

Concordance de l'effet Allais et du résidu d'arc de la Relativité Générale durant l'éclipse solaire

Russell Bagdoo v2

rbagdoo@yahoo.ca

© DÉPÔT SARTEC No 23449 – 31 oct. 2008

Le but de cet article est d'établir une relation entre deux anomalies de gravitation : l'une a attiré une partie de la communauté scientifique, l'effet Allais qui arrive pendant l'éclipse solaire ; l'autre, remarquée mais oubliée, le résidu d'arc de la courbure des rayons lumineux dans le champ gravitationnel solaire durant la même éclipse. Il y a une déviation observée systématiquement d'environ 10 % de plus que la valeur théorique de la Relativité Générale, habituellement attribuée à des difficultés expérimentales plutôt qu'à un défaut de la théorie, et qui coïncide avec « l'effet d'éclipse » trouvé par Maurice Allais. Ces anomalies concordantes n'ont jamais été expliquées par quelque théorie et semblent préfigurer une nouvelle physique de la gravité.

1. INTRODUCTION

Préliminaires :

Nous établissons un lien entre, d'une part, l'effet Allais qui indique une antigravitation pendant l'éclipse solaire totale de 1954, comme si la Lune en s'interposant entre la Terre et le Soleil avait diminué l'attraction solaire, et, d'autre part, les centièmes de seconde d'arc résiduels supplémentaires observés pendant plusieurs expériences sur la courbure de lumière effectuées par éclipse solaire, la moyenne des observations donnant une déviation de 10 % plus large que la valeur théorique de la Relativité Générale.

Dans les deux cas, les anomalies ne furent expliquées ni par la relativité généralisée, ni par les théories alternatives de la gravitation, ni autrement. La tendance générale fut de minimiser ces incertitudes importantes en les attribuant à d'incoercibles difficultés techniques ou à des erreurs expérimentales. Une autre tendance, tout en ne niant pas l'existence des anomalies signalées, pense néanmoins qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter outre mesure de ce que les chiffres et les faits donnés par l'observation soient plus élevés et imprévus que ceux prédits par le calcul et la théorie, car aucune théorie physique ne saurait être vraiment exempte d'insuffisances. Serait-ce donc le fin mot de l'histoire ou insuffisance de la théorie einsteinienne ?

Pour notre part, nous croyons qu'il est possible de projeter une lumière crue sur les insuffisances de la Relativité. Et que la supposée relation entre l'effet Allais et le décalage résiduel observé d'une étoile dont la lumière passe près du Soleil est plus qu'une simple hypothèse et pas moins qu'une conséquence de l'observation durant une éclipse totale. Nous allons tenter de l'établir. Quoi qu'il en soit, la question est posée et ouverte, et il serait antiscientifique et arbitraire de la rejeter d'un revers de la main comme on l'a toujours fait pour les résultats des expériences répétées pendant plusieurs années et de manière rigoureuse du constructeur du pendule « paraconique ».

Einstein ; Courbure de la lumière ; Éclipses :

La présence d'une masse déforme la géométrie à son voisinage, et les rayons lumineux répondent à cette déformation en se courbant d'autant plus qu'ils passent à proximité de cette masse. Par conséquent, la position apparente des étoiles est modifiée quand le Soleil s'approche de la ligne de visée, et les étoiles semblent s'écarter légèrement de leur position normale en l'absence du Soleil [1].

En Relativité Générale, il n'y a plus de « force » ou de « champ » gravitationnel à proprement parler, même si on emploie ces expressions. La représentation du réel est tout autre. Un corps massif perturbe localement l'espace-temps en modifiant sa courbure et les autres corps se déplacent en suivant des géodésiques de cet espace courbe, que leur masse soit nulle, comme dans le cas des photons, ou non [2]. Les premières versions de la théorie d'Einstein prévoient une déviation deux fois plus petite que la version finale. L'appareil mathématique de la théorie est achevé pour l'essentiel en 1916. On trouve, en Relativité Générale, une valeur exactement double de ce que prédit la mécanique newtonienne ou l'approximation de la relativité restreinte : $\alpha = 4 GM_s / c^2 R_s$, soit $\alpha = 1,75$ seconde d'arc. Le calcul donne une déviation de 1,75" pour des lignes de visée rasant le bord du Soleil, tandis que la théorie de Newton ne prévoit que 0,87". Bien sûr, la déviation est d'autant plus petite que la ligne de visée s'écarte du Soleil, et n'est plus que de 0,004" à 90° du Soleil. Quatre célèbres tests observationnels de qualification sont proposés, notamment la déviation des photons au bord solaire (par rapport à un espace euclidien de référence).

En 1919, deux expéditions, dont l'une dirigée par Eddington, furent envoyées dans l'hémisphère austral vers les petites îles de Sobral, situées au nord-est du Brésil, et de Principe dans le golfe de Guinée, pour observer l'éclipse de Soleil du 29 mai. But du voyage : repérer les positions sur le ciel d'un certain nombre d'étoiles proches du disque solaire pendant l'éclipse pour les comparer aux positions mesurées la nuit à six mois d'intervalle, quand le Soleil est très loin de leur champ. Dans la réalité, il est rare qu'on puisse utiliser des étoiles plus proches que deux rayons solaires environ, et la valeur de 1,75" prédite juste au bord du disque est en fait extrapolée à partir des écarts progressivement décroissants observés en fonction de la distance projetée au Soleil. Une douzaine d'étoiles furent étudiées [3]. Ce n'est pas un travail facile, car il faut mesurer sur des plaques photographiques les positions relatives de quelques étoiles visibles au bord du Soleil éclipsé, et les comparer avec un cliché du même champ obtenu, avec le même instrument, quelques mois avant ou après l'éclipse, c'est-à-dire quand le Soleil est assez loin pour que la perturbation par rapport à un espace euclidien soit négligeable. La précision nécessaire pour ces mesures est de l'ordre du centième de millimètre. Eddington put annoncer à la *Royal Astronomical Society* que les clichés de l'île du Prince décelaient une déviation de $1,61'' \pm 0,31''$ au bord solaire ; ceux de Sobral donnaient $1,98'' \pm 0,12''$. Cette annonce spectaculaire contribua fortement à porter les théories einsteiniennes à l'attention du public dans les années 1920 [4].

Depuis cette époque, de nombreuses tentatives ont été faites pour recommencer la vérification, toujours avec un succès non décisif, car la manipulation est délicate : le Soleil chauffe les miroirs, les lentilles, l'air des tubes de lunettes. La moyenne des observations faites pendant plusieurs éclipses de Soleil donne un chiffre de 1,97 seconde d'arc pour la déviation. Ce chiffre est certainement en faveur de la Relativité et il est considéré comme l'une des preuves de la théorie. Néanmoins, ce chiffre donné par l'observation est plus élevé que le chiffre prédit par le calcul et dans une proportion supérieure aux erreurs expérimentales [5].

L'effet Allais ; Une expérience d'une grande précision :

Dans le courant des années 1950, Maurice Allais s'intéresse à l'influence des champs gravifiques et magnétiques sur le mouvement d'un pendule de sa fabrication : le pendule paraconique. Au cours de ses expériences, il détecte des régularités inexplicables de périodicité lunisolaire (24h50). En effectuant des mesures optiques de visées sur mire, il détecte des régularités de même périodicité. Par ailleurs, lors de deux éclipses solaires, l'une en 1954 et l'autre en 1959, il détecte une déviation exceptionnelle du mouvement du pendule [6, 27]. Cette anomalie est baptisée effet Allais.

Le chercheur décida de refaire l'expérience avec toute la rigueur que lui offrait la technique contemporaine, parce que les physiciens qui refirent l'expérience à la suite de Foucault ne retrouvèrent pas la même régularité dans l'ellipse très aplatie décrite par la pointe du pendule. Ils avaient conclu à l'imperfection de leurs instruments. Le professeur Allais choisit un niveau souterrain de l'Institut sidérurgique de recherches à Saint-Germain-en-Laye. Une cage de béton et d'acier y fut construite pour réduire à l'extrême toute possibilité de vibration étrangère. Le pendule reposait sur une bille d'acier roulant sur un plan d'acier rigoureusement horizontal (ce plan, fondu en carbure de tungstène, fut, pour plus de précision, changé plusieurs fois au cours de certaines séries d'expériences) [7]. Sept séries d'expériences se succédèrent : trente-deux jours en juin et juillet 1954, neuf en septembre 1954, trente-sept en novembre et décembre de la même année et, en 1955, sept, quinze, trente et dix-sept jours.

L'oscillation du pendule utilisé par M. Allais ne se fait donc pas autour d'un point fixe, puisque la bille, en dépit de l'absolue horizontalité du support, roule quand même. Ce pendule ne répondant pas à la définition courante – il ne décrit pas un cône engendré par une ligne qui passe par un point fixe –, M. Allais l'a qualifié de paraconique. La « lecture » de ses mouvements est fort précise. La petite ellipse décrite par le plan d'oscillation de la pointe est repérée par une lunette tournant le long d'un cercle gradué pourvu d'un vernier. Toutes les vingt minutes, pour plus de sécurité, le pendule était arrêté à la verticale, puis retendu. Il y avait donc 72 séries d'expériences par vingt-quatre heures. La courbe moyenne des azimuts observés à la fin de chaque expérience de 14 minutes correspond à l'effet Foucault [8].

La plupart des expériences de ce genre ont été tentées avec d'autres sortes de pendules ou avec le pendule de Foucault qui donne des effets spectaculaires. Même s'ils sont proches, il y a des différences essentielles entre le pendule de Foucault et le pendule paraconique à support anisotrope. Le pendule paraconique est court, peut tourner sur lui-même, a été observé sans discontinuité, alors que le pendule de Foucault est long, lié au fil qui le soutient et n'a jamais été observé sans discontinuité pour les expériences antérieures. Bien que des difficultés soient inhérentes à un pendule Allais court et que son mouvement soit un phénomène complexe, difficile à analyser, tant que l'oscillation du pendule reste plane, le déplacement en azimut du plan d'oscillation du pendule se réduit à l'effet de Foucault. Les expériences du pendule paraconique à support anisotrope incluent totalement l'effet de Foucault.

Et que constata M. Allais ? Qu'il existait des périodes régulières dans les courbes décrites par son appareil, les unes de vingt-quatre heures, ce qui est la durée du jour solaire, les autres de vingt-quatre heures et cinquante minutes, ce qui est la durée du jour sidéral. Mais voici le plus troublant : le pendule étant en activité pendant l'éclipse solaire du 30 juin 1954, M. Allais nota qu'à l'instant précis où le bord du disque lunaire entamait celui du Soleil, le plan d'oscillation du pendule avait brusquement varié, et de façon très forte, pour

ne reprendre sa position de départ qu'à la fin de l'éclipse. Comme si la Lune, en s'interposant entre la Terre et le Soleil, avait diminué l'attraction solaire.

Le pendule paraconique à support anisotrope a cette particularité de pouvoir relever brusquement le plan de l'oscillation lorsqu'il y a une forte perturbation. La déviation du plan par rapport au plan correspondant à l'effet de Foucault, au maximum vingt minutes avant le plus fort de l'éclipse, a entraîné des augmentations de vitesses angulaires correspondant aux variations rapides d'azimut observées. Dans son ouvrage *L'Anisotropie de l'Espace* [8], qui est consacré à l'analyse de l'effet d'éclipse dans un contexte plus général, M. Allais cite : « *On peut enfin remarquer que les variations rapides d'azimut observées de 11 h. 20 mn. à 12 h. et de 12 h. 20 mn. à 13 h. correspondent à des vitesses angulaires de l'ordre de $0,62 \cdot 10^{-4}$ et $0,79 \cdot 10^{-4}$ radian par seconde soit respectivement 1,13 et 1,43 fois l'effet de Foucault (soit $0,55 \cdot 10^{-4}$ radian par seconde à la latitude du laboratoire de Saint-Germain). Les forces mises en jeu dans les perturbations constatées sont donc de l'ordre de grandeur de celles qui interviennent dans l'effet de Foucault.* »

Cette déviation due à l'éclipse est interprétée comme une sorte d'antigravitation. Alors que pour les autres pendules (avec un support non libre) l'antigravitation se manifestera par un changement de sens de rotation du plan d'oscillation et une vitesse angulaire de rotation plus petite (tel le pendule à torsion de Saxl et Allen en 1970 [9] qui aboutit aux mêmes conclusions que M. Allais), elle se manifestera dans le cas du pendule paraconique par une vitesse angulaire plus grande dans le cadre d'un plan dévié.

L'effet d'éclipse a été de nouveau observé lors de l'éclipse de Soleil du 2 octobre 1959. Ultérieurement, à l'Université de Jassy (Roumanie), pendant l'éclipse de Soleil du 15 février 1961, une déviation brusque du plan d'oscillation d'un pendule de Foucault a été observée. Le pendule avait oscillé dans le même plan jusqu'au moment de la déviation, [6, 7]. Une autre expérience concernant l'effet d'éclipse a été réalisée à Mexico lors de l'éclipse du 11 juillet 1991 [8]. Après le maximum de l'éclipse, une décroissance de la vitesse de rotation du plan d'oscillation a été observée. Lors de l'éclipse totale de Soleil du 11 août 1999, l'effet Allais a été étudié à Bucarest, en utilisant deux pendules de Foucault. À l'occasion de l'éclipse, NASA (National Aeronautics and Space Administration) a proposé un programme d'observation de l'effet. Plusieurs universités et laboratoires du monde ont participé à ce programme, coordonné par le Dr. David Noever. En même temps le phénomène a reçu la dénomination d'« effet Allais »[10].

L'objet de cet article est de montrer qu'il y a un lien entre l'effet Allais et l'anomalie des résidus d'arc de la Relativité Générale durant les éclipses solaires totales. Nous ne tiendrons pas compte des régularités inexplicables de périodicité lunisolaire découvertes par M. Allais pour ne parler que de la brusque perturbation imprévue de l'effet de Foucault survenue lors de l'éclipse de Soleil du 30 juin 1954 où la Lune en s'interposant entre la Terre et le Soleil avait « allégé » le pendule, avait agi à la façon d'un écran contre la gravitation. Nous effectuerons le calcul peu orthodoxe qui va suivre en traitant le pendule paraconique comme s'il était un pendule simple.

2. TRAITEMENT MATHÉMATIQUE

Accélération gravitationnelle lors de la perturbation due à l'éclipse :

Pour un pendule simple à Paris avec un support anisotropique libre, le temps de cette perturbation due à l'éclipse serait :

$$T = 2 \pi (l/g)^{1/2}, \quad (1)$$

(l = longueur ; accélération gravitationnelle g à Paris = 9,8094 m/s²).

Un tour complet du plan d'oscillation autour de la verticale s'effectue à Paris (49°N) dans le temps :

$$T = 2 \pi / (w \sin \theta) = 24h / (w \sin 49^\circ) = 31,8 \text{ h.} \quad (2)$$

Comme le plan d'oscillation s'est relevé de 13,5 degrés ($360^\circ + 13,5^\circ = 373,5^\circ$) avec l'éclipse, on applique la règle de trois pour trouver le temps que prendrait le pendule à Paris pour effectuer le tour complet du plan d'oscillation autour de la verticale. Si $360^\circ = 31,8$ heures, $373,5^\circ = 32,9925$ h. Le temps serait prolongé de $32,9925 - 31,8 = 1,1925$ h ou 71,55 mn.

Cela voudrait dire que, avec l'anomalie due à l'éclipse (augmentation de 13,5°), si $360^\circ = 31,8$ h, $373,5^\circ = 32,9935$ h.

Temps à Paris avec anomalie = $(32,9935 / 31,8)$ temps normal à Paris = 1,0375 $T_{\text{Paris-normal}}$.

La longueur l de la formule (1) demeurant la même, l'accélération gravitationnelle causée par l'éclipse sera :

$$\frac{4 \pi^2 l}{T_{\text{Paris avec anomalie}}^2} = \frac{4 \pi^2 T_{\text{Paris}}^2 g_{\text{Paris}}}{4 \pi^2 (1,0375)^2 T_{\text{Paris}}^2} = \frac{g_{\text{Paris}}}{1,0375^2} = 9,8094 = 9,4548 \text{ m/s}^2. \quad (3)$$

On constate une baisse de l'accélération gravitationnelle (9,4548 m/s² via 9,8094 m/s²) [11].

Une baisse d'accélération gravitationnelle équivaut à une portée de rayon newtonien plus longue. Nous savons que 9,8094 m/s² équivaut au rayon terrestre $6,3776 \times 10^6$ m :

$$R_T = (G M_T / g)^{1/2} = (G 5,98 \times 10^{24} \text{ kg} / 9,8094 \text{ m/s}^2)^{1/2} \quad (4)$$

Trouvons le rayon terrestre équivalent à une accélération gravitationnelle de 9,4548 m/s² :

$$R_T = (G M_T / g)^{1/2} = (G 5,98 \times 10^{24} \text{ kg} / 9,4548 \text{ m/s}^2)^{1/2} = 6,49608 \times 10^6 \text{ m.} \quad (5)$$

Le rayon est plus long de : $6,49608 \times 10^6 \text{ m} - 6,3776 \times 10^6 \text{ m} = 118481 \text{ m}$.

Ce qui suppose lors de la perturbation due à l'éclipse un rayon terrestre additionné de 118,481 km pour une accélération gravitationnelle de 9,4548 m/s² à 49°N (Paris).

Parallaxe :

D'autre part, on définit la parallaxe d'un astre l'angle sous lequel un observateur, placé au centre de cet astre, verrait le rayon terrestre. L'angle de la parallaxe horizontale du Soleil permet de déduire, par un calcul très simple, la distance du Soleil à la Terre [12]. Pendant le

moment de l'éclipse totale, nous supposons que le centre solaire est la position apparente théorique de l'étoile dont la lumière passe près du Soleil.

Soient S le centre du Soleil et l'angle AST la parallaxe horizontale du Soleil (fig. 1).

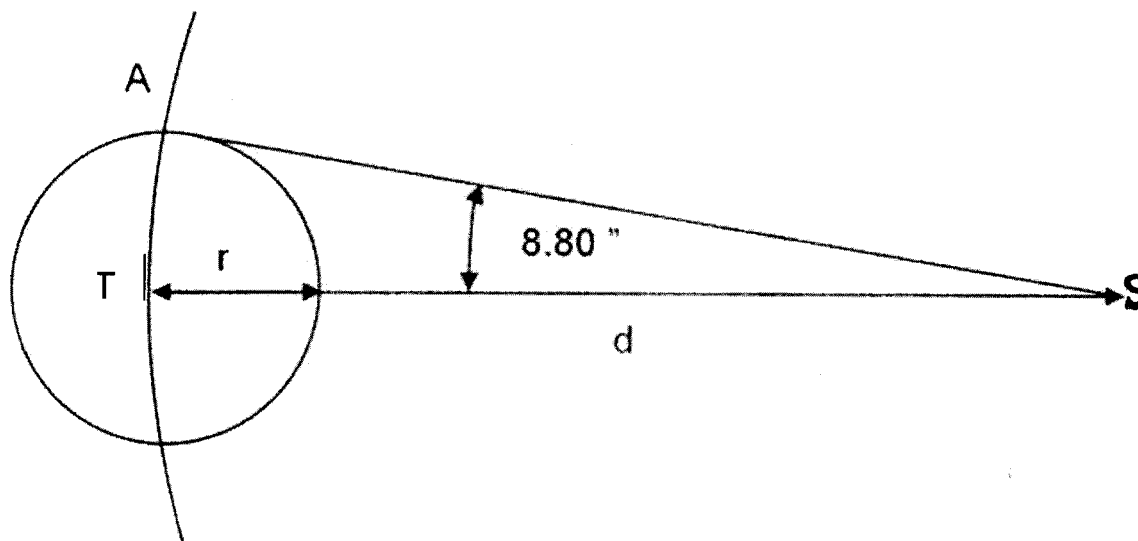


fig. 1

En raison de la petitesse de cet angle, on peut confondre, sans erreur sensible, le rayon équatorial terrestre r avec l'arc AT de $8,80''$ (d'après la valeur adoptée par la *Conférence internationale des étoiles fondamentales* tenue à Paris en 1896, la parallaxe horizontale moyenne du Soleil est de $8,80''$), faisant partie d'une circonférence qui aurait pour centre celui du Soleil S et pour rayon la longueur d , distance moyenne des deux centres. La longueur de l'arc AT , par rapport à la circonférence entière, est donnée par la proportion :

$$\frac{\text{arc } AT}{2\pi d} = \frac{8,80''}{360^\circ} = \frac{r}{2\pi R_{S-T}} = \frac{6,3776 \times 10^6 \text{ m}}{2\pi 1,495 \times 10^{11} \text{ m}} = 6,789 \times 10^{-6}. \quad (6)$$

L'arc AT , ou l'angle de parallaxe $8,80''$, équivaut au rayon terrestre $6,3776 \times 10^6 \text{ m}$, et à une accélération gravitationnelle de $9,8094 \text{ m/s}^2$ [$g = G M_T / R_T^2$]. Pour l'accélération gravitationnelle $9,4548 \text{ m/s}^2$ au moment fort de l'éclipse qui procure un rayon mesurant $6,49608 \times 10^6 \text{ m}$, on obtiendra l'angle de parallaxe $8,9634''$ (si $6,3776 \times 10^6 \text{ m} = 8,80''$ et $6,49608 \times 10^6 \text{ m} = x$; $x = 8,9634''$). L'angle varierait de $0,1634''$ ($8,9634'' - 8,80''$).

Si on renverse la parallaxe comme si la Terre était le centre et que le rayon du Soleil formait un arc sur la circonférence ayant la distance Terre-Soleil comme rayon, on retrouve la même circonférence avec un excès d'arc. Le point p est la position apparente théorique de l'étoile, c'est-à-dire le point d'approche minimum à partir duquel l'observateur terrestre situe l'image de l'étoile dans le prolongement des rayons qu'il reçoit (fig. 2). Si nous plaçons $0,1634''$ au point p d'approche minimum du Soleil, la distance minimale d'approche d du centre du Soleil, légèrement supérieure au rayon du Soleil R_s , serait dépassée. Le point p passerait à p' , repoussant vers l'extérieur la droite formant la trajectoire « déviée » de photons, élargissant ainsi l'angle qu'elle fait avec la trajectoire « non déviée » de photons émis par l'étoile lointaine.

La petite augmentation de longueur d'arc de p vers p' , soit l'angle $Gp'A$, constitue une déviation d'environ 10 % de la valeur calculée par la Relativité. Nous estimons qu'elle est en correspondance satisfaisante avec le résidu d'arc vérifié lors d'expériences d'éclipses totales sur les positions apparentes d'étoiles dont la lumière frôle le Soleil.

Valeur calculée par la théorie de la Relativité :

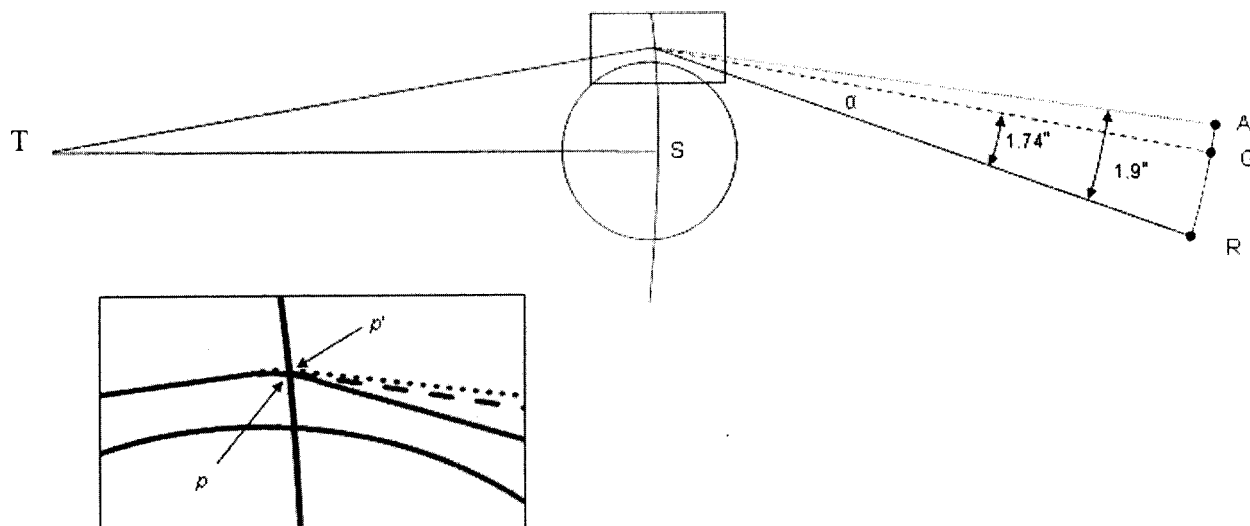


fig. 2

(*T : Terre ; S : Soleil ; R : position vraie de l'étoile ; G : position apparente de l'étoile en accord avec la Relativité Générale dont l'angle calculé RpG de déviation des rayons lumineux est de 1,74" ; A : observations réelles de l'étoile apparente durant les éclipses solaires totales dont l'angle observé $Rp'A$ est d'environ 1,9 seconde d'arc. La différence angulaire $Gp'A$ coïncide étrangement avec la brutale perturbation du pendule Allais lors de l'éclipse solaire totale.*)

La valeur calculée par la théorie de la Relativité de l'angle de déviation de la lumière par le Soleil est [13] :

$$\Delta = 2\alpha = 4GM_s / c^2R_s. \quad (7)$$

(*G est la constante de la gravitation universelle, c est la vitesse de la lumière, R_s est le rayon du Soleil.*)

$$\begin{aligned} 4GM_s / c^2R_s &= 4 G \ 1,98 \times 10^{30} \text{ kg} / (c^2 \sim 6,9535 \times 10^8 \text{ m}) \\ &= 8,4475 \times 10^{-6} \text{ rad} \times 57^\circ 295 \times 3600'' = \sim 1,7424''. \end{aligned} \quad (8)$$

2α indique un effet prévu deux fois plus grand que la loi de Newton, ce qui est un immense progrès. Le facteur 2 trouve son origine dans l'existence d'une courbure temporelle et « spatiale » dans la métrique de Schwarzschild qui représente l'espace-temps autour du Soleil. Il permet d'éprouver l'existence d'une déviation de la lumière par les masses et de trancher entre théorie newtonnienne et théorie einsteinienne.

Valeur calculée par la théorie de la Relativité en considérant l'effet Allais :

La valeur calculée par la théorie de la Relativité ne prévoit ni n'explique les centièmes de seconde d'arc résiduels supplémentaires observés pendant plusieurs expériences sur la courbure de lumière effectuées par éclipse solaire. Pas plus qu'elle ne prévoit ou n'explique l'effet Allais durant l'éclipse solaire totale de 1954 où la Lune interposée entre Terre et Soleil aurait diminué l'attraction solaire.

Le calcul (6) aboutissant à 0,1634 seconde d'arc part d'une brusque perturbation sur le pendule Allais due à l'éclipse totale qui révèle une baisse d'accélération gravitationnelle et par conséquent une longueur plus éloignée du centre attractif terrestre. Cette longueur ajoutée, projetée à l'aide du calcul des parallaxes sur la circonférence ayant pour diamètre les centres du Soleil et de la Terre, équivaut en longueur d'arc au résidu d'arc observé lors d'expériences d'éclipses solaires totales pour déterminer la courbure de la lumière engendrée par la masse solaire. Les deux phénomènes observés, qui n'arrivent simultanément qu'en temps d'éclipse et qui sont du même ordre de grandeur, seraient dus à une même cause : l'antigravitation provoquée par l'éclipse.

Si on tient compte de la perturbation Allais et du résidu observé durant une éclipse totale du Soleil, il faudra considérer à partir de la théorie de la relativité que le point p d'approche minimum du Soleil est élargi vers l'extérieur et ajouter $\Delta\alpha$, le résidu d'arc découlant de l'antigravitation, à l'angle de déviation 2α . D'un point de vue *ad hoc*, purement observationnel, et seulement durant les éclipses, la formule einsteinienne pourrait ainsi s'écrire :

$$2\alpha + \Delta\alpha = [4GM_s / c^2R_s] + \Delta\alpha = 1,7424'' + 0,1634'' = \sim 1,90588''. \quad (9)$$

L'angle ne correspond plus à la valeur calculée par la théorie de la Relativité Générale, mais plutôt à la moyenne des observations qui donne une déviation de 10 % plus large que la valeur théorique ($1,74'' + (1,74'' \times 10\%) = \sim 1,916''$) [14].

Soulignons que la plupart des expériences d'éclipse ont recueilli des résultats variant entre 1,6" et 2,2". Des expérimentateurs ont trouvé des résultats en deçà de 1,74" (entre 1,74" et 1,6"), comme s'il y avait une sorte de surgravité analogue à l'effet Pioneer. Dans ce cas l'équation deviendrait :

$$2\alpha - \Delta\alpha = [4GM_s / c^2R_s] - \Delta\alpha = 1,7424'' - \Delta\alpha, \quad (10)$$

$\Delta\alpha$ étant un bout d'arc qui part de p vers le centre du Soleil et qui exprime une gravité supplémentaire due à l'éclipse.

La formule de la Relativité Générale durant éclipse totale pourrait donc être :

$$2\alpha \pm \Delta\alpha = [4GM_s / c^2R_s] \pm \Delta\alpha. \quad (11)$$

Les trois formules *ad hoc* (9-10-11), bien que conformes à l'observation, demeurent pourtant profondément déficientes, pour ne pas dire erronées.

Discussion :

Selon la Relativité Générale, un rayon lumineux passant au voisinage d'un corps céleste subit une déviation dans la direction du potentiel de gravitation décroissant, donc tournée du côté du corps céleste lui-même, déviation de grandeur $2\alpha = 4GM_s / c^2 R_s$. On suppose que la vitesse de la lumière, donnée par

$$ds^2 = g_{uv} dx_u dx_v = 0, \quad (12)$$

égale 0, et que $g_{44} / 2$, qui joue le rôle de potentiel de gravitation déterminant le mouvement du point matériel dans un champ de gravitation postulé quasi statique, ne varie pas [13]. En temps normal, sans éclipse, les expériences interférométriques ont pratiquement validé cette formule dans laquelle α et d sont inversement proportionnels à l'intérieur du point p (fig. 2 et fig. 3). Avec une courbure des rayons plus accentuée, l'angle de déflexion α devrait être d'autant plus large que la distance minimale d'approche d du centre du Soleil se rapproche de la longueur du rayon solaire. Inverse pour une courbure moindre.

Or en temps d'éclipse, notre calcul à partir de la perturbation gravitationnelle captée par le pendule donne une distance d allongée, ainsi qu'un angle 2α élargi. Ils sont proportionnels, ce qui semble incompréhensible. En plaçant 0,1634 seconde d'arc au point p , la distance minimale d'approche d du centre du Soleil, légèrement supérieure au rayon du Soleil R_s , est dépassée. Le point p passant à p' repousse vers l'extérieur la droite formant la trajectoire « déviée » de photons, élargissant ainsi l'angle qu'elle fait avec la trajectoire « non déviée » de photons émis par l'étoile lointaine. Ce qui rend la formule inexplicable tout en signifiant une antigravitation [14, 15].

En supposant que le pendule ait capté un excès de gravité, le calcul aurait donné une distance d plus courte qui correspond à un angle 2α plus petit, c'est-à-dire qui va vers 1,6 seconde d'arc déjà observé lors d'expérience d'éclipse. Ici aussi la distance d serait proportionnelle à l'angle 2α .

Force est de constater que la grandeur observée d en temps d'éclipse n'est pas la même que la valeur théorique en temps normal et est en moyenne plus grande. On peut supposer que la vitesse de la lumière *n'égale plus 0* (12) et que le potentiel de gravitation varie [13]. Avec l'effet Allais de l'éclipse en 1954, un rayon lumineux passant au voisinage d'un corps céleste aurait subi une déviation dans la direction du potentiel de gravitation croissant, tournant ainsi dos au corps céleste. Les g_{uv} auraient variés de façon inopinée. Il y aurait eu, en plus d'une concavité tournée vers le soleil, ce qui signifie que les rayons lumineux s'incurvent par rapport au système de coordonnées, une minime concavité tournée vers l'extérieur, ce qui indique que les rayons lumineux « décurvent ». Il semble qu'à partir du point p allant vers p' , la courbure de l'espace autour d'une grosse masse tel le Soleil décroisse et qu'une particule (planète ou photon) soit comme sollicitée selon les lois newtoniennes. Comme si le potentiel gravitationnel $GM_s / R_s = c^2$ devait être plus grand durant une éclipse totale avec effet Allais. Comme si c^2 devenu v^2 indiquait une antigravitation, ce qui signifie une masse grave M_s moindre et une « décourbure » croissante au-delà du point p .

À coup sûr il y a anomalie. La proportionnalité subite de l'angle α et de la distance d durant l'éclipse signifie un changement fondamental dans l'interprétation de l'expression GM_s / c^2 .

Le facteur $(2\alpha + \Delta\alpha)$ joue un rôle tout aussi essentiel que 2α dans les tests de la Relativité Générale et ne peut que déborder sur une conception nouvelle de la gravité.

Formule remaniée de la Relativité Générale durant les éclipses solaires avec potentiel antigravitationnel :

Comme il a été dit, selon la Relativité Générale, la lumière émise d'une source loin du Soleil et passant près de lui devrait théoriquement avoir une déviation de 1,74 seconde d'arc (7, 8). L'angle α est d'autant plus grand que la distance d est courte. Plus d se rapproche du rayon solaire R_s , plus la lumière se courbe.

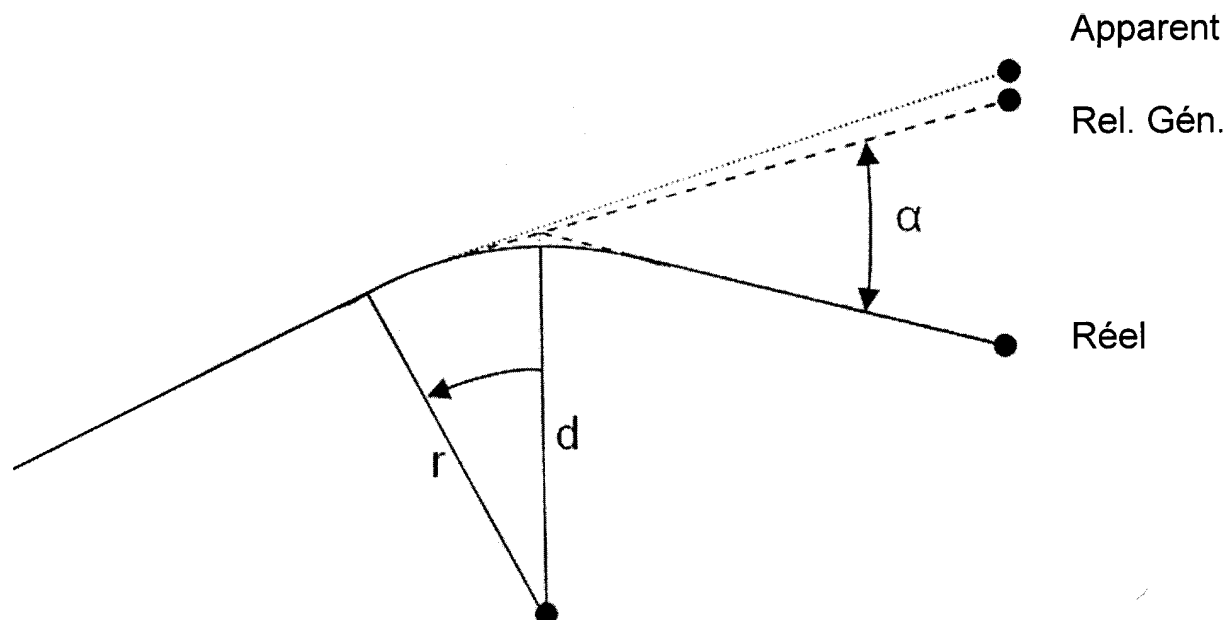


fig. 3

(d est la distance de plus courte approche du rayon lumineux à la masse M_s du Soleil et sa longueur est très légèrement supérieure au rayon du Soleil R_s)

Pendant l'éclipse solaire totale, l'angle d'observation est plus élevé que l'angle théorique, et la distance d devrait être plus longue s'il existe un lien réel entre l'éclipse et une gravité terrestre diminuée, détectée par le pendule. Ainsi, si α et d sont plus grands et que la vitesse de la lumière demeure la même, la masse solaire devrait être plus élevée. Cela semble impossible, à moins qu'il n'y ait un ajout de masse négative ($-\Delta M_s$) agissant comme une masse apparemment positive. Avec d plus long, la trajectoire du rayon de lumière diverge. La formule devrait alors être :

$$\alpha = 4GM_s (1 + v^2/c^2)^{1/2} / (c^2 R_s) \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{ob} = 1,90588'' &= 4 G 1,98 \times 10^{30} (1 + v^2/c^2)^{1/2} \times 57^\circ,29578 \times 60' \times 60'' / (c^2 \times 6,9535 \times 10^8) \\ 1,90588'' / 1,7424'' &= (1 + v^2/c^2)^{1/2} = 1,09382461 \\ v &= \sim 1.3287 \times 10^8 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

La Lune joue le rôle d'une masse négative induisant une antigravitation. Et v^2 de $(1 + v^2 / c^2)^{1/2}$ est un potentiel antigravitationnel.

3. MESURE D'ÉCLIPSE ET MESURE PAR RADIO INTERFÉROMÉTRIE

On voit par la valeur des chiffres que l'anomalie Allais est en relation avec le décalage observé d'une étoile dont la lumière passe près du Soleil. Dans les deux cas, les anomalies surviennent au moment d'éclipses totales de Soleil.

Notons d'une part qu'aujourd'hui la mesure de ces déviations est faite par radio interférométrie [15, 1, 16]. Un des avantages de cette technique est qu'elle peut être faite chaque année, par opposition aux mesures d'éclipse, qui sont recueillies sporadiquement et dans des lieux inhospitaliers. Le développement des méthodes interférométriques a permis de vérifier de façon très précise les prédictions d'Einstein et d'imposer de fortes limites aux déviations possibles de la Relativité Générale.

D'autre part, il est étrange que depuis 1919, alors que les meilleures observations faites par Eddington favorisant la valeur prédite par la Relativité Générale s'accordaient avec cette valeur à environ 20 % près, la mesure de près de quatre cents étoiles au cours de différentes éclipses n'ait pas permis d'améliorer la précision de cette méthode. Cela porta les scientifiques à conclure que la mesure de la déviation des rayons lumineux faite par radio interférométrie avec une précision de 0,05 plus efficace confirmait la valeur indiquée par la Relativité Générale, permettant ainsi de s'affranchir des éclipses et de mettre fin à l'histoire.

Nous concluons, au contraire, que cela confirme plutôt qu'il y a une différence essentielle et intrinsèque entre les mesures observées durant éclipse et celles observées sans éclipse. Notre interprétation est que les deux anomalies sont issues d'un même phénomène révélant une antigravitation. Le pendule paraconique, dont le plan d'oscillation est libre de tourner de tous les côtés à la fois, semble indiquer que plus la déviation du plan d'oscillation (par rapport au plan correspondant à l'effet Foucault) est augmentée en degré, plus le plan dévié échappe à la gravitation. En somme, la Lune, s'étant interposée entre la Terre et le Soleil, aurait *allégé* le pendule, et donc la Terre. Dans le cadre de la Relativité Générale l'excès d'arc signifierait qu'il y a une « décourbure », ou une géodésique observée plus éloignée du Soleil que la géodésique théorique.

4. DEUX MANIÈRES DE VÉRIFIER

D'autres pourront l'attribuer à une « surgravité », analogue à l'effet Pioneer. Bien que les expériences d'observation soient difficiles, la technologie moderne peut comparer des résultats d'expérience pendant une éclipse totale avec ceux sans éclipse. Le retard des signaux passant près d'une masse peut être aussi bien mesuré que les angles de la géométrie déformée, puisque la durée allongée du trajet d'un rayon lumineux est directement associée à la courbure prononcée de l'espace-temps au voisinage du Soleil. Deux expériences permettent donc de déterminer s'il s'agit de « surgravitation » ou d'antigravitation.

Mesurer l'angle de déviation de la lumière :

On pourrait prendre la mesure de la déviation des rayons lumineux près du Soleil en utilisant l'interférométrie radio sur des quasars. Depuis quelques décennies, l'effet de déviation des trajectoires électromagnétiques par un champ de gravitation est vérifié à l'aide des quasars 3C273 et 3C279. Les quasars sont, par définition, les sources par excellence d'énergie radio. Les positions de ces deux radiosources proches l'une de l'autre sont connues avec précision et

bien placées pour vérifier la déviation d'énergie de radio par le Soleil. Le 8 octobre de chaque année, le mouvement de la Terre en orbite apporte le Soleil dans la ligne avec 3C279, l'éclipsant. Selon la prédiction d'Einstein, 3C279 disparaît légèrement plus tard et réapparaît légèrement plus tôt sur le côté éloigné du Soleil. Le placement commode de 3C373 donne un point de référence aux radioastronomes pour voir comment la position apparente de 3C279 est changée quand il est près du bord du Soleil. Advenant qu'une photographie de ces quasars puisse être prise pendant une éclipse totale de Soleil, sa comparaison avec une photographie prise un 8 octobre, alors que 3C279 est occulté par le Soleil, permettrait de voir dans le ciel les différences d'angularité essentielles [1, 16, 17].

Mesurer le retard des signaux :

En utilisant les techniques radar très précises, on pourrait mesurer le retard des signaux passant près du Soleil durant une éclipse totale et le comparer au délai obtenu sans éclipse. Une impulsion radar est envoyée depuis la Terre sur une cible du système solaire (une planète, par exemple) qui réfléchit ce signal radio et le renvoie sur Terre. La durée du parcours aller-retour (Terre-Planète-Terre) effectué par l'onde radio a une valeur un peu plus grande d'après la Relativité Générale que d'après la théorie de Newton. La différence est d'autant plus grande que le signal passe plus près du Soleil. Les premières expériences utilisaient des échos radar sur les planètes Vénus ou Mercure en conjonction supérieure avec le Soleil : l'onde radio traverse, dans ce cas, le champ de gravitation solaire à l'aller et au retour. Le retard relativiste est d'environ 200 μs . Il a été mesuré à 20 % près. Des expériences ultérieures ont utilisé des échos radar sur les sondes spatiales Mariner VI et VII qui ont été placées sur des orbites solaires après leurs observations de Mars, en 1969. La mesure du retard ou délai (en anglais : *time-delay*) relativiste, effectuée en 1970, a fourni la valeur attendue de 200 μs et, cette fois, à 3 % près. La durée d'un signal radar durant l'éclipse devrait avoir une valeur un peu plus courte qu'une durée sans éclipse, et ce délai avancé irait dans le sens d'une « antigravité ». Advenant un délai plus retardé durant éclipse, cela signifierait une « surgravité » analogue à un effet Pioneer [16,17].

5. CONSÉQUENCES COSMOLOGIQUES POSSIBLES

Avant de qualifier l'effet Allais d'artéfact ou de confusion entre anomalie significative et erreurs d'observation, et de trop hasardeux les calculs le mettant en relation avec l'anomalie non résolue des résidus d'arc lors des éclipses totales, une réflexion profonde s'impose ainsi qu'un sens aigu d'esprit critique. Advenant la réalité antigravitationnelle de cet effet apparemment minime, et la justesse de cette relation [18, 19], il y aurait plusieurs conséquences possibles. Nous en mentionnerons trois très significatives.

Si l'effet Allais est réel, la gravité serait attractive et répulsive:

La Relativité Générale, basée sur le principe d'équivalence, est une extension de la Relativité Restreinte et de la gravitation newtonienne, mais même si elle déborde de simplicité et d'élégance, cela ne signifie nullement que la théorie est en accord avec des observations récentes, tels l'effet Pioneer, l'anomalie de l'unité astronomique, les courbes de rotation des galaxies, etc. [20, 21]. Si l'effet Allais est réel, on ne pourra désormais plus considérer la gravitation comme une simple courbure de l'espace-temps ou une force seulement attractive. Une antigravitation avérée la hisserait au rang des autres forces qui ont à la fois un aspect attractif et répulsif. Il serait alors possible de décrire la gravité dans le cadre de la théorie des champs quantiques comme les autres forces fondamentales.

L'effet Allais à l'échelle cosmologique s'appliquerait aux lentilles gravitationnelles et à la distribution de matière :

Si l'effet d'éclipse Allais peut s'appliquer à la courbure de la lumière mesurée pendant une éclipse totale du Soleil, il y a d'accablantes présomptions pour qu'il existe aussi sur diverses échelles cosmologiques. L'aspect « antigravité » de cet effet pourrait se manifester partout dans le cosmos où les éclipses sont associées à la lumière qui suit les chemins courbés de l'espace déformé par la présence de matière, et affecter ainsi l'optique gravitationnelle qui observe les mirages gravitationnels.

Einstein, ainsi qu'Eddington, avaient vite saisi les conséquences possibles du déplacement des positions des étoiles. Un observateur situé à un millier d'unités astronomiques du Soleil obtient un diamètre angulaire inférieur à 1,75 seconde d'arc et peut voir deux images de l'étoile d'arrière-plan, et même un anneau lumineux complet, appelé anneau d'Einstein, si l'étoile, le Soleil et l'observateur sont parfaitement alignés. Les mesures d'Eddington en 1919 ont été en fait le premier effet de « lentille gravitationnelle » et la première occasion d'observer un mirage gravitationnel.

La Relativité Générale d'Einstein démontre que la présence d'une grande masse déforme localement l'espace-temps et courbe le chemin de lumière. Les objets dont la densité de masse est supérieure à une valeur critique, comme les galaxies lointaines et les amas de galaxies, non seulement déforment et multiplient les images d'objets plus lointains, mais ils concentrent et amplifient aussi leur lumière, à la manière d'une lentille optique. Ainsi, un objet très massif, comme un groupe de galaxies, agit comme une lentille de gravitation (le déflecteur). Lorsque le front d'ondes lumineuses émises par une galaxie lointaine (la source) rencontre cet objet, il se déforme ou même se brise en plusieurs fronts. L'observateur, selon sa position, verra une ou plusieurs images en forme d'anneau ou d'arc.

La déviation de la lumière est aujourd'hui d'une importance considérable en astrophysique pour l'étude des distributions de matière. Dans les années 1980, les astronomes se sont rendu compte que la combinaison ordinateurs-détecteurs CCD sur télescopes optiques permettait à la luminosité de millions d'étoiles d'être mesurée chaque nuit. Les microlentilles gravitationnelles peuvent fournir des informations sur de petits objets astronomiques, comme Machos dans notre galaxie propre, ou des planètes extrasolaires. Des amas de galaxies de premier plan forment des lentilles gravitationnelles fortes ou faibles qui peuvent sonder les galaxies très éloignées derrière eux, évaluer la quantité et la distribution de la masse visible, déterminer la matière sombre invisible, mesurer la taille de l'Univers et connaître l'histoire de son expansion à travers le temps depuis le Big Bang [22, 2, 3].

Cela dit, n'y aurait-il pas un effet Allais d'éclipse si un objet massif suffisamment visible ou invisible se déplaçait entre la Terre et le déflecteur, ou entre le déflecteur et la source ? Si un objet massif passait entre la Terre, la lentille gravitationnelle et la source, et que les données pouvaient être comparées, avant, pendant et après cette éclipse, ne pourrait-on pas détecter un arc résiduel excessif de l'angle optique, en raison d'un effet Allais antigravitationnel ? Un angle divergent ne se distinguerait-il pas par une image un peu différente, par un peu moins de brillance que prévu par la Relativité ? Vue de l'observateur (la Terre), l'image ne serait-elle pas amplifiée, déformée ou multipliée par la lentille, d'une façon quelque peu différente, selon la position de l'astre faisant une occultation par rapport à la masse déflectrice et à la source ?

L'effet Einstein, en situation d'éclipse, devrait alors montrer un changement légèrement inférieur des lignes spectrales vers le rouge (*blueshift*). Si l'effet Allais est réel, il devrait s'ajouter à l'effet de lentille gravitationnelle pour étudier les galaxies lointaines et la distribution de masse aux échelles cosmologiques. L'interprétation de la gravité deviendrait différente.

La perturbation de l'éclipse plutôt que la friction des marées ; L'éclipse passe du banc des témoins au banc des inculpés :

Le temps universel et la longueur de jour seraient soumis à des variations non seulement en raison des marées, de la circulation atmosphérique, des effets internes, mais aussi à cause de l'effet d'éclipse Allais. La recherche moderne montre que la rotation de la Terre a ralenti d'une quantité fractionnaire pendant les 4 000 ans antérieurs. L'accélération de l'orbite de la Lune serait associée avec la décélération de la rotation de la Terre.

On présume que la Lune sur son orbite subit un effet accélérant vers l'extérieur causé par la friction de marées lunaire et solaire qui ralentissent la rotation de la Terre. Comme la Terre tourne sur son axe, elle subit la friction des marées imposées par l'attraction gravitationnelle de la Lune et, dans une mesure moindre, du Soleil. Cette accélération séculaire transfère progressivement le moment angulaire de la Terre vers la Lune. Comme la Terre perd de l'énergie et ralentit, la Lune gagne cette énergie et sa période orbitale, ainsi que sa distance à la Terre, augmentent. Les mesures effectuées au-delà des quarante dernières années indiquent que l'orbite de la Lune s'éloigne de la Terre à raison de 4 cm par an.

C'est sur la base des alignements Lune-Terre au moment des éclipses antiques qu'il fut possible de conclure que – comme une tendance – la rotation de la Terre ralentit. Parce qu'un certain nombre d'éclipses antiques ont été colligées, des chercheurs contemporains ont été capables de déterminer que la longueur du jour dans le passé était un peu plus courte que la longueur du jour actuel (86 400 secondes). Il semble que pendant les 4 000 années précédentes la longueur du jour soit progressivement devenue plus longue, et l'on en déduit que la longueur toujours croissante du jour pourrait être attribuée à la rotation décélérée de la Terre. L'allongement remarqué de la longueur du jour, soit un changement du taux de rotation de $-0,0018$ seconde/siècle, à travers quatre millénaires s'avère avoir accumulé en fin de compte une augmentation totale de $+0,07$ seconde. Cet accroissement de la longueur du jour actuel de $+0,07$ seconde par rapport aux jours antiques d'il y a 4 000 ans signifie que le taux de rotation de la Terre a ralenti de $-0,0018$ seconde par siècle. Bien que l'indication que la longueur du jour a augmenté d'un total de seulement 0,07 seconde pendant les 4 000 ans antérieurs en paraisse minime, elle est pourtant significative ; l'accumulation de jours plus longs, produit par une rotation diminuante, provoque, au bout de millénaires, un changement sensible [23, 24, 25].

On a suggéré que le phénomène de la marée océanique était la cause du ralentissement du mouvement de rotation de la Terre. La vague de marée soulevant les eaux des océans se déplace en sens inverse de la rotation de la Terre ; elle produit ainsi un frottement qui freine la rotation. En même temps, la Lune subit une action contraire à celle de la marée et s'éloigne constamment de la Terre. Cependant les choses semblent plus compliquées qu'on ne l'a supposé. La composante verticale de la force de la théorie statique de Newton ne produit qu'une perturbation insignifiante. La composante horizontale de la force de la théorie dynamique produit des effets plus imposants sur les masses liquides, mais l'influence du frottement océanique ne peut être considérée que dans les régions de faible profondeur et de fortes marées, ce qui est l'exception plutôt que la règle. De plus, les marées atmosphériques

en résonance avec la période de rotation actuelle tendent à accélérer la rotation et à compenser le freinage dû aux marées océaniques. Aucune conclusion absolue ne peut donc être formulée et il se pourrait que cette théorie ne contribue que très partiellement à notre compréhension du ralentissement de la Terre [5, 26, 27].

Notre hypothèse est que ce ralentissement aurait été avant tout causé par les perturbations des éclipses historiques plutôt que par le frottement des marées sur les bas-fonds marins ou dans les détroits. À cet égard nous suggérons d'examiner en profondeur l'effet d'éclipse Allais [28, 29]. Il révèle que les mécanismes d'« antigravitation » pourraient provoquer des « sauts cosmologiques » et des « sauts de seconde cosmologique » (différents des « sauts de seconde » qui sont les secondes intercalaires comblant l'écart entre la seconde de la rotation terrestre et celle de l'horloge atomique) et être ainsi la cause principale du ralentissement de la rotation la Terre et, corrélativement, de l'éloignement de la Lune. Les éclipses solaires totales répertoriées furent toujours les seuls « témoins » historiques du changement de taux non uniforme de la rotation de la Terre et de la longueur du jour. Plus que témoin des changements dans le comportement dynamique de la Terre, l'éclipse pourrait aussi être désignée comme le *coupable* potentiel si les registres d'éclipse et l'effet d'éclipse Allais étaient scientifiquement scrutés. L'éclipse pourrait donc avoir agi tel un pyromane qui, après avoir allumé une longue série d'incendies, les a signalés diligemment chaque fois aux autorités qui se sont empressées de l'utiliser comme unique témoin à charge contre de possibles suspects.

6. CONCLUSION

L'histoire semble vouloir se répéter. Lorsque la théorie de la Relativité Générale prédit pour la déviation d'un rayon lumineux frôlant le Soleil une distance angulaire de 1,74 seconde, soit exactement le double de ce que prédisait la théorie de Newton, la valeur précise de la déviation devint une question de principe qui devait permettre de choisir entre les deux théories, c'est-à-dire entre deux conceptions physiques de l'Univers. La Relativité l'emporta. Aujourd'hui, l'effet Allais et l'anomalie du résidu d'arc lors des éclipses totales portent à croire que ce n'était pas le fin mot de l'histoire. Le chiffre observé de 1,97 seconde d'arc pour la déviation, considéré jusqu'ici comme l'une des preuves de la Relativité Générale, est la moyenne des observations faites pendant huit éclipses entre 1919 et 1960. Or ce nombre est plus élevé que celui prédit par le calcul et dans une proportion supérieure aux erreurs expérimentales. Et, comme nous avons tenté de le démontrer, l'excès d'arc inexplicable de ces expériences serait en concomitance et en concordance avec la brusque déviation du plan d'oscillation du pendule Allais par rapport au plan correspondant à l'effet de Foucault. Nous n'hésitons pas à affirmer que ces expériences confirmées et ces chiffres recueillis remettent en cause l'interprétation de la Relativité Générale et interrogent une fois de plus notre conception de l'Univers.

RÉFÉRENCES

1. Alain Bouquet, *L'Univers de la Gravitation*, Science & Vie, N° 205, Hors Série, p. 86-87 (déc. 1998).
2. Dominique Proust, Christian Vanderriest, *Les galaxies et la structure de l'Univers*, Édition du Seuil, p. 232-237 (1997).
3. Laurent Nottale, *L'Univers et la Lumière*, Champs Flammarion, p. 188, 190-206 (1994).
4. Paul Couderc, *La Relativité*, Que sais-je ? Presses universitaires de France, p. 110 (1969).
5. Ernest J. Öpik, *Initiation à l'astronomie*, Petite Bibliothèque Payot, p. 66-67, 25-29, 39-40, 43-44 (1960).
6. Wikipédia, *Effet Allais*, http://fr.wikipedia.org/wiki/effet_allais.
7. Science du Monde, *La Gravité*, Librairie Jules Tallandier et Nelson Doubleday, Inc., p. 36-37 (1969).
8. Maurice Allais, *L'Anisotropie de l'Espace*, Edition Clément Juglar, p. 91, 164, 171-175 (1997).
9. Erwin J. Saxl, Mildred Allen, *1970 Solar Eclipse as 'Seen' by a Torsion Pendulum*, Physical Review D, Vol. 3 N° 4 (1971).
10. I. Mihaila, N. Marcov, V. Pambuccian, M. Agop, *Observation de l'effet Allais lors de l'éclipse de Soleil du 11 août 1999*, Proceeding of the Romanian Academy, Series A, Vol. 4, N° 1 (2003).
11. Resnick-Halliday, *Mécanique*, Édition du renouveau pédagogique, p. 362, 16-3 N°6 (1979).
12. Abbé H. Simard, *Cours élémentaire de Cosmographie*, Laflamme et Proulx, p. 114-119 (1916).
13. Françoise Balabar, *Albert Einstein, physique, philosophie, politique*, Édition du Seuil, p. 326-7, 356-9, 363-5 (2002).
14. J.-M. Rocard, *Newton et la Relativité*, Que sais-je ? p. 104-5 (1986).
15. Gianni Pascoli, *La Gravitation*, Que sais-je ? Presses universitaires de France, p. 44-45 (1986).
16. Clifford M. Will, *Was Einstein Right?* Basic Books, Inc., Publishers, p. 72-80, 82-86 (1986).
17. Stamatia Mavridès, *La Relativité*, Que sais-je ? Presses universitaires de France, p. 118-120 (1988).

18. Henry Aujard, *The Allais Effect is real !* 21st century Science & Technology, Vol. 14, N° 2, p. 70 (2001), <http://www.21stcenturysciencetech.com>.
19. **Chris P. Duif, *A review of conventional explanations of anomalous observations during solar eclipses*, arXiv:gr-qc/0408023v5, (2004).**
20. **Alexander Unzicker, *Why do we Still Believe in Newton's Law ? Facts, Myths and Methods in Gravitational Physics*, arXiv:gr-qc/0702009v7, p. 17 (2008).**
21. Xavier E. Amador, *Review on possible Gravitational Anomalies*, arXiv: gr-qc/0604069 v1 (2006).
22. Jean-Paul Kneib, *L'Univers de la Gravitation*, Science & Vie, N° 205, Hors Série, p. 126 (déc. 1998).
23. **Duncan Steel, *Eclipse*, Headline Book Publishing, p. 141-152 (1999).**
24. Fred Espenak, *Eclipse Predictions*, <http://Eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse>.
25. Paul Couderc, *Les Éclipses*, Que sais-je ? Presses universitaires de France, p. 94-5, 106 (1971).
26. Jacques Bouteloup, *Vagues, marées, courants marins*, Que sais-je ? Presses universitaires de France, p. 61-64 (1968).
27. J. Rouch, *Les Marées*, Payot, Paris, Bibliothèque Scientifique, p. 70, 214-216 (1961).
28. Thomas J. Goodey, *The shearing Hypothesis and the Allais Eclipse Effect*, www.flyingkettle.com/allais/eclipses.htm (2008).
29. Ed Oberg, *Location of the Allais Effect on the Earth's Surface : A Hypothetical Field Model, Note 2* (2007), www.iasoberg.com/datafiles/final.pdf.