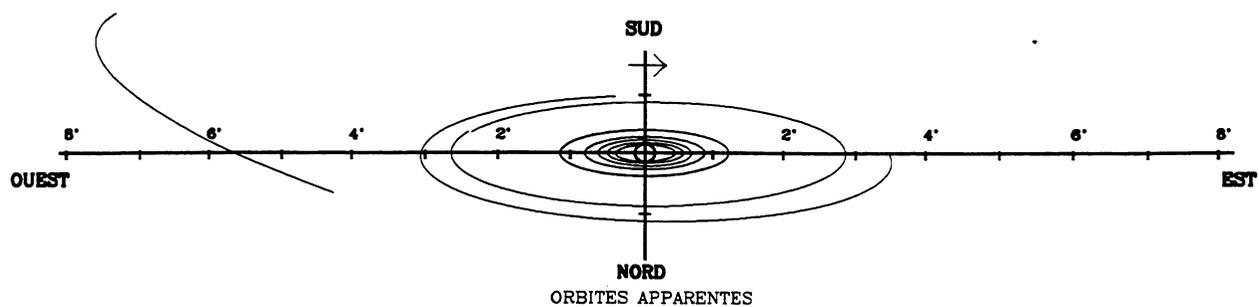
DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE



1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

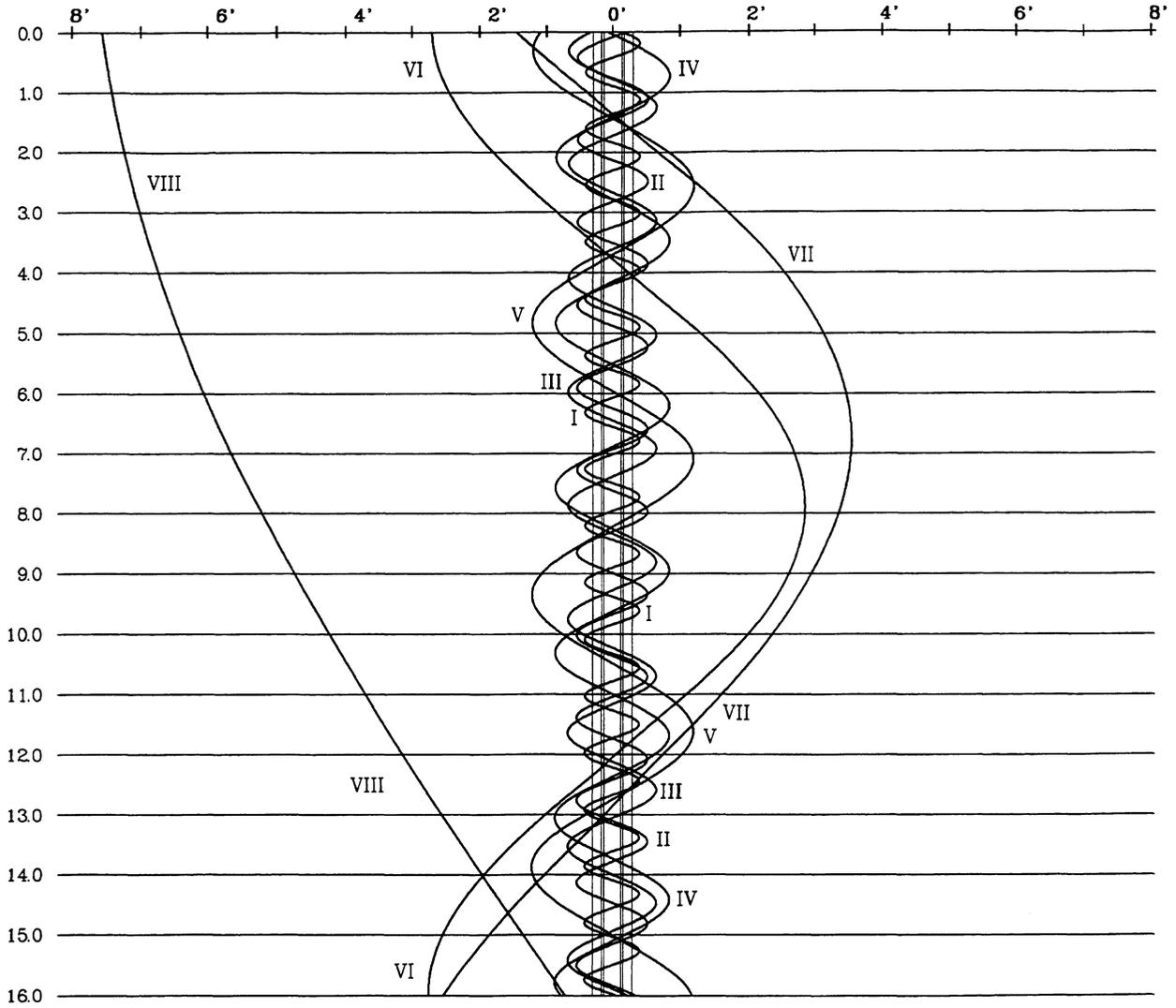


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

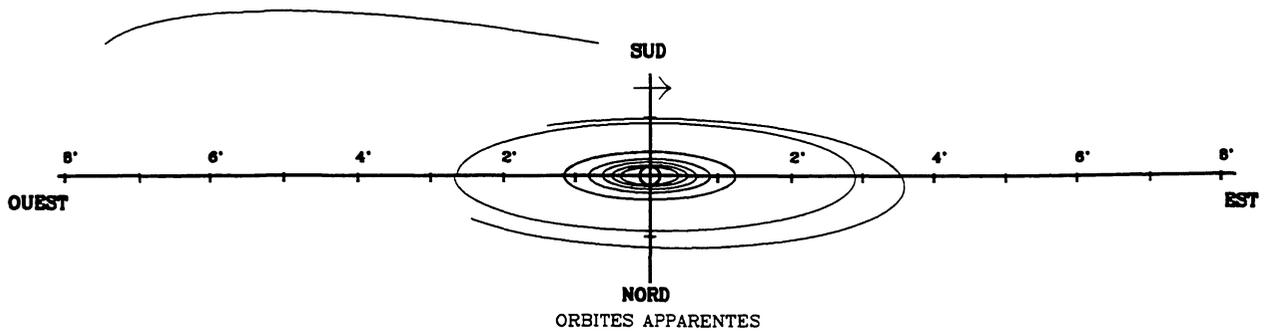
JUIN - PREMIERE QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

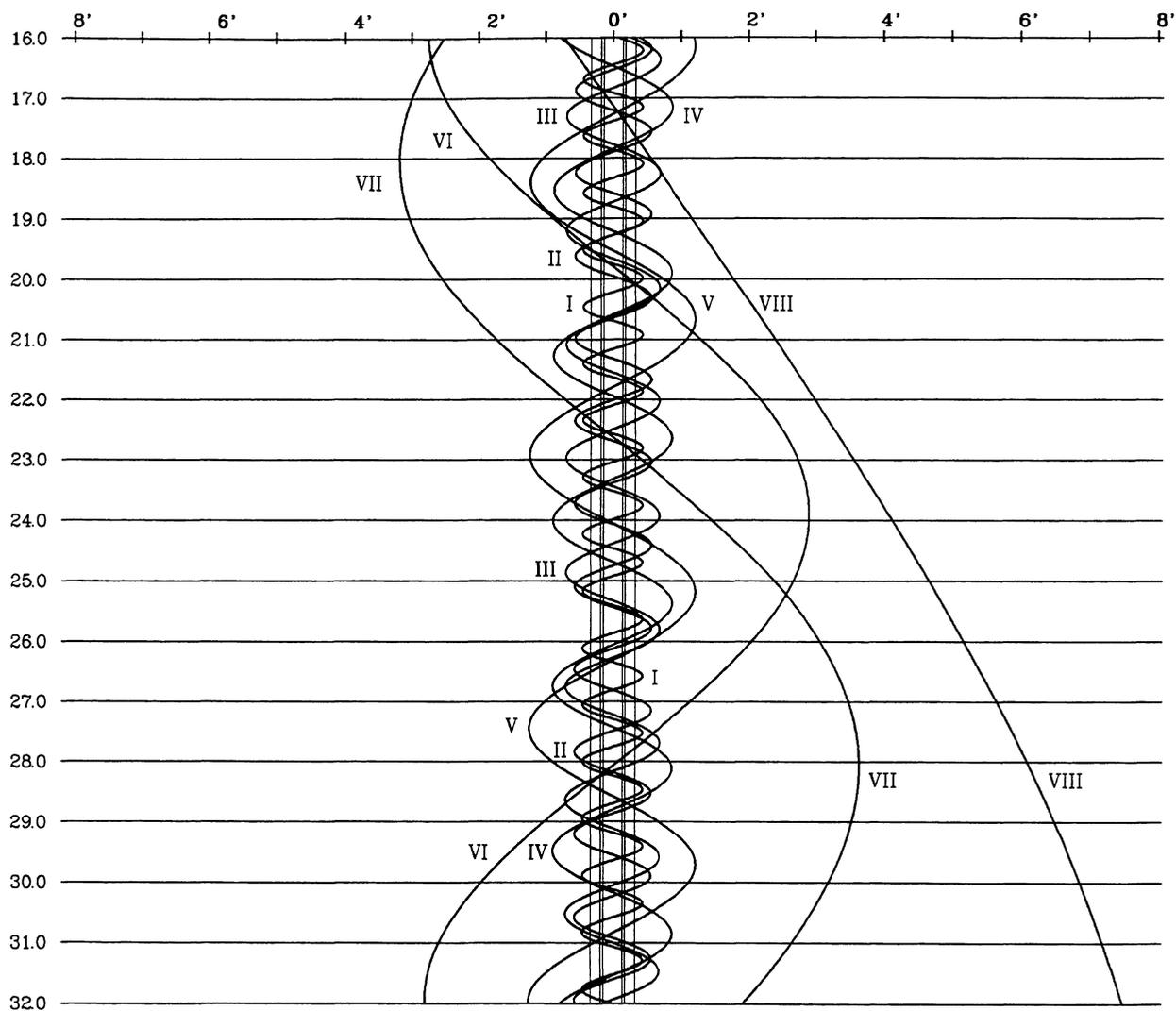


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

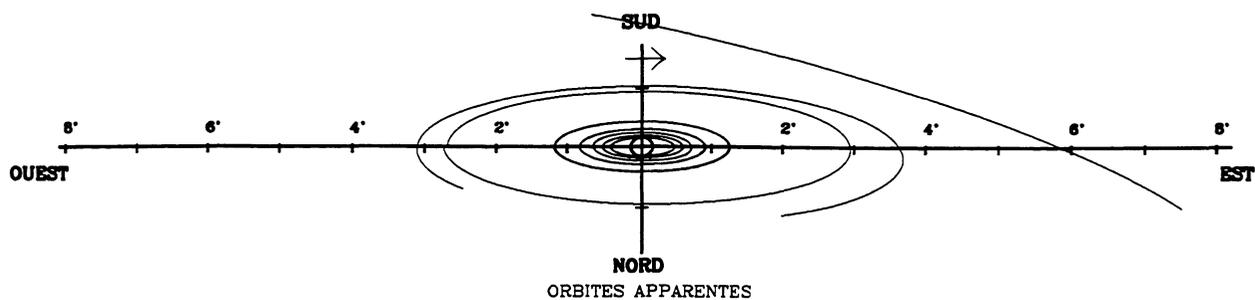
JUIN - DEUXIEME QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

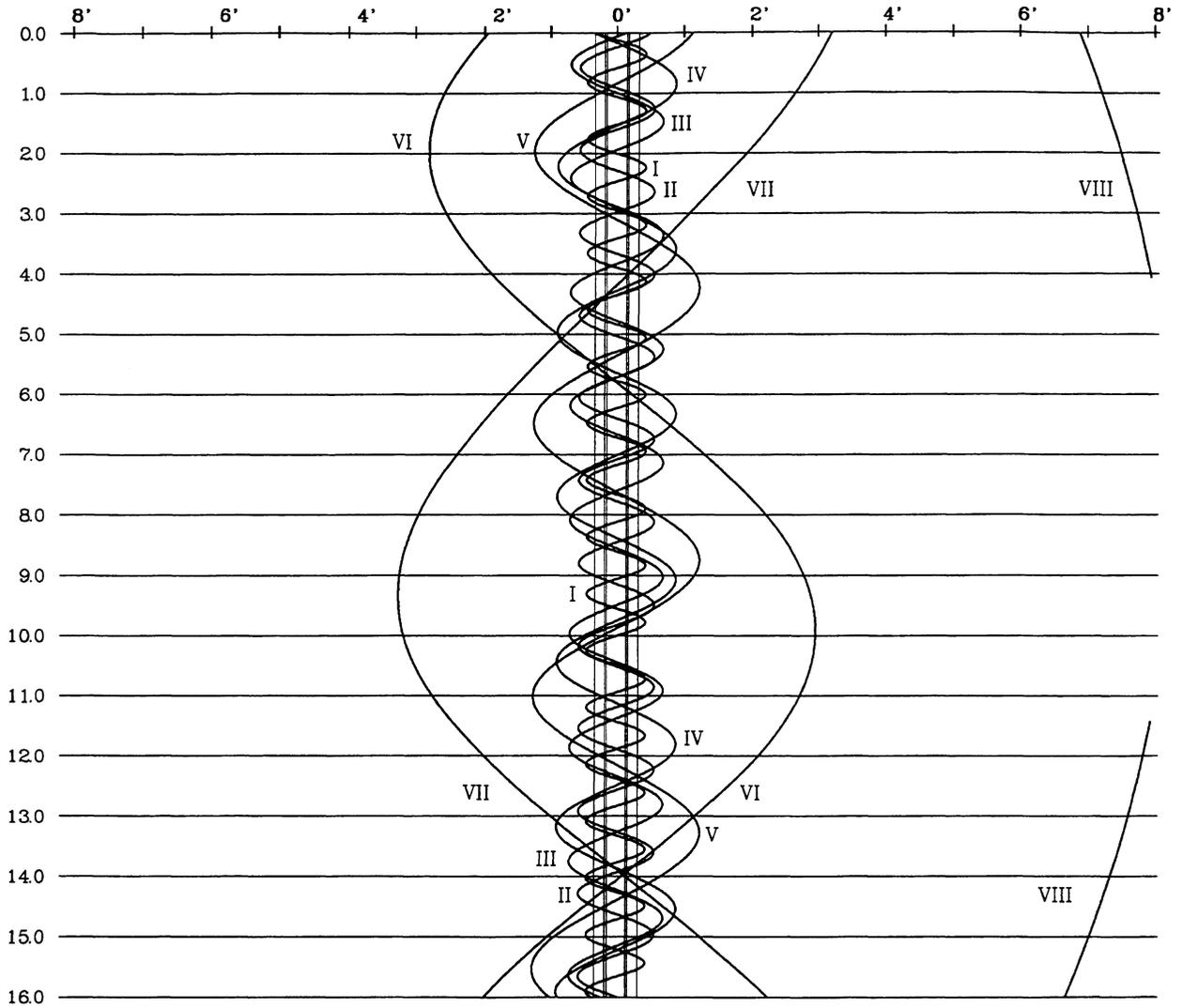


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

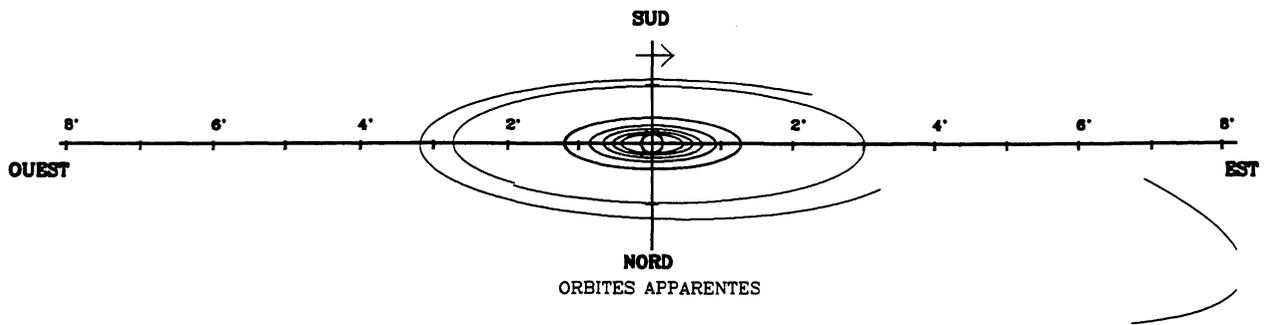
JUILLET - PREMIERE QUINZAINE

OUEST

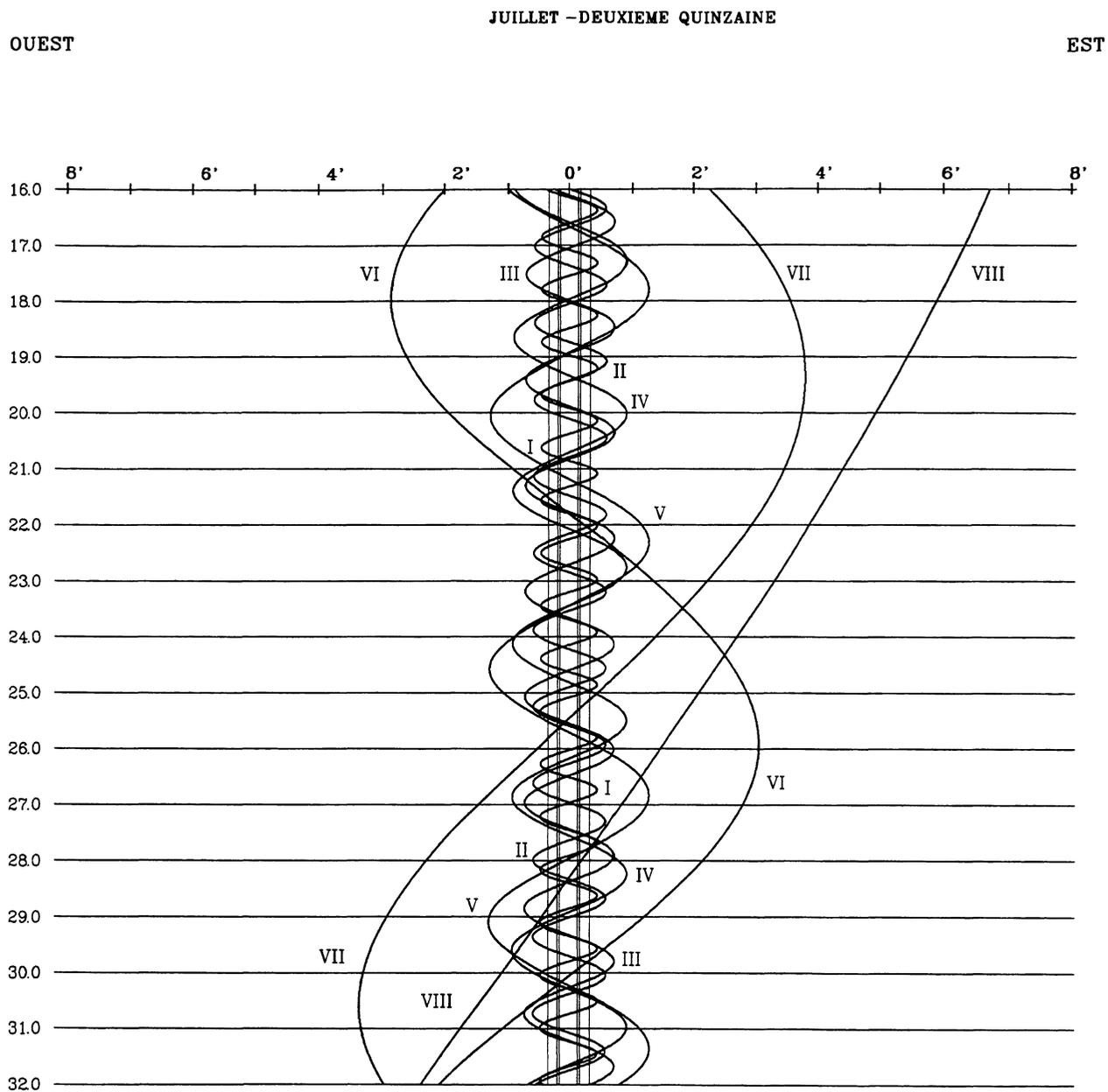
EST



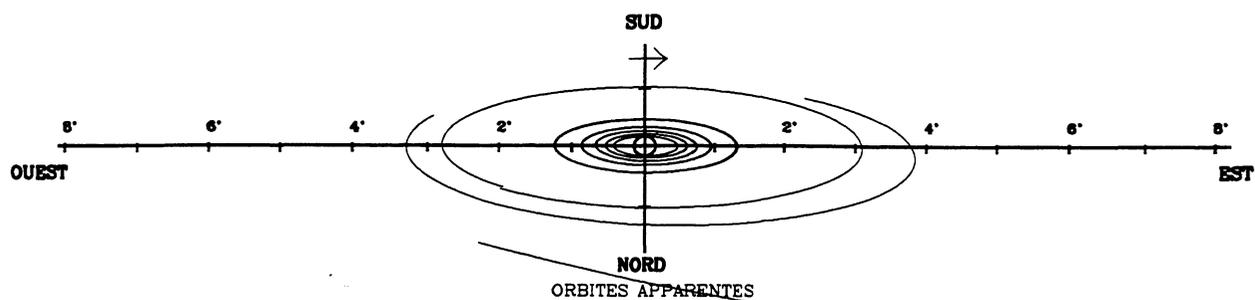
DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE



1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

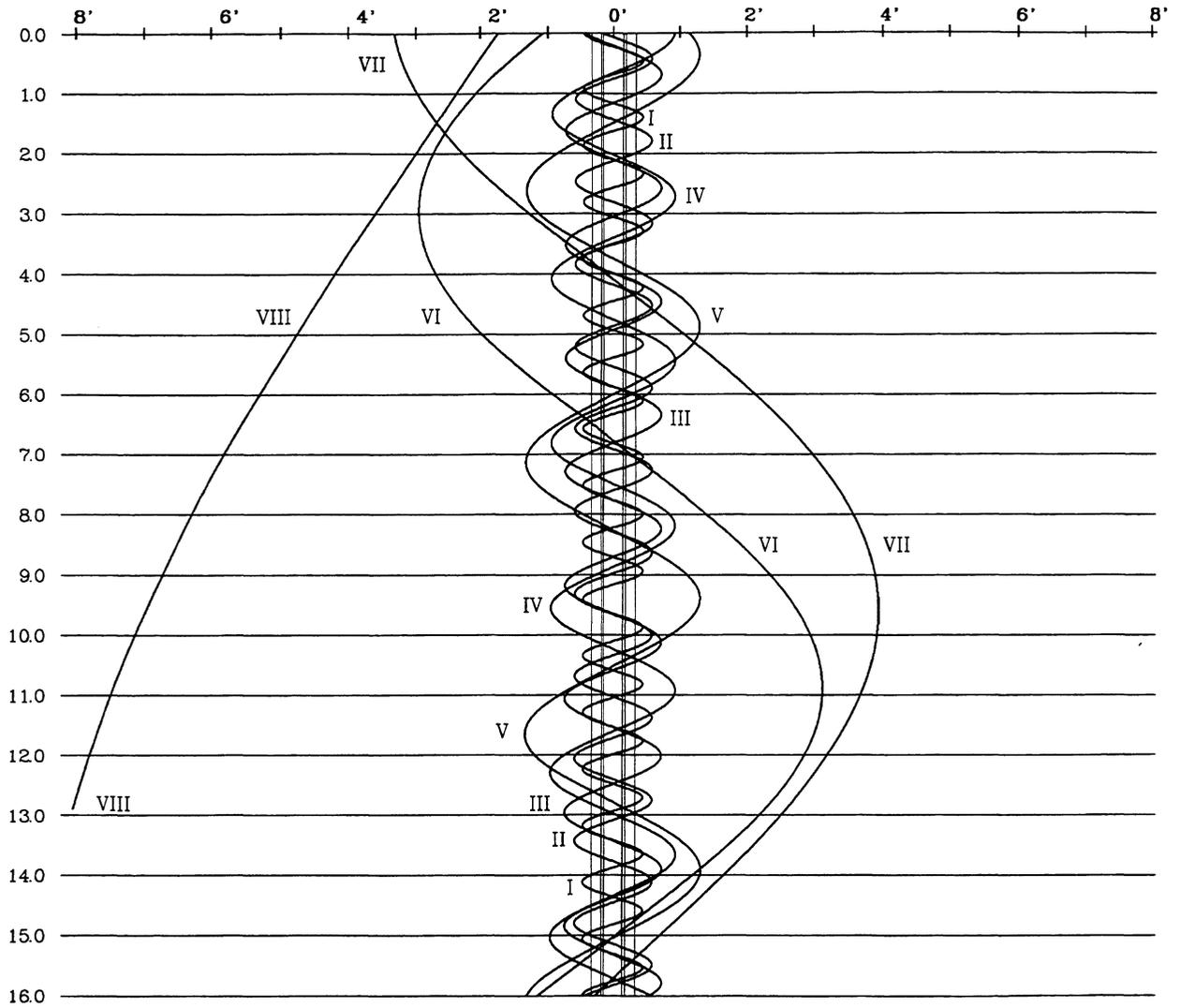


DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

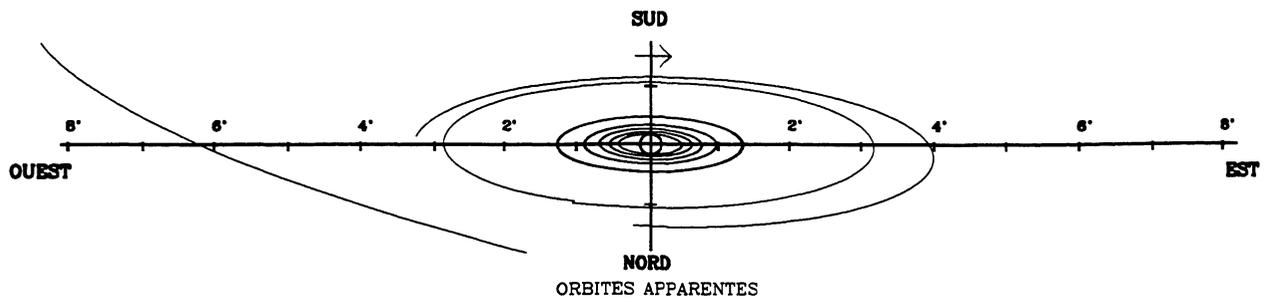


AOUT - PREMIERE QUINZAINE

OUEST EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

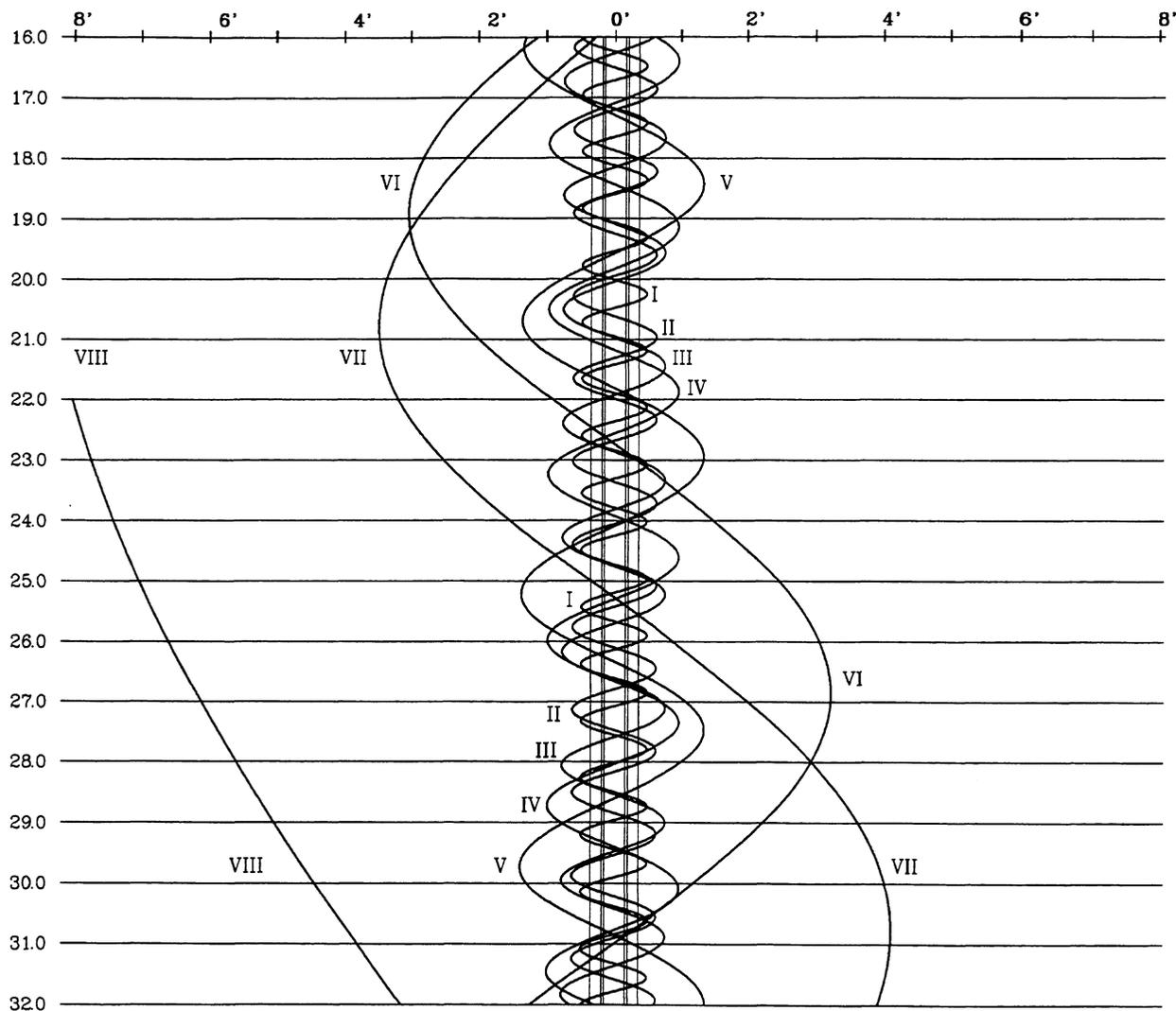


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

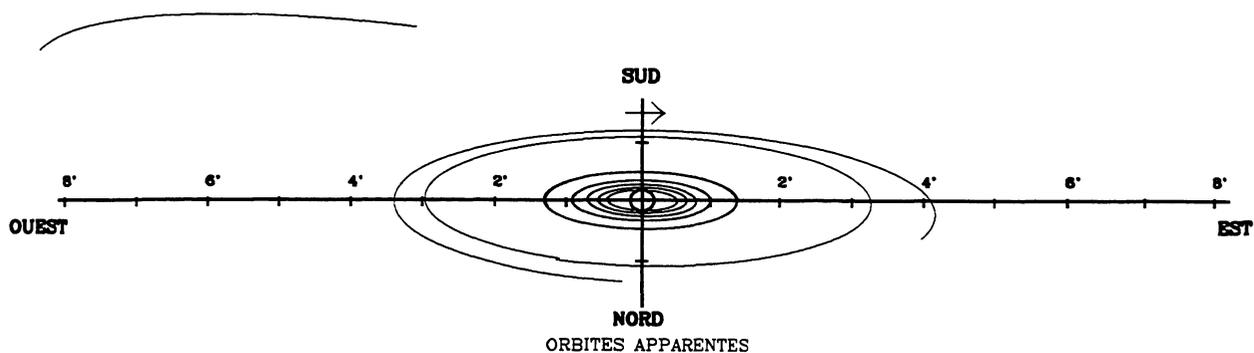
AOUT - DEUXIEME QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

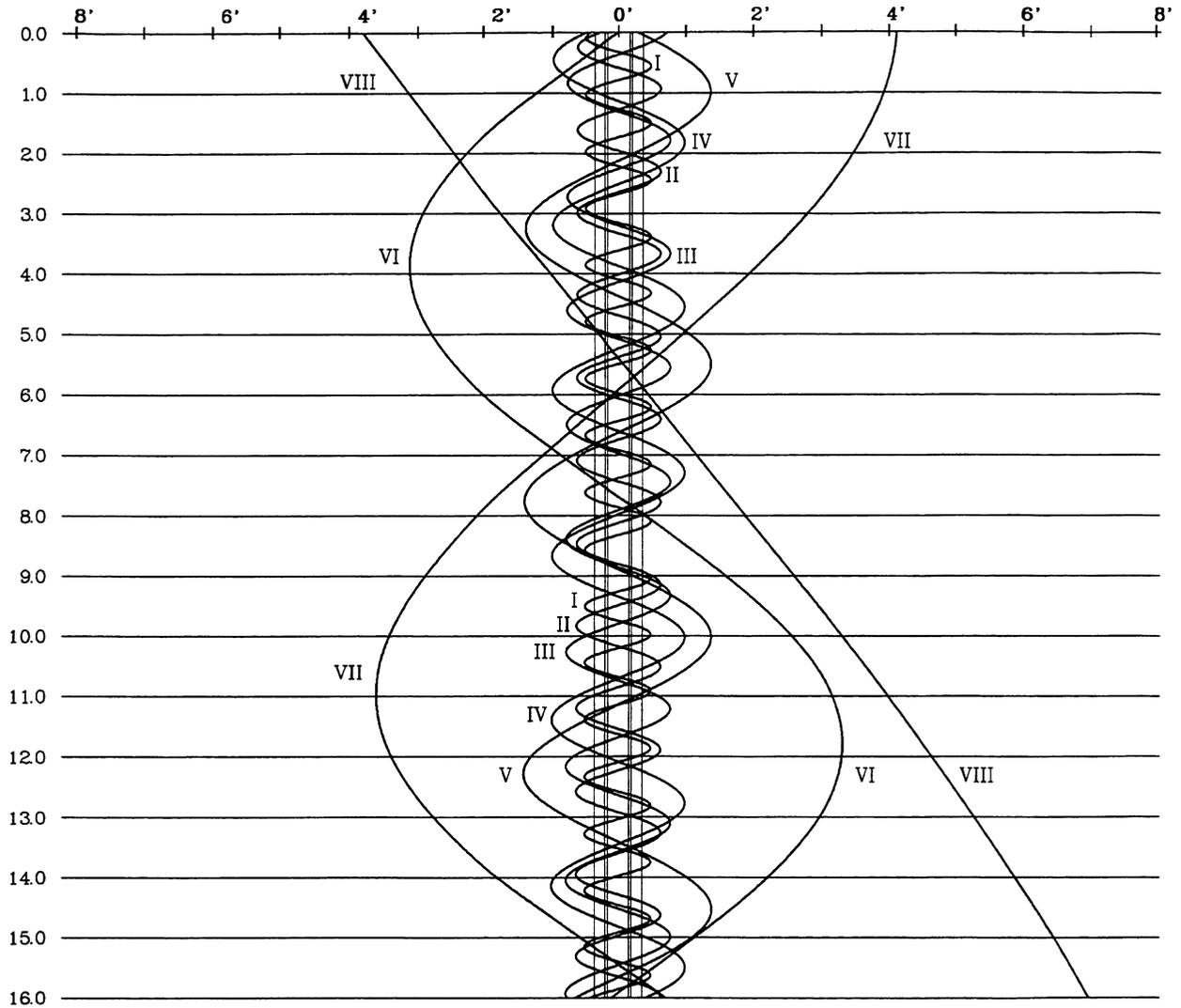


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

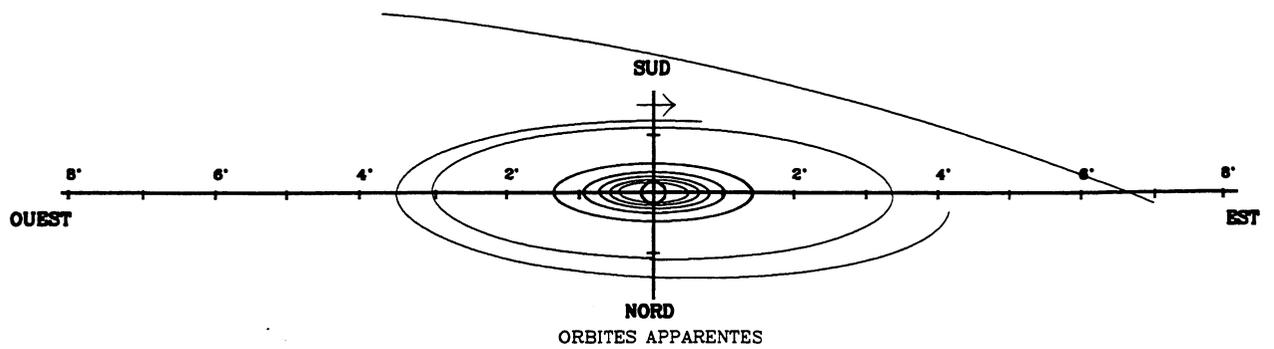
SEPTEMBRE - PREMIERE QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

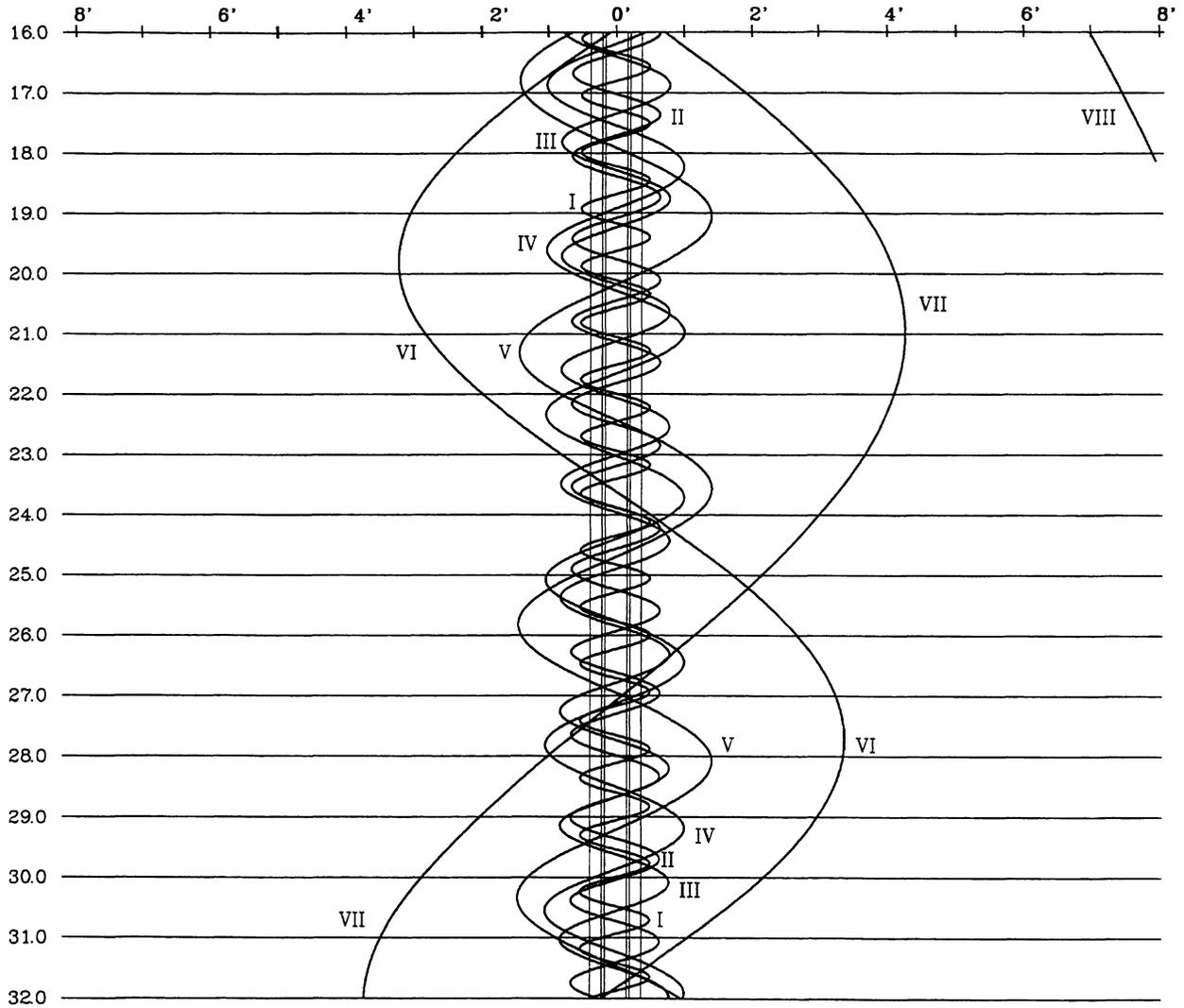


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

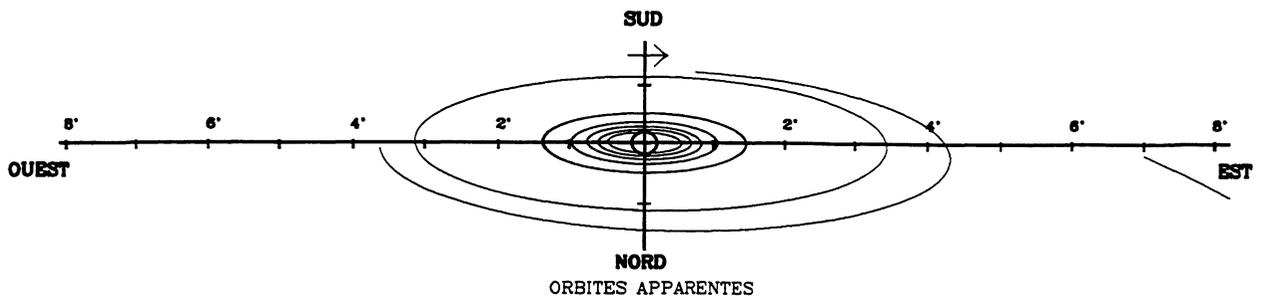
SEPTEMBRE - DEUXIEME QUINZAIN

OUEST

EST

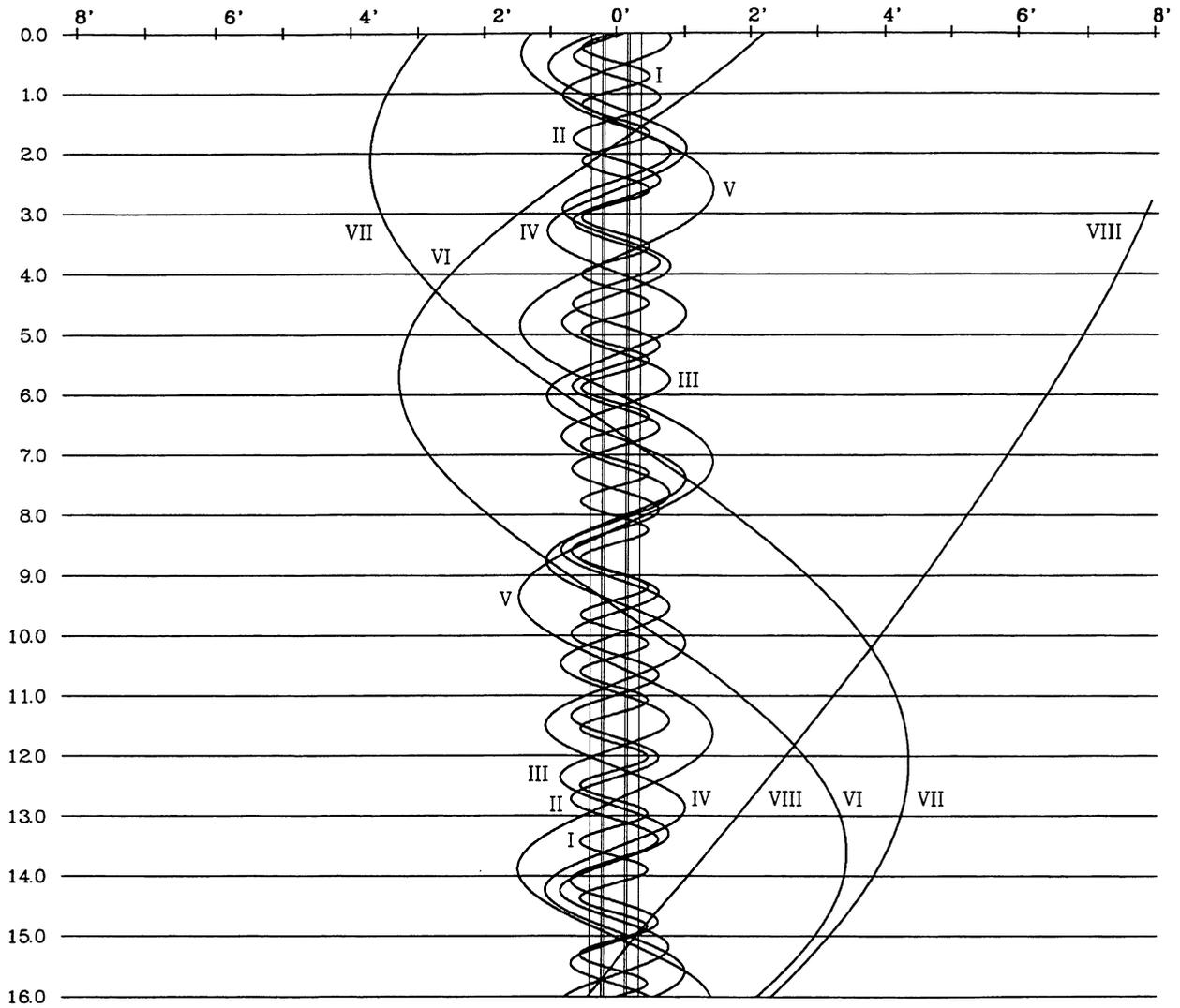


DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

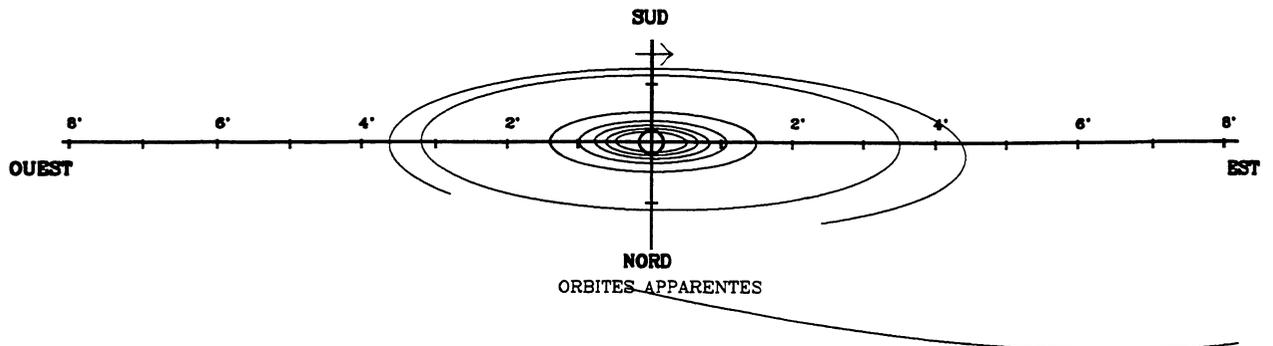


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

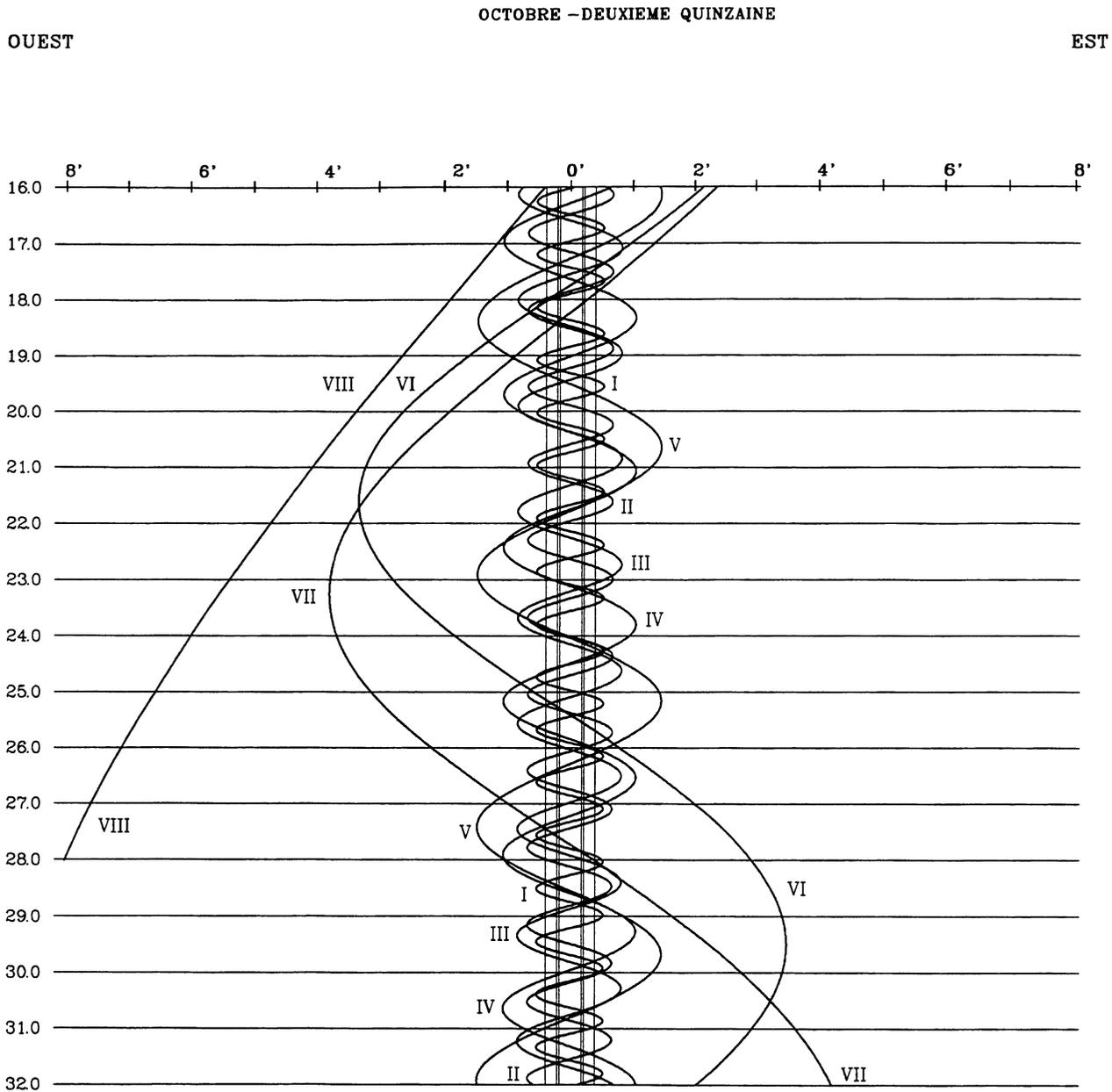
OUEST OCTOBRE - PREMIERE QUINZAINE EST



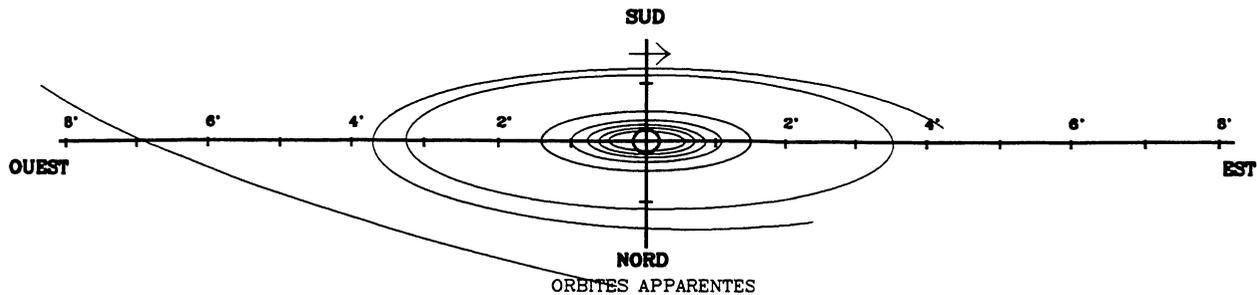
DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE



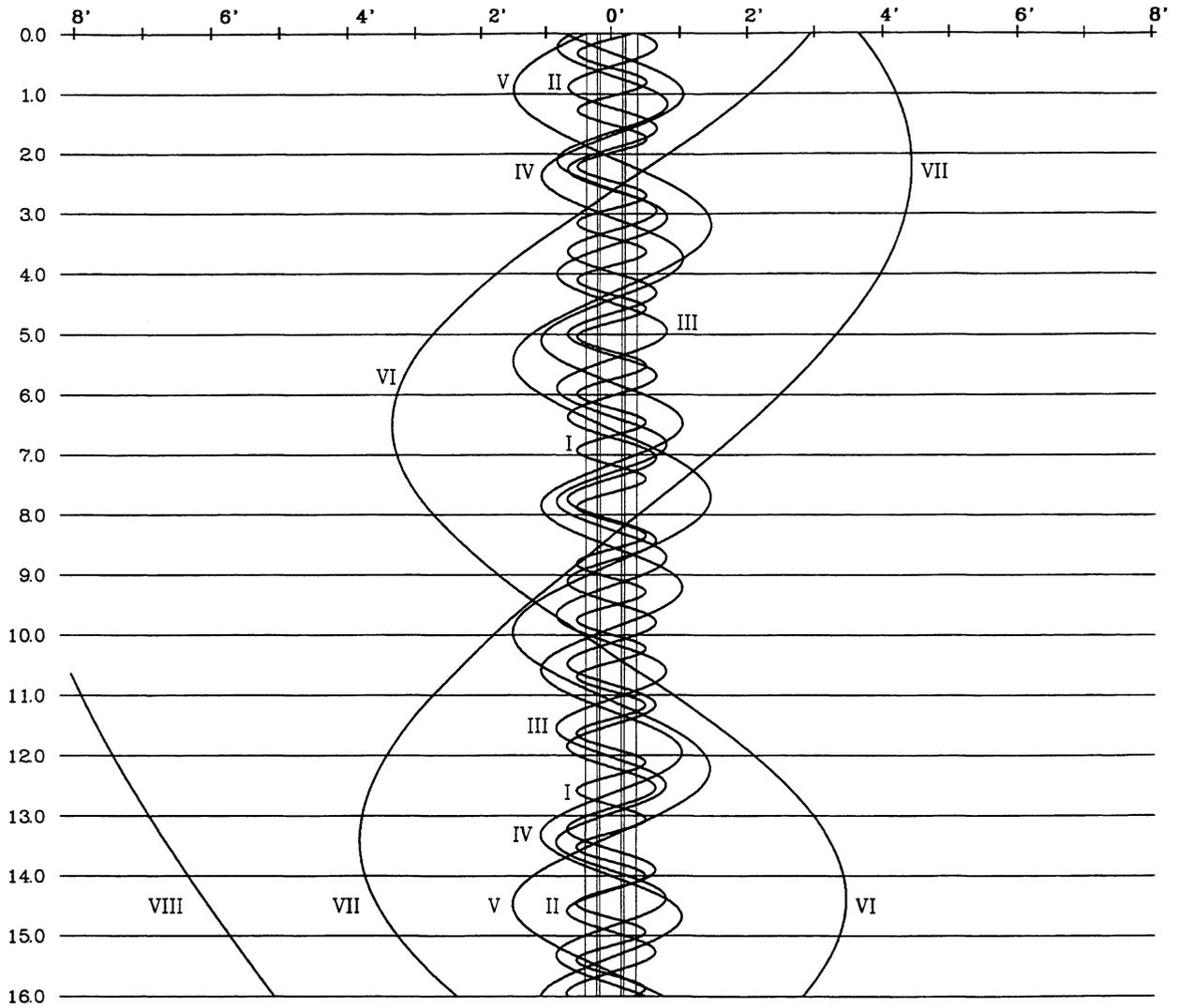
1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE



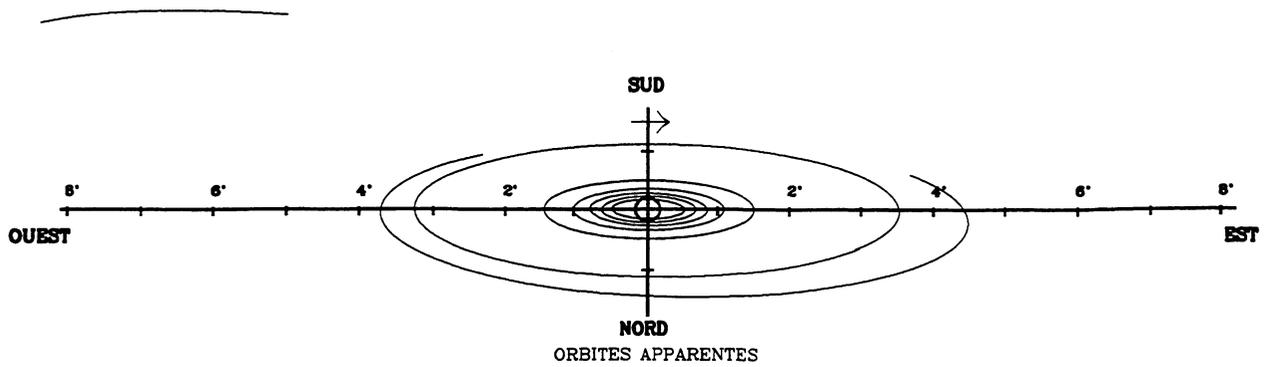
DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE



NOVEMBRE - PREMIERE QUINZAINE
 OUEST EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE

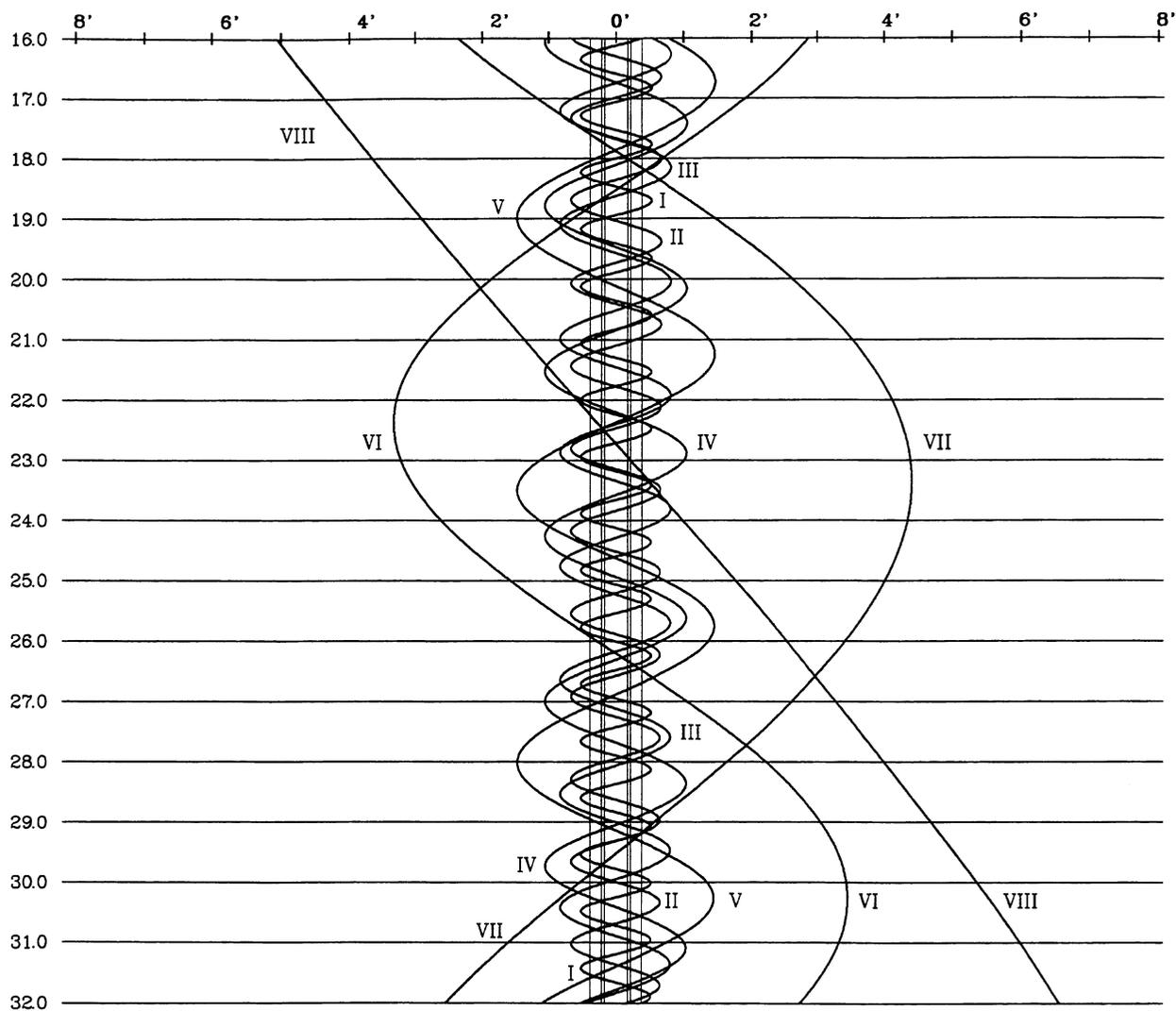


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

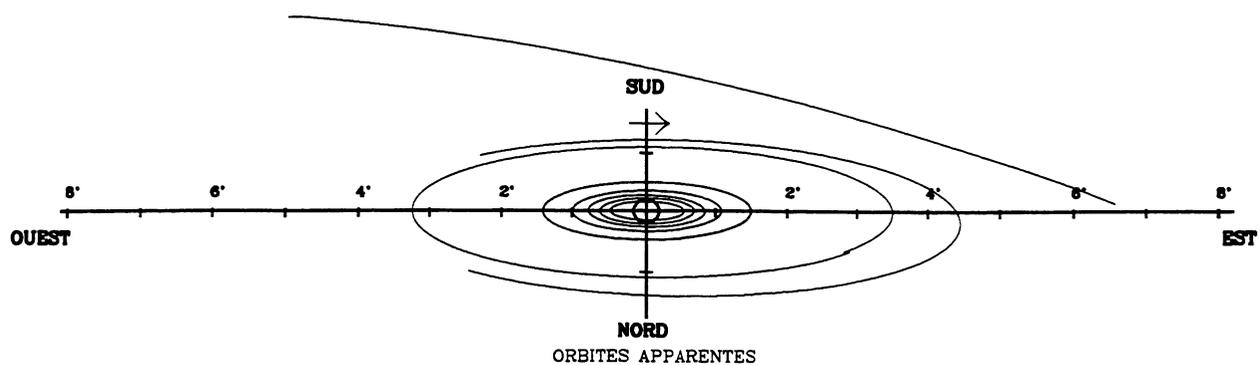
NOVEMBRE - DEUXIEME QUINZAINE

OUEST

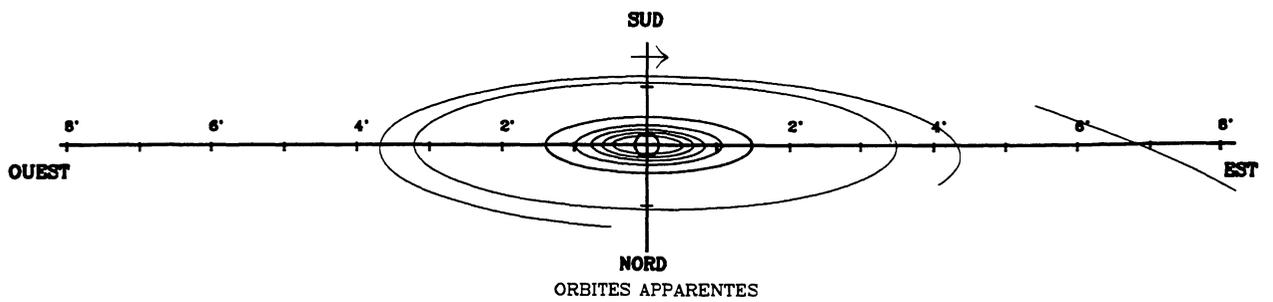
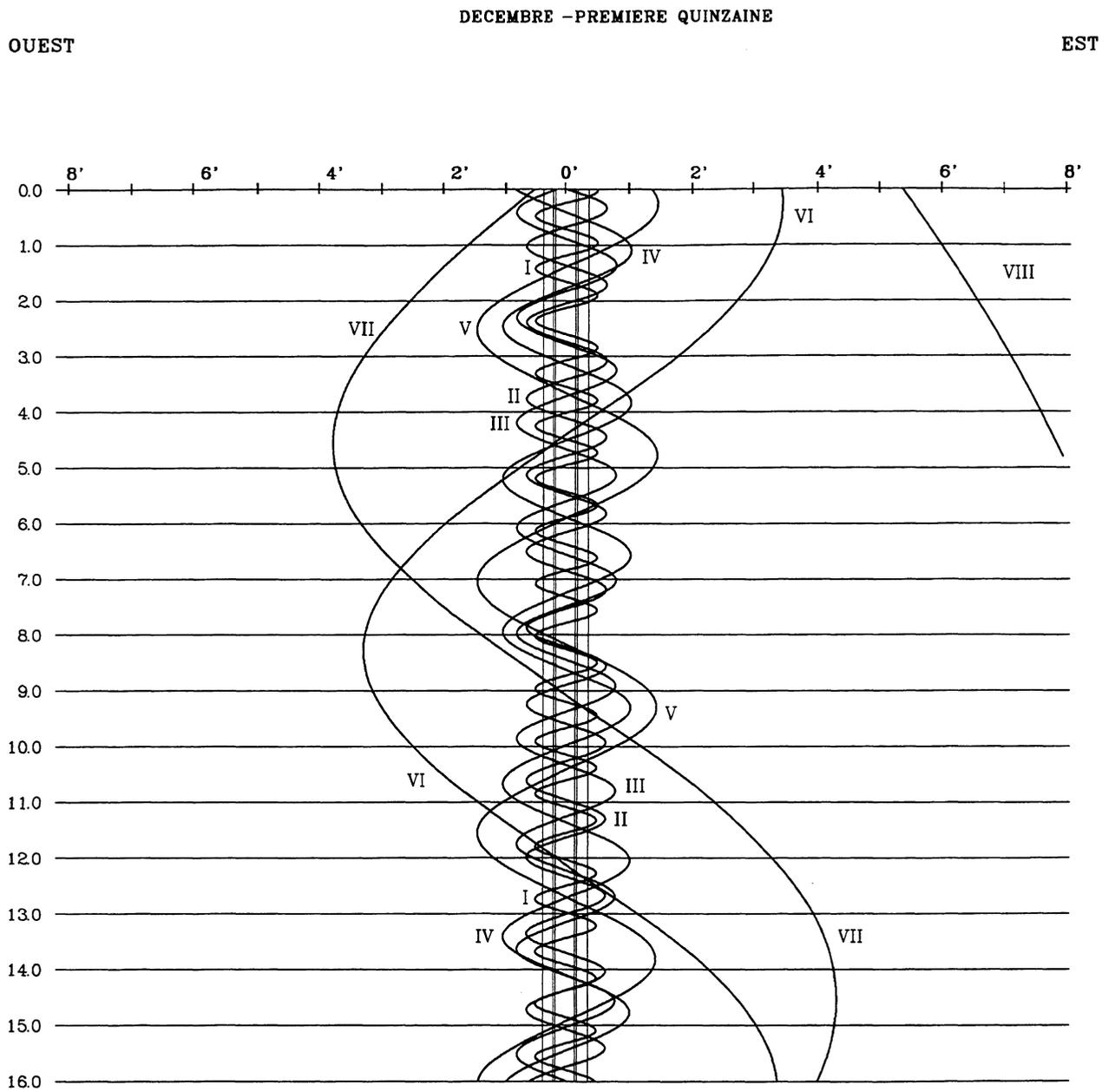
EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE



1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

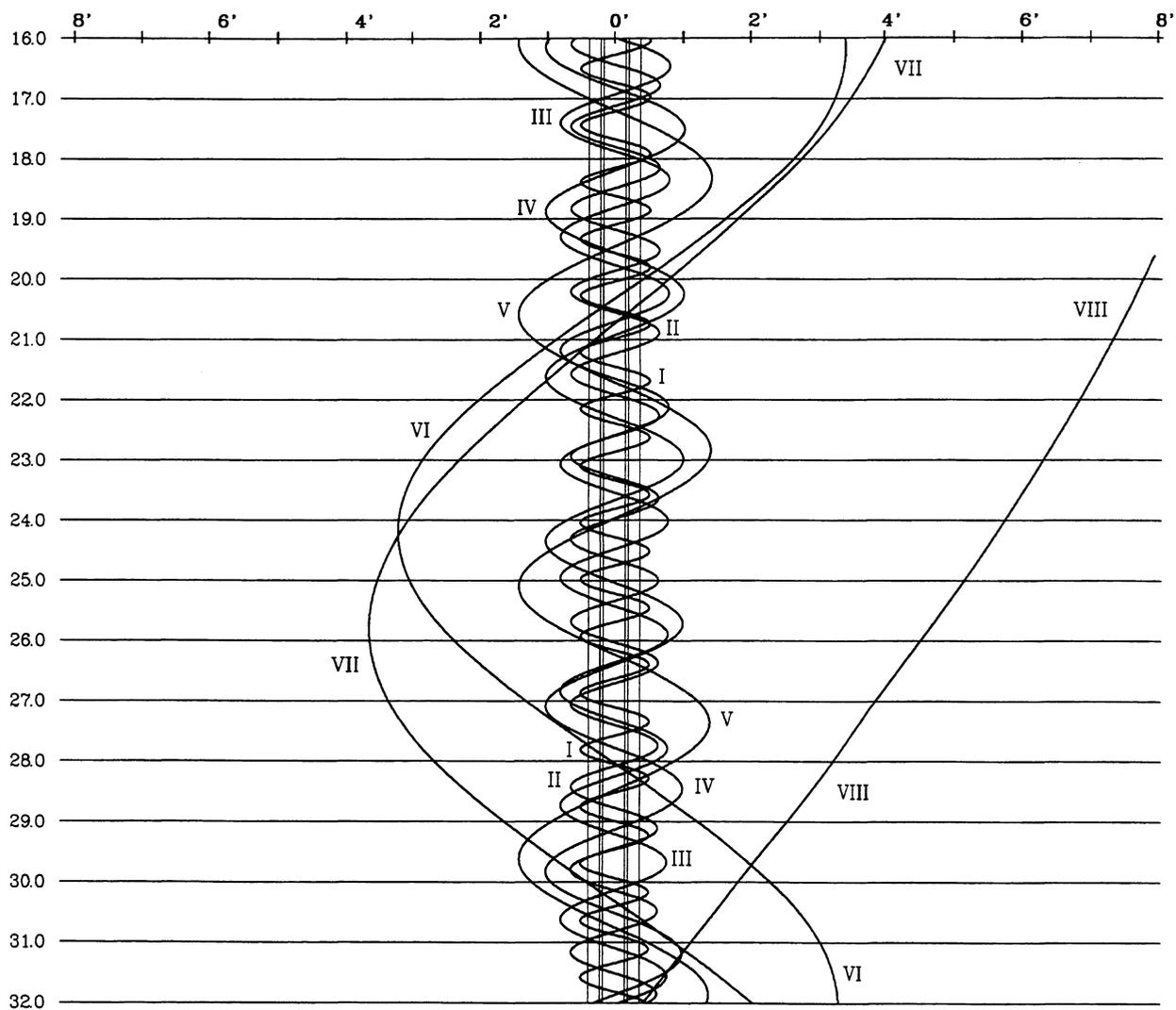


1999 - CONFIGURATIONS DES SATELLITES DE SATURNE

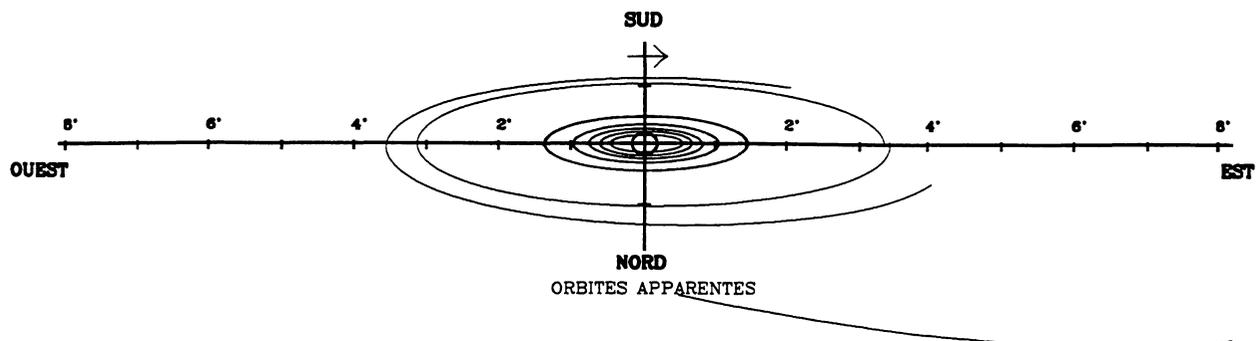
DECEMBRE - DEUXIEME QUINZAINE

OUEST

EST



DANS LE SENS OUEST-EST, LES SATELLITES PASSENT AU-DELA DE SATURNE



**PHÉNOMÈNES DES SATELLITES DE SATURNE
POUR 1999**

**PHENOMENA OF THE SATURNIAN SATELLITES
FOR 1999**

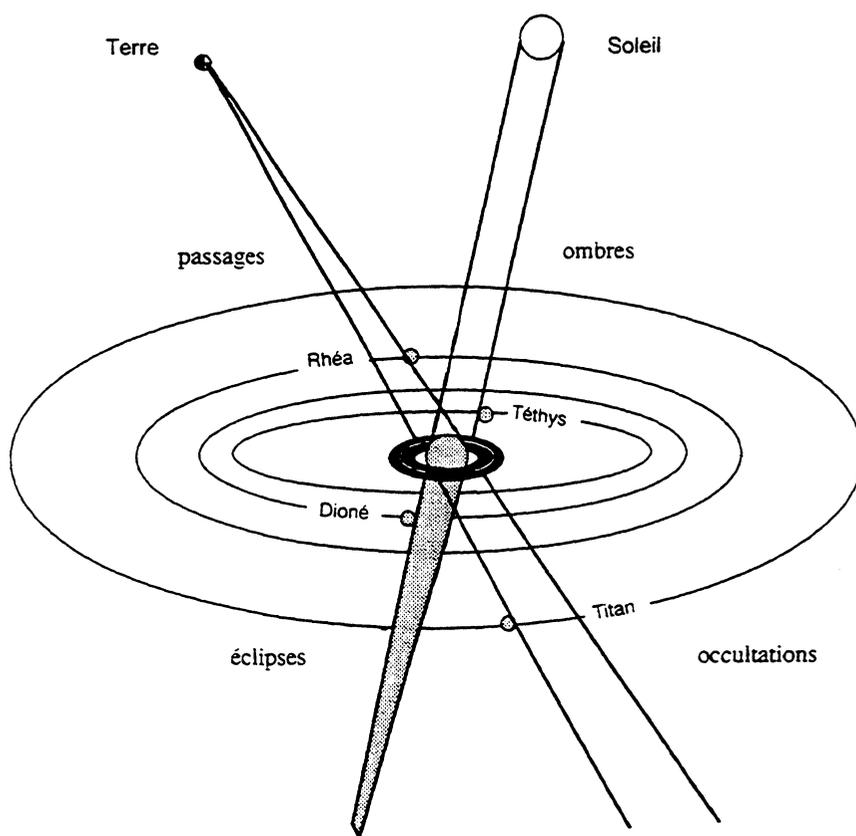


Fig. 1 : Phénomènes des satellites de Saturne. Éclipse de Dioné, occultation de Titan, passage de Rhéa devant la planète et passage de l'ombre de Téthys sur Saturne.

**EXPLICATIONS CONCERNANT
LES PRÉDICTIONS DES PHÉNOMÈNES
DE SATURNE**

Tous les quinze ans, la Terre et le Soleil traversent le plan orbital des satellites de Saturne. Il est alors possible d'observer des phénomènes semblables aux phénomènes bien connus des satellites galiléens de Jupiter : éclipses et occultations des satellites de Saturne, passages de satellites devant le disque de Saturne ou passages de leur ombre projetée sur ce disque. Dans les pages suivantes, on trouvera les prédictions des derniers phénomènes de la période favorable. Ils concernent Mimas uniquement. Pour les distances apparentes des satellites au Soleil inférieures à 30° et des distances apparentes à la Lune inférieures à 5° , le type de phénomène est marqué d'un astérisque signifiant la plus grande difficulté d'observation. Ces prédictions de phénomènes ont été réalisées à partir de la théorie des mouvements des satellites de Saturne de Dourneau (1993). On trouvera des détails sur ces prédictions dans (Arlot et Thuillot, 1993).

Nous donnons les dates de débuts et fins de passages devant Saturne (Pd et Pf), des débuts et fins de passages des ombres sur le disque de Saturne (Od et Of) ainsi que celles des débuts et fins d'occultations par la planète (Im pour immersions et Em pour émergences). Aucune éclipse ne se produit dans de bonnes conditions. Ces calculs ne tiennent pas compte du diamètre des satellites et ne concernent que leur centre : ces dates correspondent donc au milieu du phénomène. Elles sont données dans l'échelle du Temps Terrestre.

Pour une trajectoire apparente équatoriale, l'intervalle de temps séparant le début et la fin des phénomènes (premiers et derniers contacts) va de 14s pour Mimas (S1) à 450s pour Titan (S6).

**COMMENTS OF THE PREDICTIONS
OF THE PHENOMENA BY SATURN**

Every fifteen years the Earth and the Sun pass through the orbital planes of the Saturnian satellites. It is then possible to observe phenomena similar to the well known phenomena of the Galilean satellites of Jupiter: eclipses and occultations of the satellites by Saturn, transits in front of the planetary disk, transits of the shadows of the satellites projected on the disk of the planet. In the following pages we give a list of the last phenomena of this favorable period. Mimas is the satellite concerned. Some phenomenon may be difficult to observe, they are labeled with an asterisk. This is the case for the phenomena surrounding when the Sun is at less than 30° or the moon at less than 5° . This is also the case for eclipses of satellites located at less than $4''$ from the edge of Saturn. The predictions have been made using Dourneau's theory of the motion of the Saturnian satellites (Dourneau, 1993). Further details on these predictions can be found in (Arlot and Thuillot, 1993).

We give the dates of the beginning and the end of the transits in front of Saturn (Pd and Pf), of the transits of the shadow (Od and Of), of the occultations by the planet (Im for immersions and Em for emersions). Eclipses are not observable. These computations are made with no consideration of the diameter of the satellites but concern their center: these dates are the dates of the mid events. They are given in the Terrestrial Time Scale.

For an equatorial apparent orbit, the time interval between the beginning and the end of these phenomena (first and last contacts) is from 14s for Mimas (S1) up to 450s for Titan (S6).

RÉFÉRENCES

Arlot, J.-E., Thuillot, W. : 1993, Eclipses and mutual events of the first eight Saturnian satellites during the 1993-1996 period, *Icarus* **105**, 427-440.

Dourneau, G. : 1993, Observations et études du mouvement des huit premiers satellites de Saturne, *Astron. Astrophys.* **267**, 292-299.

1999- PHÉNOMÈNES DES SATELLITES DE SATURNE

18	23	5.1	10f	21	19	1.1	1Pf	25	23	47.1	1Im*	29	5	58.0	1Pd*	3	0	50.1	1Pf*	
	23	11.1	1Pf		5	14.0	1Im		11	23.1	1Pd*		6	28.5	1Pf*		11	33.5	1Im*	
	9	19.3	1Im		6	11.7	1Em		12	3.7	1Pf*		16	59.2	1Im*		12	11.3	1Em*	
	10	20.5	1Em		16	49.4	1Pd		22	25.5	1Im*		17	44.3	1Em*		10	12.3	1Im*	
	20	54.5	1Pd		17	37.7	1Pf		23	16.7	1Em*		30	4	37.0		1Pd*	10	47.9	1Em*
19	21	28.1	10d	23	22	3	52.2	1Im	26	10	1.7	1Pd*	31	5	4.4	1Pf*	4	8	51.1	1Im*
	21	40.5	10f		4	48.7	1Em	10		40.0	1Pf*	15		37.7	1Im*	15		37.7	1Im*	
	21	47.8	1Pf		15	27.7	1Pd	21		3.9	1Im*	16		21.1	1Em*	5		7	29.9	1Im*
	7	57.5	1Im		16	14.3	1Pf	21		53.6	1Em*	31		3	16.2	1Pd*		8	.9	1Em*
	8	57.5	1Em		2	30.5	1Im	27		8	40.3	1Pd*		3	40.1	1Pf*		6	6	8.9
20	19	32.8	1Pd	24	3	25.7	1Em	28	9	16.3	1Pf*	Avr.	14	16.3	1Im*	9	6	37.3	1Em*	
	20	8.1	10d		14	6.1	1Pd		19	42.3	1Im*		14	57.9	1Em*		8	3	27.4	1Im*
	20	15.0	10f		14	50.8	1Pf		20	30.5	1Em*		3	49.6	1Em*		3	49.6	1Em*	
	20	24.4	1Pf		1	8.8	1Im		7	19.1	1Pd*		1	12	54.9		1Im*	2	7.0	1Im*
	6	35.7	1Im*		2	2.7	1Em		7	52.5	1Pf*		1	13	34.6		1Em*	2	25.3	1Em*
20	7	34.6	1Em*	24	12	44.6	1Pd*	28	18	20.7	1Im*	Avr.	13	34.6	1Em*	10	0	47.3	1Im*	
	18	11.1	1Pd		13	27.3	1Pf*		19	7.4	1Em*		2	0	36.1		1Pd*	1	.4	1Em*



18, rue Saint-Denis, 75001 Paris