

# Orbitalul solar și activitatea solară

## 1 Introducere

Acest articol se bazează pe afirmațiile din articolul *Orbitali planetari* din secțiunea *Aplicații* a site-ului [www.filosofia.obiectuala.ro](http://www.filosofia.obiectuala.ro). Acolo am văzut că fiecărui corp astronomic (CA) din structura unui sistem planetar (SP) îi este asociat un orbital, noțiune pe care o reamintim cititorului: Obiectul abstract format din reuniunea tuturor atributelor invariante ce caracterizează mișcarea unui CA dintr-un SP îl numim **orbital**. Un orbital are în componere următoarele atribute invariante:

- Zona spațială în care se înscrie mișcarea orbitală.
- Perioada orbitală sau inversul acesteia – *frecvența orbitală*.

Cum și Soarele este un CA al SP, chiar elementul central al acestuia, și Soarele va avea un orbital, adică o zonă spațială (un volum) în care se încadrează mișcarea (traectoria) Soarelui în jurul centrului de masă (CM) al SP. De asemenea, acestei mișcări îi va fi asociată și o distribuție frecvențială (un spectru), așa cum vom vedea mai încolo.

Comentariul 1.1: Conform celor stabilite în *Introducere în filosofia obiectuală*, centrul de masă al unui sistem planetar este referința internă T (de translație) a sistemului, punctul de rotație (revoluție) nulă și punct de aplicație al rezultantei tuturor forțelor de interacțiune cu sistemele externe sistemului planetar. Pentru o stea din apropiere, sau pentru centrul galactic, întreaga masă a sistemului nostru planetar este concentrată în acest punct.

Tabelul 1.1

<i>i</i>	CA	<i>m</i> [kg]	<i>a</i> [UA]	$\varepsilon$	<i>q</i>	<i>T</i> [zile]
-	Soare	$1.989 \cdot 10^{30}$	-	-	-	-
1	Mercur	$3.302 \cdot 10^{23}$	0.38709893	0.2056	6023600	87.969
2	Venus	$4.869 \cdot 10^{24}$	0.72333199	0.0068	408523.5	224.701
3	Terra	$6.042 \cdot 10^{24}$	1.00000011	0.0167	328900.5	365.256
4	Marte	$6.419 \cdot 10^{23}$	1.52366231	0.0934	3098710	686.980
5	Jupiter	$1.899 \cdot 10^{27}$	5.20336301	0.0484	1047.355	4332.589
6	Saturn	$5.685 \cdot 10^{26}$	9.53707032	0.0541	3498.5	10759.22
7	Uranus	$8.683 \cdot 10^{25}$	19.19126393	0.0472	22869	30685.4
8	Neptun	$1.024 \cdot 10^{26}$	30.06896348	0.0086	19314	60189
9	Pluton	$1.25 \cdot 10^{22}$	39.48168677	0.2488	$1.5912 \cdot 10^8$	90465

În tabelul 1.1 sunt date atributele principale ale CA din structura sistemului nostru planetar, unde *m* este masa CA, *a* este semiaxa mare a orbitei,  $\varepsilon$  este excentricitatea numerică a orbitei, *T* este perioada orbitală, iar *q* îl vom defini mai jos. Dacă masa soarelui o notăm  $m_S$  iar masele planetelor cu  $m_i$ , (*i* este indicele din tabelul 1.1 începând cu 1 pentru Mercur<sup>1</sup>), atunci  $q_i = m_S / m_i$ .

## 2 Mișcarea elementelor SP față de CM al sistemului planetar

Fie un SP reprezentat în fig. 2.1, format din *n* CA de mici dimensiuni (planete), de mase  $m_1, m_2, \dots, m_n$  ce orbitează în jurul unui CA de mare dimensiune (Soarele) cu masa  $m_S$ . Față de un sistem de referință 2D extern cu originea O și axele XY<sup>2</sup>, elementele SP au vectorii de poziție spațială  $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_n$  și  $\vec{r}_S$ .

<sup>1</sup> Softul pentru modelarea matematică a fost Mathcad, iar convenția pentru indicii unui vector a fost ORIGIN=1.

<sup>2</sup> Considerăm cazul simplificat în care mișcările CA care formează SP sunt coplanare, incluse în planul XY.

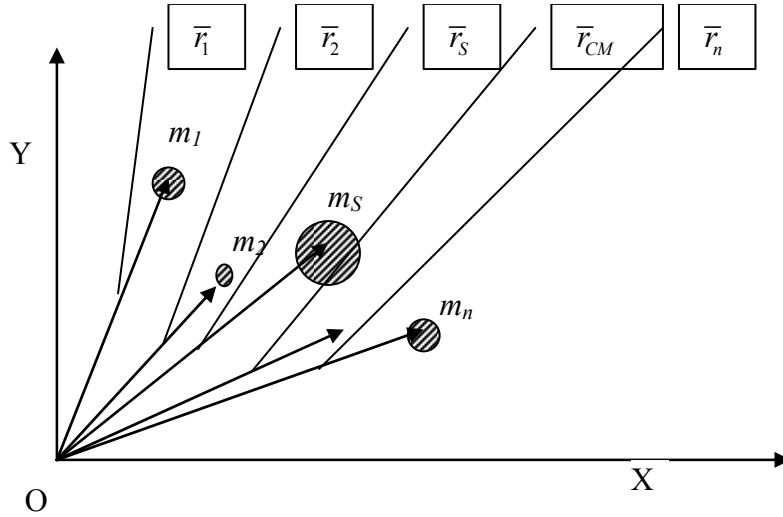


Fig. 2.1

În aceste condiții, centrul de masă (CM) al SP are vectorul de poziție  $\bar{r}_{CM}$  dat de relația<sup>3</sup>:

$$\bar{r}_{CM} = \frac{m_1 \bar{r}_1 + m_2 \bar{r}_2 + \dots + m_n \bar{r}_n + m_S \bar{r}_S}{m_1 + m_2 + \dots + m_n + m_S} \quad (2.1)$$

Dacă mutăm originea O a sistemului de referință în CM, acest fapt este echivalent cu a scrie în relația 2.1  $\bar{r}_{CM} = 0$ . Notând  $m_1 + m_2 + \dots + m_n + m_S = m_T$ , unde  $m_T$  este masa totală a SP, relația 2.1 devine:

$$\frac{m_S}{m_T} \bar{r}_S = -\frac{m_1}{m_T} \bar{r}_1 - \frac{m_2}{m_T} \bar{r}_2 - \dots - \frac{m_n}{m_T} \bar{r}_n \quad (2.2)$$

de unde rezultă vectorul de poziție al Soarelui față de CM:

$$\bar{r}_S = -\frac{m_1}{m_S} \bar{r}_1 - \frac{m_2}{m_S} \bar{r}_2 - \dots - \frac{m_n}{m_S} \bar{r}_n \quad (2.3)$$

Notând  $\frac{m_S}{m_i} = q_i$   $i \in [1, n]$ , relația 2.3 devine:

$$\bar{r}_S = -\sum_{i=1}^n \frac{\bar{r}_i}{q_i} \quad (2.4)$$

Știm că planetele se mișcă pe traiectorii eliptice având în focar CM, iar ca vector de poziție  $\bar{r}_i$ , de unde rezultă că și Soarele se va mișca tot pe traiectorii eliptice<sup>4</sup>, tot cu focar CM, dar cu vectorul de poziție  $\bar{r}_S$ . Modelarea matematică a acestor mișcări (traiectorii) se va face în niște condiții simplificatoare și anume:

1. Mișcarea pe traiectorie eliptică în planul XY este rezultatul proiecției pe planul XY a unei mișcări circulare cu rază  $a_i$  și viteză unghiulară constantă  $\omega_i(t)$ , mișcare situată într-un plan ce include axa X și este înclinat cu unghiul  $\phi_i$  față de planul XY. În aceste condiții avem  $a_i$  semiaxa mare a orbitei colineară cu axa X,  $b_i = a_i \cos(\phi)$  colineară cu axa Y (semiaxa mică a orbitei),  $\varepsilon_i = \sin(\phi)$  și  $\omega_i(t) = \frac{2\pi}{T_i} \cdot t$ .

<sup>3</sup> Richard Fitzpatrick - *An Introduction to Celestial Mechanics*, Cambridge University Press 2012

<sup>4</sup> Traiectoria Soarelui este eliptică în cadrul unui cuplu format din Soare și o anumită planetă, dar pe ansamblu, prin compunerea tuturor mișcărilor eliptice, traiectoria solară este mult mai complexă, așa cum vom vedea.

2. Toate traiectoriile eliptice sunt incluse în planul XY și au axa apsidelor (axa periheliu-afeliu) colineară cu axa X.

3. Punctul de pornire al calculului traiectoriilor ( $t=0$ ) este periheliul.

În aceste condiții ( $\bar{i}, \bar{j}$  fiind versorii axei X, respectiv Y), vectorul de poziție al Soarelui pentru un cuplu  $m_S-m_i$  va fi :

$$\bar{r}_i(t) = x_i(t)\bar{i} + y_i(t)\bar{j} \quad (2.5)$$

unde:

$$x_i(t) = \frac{a_i}{q_i}(\cos(\omega_i t) - \varepsilon_i) \quad (2.6)$$

$$y_i(t) = \frac{a_i}{q_i}[\sin(\omega_i t) \cdot \cos(\arcsin(\varepsilon_i))] \quad (2.7)$$

Conform relației 2.4 vectorul de poziție global (rezultant) al Soarelui va fi suma vectorială a tuturor vectorilor de poziție individuali, adică:

$$\bar{r}(t) = \sum_{i=1}^9 \bar{r}_i(t) \quad (2.8)$$

sau în final:

$$x(t) = \sum_{i=1}^9 \left[ \frac{a_i}{q_i} \left( \cos\left(\frac{2\pi}{T_i} t\right) - \varepsilon_i \right) \right] \cdot 1.4959787 \cdot 10^8 \quad (2.9)$$

$$y(t) = \sum_{i=1}^9 \left[ \frac{a_i}{q_i} \left( \sin\left(\frac{2\pi}{T_i} t\right) \cdot \cos(\arcsin(\varepsilon_i)) \right) \right] \cdot 1.4959787 \cdot 10^8 \quad (2.10)$$

Cu datele din tabelul 1.1,  $x(t)$  și  $y(t)$  rezultă în km.

### 3 Contribuțiile individuale ale planetelor la mișcarea Soarelui

Cel mai important cuplu din cadrul sistemului nostru planetar este Soare-Jupiter, atât în privința intensității interacțiunii<sup>5</sup> cât și a raportului maselor ( $q_5$ ), fapt ce determină cea mai mare contribuție la vectorul de poziție al Soarelui în cadrul orbitalului acestuia. Cu datele din tabelul 1.1 și conform relațiilor 2.9 și 2.10 (în care  $i=5$  atât inițial cât și final), în ipoteza că neglijăm celelalte planete, rezultă pentru Soare traiectoria din fig. 3.1. Observăm că pe axa X poziția Soarelui față de CM este cuprinsă între  $7.7844 \cdot 10^5$  km (la afeliul lui Jupiter) și  $7.0657 \cdot 10^5$  km la periheliul jovian. Dacă ținem cont de faptul că raza Soarelui este de  $6.9599 \cdot 10^5$  km, rezultă că CM al cuplului Soare-Jupiter se află înafara Soarelui, la o distanță cuprinsă între  $8.245 \cdot 10^4$  km la afeliul jovian și  $1.0586 \cdot 10^4$  km la periheliul jovian.

În fig. 3.2 este afișată variația modului vectorului de poziție  $r(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}$  al Soarelui în cadrul unei perioade de revoluție complete a lui Jupiter. Axa timpului este gradată în zile. Folosind aceeași procedură vom găsi în tabelul 3.1 pentru toate cuplurile Soare-planetă pozițiile  $r_{min}$  și  $r_{max}$  între care variază poziția Soarelui corespunzător fiecărui cuplu.

Din coloana a patra a tabelului 3.1 prin însumare vom obține  $r_{MM}$  [km], raza domeniului spațial în care se înscrie mișcarea Soarelui, adică primul atribut al orbitalului solar:

$$r_{MM} = 11.6 + 266.7 + 462.4 + 80.4 + 7.78 \cdot 10^5 + 4.3 \cdot 10^5 + 1.3 \cdot 10^5 + 2.35 \cdot 10^5 + 2459 \quad (3.1)$$

$$r_{MM} = 1.578 \cdot 10^6 \quad (3.2)$$

<sup>5</sup> Vezi fig 4.1 și tabelul 4.1 din *Orbitali planetari*, reproduse pentru comoditate în *Anexa 1*.

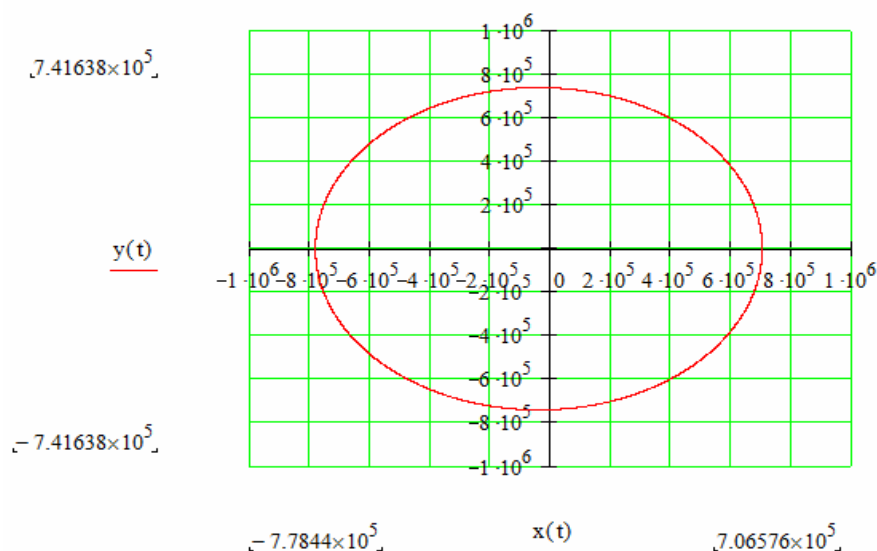


Fig. 3.1 - Traiectoria Soarelui față de CM al cuplului Soare-Jupiter

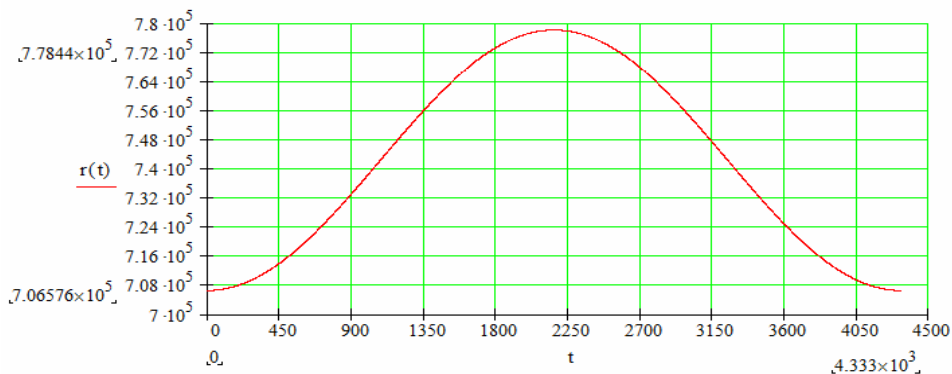


Fig. 3.2 – Variația modului vectorului de poziție solar pentru cuplul Soare-Jupiter

Această rază este atinsă atunci când toate planetele sunt aliniată la afeliu. Important de observat este că datorită mișcărilor Soarelui în jurul CM al sistemului nostru planetar, distanța dintre suprafața Terrei și a Soarelui variază în timp (pe lângă variația anuală datorată excentricității orbitei terestre) cu până la  $1.578 \cdot 10^6 - 6.9599 \cdot 10^5 = 8.82 \cdot 10^5$  km adică 0,59% din UA. Acest fapt poate influența în aceeași proporție constanta solară (cantitatea de energie primită de la Soare la nivelul scoarței terestre)

Tabelul 3.1

$i$	Planeta	$r_{min}[km]$	$r_{max}[km]$
1	Mercur	7.64	11.59
2	Venus	263.08	266.67
3	Terra	447.24	462.44
4	Marte	66.68	80.43
5	Jupiter	$7.0657 \cdot 10^5$	$7.7844 \cdot 10^5$
6	Saturn	$3.8571 \cdot 10^5$	$4.2977 \cdot 10^5$
7	Uranus	$1.1961 \cdot 10^5$	$1.3145 \cdot 10^5$
8	Neptun	$2.3089 \cdot 10^5$	$2.3489 \cdot 10^5$
9	Pluton	$1.4789 \cdot 10^3$	$2.4586 \cdot 10^3$

Comentariul 3.1 Variația distanței dintre Terra și Soare datorită mișcărilor Soarelui pe orbitalul său este extrem de lentă datorită faptului că cea mai importantă contribuție la această variație (contribuția sesizabilă) o au planetele gigant, iar acestea au perioade foarte lungi de revoluție (la scară temporală umană).

## 4 Analiza mișcărilor Soarelui pe orbitalul său

Pentru început să analizăm traiectoria solară determinată de planetele telurice (Mercur, Venus, Terra+Luna și Marte), pe un interval temporal de trei perioade marțiene complete (2061 zile). Asta înseamnă că vom avea în relația 2.8:

$$\bar{r}_s(t) = \sum_{i=1}^4 \bar{r}_i(t) \quad (4.1)$$

În fig. 4.1 vedem traiectoria centrului Soarelui determinată de mișcările de revoluție ale planetelor telurice, cu axele gradate în km, din care se pot remarca variații foarte abrupte de poziție, iar în fig. 4.2 valoarea modului vectorului de poziție  $r(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}$  în km, corespunzător traiectoriei din fig. 4.1, axa timpului fiind gradată în zile. Pe baza traiectoriei din fig. 4.1 și a valorii vectorului de poziție din fig. 4.2, vom calcula viteza și accelerația ce corespund acestor mișcări.

Comentariul 4.1: La calculul vitezei și accelerației se pot folosi două metode cu aceleași rezultate finale:

1. Metoda clasică, a calculului diferențial, adică  $v(t) = \frac{d}{dt}r(t)$  și  $a(t) = \frac{d}{dt}v(t)$
2. Metoda obiectuală, a calculului cu diferențe finite (vezi cap. 2 din *Introducere în filosofia obiectuală*), adică  $v(t) = \frac{r(t) - r(t - \Delta t)}{\Delta t}$  și  $a(t) = \frac{v(t) - v(t - \Delta t)}{\Delta t}$ , unde  $\Delta t$  (o zi) este

incrementul temporal din relațiile 2.9 și 2.10 în cursul modelării matematice. În acest caz conceptul de derivată este înlocuit cu cel de densitate a distribuției derivate. Folosind același soft pentru modelare matematică – Mathcad - aplicând metoda clasică, calculul durează de zeci de ori mai mult decât calculul cu diferențe finite.

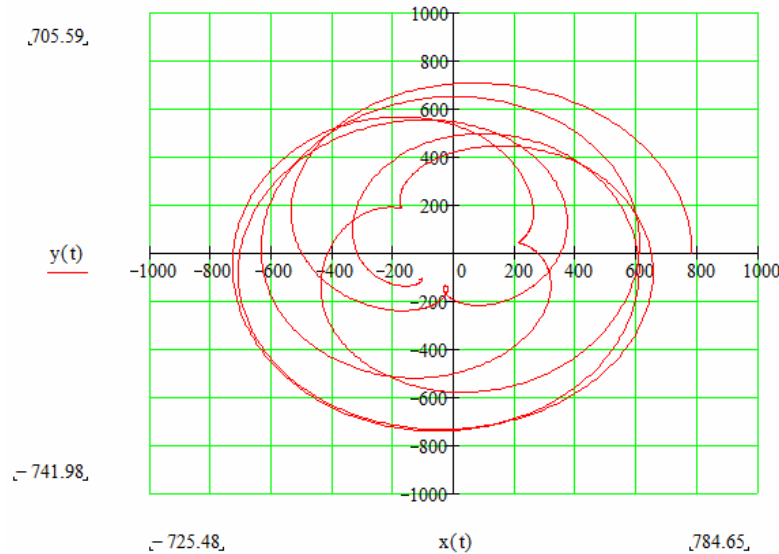


Fig. 4.1 – Traiectoria Soarelui determinată de planetele telurice ( $x$  și  $y$  în km)

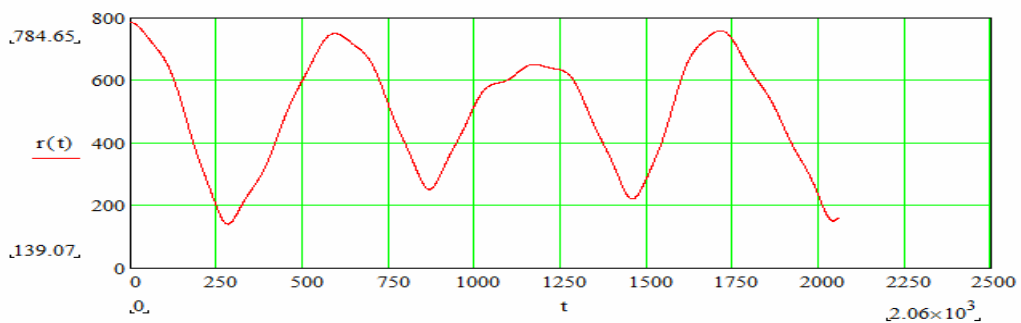


Fig. 4.2 – Variația modului vectorului de poziție conform traiectoriei din fig. 4.1

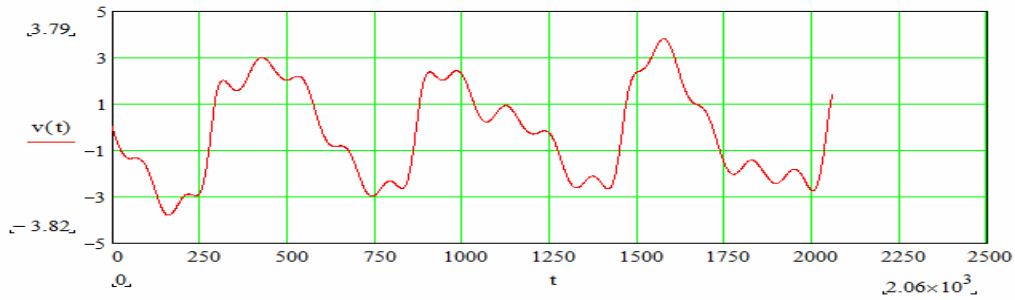


Fig. 4.3 – Viteza Soarelui în km/zi corespunzător fig. 4.2

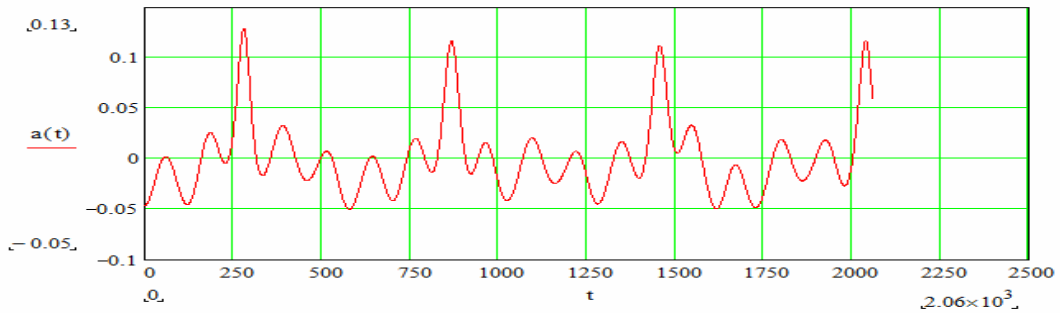


Fig. 4.4 - Accelerația în km/zi<sup>2</sup> ce corespunde variației vitezei din fig. 4.3

Din graficele prezentate până aici rezultă o observație interesantă, și anume, atunci când poziția Soarelui față de CM trece prin valorile sale minime, apar valori pronunțat mai mari ale accelerației. Dar noi știm că accelerație înseamnă aport de energie (cinetică în acest caz), energie pe care Soarele cu toată structura sa internă o primește de la planetele aflate în jurul său (prin intermediul interacțiunilor gravitaționale). În cazul planetelor telurice această energie este foarte mică față de energia primită de la planetele gigant (așa cum vom vedea în continuare), dar scenariul se repetă și în cazul acestor planete, adică aportul de energie are loc tot la momentele de minim ale vectorului de poziție solar.

Este momentul acum să analizăm traiectoria solară determinată de planetele gigant (Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun) pe un interval temporal de 180567 zile (trei perioade complete ale planetei Neptun). Vom avea în relația 2.8:

$$\vec{r}_S(t) = \sum_{i=5}^8 \vec{r}_i(t) \quad (4.2)$$

Se observă în fig. 4.5 cât de complexă este traiectoria Soarelui determinată de revoluțiile planetelor gigant, iar din fig. 4.6 variația modului vectorului de poziție în aceeași situație.

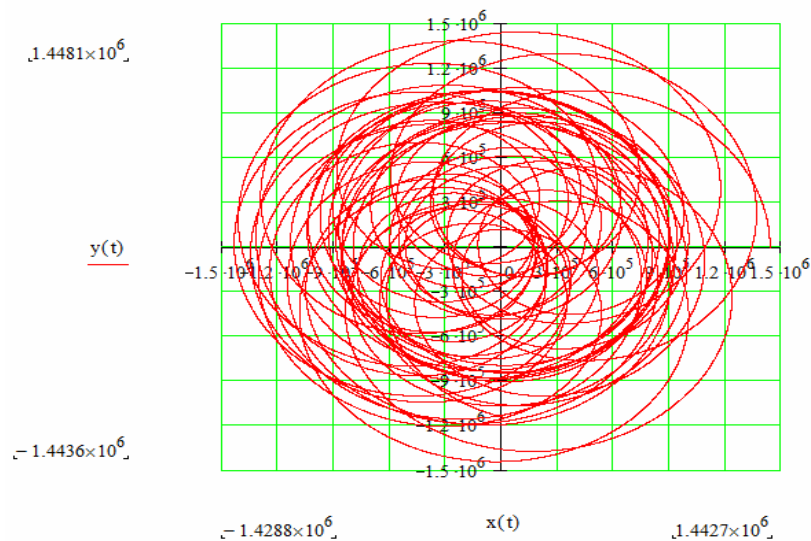


Fig. 4.5 – Traiectoria solară datorată planetelor gigant

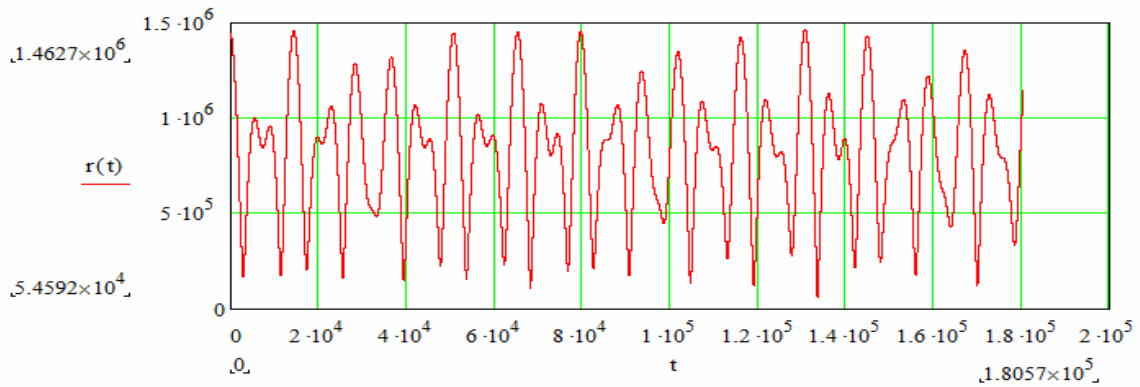


Fig. 4.6 – Variația vectorului de poziție solar datorată planetelor gigant [km]

În continuare, în figurile 4.7 și 4.8 avem viteza și accelerația solară determinate de mișcările planetelor gigant, axa timpului fiind tot în zile.

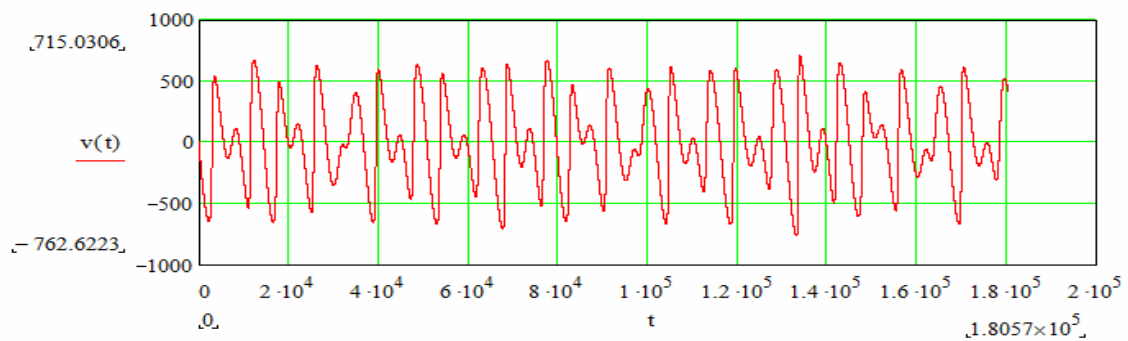


Fig. 4.7 – Viteza Soarelui derivată din fig. 4.6 [km/zi]

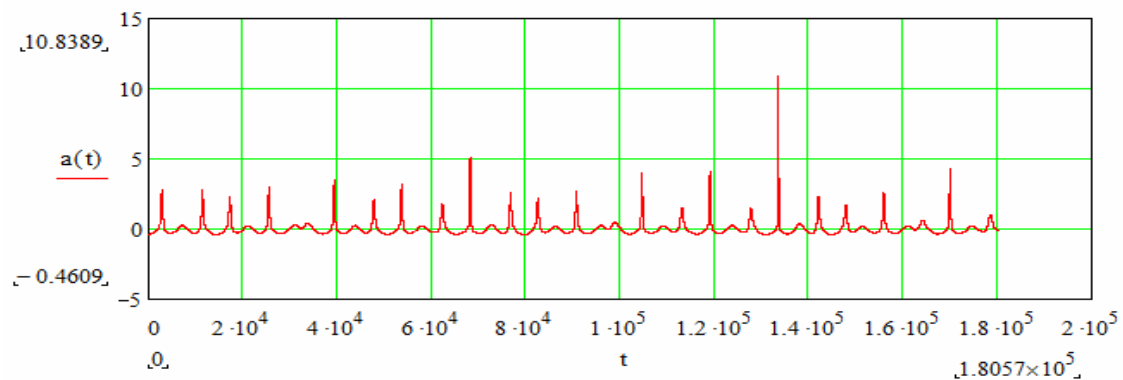


Fig. 4.8 – Accelerația Soarelui [km/zi<sup>2</sup>]

Din graficele prezentate rezultă foarte clar că și sub influența planetelor gigant apar vârfuri anormal de mari ale accelerației solare (suprapuse peste o variație cvasisinusoidală), accelerații mult mai mari decât în cazul planetelor telurice. De asemenea, aceste vârfuri coincid cu valorile minime ale vectorului de poziție solar față de CM. Pentru confirmarea celor afirmate mai sus, în fig. 4.9 și 4.10 sunt prezentate în detaliu variațiile din fig. 4.6, 4.7 și 4.8 pentru primele 5000 zile (13.7 ani) din intervalul de 180567 zile (494 ani).

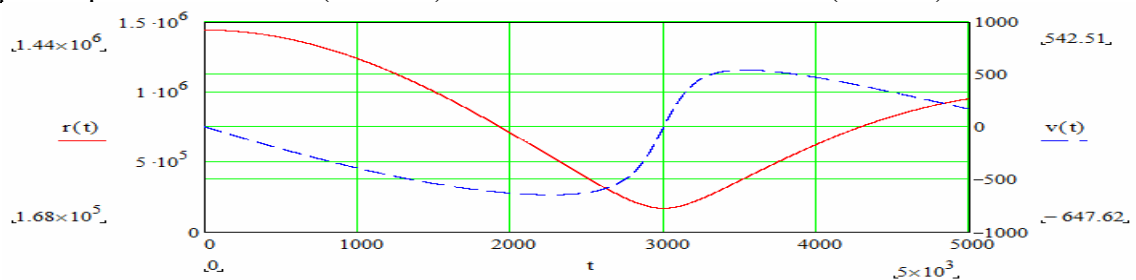


Fig. 4.9 – Detaliu din fig. 4.6 și 4.7 pentru primele 5000 de zile

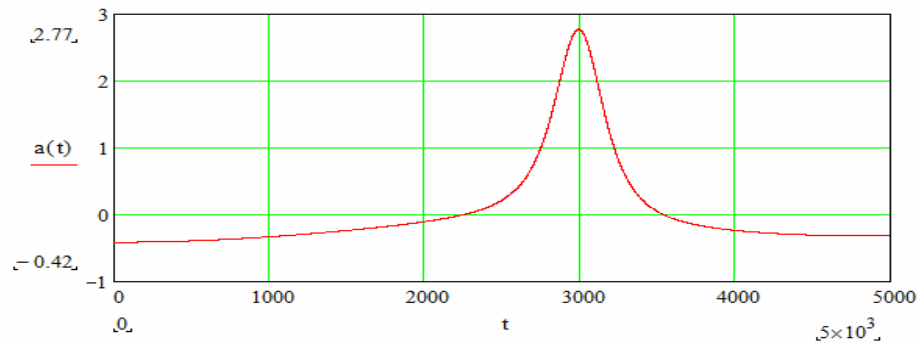


Fig. 4.10 – Detaliu din fig. 4.8 pentru primele 5000 de zile

Să analizăm datele de mai sus prin prisma celor stabilite în cap. 7 din *Introducere în filosofia obiectuală*. Acolo am văzut că *forță* înseamnă în final un flux energetic transmis sistemului material (SM) asupra căruia se aplică forța. Acest flux energetic transmis se distribuie asupra structurii interne a SM (variația de stare internă), urmând ca apoi să apară variația de stare externă (acelerația, vezi *Acțiunea energetică* din cadrul aceluiași capitol 7).

Viteza Soarelui de 1 km/zi înseamnă 0.012 m/s, iar accelerația de 1 km/zi<sup>2</sup> înseamnă  $1.389 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}^2$ , așadar când Soarele are o accelerație de 2.77 km/zi<sup>2</sup>, înseamnă  $a = 3.848 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}^2$ . Totuși, ținând cont că  $m_s = 1.989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ , rezultă  $F = m_s \cdot a$ , adică  $F = 7.654 \cdot 10^{23} \text{ N}$ , adică un flux energetic de  $7.654 \cdot 10^{23} \text{ J/s}$ . Acest aport de energie cinetică distribuit global structurii interne a Soarelui este firesc să modifice procesele interne solare (acțiunea internă a fluxului energetic transmis), procese ale căror efecte vizibile la exterior ne apar nouă ca “activitate solară”, adică pete, erupții, variații ale câmpului magnetic și ale vântului solar etc.

Mai observăm din fig. 4.8 că la anumite momente, vârful de accelerație este mult mai mare decât cel de la ziua 3000 (de ex. în ziua 133750 ajunge la 10.8 km/zi<sup>2</sup>).

## 5 Analiza spectrală a orbitalului solar

Pentru determinarea celui de al doilea atribut al orbitalului solar – frecvența orbitală – vom face analiza în frecvență (spectrală) a mișcării Soarelui în jurul CM. Cel mai semnificativ parametru din cei analizați până aici este accelerația<sup>6</sup>, deoarece ne dă o informație directă asupra energiei primite de Soare în cursul evoluției sale pe orbital. Vom analiza în frecvență așadar șirul de valori ale accelerației solare similar cu cel din fig. 4.8, dar și cu contribuția planetelor telurice, pe un interval de  $2^{17} = 131072$  zile (359 ani). Algoritm pentru analiza spectrală este *Fast Fourier Transform (FFT(x))*, algoritm care se aplică asupra unui vector  $x$  cu număr de elemente de forma  $2^n$ . În cazul nostru, vectorul  $x$  este  $a(t)$ , din fig. 5.1.

Observăm că față de fig. 4.8 a apărut un fel de zgomot, care de fapt reprezintă contribuția planetelor telurice, de unde putem aprecia mărimea acestei contribuții față de contribuția planetelor gigant. De asemenea, din durata de 180567 zile a fig. 4.8, aici sunt redată doar 131072 zile, din motivele specificate mai sus privind cerințele analizei FFT.

Din fig. 5.2 se poate vedea cât de complexă este distribuția spectrală a accelerației solare, unde  $j$  este indexul valorii componentei spectrale rezultate în urma analizei FFT,  $y_j$  fiind modulul componentei spectrale, iar  $f_j$  frecvența asociată acesteia în Hz. Din mulțimea componentelor spectrale au fost selectate doar câteva (cele mai evidente), iar valorile lor însoțite de scurte comentarii se pot vedea în tabelul 5.1.

<sup>6</sup> Frecvențele componentelor spectrale rezultate în urma analizei sunt aceleași chiar dacă se analizează viteza sau poziția Soarelui, diferite fiind doar amplitudinile componentelor și forma spectrului.



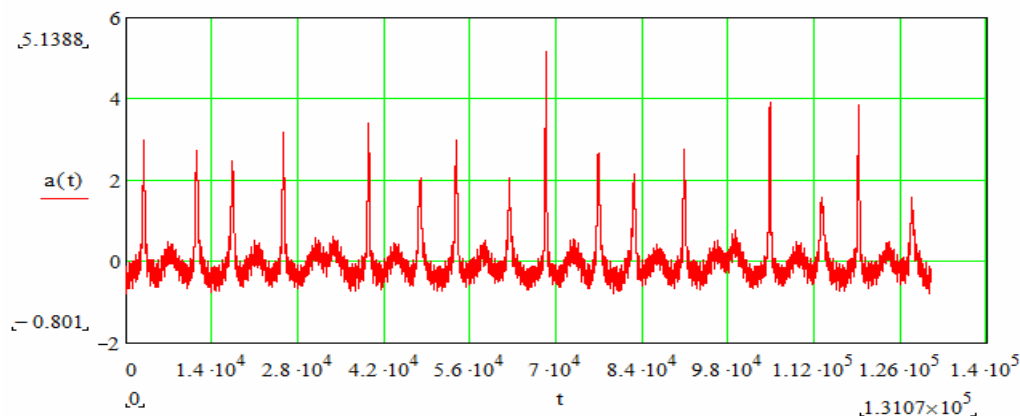


Fig. 5.1 – Accelerarea solară funcție de mișcarea tuturor planetelor

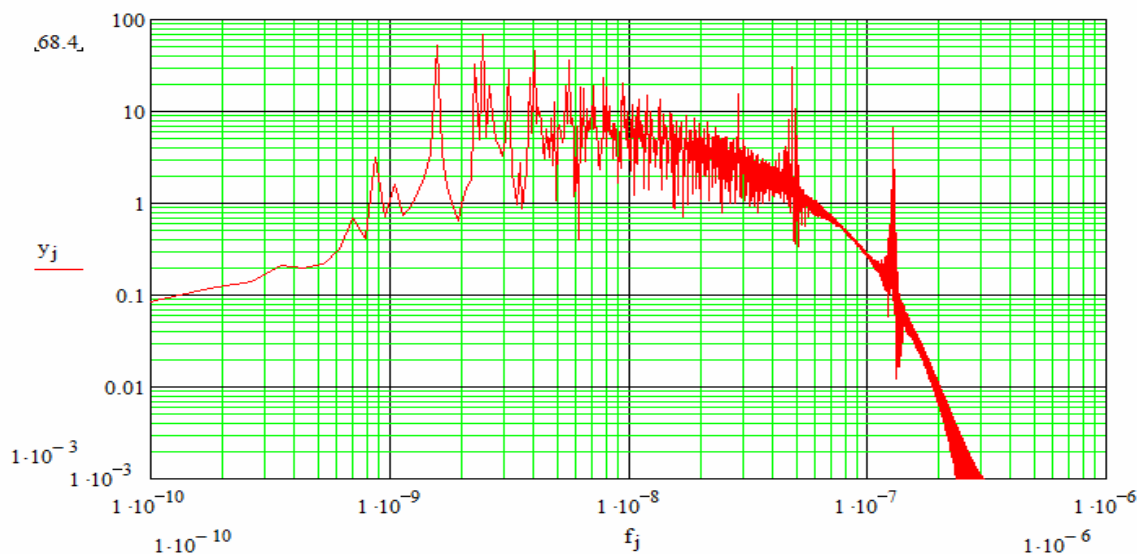


Fig. 5.2 – Spectrul  $a(t)$  din fig. 5.1 în varianta nefiltrată

Examinând figurile prezentate, dar mai ales tabelul, putem observa că spectrul orbitalului solar este asemănător cu spectrul unui semnal modulat în amplitudine, în care, pe lângă frecvențele principale apar și frecvențele sumă și diferență. Până în prezent, datorită complexității spectrului, au fost analizate doar câteva componente, suficient pentru început pentru scopul acestui articol, și anume acela de a semnala legătura foarte strânsă dintre mișcarea Soarelui pe orbitalul său și activitatea solară cauzată de această mișcare.

Din tabelul 5.1, dar și din fig. 5.2 se pot vedea contribuțiile primelor trei planete (contribuția lui Marte este neglijabilă) la spectrul orbitalului solar. De remarcat contribuția majoră a lui Venus, care rezultă firesc dacă revedem fig. 4.1 și tabelul 4.1 din *Orbitali planetari* (pentru comoditate am reprodus aceste elemente în *Anexa 1* la acest articol). Din examinarea lor rezultă foarte clar că al doilea cuplu ca intensitate a interacțiunii gravitaționale după cuplul Soare-Jupiter este Soare-Venus, ca urmare și contribuția lui Venus la spectrul orbital solar trebuie să fie importantă.

Pentru facilitarea procesului de comparație a frecvențelor și a relațiilor dintre ele, am folosit și aici același procedeu ca în *Orbitali planetari*, și anume, comprimarea temporală cu un factor de  $10^{12}$  a frecvențelor orbitale și a celor spectrale, pentru aducerea lor într-un domeniu mai obișnuit (domeniul sonic și ultrasonic). Tot pentru încadrarea mai ușoară a componentelor spectrale am introdus în tabelul 5.1 și frecvențele orbitale ale planetelor, dar cu caractere italice și fără indice, pentru a putea fi separate de componentele spectrale având indicele  $k$ .

Tabelul 5.1

k	Frecvența [Hz]	Frec.*10 <sup>12</sup> [Hz]	Amplit. comp. val. rel <sup>7</sup> .	T zile	T ani	Comentarii
	$1,923*10^{-10}$	192.3		60189	164.79	$f_{Ne}$
	$3.772*10^{-10}$	377.2		30685	84.012	$f_{Ur}$
	$1.076*10^{-9}$	1075.7		10759	29.457	$f_{Sa}$
1	$1.5894*10^{-9}$	1589.4	51	7282	19.9	Prima componentă importantă $f_{Ju}-f_{Sa}=1595.7$
2	$2.2959*10^{-9}$	2295.9	31.8	5041.2	13.8	$f_{Ju}-f_{Ur}=2294.2$
3	$2.4725*10^{-9}$	2472.5	68.4	4681.1	12.8	Cea mai importantă componentă $f_{Ju}-f_{Ne}=2479.1$
4	$2.6491*10^{-9}$	2649.1	18.7	4369.1	12	Foarte aproape de $f_{Ju}$
	$2.6714*10^{-9}$	2671.4			11.862	$f_{Ju}$
5	$3.1789*10^{-9}$	3178.9	28.3	3640.9	10	
6	$3.8853*10^{-9}$	3885.3	22.7	2978.9	8.2	
7	$4.0619*10^{-9}$	4061.9	44.8	2849.4	7.8	
	$1.6848*10^{-8}$	16848		686.7	1.88	$f_{Ma}$
8	$2.9050*10^{-8}$	29050	15	398.4		Contribuția Terra+Luna
	$3.1687*10^{-8}$	31687		365.25		$f_{Te}$
9	$4.8832*10^{-8}$	48832	30	237		Contribuția lui Venus
	$5.1509*10^{-8}$	51509		224.7		$f_{Ve}$
10	$1.2892*10^{-7}$	128920	6.5	89.8		Contribuția lui Mercur
	$1.3157*10^{-7}$	131570		87.97		$f_{Me}$

Prima componentă spectrală  $f_1$  cu perioada de 19.9 ani este foarte apropiată de diferența dintre frecvențele orbitale ale lui Jupiter și Saturn. A doua componentă  $f_2$  cu perioada de 13.8 ani este foarte apropiată de diferența dintre frecvențele orbitale ale lui Jupiter și Uranus. De remarcat că cea mai intensă componentă spectrală  $f_3$  cu perioada de 12.8 ani corespunde frecvenței medii a fondului cvasisinusoidal, frecvență foarte apropiată de diferența dintre frecvențele orbitale ale lui Jupiter și Neptun. Pentru celelalte componente nu s-a găsit încă o relație cu frecvențele orbitale.

## 6 Posibilități de predicție ale activității solare

Este momentul să atragem atenția cititorului că până acum am făcut doar o analiză teoretică (pur matematică) a mișcării unor planete cu mase și perioade de revoluție date, pe traiectorii eliptice, dar toate aceste mișcări nu au reprezentat mișcările planetelor reale, în timp real, ci în condițiile simplificatoare 1, 2 și 3 din parag. 1. În realitate, planetele se mișcă pe traiectorii eliptice față de CM al SP, dar orbitele nu mai sunt coplanare și nici axele apsidelor nu mai coincid. Totuși, în prezent traiectoriile planetelor sunt foarte bine cunoscute (nici n-ar fi posibile misiunile spațiale fără aceste informații), așa că se pot ajusta relațiile 2.9 și 2.10 astfel încât să fie valabile și în timp real. În Anexa 2 sunt prezentate rezultatele simulării

<sup>7</sup> Amplitudinea componentei spectrale diferă în funcție de metoda de analiză, de intervalul de analiză, de aplicarea sau nu a unui filtru asupra datelor etc. Raportul valorilor relative se menține, la fel și frecvențele componentelor importante.

rotației axelor apsidelor, pentru a demonstra că această rotație, față de condițiile simplificatoare din par. 1, nu modifică din p.d.v. calitativ rezultatele inițiale. Se modifică doar distribuția temporală a amplitudinii vârfurilor accelerației, dar nu și componentele spectrale ale acesteia. Nici înclinarea relativ mică a orbitelor planetare față de situația când acestea erau coplanare nu poate schimba distribuția frecvențială a accelerației solare.

Dacă determinăm precis poziția fiecărei planete la momentul prezent, putem determina la fel de precis poziția Soarelui față de CM al SP la momentul respectiv și evoluția sa ulterioară. Rostul acestei cunoașteri este acela că putem determina foarte precis momentele accelerațiilor anormale, și ca urmare, putem anticipa evenimente anormale în activitatea solară. Așa cum se pot prevedea evoluțiile viitoare ale accelerației Soarelui pe termene rezonabile din p.d.v. astronomic, se pot analiza traiectoriile anterioare și se pot corela pozițiile Soarelui din trecut cu evenimentele importante din istoria activității solare, asta pentru a înțelege la ce rezultate poate duce o anumită accelerație din trecut față de efectele observate și consemnate de observatori. În acest mod se poate face o etalonare a evoluției activității solare în funcție de mișcarea sa orbitală.

Din păcate, în prezent nu putem ști cât timp este necesar pentru distribuirea unui impuls de energie cinetică pe structura internă a Soarelui (cât durează schimbarea de stare internă), asta pentru a putea prevedea ce efecte externe vor urma și când se vor produce, în funcție de mărimea impulsului a cărui mărime și moment al apariției sunt previzibile prin metoda orbitalului solar.

## 7 Concluzii

1. Cuplul dominant de CA în cazul sistemului nostru planetar este Soare-Jupiter, al cărui CM se află înafara Soarelui la o distanță variind între 82450 km la afeliul jovian și 10586 km la periheliul jovian. Ca urmare a mișcării lui Jupiter pe traiectoria sa eliptică, Soarele va executa și el o mișcare eliptică între aceste două limite (vezi fig. 3.1). Spunem că aceasta este contribuția planetei Jupiter la mișcarea solară în cadrul orbitalului solar. În același mod, toate planetele din SP vor avea fiecare o contribuție la mișcarea Soarelui al cărui vector de poziție final este dat de relația 2.4.

2. Limita maximă a vectorului de poziție solar  $r_{MM} = 1.578 \cdot 10^6$  km este raza domeniului circular în care se înscriu toate pozițiile posibile ale Soarelui față de CM al SP, acest domeniu fiind primul atribut al obiectului abstract *orbital solar*.

3. Mișcarea Soarelui în cadrul orbitalului său este caracterizată de mai multe distribuții temporale:

- Distribuția temporală a coordonatelor  $x(t)$  și  $y(t)$  ale centrului solar față de CM al SP;
- Distribuția temporală a modulului vectorului de poziție solar;
- Distribuția temporală a vitezei Soarelui pe orbitalul său;
- Distribuția temporală a accelerației solare ;

4. Fiecărei distribuții temporale îi putem asocia o distribuție frecvențială. Am ales ca fiind semnificativă distribuția frecvențială a accelerației solare, deoarece accelerația pe de o parte reprezintă un aport energetic (dacă este pozitivă), iar pe de altă parte pentru că apar impulsuri cu valori anormal de mari, care pot influența starea internă a Soarelui.

5. Analiza spectrală a accelerației solare ne arată prezența unor componente spectrale cu frecvențe (perioade) derivate din frecvențele orbitale ale planetelor din SP, sau a diferențelor dintre frecvența lui Jupiter și frecvențele celorlalte planete gigant. Aceste frecvențe sunt componentele celui de al doilea atribut al obiectului abstract *orbital solar*;

6. Componentele spectrale ale orbitalului solar reprezintă frecvențe (perioade) ale unor procese periodice ale mișcării Soarelui în ansamblu, mișcare ce poate influența procesele interne solare și ca urmare poate genera cunoscuta periodicitate a activității solare.

7. Vârfulurile anormale ale accelerației solare ce apar la anumite momente, pot duce la fenomene anormale ale activității solare. Dacă modelarea matematică a mișcării solare este conformă cu mișcarea planetelor în timp real, momentele apariției vârfurilor de accelerație sunt previzibile, așadar și efectele lor asupra activității solare.

## Anexa X.1 – Distribuția intensității interacțiunilor gravitaționale pe cuplurile de CA din sistemul nostru planetar

Tabelul X.1.1

<i>n</i>	Cuplul de CA	<i>n</i>	Cuplul de CA
1	Soare - Mercur	24	Venus - Pluto
2	Soare - Venus	25	Terra - Marte
3	Soare - Terra	26	Terra - Jupiter
4	Soare - Marte	27	Terra - Saturn
5	Soare - Jupiter	28	Terra - Uranus
6	Soare - Saturn	29	Terra - Neptun
7	Soare - Uranus	30	Terra - Pluto
8	Soare - Neptun	31	Marte - Jupiter
9	Soare - Pluto	32	Marte - Saturn
10	Mercur - Venus	33	Marte - Uranus
11	Mercur - Terra	34	Marte - Neptun
12	Mercur - Marte	35	Marte - Pluto
13	Mercur - Jupiter	36	Jupiter - Saturn
14	Mercur - Saturn	37	Jupiter - Uranus
15	Mercur - Uranus	38	Jupiter - Neptun
16	Mercur - Neptun	39	Jupiter - Pluto
17	Mercur - Pluto	40	Saturn - Uranus
18	Venus - Terra	41	Saturn - Neptun
19	Venus - Marte	42	Saturn - Pluto
20	Venus - Jupiter	43	Uranus - Neptun
21	Venus - Saturn	44	Uranus - Pluto
22	Venus - Uranus	45	Neptun - Pluto
23	Venus - Neptun		

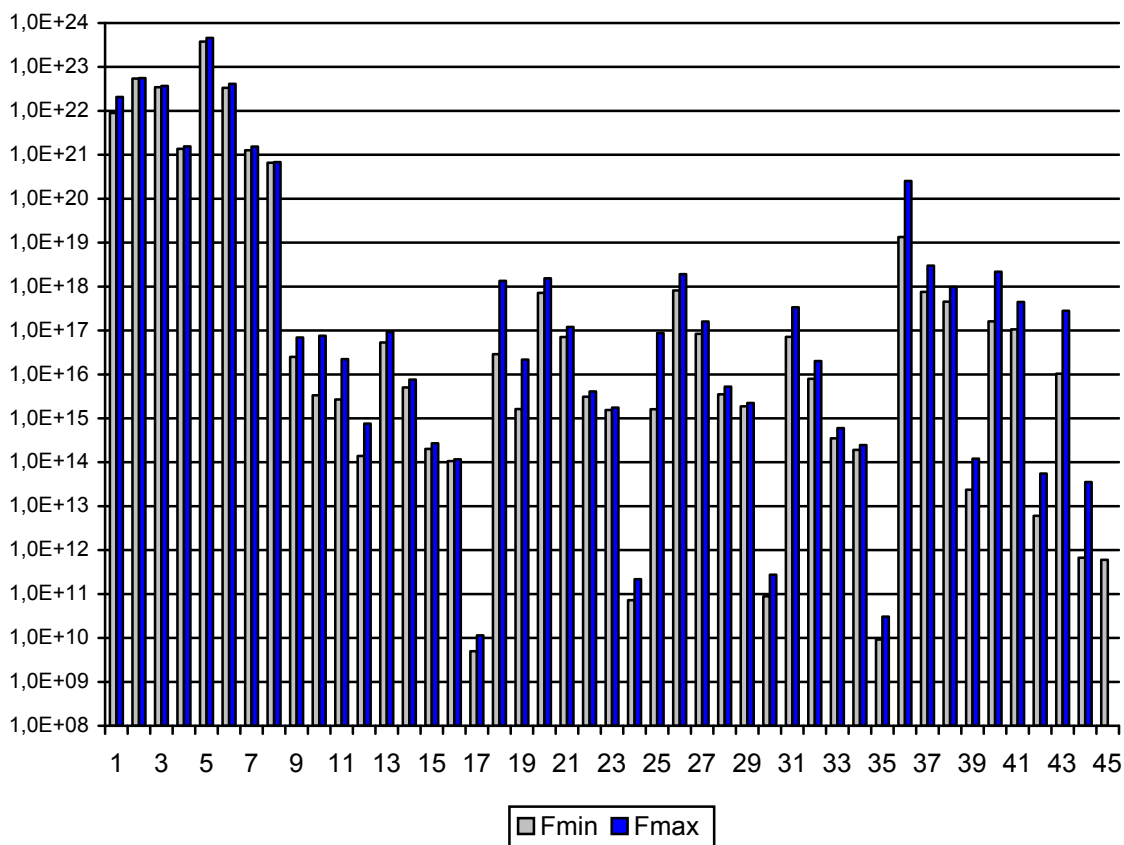


Fig. X.1.1 Distribuția intensității interacțiunilor gravitaționale pe cuplurile din tab.X.1.1

## Anexa X.2 – Mișcarea Soarelui în cazul rotației axelor apsidelor planetare

Față de condițiile din par. 1 privind calculul traiectoriilor planetare, în care am stabilit ca traiectoriile eliptice să aibă axele apsidelor colineare, în această anexă vom analiza mișcarea planetelor în condiții mai apropiate de cele reale, și anume, cu axele apsidelor înclinate cu unghiurile indicate în tabelul cu elemente ale orbitelor planetare din cărțile de specialitate<sup>8</sup>.

Rotația axelor apsidelor este echivalentă din p.d.v. al relațiilor 2.9 și 2.10 cu rotația axelor de coordonate cu unghiul  $\theta$ , în urma căreia, față de vechile coordonatele  $x$  și  $y$ , noile coordonate  $x'$  și  $y'$  sunt:

$$x' = x \cos \theta - y \sin \theta \quad y' = x \sin \theta + y \cos \theta \quad (\text{X.2.1})$$

care introduse în relațiile 2.9 și 2.10, noile relații de calcul a poziției (fără Pluton deoarece contribuția sa este minoră, la fel ca a lui Marte) devin :

$$x(t) = \sum_{i=1}^8 \left[ \frac{a_i}{q_i} \left[ \left( \cos \left( \frac{2\pi}{T_i} t \right) - \varepsilon_i \right) \cos(\theta_i) - \sin \left( \frac{2\pi}{T_i} t \right) \cos(\text{arc sin}(\varepsilon_i)) \sin(\theta_i) \right] \right] \cdot 1.4959787 \cdot 10^8$$

$$y(t) = \sum_{i=1}^8 \left[ \frac{a_i}{q_i} \left[ \left( \cos \left( \frac{2\pi}{T_i} t \right) - \varepsilon_i \right) \sin(\theta_i) + \sin \left( \frac{2\pi}{T_i} t \right) \cos(\text{arc sin}(\varepsilon_i)) \cos(\theta_i) \right] \right] \cdot 1.4959787 \cdot 10^8$$

a căror reprezentare grafică, tot pentru 131072 zile (pentru a fi compatibilă cu analiza FFT) este dată de fig. X.2.1 pentru poziție, X.2.2 pentru modulul vectorului de poziție, X.2.3 pentru viteză și X.2.4 pentru accelerație.

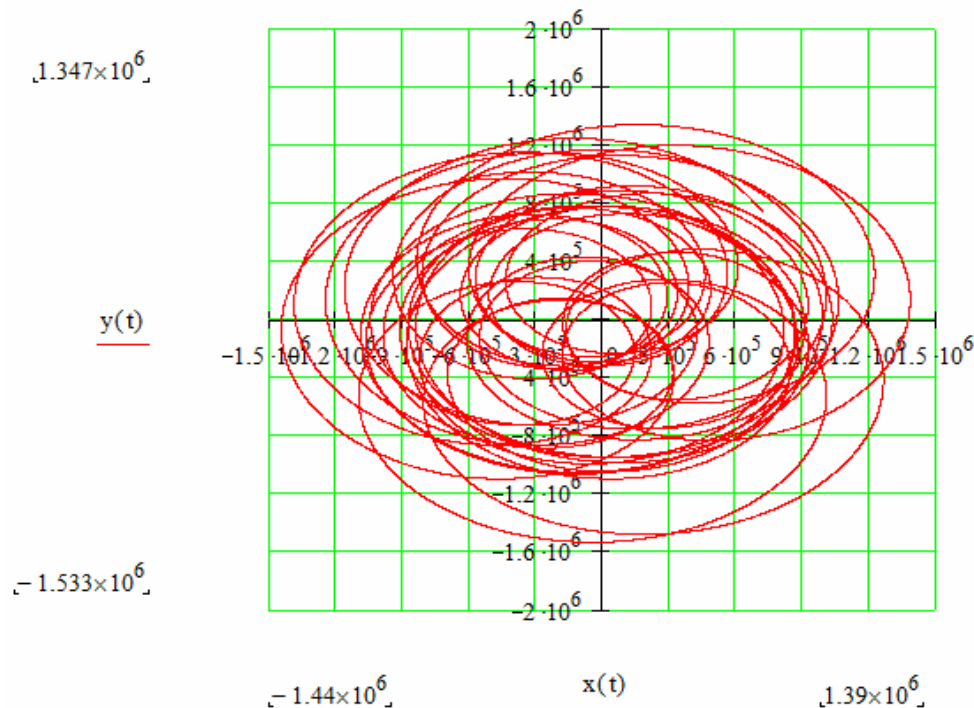


Fig. X.2.1 - Traiectoria solară datorată tuturor planetelor (fără Pluton)

<sup>8</sup> Imke de Pater, Jack J. Lissauer – *Planetary Science*, Cambridge University Press, 2001 (p. 6)  
 \*\*\* - *Efemeride astronomice pentru anul 2013*, Bumbesti Jiu, 2012 (p. 150)

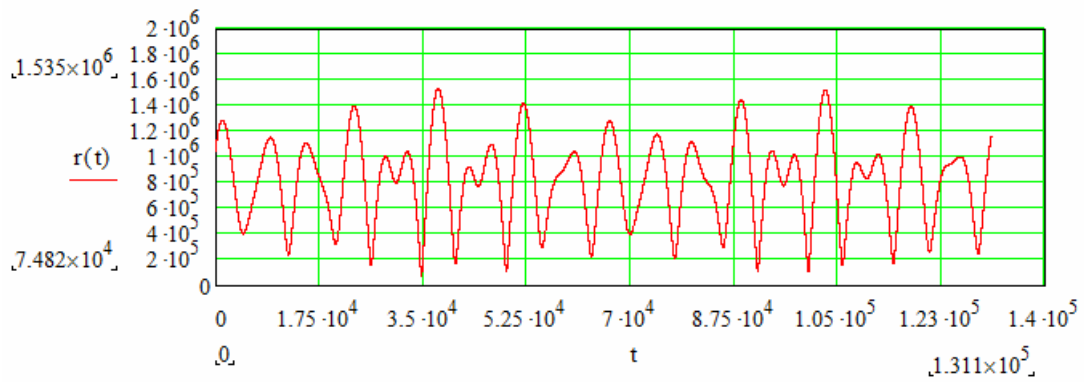


Fig. X.2.2

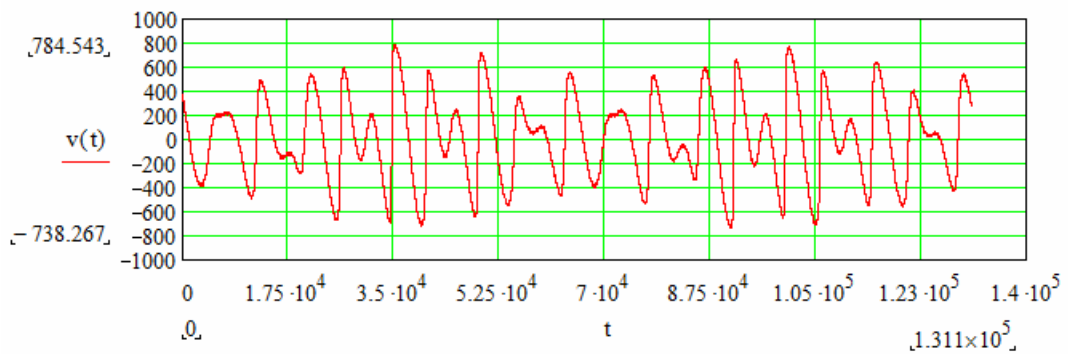


Fig. X.2.3

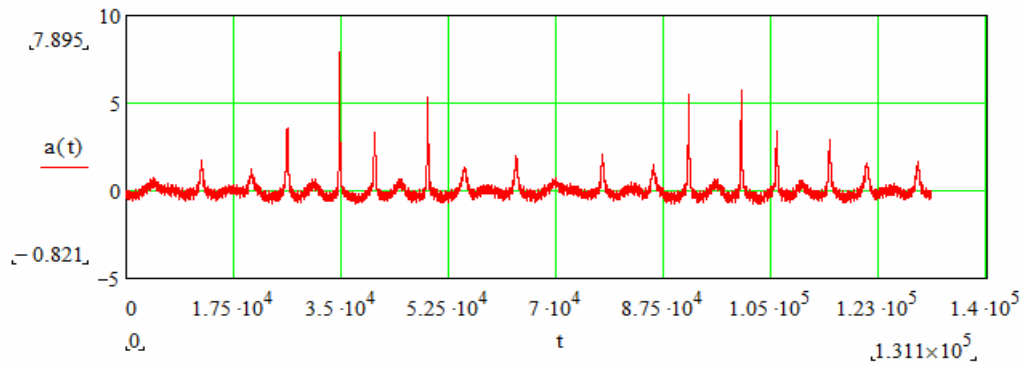


Fig. X.2.4

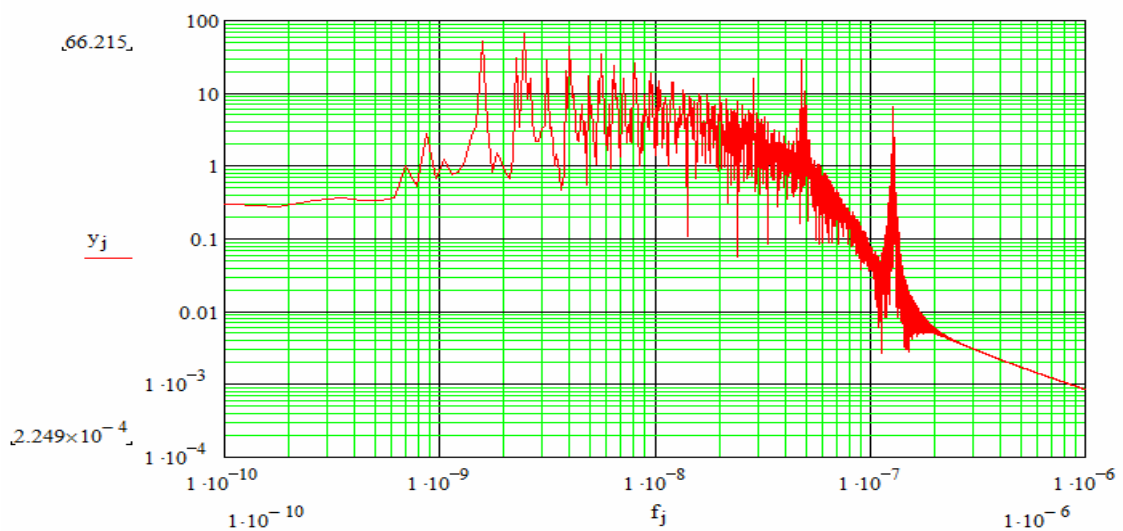


Fig. X.2.5 – Spectrul accelerației solare în cazul rotației axelor apsidelor planetare

Tabelul X.2.1 – Componentele spectrale importante în cazul rotației axelor apsidelor

k	Frecvența [Hz]	Frec.*10 <sup>12</sup> [Hz]	Amplit. comp. val. rel.	T zile	T ani	Comentarii
1	1.5894*10 <sup>-9</sup>	1589.4	50.8 (51)	7282	19.9	Prima componentă importantă $f_{Ju}-f_{Sa}=1595.7$
2	2.2959*10 <sup>-9</sup>	2295.9	30.4 (31.8)	5041.2	13.8	$f_{Ju}-f_{Ur}=2294.2$
3	2.4725*10 <sup>-9</sup>	2472.5	66.2 (68.4)	4681.1	12.8	Cea mai importantă componentă $f_{Ju}-f_{Ne}=2479.1$
4	2.6491*10 <sup>-9</sup>	2649.1	15.5 (18.7)	4369.1	12	Foarte aproape de $f_{Ju}$
5	3.1789*10 <sup>-9</sup>	3178.9	37.6 (28.3)	3640.9	10	
6	3.8853*10 <sup>-9</sup>	3885.3	19.7 (22.7)	2978.9	8.2	
7	4.0619*10 <sup>-9</sup>	4061.9	44.8 (44.8)	2849.4	7.8	
8	2.9050*10 <sup>-8</sup>	29050	15.6 (15)	398.4		Contribuția Terra+Luna
9	4.8832*10 <sup>-8</sup>	48832	29 (30)	237		Contribuția lui Venus
10	1.2892*10 <sup>-7</sup>	128920	6.4 (6.5)	89.8		Contribuția lui Mercur

Din fig. X.2.5, și tabelul X.2.1 se poate observa că variația direcției axelor apsidelor nu influențează din p.d.v. calitativ componentele spectrale importante, iar din p.d.v. cantitativ diferențele sunt minore. Pentru comparație, în coloana cu amplitudinea componentelor este inclusă în paranteze și valoarea în cazul alinierii axelor apsidelor, în acest fel se poate vedea influența redusă a rotației acestor axe. Cea mai importantă influență o are rotația axelor apsidelor asupra distribuției temporale a vârfurilor accelerației solare, adică a momentelor la care se pot produce evenimente importante ale activității solare.