



HAL
open science

Déflexion gravitationnelle de la lumière dans un espace quadridimensionnel platonicien

Alain Jégat

► **To cite this version:**

Alain Jégat. Déflexion gravitationnelle de la lumière dans un espace quadridimensionnel platonicien. 2019. hal-02397067

HAL Id: hal-02397067

<https://hal.science/hal-02397067v1>

Preprint submitted on 6 Dec 2019

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

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

*DÉFLEXION GRAVITATIONNELLE DE LA LUMIÈRE
DANS UN ESPACE QUADRIDIMENSIONNEL PLATONICIEN*

Alain Jégat

Résumé

La déflexion gravitationnelle de la lumière a été mesurée par de nombreuses expériences, conformément aux attentes de la théorie de la relativité générale.

Dans les articles hal-01739986 et hal-01949616, les recherches menées dans le cadre du modèle quadridimensionnel platonicien ont mis en évidence, successivement, l'équivalence du second postulat de déclinaison quantifiée et de la conservation du moment cinétique ; puis le lien entre la conservation de l'énergie et les variations quantifiées du temps absolu.

Ces effets, tous deux liés à l'onde de phase de De Broglie, peuvent être conjugués et conduisent précisément, de façon quantifiée, à ces résultats expérimentaux relativistes.

*GRAVITATIONAL DEFLECTION OF LIGHT
IN A PLATONICIAN QUADRIDIMENSIONAL SPACE*

Abstract

The gravitational deflection of light has been measured by many experiments, in accordance with the expectations of the theory of general relativity.

In articles hal-01756323 and hal-01970150, the research carried out in the quadridimensional Platonic model framework has successively demonstrated the equivalence of the second quantified declination postulate and the conservation of the absolute angular momentum; and then the link between the conservation of energy and quantified variations of absolute time.

These effects, both related to the De Broglie mass waves, can be conjugated and lead precisely, in a quantified way, to these relativistic experimental results.

Liminaire

Selon la théorie de la relativité générale, la lumière ne se propage pas en ligne droite dans un champ gravitationnel : elle subit une déflexion en passant à proximité de corps massifs.

Ainsi, en passant près du Soleil, la déflexion attendue peut atteindre 1,75 seconde d'arc (en mécanique newtonienne, la déflexion correspondante prévue est égale à la moitié de cette valeur).

Ces résultats peuvent, par exemple, être testés en observant des étoiles proches du Soleil lors d'une éclipse. Les expéditions britanniques à Sobral, au Brésil et sur l'île de Principe en Afrique occidentale, dirigées par Frank Watson Dyson et Arthur Stanley Eddington lors de l'éclipse du 29 Mai 1919, ont ainsi pu confirmer les résultats prévus par la théorie de la relativité générale.

De nombreuses observations ultérieures de la déflexion de la lumière ont confirmé les résultats d'Eddington avec une précision significativement meilleure (l'exactitude de ces premiers résultats fut mise en cause dans les années 1980 par les philosophes des sciences John Earman et Clark Glymour, affirmant que la sélection des données recueillies a été biaisée).

Entre autres, en 1937 l'astronome suisse Fritz Zwicky prévoit que les galaxies peuvent provoquer des effets gravitationnels sur la lumière des sources qu'elles occultent : ces effets de « lentilles gravitationnelles » furent régulièrement confirmés au cours des dernières décennies, après la découverte du premier quasar à image multiple en 1979, du premier arc gravitationnel en 1987 et l'observation d'anneaux d'Einstein (cas particulier de la déformation en forme d'anneau ou d'arc d'une source lumineuse passant à travers une lentille gravitationnelle formée par un corps céleste extrêmement massif).

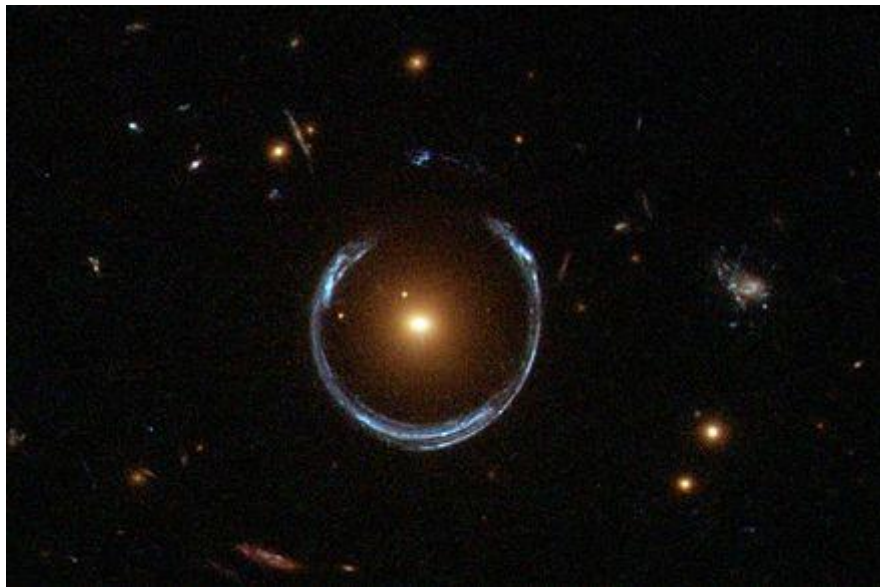


Fig. 1 – Anneau d'Einstein quasi-parfait détecté par le télescope spatial Hubble. L'objet central est la galaxie intermédiaire LRG 3-75. L'alignement entre les deux galaxies est ici tel que l'image de la galaxie d'arrière plan ébauche la forme d'un cercle. (NASA/HST)



Fig. 2 – Cette image, prise avec le télescope spatial Hubble Nasa-ESA, montre un gigantesque amas de galaxies situé à environ 4,6 milliards d'années-lumière. Le long de ses frontières, quatre arcs lumineux sont visibles. Ce sont des copies de la même galaxie lointaine surnommée Arc Sunburst. La galaxie Sunburst Arc est à près de 11 milliards d'années-lumière. Trois arcs sont visibles en haut à droite de l'image, le quatrième en bas à gauche. Le dernier est partiellement masqué par une étoile brillante au premier plan, située dans la Voie lactée. © ESA, Hubble, Nasa, Rivera-Thorsen et al.

L'objet de la présente étude est de montrer que le cadre de la modélisation quadridimensionnelle platonicienne permet de retrouver ces résultats de façon quantifiée, en les reliant aux ondes de phase de De Broglie générées par les corps massifs.

1. Le cadre géométrique

Cette modélisation a pour cadre l'espace platonicien proposé dans les articles intitulés :

« UN MODÈLE PLATONICIEN (EUCLIDIEN-PROJECTIF) POUR LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ RESTREINTE » (pré-publication hal-01081576, version 1).

« A PLATONIC (EUCLIDEAN-PROJECTIVE) MODEL FOR THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY » (pré-publication hal-01165196, version 1).

L'espace quadridimensionnel euclidien est rapporté à un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}, \vec{h})$, dont les axes sont notés (OX) , (OY) , (OZ) , (OW) ; la direction de la projection est celle du vecteur \vec{h} .

Suite aux articles hal-01205805, v1 et hal-01213062, v1, la notion relativiste de la masse d'une particule est décrite ici comme une conséquence de son interaction avec une stratification de l'espace quadridimensionnel platonicien par une suite d'hyperplans $H^{(n)}$ orthogonaux à la direction de la projection \vec{h} , régulièrement espacés d'une distance $\Delta w_0 > 0$.

Cette distance Δw_0 est égale à **la longueur d'onde de Compton** de la particule considérée (par exemple, pour un électron, $\Delta w_e = \frac{h}{m_e c} \approx 2,426.10^{-12}$ m, où m_e désigne la masse au repos de l'électron).

Ces concepts sont détaillés dans les articles Hal ci-dessous :

hal-01081576, v1 : Un modèle platonicien (euclidien-projectif) pour la théorie de la relativité restreinte.

hal-01205805, v1 : Vers une modélisation de l'onde de phase de De Broglie dans un espace quadridimensionnel platonicien.

hal-01213062, v1 : Une idée de la masse d'une particule dans un espace quadridimensionnel platonicien.

hal-01247382, v1 : Une modélisation de l'interféromètre de Michelson - Morley dans un espace quadridimensionnel platonicien.

hal-01333681, v1 : Chocs élastiques frontaux dans un espace quadridimensionnel platonicien.

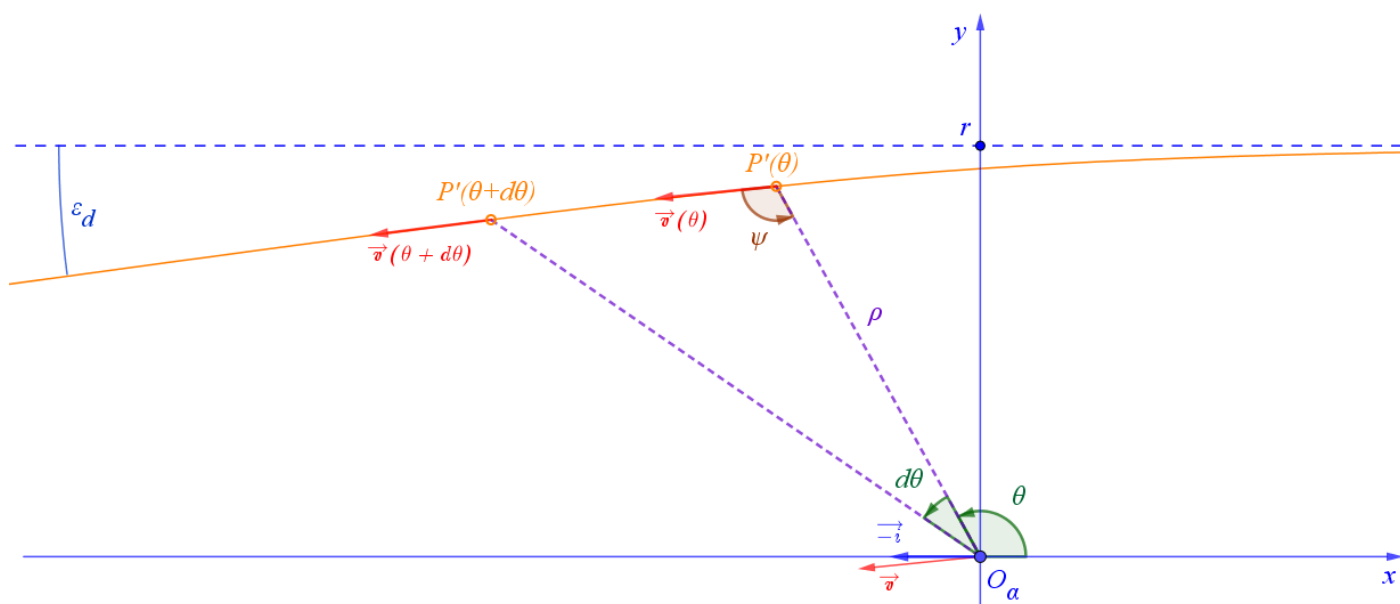
hal-01374546, v1 : Sur la mesure du temps dans un espace quadridimensionnel platonicien.

hal-01577669, v1 : Une approche quantifiée des lois de la gravitation dans un espace quadridimensionnel platonicien.

hal-01739986, v1 : Onde de phase de De Broglie et quantification des orbites képlériennes dans un espace quadridimensionnel platonicien.

hal-01949616, v1 : Une introduction aux variations quantifiées du temps absolu en présence d'un champ gravitationnel dans un espace quadridimensionnel platonicien.

2. Schéma illustrant cette étude : trajectoire du photon observée dans le référentiel R_α



Les observateurs d'un référentiel R_α étudient le mouvement apparent d'un photon P' se déplaçant dans le champ gravitationnel généré par un corps massif C' au repos dans R_α et situé en O_α .

Ces deux objets sont en fait les projections des deux objets correspondants P et C en mouvement dans l'espace platonicien (cf. les articles cités en référence).

En l'absence de ce champ, le photon se déplacerait selon la droite d'équation $y = r$.

Désignons par β_1 et β_2 les mesures des angles formés par les vitesses \vec{v}_1 et \vec{v}_2 de ces deux corps avec les hyperplans d'équations respectives $W = W(P)$ et $W = W(C)$; par ε la mesure de l'angle formé par le vecteur $-\vec{i}$ et la vitesse absolue \vec{v} du photon P' : $\varepsilon = (-\vec{i}, \vec{v})$.

Dans le cas particulier de cette étude, nous avons choisi $\beta_1 = 0$, $\beta_2 = \frac{\pi}{2}$, et la mesure de l'angle ε va varier de $\varepsilon = 0$ (au début de l'observation) à $\varepsilon = \varepsilon_d$ (en fin d'observation).

Les trajectoires de P' et C' ici observées dans le référentiel R_α sont les projections des trajectoires des corps P et C dans l'espace platonicien.

Pour simplifier les calculs, le référentiel d'observation choisi est $R_{\pi/2}$, les trajectoires de P' et C' dans ce référentiel sont dans un plan d'équation $z = z_0$, les axes de $R_{\pi/2}$ sont positionnés de façon à avoir leur origine $O_{\pi/2}$ sur l'axe (OW) et leurs vecteurs directeurs $\vec{i}_{\pi/2}$, $\vec{j}_{\pi/2}$, $\vec{k}_{\pi/2}$ coïncident avec les vecteurs directeurs \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} des axes (OX) , (OY) , (OZ) .

Les axes $(O_{\pi/2}z)$ et (OZ) ne sont pas représentés.

L'objet de cette article est d'estimer la valeur de la déflexion ε_d , à partir des résultats quantifiés exposés dans les articles hal-01739986 et hal-01949616.

3. Modélisation platonicienne de la déflexion gravitationnelle de la lumière

La mesure de la déflexion gravitationnelle de la trajectoire du photon P va être estimée à partir de **la conjugaison de deux phénomènes quantifiés**, liés à l'onde de phase de De Broglie générée par le corps massif C .

- Le premier phénomène est dû au **second postulat de déclinaison quantifiée**, à savoir (cf. l'article hal-01739986, page 5):

« lors de la perception par le corps C_j d'une occurrence de l'onde de phase générée par le corps C_i , la direction du vecteur $\overrightarrow{v_{abs j}}$ est modifiée d'un quantum $\Delta\varepsilon_{i,j}$, indépendant du référentiel d'observation R_α et de la masse au repos du corps considéré, qui a pour valeur:

$$\Delta\varepsilon_{i,j} = \frac{Gh}{c^3 (d_{i,j})^2} \cdot \frac{\sin \psi}{\cos \beta_i + \cos \beta_j} . »$$

Selon l'article hal-01739986 (page 7), **la conservation du moment cinétique** global conduit à :

$$\frac{d\varepsilon}{dT} = \frac{Gh}{c^3 \rho^2} \cdot \frac{1 + \cos \beta_1 \cos \beta_2}{\cos \beta_1 + \cos \beta_2} \cdot \sin \psi \cdot \left[\sum_{i=1}^{i=2} \frac{\sin \beta_i}{\Delta w_{0i} (\sin^2 \beta_i + \cos^2 \beta_i \cos^2 \psi)} \right]$$

et, par ailleurs, les considérations géométriques étudiées dans ce même article (page 10)

montrent que l'on a :

$$\frac{d\theta}{dT} = \frac{\cos \beta_i}{\rho_i} \sin \psi .$$

D'où ici, pour $\beta_1 = 0$ et $\beta_2 = \frac{\pi}{2}$: $\frac{d\varepsilon_1}{dT} = \frac{Gh}{c^3 \rho^2 \Delta w_0} \sin \psi$ et $\frac{d\theta}{dT} = \frac{\sin \psi}{\rho}$.

Ces deux égalités conduisent à : $d\varepsilon_1 = \frac{Gh}{c^3 \rho \Delta w_0} d\theta$. [1]

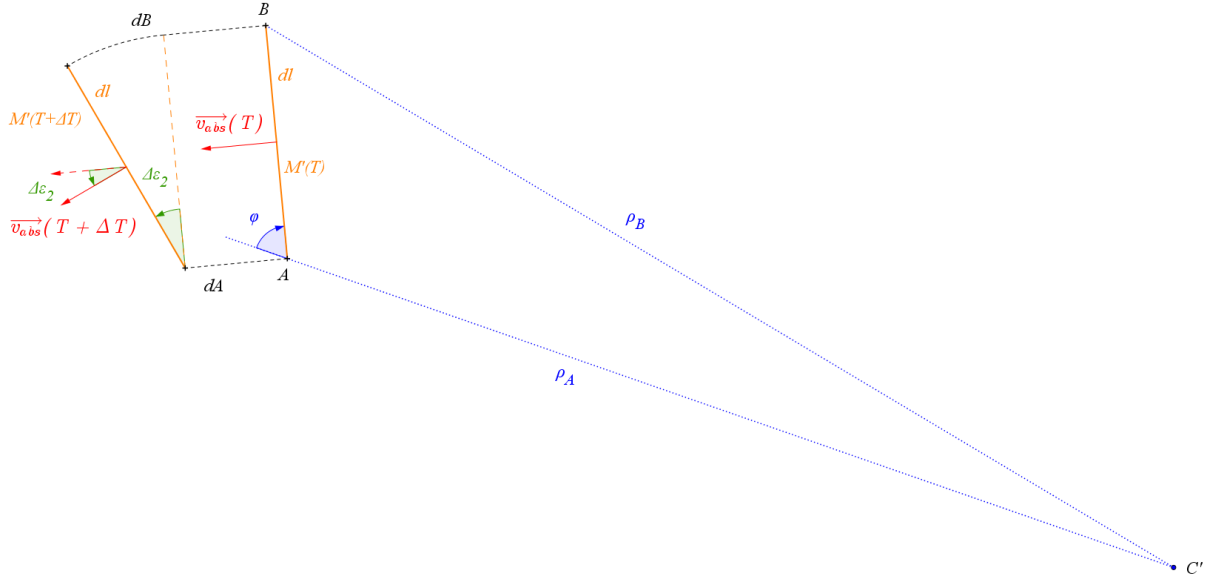
La déflexion étant faible, on a $r \approx \rho \sin \theta$ (cf. schéma du paragraphe 2.).

Ainsi, la relation [1] devient :

$$d\varepsilon_1 = \frac{Gh}{c^3 r \Delta w_0} \sin \theta d\theta .$$
 [1b]

- Le second phénomène est lié à **la conservation de l'énergie du système** et en est une conséquence, exposée dans l'article hal-01949616, à savoir **la variation quantifiée du temps absolu en présence d'un champ gravitationnel**.

Considérons un mobile M' non ponctuel, dont la faible étendue spatiale est égale à dl selon la direction orthogonale à la direction de son déplacement et dont le module de la vitesse absolue est $v_{abs} = \cos \beta_1$:



Selon l'article hal-01949616 on a alors, pour une occurrence de l'onde de phase (en notant ΔT la période de l'onde de phase mesurée dans $R_{\pi/2}$) :

$$dA = \left(\Delta T - \frac{Gh}{c^3 \rho_A} \right) \cos \beta_1 \quad \text{et} \quad dB = \left(\Delta T - \frac{Gh}{c^3 \rho_B} \right) \cos \beta_1.$$

Par ailleurs, l'étendue spatiale dl étant petite devant ρ_A et ρ_B , on peut utiliser l'approximation $\rho_B \approx \rho_A + dl \cos \varphi$.

$$\text{Ce qui conduit à :} \quad dB - dA = \frac{Gh}{c^3} \left(\frac{1}{\rho_A} - \frac{1}{\rho_B} \right) \cos \beta_1 = \frac{Gh}{c^3} \cdot \frac{dl \cos \varphi}{\rho_A \rho_B} \cos \beta_1.$$

En notant $\Delta \varepsilon_2$ la déclinaison quantifiée ainsi générée par cette légère différence de déplacement $dB - dA$, et en notant $\rho = \rho_A \approx \rho_B$, il vient, quelle que soit l'étendue dl petite devant ρ :

$$\Delta \varepsilon_2 = \frac{dB - dA}{dl} = \frac{Gh}{c^3 \rho^2} \cos \varphi \cos \beta_1. \quad [2]$$

$$\text{Par ailleurs, on a } \varphi + \psi = \frac{\pi}{2}, \text{ d'où :} \quad \Delta \varepsilon_2 = \frac{Gh}{c^3 \rho^2} \sin \psi \cos \beta_1. \quad [2b]$$

Pour terminer, on rappelle que la fréquence absolue de l'onde de phase générée par le corps massif C est ici (en m^{-1}) : $v_{abs} = \frac{1}{\Delta w_0}$ (cf. l'article hal-01205805),

$$\text{ce qui entraîne, avec } \frac{d\varepsilon_2}{dT} = v_{abs} \Delta \varepsilon_2 \text{ et [2b] :} \quad \frac{d\varepsilon_2}{dT} = \frac{Gh}{c^3 \rho^2 \Delta w_0} \sin \psi \cos \beta_1 ;$$

et, par conséquent, avec $\frac{d\theta}{dT} = \frac{\sin \psi}{\rho}$ et $r \approx \rho \sin \theta$:

$$d\varepsilon_2 = \frac{Gh}{c^3 \rho^2 \Delta w_0} \cos \beta_1 d\theta, \quad \text{i.e.} \quad d\varepsilon_2 = \frac{Gh}{c^3 r \Delta w_0} \cos \beta_1 \sin \theta d\theta. \quad [2c]$$

- En considérant que le photon observé est un objet non ponctuel, les déflexions différentielles $d\varepsilon_1$ et $d\varepsilon_2$ conduisent ainsi à une **déflexion différentielle totale** $d\varepsilon = d\varepsilon_1 + d\varepsilon_2$ dont la valeur est donnée par (cf. [1b] et [2c], avec $\beta_1 = 0$):

$$d\varepsilon = 2 \frac{Gh}{c^3 r \Delta w_0} \sin \theta d\theta. \quad [3]$$

Par intégration de [3], en faisant varier l'angle θ de 0 à π , on peut ainsi estimer la déflexion ε_d de la trajectoire du photon P lors du passage près du corps massif C :

$$\varepsilon_d = \int_0^\pi 2 \frac{Gh}{c^3 r \Delta w_0} \sin \theta d\theta = 2 \frac{Gh}{c^3 r \Delta w_0} [-\cos \theta]_0^\pi$$

$$\text{i.e.} \quad \varepsilon_d = \frac{4Gh}{c^3 r \Delta w_0} \quad \text{ou, avec} \quad \Delta w_0 = \frac{h}{cM_0} \quad (*): \quad \varepsilon_d = \frac{4GM_0}{c^2 r}.$$

En particulier, pour un photon passant près du soleil, avec $M_0 = 1,989.10^{30} \text{ kg}$ et $r = 6,9551.10^8 \text{ m}$, on retrouve pour déflexion $\varepsilon_d \approx 8,495.10^{-6} \text{ rad}$, **ce qui correspond au résultat mesuré expérimentalement**: $\varepsilon_d \approx 1,75$ seconde d'arc.

(***N.B.**): la masse du corps C est en première approximation égale à la somme des masses des particules élémentaires qui le constituent.

La distance de stratification Δw_0 prise en compte dans les calculs sur la base de la relation $\Delta w_0 = \frac{h}{cM_0}$ est une distance fictive qui permet mathématiquement d'engendrer

les occurrences des ondes de phases correspondant au cumul des occurrences générées par l'ensemble de ces particules.

Pour mémoire, une limite naturelle pour la masse d'une « particule élémentaire » est la masse de Planck, dont la valeur au repos est: $m_p = \sqrt{\frac{hc}{2\pi G}} \approx 2,176.10^{-8} \text{ kg}$ et dont la distance de stratification Δw_{0p} correspondante (i.e. sa longueur d'onde de Compton)

$$\text{est:} \quad \Delta w_{0p} = \lambda_c = \frac{h}{m_p c} = 2\pi \sqrt{\frac{Gh}{2\pi c^3}} = 2\pi l_p \approx 1,015.10^{-34} \text{ m}.$$

4. Conclusion

Les articles hal-01577669 et hal-01739986 proposent une première approche platonicienne quantifiée de la mécanique képlérienne.

Ils créent notamment des liens entre ces lois et les ondes de phase de De Broglie générées par les corps en interaction, par le biais de changements de direction quantifiés de leurs vitesses platoniciennes.

Par l'introduction d'un second postulat de déclinaison quantifiée, l'article hal-01739986 permet en outre une interprétation quantifiée de la conservation du moment cinétique absolu du système considéré.

En complément, un examen comparatif de ces deux articles, centré sur la conservation de l'énergie absolue du système, a conduit à envisager dans l'article hal-01949616 une correction quantifiée du module de la vitesse platonicienne des mobiles soumis à champ de gravitation.

Dans l'espace relativiste platonicien, il est à souligner que ces quanta ont un caractère absolu (ils ne dépendent pas des référentiels d'observation) et sont indépendants des masses au repos des corps considérés.

Ces postulats offrent, dans un cadre relativiste, une approche quantifiée étonnamment correcte des lois classiques de la gravitation appliquées aux orbites képlériennes elliptiques et permettent, en outre, de retrouver rapidement plusieurs résultats proposés par la théorie de la relativité générale et vérifiés expérimentalement (cf. l'article hal-01949616): avance du périhélie des planètes, variations de la mesure du temps dans un satellite en orbite autour de la Terre, redshift gravitationnel, auxquels s'ajoute aujourd'hui une modélisation quantifiée de la déflexion gravitationnelle de la lumière.

Ces nombreux résultats et leur examen peuvent certainement être rapidement affinés et complétés, et les principes retenus méritent, bien sûr, d'être encore enrichis et approfondis.

Toutefois, leur obtention rapide et systématique, par une voie originale et quantifiée semble, à tout le moins, devoir éveiller de nouvelles et nombreuses interrogations ; notamment au sujet des liens profonds que cette modélisation fait apparaître entre les effets quantiques de l'onde de phase de De Broglie et les lois de la gravitation.

5. Références

Einstein Albert (1916), *Relativity: The Special and General Theory*, New York: H. Holt and Company.

L.D. Landau & E.M. Lifshitz *Mechanics (Volume 1 of A Course of Theoretical Physics)* Pergamon Press 1969.

Isaac Newton, Andrew Motte : *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*; CreateSpace Independent Publishing Platform, ISBN-10: 1536887056, ISBN-13: 978-1536887051.

De l'Allégorie de la Caverne à la Relativité Restreinte, Jégat Alain (2014) Les Éditions du Net, ISBN: 978-2-312-02454-7.

Physique quantique et représentation du monde, Erwin Schrödinger ; Seuil ISBN-10: 2020133199, ISBN-13: 978-2020133197.

Richard Feynman, *The Character of Physical Law (Modern Library)* ISBN-13: 978-0679601272, ISBN-10: 0679601279.

Relativité : Fondements et applications ; José-Philippe Pérez ; Dunod ISBN-13: 978-2100043736.

La Mesure du temps, Henri Poincaré dans *La Valeur de la Science*.

Space and Time: Minkowski's papers on relativity - Hermann Minkowski, Vesselin Petkov. Minkowski Institute Press. ISBN-10: 0987987143; ISBN-13: 978-0987987143.

Feynman, R.P. (1970), "The Michelson–Morley experiment (15-3)", *The Feynman Lectures on Physics 1*, Reading: Addison Wesley Longman, ISBN 0-201-02115-3.

Lev Landau et Evgueni Lifchits, *Physique théorique, t. 2 : Théorie des champs*.

Foundations of Space-time Theories. John Earman, Clark N. Glymour, John J. Stachel. University of Minnesota Press. ISBN-13 : 978-0816657520.

F.W. Dyson, A.S. Eddington, and C. Davidson. A determination of the deflection of light by the sun's gravitational field, from observations made at the total eclipse of may 29,1919. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*.

Jean-Paul Caltagirone. *Déflexion gravitationnelle de la lumière en mécanique discrète* . 2016. fahal01422632f.

F. Zwicky, *Nebulae as Gravitational Lenses*, *Physical Review*, 51, 290 (1937).

Evalyn Gates, *Einstein's telescope - The Hunt for Dark Matter and Dark Energy in the Universe*, WW Norton & Co, 2010.

Photos : Einstein et les lentilles gravitationnelles. Pierre Spagnou.

<https://journals.openedition.org/bibnum/694#tocto1n3>

<https://www.futura-sciences.com/sciences/breves/lentille-gravitationnelle-hubble-observe-image-galaxie-reproduite-12-fois-effet-lentille-gravitationnelle-1550/>