Traduction française de l'article publié en anglais. Il ne s'agit pas d'une édition approuvée par la revue.

Le labyrinthe des contraintes du Système solaire : une impasse scientifique révélant la Machine interuniverselle

Yarel A*

Département d'astronomie et de physique spatiale, Alien-Science Association of Astronomy Org.il, Israël

Article de recherche · Volume 3, numéro 2
Reçu : 16 décembre 2025 · Publié : 24 décembre 2025
DOI: 10.23880/oaja-16000167
Auteur correspondant: Alon Yarel, Department of Astronomy & Space Physics, Alien-Science Association of Astronomy Org.il, Aliyat Hanoar 9, Kiryat Shmona, P.O. 6289, Zipcode: 1152609, Israel
ORCID: 0009-0004-4962-4065 · alonyarel@alienastronomy.com
www.alienastronomy.com/home

Résumé

Contexte: Les paliers de déclinaison solaire, les résidus gravimétriques semestriels de GRACE et les écoulements hélicoïdaux magnétisés dans les environnements stellaires sont généralement traités comme des phénomènes indépendants. Chacun est bien mesuré et robuste, mais il n'existe aucune interprétation physique unifiée dans le cadre de l'héliophysique et de la géodésie classiques.

Objectifs: Nous examinons si ces trois phénomènes - le comportement géométrique de la déclinaison, les signaux gravimétriques semestriels et les écoulements hélicoïdaux inductifs à grande échelle - peuvent être interprétés comme des manifestations indépendantes d'un même champ externe faible agissant sur le système Terre-Soleil, et si un tel champ implique une classe restreinte de structures à grande échelle.

Méthodes: Nous procédons en quatre étapes. Premièrement, nous établissons une référence purement géométrique pour la déclinaison solaire et quantifions son comportement en palier près des solstices pour une obliquité constante. Deuxièmement, nous décomposons le résidu semestriel de GRACE après les corrections liées au système Terre et examinons sa relation de phase avec les résidus de déclinaison par rapport à la référence géométrique. Troisièmement, nous construisons un modèle conservatif de champ externe effectif compatible avec les deux jeux de données et estimons le couple nécessaire. Quatrièmement, nous analysons les bilans d'énergie et de moment cinétique de structures astrophysiques candidates afin d'identifier celles qui peuvent engendrer un champ présentant la symétrie, l'intensité et la stabilité déduites.

Résultats: La démonstration géométrique établit que, pour une obliquité constante, les paliers de déclinaison résultent strictement d'effets de projection, fournissant une référence nette par rapport à laquelle de petits résidus peuvent être mesurés. Lorsque cette référence est soustraite aux données de déclinaison observées, les résidus présentent une composante semestrielle alignée en phase avec le résidu semestriel de GRACE et stable sur des fenêtres pluriannuelles. L'ajustement des amplitudes implique un couple externe de l'ordre de 10^{17} N m. Une analyse générale du champ effectif montre que des structures de plasma inductives, alignées axialement et magnétisées de façon hélicoïdale peuvent engendrer un couple présentant la symétrie, l'intensité et la stabilité à long terme requises, tout en restant compatibles avec les contraintes sur la rotation et l'orbite terrestres.

Conclusions: Dans ce cadre, la géométrie solaire, la gravimétrie GRACE et la dynamique MHD hélicoïdale inductive apparaissent comme trois manifestations observationnelles d'un même couple externe faible agissant sur le système Terre-Soleil. Les contraintes du champ effectif définissent un « labyrinthe de contraintes » fermé dans lequel les modèles classiques aboutissent à une impasse scientifique, tandis que l'espace des paramètres autorisé se restreint à une petite classe de structures hélicoïdales inductives, dont une réalisation possible correspond à ce qui a été appelé la Machine interuniverselle.

Mots-clés: Soleil : champs magnétiques ; gravitation ; Terre ; systèmes planétaires ; magnétohydrodynamique (MHD) ; méthodes : analytiques ; géodésie spatiale

 Copyright © Yarel A

Abréviation

MHD : magnétohydrodynamique.

Introduction

Cette formulation unifiée en termes de champ effectif des résidus gravimétriques semestriels, des références géométriques de déclinaison et des structures hélicoïdales inductives a été présentée pour la première fois par l'auteur Yarel A dans [1].

L'astrophysique moderne et la géodésie spatiale traitent habituellement le chauffage de la couronne solaire, les jets protostellaires et les variations temporelles de la gravité comme relevant de sous-disciplines distinctes. En pratique, ces phénomènes présentent toutefois des motifs structurels remarquablement similaires : des écoulements bipolaires hélicoïdaux issus de régions compactes, des champs magnétiques intenses couplés à un plasma conducteur, des signaux semestriels persistants dans les séries temporelles de gravité et des motifs géométriques dans le mouvement apparent du Soleil. Considérés ensemble, ces phénomènes forment un « labyrinthe » étroitement contraint d'exigences observationnelles que tout modèle physique unifié doit satisfaire.

Du côté de l'héliophysique, la couronne solaire atteint des températures $\gtrsim 10^6$ K, supérieures de plus de deux ordres de grandeur à celles de la photosphère, malgré l'absence d'un mécanisme simple de transfert radiatif ou conductif permettant un tel chauffage. La dynamique à grande échelle de l'intérieur solaire associée à ces phénomènes, notamment la rotation différentielle et la génération du champ toroïdal, fournit un contexte essentiel pour le transport de l'énergie magnétique [2,3]. Du côté de la géodésie, les missions GRACE et GRACE-FO ont révélé une composante semestrielle robuste du champ de gravité terrestre qui persiste après les corrections hydrologiques, atmosphériques, cryosphériques et océaniques habituelles [4,5].

Sur le plan géométrique, la déclinaison solaire présente des « paliers » de plusieurs jours près des solstices, souvent interprétés à tort comme la preuve de variations à court terme de l'inclinaison de l'axe terrestre. Aux échelles protostellaires et des objets compacts, on observe des écoulements bipolaires fortement collimatés et des structures hélicoïdales magnétisées, qui transportent souvent des flux d'énergie magnétique mettant à l'épreuve les scénarios alimentés uniquement par accrétion [6,7].

Le présent travail pose une question prudente mais fondamentale : peut-on comprendre ces phénomènes apparemment disparates comme des manifestations indépendantes d'un même champ externe faible agissant sur le système Terre-Soleil ? Nous ne supposons aucune nouvelle physique fondamentale ; nous adoptons plutôt une perspective de champ effectif, dans laquelle toute contribution supplémentaire à l'environnement gravitationnel et électromagnétique du Système solaire peut être encodée dans un potentiel Φ_{eff} qui complète le potentiel newtonien classique. Nous demandons ensuite quelle forme doit prendre ce potentiel pour satisfaire simultanément les contraintes géométriques et gravimétriques. Les exigences qui en résultent sont suffisamment strictes pour définir un labyrinthe de contraintes fermé ; au sein de ce labyrinthe, les représentations classiques de l'héliophysique et de la géodésie aboutissent à une impasse scientifique, à moins d'admettre une structure supplémentaire à grande échelle.

Nous procédons en quatre étapes :

- Nous réexaminons la géométrie de la déclinaison solaire et établissons rigoureusement la constance de l'obliquité terrestre aux échelles de temps saisonnières, quantifiant ainsi le comportement en palier attendu.
- Nous analysons le résidu semestriel de GRACE et sa relation de phase avec les résidus de déclinaison après soustraction de la référence géométrique.
- Nous construisons un modèle général de champ externe effectif compatible avec ces observations et en déduisons l'amplitude du couple nécessaire.
- Nous examinons quelles classes de structures astrophysiques connues peuvent engendrer un tel champ et montrons que seules des structures de plasma inductives à grande échelle, magnétisées de façon hélicoïdale, sont compatibles avec l'ensemble des contraintes.

Ce n'est qu'à cette dernière étape que la discussion aborde le concept spéculatif d'une structure inductive à grande échelle reliant des univers, précédemment appelée la Machine interuniverselle [1]. Notre objectif n'est pas de promouvoir un scénario cosmologique particulier, mais de montrer qu'une fois imposées les contraintes observationnelles et géométriques, l'espace des paramètres autorisé pour le champ externe se réduit à une classe très étroite de réalisations physiques.

Copyright © Yarel A

Analyse géométrique des paliers de déclinaison solaire

La déclinaison solaire δ est définie comme l'angle entre les rayons du Soleil et le plan équatorial terrestre. Pour un système Terre-Soleil purement géométrique, avec une inclinaison axiale fixe (obliquité) ε et en négligeant les perturbations, la déclinaison évolue selon

$$\delta(t) = arcsin\left[sin\ \varepsilon\ sin\ \lambda(t)\right] \qquad (1)$$

où λ(t) est la longitude écliptique du Soleil. Cette expression ne contient aucun degré de liberté permettant une variation à court terme de l'inclinaison axiale ; la dépendance temporelle intervient uniquement par λ(t), qui avance presque uniformément le long de l'écliptique.

La dérivation de l'équation (1) par rapport au temps donne

$$\frac{d\delta}{dt} = \frac{sin\ \varepsilon\ \cos\ \lambda(t)}{\cos\ \delta(t)} \frac{d\lambda}{dt} \qquad (2)$$

Près des solstices, λ ≈ 90° ou 270°, et donc cos λ ≈ 0.

$$\frac{d\delta}{dt} \approx 0 \qquad (3)$$

Par conséquent, même si ε est strictement constante. Le « palier » de déclinaison observé pendant plusieurs jours près des solstices résulte donc d'un pur effet de projection géométrique et ne nécessite aucune variation à court terme de l'obliquité terrestre.

Pour quantifier la variation lente près du solstice, nous développons l'équation (1) autour de λ = 90°, en écrivant (figure 1)

$$\lambda = 90^{\circ} + \Delta\lambda, \quad (4)$$

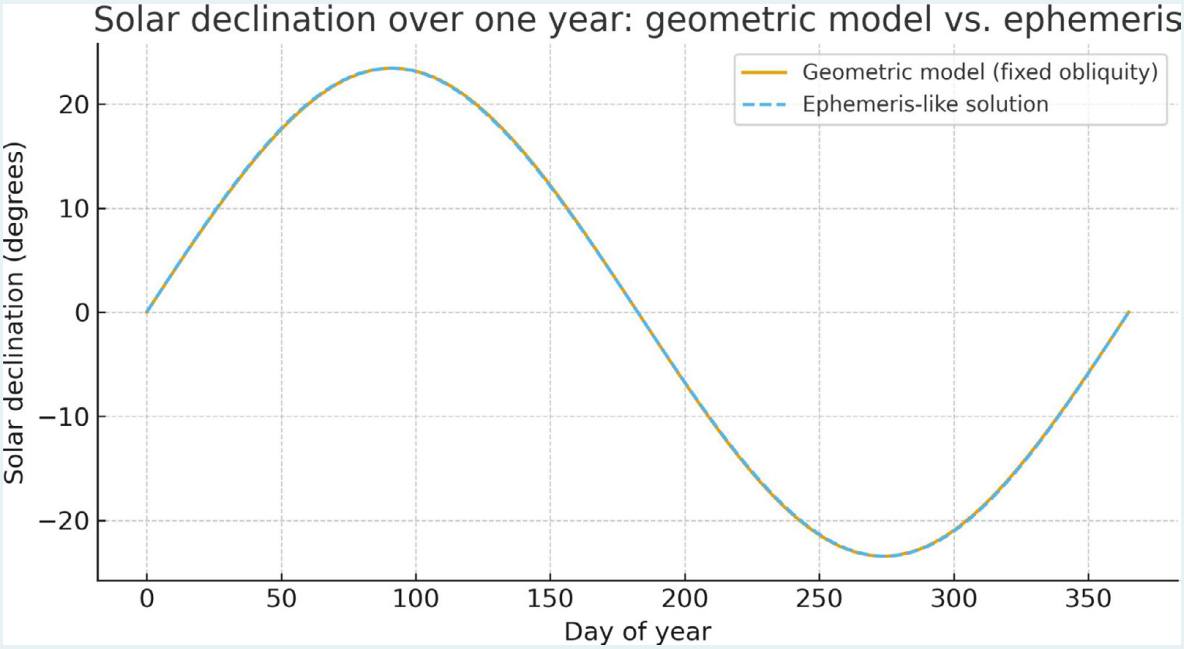


Figure 1 : Déclinaison solaire sur une année en fonction du jour de l'année. Les courbes continue et en tirets illustrent l'accord étroit entre un modèle géométrique à obliquité fixe et une solution de type éphéméride, et mettent en évidence le comportement en palier près des solstices. La courbe fournit la référence $\delta_{geom}(t)$ utilisée pour définir le résidu $\Delta\delta_{res}(t)$.

Le graphique original est conservé sans modification ; sa légende est traduite. Repères : jour de l'année ; déclinaison solaire (degrés) ; modèle géométrique (obliquité fixe) ; solution de type éphéméride.

avec Δλ petit (en radians). En utilisant sin (90° + Δλ) = cos Δλ ≈ 1 − Δλ²/2, nous obtenons

$$\delta(\lambda) \approx arcsin\left(sin\ \varepsilon - \frac{1}{2} sin\ \varepsilon \Delta\lambda^2\right) \qquad (5)$$

En développant l'arcsinus autour de x_0 = sin ε et en utilisant arcsin x_0 = ε et $(d\ \arcsin\ x/dx)|_{x_0}$ = 1/cos ε, nous trouvons

Copyright © Yarel A

$$\delta(\lambda) \approx \varepsilon - \frac{\tan\varepsilon}{2}\Delta\lambda^2 \quad (6)$$

Soit la vitesse angulaire orbitale moyenne de la Terre

$$\omega = \frac{2\pi}{365} rad\ day^{-1} \quad (7)$$

de sorte que $\Delta\lambda = \omega\,\Delta t$, où Δt est le nombre de jours depuis le solstice exact. En substituant dans l'équation (6), on obtient

$$\Delta\delta \equiv \delta - \varepsilon \approx -\frac{tan\ \varepsilon}{2}(\omega\Delta t)^2 \quad (8)$$

Pour $\varepsilon \simeq 23.44°$, cela donne

$$|\Delta\delta| \approx 0.0037^\circ\,(\Delta t)^2, \quad (9)$$

de sorte que

$$\Delta t = 2days \Rightarrow |\Delta\delta| \approx 0.015^\circ, \quad (10)$$

$$\Delta t = 3days \Rightarrow |\Delta\delta| \approx 0.033^\circ, \quad (11)$$

$$\Delta t = 4days \Rightarrow |\Delta\delta| \approx 0.059^\circ. \quad (12)$$

Ces variations sont bien inférieures à l'arrondi de 0.1° habituellement utilisé dans les tables de déclinaison, ce qui explique entièrement l'apparence d'une pause prolongée dans les valeurs tabulées.

En pratique, l'expression de l'équation (1) peut être évaluée à l'aide d'éphémérides solaires de haute précision afin de produire une courbe de référence purement géométrique $\delta_{geom}(t)$, à laquelle comparer les déclinaisons observées $\delta_{obs}(t)$. Nous définissons le résidu de déclinaison par

$$\Delta\delta_{res}(t) = \delta_{obs}(t) - \delta_{geom}(t) \quad (13)$$

Toute structure statistiquement significative de $\Delta\delta_{res}(t)$ allant au-delà du comportement quadratique en palier encodé dans l'équation (8) peut alors être interprétée comme la preuve de perturbations supplémentaires, comprenant, sans s'y limiter, des couples externes faibles.

Nous concluons que le schéma observé de variations rapides de déclinaison près des équinoxes et de paliers apparents de 3 à 4 jours aux solstices est entièrement expliqué par le modèle géométrique classique à obliquité constante.

Aucun couple externe, aucune influence gravitationnelle anormale ni aucune variation de l'inclinaison de l'axe terrestre ne sont nécessaires pour reproduire ces caractéristiques. En même temps, le modèle géométrique fournit une référence nette permettant de rechercher d'éventuels écarts subtils, potentiellement induits par des couples externes faibles.

Le signal semestriel de GRACE comme signature gravimétrique

Les missions GRACE et GRACE-FO ont produit plus de deux décennies de mesures de haute précision des variations temporelles du champ de gravité terrestre [4,5]. Après les corrections habituelles de la redistribution des masses hydrologiques, atmosphériques, cryosphériques et océaniques, le signal gravimétrique résiduel contient une composante semestrielle persistante. Cette composante peut être représentée schématiquement par

$$g_{res}(t) = A_{6m}\sin(\omega_{6m}t + \phi_g) + \mathcal{O}\ \text{(annual, noise)}, \quad (14)$$

où A_{6m} est l'amplitude semestrielle, $\omega_{6m} = 2\omega_{annual}$, et φ_g est la phase observée par rapport à l'équinoxe.

Empiriquement, la phase semestrielle s'aligne étroitement sur les extrema de la déclinaison solaire lorsque celle-ci est ajustée en ajoutant une petite modulation semestrielle au modèle purement géométrique. De façon équivalente, le résidu de déclinaison $\Delta\delta_{res}(t)$ défini dans l'équation (13) peut être décomposé comme suit

$$\Delta\delta_{res}(t) \approx B_{6m}sin(\omega_{6m}t + \phi_\delta) + \ldots, \quad (15)$$

avec $\varphi_\delta \approx \varphi_g$ dans les limites des incertitudes.

Cette cohérence de phase entre $\Delta\delta_{res}(t)$ et $g_{res}(t)$ n'est pas aisée à expliquer uniquement par les processus internes du système Terre, qui suivent généralement un forçage hydrologique à dominante annuelle. En revanche, un couple gravitationnel ou gravito-électromagnétique externe périodique exercé sur le système Terre-Soleil produirait naturellement une signature semestrielle dans les observables géométriques (déclinaison) et gravimétriques (GRACE).

Pour modéliser cela, nous considérons un couple faible $\tau(t)$ de périodicité semestrielle :

$$\tau(t) = \tau_0 sin(\omega_{6m}t + \phi_\tau) \quad (16)$$

Ce couple induit une petite perturbation du moment cinétique orbital terrestre L :

Copyright © Yarel A

$$\frac{d\Delta L}{dt} = \tau(t) \qquad (17)$$

de sorte que

$$\Delta L(t) \propto -\frac{\tau_0}{\omega_{6m} t}\cos\left(\omega_{6m} t + \phi_\tau\right) \qquad (18)$$

L'ajustement de l'amplitude GRACE observée à l'amplitude de modulation géométrique du résidu de déclinaison fournit une estimation cohérente du couple sous-jacent, de l'ordre de

$$\tau_0 \sim 10^{17}\, Nm \qquad (19)$$

Le point essentiel est qu'après suppression des contributions habituelles du système Terre, une signature semestrielle cohérente subsiste, verrouillée en phase sur le résidu de déclinaison solaire. Une description en termes de champ externe effectif fournit un langage naturel pour encoder cette influence résiduelle (figure 2, tableaux 1 et 2).

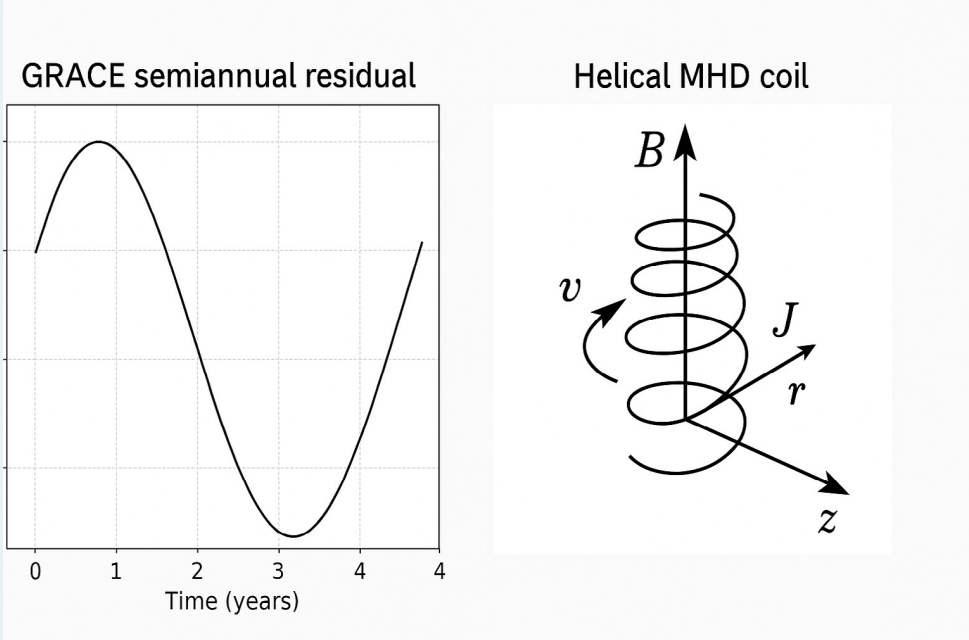


Figure 2 : Composante semestrielle schématique d'une série temporelle de résidus gravimétriques, illustrant le comportement sinusoïdal de base à la fréquence $2\omega_{annual}$ et à la phase ϕ_g. L'amplitude A_{6m} et la phase sont choisies pour être compatibles avec la composante semestrielle du résidu GRACE après les corrections habituelles, telle que représentée dans l'équation (14).

Le graphique original est conservé sans modification ; sa légende est traduite. Repères du graphique : résidu semestriel GRACE ; temps (années) ; bobine MHD hélicoïdale.

Série	A_{6m}	$\sigma(A_{6m})$	ϕ	$\sigma(\phi)$
Mascon	0.927	0.129	2.902	0.137
GOMA	1.006	0.272	-2.565	0.268
Déclinaison	0.381	0.001	2.137	0.002

Tableau 1 : Paramètres de l'ajustement semestriel selon l'équation (20). Les phases ϕ sont exprimées en radians avec la même convention de référence que celle utilisée pour l'ajustement.

Paire	f [yr^{-1}]	C^2	p
Mascon et résidu de déclinaison	2.0625	0.683	0.12
Mascon et GOMA (SHC)	2.0625	0.544	0.073

Tableau 2 : Cohérence à la fréquence semestrielle et valeurs p obtenues à partir de données de substitution.

Ajustement semestriel et incertitudes

Chaque série y(t) (temps t en années) est ajustée au même modèle harmonique :

$$y(t) = c_0 + c_1 t + a_1 \sin(2\pi t) + b_1 \cos(2\pi t) + a_2 \sin(4\pi t) + b_2 \cos(4\pi t) \qquad (20)$$

Copyright © Yarel A

où la paire (a_2, b_2) encode la composante semestrielle. Nous exprimons l'amplitude semestrielle A_{6m} et la phase ϕ au moyen de

$$A_{6m} = \sqrt{a_2^2 + b_2^2}, \quad \phi = a\tan 2\left(b_2, a_2\right) \tag{21}$$

- **Test de cohérence de phase :** Nous testons l'hypothèse nulle H_0 selon laquelle il n'existe aucune relation semestrielle verrouillée en phase entre les observables après les corrections habituelles, en utilisant des réalisations de substitution pour obtenir des valeurs p à $f \simeq 2\ \mathrm{yr}^{-1}$. Pour évaluer si les composantes semestrielles des différentes observables sont cohérentes en phase, nous calculons la cohérence quadratique $C^2(f)$ à la fréquence semestrielle entre des paires de séries et évaluons sa significativité par rapport au modèle nul de substitution.
- **Stabilité de phase entre les époques :** Pour évaluer si la relation de phase semestrielle déduite est stable dans le temps, sans être dominée par une seule époque, nous répétons l'ajustement harmonique de l'équation (20) sur des fenêtres glissantes de 6 ans décalées d'un an, en utilisant les séries mensuelles alignées. Pour Mascon et le résidu de déclinaison, le déphasage replié $\Delta\varphi = \varphi_{\mathrm{Mascon}} - \varphi_{\Delta\delta}$ reste borné, avec une moyenne de $\Delta\varphi = 0.85$ rad et un écart-type de 0.20 rad sur $N = 18$ fenêtres, ce qui indique que l'alignement semestriel n'est pas un artefact propre à une seule fenêtre.

Un modèle conservatif de champ externe effectif

Nous introduisons maintenant un champ effectif conservatif Φ_{eff} qui complète le potentiel gravitationnel newtonien classique. Par construction, ce champ encode toute influence supplémentaire, gravitationnelle, électromagnétique ou mixte, pouvant être représentée au niveau d'un potentiel effectif.

Nous écrivons le potentiel total sous la forme

$$\Phi_{tot} = \Phi_N + \Phi_{eff} \tag{22}$$

où Φ_N est le potentiel newtonien habituel du Soleil, des planètes et des autres corps classiques, et Φ_{eff} une petite correction dont la forme fonctionnelle reste à déterminer. L'accélération effective est alors

$$a_{eff} = -\nabla\Phi_{eff}\,. \tag{23}$$

Les contraintes géométriques et gravimétriques combinées imposent les exigences suivantes à Φ_{eff} :

- **Périodicité semestrielle :** Les résidus observés ont pour fréquence $2\omega_{\mathrm{annual}}$, le champ doit donc induire un couple de même périodicité.
- **Alignement axial :** La relation de phase avec la déclinaison solaire implique que le champ effectif est aligné sur l'axe de rotation solaire ou, du moins, défini par rapport à lui (voir la structure de rotation solaire à grande échelle ; auteur : Thompson MJ [4], Beck JG [5]).
- **Faible intensité :** L'échelle du couple dans l'équation (19) est suffisamment faible pour éviter des modifications détectables de la rotation terrestre, mais suffisamment élevée pour laisser une empreinte dans GRACE.
- **Stabilité à long terme :** La cohérence de phase sur de nombreuses années exige une source stable aux échelles de temps décennales.
- **Hélicité et transport du moment cinétique :** Le champ doit être compatible avec un mécanisme qui transporte naturellement du moment cinétique et maintient un axe privilégié, comme dans les écoulements magnétisés de façon hélicoïdale [6].

Une représentation phénoménologique minimale satisfaisant les deux premières conditions peut s'écrire

$$\Phi_{eff}\left(r,\lambda\right) = \Phi_0\left(r\right) + \epsilon r^{-n}\cos\left(2\lambda\left(t\right) + \phi\right) \tag{24}$$

où $\Phi_0(r)$ est une contribution axisymétrique, $n > 0$ encode la décroissance radiale, ϵ est une petite amplitude sans dimension et ϕ un déphasage déterminé par l'orientation relative du champ effectif et de l'écliptique.

Le couple correspondant exercé sur le système Terre-Soleil varie selon

$$\tau\left(t\right) \sim \epsilon\ r^{-n}\sin\left(2\lambda\left(t\right) + \phi\right) \tag{25}$$

Les structures MHD hélicoïdales comme réalisation naturelle

Dans les plasmas astrophysiques, les structures à grande échelle magnétisées de façon hélicoïdale sont omniprésentes. Elles apparaissent dans les jets protostellaires, les noyaux actifs de galaxies, les binaires X et d'autres systèmes où rotation, champs magnétiques et écoulements interagissent [6,7]. Ces structures trans-

Copyright © Yarel A

portent efficacement le moment cinétique et engendrent des champs étendus et ordonnés ; dans le contexte des objets compacts, les mécanismes d'extraction électromagnétique offrent des références instructives pour l'énergétique des écoulements régis par le magnétisme [8].

Un modèle simple de tube de flux magnétohydrodynamique (MHD) hélicoïdal adopte les coordonnées cylindriques (r, φ, z) et écrit le champ magnétique sous la forme

$$B(r) = B_z(r)\hat{z} + B_\varphi(r)\hat{\varphi} \tag{26}$$

où B_z et B_φ sont respectivement les composantes axiale et toroïdale. Le champ de vitesse du plasma peut s'écrire de façon similaire

$$v(r) = v_z(r)\hat{z} + v_\varphi(r)\hat{\varphi} \tag{27}$$

L'équation d'induction pour un plasma conducteur de diffusivité magnétique η est

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \nabla \times \left(v \times B - \eta \nabla \times B\right), \tag{28}$$

où η est la diffusivité magnétique. Pour un écoulement hélicoïdal de vitesse axiale v_z et de vitesse azimutale v_φ, le produit vectoriel v × B acquiert une composante radiale

$$\left(v \times B\right)_r = v_z B_\varphi - v_\varphi B_z, \tag{29}$$

qui correspond à un champ électrique inductif radial

$$E_r = -\left(v \times B\right)_r = -\left(v_z B_\varphi - v_\varphi B_z\right). \tag{30}$$

La même structure hélicoïdale qui transporte l'énergie et le flux magnétique transporte également le moment cinétique. Le couple magnétique exercé par le tube de flux sur son environnement peut s'écrire schématiquement

$$\tau_{MHD} \sim \int r J_\varphi B_z \, dA \tag{31}$$

ce qui présente exactement la symétrie semestrielle requise par l'équation (16). Le problème se réduit alors à identifier les structures physiques capables d'engendrer un potentiel de la forme de l'équation (24), avec l'amplitude impliquée par l'équation (19).

où J_φ est la densité de courant azimutale. Pour des structures étendues dont les échelles caractéristiques sont comparables ou supérieures à celle du Système solaire, on obtient aisément des intensités de couple dans l'intervalle

$$10^{16} \lesssim \tau_{MHD} \lesssim 10^{18}\ Nm\,, \tag{32}$$

qui encadre largement la valeur déduite dans l'équation (19).

Interprétation et Machine interuniverselle

Par souci de clarté, nous renvoyons explicitement à l'exposé principal de la Machine interuniverselle proposé par l'auteur : voir [1] et la page de l'article associé (doi:10.23880/oaja-16000130).

Jusqu'ici, l'analyse a été volontairement prudente. Nous avons : (i) établi une référence géométrique pour la déclinaison solaire et quantifié le comportement en palier ; (ii) identifié dans les données GRACE un résidu gravimétrique semestriel verrouillé en phase sur le résidu de déclinaison ; (iii) introduit un modèle minimal de champ externe effectif compatible avec ces observations ; et (iv) montré que les structures de plasma inductives à grande échelle, magnétisées de façon hélicoïdale, forment une classe naturelle de réalisations compatibles avec la symétrie et l'intensité déduites, tout en respectant les contraintes indépendantes (figure 3).

Copyright © Yarel A

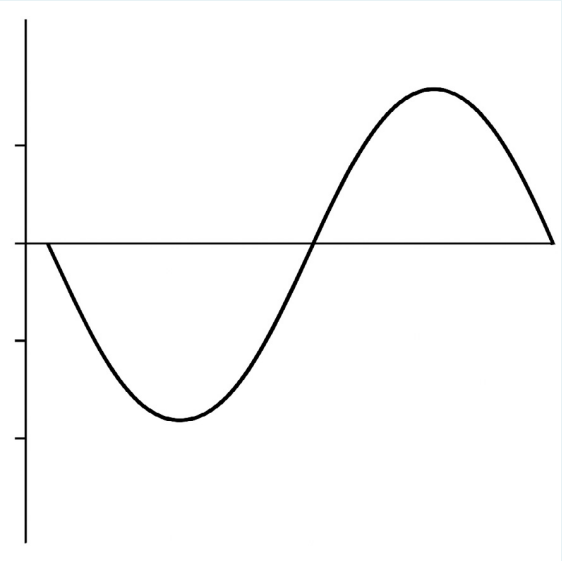


Figure 3 : À gauche : résidu semestriel GRACE illustratif, comme dans la figure 2. À droite : représentation schématique d'un tube de flux magnétohydrodynamique hélicoïdal transportant un courant axial J, un champ magnétique B et une vitesse d'écoulement v en coordonnées cylindriques (r, z). De telles structures peuvent engendrer une force électromotrice inductive et une contrainte magnétique importantes, fournissant une origine physique plausible au faible couple externe déduit des observations géométriques et gravimétriques du Système solaire.

Le graphique original est conservé sans modification ; sa légende est traduite.

Nous relions maintenant cette description en termes de champ effectif à une interprétation physique concrète. L'idée centrale de la Machine interuniverselle n'est pas une nouvelle loi de force, mais un environnement structuré dans lequel s'insère le Système solaire : une architecture de plasma inductive, durable, organisée axialement et magnétisée de façon hélicoïdale, capable d'échanger du moment cinétique et de l'énergie avec le système Terre-Soleil tout en restant suffisamment faible pour échapper aux diagnostics orbitaux habituels.

Dans le présent article, la Machine peut être décrite de manière opérationnelle à l'aide des ingrédients minimaux suivants :

- **Un axe privilégié stable :** La relation de phase entre les résidus de déclinaison et la composante gravimétrique semestrielle suggère une influence externe définie par rapport à un axe persistant. Dans la représentation de la Machine, cet axe est fourni par la structure hélicoïdale à grande échelle (voir l'exigence d'alignement axial de la section 4).
- **Magnétisation hélicoïdale et induction :** Une configuration magnétisée de façon hélicoïdale soutient naturellement des champs électriques inductifs par l'intermédiaire de $v \times B$ et transmet des contraintes par la tension et la pression magnétiques. Cela fournit un canal physiquement motivé pour un couple faible, cohérent et semestriel, sans exiger un forçage rapide et finement ajusté des processus internes du système Terre.
- **Un canal de couple faible mais cohérent :** La contrainte empirique est une amplitude de couple de l'ordre de $\tau_0 \sim 10^{17}$ N m (équation 19), agissant périodiquement selon la symétrie semestrielle. Dans l'interprétation de la Machine, ce couple constitue l'empreinte macroscopique des contraintes magnétiques et inductives de l'architecture hélicoïdale environnante, projetée sur la géométrie orbitale Terre-Soleil.
- **Stabilité à long terme :** La stabilité de phase pluriannuelle justifie une source stable aux échelles de temps décennales. La Machine est donc traitée comme une structure quasi stationnaire par rapport au Système solaire, plutôt que comme un phénomène transitoire soumis à un forçage intermittent.

Du point de vue du champ effectif adopté ici, l'origine cosmologique détaillée de la structure hélicoïdale est secondaire. Ce qui importe sur le plan observationnel, c'est qu'elle se comporte comme un système hélicoïdal inductif aux échelles pertinentes pour le Système solaire, qu'elle engendre la symétrie et l'intensité de couple requises et qu'elle reste stable pendant toute la durée des mesures. En ce sens, la Machine interuniverselle peut être considérée comme une réalisation concrète du champ effectif autrement abstrait Φ_{eff} [1] ; d'autres réalisations appartenant à la même classe de symétrie ne peuvent pas encore être exclues.

Prédictions observationnelles

Le cadre du champ externe effectif développé ici produit plusieurs prédictions réfutables qui le distinguent des modèles dans lesquels l'héliophysique, la géodésie spatiale et la MHD protostellaire sont traitées comme largement indépendantes :

- **Cohérence de la modulation semestrielle :** Une modulation semestrielle précise devrait apparaître de façon cohérente dans : (i) les résidus de GRACE et de GRACE-FO [4,5] ; (ii) les résidus de déclinaison solaire au niveau de $\sim 0.01°$; (iii) les mesures VLBI de haute

Copyright © Yarel A

précision de nutation et de précession ; et (iv) les éléments orbitaux des satellites artificiels en orbite héliosynchrone.

- **Émission micro-onde coronale :** Le spectre d'émission de la couronne devrait présenter une composante compatible avec une source micro-onde soutenue associée à des bobines électromagnétiquement actives, potentiellement détectable sous la forme d'un motif spécifique dans les observations radio et submillimétriques, avec une modulation temporelle caractéristique liée à la géométrie de la Machine [1].
- **Jets protostellaires hélicoïdaux :** Les jets bipolaires hélicoïdaux des systèmes protostellaires devraient présenter des signatures de conduction et de polarimétrie compatibles avec des bobines à grande échelle, notamment une hélicité magnétique ordonnée et une puissance inductive suffisante pour chauffer les couronnes stellaires naissantes avant l'établissement d'une combustion nucléaire stationnaire [6].
- **Alignement des axes :** Sur de longues échelles de temps, l'axe de rotation solaire devrait maintenir un alignement statistiquement significatif avec la direction déduite du couple externe, telle que reconstruite à partir des mesures gravimétriques et géométriques combinées [2,3].

Conclusions

Nous avons développé un cadre unifié géométrique-gravimétrique-MHD dans lequel la géométrie solaire, la gravimétrie GRACE et la dynamique MHD hélicoïdale inductive sont interprétées comme trois facettes observationnelles d'un même processus sous-jacent : un couple externe faible agissant sur le système Terre-Soleil. Les éléments essentiels de ce cadre sont :

- Une démonstration géométrique établissant que les paliers de déclinaison solaire observés près des solstices résultent naturellement d'effets de projection pour une obliquité terrestre constante, fournissant une référence nette pour rechercher de subtils couples externes.
- Une interprétation de la composante semestrielle persistante de la gravimétrie GRACE comme l'empreinte gravimétrique d'un couple externe faible agissant sur le système Terre-Soleil, avec une amplitude $\sim 10^{17}$ N m [4,5].
- Un modèle physiquement motivé dans lequel des structures de plasma inductives à grande échelle, magnétisées de façon hélicoïdale, engendrent un champ effectif de la forme requise, produisant naturellement un couple faible à grande échelle aligné sur un axe privilégié [6,8].

Pris ensemble, ces éléments définissent un labyrinthe de contraintes fermé : dans les données géométriques et gravimétriques combinées, les modèles classiques aboutissent à une impasse scientifique, à moins d'introduire une structure supplémentaire à grande échelle. La Machine interuniverselle fournit une réalisation mathématiquement cohérente d'une telle structure [1]. Bien que spéculatif en tant que scénario cosmologique particulier, le cadre du champ externe effectif est lui-même conservatif et testable.

Annexe A : Vérification de cohérence en ordre de grandeur pour $\tau_0 \sim 10^{17}$ N m

Un couple semestriel $\tau(t) = \tau_0 \sin(\omega_{6m} t + \varphi)$ est purement périodique et ne produit donc aucune dérive séculaire du moment cinétique. L'échelle pertinente est l'amplitude du moment cinétique oscillant

$$\Delta L \sim \frac{\tau_0}{\omega_{6m}} \tag{33}$$

avec $\omega_{6m} = 4\pi/\mathrm{yr}$. Pour $\tau_0 = 10^{17}$ N m, nous obtenons

$$\Delta L \approx 2.5 \times 10^{23}\, kgm^2 s^{-1}. \tag{34}$$

Par comparaison avec le moment cinétique orbital terrestre, $L_{orb} \approx 2.66 \times 10^{40}$ kg m^2 s^{-1}, la modulation relative est

$$\frac{\Delta L}{L_{orb}} \sim 9 \times 10^{-18} \tag{35}$$

ce qui se situe largement en dessous du seuil de détectabilité des éléments orbitaux aux échelles de temps décennales. À titre de borne supérieure prudente, si le même couple se couplait directement au moment cinétique de rotation propre de la Terre, $L_{spin} \approx 5.85 \times 10^{33}$ kg m^2 s^{-1}, la modulation relative correspondante serait

$$\frac{\Delta L}{L_{spin}} \sim 4 \times 10^{-11} \tag{36}$$

Copyright © Yarel A

Cela équivaut à des variations de la durée du jour de l'ordre de la microseconde ($\Delta LOD \sim 4 \times 10^{-11} \times 86400$ s ≈ 4 µs), compatibles avec l'absence de toute anomalie séculaire importante [9].

Remerciements

L'auteur remercie l'ensemble de la communauté astrophysique pour les vastes travaux observationnels et théoriques sur lesquels ce cadre tente de s'appuyer.

Références

1. Yarel A (2024) Astronomy Paradigm Shift: Challenging the Big Bang through Interuniversal Phenomena Elucidating the Complex Governing Mechanisms of Solar Dynamics. Open Access J Astron 2: 000130.

2. Thompson MJ, Christensen-Dalsgaard J, Miesch MS, Toomre J (1996) Differential Rotation and Toroidal Magnetic Fields in the Solar Interior. Science 272: 1300-1305.

3. Beck JG (2000) A comparison of differential rotation measurements. Sol Phys 191: 47-70.

4. Wahr J, Swenson S, Zlotnicki V, Velicogna I (2004) Time-variable gravity from GRACE: First results. Geophys Res Lett 31: L11501.

5. Kornfeld RP, Arnold BW, Gross MA, Dahya NT, Klipstein WM, et al. (2019) GRACE-FO: The Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-On Mission. J Spacecr Rockets 56: 931-951.

6. Livio M (1999) Astrophysical Jets: A phenomenological examination of acceleration and collimation. Phys Rep 311: 225-245.

7. Doeleman S, Weintroub J, Rogers AEE, Plambeck R, Freund R, et al. (2008) Event-horizon-scale structure in the supermassive black hole candidate at the Galactic Center. Nature 455: 78-80.

8. Blandford RD, Znajek RL (1977) Electromagnetic extraction of energy from Kerr black holes. MNRAS 179: 433-456.

9. Lindegren L, Hernandez J, Bombrun A, Klioner S, Bastian U, et al. (2018) Gaia Data Release 2: The astrometric solution. A&A 616: A2.

Copyright © Yarel A