

À propos des effets Einstein-de Haas et Barnett

André Michaud

Service de Recherche Pédagogique

- [Click here for English version](#)
- [Haga clic aquí para versión en español](#)
- [Hier anklicken für die Deutsche Fassung](#)

Résumé :

La relation orthogonale entre l'aspect magnétique (spin) de l'énergie des particules élémentaires et la direction du mouvement de ces particules peut être démontrée au niveau macroscopique par des moyens mécaniques.

Il peut être prouvé que l'alignement forcé des spins des électrons dans les matériaux ferromagnétiques entraîne l'alignement de l'énergie porteuse des électrons concernés de manière orthogonale au champ, ce qui peut provoquer un mouvement détectable au niveau macroscopique (l'effet Einstein-de Haas) lorsque ce mouvement n'est pas inhibé mécaniquement.

Il peut également être prouvé que le fait de forcer mécaniquement des électrons dans des matériaux ferromagnétiques à se déplacer dans une direction commune force le spin de leur énergie porteuse à s'aligner parallèlement, ce qui fait que leur champ magnétique combiné devient détectable au niveau macroscopique (l'effet Barnett).

Cet article a été publié en 2013 dans le *International Journal of Engineering Research and Development*:

Michaud, A. (2013) *On the Einstein-de Haas and Barnett Effects*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 12 (May 2013), PP. 07-11.

<http://ijerd.com/paper/vol6-issue12/B06120711.pdf>

Autres articles dans le même projet:

[INDEX - Mécanique électromagnétique \(Le modèle des 3-espaces\)](#)

Voici la traduction française de cet article:

À propos des effets Einstein-de Haas et Barnett

André Michaud

SRP Inc Service de Recherche Pédagogique Québec Canada

Abstract:- La relation orthogonale entre l'aspect magnétique (spin) de l'énergie des particules élémentaires et la direction du mouvement de ces particules peut être démontrée au niveau macroscopique par des moyens mécaniques. Il peut être prouvé que l'alignement forcé des spins des électrons dans les matériaux ferromagnétiques entraîne l'alignement de l'énergie porteuse des électrons concernés de manière orthogonale au champ, ce qui peut provoquer un mouvement détectable au niveau macroscopique (l'effet Einstein-de Haas) lorsque ce mouvement n'est pas inhibé mécaniquement. Il peut également être prouvé que le fait de forcer mécaniquement des électrons dans des matériaux ferromagnétiques à se déplacer dans une direction commune force le spin de leur énergie porteuse à s'aligner parallèlement, ce qui fait que leur champ magnétique combiné devient détectable au niveau macroscopique (l'effet Barnett).

Keywords:- Effet Einstein-de Haas, effet Barnett, alignement des spins, matériau ferromagnétique, spin, énergie porteuse, modèle des 3 espaces.

I. L'expérience du cylindre ferromagnétique suspendu

En 1911, Albert Einstein et Johannes Wander de Haas, un célèbre expérimentateur néerlandais, ont conçu et réalisé une expérience très révélatrice du comportement magnétique des électrons, connue sous le nom d'effet Einstein-de Haas [1].

Comprenant que les champs magnétiques macroscopiques étaient dus à une sorte d'alignement des électrons, même avant la découverte de la propriété nommée "spin", qui associe clairement un champ magnétique à chaque électron, ils ont déduit que si les électrons d'un cylindre de matériau ferromagnétique, du fer par exemple, que l'on ferait pendre à un fil fin, étaient soudainement forcés de s'aligner orthogonalement par rapport à l'axe de rotation fourni par le fil de support en soumettant le cylindre à un champ magnétique externe, les électrons du matériau devraient alors forcer leurs champs magnétiques microscopiques locaux à s'aligner parallèlement dans la direction opposée et leurs moments angulaires locaux microscopiques, perpendiculaires par structure à leur champ magnétique microscopique local, devraient alors également s'aligner parallèlement et se combiner pour devenir observables au niveau macroscopique sous la forme du moment angulaire du cylindre ferromagnétique suspendu.

À l'époque, on supposait encore que les électrons gravitaient autour des noyaux des atomes et c'est ce moment angulaire qu'ils tentaient de faire se combiner pour l'observer au niveau macroscopique.

Et oui ! Dès que le cylindre suspendu a été magnétisé, il a commencé à tourner ! Mais à leur grande surprise, le moment angulaire macroscopique observé du cylindre ne

correspondait, après calcul, qu'à la moitié du moment angulaire combiné que les électrons étaient censés avoir s'ils étaient réellement en orbite autour des noyaux, ce qui les a amenés à rejeter l'idée que le mouvement des électrons sur leurs orbites pouvait être la cause du magnétisme. La cause directe du magnétisme macroscopique n'a été identifiée qu'une dizaine d'années plus tard, lorsque le "spin" a été découvert et sa fonction comprise.

Mais leur remarquable résultat fut tout de même obtenu. Ils ont démontré avec succès qu'il est possible de provoquer un mouvement de rotation observable au niveau macroscopique de matériaux ferromagnétiques en forçant simplement l'alignement parallèle des spins des électrons individuels non pairés de ces matériaux. Le même effet est également observé lorsqu'on essaie de magnétiser des matériaux paramagnétiques.

II. L'expérience de la tige ferromagnétique en rotation

Mais un effet encore plus intrigant avait été observé un peu plus tôt par Samuel Jackson Barnett. Il avait découvert en 1909 que si une tige de matériau ferromagnétique démagnétisé est suspendue à un fil fin et mise en rotation par un moyen mécanique quelconque, la tige se magnétise !

De surcroît, l'intensité du champ magnétique macroscopique résultant était directement proportionnelle à la vitesse angulaire de la tige ! C'est l'effet Barnett [2].

III. Interprétation des expériences

Cela signifie que lorsque des matériaux ferromagnétiques, qui contiennent des électrons non pairés que l'équilibre électromagnétique local laisse libres de pivoter localement comme s'ils étaient montés sur des cardans, sont mis mécaniquement en mouvement, ces électrons ont tendance à pivoter de telle sorte que leurs spins s'alignent aussi parallèlement que possible, puisqu'ils sont perpendiculaire par structure à la direction de leur énergie individuelle de momentum, même si, au repos, ils ont naturellement tendance à se stabiliser dans la configuration d'équilibre mutuellement antiparallèle de plus faible énergie possible à l'intérieur du matériau, comme autant de petits aimants qu'on laisserait librement pivoter près les uns des autres tout en les empêchant de se déplacer les uns vers les autres.

A. Aucune explication de la part de la Mécanique Quantique

Maintenant, qu'est-ce qui, dans un tel mouvement induit mécaniquement, pourrait forcer un tel alignement des spins des électrons non pairés dans les matériaux ? Il faut dire qu'aucune explication mécanique n'a jamais été proposée de la part de la Mécanique Quantique pour expliquer ce phénomène au delà de son "explication mathématique".

Cependant, le modèle des trois espaces laisse clairement entrevoir une explication mécanique possible. Cette explication découle de la manière dont les structures dynamiques internes du photon-porteur et de l'électron sont susceptibles d'interagir, tel qu'expliqué dans deux articles séparés [9] et ([10], Section D).

Cette interaction explique comment et pourquoi l'aspect magnétique du photon porteur d'un électron n'a pas d'autre choix que de s'aligner aussi antiparallèlement que possible par rapport à l'aspect magnétique de l'électron qu'il "transporte".

En réalité, étant donné que la fréquence d'un photon-porteur sera rarement un multiple exact de celle de son électron compagnon, cet alignement sera au mieux le plus proche de l'antiparallèle que la résultante vectorielle des interactions dynamiques de leur mouvement

cyclique respectif le permettra ([5], Section "25.11 Relation entre le photon-porteur et la particule transportée").

Mais aussi longtemps que l'énergie du photon-porteur demeurera stable, cet alignement antiparallèle "optimal" entre l'aspect magnétique du photon-porteur et celui de son électron captif n'aura d'autre choix que d'être maintenu de manière plutôt rigide dans un tel système à deux particules relativement isolé.

B. Mouvement de l'électron dans l'atome d'hydrogène isolé

Sans entrer dans les détails de la variation relativiste de l'inertie des électrons due aux orbites elliptiques ([6], p.329), il est bien compris que la vitesse théorique d'un électron libre dans l'état fondamental d'un atome d'hydrogène isolé est une fonction de la longueur d'onde de de Broglie de l'énergie de son photon porteur, qui se trouve être, dans ce cas, la longueur de l'orbite fondamentale, multipliée par sa fréquence, qui est le nombre de fois que l'électron ferait le tour du noyau chaque seconde si l'équilibre électromagnétique local le permettait.

Nous savons que ce mouvement de translation de l'électron dans un atome d'hydrogène isolé pourrait être réel, étant donné qu'une oscillation du noyau synchronisée avec l'hypothèse d'un tel mouvement orbital de l'électron, dont Bohr conçut l'hypothèse, lui a permis de calculer très précisément les constantes de Rydberg de l'atome d'hydrogène isolé et de l'atome d'hélium ionisé à partir de son modèle.

En réalité, l'établissement de la constante de Rydberg par Bohr de cette manière est la preuve sans l'hombre d'un doute, que l'électron et le noyau sont physiquement localisés en tout temps dans de tels atomes, malgré l'étendue statistique théoriquement infinie de la mécanique quantique de la position de l'électron et de son énergie porteuse dans ces atomes. En fait, seule une étendue statistique maximale de la MQ qui tiendrait compte de l'inertie de l'électron en mouvement localisé en permanence semblerait physiquement possible ([7], Section M).

Cependant, quelle que soit la possible complexité de la trajectoire de l'électron dans un atome d'hydrogène isolé, les résultats de Bohr prouvent que le profil orbital de l'électron est cyclique dans l'atome d'hydrogène isolé, et qu'une éventuelle meilleure compréhension de l'interaction entre l'attraction électrostatique et la répulsion magnétostatique entre l'électron et le noyau permettra un jour de calculer précisément le mouvement de l'électron, du moins dans les atomes isolés d'hydrogène et d'hélium ionisés.

c. Immobilisation des électrons dans les molécules

Nous savons également que lorsque deux atomes d'hydrogène s'unissent pour former une molécule d'hydrogène, il devient impossible pour les électrons continuent à se déplacer autour de leurs noyaux, puisqu'ils se capturent mutuellement en orientation de spin antiparallèle à mi-chemin entre les noyaux (un lien covalent), comme deux aimants microscopiques qui s'interpénétreraient, de sorte que leur longueur d'onde de de Broglie, qui est fondamentalement sensée théoriquement représenter la distance réelle que l'électron parcourrait autour de son noyau par cycle de son énergie porteuse, devient nulle, en dépit du fait que l'énergie de ce photon-porteur est toujours totalement induite par la force électrostatique constante exercée par les noyaux à la distance concernée.

Par conséquent, l'aspect électro-magnétique des deux photons-porteurs de ces électrons liés de manière covalente n'a d'autre choix que d'osciller localement, les moitiés unidirectionnelles de leurs énergies luttant maintenant constamment l'une contre l'autre en

poussant dans des directions opposées, ce qui immobilise complètement les deux électrons l'un par rapport à l'autre, et qui sont plus également verrouillés ensemble en interaction magnétique antiparallèle (capture magnétique antiparallèle).

Dans les matériaux solides, seuls les électrons de la couche électronique la plus externe des atomes sont impliqués dans l'association des atomes entre eux pour former des molécules et ces électrons jouent évidemment le même rôle dans les matériaux ferromagnétiques.

D. Un électron non pairé est libre de pivoter localement

Toutefois, certains électrons demeurent non pairés dans les couches immédiatement internes des atomes des matériaux ferromagnétiques. Tout en étant maintenus relativement immobiles dans leur emplacement par l'équilibre électromagnétique local, ils demeurent relativement libres de pivoter localement, même si la moitié unidirectionnelle de l'énergie de leur photon porteur – même si elle n'est pas contrée par celle d'un compagnon antiparallèle immédiat – n'est pas assez intense pour amener l'électron à se déplacer contre la force de l'équilibre électromagnétique local.

Sans entrer dans les détails de l'alignement des domaines magnétiques et de l'harmonisation par résonance de phase des fréquences des photons-porteurs de ces électrons non pairés qui sont en rotation potentiellement libre à l'intérieur de chaque domaine, on peut supposer que cette suppression forcée de la composante de vitesse normale unidirectionnelle de leurs photons-porteurs doit alors se traduire par une "pression" constante pour que cette vitesse soit restaurée, et que toute circonstance favorable est susceptible de faire en sorte que cette composante de vitesse recommence à s'exprimer dans une direction qui leur est imposée de l'extérieur.

Par conséquent, il n'est pas illogique de penser qu'un mouvement forcé induit mécaniquement d'un matériau ferromagnétique pourrait fournir une telle circonstance favorable.

Rappelons ici que dans le modèle des 3 espaces, la moitié unidirectionnelle de l'énergie d'un photon (qu'il soit porteur ou libre) est mécaniquement incapable, de par sa structure, de s'orienter autrement que perpendiculairement au champ magnétique local constitué par l'autre moitié oscillante de l'énergie de ce photon.

IV. Mise en mouvement du cylindre d'Einstein et de Haas

Lorsque le cylindre utilisé par Einstein et de Haas était au repos et non soumis à un champ magnétique externe, tous les électrons non pairés étaient donc libres de pivoter localement dans le matériau du cylindre, et s'alignaient alors par défaut dans la configuration la plus antiparallèle de moindre action possible que l'équilibre électromagnétique local permettait, ne laissant au niveau macroscopique aucun champ magnétique perceptible ou alors un champ magnétique à peine perceptible.

Cependant, lorsqu'un champ magnétique externe est appliqué au cylindre, tous ces électrons libres de pivoter n'ont pas d'autre choix, en raison précisément de cette liberté, que d'aligner tous leurs champs magnétiques individuels aussi antiparallèlement que possible par rapport à ce puissant champ externe, obligeant ainsi toutes les moitiés unidirectionnelles de leur photons-porteurs à se réorienter pour demeurer parfaitement perpendiculaires à leur propre champ magnétique local qui vient de changer d'orientation, ce qui fait que toutes ces quantités d'énergie individuelles unidirectionnelles s'additionnent dans la même direction

perpendiculaire à l'axe déterminé par le fil qui le soutient, en un nombre suffisant pour induire un mouvement de rotation de toute la masse du cylindre, une rotation qui devient mesurable au niveau macroscopique.

Lorsque le champ magnétique externe est désactivé, tous ces électrons reprennent leur état mutuellement antiparallèle d'énergie de moindre action et le mouvement de rotation du cylindre s'arrête.

v. **Établissement d'un champ magnétique dans une tige de Barnett**

Dans le cas du cylindre ferromagnétique, c'est une réorientation forcée des champs magnétiques individuels des photons-porteurs des électrons libres de pivoter pour s'aligner parallèlement à l'axe de rotation qui force toutes les quantités d'énergie unidirectionnelles de leurs photons-porteurs à s'aligner perpendiculairement à l'axe de rotation. Dans le cas de la tige ferromagnétique de Barnett (même matériau que pour le cylindre d'Einstein et de Haas), c'est toutefois le contraire qui se produit.

Lorsque la barre suspendue est forcée mécaniquement à tourner, les quantités d'énergie unidirectionnelles des photons-porteurs des électrons libres de pivoter trouvent enfin une direction commune dans laquelle elles peuvent s'appliquer, ce qui force les champs magnétiques individuels de ces photons-porteurs à s'aligner parallèlement les uns par rapport aux autres, s'additionnant pour devenir un champ magnétique plus grand qui peut être mesuré au niveau macroscopique.

Si la vitesse de rotation de la barre est encore augmentée, les énergies unidirectionnelles des photons-porteurs de tous ces électrons augmenteront également, de la seule manière possible pour eux. Tel que décrit à la Référence ([9], Section VII), cette énergie ajoutée sera partagée en parts égales entre la moitié unidirectionnelle et la moitié électromagnétique dans la structure de chaque photon-porteur des électrons impliqués, ce qui aura pour conséquence automatique une augmentation correspondante de l'intensité des champs magnétiques de tous les porte-photons individuels concernés et par conséquent du champ magnétique mesurable macroscopiquement qui résulte de leur addition par alignement parallèle.

Il est également tout à fait certain que si le cylindre d'Einstein et de Haas était contraint à une rotation mécanique similaire, le même phénomène d'auto-magnétisation en fonction de la vitesse angulaire se produirait.

vi. **Sur l'immobilisation forcée de l'énergie unidirectionnelle des porteurs-photons**

Ceci nous amène à observer que dans la nature, la moitié unidirectionnelle de chaque photon-porteur de la plupart des particules élémentaires tend à être inhibée dans son mouvement par des équilibres électromagnétiques locaux qui lui sont imposés, par la somme vectorielle de toutes les interactions électromagnétiques dans lesquelles elle est immergée dans les grandes structures atomiques et moléculaires dont elle est captives.

Pour mieux appréhender cette situation, considérons par similitude un cas d'équilibre beaucoup plus concret, mais cette fois induit par la gravitation. Le type d'immobilisation par équilibre électromagnétique local que nous venons de considérer pour les photons porteurs,

À PROPOS DES EFFETS EINSTEIN-DE HAAS ET BARNETT

avec pleine force inductrice d'énergie toujours appliquée, se trouve être assez similaire, paradoxalement, à celui d'une masse reposant à la surface de la Terre.

Dans un contexte gravitationnel, il a été jugé commode d'exprimer cette relation comme un ratio de *force par unité de masse* F/m (Newton par kg, ou N/kg). Ce rapport est déterminé par l'accélération (g) à une distance spécifique du centre de la masse centrale (la Terre), distance à laquelle se trouve une masse d'essai de 1 kg. Ainsi,

$$F/m = g, \quad \text{soit} \quad F = mg$$

où F est la force exprimée en Newtons ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$).

La valeur de g généralement utilisée est $9,8 \text{ m/s}^2$, qui est l'accélération moyenne à la surface de la Terre. C'est une moyenne entre l'accélération précise de $9,83208 \text{ m/s}^2$ aux pôles et l'accélération précise de $9,78036 \text{ m/s}^2$ au niveau moyen de la mer à l'équateur. La raison de cette différence est que les pôles sont situés plus près du centre de la Terre que n'importe quel point à l'équateur, en raison d'un aplatissement de la planète résultant de la "force" centrifuge causée par la rotation de la Terre.

Donc, puisque g est une accélération, nous pouvons bien sûr écrire

$$F = mg = ma$$

Or, nous savons que l'accélération orbitale est donnée par le produit du carré de la vitesse angulaire par le rayon de l'orbite, ou alternativement, par le carré de la vitesse transversale divisé par le rayon de l'orbite, qui s'exprime par $a = \omega^2 r = v^2/r$, donc de façon similaire

$$a = g = \omega^2 r = \frac{v^2}{r} \quad \text{et} \quad F = mg = m \frac{v^2}{r}$$

Sachant que le rayon équatorial de la Terre est de 6378140 m, nous pouvons trouver la vitesse transversale qu'un corps aurait s'il était en orbite au niveau du sol à l'équateur (hypothétiquement, bien sûr). Ainsi, à partir de $g = v^2/r$, nous obtenons le chiffre suivant :

$$v = \sqrt{(g r)} = \sqrt{(9.78036 * 6378140)} = 7898.133028 \text{ m/s}$$

Si nous revenons à l'équation $F = ma = mg = mv^2/r$, et si nous supposons une masse de 1 kg, nous pouvons maintenant observer beaucoup plus clairement que la force appliquée en permanence à cette masse est de

$$F = 1 \text{ kg} \times (7898.133028 \text{ m/s})^2 \div 6378140 \text{ m}$$

$$F = 9.78036 \text{ kg}\cdot\text{m} / \text{s}^2 \quad (\text{Newton})$$

Cela signifie qu'une masse de 1 kg est maintenue contre le sol par une force de 9,78036 N à l'équateur. Cela signifie également qu'une force de 9,78036 N doit être exercée pour soulever cette masse de 1 kg du sol afin de compenser la force d'attraction de 9,78036 N qui la maintient contre le sol.

De plus, comme la présence de matière environnante empêche les corps de se déplacer facilement par eux-mêmes dans le sens transversal au niveau du sol, la vitesse des objets par rapport à la matière environnante à la surface de la Terre est généralement nulle, même si la force orthogonale qui agit sur eux serait suffisante pour les maintenir en orbite à 7898,133028 m/s si on les laissait libres de le faire et si une impulsion était fournie pour les mettre en mouvement dans le sens transversal.

VII. Vitesses de rotation à la surface de la Terre

Comparons cette vitesse avec la vitesse transversale réelle à l'équateur de la Terre due à sa rotation quotidienne (environ 464 m/s), qui est environ 17 fois plus lente que celle requise pour que les corps à sa surface deviennent en apesanteur et soient réellement en orbite au niveau du sol, si le mouvement transversal était induit et si aucun obstacle physique ne s'y opposait.

En raison de cette vitesse de rotation, la masse terrestre se gonfle à l'équateur et s'aplatit aux pôles, ce qui fait que la Terre a la forme d'un sphéroïde aplati plutôt que d'une véritable sphère. Alors que le rayon équatorial moyen est estimé à environ 6378 km, le rayon polaire tombe à 6357 km environ, soit une différence d'environ 21 km.

Cette aplatissement est cependant proche de l'insignifiance pour la plupart des estimations générales puisqu'il se situe dans la même fourchette que le plus grand écart de différence d'altitude entre le plus haut sommet et la fosse océanique la plus profonde, qui sont l'Everest (8,8 km d'altitude) et la fosse des Mariannes (11 km de profondeur) pour un écart total de 19,8 km. Les pôles ne seraient en fait plus proches du centre de la Terre que d'environ 10 km que le fond de la fosse des Mariannes, qui est situé relativement près de l'équateur.

Notons qu'une vingtaine de méthodes, certaines très complexes, ont été imaginées pour calculer le rayon de la terre en tout point de sa surface, mais que toutes demeurent approximatives pour un certain nombre de raisons. Voici donc une équation simplifiée permettant d'estimer approximativement les vitesses de surface en tout point de la surface de la Terre :

$$v = \frac{2\pi [r + 21 \sin(90 - \text{latitude})] \sin(90 - \text{latitude})}{24 \times 60 \times 60}$$

Où r est le rayon polaire de la Terre. La première occurrence de $\sin(90 - \text{latitude})$ garantit que la différence entre le rayon équatorial et le rayon polaire est maximale à l'équateur (21 km) et diminue jusqu'à zéro au pôle (90 degrés de latitude). La deuxième occurrence de $\sin(90 - \text{latitude})$ permet de calculer le rayon approximatif normal à l'axe polaire terrestre à la latitude considérée. La constante 2π permet ensuite de calculer la circonférence moyenne de la Terre à cette latitude, soit la distance que parcourt un lieu situé à ce parallèle en 24 heures. Le diviseur $24 \times 60 \times 60$ donne bien sûr le nombre de secondes en 24 heures.

Par exemple, la vitesse estimée de la ville de Columbus Ohio, qui se trouve très précisément au 40° parallèle, serait la suivante :

$$v = \frac{2\pi [r + 21 \sin(50)] \sin(50)}{24 \times 60 \times 60} = 355 \text{ m/s}$$

ce qui, dans la notation plus familière des km/h, correspond à l'étonnante vitesse de rotation de 1279 km/h ! À titre de comparaison, Nome Alaska, qui se trouve au parallèle 64,5, tourne à seulement 717 km/h !

VIII. Rotations et translations compensées et non compensées

Une distinction claire doit également être faite entre une *rotation ou une translation non compensée induite mécaniquement* et une *rotation ou une translation compensée en*

permanence induite électrostatiquement ou gravitationnellement, tel qu'analysé à la Référence ([5], Section "23.7 Mouvement de translation compensé en permanence").

Les premiers dépenseront progressivement leur énergie de rotation ou de translation selon une courbe exponentielle telle qu'analysé dans le chapitre mentionné, tandis que les seconds maintiendront en permanence leur mouvement car l'énergie dépensée par le changement constant de direction est naturellement et constamment reconstituée par la quantité fixe d'énergie naturellement induite à leur distance stable de rotation ou de translation par la force causale induisant l'énergie appliquée en permanence.

L'effet Barnett appartient par définition à la catégorie des effets mécaniques non compensés, puisque l'énergie nécessaire est fournie artificiellement, donc temporairement.

IX. Conclusion

Mais la question se pose de savoir si des systèmes d'Einstein-de Haas stables et compensés en permanence pourraient naturellement exister, puisque cet effet est induit magnétiquement, compte tenu de l'étendue du champ magnétique du Soleil dans tout le système solaire !

Qu'en est-il de la rotation très stable de la Terre autour de son axe ? Pour commencer, nous savons que le noyau de la Terre est principalement constitué de fer et que, d'une manière générale, toutes les planètes du système solaire qui ont des satellites ont des périodes de rotation plus courtes que leur période de translation autour du Soleil ("jour" plus court que leur "année"), tandis que les planètes sans satellite ont tendance à ne pas tourner ("jour" généralement égal à leur "année"), ce qui signifie qu'elles présentent toujours le même côté en direction de leur primaire, malgré les oscillations locales.

Ainsi, le champ magnétique de la Lune, aussi faible soit-il, pourrait-il être assez puissant pour aligner un nombre suffisant d'électrons dans le noyau terrestre afin de provoquer et de maintenir la rotation stable permanente de la Terre ? Le tandem Terre-Lune pourrait-il être un système géant stable Einstein-de Haas ? Ou bien le champ magnétique du Soleil est-il en jeu ici, ou encore une combinaison des deux ?

L'effet Einstein-de Haas pourrait-il être un facteur dans la rotation de toutes les planètes ayant des satellites ?

Quelle perspective stupéfiante !

Bibliographie

- [1]. Davison, C.J. & Beams, J.W. (1953) *A New Variation of the Rotation-by-Magnetization Method of Measuring Gyromagnetic Ratios*. Rev.Mod.Phys. Vol 25, 246.
<https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.25.246>
- [2]. Barnett, S.J. (1935) *Gyromagnetic and Electron-Inertia Effects*. Rev.Mod.Phys. Vol 7, 129.
<https://journals.aps.org/rmp/abstract/10.1103/RevModPhys.7.129>
- [3]. Resnick, R. & Halliday, D. (1967) *Physics*. John Wiley & Sons, New York.

À PROPOS DES EFFETS EINSTEIN-DE HAAS ET BARNETT

- [4]. Landau, L.D., Lifshitz, E.M. and Pitaevskii, L.P. (2001) *Electrodynamics of Continuous Media*, 2nd Edition, Butterworth-Heinemann
- [5]. Michaud, A. (2004) *Expanded Maxwellian Geometry of Space*, 4th edition, SRP Books.
<https://www.smashwords.com/books/view/163704>
- [6]. Yvette Cauchois. *Atomes, Spectres, Matière*. Éditions Albin Michel, Paris, 1952.
- [7]. Michaud, A. (2013) *On the Magnetostatic Inverse Cube Law and Monopoles*, International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 7, Issue 5 (June 2013), PP.50-66.
<http://www.ijerd.com/paper/vol7-issue5/H0705050066.pdf>
- [8]. Michaud, A. (2007) *Field Equations for Localized Individual Photons and Relativistic Field Equations for Localized Moving Massive Particles*, International IFNA-ANS Journal, No. 2 (28), Vol. 13, 2007, p. 123-140, Kazan State University, Kazan, Russia.
https://www.researchgate.net/publication/282646291_Field_Equations_for_Localized_Photons_and_Relativistic_Field_Equations_for_Localized_Moving_Massive_Particles
- [9]. Michaud, A. (2013) *From Classical to Relativistic Mechanics via Maxwell*, International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 4 (March 2013), PP. 01-10.
(<http://ijerd.com/paper/vol6-issue4/A06040110.swf>).
https://www.researchgate.net/publication/282353551_From_Classical_to_Relativistic_Mechanics_via_Maxwell
- [10]. Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Electron-Positron Pair Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 10 (April 2013), PP. 36-49.
<http://ijerd.com/paper/vol6-issue10/F06103649.pdf>