

Théorie moderne de l’Ether-Théorie Quantique des Variables Absolues (v2)

Par Thierry DELORT
(Aout 2022)
(9 Aout)

This book, *Théorie Moderne de l’Ether-Théorie Quantique des Variables Absolues*, written in French, exposes 2 fundamental theories in Physics.

The first theory, *THEORIE MODERNE DE L’ETHER* (Modern Theory of Ether) is the theory that is the most complete theory of Ether ever published, including fields of General Relativity and Astrophysics. The interest of this theory is firstly to prove that it exists an alternative theory to Special Relativity, General Relativity and Standard Cosmological Model (SCM, based on General Relativity) in order to interpret all observations linked to those last 3 theories, and secondly that this alternative theory does not contain the failure of those 3 theories. Thus the Modern Theory of Ether exposed in this book can interpret the observation of phenomena linked to quantum intrication (with transmission of information at a velocity superior to c), mass of neutrinos (Despite that it implies that their helicity is not the same in all inertial frames, which is contrary to the Standard Model of Particles), and in Cosmology the Modern Theory of Ether interprets dark matter, dark energy, the Cosmic Microwave Background rest frame. For instance dark matter is interpreted as being the substance that was called Ether before Relativity. Contrary to General Relativity, the Modern Theory of Ether is compatible with the equations of Quantum Physics. The physical basis of the exposed Modern Theory of Ether are widely different than the physical basis of Special, General Relativity, and SCM, and the mathematical frame of the new theory is also much simpler than the mathematical frame of the 3 previous classical theories. This theory has been partially published in some articles in the reviews *Physics Essays*, *International Journal of Physics and Applied Physics Research* (v10n5,2018), author Thierry DELORT, but those articles contain some errors and are less complete than in this book.

The 2nd theory, *THEORIE QUANTIQUE DES VARIABLES ABSOLUES* (Quantum Theory of Absolute Variables), is a quantum theory as general as the classical quantum theory, but more coherent, for instance interpreting in a new way the Schrodinger’s Cat Paradox. Also the interest of this theory is firstly to propose an alternative theory to Classical Quantum Theory, with the same mathematical frame but not using the concept of Observable, that is a fundamental concept in Classical Quantum Theory, and secondly to avoid failures of Classical Quantum Theory of the same kind as Schrodinger’s Cat Paradox..

Note au lecteur :

Ce livre, Théorie moderne de l'Ether-Théorie Quantique des Variables Absolues, est inclus dans le livre Théories d'or 10^e édition, auteur Thierry DELORT, publié aux éditions Books on Demand, PARIS.

A \mathcal{N} . de N.

Remerciements :

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé, par leur aide logistique ou morale, ou par leurs conseils, en particulier :

Ma chère mère Marie-Claude Delort, pour son soutien indéfectible et constant, Pr E. Panarella, Editeur Physics Essays, mon frère Jean-Yves Delort, Docteur Paris VI (Jussieu), pour toute l'aide logistique qu'il m'a apportée, mes chers grands-parents Simone et Alfred Bonnamy, Pr M. Duffy, qui m'a invité à la conférence PIRT 2004 (Londres), mon père Francis Delort †2008(ECP61).

Je remercie également mes professeurs , notamment J.D Bloch (Math-sup Louis le Grand,math), Mr Réverchon(Math-Spé Louis le Grand,physique), Mr Vaquez (Terminale, Lycée Robespierre, Arras, physique), MMs Bonifet, Le Sann, Jouve (1^{ière}, 2^{nde}, Lycée Stanislas, Montréal, Math, Math, Physique), Mr Paul Deheuvels (Proviseur Lycée Louis le Grand (1981)), Mme Duval (5^{ième} 3^{ième}, Collège Emile Verarhren, Saint-Cloud (Math)),Mr Grimm (Ancien directeur ECP (1987)), Mr Martin, (directeur des études ECP 2^{ième} année(1987)).

Je remercie aussi mon frère Jacques Delort (X83),Mr Charles-Michel Marle (X53), mon ami Arnaud Sergent (HEC86), Benjamin Enriquez (X83), ma sœur Sophie Delort et mon oncle Jean-Marc Bonnamy (X54) pour les coups de main qu'ils m'ont donnés.

Théorie moderne de l'Ether-Théorie Quantique des Variables Absolues (version 2)

A.THEORIE MODERNE DE L'ETHER.

B.THEORIE QUANTIQUE DES VARIABLES ABSOLUES.

TABLE DES MATIERES

I.PRESENTATION DE L'OUVRAGE.	P7
II.PRESENTATION DE CHACUNE DES THEORIES	P7
A.La Théorie moderne de l'Ether.	P7
B.La Théorie Quantique des variables absolues.	P12
III.LES THEORIES	P14
THEORIE MODERNE DE L'ETHER.	P15
TABLE DES MATIERES	P16
<i>1^{ier} article : Théorie de l'Ether</i>	P19
<i>2^{ième} article : Applications de la théorie de l'Ether</i>	P33
<i>3^{ième} article : Compléments de la théorie de l'Ether</i>	P37
<i>4^{ième} article : Théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre</i>	P39
<i>5^{ième} article : Théorie de l'ether avec gravitation</i>	P84
<i>6^{ième} article : Suite de la théorie de l'Ether</i>	P123
THEORIE QUANTIQUE DES VARIABLES ABSOLUES.	P131
TABLE DES MATIERES	P132

I. PRESENTATION DE L'OUVRAGE.

Vers la fin de mes études supérieures scientifiques, en 1987, après des classes préparatoires au Lycée Louis-le-Grand et dans ma dernière année à l'Ecole Centrale, à la suite de la lecture d'un livre sur le centenaire d'Einstein et la Relativité, j'ai eu la conviction que la Relativité Restreinte présentait une faille dans ses bases en dépit d'une évidente excellente validité mathématique de prédiction, en même temps que m'apparaissait une conception nouvelle et extrêmement attrayante de la nature du temps.

Mes études terminées j'ai pu, à la suite de certaines circonstances, consacrer une grande partie de mon temps à des recherches, et en particulier à développer la théorie liée à la Théorie de la Relativité que j'avais entrevue lors de la fin de mes études. Après la lecture d'un livre qui exposait le fameux Paradoxe du chat de Schrodinger, j'ai eu la même impression que celle concernant la Théorie de la Relativité, c'est-à-dire que, dans sa conception actuelle, la Physique Quantique était insatisfaisante, et j'ai essayé d'élaborer une nouvelle approche en évitant les points très discutables et insatisfaisants de la Physique Quantique actuelle.

J'ai eu de la difficulté à publier mes travaux pour différentes raisons, mais j'ai cependant pu publier divers articles notamment dans la revue *Physics Essays* entre 2000 et 2007, à la conférence *Physical Interpretation of Relativity Theory* en 2004, dans la revue *International Journal of Physics* en 2015 ainsi que dans la revue *Applied Physics Essays* (v10n5,2018). Cependant, excepté le dernier article, ces articles n'étaient pas bien rédigés et de plus contenaient ce qui s'est révélé être des erreurs théoriques importantes, notamment en astrophysique.

Dans ce livre, Théorie moderne de l'Ether-Théorie Quantique des Variables Absolues, je présente donc 2 théories.

Même si les 2 théories que je présente sont révolutionnaires sous bien des aspects, je n'ai pu les élaborer qu'en utilisant les travaux de chercheurs, connus ou inconnus qui m'ont précédé. J'ai aussi bénéficié de l'enseignement excellent de certains professeurs lors de mes études primaires et secondaires, et du soutien moral et logistique de nombreux membres de ma famille proche, et des aides de diverses natures d'autres personnes, dans la rédaction de ce livre (Voir « Remerciements »).

Dans la partie II. suivante, je rappellerai le contexte historique scientifique dans lequel chaque théorie a été obtenue.

II. PRESENTATION DE CHACUNE DES THEORIES.

A. Théorie moderne de l'Ether.

Depuis l'aube des temps, des hommes et des femmes se sont posés la question : Quelle est notre place, la place de notre terre, dans l'Univers.

La terre nous semblant immobile, la réponse la plus simple et la plus naturelle était que celle-ci soit le centre de l'Univers et que les étoiles, les planètes et le soleil tournent autour d'elles. Cette réponse a été admise par la philosophie et la science (à l'époque elles n'étaient pas différenciées) pendant de très nombreux siècles, et alors la conception de l'Univers était un système géocentrique c'est-à-dire dans lequel la terre était le centre de l'Univers. Cependant certains physiciens-philosophes isolés, comme par exemple Aristarque de Samos (-310,-230) ont proposé des systèmes héliocentriques dans lesquels le soleil était le centre de l'Univers.

Puis ce modèle géocentrique a été remis en cause par Copernic (1473-1543) qui proposa à nouveau un système héliocentrique, dans lequel la terre et les planètes tournaient sur elles-mêmes et autour du soleil. A partir de cette époque, on abandonna très rapidement le modèle géocentrique. Galilée (1564-1642) proposa un concept révolutionnaire de Référentiels, les Référentiels en translation rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres. On appela par la suite ces Référentiels *Référentiels Galiléens*. Puis le célèbre physicien Anglais Newton (1642-1727) proposa les lois de l'attraction universelle, qui lui permirent de justifier théoriquement les observations du physicien Allemand Kepler (1574-1630) sur la trajectoire des planètes, elliptique avec le soleil pour foyer. D'après les lois

de Newton, la gravitation s'exprimait de la même façon dans tout Référentiel Galiléen. Ceci était dû à la loi fondamentale de la dynamique qu'il avait trouvée, c'est-à-dire que la somme des forces s'exerçant sur un système était égale à sa masse multipliée par l'accélération de son centre d'inertie. Elle s'exprimait donc sous la forme :

$$\sum \mathbf{F} = \frac{d}{dt}(m\mathbf{v}) \quad (1)$$

Puis on fit de nouvelles découvertes, notamment en électromagnétisme qui étudiait l'ensemble des phénomènes liés aux charges électriques, immobiles ou en mouvement, et en particulier l'électricité. Un physicien Ecossais, Maxwell (1831-1879) rassembla les lois de l'électromagnétisme sous la forme d'équations connues sous le nom d'*équations de Maxwell*.

Dans la nouvelle conception de notre Univers, qui n'était ni géocentrique ni héliocentrique puisque le soleil n'était pas considéré comme le centre de l'Univers, la plupart des physiciens croyaient cependant à l'existence d'un Référentiel absolu, appelé Ether, rempli de matière immobile, dans lequel se propageaient la lumière et les ondes électromagnétiques.

Cependant des physiciens Américains, Michelson (1852-1931) et Morley (1838-1923) réalisèrent en 1887 une expérience supposée permettre de déceler la vitesse de la terre par rapport à l'Ether, dont le résultat donna une vitesse nulle. Cette expérience, appelée expérience de Michelson et qui eut une importance décisive, utilisait un interféromètre permettant de comparer la vitesse de 2 rayons lumineux ayant emprunté des chemins différents.

Pendant ce temps, Lorentz (1853-1928), physicien Hollandais, proposa un nouveau type de Référentiel, appelé Référentiel de Lorentz, nécessaire pour que les équations de Maxwell puissent s'écrire de la même façon dans tout Référentiel Galiléen. De plus et pour la même raison, Lorentz proposa que la masse d'une particule en mouvement augmente avec la vitesse et devienne $m/(1-v^2/c^2)^{1/2}$ la masse étant animée de la vitesse v . Enfin Lorentz émit l'hypothèse pour expliquer le résultat de l'expérience de Michelson et Morley qu'une règle en mouvement dans l'Ether se contracte dans le sens de son mouvement d'un facteur $C(v) = (1-v^2/c^2)^{1/2}$. Il proposa une théorie de l'électron avec cette nouvelle masse et cette contraction en accord avec l'observation.

Puis Einstein proposa en 1905 une interprétation plus simple de ces phénomènes, en introduisant un nouveau Principe, appelé Principe de la Relativité, qui exprimait que les lois physiques s'exprimaient de la même façon dans tout Référentiel inertiel (ceux-ci correspondant aux Référentiels Galiléens dans la Relativité). On appela Relativité Restreinte la théorie bâtie sur ce Principe de Relativité. La constance de la vitesse de la lumière pouvant être considérée comme une loi physique, une conséquence de ce Principe de Relativité était que dans tout Référentiel inertiel, la vitesse de la lumière était constante et avait la même valeur c . Ceci expliquait donc le résultat négatif de l'expérience de Michelson et Morley qu'on a évoqué plus haut. Une conséquence de cette vitesse constante de la lumière était que les transformations entre les Référentiels inertiels devaient être les transformations de Lorentz. De plus, une autre conséquence du Principe de Relativité était que la Loi fondamentale de la dynamique exprimée dans les Référentiels inertiels, devait être obtenue en remplaçant dans la Loi de la dynamique de Newton (C'est-à-dire l'équation (1)), la masse m par la masse $m/C(v)$, c'est-à-dire exactement la masse proposée par Lorentz. On peut montrer qu'une conséquence de cette loi modifiée est que l'énergie d'une particule animée d'une vitesse v dans un Référentiel inertiel est $E = mc^2/C(v)$, qui donne la célèbre équation $E = mc^2$ dans le cas où $v=0$.

Puisque tous les Référentiels inertiels étaient complètement équivalents, le concept de Référentiel Absolu, c'est-à-dire le concept d'Ether devenait alors inutile et il fut totalement abandonné par l'ensemble des physiciens. Toute la physique se développa dans le cadre du Principe de Relativité, et Einstein généralisa sa théorie lorsqu'il y avait de la gravitation en découvrant la Relativité Générale. C'est sur cette Théorie de la Relativité Générale que fut développée la Cosmologie actuelle. En accord avec le Principe de Relativité cependant, dans cette Cosmologie la situation de notre planète, du soleil est de notre galaxie, sont totalement analogues à la situation des autres étoiles de l'Univers, celui-ci n'ayant ni centre ni frontières.

Toute la physique des particules se développa aussi en accord avec le Principe de Relativité, et à ce jour, aucune expérience en laboratoire n'a contredit la Relativité Restreinte, excepté certaines expériences particulières en physique quantique (interaction instantanée à distance), en physique des particules (masse des neutrinos), ou en électromagnétisme (détection du Référentiel de repos du Cosmic Microwave Background), comme on le verra plus loin plus précisément. On verra cependant que ces expériences contredisant la Relativité Restreinte sont en accord avec la Théorie moderne de l'Ether. De même, les observations sont en accord avec la Relativité Générale.

Pourquoi alors proposer une nouvelle théorie, expliquant l'ensemble des phénomènes liés à la Relativité, Restreinte ou Générale dans ces conditions ?

En réalité, la Relativité présente certains aspects très insatisfaisants. On rappelle aussi qu'au temps de Galilée, la physique basée sur le système géocentrique expliquait l'ensemble des observations astronomiques de l'époque, exceptés certains points considérés comme des points de détail et ignorés délibérément par les physiciens de l'époque.

Un physicien Français, Langevin (1872-1946) a proposé une expérience par la pensée qui lui semblait paradoxale d'après sa prédiction par la Relativité Restreinte, cette expérience étant classiquement appelée paradoxe des jumeaux de Langevin. En réalité, la prédiction théorique par la Relativité de cette expérience n'est pas paradoxale si on l'analyse en profondeur. De très nombreux autres soi-disant paradoxes ont été proposés, mais eux semblent témoigner en général dans leur quasi-totalité ou bien d'une méconnaissance de la Relativité ou bien d'une mauvaise utilisation de celle-ci.

Cependant il existe des expériences par la pensée plus élaborées qui, sans contredire la Relativité Restreinte, montrent que leur interprétation par la Relativité Restreinte n'a aucun sens. Exposons ces 2 expériences par la pensée :

On considère 2 règles graduées infinies r_1 et r_2 , immobiles dans un Référentiel Galiléen R . Des horloges sont disposées tous les mètres sous chacune des règles et indiquent le temps du Référentiel Galiléen R , elles sont situées sur l'axe OX de R , leur graduation indiquant l'abscisse X de R . Des fusées sont disposées sous chacune des horloges de la 2^{ième} règle r_2 . A $T=0$, indiqué par toutes les horloges, les fusées sous la règle r_2 donnent aux horloges de r_2 et à r_2 la vitesse constante $v = 3\text{km/s}$, mesurée dans le Référentiel R et le long de l'axe OX de R (On peut aussi supposer que les horloges animées de v ne sont pas fixées sur r_2 pour éviter le problème de contraction des longueurs). Il serait donc logique de s'attendre à ce que les horloges de r_2 indiquent alors le temps du Référentiel Galiléen R' animé de la vitesse $v=3\text{km/s}$ par rapport à R , dont l'axe $O'X'$ coïncide avec l'axe OX de R .

Or ceci est impossible car d'après la Relativité Restreinte, on peut choisir une origine spatiale et temporelle de R' telle que le temps T' de R' soit lié au temps T de R par la relation :

$$T' = \frac{T - vX / c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad (2)$$

T' étant le temps de R' au temps T en un point d'abscisse X de R .

Et donc d'après l'équation précédente (2), pour que les horloges de r_2 indiquent le temps de R' , il faudrait que certaines remontent le temps jusqu'à moins l'infini. De plus, on sait d'après la Relativité que le temps T_2 indiqué par les horloges de r_2 , lorsqu'elles coïncident avec une horloge de r_1 indiquant le temps T de R est donné par l'équation :

$$T_2 = T\sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad (3)$$

Le phénomène donnant l'équation précédente est appelée *dilatation des temps* dans la Relativité Restreinte. Il est donc impossible dans la Relativité que les horloges de la règle r_2 indiquent le temps de R' , et de ce fait R' , dont le temps est donné par l'équation (2) semble n'avoir aucun sens physique.

On peut proposer la 2^{ième} expérience par la pensée suivante:

On suppose qu'on a toujours 2 règles r_1 et r_2 , sur le même axe, pas de longueurs infinies mais d'une longueur pouvant être supérieure à une distance donnée D . On suppose que r_1 coïncide avec l'axe OX d'un Référentiel Galiléen R , et que sa graduation indique l'abscisse X d'un point dans le Référentiel R . Par ailleurs r_2 coïncide avec l'axe $O'X'$ d'un Référentiel Galiléen R' animé de la vitesse d'un tapis roulant $v=3m/s$ par rapport à R , la graduation de r_2 indique l'abscisse X' d'un point dans R' . On suppose que R et R' sont des Référentiels inertiels (terme introduit par Einstein mais qui signifie exactement « Galiléens »), et que les transformations entre R et R' sont les transformations de Lorentz classiques.

On considère alors 2 points fixes A et B de R , avec 2 observateurs O_A et O_B situés en A et en B , chaque observateur ayant 2 montres, l'une indiquant le temps de R et l'autre le temps de R' . On suppose de plus que l'origine de R est en A , et que l'abscisse de B dans R est positive. Si T' est le temps de R' , on a vu que l'équation précédente (2) donnait T' pour un point d'abscisse X et au temps T dans R .

On suppose qu'au temps $T=0$ de R , les observateurs O_A et O_B regardent leur montre. D'après hypothèse, les montres de O_A et O_B indiquant le temps de R indiquent $T_A=T_B=0$. D'après l'équation (2), l'origine de R coïncidant avec A , la montre de O_A indiquant le temps de R' est $T_A'=0$.

D'après l'équation (2), si A est à une distance D mesurée dans R de B , le temps indiqué par la montre de O_B indiquant le temps de R' est obtenu pour $T=0$ et $X=D$, et donc, ce temps est :

$$T_B' = \frac{-vD/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (4)$$

Si on choisit une distance D assez grande, par exemple telle que vD/c^2 est supérieure à 1 milliard d'années, cela signifie dans l'interprétation de la Relativité Restreinte que dans le Référentiel R lié à la règle r_1 , O_A et O_B regardent leur montre en même temps, mais dans le Référentiel de r_2 , animé de la vitesse d'un tapis roulant par rapport à r_1 , O_A a regardé sa montre 1 milliard d'années après O_B . Et donc l'interprétation de cette expérience par la Relativité Restreinte, même si elle ne contredit pas celle-ci, semble n'avoir aucun sens.

Les 2 expériences par la pensée précédentes sont fondamentales, car elles mettent en évidence de façon intuitive les problèmes inhérents à la Relativité Restreinte. Cependant, puisqu'elles ne contredisent pas celle-ci, on ne les utilisera pas explicitement dans la Théorie moderne de l'Ether qu'on exposera plus loin.

Il existe en effet d'autres points concernant la Relativité Restreinte qui sont insatisfaisants. L'un de ces points concerne la Physique Quantique : Einstein s'est toujours opposé à la Physique Quantique. Il considérait que celle-ci contredisait la Relativité Restreinte, et il a proposé une expérience, avec 2 autres physiciens, portant le nom de *Paradoxe E.P.R* (Einstein-Podolsky-Rosen Paradox), qui, si on supposait que la Relativité Restreinte était vraie, devait contredire la Physique Quantique.

Cette expérience consistait à produire en utilisant la Physique quantique 2 photons jumelés (appelés aussi *photons corrélés*), et à effectuer une mesure sur chacun des photons en 2 points éloignés. D'après la Physique Quantique, le comportement lors de cette mesure des 2 photons était lié quelle que soit leur distance, et ceci contredisait la Relativité Restreinte pour laquelle aucune information ne peut se transmettre à une vitesse supérieure à celle de la lumière. Or de telles expériences ont pu être réalisées en utilisant les techniques nouvelles qui n'existaient pas lorsque le Paradoxe E.P.R a été proposé, la première expérience de ce type ayant été réalisée par le Français Alain Aspect, le résultat de cette expérience ayant été confirmé et grandement amélioré par de nombreuses autres expériences réalisées par d'autres physiciens. Et il est extrêmement surprenant et notable qu'elles ont toutes donné le résultat prévu par la Physique Quantique ce qui, d'après Einstein lui-même et les 2 autres physiciens Podolsky et Rosen, contredisait la Relativité Restreinte. On désigne ces expériences sous le nom d'expériences sur le phénomène d'*intrication quantique*. On ne peut transmettre une information quelconque en utilisant ce phénomène d'intrication quantique, mais ce phénomène indique cependant qu'une information s'est transmise plus vite que la lumière ou qu'une cause s'est transmise plus vite

que la lumière ce qui signifie qu'une information ou qu'une cause vient du futur et qui contredit donc la Relativité Restreinte.

Cependant, le monde de la Physique n'a pas voulu considérer, ni même envisager, que le résultat de ces expériences liées à l'intrication était en contradiction avec la Relativité Restreinte, alors que c'était la position d'Einstein, considéré comme l'auteur même de cette théorie, et que cette position n'a jamais été abandonnée par ce dernier. Ce refus s'interprète par le fait que de nombreux physiciens acceptent la Relativité Restreinte de façon dogmatique, et refusent ne serait-ce que l'idée de sa remise en cause. Cette attitude est aussi expliquée par le fait déjà évoqué que, toutes les expériences en laboratoires autres que celles liées à l'intrication quantique sont en accord avec les prédictions de la Relativité Restreinte.

Il est évident cependant que si une nouvelle théorie, dont les bases sont radicalement différentes de celles de la Relativité Restreinte, interprète elle aussi l'ensemble des expériences en laboratoire liées à la Relativité Restreinte, aussi simplement et rigoureusement que cette dernière, et si de plus cette nouvelle théorie est en accord avec les expériences liées à l'intrication quantique, l'attitude scientifique doit être d'étudier les 2 théories afin de pouvoir les comparer et de déterminer laquelle est erronée. Surtout si cette nouvelle théorie évite les paradoxes qu'on obtient avec la Relativité Restreinte dans les 2 expériences par la pensée exposées précédemment.

Or c'est exactement le cas de la Théorie moderne de l'Ether qu'on exposera plus loin. En effet, dans cette Théorie, dans le cas des expériences par la pensée qu'on a exposé plus haut, R étant le Référentiel absolu, la relation entre le temps T de R et le temps T' de R' est, choisissant une origine des temps commune :

$$T' = T \sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad (5)$$

Et donc dans la 1^{ière} expérience par la pensée, le temps indiqué par les horloges de r_2 est bien le temps de R', et dans la 2^{ième} expérience par la pensée, la simultanéité étant équivalente dans R et R' d'après l'équation (5), les montres de O_A et O_B indiquant le temps de R' en A et en B indiquent le même temps $T_A' = T_B' = 0$, lorsque O_A et O_B regardent leur montre au temps de R $T = T_A = T_B = 0$. De plus, la Théorie moderne de l'Ether n'est pas contraire à l'interaction instantanée à distance, et donc n'est pas en contradiction avec la prédiction des expériences liées à l'intrication quantique par la Physique Quantique. Nous verrons aussi que la découverte que les neutrinos ont une masse, qui a valu le prix Nobel en 2015 à Takaaki KAJITA et à Arthur McDONALD contredit non seulement le Modèle Standard mais aussi la Relativité Restreinte alors qu'elle est en accord avec la Théorie moderne de l'Ether.

Dans les articles publiés dans la revue Physics Essays ainsi que dans les premières éditions du livre Théories d'or, nous présentions une première Cosmologie basée sur l'Ether (CBE1), que nous avons abandonné partiellement car elle n'était pas satisfaisante. Dans cette première Cosmologie (CBE1) la vitesse absolue d'un photon était égale à c, et l'Univers était comme une sphère en expansion dont les frontières se déplaçaient à la vitesse de la lumière. Cette première Cosmologie justifiait cependant la courbe de rotation des Galaxies à courbe de rotation plate et la nature de la masse sombre (Dans de nombreuses galaxies, la vitesse des étoiles est indépendante de leur distance au centre, et de plus on ne peut expliquer cette vitesse par la masse visible de la galaxie, il doit donc y avoir une masse d'origine inconnue, appelée masse sombre), énigmes très importantes de la Cosmologie actuelle. A partir de la 5^{ième} édition de Théories d'or, nous avons présenté une 2^{ième} Cosmologie basée sur l'Ether (CBE2), gardant certains aspects de CBE1, par exemple la forme de l'Univers (sphérique,) ou l'interprétation de la masse sombre, mais dont les frontières ne se déplacent plus à la vitesse de la lumière.

La 2^{ième} Cosmologie de la Théorie de l'Ether (CBE2) admet cependant les 2 hypothèses concernant l'existence de l'Ether :

A. Une substance appelée *substance sombre* ou *ether-substance* emplit tout ce qu'on appelle le vide dans l'Univers.

B. En tout point de l'espace on peut définir un Référentiel absolu appelé *Référentiel local Cosmologique* ou *ether local*.

Cette 2^{ème} Cosmologie (CBE2) permet d'interpréter la nature de la masse sombre, l'origine de son invisibilité, la courbe de rotation plate des galaxies, la loi de Tully-Fisher ($M=Kv^4$, M masse baryonique de la galaxie (avec une courbe de rotation constante des vitesses v), K constante). Elle permet aussi d'obtenir la distribution de matière sombre dans les galaxies et dans les amas de galaxies. Un aspect fondamental de la 2^{ème} Cosmologie est qu'elle permet de déterminer l'Ether local (Référentiel absolu) qui est naturellement identifié avec le Référentiel de repos du Cosmic Microwave Background (CMB). Dans la CBE2, la forme de l'Univers est très simple et unique (sphérique) alors qu'on rappelle que dans la SCM, il y a de nombreuses formes possibles de l'Univers, très complexes, sauf si l'Univers est infini ce qui semble totalement impossible.

La CBE2 propose 2 modèles mathématiques d'expansion: Le premier modèle mathématique est basé comme la SCM sur les équations de la Relativité Générale. Le 2^{ème} modèle ne l'utilise pas, mais utilise des équations très simples, (les frontières de l'Univers sphérique se déplacent à vitesse constante), et permet d'obtenir très simplement la valeur de la constante de Hubble, (en $1/t$, t age de l'Univers), ainsi que toutes les distances Cosmologiques. De plus il ne nécessite, contrairement à la SCM, ni énergie noire ni constante Cosmologique.

On verra aussi que la Théorie de l'Ether permet d'interpréter l'ensemble des phénomènes liés à la Relativité Générale d'une façon nouvelle, en ayant une signification physique beaucoup plus claire que cette dernière. La Théorie de l'Ether avec Gravitation interprète notamment l'électromagnétisme et la physique quantique en présence de gravitation de façon beaucoup plus élégante et simple que la Relativité Générale. De plus elle permet de traiter simplement les cas où il y a plusieurs masses, ce qui n'est pas le cas de la Relativité Générale. Nous verrons cependant que la Théorie de l'Ether est compatible avec l'existence d'ondes gravitationnelles.

On voit donc que la Théorie de l'Ether, notamment en ce qui concerne la Cosmologie, amène à une révolution dans la conception de notre Cosmos analogue à la révolution Copernicienne. On rappelle qu'un grand physicien Anglais contemporain d'Einstein, Eddington (1882-1944) disait « La Théorie de la Relativité est la Théorie mathématique de l'Univers, ce n'est pas la Théorie de la substance ». C'est ce même Eddington qui vérifia la prédiction de la Relativité Générale de la déviation d'un rayon lumineux par une masse, et donc c'était l'un des plus grands spécialistes de la Relativité. On voit que la Théorie moderne de l'Ether lui donne raison, même si mathématiquement et physiquement la Théorie de l'Ether est sans doute beaucoup plus différente de la Théorie de la Relativité qu'il ne l'avait imaginée.

B. La Théorie Quantique des Variables Absolues.

A l'heure actuelle, la situation de la Physique Quantique est proche de celle de la Relativité : Tout comme celle-ci, elle est considérée comme l'une des théories les plus complexes et les plus importantes de la physique. Elle permet de donner une interprétation à un nombre incalculable d'expériences diverses réalisées en laboratoire, notamment en physique des particules.

Pourtant, tout comme la Relativité, elle présente des aspects très insatisfaisants. Rappelons les Principes fondamentaux de la Théorie Quantique Classique :

D'après ces Principes, un système est complètement défini par sa fonction d'onde. De plus un système est dans un état indéterminé tant qu'on n'effectue pas une mesure sur lui. La probabilité que la mesure donne une certaine valeur est déterminée par la fonction d'onde.

Or celui qui le premier donna une équation permettant d'obtenir la fonction d'onde, Schrodinger (1887-1961), Prix Nobel 1933, était en désaccord avec la Théorie Quantique Classique basée sur les Principes précédents. Il proposa une expérience par la pensée, connue sous le nom du *Paradoxe du chat de Shrodinger* dans laquelle on enfermait dans une boîte un chat avec une particule, qui si elle se désintégrait actionnait une particule de poison. D'après les Principes de la Théorie Quantique Classique donnés plus haut, puisque l'état de la particule, désintégrée ou non désintégrée, était indéterminé avant qu'on observe la particule, l'état du chat, mort ou vivant était aussi

indéterminé. Cette interprétation de cette expérience peut être considérée comme en accord avec la Théorie Quantique Classique. Certes elle n'est pas admise telle quelle par la communauté scientifique, qui en donne diverses interprétations d'une grande complexité, mais Schrodinger n'a été convaincu par aucune de ces interprétations, et on ne peut mettre en doute les compétences scientifiques de ce savant.

En outre, celui qui était sans doute le plus grand théoricien en physique des particules, le physicien Américain Feynman (1918-1988), Prix Nobel 1965, déclarait « Personne ne comprend rien à la Physique Quantique ». Etant donné les qualités de ce physicien, si ceci s'appliquait à lui, cela s'appliquait alors à tout le monde. Là encore, une des raisons au fait que Théorie Quantique Classique était incompréhensible, était que l'état d'une particule était indéterminé avant qu'on ne l'observe, ceci semblant complètement contraire au bon sens dans la plupart des expériences de physique des particules.

La Théorie Quantique des Variables Absolues qui sera exposée dans ce livre, est une nouvelle théorie générale interprétant tous les phénomènes liés à la Physique Quantique. Cependant, dans cette théorie, l'état d'une particule est indépendant de son observation, et donc tout comme le paradoxe du chat de Schrodinger disparaît, les phénomènes liés à la Physique deviennent compréhensibles.

De plus, une conséquence de la Théorie Quantique Classique est qu'avant d'être mesurées, la position x et l'impulsion p_x d'une particule sont indéterminées, et qu'on ne peut mesurer l'une et l'autre simultanément. (La relation d'incertitude entre elles est $\Delta x \Delta p_x \geq h/2\pi$, connue sous le nom d'inégalité d'Heisenberg). Il en résultait que les relations de la mécanique classique, faisant intervenir simultanément la position et l'impulsion ne pouvaient plus être valides dans la Théorie Quantique Classique. On admettait cependant qu'elles étaient valides approximativement, mais même justifier cette validité approximative était complexe, utilisant le concept complexe de paquets d'ondes et une telle justification n'est pas en général donnée dans les livres de physique quantique. Mais ces équations de la mécanique classique faisant intervenir simultanément p_x et x sont extrêmement utilisées en physique des particules, et on n'a jamais mis en évidence qu'elles n'étaient valides qu'approximativement : Tout porte à croire qu'elles sont valides exactement. C'est aussi peut être en pensant à ces équations, incompatibles avec la Théorie Quantique Classique, que Feynman avouait ne rien comprendre à la Physique Quantique. Or dans la Théorie Quantique des Variables Absolues (TQVA) exposée dans ce livre, ces lois sont exactement valides dans le cas où elles sont utilisées pour interpréter les expériences concernant la Physique des Particules, car dans cette nouvelle théorie (TQVA), la position et l'impulsion sont définies simultanément dans de nombreux cas. Nous verrons qu'afin de pouvoir donner une interprétation de certaines équations très différente de celle de la Théorie Quantique Classique, les Principes de la Théorie Quantique des Variables Absolues sont clairement différents de ceux de cette dernière. En particulier, la Théorie Quantique des Variables Absolues n'utilise pas le concept fondamental de la Théorie Quantique Classique d'Observable, ni le concept complexe de paquet d'ondes. Cependant, la Théorie Quantique des Variables Absolues interprète l'ensemble des phénomènes liés à la Physique Quantique, et c'est la seule théorie générale clairement différente de la Théorie Quantique Classique qui peut interpréter l'ensemble des phénomènes liés à la Physique Quantique. Il est donc nécessaire d'un point de vue scientifique d'étudier cette nouvelle théorie afin de pouvoir la comparer à la Théorie Quantique Classique et de découvrir laquelle est erronée. Je rappelle encore qu'au temps de Galilée, le système géocentrique de l'époque interprétait parfaitement les observations qu'il était possible de réaliser alors, avec seulement des aspects insatisfaisants considérés comme des problèmes de détail, comme le sont considérés actuellement les aspects insatisfaisants de la Relativité et de la Théorie Quantique Classique. Et donc ce n'est pas parce qu'une théorie semble générale et semble interpréter la quasi-totalité des observations qu'elle est nécessairement bonne.

La Théorie Quantique des Variables Absolues (T.Q.V.A) ne présente cependant pas seulement des concepts faciles à comprendre. Elle présente en effet certains concepts surprenants et étranges pour interpréter certaines expériences d'un certain type appelées *expériences à choix retardé*. Cependant, si on veut interpréter ces expériences par la Théorie Quantique Classique, on doit introduire des concepts qui semblent non seulement étranges mais aussi complètement absurdes.

Les expériences à choix retardé sont une variante des expériences concernant l'intrication quantique qu'on a introduit dans la section précédente présentant la Théorie de l'Ether. Décrivons brièvement le principe de ces expériences à choix retardé:

On produit 2 particules corrélées, et on se rend compte que le comportement d'une des particules en un temps T_1 dépend de l'observation de la 2^{ième} particule, cette observation dépendant d'un comportement aléatoire de la 2^{ième} particule qu'elle aura en un temps T_2 postérieur à T_1 (Chacune des 2 particules pouvant avoir 2 comportements possibles).

Si on veut interpréter ces expériences par la Théorie Quantique Classique (T.Q.C), dans laquelle l'état d'une particule est indéterminé avant son observation, on doit admettre une action du futur sur le passé.

Au contraire dans la T.Q.V.A, cela n'est pas nécessaire : On introduit le concept de *prédiction quantique*, tel que lors de certains phénomènes appelés *chocs quantiques*, tout se passe comme si la particule prévoyait son comportement futur ainsi que celui de sa particule corrélée (si elle en a une). Ce phénomène de prédiction quantique est certes étrange, mais il évite de recourir à une action du futur sur le passé comme c'est nécessaire dans la T.Q.C. On remarque cependant qu'il n'est possible qu'à cause de la possibilité d'interaction instantanée à distance, possible dans la Théorie moderne de l'Ether et impossible dans la Relativité.

Il est à croire que ces expériences à choix retardé joueront un grand rôle dans le développement futur de la Physique Quantique.

III. LES THEORIES

Dans ce qui suit, j'expose les 2 théories présentées dans la section précédente. La plupart des théorèmes ou des lois obtenus par d'autres théories et utilisés dans ces articles sont rappelés explicitement. Concernant la 1^{ière} théorie, c'est-à-dire la Théorie (moderne) de l'Ether, les 6 articles contiennent des versions réactualisées et en Français des 5 articles exposés dans la revue Physics Essays. Ils apparaissent comme étant réellement modifiés et profondément améliorés par rapport à leur version Anglaise. En effet d'une part je me suis rendu compte après coup de certaines inexactitudes théoriques notamment en astrophysique, ou de la présence de points nécessitant d'être développés et clarifiés, et de plus j'avais des difficultés à exprimer en Anglais des idées qui étaient assez complexes. J'ai cependant gardé les mêmes sections, et j'ai laissé inchangé les numéros d'équations de ces articles que je conservais. J'ai aussi ajouté un « X » aux numéros des équations qui étaient nouvelles ou modifiées par rapport à celles des versions Anglaises. Cependant les idées principales de la Théorie de l'Ether sont exposées dans les versions Anglaises, mais donc parfois de façon incomplète, pas assez claire ou partiellement inexacte.

Les 2 théories exposées dans cet ouvrage sont indépendantes et donc chacune d'elle peut être lue isolément.

1^{ière} THEORIE:

THEORIE MODERNE DE L'ETHER.

Auteur :Thierry DELORT

Date : Aout 2022

1^{ier} article :**THEORIE DE L'ETHER**

2^{ième} article :**APPLICATIONS DE LA THEORIE DE L'ETHER**

3^{ième} article : **COMPLEMENTS DE LA THEORIE DE L'ETHER**

4^{ième} article :**THEORIE DE LA MATIERE SOMBRE ET DE L' ENERGIE SOMBRE**

5^{ième} article :**THEORIE DE L'ETHER AVEC GRAVITATION**

6^{ième} article :**SUITE DE LA THEORIE DE L'ETHER**

TABLE DES MATIERES.

1 ^{ier} article : THEORIE DE L'ETHER.	P19
1 :INTRODUCTION	P19
2.PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA THEORIE DE L'ETHER.	P20
3.POSTULATS-TRANSFORMATIONS ETHER- REFERENTIEL GALILEEN.	P20
4.RESULTATS.	P26
4.1 Théorèmes fondamentaux.	P26
4.2 Exemples d'application de la Théorie de l'Ether.	P29
4.2.1 Effet Doppler.	P29
4.2.2 Paradoxe EPR	P30
4.2.3 Masse des neutrinos.	P31
5.CONCLUSION.	P31
2 ^{ieme} article : APPLICATIONS DE LA THEORIE DE L'ETHER.	P33
1.INTRODUCTION	P33
3.CINEMATIQUE.	P33
3.1Horloges tournant autour de la terre.	P33
3.2 Vitesse de la lumière.	P34
3.3Référentiels accélérés.	P35
3.4Physique des particules.	P36
3 ^{ieme} article : COMPLEMENTS DE LA THEORIE DE L'ETHER.	P37
1.Interprétation de l'expérience de Fizeau. Optique géométrique.	P37
4 ^{ieme} article : THEORIE DE LA MATIERE SOMBRE ET DE L'ENERGIE SOMBRE .	P39
1.INTRODUCTION	P39
2.THEORIE DE LA MATIERE SOMBRE	P40
2.1 Propriétés physiques de la substance sombre.	P40
2.2 Courbe de rotation plate des galaxies.	P41
2.3 Loi baryonique de Tully-Fisher.	P43
2.4 Temperature de la substance sombre intergalactique.	P47
2.5 Forme de l'Univers.	P47
2.6 Sphère superposée	P48

2.7 Rayon baryonique et rayon sombre d'une galaxie.	P49
2.8 Autres modèles de distribution de matière sombre dans les galaxies.	P50
2.9 Les autres observations de la matière sombre.	P53
2.10 La formation des grandes structures de l'Univers.	P63
3.NOUVEAU MODELE COSMOLOGIQUE	P63
3.1 Introduction.	P63
3.2 Interprétation physique du RRC. Référentiels Cosmologiques local et Universel.	P64
3.3 Loi de Hubble-Distances utilisées en Cosmologie.	P71
3.4 Limites Cosmologiques de l'Univers observable.	P73
3.5 Cosmic Microwave Background.	P74
3.6 Contribution dipolaire du CMB.	P75
3.7 Lien entre le CMB et la température de la substance sombre intergalactique.	P75
3.8 Energie sombre de l'Univers.	P76
3.9 Evolution de la température de la substance sombre-2nd modèle d'expansion.	P78
3.10 Energie sombre des particules baryoniques.	P78
3.11 La détermination du centre de l'Univers.	P79
3.12 Dynamique des amas	P80
4.CONCLUSION	P81
5^{ème} article : THEORIE DE L'ETHER AVEC GRAVITATION.	P84
1.INTRODUCTION.	P84
2.POSTULATS.	P85
2.1 Principe fondamental.	P85
2.2 Temps et espace absolu-Postulat 4.	P86
2.3 Contraction et lois de la mécanique dans la T.E.G.	P91
2.4. La lumière et les photons dans la T.E.G. Postulat 6.	P94
2.5. Cas d'un Référentiel Galiléen.	P97
3.APPLICATIONS.	P98
3.1 Décalage vers le rouge par effet gravitationnel.	P98
3.2 Décalage vers le rouge des photons émis du soleil.	P99
3.3 Décalage des horloges par effet gravitationnel.	P99
3.4 Déviation du périhélie de Mercure.	P100
3.5 Déviation de la lumière par une masse.	P103
3.6 Cas non-statique.	P107
4.DISCUSSION.	P108
4.1 Remarque concernant les points critiques dans la T.E.G et la R.G.	P108
4.2 Trous noirs.	P109
4.3 Cas de plusieurs dilatations simultanées.	P117
4.4 Comparaison de la contraction C(v) et l'amplification A(e).	P118
4.5 Relations intéressantes dans la T.E.G.	P119
4.6 Obtention des équations de Lagrange dans l'espace absolu E_A.	P119

4.7 Cosmologie dans la T.E.G.	P120
4.8 Ondes gravitationnelles.	P121
5.CONCLUSION.	P122
6 ^{ème} article : SUITE DE LA THEORIE DE L'ETHER.	P123
1.INTRODUCTION.	P123
2.REFERENTIELS GALILEENS.	P123
3.VARIABLES FONDAMENTALES EN ELECTROMAGNETISME.	P125
4.OBSERVATEUR EN MOUVEMENT PAR RAPPORT A LA MASSE GENERANT LE POTENTIEL.	P126
5.INTERPRETATION DELA PHYSIQUE QUANTIQUE PAR LA T.E.G.	P128
6.CONCLUSION.	P129

Article : THEORIE DE L'ETHER

Auteur : Thierry Delort

Date : Mai 2020

Extrait du livre : Théories d'or, 10^e édition, Editions Books on Demand, Paris (2020)

Résumé :

Cet article présente la Théorie de l'Ether (T.E) . Tout en étant fondamentalement différente de la Relativité Restreinte, cette théorie interprète toutes les expériences classiques liées à la Relativité Restreinte, mais également certaines expériences de physique quantique contredisant la relativité (sur l'intrication quantique), celles prouvant l'existence d'une masse pour les neutrinos ainsi que certaines observations cosmologiques inexpliquées (par exemple donnant l'origine de la masse noire). Elle donne aussi une interprétation de la validité mathématique de la Relativité Restreinte.

On voit dans cet article que de la même façon que la Relativité Restreinte, la Théorie de l'Ether est fondée sur un très simple Principe fondamental, différent mais analogue au Principe fondamental de la Relativité Restreinte.

La fluidité de l'Espace et du temps, l'existence d'un Espace absolu particulier (l'Ether), la contraction des longueurs et du temps, apparaissent comme des conséquences du Principe fondamental et apportent une conception totalement nouvelle de l'Univers.

Mots clés : Ether, transformations de Lorentz, relativité, temps absolu, longueurs absolues.

1.INTRODUCTION

Le problème que nous allons essayer de résoudre est le suivant : Un Ether existe-t-il ? C'est-à-dire existe-t-il parmi tous les Référentiels Galiléens (Référentiels se déplaçant à vitesse constante et avec des axes demeurant parallèles, appelés aussi « Référentiels inertiels » en Relativité) un Référentiel absolu, qu'on peut considérer comme étant au repos avec une vitesse nulle ?

Si un tel Référentiel existe mais que la Relativité d'Einstein est vraie, alors ce Référentiel est complètement indiscernable et n'est pas intéressant. Ainsi, nous allons voir s'il est possible de donner une théorie dans laquelle un tel Référentiel discernable existe. Ceci impliquerait que la Relativité Restreinte (R.R) est fautive. Cependant, il serait nécessaire dans cette théorie de justifier les millions de cas pour lesquels la Relativité Restreinte donne des prédictions expérimentales correctes.

Nous avons exposé dans cet article une telle Théorie de Ether. On peut se demander l'intérêt d'une telle théorie puisque la Relativité Restreinte donne une prévision correcte dans toutes les expériences en laboratoires réalisées à ce jour.

Elle présente différents points d'intérêt :

- 1.Elle permet d'obtenir l'existence d'un Référentiel absolu au repos, c'est-à-dire l'Ether.
- 2.Elle est compatible avec la transmission instantanée d'informations à distance dans les expériences sur l'intrication quantique et avec l'existence d'une masse pour les neutrinos.
- 3.Elle permet l'interprétation d'observations en Cosmologie comme par exemple la masse noire ou l'âge de l'Univers de façon nouvelle ou beaucoup plus intéressante que leur interprétation par la R.R lorsque celle-ci existe.
4. Elle modifie complètement notre conception de l'Univers en ce qui concerne l'espace et le temps et aussi l'astrophysique. Par exemple :
 - Le temps et l'Espace peuvent être considérés comme des fluides.
 - Les Référentiels Galiléens ne sont pas équivalents.
 - Des temps et des longueurs absolues existent.
 - L'Univers est comme un ballon qui gonfle. Il est limité et fini.
5. Elle montre qu'une théorie de formulation aussi simple mathématiquement que la Relativité Restreinte, fondamentalement différente de celle-ci puisque d'une part dans la Théorie de l'Ether on verra que les lois physiques ne sont pas les mêmes dans tous les Référentiels Galiléens et que de plus les transformations entre les Référentiels Galiléens ne sont pas celles de Lorentz, est en accord avec la totalité des expériences réalisées liées à la R.R.

6. La Théorie de l'Ether (T.E) donne une justification mécanique (contractions du temps et des longueurs) aux transformations entre les Référentiels Galiléens, qui ne sont pas les transformations de Lorentz mais permettent de justifier l'utilisation de celles-ci dans les prédictions expérimentales. On peut donc considérer que la T.E donne une justification mécanique à la validité mathématique de la Relativité Restreinte.

Ce point est très important car on pourrait considérer que les Postulats de la T.E compliquent inutilement les phénomènes expliqués par la R.R. Or ils permettent au contraire de comprendre la validité mathématique de la R.R dans les cas où on l'utilise comme conséquence de ces Postulats.

Ceci est à rapprocher d'une phrase d'un grand physicien contemporain d'Einstein, Eddington, qui disait « La Relativité est la théorie mathématique de l'Univers. Ce n'est pas la théorie de la substance ». On verra donc que cette phrase peut être considérée comme prémonitoire, car elle peut s'appliquer à la Théorie moderne de l'Ether que nous allons exposer.

Il est aussi remarquable de constater que ces Postulats permettent d'obtenir une Cosmologie totalement nouvelle, totalement différente de la Cosmologie basée sur la Relativité, en particulier par les équations mathématiques utilisées. Ces Postulats de la T.E sont donc indispensables à l'interprétation de la Cosmologie par la T.E, qui se révèle être mathématiquement beaucoup plus simple que l'interprétation de la Cosmologie par la Relativité.

De plus, ces Postulats sont simples et naturels et sont fondamentaux dans l'élaboration d'une Théorie moderne de l'Ether.

2.PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA THEORIE DE L'ETHER

Ce Principe fondamental est le suivant. Il contient 2 points :

2.1 PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA THEORIE DE L'ETHER :

a).Il existe un Référentiel fixe absolu, appelé « Ether », non équivalent à tous les Référentiels Galiléens (C'est-à-dire discernable).

b)Les lois dans cet Ether sont telles qu'elles tendent à empêcher un observateur au repos dans un Référentiel Galiléen de détecter son mouvement par rapport à l'Ether.

On remarque que ce Principe correspond au Principe fondamental de la Relativité Restreinte. D'après la Théorie de l'Ether, l'expression des lois physiques dans les Référentiels Galiléens doit cependant être proche des lois admises dans la Relativité Restreinte sinon un observateur immobile dans un Référentiel Galiléen pourrait facilement détecter son mouvement par rapport à l'Ether ce qui contredirait le point b) du Principe 2.1.

Ainsi une conséquence du point b) du Principe 2.1 est que dans la T.E les équations de la Relativité Restreinte doivent demeurer valides dans de très nombreux cas de la même façon que la Théorie de Newton demeurerait valide dans de très nombreux cas avec une très bonne approximation dans la R.R.

Ainsi à cause du Principe 2.1b), le Principe de Relativité Restreinte doit demeurer vrai avec une bonne approximation.

On remarque que d'après la Principe 2.1a), il existe une infinité de Référentiels fixes absolus, puisque tout Référentiel au repos par rapport à un Référentiel fixe absolu est un Référentiel fixe absolu. On remarque aussi qu'une conséquence du Principe 2.1a) est que des longueurs et des intervalles de temps absolus existent, s'ils sont mesurés dans l'Ether.

Nous allons proposer dans cet article 4 Postulats, apparaissant comme la conséquence du Principe fondamental.

3.POSTULATS-TRANSFORMATIONS ENTRE REFERENTIELS ABSOLUS ET GALILEENS.

Les Postulats de la T.E apparaissent comme des conséquences naturelles et nécessaires du Principe fondamental :

Le Postulat 1 exprime que les lois exprimées dans l'Ether (Référentiel fixe absolu) doivent être les lois qui dans la R.R sont valides dans tout Référentiel Galiléen.

Le Postulat 2 exprime la condition nécessaire de contractions des temps et des longueurs.

Les Postulats 3A et 3B concernent les photons et l'électromagnétisme dans les Référentiels Galiléens. Ils permettent d'obtenir que les phénomènes d'émission de photons, d'optique ou d'électromagnétisme ne peuvent pas permettre de détecter le mouvement de la terre par rapport à l'Ether.

Ces Postulats 1,2,3 sont valides dans la Théorie de l'Ether seulement en l'absence de gravitation ou si on néglige ses effets sur l'espace et le temps.

Dans un article ultérieur, « Théorie de l'Ether avec Gravitation », on donnera des Postulats 4,5,6 permettant l'interprétation par la T.E des phénomènes liés à la Relativité Générale. On verra qu'ils généralisent la notion d'espace absolu, et apparaissent aussi comme la conséquence du Principe fondamental. On verra aussi comment les Postulats 1,2,3 sont modifiés en présence de gravitation.

Nous donnerons aussi dans cette section les transformations fondamentales dans la Théorie de l'Ether entre l'Ether et un Référentiel Galiléen, et comment on peut obtenir un Référentiel de Lorentz à partir d'un Référentiel Galiléen.

Postulat 1 (Existence d'un Ether)

a) Un Référentiel fixe absolu, espace Euclidien, appelé Ether, existe.

b) Les lois physiques dans l'Ether ont la même expression que les lois physiques dans les Référentiels Galiléens dans la Relativité Restreinte (appelés aussi Référentiels inertiels).

En particulier on a comme conséquence du Postulat 1 la validité dans l'Ether des lois mécaniques classiques d'expression :

$$\sum \mathbf{F} = m \frac{d}{dt} \left(\frac{\mathbf{v}}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \right)$$

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad (1)$$

On a aussi d'après comme conséquence du Postulat 1 la validité dans l'Ether des équations de Maxwell ainsi que la constance de la vitesse de la lumière et des photons. Le fait que cette vitesse soit constante peut aussi être considérée comme la conséquence des équations de Maxwell et du fait qu'on peut considérer les photons comme des particules de masse (inerte) nulle et d'énergie non nulle.

On a aussi comme conséquence du Postulat 1 que l'énergie absolue d'un photon (C'est-à-dire mesurée dans l'Ether) est $E = hv_A$, v_A étant la fréquence absolue du photon (mesurée dans l'Ether). L'impulsion absolue d'un photon est alors $\mathbf{p} = hv_A / c \mathbf{u}$, \mathbf{u} étant le vecteur unitaire de l'Espace absolu indiquant la direction du photon.

On a aussi comme conséquence du Postulat 1 la conservation de l'impulsion et de l'énergie dans l'Ether.

On rappelle que les équations de Maxwell ont été découvertes avant la Relativité lorsqu'on croyait en l'existence d'un Ether, de même que la masse de mouvement $m' = m(1 - v^2/c^2)^{1/2}$ de laquelle on peut obtenir les équations précédentes (1). La conservation de l'énergie et de l'impulsion était aussi admise dans l'ancienne Théorie de l'Ether précédant la Relativité.

Postulat 2 (Contraction des temps et des longueurs) :

a) Dans l'Ether, considéré comme un Espace Euclidien, les distances sont mesurées par des règles identiques virtuelles, appelées règles standards. On utilise des règles standards virtuelles pour mesurer les distances dans des Référentiels Galiléens.

Un objet animé d'une vitesse v par rapport à l'Ether se contracte dans la direction du mouvement d'un facteur égal à $C(v) = (1 - v^2/c^2)^{1/2}$.

Ainsi, si on a une règle standard de longueur l_0 mesurée dans l'Ether lorsqu'elle est au repos, si on la déplace parallèlement à elle-même à la vitesse v , sa longueur mesurée dans l'Ether par une règle standard immobile dans l'Ether devient l_m avec :

$$l_m = l_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad (2X)$$

b) Le temps est associé à un *fluide temporel* traversant les objets. On dira donc que le temps *s'écoule* sur les objets. Une horloge mesure le temps s'étant écoulé sur elle, et ce temps est proportionnel à la quantité de fluide temporel l'ayant traversée.

Dans l'Ether, le temps est mesuré virtuellement par des horloges identiques synchrones immobiles situées en tout point de l'espace. On appelle *temps absolu* ce temps.

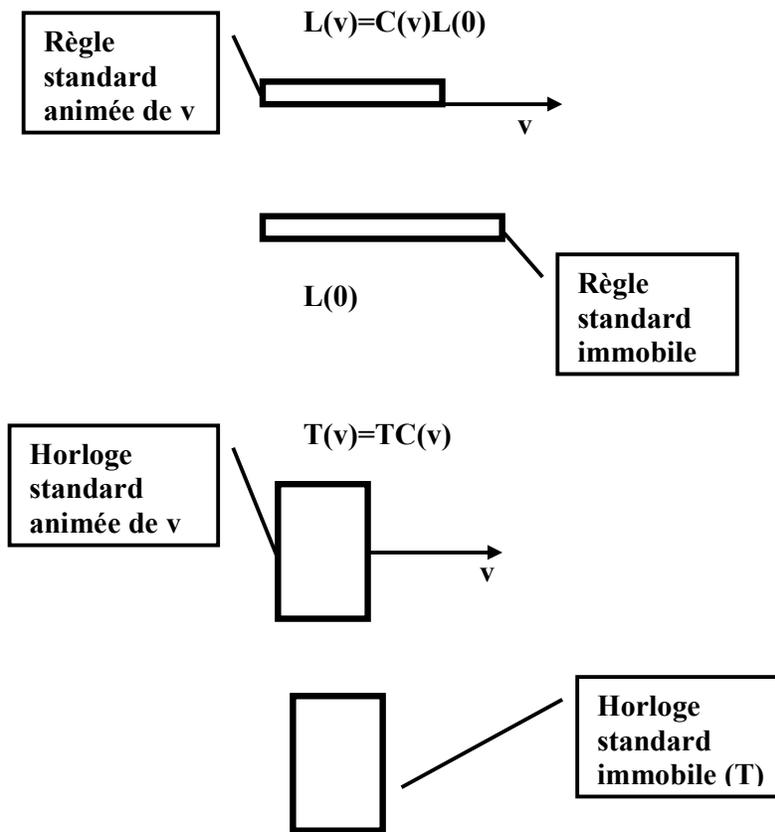


Figure 1 : Contraction des temps et longueurs dans l'Ether.

On appellera *horloge standard* une horloge identique aux horloges mesurant le temps dans l'Ether. On utilisera de telles horloges virtuelles pour mesurer le temps dans des espaces Galiléens. De plus le temps s'écoulant pour un objet, entre 2 évènements coïncidant avec l'objet, est l'intervalle de temps entre ces 2 évènements mesuré par une horloge standard (virtuelle) coïncidant avec lui. On l'appelle classiquement *temps propre* de l'objet (entre ces 2 évènements).

Le phénomène de contraction du temps est le suivant : Si un objet est animé d'une vitesse v dans l'Ether entre 2 points fixes de l'Ether A et B, le temps s'écoulant sur lui (c'est-à-dire mesuré par une horloge standard coïncidant avec lui) est réduit d'un facteur $C(v) = (1 - v^2/c^2)^{1/2}$ par rapport au temps absolu, c'est-à-dire mesuré par les horloges fixes de l'Ether.

Ainsi si par exemple on déplace à la vitesse v par rapport à l'Ether une horloge standard H_m entre 2 points fixes de l'Ether A et B, si t_m est le temps s'étant écoulé sur H_m entre A et B (et donc t_m est la différence des temps indiqués par H_m en B et en A) et si t_0 est le temps mesuré par les horloges fixes de l'Ether entre le départ de H_m de A et son arrivée en B (Et donc t_0 est la différence des temps indiqués par l'horloge fixe en A et celle fixe en B), on a :

$$t_m = t_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad (3)$$

c) La simultanéité d'évènements est définie par la simultanéité dans l'Ether.

On peut donner une justification de l'égalité des contractions spatiales et temporelles par les éléments suivants :

-On modélise l'Ether comme un Espace-temps Euclidien, le temps et les longueurs dans cet Espace-temps étant mesurés par des horloges standards virtuelles et des règles standards virtuelles immobiles dans l'Ether.

-On suppose qu'on a la contraction spatiale $C(v)$ définie dans le Postulat 2a.

-On rappelle que le temps s'écoulant pour une horloge standard est proportionnel à la quantité de fluide temporel l'ayant traversée.

-On suppose de plus que le fluide temporel s'écoule de façon uniforme dans l'Ether, c'est-à-dire qu'entre 2 instants T1 et T2 (de l'Espace absolu), la quantité de fluide ayant traversé un objet est proportionnelle au volume absolu de cet objet, c'est-à-dire à son volume mesuré dans l'Ether.

Si on déplace une horloge standard H à une vitesse v dans l'Ether, les particules lourdes la composant (noyaux) sont soumis à une contraction $C(v)$ dans le sens du mouvement, donc leur volume se contracte d'un facteur $C(v)$ et la quantité de fluide les traversant est réduite du même facteur $C(v)$ par rapport au fluide temporel traversant une horloge immobile. De ce fait si on suppose que le temps que H mesure est proportionnel à la quantité de fluide ayant traversé les particules lourdes qui la composent, le temps mesuré par H est réduit du même facteur et on a l'égalité des contractions spatiales et temporelles.

Plus généralement, on peut remplacer H par une particule élémentaire P quelconque (électron, proton...), et supposer que le temps s'écoulant pour P est proportionnel à la quantité de fluide temporel l'ayant traversée. Procédant comme dans le cas de l'horloge H, on arrive aussi à l'égalité des contractions spatiales et temporelles pour la particule.

Nous généraliserons l'interprétation précédente dans le cas de la Théorie de l'Ether avec Gravitation.

Même si elle se révélait inexacte, l'interprétation précédente demeurerait intéressante, donnant une illustration du concept de fluide temporel qui est fondamental dans la Théorie de l'Ether car il permet de justifier théoriquement et de comprendre la contraction temporelle.

Si H_A est une horloge standard fixe en un point A(X,Y,Z) d'un espace absolu R, on peut utiliser le Postulat 1 pour faire en sorte que H_A indique le temps de R. Ainsi, si H_0 est une horloge standard placée à l'origine O de R et indiquant le temps de R en O, on émet un photon au temps T_0 indiqué par H_0 vers le point A, et H_A doit être réglée pour que le photon l'atteigne au temps $T_0 + OA/c^2$.

Si on a une horloge standard H_A coïncidant avec H_0 , et si à partir du temps T_0 indiqué par H_0 on déplace H_A jusqu'au point A avec une vitesse v constante mesurée dans l'Ether, on sait d'après le Postulat 2b qu'elle indiquera le temps $T_p = T(1 - v^2/c^2)^{1/2}$ lorsqu'elle arrivera en A, T étant le temps absolu. Connaissant v ou si v négligeable, on peut donc aussi par cette méthode faire en sorte que H_A indique en A le temps absolu.

On remarque que la contraction des longueurs avait été proposée par Lorentz et Fitzgerald avant la R.R, elle permettait notamment d'interpréter l'expérience de Michelson. Le concept de fluidité du temps et la contraction du temps sont des phénomènes propres à la théorie moderne de l'Ether. On rappelle que le fait que le facteur $C(v)$ est le même dans la contraction des longueurs et celle du temps peut être interprété de la façon suivante : Lorsqu'un objet est en mouvement il se contracte dans le sens de sa longueur de $C(v)$. Donc son volume se contracte aussi d'un facteur $C(v)$ et donc, si on modélise le temps comme un fluide, on peut considérer que à cause de la contraction de son volume, la

quantité de fluide s'écoulant sur l'objet est réduite du même facteur, et donc on obtient alors la même valeur $C(v)$ du facteur de la contraction temporelle. Un tel raisonnement sera généralisé dans la Théorie de l'Ether avec Gravitation.

De même l'énergie d'une particule animée d'une vitesse v dans l'Ether $E=\gamma mc^2$ peut aussi être interprétée comme une énergie de contraction.

D'après le Postulat 2c), la simultanéité dans l'Ether définit la simultanéité absolue, et l'Ether définit aussi le temps absolu. C'est-à-dire que si un objet de masse m ou un photon ne peuvent se déplacer à une vitesse absolue supérieure à c , une information elle peut se transmettre à une vitesse supérieure à c . De plus si 2 événements Ev_1 et Ev_2 se produisent aux temps absolus t_1 et t_2 , alors Ev_1 peut être la cause de Ev_2 si $t_1 < t_2$. Et donc la Théorie de l'Ether, contrairement à la Théorie de la Relativité est en accord avec les expériences sur l'intrication quantique ⁽⁶⁾ et avec toute expérience ou une information se transmet plus vite que la lumière. C'est peut être de telles expériences qui feront apparaître la validité de la Théorie de l'Ether.

TRANSFORMATIONS ETHER-GALILEEN.

On définit un Référentiel Galiléen R' comme un Espace-temps Euclidien se déplaçant à une vitesse absolue constante par rapport à un Espace fixe absolu R , dont les axes demeurent respectivement parallèles à ceux de R , et tel que la simultanéité dans R' soit équivalente à la simultanéité dans R , c'est-à-dire à la simultanéité absolue. Le temps et les longueurs mesurés dans R' doivent l'être par des règles standards et des horloges standards virtuelles (c'est-à-dire identiques à celles utilisées pour mesurer les temps et longueurs dans R) au repos dans R' (Et donc animés de la vitesse absolue v).

Si R' est un Référentiel Galiléen d'origine O' tel que $(O'X')$ coïncide avec (OX) et que à $T=T'=0$, on a O et O' coïncident, on obtient alors les transformations entre R et R' :

$$\begin{aligned} X' &= \frac{X - vT}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \\ Y' &= Y \\ Z' &= Z \\ T' &= T \sqrt{1 - v^2 / c^2} \end{aligned} \quad (5)$$

On voit dans les transformations précédentes que la simultanéité dans R' est équivalente à la simultanéité dans R .

La première transformation entre X et X' est la conséquence de la contraction des longueurs exprimée dans le Postulat 2a.

Puisque la simultanéité dans R' est équivalente à la simultanéité dans R , on doit avoir à $T=0$ (temps indiqué par toutes les horloges standards indiquant le temps de R), toutes les horloges standards qui indiquent le temps de R' doivent indiquer $T'=0$. Mais par hypothèse, ces horloges sont animées de la vitesse absolue v , et donc d'après le Postulat 2b de la contraction temporelle, leur temps est ensuite celui indiqué par la transformation entre T et T' dans les transformations précédentes. On a appelé les Référentiels R' définis plus haut *Référentiels Galiléens* car la simultanéité de 2 événements est indépendante du Référentiel Galiléen dans lesquels on les mesure, ce qui était le cas dans les Référentiels conçus par Galilée. Cependant on devrait les appeler *Référentiels néoGaliléens* car contrairement aux Référentiels conçus par Galilée les intervalles de temps entre 2 événements dépendent des Référentiels R' dans lesquels on les mesure.

J'ai obtenu les transformations précédentes comme conséquences naturelles du Postulat 2. J'ai appris par la suite que des transformations identiques avaient déjà été proposées par Tangherlini.

On peut montrer facilement, utilisant ce qui suit, les obtenir par un changement de variable temporelle très simple à partir des transformations de Lorentz. Ainsi, si on suppose vraie la Relativité Restreinte, R_{11} et R_{12} étant 2 Référentiels inertiels quelconques, c'est-à-dire qu'on passe de R_{11} à R_{12} par

les transformations de Lorentz, par un décalage très simple des horloges de R_{12} on peut obtenir un Référentiel R_{12}' , tel qu'on passe de R_{11} à R_{12}' par les transformations de Tangherlini précédentes.

De même on verra qu'on peut obtenir les transformations de Lorentz à partir de ces transformations, et que celles-ci jouent un rôle primordial dans la Théorie moderne de l'Ether. Cependant, puisqu'on peut obtenir ces transformations dans les 2 théories, elles ne caractérisent pas ni ne permettent de différencier ces 2 théories. Ce sont les bases théoriques de ces 2 théories, et leur interprétation de ces différentes transformations qui permettent de les différencier.

Si $H_{A'}$ est une horloge standard placée en un point fixe $A'(X',Y',Z')$ de R' , on peut faire en sorte qu'elle indique le temps de R' : Si T_A est le temps indiqué par l'horloge fixe de R , H_A coïncidant avec $H_{A'}$, on règle $H_{A'}$ pour qu'elle indique $T_{A'}=T_A(1-v^2/c^2)^{1/2}$. On peut régler ainsi $H_{A'}$ à n'importe quel instant où elle coïncide avec une horloge fixe H_A indiquant le temps de R . On sait alors d'après le Postulat 2b) que $H_{A'}$ indiquera alors toujours le temps de R' .

On peut aussi utiliser le Référentiel de Lorentz R'' associé à R' que l'on va définir dans lequel la vitesse de la lumière est égale à c . On peut faire en sorte qu'une horloge standard indique le temps de R'' de la même façon que pour faire en sorte qu'elle indique le temps de R .

Postulat 3A (photons) :

a) On modélise un photon par 2 points matériels se déplaçant à la vitesse absolue c . Si un photon atteint un point fixe A' d'un Référentiel Galiléen R' , la période T' du photon mesurée dans R' est le temps séparant l'arrivée en A' des 2 points matériels constituant le photon (Ce temps peut donc être mesuré par toute horloge standard coïncidant avec A'). La fréquence du photon mesurée dans R' est alors $\nu'=1/T'$. La longueur d'onde du photon dans R' est la distance entre les 2 points matériels constituant le photon mesurée dans R' .

On aurait pu donner une modélisation équivalente considérant qu'un photon est constitué de N_0 points matériels successifs se déplaçant à la vitesse c avec $N_0>1$). La longueur d'onde absolue du photon est alors la distance absolue entre 2 points matériels successifs.

b) Si une particule au repos dans l'Ether émet un photon par un processus (une désintégration ou une désexcitation) de période T_0 , alors une particule en mouvement émettra par un processus identique un photon de période T_0 mesurée par une horloge coïncidant avec la particule en mouvement.

D'après b), lorsque la particule est en mouvement, si T_p est le temps propre pour la particule entre l'émission des 2 points matériels constituant le photon, $T_p=T_0$.

REFERENTIEL DE LORENTZ ASSOCIE A UN REFERENTIEL GALILEEN :

Supposons qu'on ait un Référentiel Galiléen R' , telle que les transformations entre R' et un Référentiel absolu R soient celles données dans l'équation (5).

Si on retarde toute horloge virtuelle de R' située en un point de coordonnée X' de vX'/c^2 , alors conservant les mêmes coordonnées spatiales de R' , on obtient un Référentiel R'' telle que si (X',Y',Z',T') est un évènement de R' , alors cet évènement est (X'',Y'',Z'',T'') dans R'' avec :

$$\begin{aligned} X'' &= X' = \frac{X - vT}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ Y'' &= Y' = Y \\ Z'' &= Z' = Z \\ T'' &= T' - vX'/c^2 = \frac{T - vX/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{aligned} \quad (6)$$

On voit que les transformations entre l'Espace fixe absolu R et R'' sont exactement les transformations de Lorentz. R'' apparaît donc comme étant un Référentiel de Lorentz naturellement associé à R'.

Utilisant le Référentiel de Lorentz précédent, on peut définir les champs électromagnétiques dans un Référentiel Galiléen R' dans le Postulat suivant :

Postulat 3B :

a) Si R' est un Référentiel Galiléen et R'' est le Référentiel de Lorentz associé à R' défini précédemment, on définit dans R'' un champ électrostatique $E''(X'',Y'',Z'',T'')$ et un champ magnétique $B''(X'',Y'',Z'',T'')$ utilisant dans R'' les équations de Maxwell.

(Ceci est la conséquence du fait qu'on a admis dans le Postulat 1 que les équations de Maxwell étaient vraies dans R, et qu'on passe de R à R'' par les transformations de Lorentz).

b) On obtient alors en tout point fixe (X',Y',Z',T') du Référentiel R' un champ magnétique $B'(X',Y',Z',T')$ et un champ électrostatique $E'(X',Y',Z',T')$ définis par :

$$E'(X',Y',Z',T')=E''(X',Y',Z',T'-vX'/c^2)$$

$$B'(X',Y',Z',T')=E''(X',Y',Z',T'-vX'/c^2). \quad (7)$$

4. RESULTATS

Nous allons exposer comment la Théorie de l'Ether justifie la validité de l'utilisation des équations de la Relativité Restreinte dans tous les cas où elle est vérifiée expérimentalement.

Ceci est fondamental car on peut ainsi établir qu'une Théorie de l'Ether fondamentalement différente dans ses bases de la Relativité Restreinte (dans son Principe fondamental et dans ses Postulats) permet d'interpréter toutes les expériences qu'on croyait jusqu'à présent en contradiction avec l'existence d'un Ether, et qu'elle donne une justification physique à la validité mathématique de la Relativité Restreinte dans les cas où on utilise ses équations.

Les équations de la Relativité Restreinte (et son Principe) sont cependant contredites par les expériences de physique quantique montrant des interactions instantanées à distance (intrication quantique) ⁽⁶⁾, alors que celles-ci sont en accord avec la Théorie de l'Ether pour laquelle les interactions instantanées à distance sont possibles.

4.1 Théorèmes fondamentaux sur l'utilisation des équations de la R.R.

Nous allons établir des théorèmes montrant que la Théorie de l'Ether justifie l'utilisation de la Relativité Restreinte dans des millions de cas, par exemple:

- Pour prévoir les trajectoires des particules.
- Pour obtenir (expérimentalement) la vitesse de la lumière dans des Référentiels Galiléens.
- Pour obtenir le temps propre d'un objet (mesuré par une horloge standard coïncidant avec lui).
- Pour montrer que les expériences classiques d'optique et d'électromagnétisme ne peuvent révéler la vitesse de la terre par rapport à l'Ether.

Dans ce qui suit, R,R' et R'' sont les Référentiels définis précédemment, R est un Référentiel absolu, R' un Référentiel Galiléen et R'' est le Référentiel de Lorentz associé à R'. Les transformations entre ces Référentiels sont celles données plus haut.

4.1.1. Trajectoires.

Montrons que la T.E entraîne que la R.R peut être utilisée pour calculer la trajectoire d'une particule dans un Référentiel Galiléen.

Si P est une particule, on sait qu'on peut obtenir la trajectoire et la vitesse de P en tout point en appliquant les équations de Maxwell et les équations de la mécanique relativiste à P dans le Référentiel absolu R. Ceci est une conséquence du Postulat 1.

Or on sait qu'on passe de R à R'' par les transformations de Lorentz, et donc de par les propriétés mathématiques des Référentiels de Lorentz utilisées en R.R, on sait que ceci est équivalent à appliquer les équations de Maxwell et les équations de la mécanique relativiste à P dans R''.

On a donc le Théorème 4.1.1A :

THEOREME 4.1.1A :

Si P est une particule, on peut calculer sa vitesse et sa trajectoire en tout point dans R'' en appliquant les équations de Maxwell et les équations de la mécanique Relativiste à P dans R''.

De plus on sait que les coordonnées spatiales de R' et de R'' sont identiques ($X'=X'', Y'=Y'', Z'=Z''$). Il en résulte qu'une conséquence immédiate du Théorème précédent est le Théorème 4.1.1B:

THEOREME 4.1.1B :

Si P est une particule, la trajectoire de P dans le Référentiel R' est identique à celle calculée dans R''.

On voit donc que les théorèmes précédents sont fondamentaux malgré leur simplicité.

Par exemple si on a 2 particules A et B dans le Référentiel Galiléen R' qui lors d'une collision produisent une particule C et une particule D, on peut obtenir les trajectoires de C et D en utilisant la conservation de l'impulsion et de l'énergie dans R'', c'est-à-dire en écrivant :

$$\mathbf{P}_A'' + \mathbf{P}_B'' = \mathbf{P}_C'' + \mathbf{P}_D'' \text{ et } E_A'' + E_B'' = E_C'' + E_D''.$$

Il en est de même si une particule A se désintègre au repos dans R' en produisant un photon et une particule B.

4.1.2 Vitesse de la lumière.

A cause de la transformation entre R' et R'', on obtient immédiatement le Lemme fondamental 4.1.2.A :

LEMME 4.1.2.A :

Si P est un point fixe de R' (et donc P est aussi fixe dans R'') et que 2 événements E_A et E_B se produisent en P à T_A' et T_B' mesuré dans R' correspondant à T_A'' et T_B'' mesurés dans R'', alors on a :

$$T_B'' - T_A'' = T_B' - T_A'$$

Montrons en utilisant le Lemme précédent que la vitesse de la lumière est égale à c si on la mesure sur un aller retour en un point fixe d'un Référentiel Galiléen. Ceci entraîne le résultat de l'expérience de Michelson, mais est un résultat plus général.

P_1 et P_2 étant 2 points fixes de R', connaissant la distance P_1P_2 , à T_1' un photon part de P_1 , il arrive à T_2' à P_2 , et un miroir en P_2 renvoie le photon vers P_1 qu'il atteint à T_3' .

Puisqu'on sait que la vitesse du photon est égale à c dans R, et qu'on passe de R à R'' par les transformations de Lorentz, une propriété mathématique des Référentiels de Lorentz entraîne que la vitesse du photon est égale à c dans R''.

P_1 et P_2 étant fixes dans R', ils sont fixes dans R'', et si T_1'', T_2'', T_3'' sont les temps de R'' correspondant à T_1', T_2', T_3' , on a donc, la vitesse du photon étant égale à c dans R'' :

$$T_3'' - T_1'' = 2\|P_1P_2\|_{R''}/c$$

Avec $\|P_1P_2\|_{R''}$, distance entre P_1 et P_2 mesurée dans R'' .

Mais d'après les transformations entre R' et R'' , cette distance est aussi celle mesurée dans R' et de plus d'après le Lemme 4.1.2.A $T_3'' - T_1'' = T_3' - T_1'$ et donc :

$$T_3' - T_1' = 2\|P_1P_2\|_{R'}/c$$

La vitesse moyenne de la lumière mesurée dans R' pour cette expérience est donc égale à c .

4.1.3 Calcul du temps propre.

Supposons qu'un objet O se déplace d'un point A à un point B .

A cause du Postulat 2b), on peut calculer le temps propre T_P de O pour le déplacement de A en B (c'est-à-dire mesuré par une horloge standard coïncidant avec lui) dans R de la même façon qu'en R . R on calcule le temps propre d'un objet dans un Référentiel inertiel.

En effet dans la R . R si on déplace dans un Référentiel inertiel R_R une horloge d'un point A à un point B à une vitesse v , le temps propre T_P de l'horloge pour le déplacement est :

$T_P = T_{AB}(1 - v^2/c^2)^{1/2}$, T_{AB} étant le temps de déplacement mesuré dans R_R . On est donc exactement dans le cas du Postulat 2b) pour une horloge se déplaçant dans R .

De plus puisqu'on passe de R à R'' par les transformations de Lorentz on peut calculer le temps propre du déplacement de A en B dans R'' de la même façon qu'en R . R dans un Référentiel inertiel. Ceci est une propriété mathématique des Référentiels de Lorentz utilisée en Relativité.

En particulier si O se déplace de A en B avec une vitesse v'' mesurée dans R'' , le temps propre de O pour le déplacement est $T_P = T_{AB}''(1 - v''^2/c^2)^{1/2}$, T_{AB}'' étant le temps du déplacement mesuré dans R'' .

On a donc le Théorème fondamental 4.1.3A suivant :

THEOREME 4.1.3A :

O étant un objet se déplaçant d'un point A à un point B on peut calculer son temps propre T_P pour le déplacement dans R'' ou dans R avec la même équation que celle utilisée en Relativité dans les Référentiels de Lorentz.

4.1.4 Electromagnétisme et optique.

En utilisant le Postulat 3B, on voit que les expériences classiques d'électromagnétisme et d'optique ne peuvent révéler le mouvement de la terre par rapport à l'Ether.

En effet dans certaines expériences, on mesure des différences de phases en des points fixes. De la même façon que le Lemme 4.1.2A, on obtient qu'on peut calculer ces différences de phase aussi bien dans R' que dans R'' . Dans des expériences d'optique, on détermine la trajectoire de rayons lumineux. De la même façon que le Théorème 4.1.1B, on obtient que dans R' ces trajectoires sont identiques à celles calculées dans R'' en appliquant les équations de Maxwell.

De plus, en utilisant que les coordonnées spatiales de R' et de R'' sont identiques, on obtient que pour un élément chargé au repos dans R' (et donc dans R''), $\rho' = \rho''$, car le volume d'un objet au repos dans R' est égal à son volume dans R'' .

On obtient aussi que pour un élément chargé mobile dans R' , \mathbf{j}' et \mathbf{j}'' étant définis avec les notations usuelles par $\mathbf{j}' = \rho' \mathbf{v}'$ et $\mathbf{j}'' = \rho'' \mathbf{v}''$, on obtient $\mathbf{j}' = \mathbf{j}''$.

(Pour obtenir ceci, on montre qu'on peut exprimer \mathbf{j}' et \mathbf{j}'' sous la forme usuelle:

$$\mathbf{j}' = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}'}{dt_p} \quad \text{et} \quad \mathbf{j}'' = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}''}{dt_p}$$

On utilise alors $dM'=dM''$.

Ceci ne représente pas de difficultés particulières et sera fait explicitement dans l'article « Suite de la Théorie de l'Ether »).

Une conséquence de ceci est que si on a un circuit électrique, $I'=I''$, I' et I'' étant les intensités mesurées dans R' et dans R'' .

4.2 Exemples d'applications de la Théorie de l'Ether.

4.2.1 Effet Doppler.

Montrons qu'on obtient dans la Théorie de l'Ether un Effet Doppler identique à celui trouvé dans la Relativité.

Pour étudier l'Effet Doppler, R et R' étant définis comme précédemment, (R absolu, R' Galiléen), on accélère des ions dans R' en utilisant un accélérateur de particules et, ces ions émettant des photons, on mesure la période (ou, de façon équivalente, la fréquence) de ces photons en un point fixe A de R' .

Considérons d'abord le cas où R et R' coïncident, c'est-à-dire R' est animé d'une vitesse nulle par rapport à R . A est donc un point fixe de R .

On avait obtenu dans l'ancienne théorie de l'Ether, c'est-à-dire celle précédant la R.R et donc sans contraction spatiale ni temporelle, que la relation entre la période T_{AX} du photon mesuré en un point fixe de l'Ether et T_0 période du photon émis par une particule au repos dans l'Ether (mesurée dans l'Ether) était :

$$T_{AX}=(1-(V/c)\cos(\theta))T_0 \quad (8X)$$

Avec V vitesse des ions dans l'Ether, θ angle de la vitesse des ions avec la droite SA , S étant le point d'où est émis le photon.

Dans la Théorie moderne de l'Ether, d'après le Postulat 3A, si T_P est le temps propre de l'ion entre l'émission des 2 points constituant le photon, on a $T_P=T_0$.

De plus d'après le Postulat 2b, si T est le temps mesuré dans l'Ether correspondant à T_P , on a : $T_P=T(1-V^2/c^2)^{1/2}$.

Et donc :

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \quad (9X)$$

On voit donc que pour cette expérience, la seule différence entre la Théorie moderne de l'Ether et l'ancienne Théorie de l'Ether est que le temps mesuré dans l'Ether entre l'émission des 2 points matériels diffère d'un facteur $C(V)=(1-V^2/c^2)^{1/2}$.

Il en résulte qu'on obtient, dans la Théorie moderne de l'Ether, la période mesurée au point A en remplaçant T_0 par $T_0/C(V)$ dans l'équation donnant T_{AX} .

On obtient donc :

$$T_A = T_0 \frac{(1-(V/c)\cos(\theta))}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \quad (10X)$$

Cette relation est donc identique à celle obtenue dans tous les Référentiels inertiels dans la R.R.

Considérons maintenant le cas où R' ne coïncide pas avec R , c'est-à-dire que R' est animé d'une vitesse non nulle v par rapport à R .

On sait d'après le Théorème 4.1.1A qu'on obtient la vitesse V'' dans R'' d'une particule ionique P en appliquant les équations de Maxwell et les équations de la mécanique relativiste à P dans R'' .

De plus d'après le Postulat 3A, si T_P est le temps propre pour l'ion entre l'émission des 2 points matériels constituant le photon $T_P=T_0$.

Mais d'après le Théorème 4.1.3A sur le temps propre, $T_p = (1 - V'^2/c^2)^{1/2} T''$, où T'' est le temps mesuré dans R'' correspondant à T_p .

De plus, on a vu que la vitesse du photon dans R'' était égale à c .

En résumé, on a dans R'' :

-La vitesse V'' des ions est obtenue en appliquant les équations de Maxwell et les équations de la mécanique classique.

- T'' étant le temps mesuré dans R'' entre l'émission des 2 points matériels, on a :

$$T'' = T_0 / (1 - V'^2/c^2)^{1/2}$$

-Le photon se déplace à la vitesse c .

Les équations concernant le photon dans R'' sont donc exactement les mêmes qu'elles étaient dans R , dans le cas où R' coïncidait avec R , et on a donc de la même façon, T_A'' étant la période du photon mesurée en A :

$$T_A'' = T_0 \frac{(1 - (V''/c) \cos(\theta))}{\sqrt{1 - V''^2/c^2}} \quad (11X)$$

θ étant l'angle mesuré dans R'' entre la direction de V'' avec la droite (SA), S étant le point d'émission du photon.

D'après le Lemme 4.1.2A, si T_A' est la mesure au point fixe A de la période du photon dans R' , on a $T_A' = T_A''$.

On voit donc que la prédiction de l'Effet Doppler, Transversal ou longitudinal est la même dans la Théorie moderne de l'Ether que dans la R.R.

On rappelle que l'effet Doppler Transversal, qui seul diffère de la prédiction de l'Ancienne Théorie de l'Ether pour laquelle on a vu qu'on avait l'Effet Doppler longitudinal, a été vérifié pour la première fois par Ives et Stilwell. (Voir les Références).

4.2.2 Expériences sur le Paradoxe EPR.

Einstein avait proposé une expérience supposée montrer l'invalidité de la théorie quantique connue sous le nom de « Paradoxe EPR ». Cette expérience consistait à produire 2 photons corrélés, selon la théorie quantique ils devaient interagir à distance, c'est-à-dire que la mesure de l'un influait sur le résultat de la mesure du second, ceci impliquant selon la théorie quantique la transmission d'une information instantanée à distance, et donc contredisait la théorie de la Relativité selon laquelle une information ne peut être transmise à une vitesse supérieure à celle de la lumière. Or un physicien Français, Alain ASPECT, a pu réaliser cette expérience. Mais contrairement à la prédiction d'Einstein, c'est la théorie quantique qu'elle a confirmée et la théorie de la Relativité qu'elle a contredite.

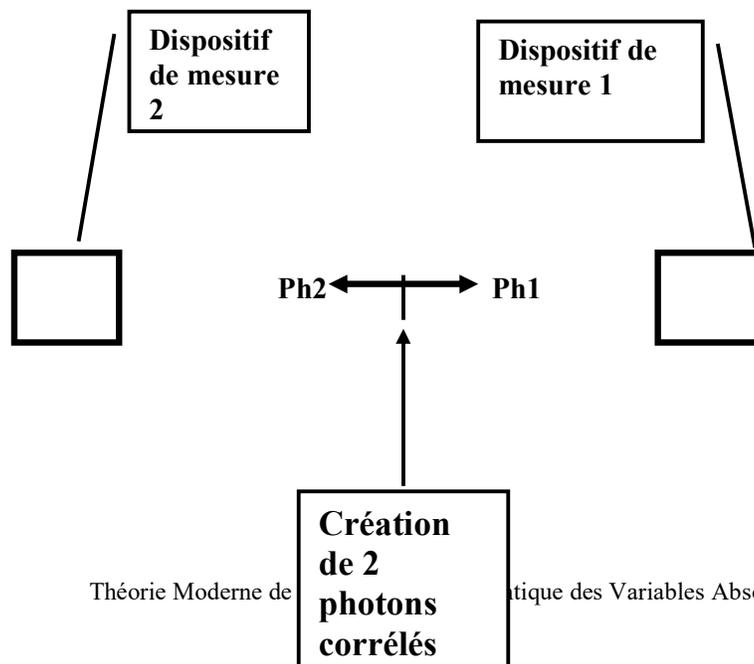


Figure 2 : Paradoxe EPR.

Or la Théorie de l'Ether est compatible comme on l'a vu, avec des interactions instantanées à distance et donc avec la transmission d'informations à une vitesse supérieure à celle de la lumière.

Et donc, contrairement à la Relativité, la Théorie de l'Ether est compatible avec la Théorie quantique. De nombreuses expériences ont confirmé le résultat obtenu par Alain ASPECT.

4.2.3 La masse des neutrinos.

En 2015, Takaaki KAJITA et Arthur McDONALD ont reçu le prix NOBEL pour avoir montré que le neutrino avait une masse. Et ceci invalide le Modèle Standard. En effet d'après le Modèle Standard les neutrinos ont tous une hélicité négative (on dit qu'ils sont left-handed en Anglais), et ce dans tous les Référentiels inertiels. Or si les neutrinos ont une masse, il existe obligatoirement des Référentiels inertiels dans lesquels ils ont une hélicité positive (On dit qu'alors ils sont right-handed en Anglais). Or dans la Théorie moderne de l'Ether, puisque contrairement à la Relativité Restreinte cette théorie n'admet pas que tous les Référentiels inertiels sont équivalents, on peut admettre que les neutrinos ont obligatoirement une hélicité gauche dans le Référentiel Absolu appelé « Ether ». Puisqu'on verra que le Référentiel inertiel lié à la terre R_T est animé d'une vitesse $v_T \ll c$ et que de plus les neutrinos sont animés d'une vitesse proche de c , les neutrinos ont alors forcément une hélicité négative mesurée dans le Référentiel R_T . Alors avec cette modification, on garde les prédictions théoriques du Modèle Standard. Et donc la Théorie moderne de l'Ether permet de modifier le Modèle Standard pour que le modèle modifié soit compatible avec l'existence d'une masse pour les neutrinos tout en conservant les prédictions théoriques du Modèle Standard dans notre Référentiel R_T .

Les lois du Modèle Standard sont valides dans les Référentiels inertiels dans lesquels les neutrinos ont une hélicité négative mais pas dans les Référentiels inertiels dans lesquels ils ont une hélicité positive. Et ceci contredit la Relativité Restreinte selon laquelle les lois physiques ont la même expression dans tous les Référentiels inertiels. On rappelle que les Référentiels inertiels de la Relativité Restreinte correspondent aux Référentiels de Lorentz R'' associés aux Référentiels Galiléens R' de la Théorie moderne de l'Ether.

5.CONCLUSION

Nous avons donc exposé les bases théoriques de la Théorie (moderne) de l'Ether correspondant à la Relativité Restreinte. On a vu qu'en ayant des bases fondamentalement différentes de la R.R, notamment à cause d'un Espace absolu mais aussi parce que la vitesse de la lumière n'est pas la même dans tous les Référentiels Galiléens, de même que les lois de la physique, la Théorie moderne de l'Ether permet d'interpréter avec succès toutes les expériences classiques jusqu'ici interprétées seulement par la R.R. Dans les articles suivants on exposera d'autres expériences classiques interprétées par la Théorie moderne de l'Ether, notamment les expériences de physique des particules, l'expérience de Fizeau et aussi les expériences réalisées avec des horloges atomiques dans des avions supersoniques. Pour cela on utilisera des méthodes analogues à celles utilisées dans cet article, utilisant les théorèmes fondamentaux ainsi que le Référentiel de Lorentz R'' associé au Référentiel Galiléen R' .

Il est clair que toute Théorie de l'Ether valide doit être capable de justifier la validité de l'utilisation de la R.R des expériences classiques liées à cette théorie, et utilisant les méthodes de cet article, il semble que la prédiction mathématique des 2 théories soient identiques pour l'ensemble des expériences en laboratoire liées à la R.R. Et donc la Théorie de l'Ether apparaît présentement comme la seule alternative à la R.R qui admette l'existence d'un Espace absolu non équivalent à tous les Référentiels Galiléens. On remarque que les Postulats de la Théorie de l'Ether présentés dans cet article sont simples et apparaissent comme la conséquence naturelle du Principe Fondamental de la Théorie de l'Ether. Les Théorèmes fondamentaux obtenus sont des conséquences de ces Postulats, et la Théorie moderne de l'Ether apparaît comme on l'a annoncé en Introduction comme une théorie donnant une

justification physique à la validité de l'utilisation des équations mathématiques de la R.R pour prédire le résultat des expériences classiques de Relativité. Eddington disait « La théorie de la Relativité est la théorie mathématique de l'Univers, ce n'est pas la théorie de la substance ». La théorie moderne de l'Ether apparaît donc comme la théorie de la substance pressentie par Eddington.

On a vu aussi que la Théorie moderne de l'Ether était compatible avec les interactions instantanées à distance ce qui n'était pas le cas de la R.R. Or des expériences en laboratoire en Physique Quantique (intrication quantique), notamment celles réalisées par A.Aspect ⁽⁶⁾, semblent en accord avec ces interactions instantanées à distance. On a vu aussi que la Théorie moderne de l'Ether était compatible avec l'existence d'une masse pour les neutrinos, qui contredisait la Relativité Restreinte. On verra aussi que la Théorie de l'Ether est en accord avec l'existence d'un Référentiel inertielle local très particulier en Cosmologie, qui est le Référentiel de Repos du CMB (Cosmic Microwave Background), seul Référentiel local dans lequel le CMB est quasi isotrope, alors que d'après la Relativité Restreinte il n'existe aucun Référentiel inertielle particulier. D'après la Théorie moderne de l'Ether, ce Référentiel particulier local est identique à l'Ether (Référentiel absolu) local. L'existence de ce Référentiel particulier, est donc aussi un élément en faveur de la Théorie de l'Ether. Il sera d'ailleurs identifié à l'Ether, Référentiel fixe absolu. Une étude du rôle de ce Référentiel en Cosmologie est proposée dans l'article ⁽⁷⁾.

Nous verrons aussi dans les articles « Théorie de l'Ether avec Gravitation » et « Suite de la Théorie de l'Ether », comment la Théorie de l'Ether présentée dans cet article peut être généralisée pour interpréter d'une façon nouvelle la Physique liée à la Relativité Générale.

Références :

- 1.M.Born, *Einstein's Theory of Relativity* ,(Dover Publications, New-York, 1965).
2. J.Foster and J.P Nightingale, *A short Course in General Relativity* (Springer, New-York,1994)
- 3.A.P French, *Einstein :le livre du centenaire* (Editions Hier et Demain, Paris, France 1979)
- 4.J ;Ph. Perez and N.Saint-Cricq Chery, *Relativité et quantification* (Masson, Paris, 1986).
- 5.T.Delort,Theory of Ether, Physics Essays 13,4 (2000).
- 6.A.Aspect,P.Grangier,G.Roger,Experimental realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm-Gedanken experiment: A new violation of Bell's inequalities, Phys.Rev.letter (1982)

Article:APPLICATIONS DE LA THEORIE DE L'ETHER

Auteur:Thierry Delort

Extrait du livre:Théories d'or 10e édition, Editions Books on Demand, Paris (2020).

Remarque importante:

Cet article correspond à un article publié dans la revue Physics Essays en 2004 dans lequel nous présentons une nouvelle Cosmologie basée sur l'Ether. Nous avons supprimé cette nouvelle Cosmologie car elle était contredite par certaines observations. Cependant, dans le 4^{ème} article de la Théorie de l'Ether de ce livre, « Théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre », nous présentons une deuxième Cosmologie basée sur l'Ether. Cette 2^{ème} Cosmologie contient des points communs non seulement avec la 1^{ère} Cosmologie basée sur l'Ether, mais aussi avec le modèle standard de la Cosmologie (admis actuellement par la communauté scientifique).

1.INTRODUCTION:

Dans la dernière partie de cet article « 3.Cinématique », nous compléterons l'article précédent en obtenant d'après la T.E la vitesse de la lumière dans les Référentiels Galiléens, une expérience célèbre liée à la contraction temporelle, et l'interprétation de la physique des particules par la T.E.

3.CINEMATIQUE

3.1. Horloges tournant autour de la terre.

On suppose que la terre est au repos dans un Référentiel Galiléen R' , animé d'une vitesse v par rapport à un Référentiel absolu R .

Une horloge (standard) H_1 décrit un cercle C dans R' (de P_A point fixe de R' à P_B point fixe de R') animée d'une vitesse V_1' constante par rapport à R' . On cherche à calculer le rapport entre le temps propre T_{P1} mesuré par H_1 et celui T_{P2} mesuré par une horloge identique H_2 faisant aussi un trajet de P_A à P_B mais à la vitesse V_2' .

On suppose qu'on passe de R à R' par les transformations classiques (Equation (5), Théorie de l'Ether⁽⁷⁾), et que R'' est le Référentiel de Lorentz associé à R (défini dans le même article⁽⁷⁾).

R'' a des coordonnées spatiales identiques à celles de R' , et donc H_1 décrit dans R'' un cercle identique à celui décrit dans R' .

De plus, supposant seulement que $V_1' \ll c$ (ce qui est évident puisqu'on utilise un avion pour transporter l'horloge H_1), on obtient utilisant les transformations entre R' et R'' que la vitesse de H_1 dans R'' est V_1'' , avec $V_1'' \approx V_1'$.

Or d'après un Théorème (Théorème 4.13A établi dans le 1^{er} article, Théorie de l'Ether⁽⁷⁾) on sait qu'on peut calculer le temps propre de H_1 selon l'équation classique utilisée dans la R.R. ans R'' . Si T_1'' est le temps mesuré dans R'' du déplacement de H_1 , on obtient donc :

$$T_{P1} = T_1'' \sqrt{1 - V_1'^2 / c^2} \quad (45AX)$$

Et de même :

$$T_{P2} = T_1'' \sqrt{1 - V_2'^2 / c^2} \quad (45BX).$$

Et utilisant que $V_1'' \approx V_1'$, on obtient donc l'équation (45CX).

$$\frac{T_{p1}}{T_{p2}} \approx \frac{\sqrt{1 - V_1'^2 / c^2}}{\sqrt{1 - V_2'^2 / c^2}} \quad (45CX)$$

Une telle expérience a été réalisée avec des horloges atomiques à bord de supersoniques, et a donné le résultat escompté. Cependant la prédiction de ce résultat nécessite aussi d'utiliser la Relativité générale, mais on verra dans un article suivant « Théorie de l'Ether avec Gravitation » que la Théorie de l'Ether prédit aussi approximativement le même effet que la Relativité générale concernant l'influence de la gravitation sur le temps propre indiqué par l'horloge.

3.2 Vitesse de la lumière.

Nous allons maintenant obtenir l'expression de la vitesse de la lumière dans un Référentiel Galiléen R' . On a vu que cette vitesse était a priori différente de la vitesse de la lumière, ce qui sera confirmé. On suppose donc que R est un Référentiel absolu, et que les transformations entre R et R' sont les transformations classiques :

$$X' = \frac{X - vT}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}, \quad Y' = Y, Z' = Z$$

$$T' = T \sqrt{1 - v^2 / c^2} \quad (46)$$

On suppose qu'on émet un photon de O' dans la direction θ par rapport à la droite ($O'X'$) dans le plan ($O'X'Y'$). On veut obtenir la vitesse V' , de coordonnées (V'_X, V'_Y) dans le plan ($O'X'Y'$).

On sait que la vitesse de la lumière est $V=c$ dans le Référentiel absolu R . Soit V_X et V_Y les coordonnées de la vitesse V du photon dans (OXY). (Puisqu'on émet le photon dans la Plan (OXY), celui-ci se propageant en ligne droite demeure dans ce plan).

On propose 2 méthodes pour obtenir cette vitesse. La 2^{ième} méthode est la plus simple.

1^{ière} méthode :

On obtient :

$$\frac{V'_Y}{V'_X} = \operatorname{tg} \theta \quad (47)$$

$$V_X'^2 + V_Y'^2 = c^2 \quad (48)$$

Des transformations (46), on obtient:

$$V_X' = \frac{V_X - v}{1 - v^2 / c^2}$$

$$V_Y' = \frac{V_Y}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad (49)$$

Donc d'après l'équation (48) :

$$[(1 - v^2 / c^2)V_X' + v]^2 + V_X'^2 \operatorname{tg}^2 \theta (1 - v^2 / c^2) = c^2 \quad (50)$$

$$[(1 - v^2/c^2)^2 + \operatorname{tg}^2 \theta (1 - v^2/c^2)] V_x'^2 + 2v(1 - v^2/c^2) V_x' + v^2 - c^2 = 0 \quad (51)$$

Ceci est une équation du second degré avec:

$$\Delta' = \frac{c^2}{\operatorname{Cos}^2 \theta} (1 - v^2/c^2)^2 \quad (52)$$

Donc:

$$V_x' = \frac{[-v(1 - v^2/c^2) + (c/\operatorname{cos} \theta)(1 - v^2/c^2)]}{[(1 - v^2/c^2) + \operatorname{tg}^2 \theta (1 - v^2/c^2)]} \quad (53)$$

$$V_x' = \frac{-v + c/\operatorname{cos} \theta}{1 - v^2/c^2 + \operatorname{tg}^2 \theta} \quad (54)$$

$$V_x' = \frac{\operatorname{cos} \theta (c - v \operatorname{cos} \theta)}{1 - v^2 \operatorname{cos}^2 \theta / c^2} = \frac{c \operatorname{cos} \theta}{1 + (v \operatorname{cos} \theta)/c} \quad (55)$$

Et:

$$V_y' = V_x' \operatorname{tg} \theta = \frac{c \sin \theta}{1 + (v \operatorname{cos} \theta)/c} \quad (56)$$

Donc:

$$V' = \frac{c}{1 + (v \operatorname{cos} \theta)/c} \quad (57)$$

De cette expression, on retrouve un Théorème établi dans l'article précédent que mesurée sur un aller-retour dans R', la vitesse d'un photon était égale à c.

2^{ème} méthode :

On aurait pu obtenir beaucoup plus simplement les équations (55) et (56) donnant V_x' et V_y' en introduisant le Référentiel de Lorentz R'' associé à R'. Puisque les coordonnées spatiales de R' et de R'' sont identiques, l'angle θ du photon mesuré dans R'' est identique à celui mesuré dans R'. De plus, on sait d'après les propriétés des Référentiels de Lorentz que sa vitesse mesurée dans R'' est égale à c. Utilisant ensuite les transformations des vitesses entre R' et R'', on retrouve les équations (55) et (56).

3.3 Référentiels accélérés.

On voit que la Théorie moderne de l'Ether justifie l'existence de Référentiels Galiléens, qui sont des Référentiels très particuliers par rapport à l'Espace fixe absolu. Une telle justification de l'existence des Référentiels Galiléens n'existe pas dans la R.R. Les Référentiels non-Galiléens sont de nature très différente que les Référentiels Galiléens d'après la Théorie de l'Ether, puisqu'ils ne sont pas animés d'une vitesse constante par rapport à l'Ether. Et il est clair qu'on n'a pas la même sensation dans un Référentiel non Galiléen (accéléré), par exemple dans une voiture qui accélère, freine ou tourne, que dans un Référentiel Galiléen. Au contraire d'après la Relativité Générale, les Référentiels inertiels accélérés étaient équivalents aux autres Référentiels inertiels. Cette distinction fondamentale entre les

Référentiels accélérés et les Référentiels Galiléens par la Théorie de l'Ether est donc en accord avec l'observation.

Cependant considérons par exemple un ascenseur en chute libre. Soit R_{as} le Référentiel lié à l'ascenseur. Un objet de masse m dans cet ascenseur est soumis à la force gravitationnelle $F_G = m\mathbf{G}$ et à la force d'inertie $F_I = -m\mathbf{G}$. Et donc la somme des forces gravitationnelle et d'inertie s'exerçant sur cet objet est nulle et l'objet se comporte dans R_{as} de la même façon que dans un Référentiel Galiléen en absence de gravitation. Et on n'a pas besoin de faire intervenir la Relativité Générale pour obtenir ce résultat.

3.4 Physique des particules.

D'après le Postulat 1 de la Théorie de l'Ether, les équations définissant la désintégration ou la diffusion de particules ont la même expression dans l'Ether que dans les Référentiels de Lorentz en Relativité.

Supposons qu'on ait un Référentiel Galiléen R' , et un Référentiel absolu R , les transformations entre R et R' étant les transformations classiques (Ob). Soit R'' le Référentiel de Lorentz associé à R .

On rappelle qu'on a obtenu le Théorème 4.1.1A de l'article précédent (T.Delort, Théorie de l'Ether, Mai 2010), exprimant qu'on pouvait calculer la vitesse et les trajectoires d'une particule dans R'' en appliquant les équations de Maxwell et les équations de la mécanique relativiste classique dans R'' . De la même façon il est équivalent d'appliquer les équations de la physique des particules dans R (concernant la diffusion ou la désintégration de particules) que de les appliquer dans R'' , ceci étant une propriété mathématique des Référentiels de Lorentz.

De plus on a vu que les trajectoires des particules sont identiques dans R'' et dans R' , et que, le temps mesuré en un point fixe de R' entre 2 évènements (par une horloge standard) était identique à celui mesuré dans R'' . Donc si on mesure N particules arrivant par seconde dans R'' en 1 point fixe P de R'' (ou sur un élément de surface fixe de R'' mesuré par dS'' dans R''), on mesurera le même nombre N par seconde dans R' au même point fixe P de R' (ou sur l'élément de surface qui est mesuré par $dS' = dS''$ dans R'). Enfin, il est évident qu'on peut considérer que la nature d'une particule est indépendante du Référentiel où on la détecte.

Il en résulte que d'après la Théorie de l'Ether, on peut utiliser les mêmes équations que dans la R.R pour prévoir les résultats d'expériences de diffusion et de désintégration de particules.

References

1. Max Born, Einstein's Theory of Relativity (Dover Publication New-York 1965)
2. J.Foster, J.P Nightingale, A short course in General Relativity (Springer-Verlag, New-York 1994)
3. A.French, Einstein, Le livre du centenaire (Hier et Demain, France, 1979)
4. J.Ph Perez, N.Saint-Cricq Chery, Relativité et Quantification (Masson Paris 1986)
5. J.Levy, Relativité et substratum Cosmique (Lavoisier, France 1996)
6. T.Delort, Theory of Ether, Phys.Essays 13,573 (Dec 2000)
7. T.Delort, Théories d'or 10^{ième} édition, Books on Demand, Paris (2018)).
8. T.Delort, Applications of Theory of Ether, Phys Essays 17,4 (2004)

Article : COMPLEMENTS DE LA THEORIE DE L'ETHER

Auteur : Thierry DELORT

Extrait du livre : Théories d'or 10e édition, Editions Books on Demand, Paris (2020).

Résumé : Nous présentons dans la dernière partie certains éléments cinématiques de la T.E, en particulier l'interprétation de l'expérience de Fizeau.

1. Interprétation de l'expérience de Fizeau. Optique géométrique.

Nous allons maintenant donner une interprétation de l'expérience de Fizeau par la T.E. On suppose qu'on est dans un Référentiel Galiléen R_T' (lié à la terre), associé à un Référentiel de Lorentz R_T'' . On considère 2 tubes parallèles dans lesquels l'eau circule dans 2 directions opposées. Dans le premier tube, la vitesse de l'eau (par rapport à R') est V' , et elle est $-V'$ dans le second tube. V' correspond à la vitesse V'' mesurée dans R_T'' . On considère alors 2 rayons lumineux traversant les 2 tubes, constitués d'onde lumineuse sans différence de phase initiale, et on mesure le décalage de leur phase après leur passage dans les tubes.

Pour interpréter ce décalage, on doit interpréter l'indice de réfraction dans la T.E. D'après le Postulat 1 exposé dans l'article ⁽⁶⁾ Théorie de l'Ether, si un milieu d'indice de réfraction n est au repos dans l'espace absolu E_A , alors la vitesse absolue de la lumière V_L dans ce milieu est telle que $n=c/V_L$.

Considérant que ceci est aussi une conséquence des équations de Maxwell, et puisqu'on a vu que celles-ci étaient valides dans tout Référentiel de Lorentz R'' associé à un Référentiel Galiléen R' , on admet dans la T.E que si un milieu d'indice de réfraction n est au repos dans un Référentiel Galiléen R' , alors si V_L'' est la vitesse de la lumière mesurée dans le Référentiel de Lorentz R'' associé à R' , on a la relation:

$$n=c/V_L'' \quad (74)$$

On remarque que l'expression précédente est en accord avec le cas où le milieu est le vide, car alors $n=1$ et on a vu que la vitesse de la lumière dans R'' était égale à c .

Pour obtenir alors le décalage des phases dans l'expérience de Fizeau, on considère les Référentiels de Lorentz $R_T''(V'')$ et $R_T''(-V'')$ animés respectivement des vitesses V'' et $-V''$ par rapport au Référentiel de Lorentz R_T' , dans lesquels l'eau est immobile et donc par rapport auxquels dans la T.E comme dans la R.R la vitesse de la lumière dans l'eau est $V_{L0}=c/n_0$ (n_0 indice de réfraction de l'eau), et on obtient donc la vitesse des rayons lumineux dans R_T'' .

Et donc on obtient que dans R_T'' , le décalage final des phases est exactement le même que celui calculé dans la R.R. Or ce décalage étant calculé dans un point fixe de R_T'' , on a vu dans l'article ⁽⁶⁾ Théorie de l'Ether qu'on obtenait le même décalage en le mesurant dans R_T' au même point fixe. Il en résulte donc que la prédiction théorique de la T.E concernant l'expérience de Fizeau est identique à celle de la R.R.

On obtient facilement que la vitesse V' (en norme) de l'eau mesurée dans R_T' est approximativement égale à la vitesse V'' de l'eau mesurée dans R_T'' , car on a $V' \ll c$. Pour cela, on utilise les transformations entre R_T' et R_T'' données dans le premier article ⁽⁶⁾, et on obtient les relations entre les coordonnées de V' et celles de V'' .

Concernant les lois de l'optique géométrique, de même d'après le Postulat 1 on admet qu'elles sont vraies pour des corps immobiles dans l'Ether. Considérant la loi classique $\sin(i)=n\sin(r)$, on sait qu'on l'obtient par les équations de Maxwell, et donc celles-ci étant vraies dans un Référentiel de Lorentz R'' associé à un Référentiel Galiléen R' , la relation précédente est donc vraie pour des milieux immobiles dans R'' . Puisque de plus R' et R'' ont les mêmes coordonnées spatiales, elles sont donc

vraies dans tout Référentiel Galiléen R' . De la même façon, on obtient que les lois de l'optique géométrique sont vraies dans tout Référentiel Galiléen R' .

References

1. Max Born, *Einstein's Theory of Relativity* (Dover publication New'York 1965)
2. J.Foster, J.P Nightingale, *A short course in General Relativity* (Springer-Verlag, New-York 1994)
3. A.French, Einstein, *Le livre du centenaire* (Hier et Demain, France ,1979)
4. J.Ph Perez, N. Saint-Cricq Chery, *Relativité et Quantification*(Masson Paris 1986)
5. T.Delort, Theory of Ether, Phys.Essays, 13,573 (Dec 2000)
6. T.Delort, Théorie de l'Ether, (Janvier 2011) (version en Français réactualisée de (5) Extrait du livre *Théories d'or 10^{ième} édition*, Books on Demand , Paris (2018)).
7. T.Delort, Applications of Theory of Ether,Phys.Essays, 17 (Sept 2004)
8. Thierry Delort, *Théories d'or 10^{ième} édition* , Books on Demand, Paris (2018)).
9. Perlmutter et al,Discovery of a supernova Explosion at half the age of the Universe, Nature 391, 51-54 (1998)
10. D.J Raine and E.G Thomas, *An introduction to the science of Cosmology* (IoP 2001)
11. M.Lachieze-Rey, *Initiation à la Cosmologie*, Dunod, Paris 2000.

Titre :THEORIE DE LA MATIERE SOMBRE ET DE L' ENERGIE SOMBRE (version 3)

Auteur:Thierry DELORT

Extrait du livre Théories d'or 10^e édition, Editions Books on Demand, PARIS (2020)

Résumé:

Dans cet article, on propose un nouveau modèle de matière sombre. D'après ce nouveau modèle, la matière sombre est une substance, nouvel élément physique non constitué de particules classiques, appelé *substance sombre* et remplissant l'Univers. Supposant des propriétés physiques très simples de cette substance sombre, on justifie théoriquement la courbe de rotation plate des galaxies et la loi baryonique de Tully-Fisher. Nous étudierons ensuite d'après notre nouvelle théorie les différents modèles de distribution de matière sombre dans les galaxies et les amas, puis la vitesse des galaxies dans les amas.

Puis utilisant le nouveau modèle de la matière sombre, on est naturellement conduit à proposer un nouveau modèle géométrique d'Univers, fini, non prévu par le Modèle Standard de Cosmologie (MSC). On expose ensuite un nouveau modèle Cosmologique basé sur ce nouveau modèle géométrique et sur le Référentiel de Repos du Cosmic Microwave Background (RRC) qu'on appellera aussi *Référentiel local Cosmologique*. On propose ensuite un premier modèle mathématique d'expansion de l'Univers qui, basé comme le MSC sur la Relativité Générale, nous conduit au même Univers observable avec des prédictions théoriques identiques au MSC, puis on propose un 2^{ème} modèle mathématique d'expansion de l'Univers, beaucoup plus simple mathématiquement, avec des prédictions théoriques en accord avec les observations astronomiques, et qui donne une solution au problème de l'énergie sombre. Pour terminer on étudiera l'évolution de la température de la substance sombre dans l'Univers et on montrera l'existence d'une énergie sombre dans l'Univers d'après notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre.

Mots clés : Loi baryonique de Tully-Fisher, matière sombre, CMB, Référentiel de Repos du CMB, amas de galaxies, gravitationnel lensing, halo sombre, vitesse des galaxies, énergie sombre.

1.INTRODUCTION

La 1^{ère} partie de l'article propose une théorie de la matière sombre. Dans cette partie, nous proposons qu'un nouvel élément physique, appelé *substance sombre*, constitue la matière sombre. Cette substance sombre, d'après le modèle proposé, remplit tout l'Univers, et a des propriétés physiques proches de celles d'un gaz parfait. On montre qu'alors on peut déduire la courbe de rotation plate observée pour certaines galaxies, de façon totalement nouvelle avec une densité de matière sombre en $1/r^2$. Une expression mathématique simple de densité de matière sombre en $1/r^2$ permettant d'obtenir cette courbe de rotation plate a bien été proposée, mais il n'a pas été proposé de modèle de matière sombre permettant de justifier théoriquement cette densité en $1/r^2$. Si de plus on suppose des propriétés thermiques simples à cette substance sombre, on montre qu'on obtient la Loi baryonique de Tully-Fisher, malgré la forme très particulière de celle-ci. La théorie appelée MOND ⁽¹⁾ propose aussi une justification théorique de la courbe de rotation plate des galaxies mais elle est contraire à la loi d'attraction gravitationnelle de Newton et de plus est contredite par certaines observations astrophysiques. Nous étudierons ensuite selon notre théorie de la matière sombre les différents modèles de distribution de matière sombre dans les galaxies.

Nous montrerons ensuite comment notre Théorie de la matière sombre interprète avec succès les données expérimentales concernant la masse sombre des amas, notamment la vitesse des galaxies dans les amas et l'effet appelé gravitationnel lensing qui est la déviation de rayons lumineux, prévue par la Relativité Générale, due à la masse des amas. Nous verrons ensuite comment notre théorie de la matière sombre permet de déterminer la valeur des rayons sombres des galaxies et la densité de matière sombre dans l'Univers à l'origine de certaines anisotropies du CMB (Cosmic Microwave Background, appelé en Français « rayonnement fossile »).

On pourrait aussi appeler la substance sombre *ether-substance*, par analogie avec la Théorie pré-relativiste dans laquelle il existait une substance emplissant tout l'espace et appelée « ether ».

La Théorie de la matière sombre exposée dans cet article ne présente aucun des points faibles précédents. De plus elle est compatible avec le Modèle Standard Cosmologique (MSC). Cependant elle prévoit la possibilité d'un nouveau modèle géométrique d'Univers. Dans la 2^{ème} partie de l'article, nous proposerons un nouveau modèle Cosmologique basé sur ce nouveau modèle géométrique et sur l'interprétation physique du Référentiel de Repos du CMB (RRC) qui n'a pas d'interprétation physique dans le Modèle Standard de la Cosmologie (MSC). A cause de ses propriétés astrophysiques on appellera aussi le RRC *Référentiel local Cosmologique*. On pourra bien sûr identifier le RRC avec le Référentiel absolu appelé « Ether » dans la Théorie de l'Ether. On obtient donc que cet Ether est défini localement en tout point de l'Univers, et on pourra donc l'appeler « Ether-local ». On verra que le nouveau modèle Cosmologique conduit à des définitions des variables Cosmologiques, (notamment le temps Cosmologique et les différentes sortes de distances utilisées en Cosmologie) compatibles avec leurs définitions dans le MSC. Comme le MSC, le nouveau modèle Cosmologique est compatible avec la Relativité Restreinte et Générale (localement), puisque selon ce nouveau modèle Cosmologique, le RRC ne peut pas être déterminé par des expériences de physique usuelles mais seulement par l'observation du CMB. On verra que notre théorie de l'énergie sombre propose 2 modèles mathématiques d'expansion de l'Univers. Le 1^{er} modèle mathématique d'expansion de l'Univers est comme le MSC basé sur la Relativité Générale. On montre alors que l'Univers observable dans ce 1^{er} modèle mathématique est identique à celui prévu par le MSC s'il est observé suffisamment loin de ses frontières, c'est-à-dire que dans ce 1^{er} modèle mathématique d'expansion de l'Univers les différentes sortes de distances utilisées en Cosmologie (exprimées en fonction du décalage spectral z) et la constante de Hubble sont égales mathématiquement à celles obtenues dans le MSC.

Le second modèle mathématique d'expansion de l'Univers proposé n'est pas basé sur la Relativité Générale, mais est beaucoup plus simple. Cependant ses prédictions astrophysiques théoriques, notamment la valeur de la constante de Hubble et celle des distances Cosmologiques sont en accord avec l'observation. De plus, ce second modèle résout l'énigme de l'énergie sombre.

Enfin nous étudierons d'après notre théorie de l'énergie sombre et le 2^{ème} modèle mathématiques d'expansion de l'Univers de cette théorie l'évolution de la température de la substance sombre dans l'Univers avant et après l'apparition des galaxies, et nous verrons qu'il existe d'après la nouvelle théorie une énergie sombre dans l'Univers.

On rappelle que pour beaucoup de physiciens et d'astrophysiciens ⁽⁶⁾, les énigmes de la matière sombre et de l'énergie sombre rendent nécessaire un nouveau paradigme pour le MSC, et notre article propose un tel modèle.

Nous verrons que la théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre exposée dans cet article demeure compatible avec le MSC⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾ pour l'interprétation de la plupart des phénomènes Cosmologiques non liés à l'énergie sombre ni à la matière sombre, par exemple l'abondance des éléments primordiaux, l'apparition des particules baryoniques (pour le même z que dans le MSC), la formation et l'apparition des galaxies (pour le même z que dans le MSC), l'apparition du CMB (pour le même z que dans le MSC), l'évolution du CMB (en $1/(1+z)$)....

2. THEORIE DE LA MATIERE SOMBRE

2.1 Propriétés physiques de la substance sombre.

Comme on l'a vu dans l'Introduction, on admet le Postulat 1 suivant exprimant les propriétés physiques de la substance sombre :

Postulat 1 :

- a) Une substance, appelée substance sombre, emplit tout l'Univers.
- b) Cette substance sombre n'interagit pas avec les photons qui la traversent.
- c) Cette substance a une masse et obéit aux lois de Boyle (appelée aussi loi de Mariotte) et de Charles (appelée aussi loi de Gay-Lussac), et à la loi suivante qui est leur synthèse:

Un élément de substance sombre de masse m , de volume V , de pression P et de température T vérifie, k_0 étant une constante :

$$PV=k_0mT$$

La loi précédente est valide pour un gaz parfait donné G_0 , remplaçant k_0 par une constante $k(G_0)$, et ceci est une conséquence de l'équation universelle des gaz, qui est aussi obtenue en utilisant les lois de Boyle et Charles. Pour cette raison on l'appellera *loi de Boyle-Charles*.

On a 2 remarques conséquences de ce Postulat :

-Tout d'abord malgré son nom, la substance sombre n'est pas réellement sombre mais transparente. En effet, à cause du Postulat 1b), elle n'interagit pas avec les photons qui la traversent.

-De plus à cause du Postulat 1, ce qu'on appelle « Le vide », n'est pas vide : Il est rempli de substance sombre.

2.2 Courbes de rotations plates des galaxies.

En utilisant que la substance sombre se comporte comme un gaz parfait (Postulat 1c), on va montrer qu'une concentration sphérique de substance sombre peut constituer la matière sombre de galaxies ayant une courbe de rotation plate.

D'après le Postulat 1c), un élément de substance sombre de masse m , de volume V de pression P et de température T vérifie la loi, k_0 étant une constante :

$$PV=k_0mT \quad (1)$$

Ce qui signifie, posant $k_1=k_0T$:

$$PV=k_1m \quad (2)$$

Ou de façon équivalente, ρ étant la densité massique de l'élément:

$$P=k_1\rho \quad (3a)$$

$S(O,r)$ (sphère pleine)

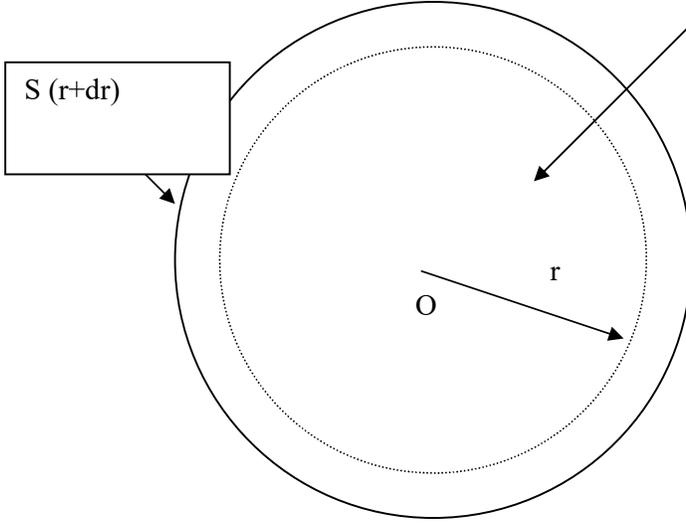


Figure 1: La galaxie concentration de substance sombre

Nous faisons maintenant l'hypothèse naturelle qu'une galaxie peut être modélisée par une concentration de substance sombre présentant une symétrie sphérique, à une température constante et homogène T.

On considère alors la surface sphérique S(r) (resp. la surface sphérique S(r+dr)) qui est la surface sphérique de rayon r (resp. r+dr) et de centre O le centre de la galaxie. S(O,r) est la sphère pleine de substance sombre de rayon r et de centre O.

La masse M(r) de S(O,r) est donnée par:

$$M(r) = \int_0^r \rho(x) 4\pi x^2 dx \quad (3b)$$

Supposant alors une symétrie sphérique, on obtient alors selon les lois de Newton ($\Sigma \mathbf{F}=0$, $\mathbf{F}_G=m\mathbf{G}$, utilisant le théorème de Gauss pour obtenir \mathbf{G}) l'équation suivante (4) de l'équilibre des forces d'un élément de substance sombre de surface dS, d'épaisseur dr, situé entre S(O,r) et S(r+dr).

$$dSP(r+dr) + \frac{G}{r^2} (\rho(r) dS dr) \left(\int_0^r \rho(x) 4\pi x^2 dx \right) - dSP(r) = 0 \quad (4)$$

Eliminant dS, on obtient l'équation:

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{G}{r^2} (\rho(r)) \left(\int_0^r \rho(x) 4\pi x^2 dx \right) \quad (5)$$

Et utilisant l'équation (3), obtenue par la loi de Boyle-Charles (Postulat 1), on obtient l'équation:

$$k_1 \frac{d\rho}{dr} = -\frac{G}{r^2} (\rho(r)) \left(\int_0^r \rho(x) 4\pi x^2 dx \right) \quad (6)$$

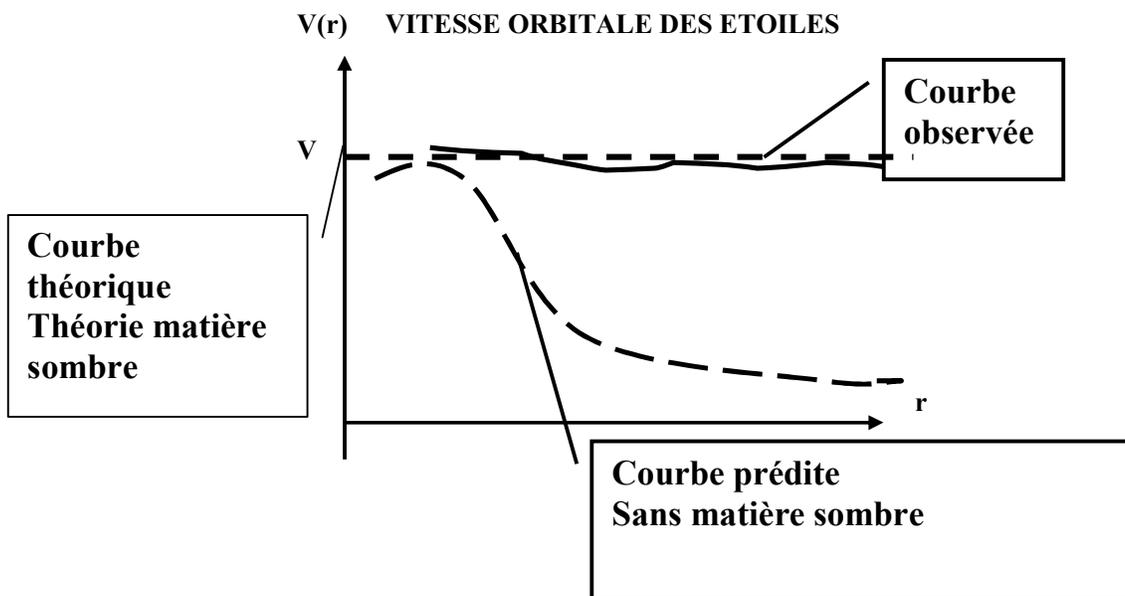
On vérifie alors que la densité de substance sombre $\rho(r)$ satisfaisant la précédente équation d'équilibre est la solution évidente:

$$\rho(r) = \frac{k_2}{4\pi r^2} \quad (7)$$

(Une densité de matière sombre en $1/r^2$ exprimée comme dans l'équation (7) a déjà été proposée pour expliquer la courbe de rotation plate des galaxies mais il n'a pas été proposé de modèle de substance sombre permettant de justifier théoriquement cette densité en $1/r^2$ ni d'obtenir la constante k_2 . Ici on donne une justification théorique de cette densité en $1/r^2$ (Equation (7)) et on va donner une expression mathématique donnant k_2 . (Equation (8)). Ceci est la conséquence de la modélisation de la substance sombre comme un gaz parfait. (Postulat 1c))

Pour obtenir k_2 , on remplace $\rho(r)$ donnée par l'expression (7) dans l'équation (6), et on voit que cette équation (6) est vérifiée pour la constante k_2 donnée par l'expression suivante :

$$k_2 = \frac{2k_1}{G} = \frac{2k_0 T}{G} \quad (8)$$



DISTANCE DES ETOILES AU CENTRE O DE LA GALAXIE
Figure 2 : Courbe de rotation des galaxies

Utilisant la précédente équation (7), on obtient que la masse $M(r)$ de la sphère $S(O,r)$ est donnée par l'expression :

$$M(r) = \int_0^r 4\pi x^2 \rho(x) dx = k_2 r \quad (9)$$

On obtient alors, négligeant la masse des étoiles dans la galaxie, que la vitesse $v(r)$ d'une étoile de la galaxie située à une distance r du centre O est donnée par $v(r)^2/r = GM(r)/r^2$ et donc on a :

$$v(r)^2 = Gk_2 r = 2k_1 r = 2k_0 T r \quad (10)$$

Donc on obtient dans la précédente équation (10) que la vitesse d'une étoile dans une galaxie est indépendante de sa distance au centre O de cette galaxie.

2.3 Loi baryonique de Tully-Fisher.

2.3.1 Rappel.

On rappelle que la loi de Tully-Fisher est la suivante :

Tully et Fisher ont réalisé des observations sur les galaxies spirales présentant une courbe de rotation plate. Ils ont obtenu que la luminosité L d'une telle galaxie spirale est proportionnelle à la 4^{ième} puissance de la vitesse v des étoiles dans cette galaxie. On a donc la Loi de Tully-Fisher pour de telles galaxies, K_1 étant une constante :

$$L=K_1v^4 \quad (11)$$

Mais dans les cas étudiés par Tully et Fisher la masse baryonique M d'une galaxie spirale est proportionnelle à sa luminosité L . On a donc dans ces cas, K_2 étant une constante :

$$M=K_2v^4 \quad (12)$$

Cette seconde forme de la loi de Tully-Fisher est appelée *Loi baryonique de Tully-Fisher*.

Les observations récentes de McGaugh ⁽²⁾ montrent que cette loi baryonique de Tully-Fisher est apparemment vraie pour toutes les galaxies ayant une courbe de rotation plate, y compris celles pour laquelle la luminosité n'est pas proportionnelle à la masse baryonique.

Nous allons voir qu'à l'aide du Postulat 1 et d'un Postulat 2 exprimant des propriétés thermiques très simples de la substance sombre (notamment son interaction avec la matière baryonique), on justifie théoriquement cette loi baryonique, malgré sa grande spécificité.

2.3.2 Hypothèse de la perte thermique quantifiée des baryons.

On a vu dans l'équation précédente (10) que dans notre modèle de substance sombre la température de la concentration de substance sombre constituant la galaxie est proportionnelle au carré de la vitesse des étoiles dans cette galaxie. Donc on doit déterminer cette température T .

-Une première idée possible est que T soit la température du CMB. Mais ceci est impossible car alors toutes les courbes de rotations de toutes les galaxies seraient identiques, ce qui est contraire à l'observation.

-Une 2^{ième} idée possible est que, dans la galaxie, chaque baryon interagit avec la substance sombre dans laquelle il est immergé, en lui transmettant une énergie calorifique. Cette énergie thermique est très faible, mais à cause de la très faible densité de la substance sombre, et des temps considérés (On rappelle que le diamètre des galaxies est de l'ordre de 100000 années lumières), il peut conduire à des températures appréciables de la concentration de substance sombre. On pourrait penser que ce transfert thermique dépend à la fois de la température du baryon et de celle de la substance sombre mais si cela était le cas il aurait été très difficile à calculer, et vraisemblablement n'aurait pas pu expliquer la très simple loi baryonique de Tully-Fisher.

Nous sommes conduit alors à l'hypothèse la plus simple mathématiquement du transfert thermique entre baryons et la substance sombre, exprimée dans la Postulat 2 (Ce Postulat donne les propriétés thermiques de la substance sombre):

Postulat 2a)

-Chaque noyau d'atome dans une galaxie est soumis à un transfert thermique vers la substance sombre dans laquelle il est immergé.

-Ce transfert thermique dépend seulement du nombre de nucléons du noyau d'atomes (indépendant donc de sa température). Si p est la puissance thermique dissipée par le noyau, n est le nombre de nucléons du noyau, on a une constante p_0 (puissance dissipée par nucléon) :

$$p=np_0 \quad (13)$$

D'après l'équation (13), la puissance totale transmise par les atomes de la galaxie vers la substance sombre est proportionnelle au nombre total de nucléons, et donc à la masse baryonique de la galaxie. Ainsi, si m_0 est la masse d'un nucléon, M étant la masse baryonique de la galaxie, la puissance thermique totale P_r reçue par la concentration de substance sombre de la part des baryons est donnée par, K_3 étant la constante p_0/m_0 :

$$P_r = (M/m_0)p_0 = K_3 M \quad (14)$$

Concernant le précédent Postulat 2a) :

-Il est possible qu'il ne soit valable que pour les atomes dont la température est supérieure à celle de la substance sombre.

-Il permet d'obtenir la très simple équation (14), et on verra que celle-ci est essentielle pour justifier la loi baryonique de Tully-Fisher.

2.3.3 Obtention de la loi baryonique de Tully-Fisher.

En accord avec le précédent modèle de galaxie, nous modélisons une galaxie comme une concentration de substance sombre présentant une symétrie sphérique, étant elle aussi une sphère, à une température homogène T et immergée dans un milieu de substance sombre intergalactique à une température T_0 et ayant une densité ρ_0 .

Pour obtenir le rayon R de la concentration de substance sombre constituant la galaxie, il est naturel de supposer la continuité de la densité $\rho(r)$: R est le rayon pour lequel la densité $\rho(r)$ de la concentration de substance sombre est égale à ρ_0 . On appellera R le *rayon sombre* de la galaxie. On a donc l'équation:

$$\rho(R) = \rho_0 \quad (15)$$

Par conséquent, d'après les équations (7) et (8) :

$$\frac{k_2}{4\pi R^2} = \rho_0 \quad (16)$$

$$\frac{2k_0 T}{G} \times \frac{1}{4\pi R^2} = \rho_0 \quad (17)$$

Donc on obtient que le rayon R de la concentration de substance sombre constituant la galaxie est donné approximativement par l'équation :

$$R = \left(\frac{2k_0 T}{4\pi G \rho_0} \right)^{1/2} = K_4 T^{1/2} \quad (18)$$

La constante K_4 étant donnée par :

$$K_4 = \left(\frac{2k_0}{4\pi G \rho_0} \right)^{1/2} \quad (19)$$

On doit considérer qu'il existe un transfert thermique entre la concentration de substance sombre à la température T et la substance sombre intergalactique qui l'entoure à la température T_0 . Le plus simple et naturel transfert est un transfert convectif classique. On admettra ceci dans le Postulat 2 :

Postulat 2b) :

Le transfert thermique entre la concentration sphérique de substance sombre constituant la galaxie (à la température T) et la substance sombre intergalactique (à la température T_0) est un transfert convectif.

On sait que si φ est le flux surfacique d'énergie thermique aux frontières de la concentration de substance sombre de rayon R , P_p étant la puissance thermique totale perdue par la concentration de substance sombre, on a l'équation:

$$P_p = 4\pi R^2 \varphi \quad (20)$$

Mais d'après la définition d'un transfert thermique convectif et d'après le Postulat 2b), on a une constante h , dépendant seulement de ρ_0 telle que :

$$\varphi = h(T - T_0) \quad (21)$$

Et donc la puissance thermique totale perdue par la concentration de substance sombre est :

$$P_p = 4\pi R^2 h(T - T_0) \quad (22)$$

On peut considérer qu'à l'équilibre la puissance thermique totale P_r reçue par la concentration de substance sombre est égale à la puissance thermique totale P_p qu'elle perd. Et donc d'après les équations (14) et (22), on a l'égalité :

$$K_3 M = 4\pi R^2 h(T - T_0) \quad (23)$$

Utilisant l'équation (18) :

$$K_3 M = 4\pi K_4^2 h T(T - T_0) \quad (24)$$

Faisant l'approximation $T_0 \ll T$:

$$M = 4\pi \frac{K_4^2}{K_3} h T^2 \quad (25)$$

On obtient donc l'expression de T , définissant la constante K_5 :

$$T = \left(\frac{K_3}{4\pi K_4^2 h} \right)^{1/2} M^{1/2} = K_5 M^{1/2} \quad (26)$$

Et donc d'après l'équation (10) :

$$v^2 = 2k_0 T = 2k_0 K_5 M^{1/2} \quad (27)$$

Donc :

$$M = \left(\frac{1}{2k_0 K_5} \right)^2 v^4 \quad (28)$$

On obtient finalement :

$$M = K_6 v^4 \quad (29)$$

La constante K_6 étant définie par:

$$K_6 = \left(\frac{1}{2k_0 K_5}\right)^2 = \frac{4\pi K_4^2 h}{4k_0^2 K_3} \quad (30)$$

$$K_6 = \frac{4\pi h}{4k_0^2 K_3} \times \frac{2k_0}{4\pi G \rho_0} \quad (31)$$

$$K_6 = \frac{m_0 h}{2k_0 G \rho_0 p_0} \quad (32)$$

On obtient donc la loi baryonique de Tully-Fisher (12) avec $K_2=K_6$. Il est naturel de supposer que h dépend de ρ_0 . La plus simple expression de h est $h=C\rho_0$, C étant une constante. Avec cette relation, K_6 est indépendant de ρ_0 , et on peut utiliser la loi baryonique de Tully-Fisher pour évaluer des distances dans l'Univers.

2.4 Temperature de la substance sombre intergalactique.

On a introduit la température T_0 de la substance sombre intergalactique. On pourrait penser que cette température est celle du CMB mais rappelons que pour obtenir la loi baryonique de Tully-Fisher, T étant la température d'une concentration de substance sombre constituant une galaxie, on a supposé $T_0 \ll T$. Et donc dans l'hypothèse précédente on serait conduit à des températures très élevées de substance sombre constituant les galaxies. Nous verrons plus loin que dans la nouvelle théorie proposée la température T_0 de la substance sombre intergalactique n'est pas égale à la température du CMB, sauf pour un décalage Cosmologique particulier z .

On peut être dans les cas suivants :

- a) La température T_0 de la substance sombre intergalactique à l'âge actuel de l'Univers (équation (21)) est très inférieure à la température du CMB.
- b) Les baryons peuvent émettre leur puissance thermique vers la substance sombre même avec une température inférieure.

On rappelle que d'après le Postulat 1b), la substance sombre n'interagit pas avec les photons et en particulier avec ceux du CMB. Elle ne reçoit donc pas de transfert thermique rayonné.

2.5 Forme de l' Univers

Les éléments de la Théorie de la matière sombre exposés précédemment, c'est-à-dire l'obtention de la courbe de rotation plate des galaxies et de la loi baryonique de Tully-Fisher sont compatibles avec le Modèle Standard Cosmologique (MSC). Nous verrons qu'il en est de même pour l'ensemble de notre Théorie de la matière sombre. Et donc notre Théorie de la matière sombre est compatible avec les différents modèles topologiques d'Univers prévus par la MSC. Cependant notre modèle de matière sombre permet la possibilité d'un nouveau modèle géométrique d'Univers très simple :

Ce modèle est une sphère emplies de substance sombre et entourée d'un milieu qu'on appellera « néant ». $R_U(t)$ étant le rayon de cette sphère au temps Cosmologique t , et $1+z$ étant le facteur d'expansion de l'Univers entre t_1 et t_2 , on a alors:

$$R_U(t_2) = (1+z) R_U(t_1) \quad (33)$$

2.6 Sphère superposée.

Considérons une concentration sphérique de substance sombre avec une densité en $1/r^2$ telle qu'on l'a définie dans les sections précédentes se déplaçant dans l'espace. On pourrait s'attendre à ce que sa vitesse et sa masse soient modifiées à cause de son déplacement soit à cause de la force d'Archimède soit à cause d'absorption ou de perte de substance sombre par la concentration de substance sombre en mouvement. Cet effet pourrait être négligeable, mais on a une justification qu'il est nul beaucoup plus intéressante.

En effet d'après notre théorie de la matière sombre, la substance sombre se comporte ou bien comme une substance matérielle ayant une densité ou bien comme le vide absolu. Pour les baryons immergés elle se comporte toujours comme le vide absolu et donc la vitesse des baryons de l'Univers n'est jamais affectée par une force d'Archimède due à la substance sombre dans laquelle ils sont immergés. D'après notre théorie, la substance sombre dans laquelle est immergée la concentration sphérique de substance sombre se comporte aussi comme le vide absolu concernant le déplacement de la sphère : Ni la vitesse ni la masse de la concentration sphérique de substance sombre ne sont modifiées à cause de son déplacement dans la substance sombre intergalactique. On dira donc aussi que la concentration sphérique de substance sombre est une *sphère superposée* à la substance sombre dans laquelle elle est immergée.

On sait que dans la théorie de la gravitation de Newton, on suppose que seule la densité baryonique existe ce qui n'est pas le cas dans notre théorie de la matière sombre et de plus dans la théorie de Newton, l'Univers est statique, ce qui n'est pas le cas non plus dans notre théorie de la matière sombre. Les équations de la mécanique Newtoniennes doivent donc être adaptées à notre théorie de la matière sombre, et nous allons voir qu'on a 3 exemples très simples d'adaptation de ces équations.

Dans la section 2.2, pour établir notre modèle de sphère superposée avec une densité de substance sombre en $1/r^2$, on a supposé qu'on avait une symétrie sphérique de centre O_{GA} centre de la sphère superposée. Or on verra que ceci n'est pas en général le cas si la sphère superposée est à l'intérieur d'un amas. Afin de pouvoir utiliser cette symétrie sphérique et de tenir compte des possibles comportements de la substance sombre, nous proposons la règle suivante d'adaptation des équations de Newton, qui peut être exacte ou vraie avec une bonne approximation :

La règle d'adaptation est la suivante :

Dans le cas d'une galaxie G_A constituée d'une sphère superposée de centre O_{GA} et de rayon R_{GA} :

a) Pour déterminer les vitesses et trajectoires des étoiles à l'intérieur de la sphère superposée dans le Référentiel d'origine O_{GA} , pour obtenir le champ gravitationnel \mathbf{G}_{GA} et le potentiel gravitationnel U_{GA} permettant d'obtenir ces vitesses et trajectoires, on prend $\rho(r)=0$ dans les équations de la mécanique Newtonienne pour $r > R_{GA}$.

b) O_{GA} est accéléré par une accélération $\mathbf{G}(O_{GA})$, $\mathbf{G}(O_{GA})$ étant défini par $\mathbf{F}_G(G_A) = m(G_A)\mathbf{G}(O_{GA})$, avec $\mathbf{F}_G(G_A)$ force gravitationnelle totale exercée sur G_A par la substance sombre dans laquelle G_A est immergée, $m(G_A)$ masse de G_A . Donc la substance sombre dans laquelle est immergée G_A agit sur G_A comme si elle était un solide.

On remarque que la règle d'adaptation précédente est équivalente à ce que l'action de la substance sombre dans laquelle est immergée la sphère superposée consiste à générer dans cette sphère un champ gravitationnel uniforme et égal à $\mathbf{G}(O_{GA})$. La règle précédente entraîne que le modèle utilisé pour obtenir une densité en $1/r^2$ dans la sphère superposée est toujours valide.

On a donc un 1^{er} exemple possible d'adaptation des équations de la mécanique Newtonienne à notre théorie de la matière sombre.

La règle d'adaptation précédente peut être exacte ou seulement avec une bonne approximation. Ceci est en totale analogie avec le cas du système solaire où on peut obtenir les équations de la trajectoire des planètes sans tenir compte de la gravitation générée par les autres étoiles de la galaxie, c'est-à-dire en prenant $\rho(P)=0$ dans les équations de Newton pour P en dehors du système solaire (Comme dans la règle d'adaptation précédente).

On a vu dans la Section 2.3 un modèle de transfert thermique convectif entre la sphère superposée à la température T et la substance sombre dans laquelle elle est immergée à la température T₀. Le flux était alors :

$$\varphi=h(T-T_0) \quad (34)$$

Il est possible que la substance sombre entourant la sphère superposée se comporte comme le vide absolu non seulement d'un point de vue gravitationnel mais aussi du point de vue thermique. Ceci nous conduit à proposer un 2^{ième} modèle de transfert thermique entre la sphère superposée et la substance sombre dans laquelle elle est immergée, avec un flux qui n'est plus exprimé par l'équation (34) mais par l'équation suivante :

$$\varphi=hT \quad (35)$$

Le flux précédent reste analogue à un transfert thermique convectif, on remarque qu'il a la forme d'un transfert convectif entre un milieu à la température T et un milieu à la température T₀=0.

Ce 2^{ième} modèle de transfert thermique est intéressant car il entraîne que la loi baryonique de Tully-Fisher qu'on a établie dans la section 2.3 demeure valide quelle que soit la température T₀ de la substance sombre dans laquelle est immergée la sphère superposée, alors que c'est vrai seulement avec la condition T₀<<T dans le 1^{ier} modèle de transfert thermique.

Il sera intéressant d'admettre qu'à l'échelle d'une étoile la densité de la substance sombre tends à l'homogénéité, n'obéissant pas aux lois de Newton.

2.7 Rayon baryonique et rayon sombre d'une galaxie.

On a vu dans la Section 2.1 que si r est la distance au centre O d'une concentration sphérique de substance sombre constituant une galaxie ayant une courbe de rotation plate, l'expression de la densité de substance sombre ρ(r) était donnée par, k₃ étant une constante (voir équation (7) dans la section 2.1, k₃=k₂/4π):

$$\rho(r) = \frac{k_3}{r^2} \quad (36)$$

Donc on obtient, M (r) étant la masse d'une sphère de centre O et de rayon r (Voir équation (9)):

$$M(r)=4\pi k_3 r \quad (37)$$

Par conséquent, v étant la vitesse d'une étoile à une distance r de O (voir équation (10)):

$$v^2 = \frac{GM}{r} = 4\pi k_3 G \quad (38)$$

Et donc :

$$k_3 = \frac{v^2}{4\pi G} \quad (39)$$

On a vu aussi que si ρ₀ est la densité locale de substance sombre intergalactique dans laquelle est immergée la concentration sphérique de substance sombre constituant la galaxie, alors le rayon R de cette concentration de substance sombre est donné par l'expression (voir équation (15)):

$$\rho(R) = \frac{k_3}{R^2} = \rho_0 \quad (40)$$

Et donc :

$$R = \sqrt{\frac{k_3}{\rho_0}} = v \sqrt{\frac{1}{4\pi G \rho_0}} \quad (41)$$

On a appelé dans une section précédente R *rayon sombre* de la galaxie considérée.

Ainsi donc, dans une galaxie pour laquelle il existe une concentration sphérique de substance sombre analogue à celle proposée (C'est-à-dire dans le cas où elle présente une courbe de rotation plate), on a 2 différents types de rayon :

La 1^{ère} sorte de rayon, appelé *rayon sombre* de la galaxie est le rayon de la concentration sphérique de substance sombre. La seconde sorte de rayon, est le rayon de la plus petite sphère contenant toutes les étoiles de la galaxie, c'est le *rayon baryonique* de la galaxie. On remarque qu'à un âge de l'Univers donné, si une galaxie possède une courbe de rotation plate, le rayon sombre de la galaxie doit être supérieur à son rayon baryonique.

2.8 Autres modèles de distribution de matière sombre dans l'Univers.

On rappelle que la substance sombre n'est pas de la matière ordinaire et n'a donc pas obligatoirement des propriétés physiques identiques à celles de la matière ordinaire. Dans cette section et aussi dans la section suivante interprétant la dynamique des amas, nous proposerons des propriétés physiques de la matière sombre, simples mais différentes de celles de la matière ordinaire, permettant d'interpréter les observations dans l'Univers liées à la matière sombre.

2.8.1 Le double comportement possible de la substance sombre.

En plus du 1^{er} modèle exposé dans la section 2.2 de distribution de substance sombre avec une densité en $1/r^2$ obtenu pour les galaxies ayant une courbe de rotation plate, on doit aussi considérer un second modèle de distribution de matière sombre avec une densité constante $\rho(r)=\rho_0$, ρ_0 densité de substance sombre dans laquelle est immergée la galaxie. En général, ρ_0 est la densité de la substance sombre intergalactique, qu'on a supposé homogène en température et en densité dans la section 2.2.

Ce 2nd modèle est la conséquence d'un comportement possible de la substance sombre qui est d'être homogène en densité.

On voit donc que la substance sombre a 2 comportements possibles : Ou bien elle est homogène en densité (dans un volume donné) en violation de l'équilibre des forces (comme par exemple la substance sombre intergalactique), ou bien sa densité obéit à l'équilibre des forces comme la matière ordinaire (comme dans notre modèle de galaxie à courbe de rotation plate).

Nous devons maintenant définir dans quels cas la substance sombre adopte tel ou tel comportement. On rappelle qu'on a admis que les galaxies à courbe de rotation plates étaient des sphères de substance sombre superposées à la substance sombre intergalactique. Ceci nous conduit à admettre l'Hypothèse a) suivante :

Hypothèse a) :

La substance sombre a une densité constante partout dans l'Univers sauf à l'intérieur de sphères superposées.

Il est attractif d'admettre qu'à l'intérieur d'une sphère superposée S, la substance sombre conserve les propriétés principales qu'elle a dans l'Univers en dehors de toute sphère superposée. C'est pourquoi on généralise l'Hypothèse a) par l'hypothèse b) pour notre modèle de substance sombre:

Hypothèse b) :

-Pour qu'il y ait une concentration locale de substance sombre dans un volume dV à l'intérieur d'une sphère superposée S (dV étant petit devant le volume de S), alors dV doit appartenir à une sphère de substance sombre S' superposée à S.

On peut se demander cependant s'il existe plusieurs niveaux de sphères superposées, c'est-à-dire s'il peut exister une sphère de substance sombre S' superposée à une autre comme dans le cas de l'Hypothèse b) précédente. L'hypothèse la plus simple serait qu'il n'en existe pas et cette hypothèse

semble être en accord avec les observations, et donc on admettra l'hypothèse c) dans notre modèle de substance sombre:

Hypothèse c) :

Il ne peut pas y avoir plusieurs niveaux de sphères superposées.

L'hypothèse a) entraîne que dans l'Univers, si une étoile n'appartient pas à une sphère superposée il n'y a pas de concentration de substance sombre dans son voisinage. Les hypothèses b) et c) entraînent que à l'intérieur d'une sphère superposée S constituant une galaxie à courbe de rotation plate, il n'y a pas de concentration locale de substance sombre, ni au voisinage des étoiles ni au voisinage des galaxies naines.

Et donc si les hypothèses b) et c) sont vraies il n'y a pas de concentration locale de substance sombre au voisinage des nuages de Magellan. Si on observait cependant que les nuages de Magellan ont une courbe de rotation plate obéissant à la loi baryonique de Tully-Fisher, cela signifierait que hypothèse c) est fautive, conservant l'hypothèse b). Cependant l'Hypothèse c) n'est pas nécessaire à notre Théorie de la matière sombre, notre justification de la loi baryonique de Tully-Fisher peut s'appliquer à une sphère de substance sombre S' superposée à une sphère de substance sombre S. Cependant selon les observations les plus récentes, ni le Grand ni le Petit nuage de Magellan ne sont des galaxies à courbe de rotation plate vérifiant la Loi baryonique de Tully-Fisher.

Nous avons une dernière hypothèse fondamentale concernant les propriétés de la substance sombre :

Hypothèse d) :

La matière baryonique n'a aucun effet sur la densité de la substance sombre, et donc on doit prendre une densité de matière ordinaire partout égale à 0 pour obtenir la densité de la substance sombre.

De même, ni la substance sombre intergalactique ni une sphère superposée de substance sombre S_A n'ont d'effet sur la densité de substance sombre d'une sphère superposée de substance sombre S_B .

On dira que la matière ordinaire et une sphère superposée de substance sombre S_A ont *un effet gravitationnel global* sur une sphère de substance sombre S_B . Cela signifiera que bien que ni la matière ordinaire ni S_A n'ont d'effet sur la densité de S_B , la force gravitationnelle qu'elles génèrent sur S_B et son point d'application, qui est le centre de gravité et donc le centre de S_B , s'obtiennent classiquement.

Une alternative à l'Hypothèse d serait qu'à l'échelle d'une étoile la tendance à l'homogénéité de la substance sombre prédomine.

Notre théorie de la matière sombre permet d'obtenir une estimation de la masse de la Voie Lactée en accord avec les mesures expérimentales.

En effet, on verra plus loin que l'étude dynamique des amas permet d'obtenir la densité de la substance sombre intergalactique ρ_0 et donc utilisant l'équation (41) une estimation du rayon du halo de la matière sombre de la Voie Lactée noté R_H , de 550000 a.l. On peut alors obtenir une estimation de la masse de la Voie Lactée $M_{V,L}$, v étant la vitesse orbitale à une distance R_H du centre de la Voie Lactée, par l'équation :

$$GM_{V,L}/R_H=v^2 \quad (41A)$$

Prenant $v \approx 205$ km/s, on obtient $M_{V,L} \approx 1540 \cdot 10^9$ M.S (Masses solaires), soit exactement la récente estimation de la NASA et de l'ESA ⁽²⁰⁾.

A l'heure actuelle, on estime la masse du Grand Nuage de Magellan (GNM), par l'observation de ses étoiles à $10 \cdot 10^9$ M.S, ce qui correspond approximativement à sa masse visible. Ceci indique que le GNM contient peu de matière sombre.

Cependant, récemment (2020), des chercheurs ⁽¹⁹⁾ ont déduit de l'observation du disque de la Voie Lactée une estimation de la masse du GNM de $100 \cdot 10^9$ M.S. Si cela était confirmé, cela impliquerait une concentration de matière sombre dans le GNM, mais l'observation de la dynamique des étoiles du GNM n'a pas confirmé cette dernière estimation.

2.8.2 La génération des sphères superposées.

Un problème intéressant est de déterminer comment sont apparues les sphères superposées. On remarque qu'on n'a pas observé de concentration de matière sombre au voisinage des étoiles planètes et des trous noirs de faible masse. Ceci signifie donc d'après les hypothèses a) et b) précédentes qu'il n'y a pas de sphères superposées au voisinage des étoiles et des trous noirs de faible masse. Et donc on doit admettre l'hypothèse e) suivante :

Hypothèse e) :

Ni les planètes, ni les étoiles ni les trous noirs de faible masse ne génèrent des sphères superposées.

Il est cependant possible que les sphères superposées soient générées par les trous noirs super massifs. Si tel était le cas, on devrait avoir un trou noir super massif au centre de chaque galaxie à courbe de rotation plate et réciproquement toute galaxie dont le centre est un trou noir super massif devrait être une galaxie à courbe de rotation plate. Il est aussi possible que les sphères superposées soient générées par les trous noirs primordiaux (C'est-à-dire formé dans l'Univers primordial), apparus lorsque l'Univers était très dense mais disparus aujourd'hui.

On a donc 2 possibilités pour la formation des sphères superposées : Ou bien elles sont générées par certains astres, comme les trous noirs super massifs, ou bien elles sont générées par des phénomènes dans l'Univers primordial.

2.8.3 La courbe de rotation des galaxies à courbe de rotation plate au voisinage de leur centre.

On rappelle qu'on a obtenu dans notre modèle des galaxies à courbe de rotation plate une densité en $1/r^2$ (r distance au centre de la galaxie). Cependant les observations montrent que la courbe de rotation n'est pas constante au voisinage de $r=0$, mais croit à partir de $v=0$ en $r=0$.

Pour justifier ceci, on a l'explication simple suivante :

On a vu précédemment que la substance sombre avait 2 comportements possibles : Ou bien elle était homogène en densité (dans un volume donné), ou bien sa densité obéissait à l'équilibre des forces comme la matière ordinaire. Pour expliquer l'allure de la courbe de rotation au voisinage de $r=0$ d'une galaxie à courbe de rotation plate, nous proposons l'explication simple suivante, Hypothèse f), dans notre modèle de substance sombre :

Hypothèse f) :

T étant une température quelconque, il existe une densité maximale $\rho_M(T)$ pour laquelle la substance sombre peut se comporter comme obéissant à l'équilibre des forces. Pour une densité supérieure ou égale à $\rho_M(T)$, la substance sombre se comporte comme une substance homogène en densité.

Avec l'hypothèse précédente f), on obtient que pour une galaxie à courbe de rotation plate, il existe une distance d_0 telle que pour $0 < r < d_0$ la densité de la substance sombre est égale à $\rho_M(T)$ et pour $r > d_0$ $\rho(r)$ décroît jusqu'à ρ_0 , densité de la substance sombre intergalactique. Pour r suffisamment grand, on obtient que $\rho(r)$ est asymptote à la courbe en $1/r^2$ obtenue dans le 1^{er} modèle sans l'Hypothèse e). On obtient bien une courbe de rotation en accord avec l'observation. Notons qu'on améliorerait le modèle en tenant compte de la matière baryonique.

Pour déterminer $\rho(r)$ avec l'hypothèse e) on procède comme suit (Sans tenir compte de la limite inférieure de $\rho(r)$ qui est égale à ρ_0):

a étant un réel positif, on définit la fonction $\rho_{Sa}(r)$ par :

(i) Pour $0 \leq r \leq a$: $\rho_{Sa}(r) = \rho_M(T)$

(ii) Pour $a < r$: $\rho_{Sa}(r)$ est solution de l'équation de l'équilibre des forces et est donc asymptotique à la courbe en $1/r^2$ établie dans le modèle sans l'Hypothèse f).

On définit alors la fonction $\rho_{Sam}(r)$ comme l'une des fonctions précédentes (unique) telle que :

- (i) Pour tout r $\rho_{sa}(r) \leq \rho_M(T)$
- (ii) a est minimal.

La solution en tenant compte de l'Hypothèse f) est alors $\rho_{sam}(r)$. De plus $d_0 = a_m$. On peut facilement adapter ce qui précède en tenant compte de la limite inférieure de la densité qui est égale à ρ_0 .

2.8.4 Le milieu inter-amas et la loi baryonique de Tully-Fisher.

Les observations astronomiques ont montré la présence dans les amas d'un plasma constitué de matière baryonique, ce plasma étant appelé milieu inter-amas. Ce milieu constitue une part importante de la masse baryonique de l'amas, en général plus importante que la masse totale des galaxies de l'amas.

Or pour obtenir la loi baryonique de Tully-Fisher dans notre Théorie de la matière sombre, on a considéré que toutes les particules baryoniques appartenant au halo sombre d'une galaxie à courbe de rotation plate transmettait de l'énergie thermique à la substance sombre constituant ce halo sombre. Et si on tenait compte de ce plasma, on n'obtiendrait plus la loi baryonique de Tully-Fisher en prenant seulement comme masse baryonique dans le halo sombre la masse visible de gaz et d'étoiles.

Nous proposons l'explication suivante : Le plasma est constitué de particules ionisées, en général hydrogène ou hélium. On obtient donc la loi de Tully-Fisher en prenant comme masse baryonique la masse des étoiles et particules visibles si on admet que si une particule baryonique est chargée, en particulier une particule ionisée, alors elle ne transmet pas d'énergie thermique à la substance sombre dans laquelle elle est immergée.

Les observations astronomiques montrent que les particules ionisées constituant le plasma ne refroidissent pas. Ceci est aussi justifié par l'explication précédente.

2.8.5 Les collisions entre matière sombre et matière baryonique.

On n'a jamais observé de collisions entre matière sombre et matière baryonique. Ceci est très bien expliqué par notre Théorie de la matière sombre : En effet d'après cette théorie la matière sombre est une substance emplissant l'espace et qui peut se comporter comme du vide. Et il est évident qu'il ne peut y avoir de collisions entre vide et matière baryonique. On rappelle que pour la même raison d'après notre Théorie de la matière sombre il n'y a pas de poussée d'Archimède s'exerçant sur les particules se déplaçant dans la substance sombre. Et donc notre Théorie de la matière sombre ne prédit aucune collision possible entre matière sombre et matière baryonique en accord avec les observations astronomiques.

2.9 Les autres observations de la matière sombre.

Il existe 2 modèles principaux a priori possibles concernant la distribution de substance sombre dans les amas. Dans le premier modèle que nous allons exposer en détail, la masse de la substance sombre observée de l'amas est très grande devant par rapport à la masse totale des halos sombres des galaxies de l'amas. Dans le 2nd modèle au contraire la masse observée de la substance sombre de l'amas est celle des halos sombres des galaxies de l'amas. On verra que nécessairement dans le 1^{er} modèle, on doit prendre en compte la masse de la substance sombre intergalactique, c'est-à-dire la substance sombre à l'extérieur des halos sombres qu'on a supposé homogène en température et en densité. Il est alors nécessaire d'admettre un double comportement possible, interagissant ou non gravitationnellement, selon sa localisation à l'intérieur ou à l'extérieur d'une concentration de matière baryonique, de la substance sombre intergalactique. Dans le 2^{ième} modèle c'est plus simple, la substance sombre a un comportement unique : Elle se comporte comme le vide absolu et n'interagit pas gravitationnellement. Les observations astronomiques détermineront le meilleur modèle.

On sait que la plupart des galaxies contenues par les amas sont des galaxies elliptiques. Si on établissait que l'ensemble des galaxies elliptiques ou la plupart d'entre elles n'ont pas de halo sombre,

c'est-à-dire ne présentent pas une densité de substance sombre en $1/r^2$, alors on pourrait s'attendre à ce que le 1^{ier} modèle soit le bon. Dans le cas contraire, ce serait le 2nd modèle. On rappelle que d'après notre théorie toutes les galaxies contiennent de la matière sombre, soit sous forme de concentration avec une densité en $1/r^2$, soit avec une densité homogène. Cette matière sombre pourrait être à l'origine de la formation des galaxies car on rappelle que les modèles de formation des galaxies font intervenir de la matière sombre.

Nous allons maintenant interpréter à l'aide de la théorie de la matière sombre que nous proposons les données expérimentales concernant les vitesses des galaxies dans les amas.

Dans le 1^{ier} modèle de distribution de matière sombre dans les amas, on prend en compte toute la masse de substance sombre contenue par l'amas, et donc ces vitesses sont déterminées par :

- La masse baryonique dans les amas (étoiles, gaz..).
- La masse des halos sombres des galaxies dans les amas.
- La masse de la substance sombre intergalactique dans les amas.

On admet d'après la section précédente que l'amas contient seulement des galaxies avec une densité de substance sombre en $1/r^2$ telles qu'on les a définis dans la section 2.1 (1^{ier} modèle de distribution de la substance sombre dans les galaxies) et des galaxies avec une densité de substance sombre constante égale à ρ_0 , ρ_0 densité de la substance sombre intergalactique (2nd modèle de distribution de substance sombre dans les galaxies).

On obtient un résultat très intéressant sur la densité moyenne des halos des galaxies dont la densité de substance sombre est en $1/r^2$:

En effet, d'après l'équation (18), pour ces galaxies le rayon du halo sombre est:

$$R_s = (2k_0 T / 4\pi G \rho_0)^{1/2} \quad (42)$$

D'après l'équation (8) :

$$k_2 = 2k_0 T / G \quad (43)$$

Donc :

$$R_s = (k_2 / 4\pi \rho_0)^{1/2} \quad (44)$$

Donc d'après l'équation (9) la masse totale du halo sombre est :

$$M_s(R_s) = \frac{k_2^{3/2}}{(4\pi \rho_0)^{1/2}} \quad (45)$$

Calculons maintenant la masse d'une sphère de même rayon R_s et de densité égale à la densité de la substance sombre intergalactique ρ_0 :

$$M_I(R_s) = \rho_0 \frac{4}{3} \pi \left(\frac{k_2}{4\pi \rho_0} \right)^{3/2} = \frac{1}{3} \frac{k_2^{3/2}}{(4\pi \rho_0)^{1/2}} \quad (46)$$

Et donc :

$$M_I(R_s) = M_s(R_s) / 3 \quad (47)$$

Et donc les halos des galaxies du 1^{ier} modèle (densité de substance sombre en $1/r^2$) ont une densité moyenne égale à $3\rho_0$, ceci quelle que soit le rayon et la température du halo sombre et donc quelle que soit la vitesse orbitale des étoiles dans la galaxie considérée.

D'après la relation précédente (47) on peut s'attendre à ce que la masse sombre dans les amas soit très supérieure à la masse baryonique des galaxies de ces amas. En effet, d'après la théorie de la matière sombre que nous proposons, on a vu que pour une galaxie du 1^{ier} modèle, R_B rayon baryonique de la galaxie, la masse sombre $M_S(R_B)$ contenue dans une sphère de centre O (O centre de la galaxie) et de rayon R_B est très grande par rapport à la masse baryonique $M_B(R_B)$. Et donc pour cette galaxie, puisque $R_B < R_S$ la masse totale du halo sombre $M_S(R_S)$ est encore plus grande par rapport à $M_B(R_B)$. Or d'après la relation (47), pour ces galaxies la densité moyenne du halo sombre est seulement 3 fois supérieure à la densité minimale de la substance sombre ρ_0 . (Puisqu'on a supposé que seules les galaxies correspondant au 1^{ier} et au 2^{ieme} modèle de distribution de substance sombre existent). Et donc on peut s'attendre à ce que la masse sombre des amas soit très supérieure à la masse baryonique des galaxies de ces amas.

Et donc, pour tout amas A de densité moyenne ρ_{mA} , on obtient si on néglige la densité de matière baryonique :

$$\rho_0 < \rho_{mA} < 3\rho_0 \quad (48)$$

Et donc la densité moyenne des amas permet d'obtenir une estimation de la densité de substance sombre intergalactique ρ_0 . De plus si A1 et A2 sont 2 amas de densité moyenne ρ_{mA1} et ρ_{mA2} avec par exemple $\rho_{mA1} < \rho_{mA2}$, on a d'après la relation précédente :

$$\rho_{mA2} < 3\rho_{mA1} \quad (49)$$

On verra que la prédiction théorique précédente est en accord avec les données expérimentales.

Il est intéressant d'introduire le volume moyen de halo sombre par galaxie correspondant au 1^{ier} modèle Vol_{SG} . Alors si les amas contiennent les mêmes modèles de la galaxies dans les mêmes proportions (Ce qui n'est pas toujours le cas), on peut exprimer la densité moyenne de l'amas ρ_{mA} comme fonction de N_A nombres de galaxies dans l'amas A et de Vol_{SG} . On obtient en effet immédiatement, puisque la densité moyenne des halos sombres correspondant au 1^{ier} modèle est égale à $3\rho_0$ (Equation (47)) et qu'ailleurs dans l'amas la densité de substance sombre est égale à ρ_0 , Vol_A étant le volume de l'amas :

$$\rho_{mA} = \frac{1}{Vol_A} [3\rho_0 N_A Vol_{SG} + \rho_0 (Vol_A - N_A Vol_{SG})] \quad (50)$$

Donc on obtient, ρ_{mAG} étant la densité moyenne du nombre de galaxies dans l'amas, $\rho_{mAG} = N_A / Vol_A$:

$$\rho_{mA} = \rho_{mAG} (2\rho_0 Vol_{SG}) + \rho_0 \quad (51)$$

De plus, $Vol_A(H)$ étant le volume des halos sombres des galaxies correspondants au 1^{er} modèle dans l'amas, puisque la densité moyenne des halos sombres correspondant au 1^{ier} modèle est égale à $3\rho_0$ (Equation (47)) et qu'en dehors de ces halos dans l'amas la densité de substance sombre est égale à ρ_0 :

$$\rho_{mA} = \frac{1}{Vol_A} [3\rho_0 Vol_A(H) + \rho_0 (Vol_A - Vol_A(H))] \quad (52)$$

$$\rho_{mA} = 2\rho_0 \frac{Vol_A(H)}{Vol_A} + \rho_0 \quad (53)$$

Un cas particulier intéressant est le cas où on a toujours pour tous les amas $\rho_{mAG} Vol_{SG} \ll 1$ ou $Vol_A(H)/Vol_A \ll 1$. Alors on a toujours $\rho_{mA} \approx \rho_0$ quel que soit ρ_{mAG} . Ceci entraîne, puisque ρ_0 dépend de z , que des amas correspondant au même z ont approximativement la même densité moyenne.

Cependant ceci n'est vraie que si on néglige la contribution de la matière baryonique dans la densité moyenne ρ_{mA} . Dans ce qui suit, toujours dans la 1^{ier} modèle de distribution de matière sombre, on supposera qu'on a en général dans les amas $Vol_A(H)/Vol_A \ll 1$, et donc $\rho_{mA} \approx \rho_0$.

Dans le 2nd modèle de distribution de substance sombre des amas, la substance sombre intergalactique n'interagit pas gravitationnellement. La densité moyenne de substance sombre interagissant gravitationnellement est donc celle prenant en compte seulement la masse des halos sombres c'est-à-dire :

$$\rho_{mA} = 3\rho_0 Vol_A(H)/Vol_A \quad (54)$$

Si dans le 2nd modèle la densité de substance sombre interagissant gravitationnellement n'est pas homogène, on peut faire l'hypothèse qu'elle présente approximativement une symétrie sphérique. A cause de cette symétrie sphérique, on pourra faire l'approximation d'une densité homogène égale à ρ_{mA} pour obtenir une relation entre la masse de l'amas, son rayon et la vitesse maximale des galaxies qu'il contient, en utilisant les 3 modèles dynamiques des amas avec une densité homogène que nous allons exposer. On peut s'attendre aussi dans le 2nd modèle à ce que ρ_{mA} soit de l'ordre de ρ_0 .

Nous allons maintenant étudier dans le 1^{ier} modèle de distribution de substance sombre 3 modèles dynamiques permettant d'obtenir des relations entre la masse des amas, la vitesse des galaxies dans ces amas et le rayon des amas. On verra que les 3 modèles ont des prédictions assez proches concernant les relations entre la masse des amas, le rayon des amas et la vitesse de dispersion ou la vitesse maximale (dans le Référentiel lié à l'amas) des galaxies dans les amas, mais cependant que le 1^{ier} modèle n'est pas compatible avec les observations astronomiques et que le 3^{iem} modèle est basé sur notre modèle de matière sombre et de plus permet d'interpréter des observations astronomiques non interprétées par le 2nd modèle. Notons que les 2 premiers modèles ne sont pas nouveaux et que le 2^{iem} modèle est en général admis dans le MSC, mais sans modèle de matière noire. Dans ce qui suit on étudiera le 1^{ier} modèle de distribution de matière sombre dans les amas et on verra que ce modèle permet d'obtenir des prédictions théoriques en bon accord avec les observations astronomiques.

Selon un 1^{ier} modèle dynamique des amas les galaxies tournent autour du centre des amas de la même façon que les planètes autour du soleil ou que les étoiles autour de la voie lactée. On appellera *modèle dynamique planétaire* des amas ce 1^{ier} modèle. On rappelle que ce modèle est contredit par les observations astronomiques.

Des observations astronomiques très importantes pour notre théorie de la matière sombre appliquée aux amas ont été réalisées concernant l'amas du Coma qu'on désignera par A4 ⁽¹⁰⁾. Des astrophysiciens ont tracé un graphe donnant pour différentes galaxies G la vitesse de récession $V_R(G)$ observée d'un point O_T proche de la terre et origine d'un Référentiel inertiel R_T dans lequel la vitesse de la terre est petite devant c , en fonction de l'angle $a(G)$ entre les droites (O_T, O_4) et (O_T, O_G) , avec O_4 centre de l'amas du Coma et O_G centre de la galaxie G (ou, de façon équivalente en fonction de $d(G) = a(G) O_T O_4$, $O_T O_4$ distance angulaire entre O_T et O_4).

D'après ce graphe, on observe que l'écart entre vitesse de récession maximale et vitesse de récession minimale est maximal pour les galaxies telles que $a(G) = 0$ (5000km/s) puis il diminue notablement.

Or ceci contredit ce 1^{ier} modèle planétaire puisque selon ce modèle pour une galaxie G telle que $a(G) = 0$ la vitesse de G est perpendiculaire à (O_T, O_G) et donc $v(G)$ devrait être proche de 0. Et

donc selon ce modèle planétaire l'écart entre vitesse de récession maximale et vitesse de récession minimale devrait augmenter avec $a(G)$. Et donc les observations concernant l'amas du Coma contredisent le modèle dynamique planétaire des amas. On verra cependant que ces observations sont interprétées par le 3^{ième} modèle dynamique des amas, en particulier les symétries du graphe précédent par rapport à l'axe O_1O_4 et par rapport à l'axe horizontal contenant O_4 , et aussi les vitesses maximales observées pour $d(G)=0$ et $d(G)=R_{A4}$, R_{A4} rayon de l'amas.

Un 2^{ième} modèle dynamique des amas possible est le modèle généralement utilisé dans le Modèle Standard de Cosmologie (MSC) ⁽⁸⁾ basé sur le théorème du Viriel. On appellera donc ce 2^{ième} modèle *modèle dynamique du Viriel* des amas.

D'après ce modèle, si σ_A est la vitesse de dispersion dans un amas A, M_A étant la masse de l'amas A et R_A son rayon :

$$\frac{GM_A}{R_A} \approx \alpha_A \sigma_A^2 \quad (56)$$

Dans l'expression précédente α_A est de l'ordre de l'unité et dépend de l'amas, on le prend souvent égal à 1 ou à 2. On peut aussi remplacer dans l'expression précédente R_A par le rayon d'Abel ⁽⁷⁾.

On remarque cependant que l'équation (55) du 1^{ier} modèle dynamique des amas et (56) du 2nd modèle semblent être approximativement en accord avec les observations astronomiques. Nous verrons que ceci est aussi le cas pour le 3^{ième} modèle dynamique des amas suivant.

Nous allons maintenant proposer un 3^{ième} modèle dynamique des amas basé sur notre modèle de matière sombre. Dans ce modèle, G_A étant une galaxie d'un amas A en un point P, on considère seulement le potentiel gravitationnel généré en P par la substance sombre. On appellera donc ce 3^{ième} modèle *modèle dynamique du potentiel sombre* des amas.

Pour obtenir dans ce 3^{ième} modèle le potentiel gravitationnel généré par la substance sombre en tout point de l'amas, il est nécessaire d'exposer les éléments de notre théorie de la matière sombre permettant de calculer le champ gravitationnel \mathbf{G} et le potentiel gravitationnel U en tout point de l'Univers. On a déjà vu 2 exemples d'adaptation des équations de la mécanique Newtonienne à notre théorie de la matière sombre (Section 2.6 et 2.8) qui sont nécessaires car dans la Théorie de la Gravitation Newtonienne seule la densité baryonique existe et il n'y a pas d'expansion de l'Univers, ce qui n'est pas le cas dans notre théorie de la matière sombre. Pour obtenir $\mathbf{G}(Q)$ et $U(Q)$ en un point Q de l'Univers par les équations de la mécanique Newtonienne, pour prendre en compte la densité de substance sombre en P, on doit distinguer le cas où P est à l'intérieur d'une concentration de matière baryonique ou si cela n'est pas le cas :

a) Supposons que P soit un point de l'Univers n'appartenant à aucune concentration de matière baryonique mais appartenant à la substance sombre intergalactique. On sait alors que la densité de substance sombre en P est égale à ρ_0 . (Voir section 2.3 et section 2.8). A cause de l'expansion de l'Univers et des propriétés de la substance sombre, on admettra qu'il doit y avoir une symétrie pour tous les points P défini comme précédemment, entraînant qu'on doit prendre $\rho(P)=0$ dans les équations de la mécanique Newtonienne pour obtenir $\mathbf{G}(Q)$ et $U(Q)$ en un point Q. C'est-à-dire que la substance sombre se comporte comme le vide absolu en P dans les équations de la mécanique Newtonienne, de façon analogue à l'exemple de la section 2.8.

Donc la règle précédente a) justifie qu'entre les amas, la substance sombre se comporte comme le vide absolu, en accord avec les observations astronomiques.

b) Si P appartient à une concentration de matière baryonique importante (amas, galaxie, étoile...), alors la symétrie précédente du a) est brisée: On doit prendre $\rho(P) = \rho_0$ (ou $\rho(P)$ est égale à la densité de la substance sombre en P) dans les équations de la mécanique Newtonienne pour obtenir $\mathbf{G}(Q)$ et $U(Q)$ en un point Q.

On a donc un 3^{ème} exemple d'adaptation des équations de la mécanique Newtonienne à notre théorie de la matière sombre, qui est dû à un effet de l'expansion de l'Univers, qui n'existait pas dans la Théorie de la gravitation de Newton.

Dans ce 3^{ème} modèle du potentiel sombre, on modélise un amas comme un système (amas idéal) ayant les propriétés suivantes :

a) L'amas est une sphère de rayon R_A , de centre O_A , contenant des galaxies et de la substance sombre, présentant une symétrie sphérique.

b) Pour obtenir \mathbf{G} et U dans l'amas, permettant d'obtenir les vitesses, trajectoires et énergies des galaxies, celles-ci étant modélisées comme des masses ponctuelles, (identifiées avec leur centre de masse), on peut considérer que l'amas a une densité homogène égale à ρ_{mA} (A cause de l'équation (53), supposant $Vol_A(H)/Vol_A \ll 1$ et négligeant la matière baryonique).

Concernant les galaxies de l'amas, vitesses et énergie étant calculées dans le Référentiel inertiel d'origine O_A centre de l'amas, celles-ci sont modélisées par les propriétés :

c) On définit pour une galaxie G_A le ratio $r(G_A)$ tel que $r(G_A) = E_T(G_A)/m(G_A)$ ($E_T(G_A)$ énergie totale de la galaxie G_A et $m(G_A)$ masse de G_A) et r_{AMax} comme étant la valeur maximale de ce ratio. Alors d'après notre modèle d'amas :

(i) Le rayon R_A de l'amas est la distance maximale possible entre une galaxie G_A de l'amas et O_A le centre de l'amas (Avec la condition $r(G_A) \leq r_{AMax}$).

(ii) Les galaxies G_A avec $r(G_A) = r_{AMax}$ ont une densité élevée (non nécessairement homogène) dans tout l'amas. C'est-à-dire qu'en tout point P de l'amas, il existe une galaxie G_A proche de P telle que $r(G_A) = r_{AMax}$. De plus dans le cas où $P = O_A$ centre de l'amas, par symétrie sphérique, \mathbf{u} étant un vecteur unitaire quelconque, il existe une galaxie G_{A0} proche de O_A telle que $r(G_{A0}) = r_{AMax}$ et de plus $\mathbf{V}(G_{A0})$ étant le vecteur vitesse de G_{A0} : $\mathbf{V}(G_{A0}) \cdot \mathbf{u} \approx V(G_{A0})$ ($V(G_{A0})$ norme du vecteur $\mathbf{V}(G_{A0})$). Ceci signifie que le vecteur $\mathbf{V}(G_{A0})$ est approximativement colinéaire à \mathbf{u} .

d) Les galaxies G_A telles que $r(G_A) = r_{AMax}$ conservent leurs énergies et leurs masses, et donc r_{AMax} est constant.

On obtient donc d'après la propriété a) de notre modèle d'amas et l'adaptation des équations de la mécanique Newtonienne à notre théorie de la matière sombre :

$$U(R_A) = -GM_A/R_A \quad (57a)$$

$$\mathbf{G}(R_A) = -GM_A/R_A^2 \mathbf{u} \quad (57b)$$

De plus, G_A étant une galaxie de l'amas à une distance r du centre de l'amas, $V(G_A)$ étant sa vitesse en norme (Dans le Référentiel inertiel de centre O_A), $m(G_A)$ étant sa masse et $U(r)$ étant le potentiel gravitationnel en r , l'énergie totale de G_A $E_T(G_A)$ est donc :

$$E_T(G_A) = (1/2)m(G_A)V(G_A)^2 + m(G_A)U(r) \quad (58)$$

De plus, appliquant le théorème de Gauss, d'après la propriété a) de notre modèle d'amas $M(r)$ étant la masse de la sphère de centre O_A et de rayon r , le champ gravitationnel $\mathbf{G}(r)$ est alors :

$$\mathbf{G}(r) = -G \frac{M(r)}{r^2} \mathbf{u} \quad (59)$$

D'après la propriété b) de notre modèle d'amas, $M(r) = (4/3)\pi r^3 \rho_{mA}$ et donc :

$$\mathbf{G}(r) = -G \frac{4}{3} \pi r \rho_{mA} \mathbf{u} \quad (60)$$

Puisque par définition $\mathbf{G} = -\text{Grad}(U)$, on obtient, C_{AU} étant une constante positive à un âge donné de l'Univers:

$$U(r) = G(4/6)\pi r^2 \rho_{mA} - C_{AU} \quad (61)$$

Cette équation peut s'écrire aussi, ($M(r)$ étant la masse de la sphère de centre O_A et de rayon r):

$$U(r) = GM(r)/2r - C_{AU} \quad (62)$$

On a donc, $M_A = M(R_A)$ étant la masse de l'amas, utilisant l'équation (57a) :

$$\frac{GM_A}{2R_A} - C_{AU} = -\frac{GM_A}{R_A} \quad (63)$$

Et donc on obtient finalement, M_A et R_A dépendant à priori de t , âge de l'Univers:

$$C_{AU} = \frac{3}{2} \frac{GM_A(t)}{R_A(t)} \quad (64)$$

Et donc on obtient, utilisant l'équation (58), pour une galaxie à une distance r de O_A :

$$\frac{1}{2} m(G_A) V(G_A)^2 + Gm(G_A) \frac{M(r)}{2r} = E_T(G_A) + m(G_A) C_{AU} \quad (65a)$$

De plus, puisque par définition dans la propriété c) de notre modèle d'amas on a défini r_{AMax} comme le ratio maximal de $E_T(G_A)/m(G_A)$, on a pour toute galaxie G_A :

$$\frac{1}{2} V(G_A)^2 + G \frac{M(r)}{2r} \leq r_{AMax} + C_{AU} \quad (65b)$$

On va considérer maintenant les cas d'une galaxie G_{A1} aux limites de l'amas ($r=R_A$) et celui d'une galaxie G_{A0} en O_A ($r=0$).

D'après la propriété c)(i) de notre modèle d'amas, le rayon R_A de l'amas est la distance maximale possible entre une galaxie G_A de l'amas et O_A centre de l'amas avec la condition $r(G_A) \leq r_{AMax}$. Considérant l'inégalité précédente (65b), on a donc pour une galaxie G_{A1} aux limites de l'amas $V(G_{A1})=0$ et :

$$G \frac{M(R_A)}{2R_A} = r_{AMax} + C_{AU} \quad (66)$$

Pour une galaxie G_{A0} au centre de l'amas ($r=0$), et telle que $r(G_{A0})=r_{AMax}$, d'après l'équation (65a) :

$$\frac{1}{2}V(G_{A0})^2 = r_{AMax} + C_{AU} \quad (67)$$

Et donc d'après l'équation (65b), $V(G_{A0})$ est égale à la vitesse maximale des galaxies dans l'amas V_{MA} . Et donc d'après les équations ((66) et (67), on obtient :

$$V_{MA}^2 = \frac{GM_A}{R_A} \quad (68a)$$

De plus d'après la propriété c) de notre modèle d'amas, \mathbf{u} étant un vecteur unitaire quelconque, il existe une galaxie G_{A0} proche de O_A telle que $r(G_{A0})=r_{AMax}$ et $\mathbf{V}(G_{A0})\cdot\mathbf{u}\approx V(G_{A0})\approx V_{MA}$. Et donc si on définit $V_{MA}(\mathbf{u})$ comme étant la valeur maximale de $\mathbf{V}(G_A)\cdot\mathbf{u}$, considérant toutes les galaxies G_A de l'amas, $V_{MA}(\mathbf{u})=V_{MA}$.

Dans les observations astronomiques, G_A étant une galaxie de l'amas, \mathbf{u} étant le vecteur unitaire de la direction d'observation, on mesure $V_T(G_A)(\mathbf{u})=\mathbf{V}_T(G_A)\cdot\mathbf{u}$, composante sur \mathbf{u} de la vitesse $\mathbf{V}_T(G_A)$, vitesse de G_A dans un Référentiel inertiel R_T d'origine O_T proche de la terre, et dans lequel la vitesse de la terre est petite devant c . On obtient alors $V_{MA}(\mathbf{u})$ par l'expression suivante, avec des notations évidentes :

$$V_{MA}(\mathbf{u})=(1/2)[\text{Max}_A(\mathbf{V}_T(G_A)(\mathbf{u}))-\text{min}_A(\mathbf{V}_T(G_A)(\mathbf{u}))] \quad (68b)$$

Etant donné que notre modèle d'amas défini par les propriétés a)b)c)d) est seulement approximatif, on introduit une constante β_A dépendant de l'amas et du vecteur \mathbf{u} , telle que, $V_{MA}(\mathbf{u})$ étant défini par l'équation précédente (68b) :

$$V_{MA}(\mathbf{u})^2 = \beta_A \frac{GM_A}{R_A} \quad (69)$$

On obtient donc aussi dans notre 3^{ième} modèle une équation analogue aux équations (55) et (56). Cependant, notre 3^{ième} modèle prévoit que la vitesse des galaxies est maximale pour les galaxies proches du centre de l'amas, en accord avec les observations astronomiques ⁽⁷⁾, ce qui n'est pas le cas du modèle du Viriel.

De plus, A_i et A_j étant 2 amas, utilisant $M_{Ai}=(4/3)\pi\rho_{mAi}R_{Ai}^3$, on obtient immédiatement, utilisant l'équation (68a) :

$$\frac{\rho_{mAj}}{\rho_{mAi}} = \left(\frac{V_{MAj}}{V_{MAi}}\right)^2 \left(\frac{R_{Ai}}{R_{Aj}}\right)^2 \quad (70a)$$

Or on a vu dans l'équation (53) que si A_i et A_j correspondent au même décalage Cosmologique z , si de plus on avait $\text{Vol}_{Ai}(H)/\text{Vol}_{Ai}\ll 1$ et $\text{Vol}_{Aj}(H)/\text{Vol}_{Aj}\ll 1$, alors ρ_{mAj}/ρ_{mAi} devait être proche de l'unité.

Considérons par exemple l'amas de la Vierge A2 ($z_2<0,01$) et l'amas du Coma A4 ($z_4<0,03$). D'après les observations astronomiques, considérant les galaxies NGC4388 et IC3258 et la vitesse maximale des galaxies par rapport au centre de l'amas considéré on peut prendre $V_{MA2}(\mathbf{u}_2)=1600$ km/s ⁽¹¹⁾. De plus on peut prendre $R_{A2}=7,3$ millions a.l ⁽¹²⁾. (Les valeurs précédentes de V_{MA2} et R_{A2} sont aussi celles données par wikipedia, « Virgo cluster »). Pour l'amas du Coma on peut prendre $V_{MA4}(\mathbf{u}_4)=2300$ km/s ⁽¹⁰⁾, et comme rayon la valeur la plus récente, donnée par wikipedia, « Coma

cluster », $R_{A4}=10$ millions a.l. On obtient alors avec les valeurs précédentes, utilisant l'équation (70a), $\rho_{mA4}/\rho_{mA2}=1,1$. L'écart avec le ratio précédent peut s'expliquer par le fait que la validité de notre modèle n'est qu'approximative. On n'a pas tenu compte du fait que la proportion de la masse totale de la matière baryonique et des halos des galaxies spirales n'est pas nécessairement la même dans les 2 amas considérés. De plus, ces 2 amas ne sont pas des amas idéaux, seul l'amas du Coma est approximativement sphérique (amas régulier) et aucun des 2 amas n'est homogène à cause de l'hétérogénéité de la matière baryonique et de la distribution des halos sombres de galaxies

Tenant compte de la validité approximative de notre modèle, on peut s'attendre à ce que le ratio donné par l'équation (70a) soit de l'ordre de l'unité ce qui est le cas.

Pour obtenir l'évolution de la masse et du rayon d'un amas, on utilise que selon la propriété d) de notre modèle d'amas, r_{AMax} se conserve. Puisque d'après l'équation (64), remplaçant t par le décalage Cosmologique z , $C_{AU}=(3/2)GM_A(z)/R_A(z)$, d'après l'équation (66) on obtient :

$$r_{AMax} = -G \frac{M_A(z)}{R_A(z)} \quad (70b)$$

Et donc puisque d'après la propriété d) de notre modèle r_{AMax} se conserve, $M_A(z)/R_A(z)$ se conserve aussi. De plus, $M_A(z)=(4/3)\pi R_A(z)^3 \rho_{mA}(z)$ avec d'après l'équation (53), supposant $Vol_A(H)/Vol_A \ll 1$, $\rho_{mA}(z) \approx \rho_0(z)$, $\rho_0(z)$ correspondant à la densité de la substance sombre intergalactique pour un Univers correspondant à un décalage Cosmologique z . Et donc d'après l'équation (70b) $M_A(z)$ et $R_A(z)$ évoluent en $1/\rho_0(z)^{1/2}$. Or on verra dans cette section que $\rho_0(z) \approx \rho_0(0)(1+z)^3$. Et donc on a :

$$\begin{aligned} M_A(z) &\approx M_A(0)/(1+z)^{3/2} \\ R_A(z) &\approx R_A(0)/(1+z)^{3/2} \end{aligned} \quad (70c)$$

Par exemple, on obtient $M_A(2) \approx M_A(0)/5$ et $M_A(1) \approx M_A(0)/3$. Ce qui veut dire que l'amas du Coma était approximativement 3 fois moins massif pour l'Univers correspondant au décalage Cosmologique $z=1$.

Le fait qu'on observe plus de matière sombre près du centre des amas s'expliquerait par le fait que les galaxies à courbe de rotation plate les plus massives sont près du centre des amas.

La densité de la substance sombre intergalactique dépend de l'âge de l'Univers. On notera $\rho_0(0)$ la densité à l'âge actuel de l'Univers ($z=0$) et $\rho_0(z)$ la densité correspondant à un décalage vers le rouge Cosmologique z . L'estimation de la densité intergalactique $\rho_0(0)$ obtenue à l'aide des modèles dynamiques des amas exposés précédemment permet d'autres prédictions théoriques confirmant la validité de notre modèle de matière sombre.

En effet d'après l'équation (18), pour une galaxie correspondant au 1^{ier} modèle, le rayon R_S de cette galaxie est donnée par, à l'âge actuel de l'Univers :

$$R_S = \left(\frac{2k_0 T}{4\pi G \rho_0(0)} \right)^{1/2} \quad (70d)$$

Et donc, v étant la vitesse orbitale des étoiles dans cette galaxie, d'après l'équation (10) :

$$R_S = \frac{v}{(4\pi G \rho_0(0))^{1/2}} \quad (70e)$$

Or notre modèle dynamique des amas permet d'obtenir une estimation de $\rho_0(0)$. Considérons par exemple le cas de la Voie Lactée. Pour obtenir $\rho_0(0)$, on applique le 3^{ieme} modèle du Potentiel sombre des amas à l'amas de la Vierge ($z < 0,01$). D'après l'équation (68) on obtient, ρ_{mA} étant la densité moyenne de l'amas A, utilisant $M_A = \rho_{mA}(4/3)\pi R_A^3$:

$$\rho_{mA} = \frac{1}{(4/3)\pi G} \frac{V_{MA}^2}{R_A^2} \quad (70f)$$

Si A est un amas avec z_A très proche de 0, avec dans l'équation (53), $Vol_A(H) \ll Vol_A$, on a alors $\rho_{mA} \approx \rho_0(0)$. On obtient, remplaçant $\rho_0(0)$ dans l'équation (70e) par ρ_{mA} donné par l'équation (70f) :

$$R_S \approx \frac{v}{\sqrt{3}} \frac{R_A}{V_{MA}} \quad (70g)$$

Prenant comme amas l'amas de la Vierge A2, avec les données expérimentales précédentes $R_2 \approx 7,3$ millions a.l, $V_{M2} \approx 1600$ km/s et $v \approx 205$ km/s on trouve un rayon sombre pour la Voie Lactée $R_{SM.W} \approx 540000$ a.l. Avec les données précédentes sur l'amas du Coma, on obtient $R_{SM.W} \approx 510000$ a.l. Ces résultats sont non seulement cohérents mais ils donnent un rayon sombre pour la Voie Lactée supérieur à la distance entre le centre de la Voie Lactée et les nuages de Magellan (Environ 250000 a.l) ⁽¹⁴⁾. Comme on l'a vu, la différence de 5% entre l'estimation utilisant les données sur l'amas du Coma est celles sur l'Amas de la Vierge peut s'expliquer par le fait que notre modèle n'est valide qu'approximativement. Le fait que seul l'amas du Coma soit approximativement sphérique nous conduit à retenir la valeur obtenue en utilisant les données de l'amas du Coma. De plus si on tient compte de la différence entre ρ_{mA4} et $\rho_0(0)$, prenant $\rho_{mA} \approx 1,2\rho_0(0)$, on obtient $R_{SM.W} \approx 550000$ a.l. On a utilisé cette valeur pour prédire la masse de la Voie Lactée en accord avec les observations les plus récentes. Tenant compte de la validité approximative de notre modèle, on peut s'attendre à ce que les différentes valeurs de R_S obtenues précédemment soient du même ordre ce qui est le cas.

On sait qu'on observe un effet appelé gravitationnel lensing, prévu par la Relativité Générale, qui est la déviation de rayons lumineux dus à la masse des amas. Puisqu'on a vu que la substance sombre entre les amas se comportait comme le vide absolu du point de vue gravitationnel, on peut appliquer la Relativité Générale pour obtenir la déviation d'un rayon lumineux par l'amas, comme si celui-ci était immergé dans le vide absolu. Il serait intéressant de comparer la masse obtenue par le gravitationnel lensing avec la masse prédite par le 3^{ième} modèle du potentiel sombre exposé précédemment.

De plus, on sait que l'étude du CMB montre l'existence d'anisotropies dues à la densité de substance sombre dans l'Univers. On peut distinguer 2 types de densité de substance sombre: Le premier type de densité est la densité de la substance sombre ayant un effet gravitationnel. Alors pour obtenir la densité moyenne de substance sombre dans l'Univers, on doit seulement prendre en compte la densité de substance sombre dans les amas On obtient alors très facilement cette densité $\rho_{mUG}(z)$ en fonction du volume de l'Univers $Vol_U(z)$, du volume total des amas $Vol_U(A)(z)$ dans l'Univers et de la densité de la substance sombre intergalactique $\rho_0(z)$ (correspondant à un décalage Cosmologique z).

$$\rho_{mUG}(z) = \rho_0(z) \frac{Vol_U(A)(z)}{Vol_U(z)} \quad (70h)$$

Le 2^{ième} type de densité moyenne dans l'Univers prend en compte toute la matière sombre de l'Univers. Nous allons maintenant obtenir cette dernière densité moyenne $\rho_{mU}(z)$.

Comme dans le cas des amas, on définit $Vol_U(z)$ volume de l'Univers correspondant au décalage z et $Vol_U(H)(z)$ le volume des halos sombres des galaxies ayant une densité de substance sombre en $1/r^2$.

On obtient alors comme on a obtenu l'équation (53), négligeant la densité due à la matière baryonique, $\rho_{mU}(z)$ étant la densité moyenne de l'Univers :

$$\rho_{mU}(z) = 2\rho_0(z)(Vol_U(H)(z)/Vol_U(z)) + \rho_0(z) \quad (70i)$$

(Si on tient compte de la substance sombre dans laquelle les halos sombres sont superposés on doit remplacer dans l'équation précédente le facteur 2 par le facteur 3)

Avec l'approximation $\text{Vol}_U(H)(z)/\text{Vol}_U \ll 1$, on obtient :

$$\rho_{mU}(z) = \rho_0(z) \quad (70j)$$

On remarque aussi que si on suppose que la masse sombre de l'Univers se conserve, puisqu'on a un facteur d'expansion $1+z$ entre l'âge de l'Univers correspondant à un décalage Cosmologique z et l'âge actuel de l'Univers :

$$\rho_{mU}(z) = \rho_{mU}(0)(1+z)^3 \quad (70k)$$

Et donc d'après l'équation (70j) :

$$\rho_0(z) = \rho_0(0)(1+z)^3 \quad (70l)$$

On a vu qu'on pouvait obtenir une estimation de $\rho_0(0)$ et donc obtenir une estimation de $\rho_0(z)$ grâce à l'équation précédente, qu'on a utilisée dans l'étude sur l'évolution des amas.

Dans ce qui précède on a supposé un Univers fini mais on généralise les équations précédentes même dans le cas d'un Univers infini.

2.10 Formation des grandes structures de l'Univers.

D'après le MSC les galaxies et les étoiles et plus généralement les grandes structures de l'Univers observées aujourd'hui se sont formées à cause d'hétérogénéités de la densité de l'Univers primordial. Cependant, si on estime les hétérogénéités baryoniques de l'Univers primordial, elles sont bien insuffisantes pour expliquer les grandes structures observées aujourd'hui. Et donc on admet dans le MSC que ces hétérogénéités en densité étaient dues à la matière sombre.

D'après notre Théorie de la matière sombre, ces hétérogénéités sont dues en généralisant notre hypothèse introduite dans la section précédente:

A cause des propriétés de la substance sombre et de l'expansion de l'Univers, dans l'Univers primordial, si un point P n'appartient pas à une concentration de matière baryonique (la densité de la substance sombre étant supposée constante et la densité de la matière baryonique est elle aussi homogène presque partout), alors on doit prendre en P dans les équations Newtoniennes de la gravitation $\rho_{SN}(P)=0$ comme densité de la substance sombre et $\rho_{BN}(P)=0$ comme densité de la matière baryonique en P .

On doit prendre dans ces équations $\rho_{SN}(P)=\rho_0$, ρ_0 étant la densité réelle de la substance sombre et $\rho_{BN}(P)=\rho_B(P)$, $\rho_B(P)$ étant la densité réelle en P de la matière baryonique si P appartient à une concentration de matière baryonique.

L'hypothèse précédente amplifie donc l'effet gravitationnel des hétérogénéités de la matière baryonique, et donc pourrait être à l'origine des grandes structures de l'Univers observées aujourd'hui.

3. NOUVEAU MODELE COSMOLOGIQUE

3.1 Introduction.

Dans la partie précédente, on a exposé une théorie interprétant l'ensemble des observations astronomiques liées à la matière sombre. On a vu aussi dans la section 2.5 que le concept de substance sombre constituant la matière sombre qu'on a introduit conduisait à la possibilité d'un Univers sphérique en expansion. Dans cette 2^{ième} partie, nous allons proposer un nouveau modèle

Cosmologique basé à la fois sur la forme géométrique de l'Univers introduit dans la 1^{ière} partie (sphérique) et sur l'interprétation physique du Référentiel de Repos du CMB (RRC). Nous verrons qu'avec ce nouveau modèle Cosmologique, on peut définir des distances qui sont totalement analogues aux distances utilisées en Cosmologie par le MSC (distance angulaire, distance luminosité, distance temps-arrière..), et aussi une constante de Hubble qui a la même signification que dans le MSC. Notons que ce nouveau modèle Cosmologique est cependant beaucoup plus simple et compréhensible que le MSC. Nous proposerons dans ce nouveau modèle Cosmologique 2 modèles mathématiques d'expansion possibles, c'est-à-dire permettant d'obtenir la valeur du décalage Cosmologique z . Le 1^{ier} modèle est basé comme le MSC sur les équations de la Relativité Générale. Comme le MSC il nécessite l'existence d'une énergie sombre, et il donne les mêmes valeurs des distances utilisées en Cosmologie et de la constante de Hubble que celles obtenues dans le MSC. Le 2nd modèle mathématique est beaucoup plus simple, mais malgré sa grande simplicité, il donne des valeurs de la constante de Hubble et des distances Cosmologiques en excellent accord avec les observations astronomiques. De plus ce 2nd modèle mathématique a la propriété remarquable de ne pas nécessiter l'existence d'une énergie sombre. Nous verrons cependant que notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre prévoit l'existence d'une énergie sombre dans l'Univers, qui est l'énergie interne de la substance sombre qu'on a introduit dans la 1^{ière} partie, et qu'on a modélisé comme un gaz parfait. Il apparaîtra que le nouveau modèle Cosmologique proposé demeure compatible avec la Relativité Restreinte et la Relativité Générale, car le Référentiel de Repos du CMB, sur lequel est basé notre le nouveau modèle Cosmologique, ne peut pas être détecté par les expériences en laboratoires usuelles de physique mais seulement par l'observation du CMB. Nous admettrons donc dans cette partie comme dans la précédente la validité de la Relativité Restreinte et celle de la Relativité Générale (localement) même si cela n'est pas la seule possibilité ⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾.

Comme dans la 1^{ière} partie, nous verrons dans cette 2^{ième} partie que le nouveau modèle Cosmologique proposé exposé dans cet article demeure compatible avec le MSC⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ pour l'interprétation de la plupart des phénomènes Cosmologiques non liés à l'énergie sombre ni à la matière sombre, par exemple l'abondance des éléments primordiaux, l'apparition des particules baryoniques (pour le même z que dans le MSC), la formation et l'apparition des galaxies (pour le même z que dans le MSC), l'apparition du CMB (pour le même z que dans le MSC), l'évolution du CMB (en $1/(1+z)$)....

3.2 Interprétation physique du RRC. Référentiels Cosmologiques local et Universel.

On rappelle que le CMB (appelé rayonnement fossile en Français) présente un effet Doppler qui s'annule mesuré dans un Référentiel appelé Référentiel de Repos du CMB (RRC). Or ce RRC n'a pas d'interprétation physique dans le MSC. Nous allons ici en donner une interprétation physique, qui permet d'obtenir un nouveau modèle Cosmologique basé aussi sur le modèle d'Univers sphérique introduit dans la section précédente. Ce nouveau modèle Cosmologique permet de définir des variables Cosmologiques (temps Cosmologique, distances utilisées en Cosmologie, Constante de Hubble) en accord avec leur définition dans le MSC. Pour obtenir la valeur du décalage Cosmologique z , ce qui est fondamental dans notre nouveau modèle Cosmologique comme dans le MSC, notre nouveau modèle Cosmologique propose 2 modèles mathématiques d'expansion. Le 1^{ier} modèle mathématique d'expansion est basé sur la Relativité Générale comme le MSC. D'après ce 1^{ier} modèle mathématique, les variables Cosmologiques, et notamment le décalage Cosmologique z , sont données par les mêmes expressions mathématiques que dans le MSC, mais pour un Univers plat car dans le nouveau modèle d'expansion de l'Univers exposé ici, l'Univers est plat. Le 2^{ième} modèle mathématique possible est beaucoup plus simple. Malgré cela ses prédictions astrophysiques théoriques sont en accord avec l'observation.

Concernant l'interprétation physique du RRC :

-Premièrement il est naturel qu'en tout point de l'Univers on puisse définir un RRC. On peut supposer alors qu'ils ont tous des axes respectivement parallèles.

-Deuxièmement on peut penser que le RRC permet de définir très simplement le temps Cosmologique, identifié à l'âge de l'Univers. La définition la plus simple serait que le temps des RRC, c'est-à-dire donné par des horloges immobiles dans le RRC, soit le temps Cosmologique. Et on verra que cette hypothèse très simple est en accord avec les observations astrophysiques. En effet, cette hypothèse entraîne que le temps Cosmologique est identique avec une très bonne approximation au temps de notre terre. En effet supposons que le temps Cosmologique est le temps du RRC. On appellera alors le RRC *Référentiel local Cosmologique* et on le désignera par R_{LC} . Considérons une Horloge H_S donnant le temps du Référentiel inertiel R_S lié au soleil et V_S la vitesse de R_S par rapport à R_{LC} . D'après la Relativité Restreinte, les transformations entre R_S et R_{LC} sont les transformations de Lorentz et donc si T_S est un temps mesuré par H_S correspondant à un temps cosmologique T_C de R_{LC} on a $T_S = T_C(1 - V_S^2/c^2)^{1/2}$. Et donc dans le cas où $V_S \ll c$, (Ce qui est le cas puisqu'on sait que V_S est de l'ordre de 300km/s) on a $T_S \approx T_C$. Et donc le temps donné par le Référentiel lié au soleil (et donc celui donné par les horloges de notre terre) est approximativement égal au temps Cosmologique. On remarque qu'il est donc complètement impossible que localement tous les Référentiels inertiels (avec des transformations de Lorentz entre eux) donnent le temps Cosmologique (âge de l'Univers) et donc il n'était pas du tout évident que le temps de notre système solaire soit le temps Cosmologique.

-Troisièmement on sait que d'après la Relativité Restreinte, la vitesse d'un photon dans le RRC où il se trouve se conserve, en vecteur et en norme. On appellera *vitesse locale* cette vitesse. Le problème est l'évolution de cette vitesse locale lorsque le photon voyage dans l'Univers. Il est clair que l'hypothèse la plus simple et la plus naturelle est que cette vitesse locale se conserve, le photon voyageant dans tout l'Univers, et donc se trouvant dans de nombreux RRC différents. Là encore on verra que cette hypothèse très simple conduit à des résultats en accord avec l'observation. En particulier on verra qu'elle permet de justifier très simplement l'effet prédit par le MSC (et illustré par l'observation) de l'expansion de l'Univers sur les longueurs d'onde des photons et la distance entre 2 photons de vitesse parallèle.

Ainsi, on exprime les propriétés physiques précédentes dans le Postulat 3 suivant :

Postulat 3 :

- a) En tout point de l'Univers on peut définir un RRC. On suppose que les RRC ont des axes respectivement parallèles.
- b) Le temps Cosmologique (identifié à l'âge de l'Univers), est donné par les horloges des RRC.
- c) La *vitesse locale* d'un photon, c'est-à-dire mesurée dans le RRC dans lequel il se trouve, se conserve en vecteur et en norme, le photon voyageant dans tout l'Univers.

Etant donné son importance en Cosmologie, on appellera aussi le RRC *Référentiel Cosmologique local*.

A cause du Postulat 3b) puisque le Référentiel inertiel lié au soleil R_S est animé d'une vitesse $v_S \ll c$ par rapport au RRC, le temps de ce Référentiel R_S , obtenu par la Relativité Restreinte, est très proche du temps du RRC qui est le temps Cosmologique, ce qui est en accord avec l'observation. Donc le Postulat 3b) justifie que le temps de R_S peut être identifié au temps Cosmologique ce qui n'avait a priori rien d'évident. On remarque que d'après les observations astronomiques, localement (C'est-à-dire près de la Voie Lactée), les vitesses locales des galaxies et des étoiles (c'est-à-dire les vitesses mesurées dans le RRC) sont petites devant c . Ceci entraîne donc que localement près de la Voie Lactée, toutes les étoiles donnent un temps proche du temps Cosmologique, à cause du Postulat 3b).

Il est naturel de supposer que la propriété précédente peut être généralisée à tout l'Univers, et donc on obtient que le temps donné par toutes les étoiles de l'Univers (et toutes les planètes) sont tous très proches du temps Cosmologique.

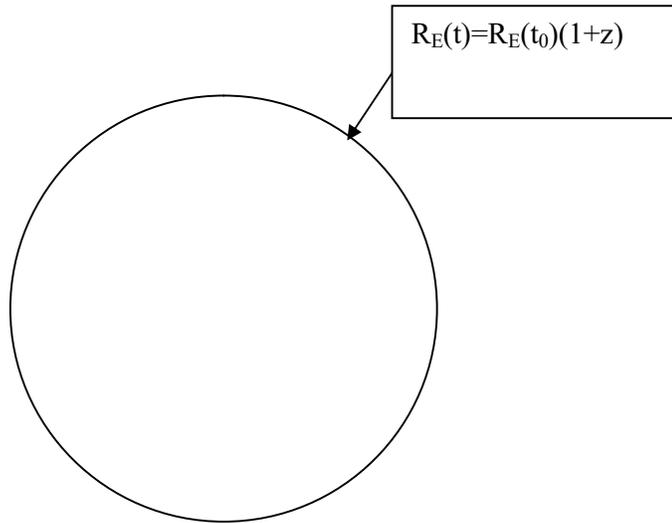


Figure 3:Le modèle sphérique de l'Univers en expansion .

Il nous faut maintenant définir complètement les RRC. On a vu dans la section précédente que l'Univers devait être d'un volume fini, et on supposera que ce volume est une sphère de centre O. On rappelle cependant qu'on peut généraliser ce qui va suivre pour de nombreux modèles d'Univers fini, avec des frontières .On suppose donc que l'Univers est une sphère en expansion de centre O, et que le rayon de cette sphère est noté $R_E(t)$, t étant le temps Cosmologique. En accord avec le MSC, on suppose $R_E(t)=R_E(t_0)(1+z)$, $1+z$ étant le facteur d'expansion de l'Univers entre t_0 et t. Nous verrons plus loin comment obtenir $1+z$.

Pour définir complètement les RRC, on introduit un nouveau type de Référentiel R_C , appelé *Référentiel Cosmologique Universe*, ayant son origine en O. Ce Référentiel Cosmologique Universel R_C sera utilisé pour définir les variables Cosmologiques. En particulier, on définit le temps de ce Référentiel R_C comme le temps Cosmologique des RRC. De plus, on suppose que ses axes sont respectivement parallèles à ceux des RRC et que localement, il donne les mêmes distances que les RRC. Cependant le Référentiel R_C a des axes permettant de mesurer toutes les distances entre 2 points quelconques de l'Univers, alors que les RRC ne définissaient que des distances locales. On verra qu'on peut exprimer toutes les distances Cosmologiques classiques (Notamment les différents types de distances utilisées en Cosmologie comme la distance comobile, la distance luminosité, la distance angulaire...) en fonction des distances dans R_C , du temps de R_C (Temps Cosmologique) et du décalage spectral dû à l'expansion z.

Nous allons maintenant définir des points particuliers très importants du Référentiel Cosmologique R_C , appelés *points comobiles* de la sphère en expansion.

On suppose que P(t) est un point de la surface de la sphère enflant, t, temps Cosmologique, $OP(t)$ demeurant dans la même direction \mathbf{u} , \mathbf{u} vecteur de R_C .

Un point comobile A(t) de la sphère en expansion est défini par :

- A(t) demeure sur le segment [O,P(t)].
- OA(t)=aOP(t), a étant une constante appartenant à [0,1] (71)

Et donc en particulier O et P(t) sont des points comobiles de la sphère en expansion. De plus, si A(t) et B(t) sont 2 points comobiles appartenant tous 2 à un rayon [O,P(t)], si t_1 et t_2 sont 2 âges de l'Univers, si $1+z=OP(t_2)/OP(t_1)$ ($1+z$ est le facteur d'expansion de l'Univers entre t_1 et t_2) alors on obtient immédiatement les 2 relations entre les 2 points comobiles:

$$A(t_2)B(t_2)=(1+z)A(t_1)B(t_1) \quad (72)$$

Et :

$$[A(t_2),B(t_2)]/[A(t_1),B(t_1)] \quad (73)$$

(On note classiquement, P,Q étant 2 points de R_C , PQ est la distance mesurée dans R_C , $[P,Q]$ est le segment d'extrémités P et Q, et (P,Q) est la droite contenant P et Q)

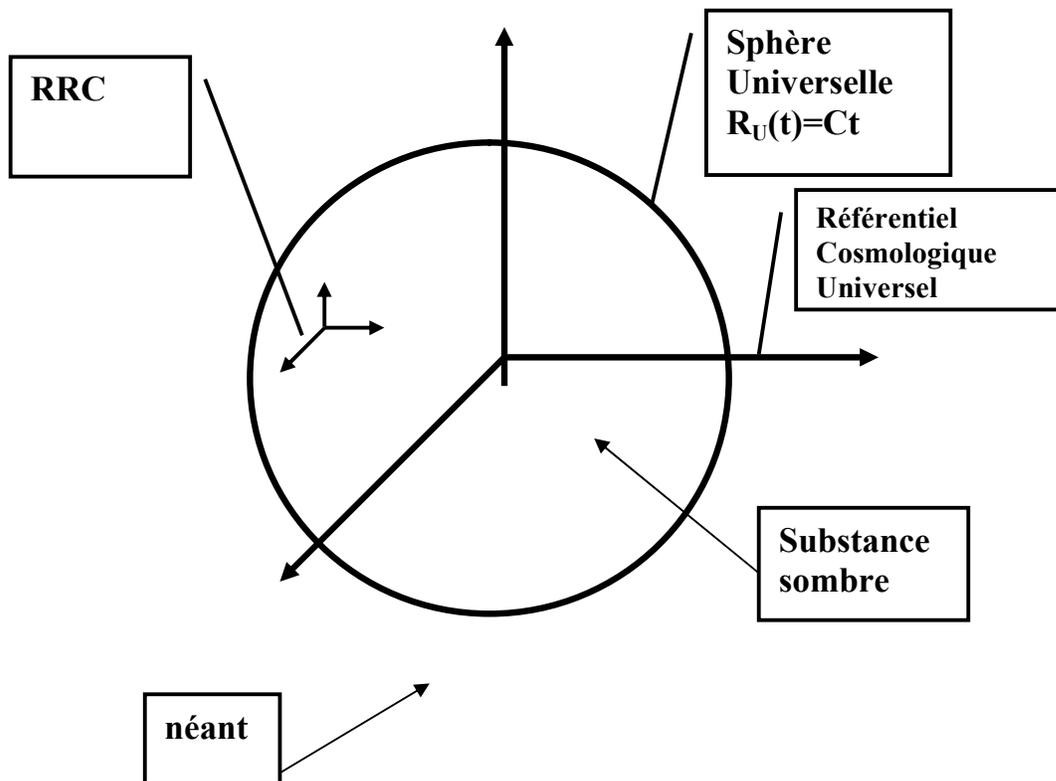


Figure 4 :Nouveau modèle Cosmologique.

Nous allons montrer qu'utilisant le Théorème de Thalès, on obtient les 2 précédentes relations (72) et (73) A(t) et B(t) étant n'importe quelle paire de points comobiles de la sphère enflant (définis par les relations (71)), n'appartenant pas nécessairement au même segment [O,P(t)].

Considérons 2 points comobiles quelconques (distincts de O) $A(t_1)$ et $B(t_1)$, à un temps Cosmologique t_1 . On suppose que $A(t)$ appartient au segment $[O,P(t)]$, $P(t)$ appartenant à la surface de la sphère en expansion, et de même $B(t)$ appartient au segment $[O,Q(t)]$.

t_2 étant un temps Cosmologique supérieur à t_1 , d'après les relations (71), $O,B(t_1)$ et $B(t_2)$ sont alignés, de même que $O,A(t_1)$ et $A(t_2)$. On considère alors le triangle $(O,A(t_2),B(t_2))$. Dans ce triangle, d'après les relations (71), $1+z$ étant le facteur d'expansion de l'Univers entre t_1 et t_2 :

$$OA(t_2)/OA(t_1)=OP(t_2)/OP(t_1)=1+z \quad (74)$$

De même :

$$OB(t_2)/OB(t_1)=1+z \quad (75)$$

Donc :

$$OA(t_2)/OA(t_1)=OB(t_2)/OB(t_1) \quad (76)$$

Appliquant la réciproque du Théorème de Thalès au triangle $(O,A(t_2),B(t_2))$ on obtient bien les relations (72) et (73):

$$A(t_2)B(t_2)=(1+z)A(t_1)B(t_1) \quad (77)$$

$$[A(t_2),B(t_2)]/[A(t_1),B(t_1)] \quad (78)$$

Les propriétés précédentes, valables pour tout couple de points comobiles, sont très remarquables et très importante dans le nouveau modèle d'expansion proposé par notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre.

On remarque que si $A(t)$ est un point comobile d'un segment $[O,P(t)]$, d'après les relations (71), si $V_P(t)$ est la vitesse de $P(t)$ mesurée dans le Référentiel Cosmologique Universel R_C et $V_A(t)$ celle de $A(t)$, avec les mêmes notations que dans la relation (71) on obtient :

$$V_A(t)=aV_P(t) \quad (79a)$$

L'introduction du concept de points comobiles de la sphère en expansion définis par les relations (71) permet de compléter la définition des RRC, dans le Postulat 4 suivant :

Postulat 4 :

a)L'Univers est une sphère en expansion.

b)Les origines des Référentiels Cosmologiques locaux (RRC) sont les points comobiles de la sphère en expansion.

Il nous faut maintenant montrer comment on obtient dans le nouveau modèle cosmologique d'expansion de l'Univers le facteur d'expansion $1+z$. Nous allons proposer 2 modèles mathématiques possibles, à l'intérieur du nouveau modèle cosmologique d'expansion de notre théorie, permettant d'obtenir $1+z$. Les 2 modèles mathématiques sont différents et ne donnent pas la même expression de $1+z$. Cependant, on verra que tous deux sont approximativement en bon accord avec les observations astronomiques. Déterminer le modèle qui a les prédictions les plus proches des observations expérimentales sera un élément pour déterminer le meilleur d'entre les 2 modèles.

Dans le 1^{ier} modèle mathématique d'expansion de l'Univers, $1+z$ est obtenu comme dans le MSC, pour un Univers plat: On applique les équations de la Relativité Générale, supposant que la densité de matière sombre, baryonique et d'énergie sombre ont la même valeur que dans le MSC et

sont homogènes dans tout l'Univers et que l'Univers est plat. Et donc dans ce 1^{ier} modèle mathématique le facteur d'expansion $1+z$ est identique à celui obtenu dans le MSC pour un Univers plat. On verra que la conséquence de ceci est que le 1^{ier} modèle mathématique prédit des distances utilisées en Cosmologie et une constante de Hubble identiques à celles prédites par le MSC, pour un observateur situé suffisamment loin des frontières de l'Univers. Notre modèle Cosmologique avec le 1^{ier} modèle mathématique d'expansion est donc très proche du MSC, mais il donne la nature de l'énergie sombre et de la matière sombre utilisées dans le MSC et de plus interprète le Référentiel de repos du rayonnement fossile.

Cependant, à priori, il est possible que le facteur d'expansion $1+z$ de l'Univers ne soit pas obtenu par les équations de la Relativité Générale. Il est possible que tout comme la vitesse de la lumière, la vitesse $V_E(t)$ des frontières de l'Univers mesurée dans le Référentiel Universel Cosmologique R_C (définie par $V_E(t)=d(R_E(t))/dt$, t temps Cosmologique) soit égale à une constante C . A priori, C n'a aucune raison d'être égale ou inférieure à la vitesse de la lumière c . En effet c'est seulement la vitesse locale des photons qui est égale à c (en norme). Et donc dans le 2nd modèle mathématique, la vitesse des frontières de la sphère mesurée dans R_C est égale à une constante C . (Nous verrons plus loin comment donner une limite inférieure à C). Et nous verrons aussi que ce 2nd modèle mathématique d'expansion, malgré sa simplicité, est en accord avec toutes les observations astrophysiques. Alors si $P(t)$ est toujours un point comobile de la surface de la sphère, on a $OP(t)=Ct$. Et donc on a une expression très simple du facteur d'expansion $1+z$: Entre t et t_0 ($t < t_0$), le facteur d'expansion $1+z$ est donné par :

$$1+z=(Ct_0)/(Ct)=t_0/t \quad (79b)$$

Dans le 1^{ier} modèle mathématique, très proche du MSC, on aurait $OP(t_0)/OP(t)=1+z(t,t_0)$, $z(t,t_0)$ décalage cosmologique entre t et t_0 obtenu par les mêmes équations que dans le MSC.

Dans notre nouveau modèle d'expansion de l'Univers on peut montrer que tout comme dans le modèle d'expansion du MSC, si 2 photons $ph1$ et $ph2$ se déplacent dans la même direction sur la même droite en direction de O origine de R_C , alors entre les temps Cosmologiques t_1 et t_2 , la distance entre les 2 photons et la longueur d'onde de chaque photon s'accroissent du facteur d'expansion entre t_1 et t_2 $1+z$. Ceci étant vrai dans les 2 modèles mathématiques d'expansion. Nous verrons plus loin qu'il est possible de remplacer O par n'importe que point comobile O' de la sphère en expansion

En effet considérons 2 photons $ph1$ et $ph2$. On prendra les notations suivantes : Au temps Cosmologique t $ph1$ se trouve au point $ph1(t)$ de R_C et $ph2$ au point $ph2(t)$ de R_C . On suppose aussi qu'au temps Cosmologique t_1 $ph1(t_1)$ coïncide avec le point comobile $A_1(t_1)$ et $ph2(t_1)$ avec le point comobile $A_2(t_1)$. On suppose donc qu'il existe un vecteur unitaire \mathbf{u} de R_C tel que $A_1(t_1)$ et $A_2(t_1)$ appartiennent au même segment $[O,P(t)]$ avec $(O,P(t))$ parallèle à \mathbf{u} et que les vitesses locales de $ph1$ et $ph2$ sont identiques et égales à $\mathbf{c}=\mathbf{c}\mathbf{u}$.

Soit $1+dz$ le facteur d'expansion de l'Univers entre t_1 et t_1+dt . On a alors, d'après les propriétés des points comobiles (77) :

$$A_1(t_1+dt)A_2(t_1+dt)=(1+dz)A_1(t_1)A_2(t_1)=(1+dz) ph1(t_1)ph2(t_1) \quad (79c)$$

De plus puisque la vitesse locale des photons est égale à c (Postulat 3):

$$A_1(t_1+dt)ph1(t_1+dt)=A_2(t_1+dt)ph2(t_1+dt)=cdt \quad (79d)$$

D'après les propriétés exprimées dans l'équation (77) des points comobiles, les vitesses locales de $ph1(t)$ et $ph2(t)$ étant aussi parallèles à \mathbf{u} , on a donc $O, A_1(t_1+dt), ph1(t_1+dt), A_2(t_1+dt), ph2(t_1+dt)$ sont alignés sur la même droite que $O, A_1(t_1)$ et $A_2(t_1)$ (de direction \mathbf{u}) et on suppose de plus qu'ils sont rangés dans cet ordre. On a alors :

$$ph1(t_1+dt)ph2(t_1+dt)=A_1(t_1+dt)ph2(t_1+dt)-A_1(t_1+dt)ph1(t_1+dt) \quad (79e)$$

$$ph1(t_1+dt)ph2(t_1+dt)=A_1(t_1+dt)A_2(t_1+dt)+ A_2(t_1+dt)ph2(t_1+dt)-A_1(t_1+dt)ph1(t_1+dt)$$

Et donc d'après l'équation (79d) :

$$ph1(t_1+dt)ph2(t_1+dt)=A_1(t_1+dt)A_2(t_1+dt) \quad (79f)$$

Et donc d'après l'équation (79c) :

$$ph1(t_1+dt)ph2(t_1+dt)=(1+dz)ph1(t_1)ph2(t_1) \quad (80a)$$

Et donc entre t_1 et t_1+dt la distance entre les photons $ph1(t_1)$ et $ph2(t_1)$ s'accroît du facteur d'expansion de l'Univers entre t_1 et t_1+dt noté $1+dz$. Il en résulte qu'entre t_1 et t_2 la distance entre les 2 photons d'accroît du facteur d'expansion de l'Univers entre t_1 et t_2 $1+z$. On a donc montré que pour les photons considérés $ph1(t)$ et $ph2(t)$:

$$ph1(t_2)ph2(t_2)=(1+z)ph1(t_1)ph2(t_1) \quad (80b)$$

Pour montrer l'effet de l'expansion sur la longueur d'onde du photon, on procède comme précédemment : On modélise le photon $ph1$ comme un système dont les extrémités sont 2 points mobiles $a(t)$ et $b(t)$, la distance $a(t)b(t)$ étant la longueur d'onde du photon. $ph1(t)$ appartenant comme précédemment à un segment $[O,P(t)]$, avec $(O,P(t))$ parallèle au vecteur unitaire u et la vitesse locale de $ph1(t)$ étant $c=cu$. On suppose alors que pour tout photon $ph1(t)$, $a(t)$ et $b(t)$ ont des vitesses locales identiques égales à la même vitesse locale c , et que $a(t)$ et $b(t)$ appartiennent aussi à $[O,P(t)]$. On procède alors exactement avec $a(t)$ et $b(t)$ comme pour $ph1(t)$ et $ph2(t)$. On obtient donc dans notre nouveau modèle d'expansion, $\lambda(t)$ était la longueur d'onde d'un photon au temps Cosmologique t , une relation analogue à (80b) :

$$\lambda(t_2)=(1+z)\lambda(t_1) \quad (80c)$$

On rappelle que les relations (80b)(80c) étaient aussi valides dans le modèle d'expansion du MSC. C'est à cause de la relation précédente (80c), valide pour tout photon d'après notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre, qu'on utilise la notation $1+z$ pour représenter le facteur d'expansion de l'Univers. On rappelle que dans la relation (80c), $\lambda(t_1)$ et $\lambda(t_2)$ doivent être mesurées dans le Référentiel Cosmologique local (Référentiel de Repos du CMB) dans lequel se trouve le photon et qui donne aussi les distances dans le Référentiel Cosmologique R_C d'après la définition de R_C .

On peut montrer plus généralement de façon analogue que si on suppose simplement que $ph1$ et $ph2$ ont la même vitesse locale en vecteur ($ph1(t)$ et $ph2(t)$ n'appartenant pas nécessairement à la même droite passant par le point O), alors entre 2 temps Cosmologiques t_1 et t_2 la distance entre $ph1(t)$ et $ph2(t)$ mesurée dans R_C s'accroît du facteur d'expansion $1+z$ entre t_1 et t_2 , (Comme dans l'équation (80c)) et de plus on a la relation $(ph1(t_2),ph2(t_2))/(ph1(t_1),ph2(t_1))$.

On remarque que pour point comobile $O'(t)$ on peut définir un Référentiel Cosmologique R_C' d'origine $O'(t)$, dont le temps est le temps Cosmologique, c'est-à-dire celui du Référentiel Cosmologique Universel R_C dont les axes sont parallèles à ceux de R_C et qui donne les mêmes distances entre 2 points (à un temps Cosmologique donné t) que le Référentiel R_C . On appellera R_C' *Référentiel Cosmologique Universel secondaire*.

Alors si $A(t)$ est un point comobile quelconque, t_1 et t_2 étant 2 temps Cosmologiques, d'après les propriétés des points comobiles (72)(73), si $1+z$ est le facteur d'expansion de l'Univers entre t_1 et t_2 :

$$O'(t_2)A(t_2)=(1+z)O'(t_1)A(t_1)$$

$$(O'(t_2), A(t_2)) // (O'(t_1), A(t_1)) \quad (81)$$

Et donc $(O'(t_1), A(t_1))$ et $(O'(t_2), A(t_2))$ sont dans la même direction d'un vecteur \mathbf{u} de R_C' .

Et donc les relations (71) (72)(73) demeurent valides, remplaçant R_C par R_C' et O par $O'(t)$. $P(t)$ est toujours un point de frontière de la sphère en expansion mais on n'a plus $O'P(t)=R_E(t)$.

Et donc on aurait pu définir les points comobiles dans R_C' de la même façon que dans R_C . Et donc les expressions des distances utilisées en Cosmologie et de la Constante de Hubble sont obtenues dans R_C' de la même façon que dans R_C .

On verra qu'on ne peut pas observer tout l'Univers de O' (Ce qui était aussi le cas dans le MSC) et que si O' est suffisamment éloigné des frontières de l'Univers, alors l'Univers observé de O' est approximativement identique à l'Univers observé de O .

3.3 Loi de Hubble-Distances utilisées en Cosmologie.

On garde les notations de la section précédente, R_C est le Référentiel Cosmologique d'origine O , centre de l'Univers sphérique. (On rappelle qu'on peut généraliser ceci en remplaçant R_C par un autre Référentiel Cosmologique R_C' ayant comme origine un autre point comobile O'). Supposons qu'un photon est émis d'un astre S en un point comobile $Q(t_E)$ à un temps Cosmologique t_E dans la direction de O et arrive au temps actuel t_0 en O . On suppose que le facteur d'expansion entre t_E et t_0 est égal à $1+z_0$.

Entre t et $t+dt$, on sait que le photon parcourt la distance locale cdt . Et donc entre t_E et t_0 la somme des distances locales parcourues sera :

$$D_T=c(t_0-t_E). \quad (82)$$

On appellera cette distance D_T , puisqu'elle a la même expression que dans le MSC, de son nom dans le MSC, c'est à dire la « distance temps-arrière » à $Q(t_E)$ car elle permet d'évaluer le temps Cosmologique s'étant écoulé depuis l'émission du photon de S .

Dans le 1^{er} modèle mathématique d'expansion de l'Univers, la prédiction théorique de D_T , entre des points au repos dans leur Référentiel Cosmologique local associé est identique à celle du MSC puisque les équations donnant D_T sont identiques (celles de la Relativité Générale).

Dans le 2nd modèle mathématique d'expansion de l'Univers défini dans la section précédente, on obtient très simplement la loi de Hubble en utilisant la distance temps- arrière définie précédemment :

En effet, d'après ce 2nd modèle et l'équation (79b), $1+z_0$ étant le facteur d'expansion de l'Univers entre t_E et t_0 :

$$1+z_0=(Ct_0)/(Ct_E)=t_0/(t_0-D_T/c). \quad (83a)$$

Quand $D_T/ct_0 \ll 1$ on obtient $z_0=D_T/ct_0$ et donc la constante de Hubble est égale à $1/t_0$. L'équation précédente (83a) est très simple et peut facilement être vérifiée. Ainsi, pour $t_0=15$ milliards d'années, on obtient que pour $z_0=0.2$, $D_T=2.4$, pour $z_0=0.3$, $D_T=3,3$, pour $z_0=0.5$, $D_T=5$ milliards d'années et pour $z_0=9$ on obtient $D_T=13.5$ milliards d'années.

Actuellement, 2 modèles existent pour l'obtention de la Constante de Hubble H : Le 1^{er} modèle, utilisant des chandelles standards constituées par des supernovae conduit à obtenir $H=73 \text{ km/sMpc}^{-1}$ (21). Le 2nd modèle, utilisant le rayonnement fossile et le modèle Λ CDM, conduit à obtenir $H=67 \text{ km/sMpc}^{-1}$ (22). Le 2nd modèle mathématique, avec $R_U(t)=Ct$ conduit à obtenir $t_0=1/H$. La 2nd valeur de H conduit à obtenir $t_0=14,4$ milliards d'années, ce qui est acceptable, et la 1^{ère} $t_0=13,4$ milliards d'années ce qui n'est pas acceptable compte tenu de l'âge des plus vieilles étoiles. Et donc si c'est cette valeur de H qui est valide, le 2nd modèle mathématique d'expansion conduit à sous-estimer

l'âge de l'Univers de 3% à 5%. Alors on devrait remplacer dans le 2nd modèle mathématique $R_U(t)=Ct$ par $R_U(t)=f(t)$, $f(t)$ très proche de Ct , mais indépendant de l'énergie sombre et de la matière sombre (Par exemple $f(t)=Ct^\alpha$, alors $t_0=\alpha/H$. Si $\alpha=1,05$, $t_0=14$ milliards d'années). Dans ce qui suit on prendra le modèle mathématique le plus simple $R_U(t)=Ct$ mais il est clair qu'on pourra généraliser les prédictions obtenues aux autres modèles mathématiques, et que dans le 1^{er} modèle proche du MSC ces prédictions seront en général identiques à celles du MSC, considérant des points au repos dans leur Référentiel local Cosmologique associé. Les 2 modèles précédents d'obtention de H donnent des résultats incompatibles et de plus ne sont pas eux-mêmes nécessairement compatibles avec le nouveau modèle Cosmologique, en particulier le 1^{er} modèle qui n'utilise ni le Référentiel Cosmologique local, ni la nouvelle expression de la distance comobile (Equation 88a).

On suppose toujours qu'un photon est émis d'un astre S en un point comobile $Q(t_E)$ à un âge de l'Univers t_E et arrive à l'origine O du Référentiel Cosmologique Universel R_C à l'âge actuel de l'Univers t_0 . On a vu dans la section 3.2 que l'on pouvait supposer que la vitesse locale de S était petite devant c , de la même façon que les vitesses locales des étoiles proches de notre galaxie (C'est-à-dire mesurées dans le Référentiel de Repos du CMB local), étaient petites devant c . Et donc si le photon émis de S au temps t_E possède la longueur d'onde λ_0 mesurée dans le Référentiel inertiel lié à S , et si ce photon atteint au temps t_0 une planète T très proche de O , T ayant une vitesse locale très petite devant c , alors si $\lambda_T(t_0)$ est la longueur d'onde de ce photon mesurée dans le Référentiel inertiel lié à la planète T (au temps t_0), d'après l'équation (80c), $1+z_0$ étant le facteur d'expansion de l'Univers entre t_E et t_0 :

$$\lambda_T(t_0) \approx \lambda_0(1+z_0) \quad (83b)$$

On peut définir les autres types de distances utilisées en Cosmologie de façon analogue au MSC. On a vu (Equation (82)) qu'on pouvait exprimer la distance temps-arrière par l'expression :

$$D_T = \int_{t_E}^{t_0} c dt \quad (84)$$

La distance locale parcourue par le photon entre t et $t+dt$ est d'après le Postulat 3 égale à $c dt$. Cette distance locale, considérée comme distance entre 2 points comobiles, s'accroît d'un facteur $1+z$ entre t et t_0 , $1+z$ étant le facteur d'expansion de l'Univers entre t et t_0 , d'après la relation (79b).

En complète analogie avec le MSC, on appelle *distance comobile* entre O et $Q(t)$ la distance entre $Q(t_0)$ et $O(t_0)$ mesurée dans le Référentiel Cosmologique Universel R_C , qui est la somme de toutes les distances locales $c dt$ accrues d'un facteur $1+z$. Soit D_C cette distance :

$$D_C = \int_{t_E}^{t_0} c(1+z) dt \quad (85)$$

De cette expression on définit la *distance-luminosité* D_L entre O et $Q(t_0)$ et la *distance angulaire* D_A entre O et $Q(t_E)$ en complète analogie avec leurs définitions dans le MSC :

$$D_L = (1+z_0) D_C \quad (86a)$$

$$D_A = D_C / (1+z_0) \quad (86b)$$

La distance D_A apparaît comme la distance mesurée dans R_C entre O et $Q(t_E)$. En complète analogie avec le MSC elle permet d'obtenir des angles dans R_C .

La distance D_L apparaît comme étant obtenue en mesurant le flux de luminosité émis par une supernova en tenant compte de l'effet de l'expansion sur la longueur d'onde des photons et sur la distance entre les photons. On a vu dans la section 3.2 (Equations (80b)(80c)) que cet effet prévu dans le MSC était aussi vrai dans notre modèle d'Univers fini en expansion.

Les expressions mathématiques des distances Cosmologiques (85)(86a)(86b) qu'on a données sont équivalentes à celles prédites dans le MSC, dans le cas d'un Univers plat.

Dans le 1^{ier} modèle mathématique d'expansion de notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre, puisque $1+z$ a la même expression mathématique que dans le MSC, ces distances utilisées en Cosmologie ont des expressions identiques à celles du MSC. Et donc on obtient aussi une constante de Hubble identique.

Dans notre 2nd modèle mathématique d'expansion de l'Univers, ces expressions sont beaucoup plus simples. D'après les équations (79b) et (85), on a dans ce 2nd modèle :

$$D_C = \int_{t_E}^{t_0} c(1+z)dt = \int_{t_E}^{t_0} c(t_0/t)dt \quad (87)$$

On obtient donc finalement l'expression très simple de la distance comobile:

$$D_C = ct_0 \text{Log}(t_0/t_E) = ct_0 \text{Log}(1+z_0). \quad (88a)$$

Là encore on peut vérifier que cette expression est en accord avec les observations astronomiques. On déduit facilement de l'équation précédente une expression très simple, dans ce 2nd modèle mathématique, des distances D_L et D_A (Equations (86)). On remarque que dans ce 2nd modèle mathématique d'expansion, d'après les expressions précédentes, on a comme dans le MSC, pour $z_0 \ll 1$:

$$D_C \approx D_T \approx D_A \approx D_L \approx cz_0 \quad (88b)$$

On sait que dans le 2nd modèle mathématique, la vitesse d'un point comobile quelconque $Q(t)$ mesurée dans le Référentiel Cosmologique Universel R_C est constante (D'après l'équation (79a) avec $V_p(t)=C$, par définition du 2nd modèle mathématique d'expansion de l'Univers). Soit V_Q cette vitesse. Alors la distance mesurée dans R_C entre O et $Q(t_0)$ (qu'on a aussi appelé distance comobile D_C) entre O et $Q(t_0)$ est aussi égale à V_{Qt_0} . Et donc, d'après l'équation (88a) :

$$V_Q = c \text{Log}(1+z_0) \quad (89)$$

On peut interpréter dans notre modèle d'expansion de l'Univers exposé plus haut l'observation de l'explosion d'une supernova de la même façon que pour le MSC en tenant compte de l'effet de l'expansion sur la longueur d'onde des photons et sur la distance entre les photons. On a vu dans la section 3.2 que cet effet prévu dans le MSC était aussi vrai dans notre modèle d'expansion (Equations (80b)(80c)). On interprète donc les observations astronomiques concernant l'explosion d'une supernova exposées dans l'article ⁽¹⁸⁾.

3.4 Limites Cosmologiques de l'Univers observable.

Dans notre modèle d'Univers fini en expansion on ne peut pas, comme c'était aussi le cas dans le MSC, observer l'Univers (Par l'observation des galaxies) avant un temps Cosmologique donné t_{OU} . Ceci entraîne que si on observe l'Univers d'un point $O'(t_0)$ suffisamment loin des frontières de l'Univers, t_0 âge actuel de l'Univers, l'Univers observable est isotrope et de plus les frontières de l'Univers ne peuvent être observées de $O'(t_0)$. Dans cette section nous allons montrer comment obtenir ce temps t_{OU} dans notre modèle d'Univers fini en expansion, et plus précisément d'après notre 2nd modèle mathématique d'expansion, beaucoup plus simple que le 1^{ier} modèle mathématique basé comme celui du MSC sur la Relativité Générale. On doit procéder de façon analogue, juste en modifiant les expressions mathématiques, pour obtenir t_{OU} d'après le 1^{ier} modèle mathématique d'expansion de l'Univers.

On conserve dans notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre l'hypothèse admise dans le MSC d'un âge sombre de l'Univers durant lequel la lumière ne peut se propager dans l'Univers. Soit t_D la fin de cet âge sombre. Il est évident que t_{OU} doit être supérieur à t_D . De plus, les galaxies ne peuvent être observées avant le temps Cosmologique t_G ou apparaissent les premières galaxies. Il existe une autre limite d'observation pour l'Univers dans notre modèle d'Univers fini en expansion. Ceci est très clair dans notre second modèle :

D'après l'équation (89), puisque V_Q est forcément inférieure à C , on a :

$$C \geq c \text{Log}(1+z_0) \quad (90)$$

Et donc avec les notations de la section précédente:

$$t_0/t_E = 1+z_0 \leq \exp(C/c) \quad (91)$$

Ce qui veut dire que l'Univers ne pourra être observé avant le temps t_I défini par (On rappelle que t_0 est l'âge actuel de l'Univers) :

$$t_I = t_0 \exp(-C/c) \quad (92)$$

Donc d'après notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre, t_{OU} , temps Cosmologique minimal pour que l'Univers puisse être observé, est le temps Cosmologique le plus grand entre t_D, t_G et t_I . De plus si $t_{OU} > t_I$, on ne peut observer les frontières de l'Univers de O .

Notons que l'équation (90) permet de donner une limite inférieure à la constante C du 2nd modèle mathématique d'expansion: Puisqu'on a mesuré des décalages spectraux $z=10$, cela veut dire que $C > 2,3c$. Si on prend $C=10c$, on obtient t_I de l'ordre de 1million d'années.

On doit utiliser une méthode analogue pour obtenir n'est pas située en O mais en un autre point comobile $O'(t)$. Alors seulement t_I est modifié, dépendant de la distance minimale de $O'(t)$ aux frontières de l'Univers.

3.5 Cosmic Microwave Background.

De la même façon que dans le MSC, on admet l'apparition d'un CMB (appelé « rayonnement fossile » en Français) à un temps Cosmologique proche du Big-Bang (Le Big-Bang correspondant à un temps Cosmologique égal à 0). De la même façon que dans le MSC, en tenant compte de l'effet de l'expansion sur la longueur d'onde des photons et sur la distance entre les photons (On a vu dans la section 3.2 que cet effet prévu dans le MSC était aussi vrai dans notre modèle d'expansion (Equations (80b)(80c)), on obtient dans le modèle d'expansion de notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre que si ce rayonnement fossile apparaît au temps Cosmologique t_{IRF} , correspondant à la température initiale du rayonnement fossile T_{IRF} , alors en un temps Cosmologique t supérieur à t_{IRF} , si le facteur d'expansion entre t_{IRF} et t est égal à $1+z$, alors le rayonnement fossile à t est celui d'une température $T_{R.F}(t) = T_{IRF}/(1+z)$. (Ceci est obtenu de la même façon que dans le MSC, puisque la densité de photons est divisée par $(1+z)^3$, puisque le rayon de l'Univers $R_E(t)$ s'accroît d'un facteur $1+z$, et que la longueur d'onde des photons s'accroît d'un facteur $1+z$ (Equation (80c)). Et donc notre modèle est en accord avec l'observation CMB correspondant à un grand décalage spectral z ⁽³⁾.

Si on admet qu'à l'apparition du rayonnement fossile ($z \approx 1500$), la température de ce rayonnement était égale à celle de la substance sombre emplissant l'Univers, on obtient l'isotropie observée actuellement de ce rayonnement fossile, sans introduire le phénomène d'inflation, car on a admis que la substance sombre intergalactique était homogène en température.

La grande nouveauté de notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre concernant le CMB, est que d'après cette interprétation, le Référentiel de Repos du CMB est totalement défini, ainsi que ses propriétés physiques, qui apparaissent comme étant fondamentales. Et que les propriétés physiques admises dans notre interprétation physique du RRC donnent des prédictions en accord avec les observations astrophysiques. Comme on l'a vu dans notre Introduction, on interprète dans notre

théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre les anisotropies du CMB de la même façon que dans le MSC.

Il est important de se demander ce que devient un photon arrivant sur les frontières de l'Univers. Il pourrait être absorbé, mais cela n'est pas la seule hypothèse possible. L'hypothèse la plus simple serait qu'il soit réfléchi, en prenant une vitesse locale opposée (en vecteur) à celle qu'il avait en atteignant la frontière. Avec cette dernière hypothèse on pourrait s'attendre à voir les images réfléchies de galaxies sur les frontières de l'Univers. Mais on a plusieurs explications possibles au fait que cela ne soit pas le cas :

Supposons que t_0 soit l'âge actuel de l'Univers, t_1 le temps Cosmologique le plus petit de l'Univers qu'on peut observer à cause de la finitude de l'Univers (voir la section 3.4), t_G le temps absolu où les galaxies sont apparues, et t_D la fin de l'âge sombre, c'est-à-dire de l'âge de l'Univers où la lumière des galaxies n'était pas transmise. On sait que t_D est de l'ordre du milliard d'années et t_0 de 15 milliards d'années. t_G est aussi de l'ordre du milliard d'années.

On obtient facilement que si $t_G > t_1$ ou $t_1 < t_D$ alors on ne peut observer la réflexion d'images de galaxies sur les frontières de l'Univers. En effet dans le 1^{ier} cas les photons réfléchis arrivent en O après t_0 , et dans le 2^{iem} cas les photons réfléchis sont absorbés dans l'âge sombre.

3.6 Contribution dipolaire du CMB.

On sait que dans le MSC ⁽⁷⁾, on a les fluctuations de température suivantes pour le rayonnement fossile :

$$\left(\frac{\Delta T}{T}\right) = \frac{1}{4\pi} \sum_l l(2l+1)C_l \quad (93)$$

On conservera cette expression dans notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre. Cependant dans cette interprétation, $l=1$ est la contribution dipolaire, correspondant au mouvement de notre terre par rapport au RRC. Cette contribution dipolaire est donc complètement interprétée dans notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre, ce qui n'était pas le cas dans le MSC pour lequel le Référentiel de Repos du CMB n'avait pas d'interprétation physique.

3.7 Lien entre le CMB et la température de la substance sombre intergalactique.

On a vu que d'après le nouveau modèle Cosmologique, l'Univers était une sphère remplie de substance sombre, entourée d'un milieu appelé « néant » (Voir Section 2.5). Par analogie avec les concentrations sphériques de substance sombre étudiées dans la 1^{iere} partie, il est possible qu'il existe un transfert thermique convectif entre cette sphère et le néant. Le flux surfacique convectif serait alors de la forme $F = h_n T_0(t)$, $T_0(t)$ étant la température de la substance sombre intergalactique au temps Cosmologique t . Généralisant l'analogie avec le cas des concentrations sphériques de substance sombre, on obtient l'équation d'équilibre thermique avec K_3 constante (K_3 donné par l'Equation (14)), M_B masse baryonique de l'Univers, $R_E(t)$ rayon de l'Univers à l'âge t de l'Univers, d'après le Postulat 2a), dans la section 2.3 :

$$K_3 M_B = 4\pi R_E(t)^2 (h_n T_0(t)) \quad (94a)$$

Cependant, pour obtenir l'équation précédente on a supposé l'existence d'un transfert thermique convectif entre la sphère Universelle emplie de substance sombre et le néant (Alors qu'il est possible que ce transfert soit nul) et de plus on a négligé les autres facteurs énergétiques agissant sur la température de la substance sombre intergalactique (Ce qui n'est peut être pas une approximation valide. Nous étudierons dans la section suivante l'ensemble de ces facteurs énergétiques).

On remarque que si on avait comme dans l'obtention de la loi de Tully-Fisher une constante C_2 telle que $h_n = C_2 \rho_0(t)$, alors d'après l'équation (94a) on obtiendrait que la température $T_0(t)$ augmenterait avec t . Ceci est impossible avec le 1^{ier} modèle de transfert thermique exposé dans la

section 2.3, mais est possible avec le 2nd modèle de transfert thermique exposé dans la section 2.6. Mais si on suppose h_n constante, alors on obtient d'après l'équation (94a) que $T_0(t)$ évolue alors en $1/(1+z)^2$, $(1+z)$ facteur d'expansion de l'Univers. Dans notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre, on admet comme dans le MSC que le rayonnement fossile est apparu pour z de l'ordre de 1500. Si on suppose que pour cette valeur de z , CMB et substance sombre intergalactique avaient la même température, on obtient qu'actuellement, c'est-à-dire à un temps Cosmologique de 15 milliards d'années, la température de la substance sombre intergalactique est 1500 fois plus faible que celle du CMB, ce qui est une valeur acceptable avec le 1^{er} type de transfert thermique et justifie notre hypothèse de la section 2.3 exprimant que cette température de la substance sombre intergalactique est négligeable par rapport à la température de concentrations de substance sombre constituant les galaxies avec une courbe de rotation plate (voir section 2.1).

L'hypothèse de l'égalité entre la température initiale du CMB et celle de la substance sombre intergalactique entraîne, puisqu'on a supposé que cette dernière était homogène, l'homogénéité initiale de la température du CMB (Et donc l'isotropie du CMB observée du système solaire à l'âge actuel de l'Univers), sans avoir besoin pour l'expliquer du phénomène d'inflation, comme c'était nécessaire dans le MSC.

3.8 Energie sombre de l'Univers.

On a vu dans la 1^{ère} partie de notre théorie sur la matière sombre que selon cette théorie, l'Univers était rempli d'une substance sombre pouvant être modélisée comme un gaz parfait (Section 2.1). Il est donc naturel de considérer que cette substance sombre, comme un gaz parfait, possède une énergie interne, qu'on peut identifier à une énergie sombre présente dans tout l'Univers.

Nous rappelons l'équation (94a), avec M_B masse baryonique dans l'Univers, $R_U(t)$ rayon de l'Univers à un âge t de l'Univers, $T_0(t)$ température de la substance sombre intergalactique au temps Cosmologique t et K_3 constante définie dans l'équation (14) :

$$K_3 M_B = 4\pi R_U(t)^2 h_n T_0(t) \quad (94b)$$

Comme on l'a remarqué dans la section précédente, si on prend h_n constant, $T_0(t)$ évolue alors en $1/(1+z)^2$.

Pour obtenir $T_0(t)$ par l'équation précédente, on a donc tenu compte ni de l'évolution de l'énergie interne de la substance sombre intergalactique, ni de l'énergie interne perdue à cause de la dilatation du volume de la substance sombre intergalactique, celle-ci étant modélisée comme un gaz parfait. On appellera 1^{er} *modèle d'évolution de la température de la substance sombre* le modèle précédent. On remarque que dans la section 3.7 on a supposé sa validité seulement pour $z < 1500$, et non juste après le Big-Bang.

Considérons donc un 2^{ème} *modèle d'évolution de la température de la substance sombre* dans lequel au contraire, on néglige l'énergie transférée des baryons vers la substance sombre (énergie qui est évidemment nulle avant l'apparition des baryons), et aussi l'énergie perdue aux frontières de l'Univers par le transfert convectif défini plus haut, devant la variation d'énergie interne de la substance sombre et aussi l'énergie perdue sous forme de travail de la substance sombre. On suppose que dans ce 2nd modèle, la substance sombre est homogène dans tout l'Univers, en densité et en température, parce qu'on est avant l'apparition des galaxies ($z > 1500$). Donc la substance sombre obéit à la loi de Boyle-Charles (Postulat 1), et de plus on admet qu'elle obéit à la loi de Joule pour les gaz parfaits c'est-à-dire qu'il existe une constante K_{ES} telle que $T(t)$ étant la température de la substance sombre, M_S la masse totale de la substance sombre et $U(T(t))$ étant l'énergie interne totale de la substance sombre, à un âge de l'Univers égal à t :

$$U(T(t)) = K_{ES} M_S T(t) \quad (95)$$

De plus, l'énergie perdue sous forme de travail par la substance sombre ayant la pression P , pour une variation de volume dV est égale à :

$$dW=-PdV \quad (96)$$

On suppose dans ce 2^{ième} modèle d'évolution de la température que la transformation est adiabatique réversible. On peut donc appliquer la loi de Laplace : Il existe une constante γ telle que, V étant le volume de l'Univers pour une température T à un âge t de l'Univers et V_1 pour une température T_1 à un âge t_1 de l'Univers :

$$TV^{\gamma-1}=T_1V_1^{\gamma-1} \quad (97)$$

Et donc si $1+z$ est le facteur d'expansion de l'Univers entre t_1 et t , $V(t)=(1+z)^3V_1(t_1)$ et :

$$T(t)=T(t_1)/(1+z)^{3(\gamma-1)} \quad (98)$$

Dans un 3^{ième} modèle d'évolution de la température de la substance sombre intergalactique, on tient compte de toutes les formes d'énergie perdue ou gagnées par la substance sombre, celle-ci étant toujours modélisée comme un gaz parfait. Cependant, on considère que la substance sombre est homogène dans tout l'Univers, on ne tient pas compte des halos des galaxies ayant une courbe de rotation plate, et on a vu que ceci était justifié car le volume de ces halos est très petit devant le volume de l'Univers. On notera $T(t)$, $P(t)$ et $V(t)$ les température, pression et volume de la substance sombre à un âge t de l'Univers. On prendra les notations suivantes :

$dW(t,t+dt)$ est l'énergie reçue sous forme de travail (négative) par la substance sombre de l'Univers entre t et $t+dt$.

$dE_{TF}(t,t+dt)$ est l'énergie reçue par la substance sombre (négative) sous forme de transfert thermique entre la substance sombre et le néant entre t et $t+dt$. $R_U(t)$ étant le rayon de l'Univers à un âge t de l'Univers, on a vu (équation (94a)) :

$$dE_{TF}(t,t+dt)=(-h_nT(t))(4\pi R_U(t)^2)dt \quad (99)$$

$dE_{TB}(t,t+dt)$ est l'énergie reçue par la substance sombre par les baryons (positive) (Equation (14) et (94b)), $M_B(t)$ étant la masse totale des baryons, entre t et $t+dt$:

$$dE_{TB}(t,t+dt)=K_3M_B(t)dt \quad (100)$$

Alors l'équation d'équilibre de l'énergie reçue et perdue par la substance sombre de l'Univers entre t et $t+dt$ est :

$$dU(t,t+dt)=dW(t,t+dt)+dE_{TF}(t,t+dt)+dE_{TB}(t,t+dt) \quad (101)$$

On rappelle que d'après la loi de Boyle-Charles, M_S étant la masse totale de la substance sombre (supposée constante) :

$$P(t)V(t)=k_0M_S T(t) \quad (102)$$

Et, $R_U(t)$ étant le rayon de l'Univers, $V(t)=(4/3)\pi R_U(t)^3$, $d(R_U(t))=dzR_U(t)$, et donc $dV(t)=4\pi R_U(t)^3 dz$ ($1+dz$ facteur d'expansion de l'Univers entre t et $t+dt$), et donc $dV(t)/V(t)=3dz$, et donc :

$$dW(t,t+dt)=-PdV(t)=-k_0M_S T(t)(dV(t)/V(t)) \quad (103a)$$

$$dW(t,t+dt)=-3k_0M_S T(t)dz \quad (103b)$$

On obtient donc l'équation d'équilibre, équation différentielle en $T(t)$, puisque dz et $R_U(t)$ s'expriment en fonction de t :

$$d(K_{ES}M_S T(t)) = -3k_0 M_S T(t) dz - h_n T(t) (4\pi R_U(t)^2) dt + K_3 M_B(t) dt \quad (104a)$$

$$K_{ES} M_S (dT(t)/dt) = -3k_0 M_S T(t) (dz/dt) - h_n (4\pi R_U(t)^2) T(t) + K_3 M_B(t) \quad (104b)$$

On montre facilement que comme pour les gaz parfaits avec les notations précédentes, le paramètre γ utilisé dans l'équation de Laplace (97) s'exprime par :

$$\gamma = 1 + k_0 / K_{ES} \quad (105)$$

Et donc par analogie avec les gaz parfaits usuels, k_0 devrait être de l'ordre de K_{ES} . A l'aide de l'équation précédente (104b), on peut exprimer les conditions de validité du 1^{ier} modèle d'évolution de la température de la substance sombre, où on a négligé la variation d'énergie interne et le travail reçu par la substance sombre. Ces conditions sont :

$$-K_{ES} M_S (dT(t)/dt) \ll K_3 M_B(t)$$

$$-K_{ES} M_S (dT(t)/dt) \ll h_n (4\pi R_U(t)^2) T(t)$$

$$3k_0 M_S T(t) (dz/dt) \ll K_3 M_B(t)$$

$$3k_0 M_S T(t) (dz/dt) \ll h_n (4\pi R_U(t)^2) T(t) \quad (106)$$

Les conditions pour que le 2^{ième} modèle d'évolution de la température de la substance sombre soit valide sont les conditions inverses (remplaçant « \ll » par « \gg »).

3.9 Evolution de la température de la substance sombre-2nd modèle d'expansion.

Nous allons considérer l'application de la section précédente dans le cas du 2nd modèle d'expansion de l'Univers, c'est-à-dire avec $R_U(t) = Ct$ (C constante), et donc entre t et $t+dt$, $1+dz = (t+dt)/t$, donc $dz = dt/t$.

On remarque que dans le 1^{ier} modèle d'évolution de la température de la substance sombre on avait $T(t)$ évoluait en $1/(1+z)^2$ donc en $1/t^2$. Dans le 2nd modèle d'évolution de la température, $T(t)$ évoluait en $1/(1+z)^{3(\gamma-1)}$ avec $\gamma > 1$, et donc dans les 2 cas $T(t)$ évolue en $1/t^p$, avec $p > 0$. Or dans ce cas, on obtient donc que pour t tend vers l'infini les fonctions $T(t)$ et $(dT(t)/dt)/T(t)$ tendent toutes deux vers 0.

Et donc pour t assez grand, on obtient immédiatement que les relations (106) sont valides et donc on peut appliquer le 1^{ier} modèle d'évolution de la température.

Au contraire pour t tend vers 0, les fonctions $T(t)$ et $(dT(t)/dt)/T(t)$ tendent vers l'infini et donc pour t assez petit (proche du Big-Bang), l'inverse des relations (106) sont valides et on peut appliquer le 2^{ième} modèle d'évolution de la température.

3.10 Energie sombre des particules baryoniques.

On a vu dans la section 3.8 que d'après notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre il existait dans tout l'Univers une énergie sombre qu'on pouvait identifier à l'énergie interne de la substance sombre. Or nous allons voir dans cette section qu'il est très possible, selon notre théorie, que les particules baryoniques possèdent aussi une énergie sombre, c'est-à-dire une énergie qui ne puisse pas être détectée par les expériences en laboratoire classiques. Ceci n'est cependant pas une hypothèse nécessaire à notre théorie.

On a défini dans le Postulat 1 la loi de Boyle-Charles pour un élément de substance sombre à la pression P , dans un volume V , à une température T et de masse m , k_0 étant une constante :

$$PV = k_0 m T \quad (107)$$

Utilisant la loi précédente et la loi de Newton de la gravitation, on a obtenu l'équation (10), valable pour les galaxies présentant une courbe de rotation plate. En particulier pour la voie lactée, T_{MW} étant la température du halo sombre de la voie lactée et v_{MW} étant la vitesse orbitale des étoiles dans la voie lactée, on a l'équation :

$$v_{MW}^2 \approx 2k_0 T_{MW} \quad (108)$$

Et donc prenant $v_{MW} \approx 2.10^5$ m/s on obtient $k_0 T_{MW} \approx 2.10^{10}$ U.S.I .

Comparons l'équation (107) avec l'équation analogue valable pour l'hydrogène modélisé comme un gaz parfait. On sait qu'il existe une constante k_H telle que pour un élément d'hydrogène de masse m_H , de volume V , à la température T et à la pression P :

$$PV = k_H m_H T \quad (109)$$

On sait que pour une mole d'hydrogène, pour $T = T_K = 273^\circ K$, $V = 20.10^{-3}$, $P = 10^5$ Pa, $m_H = 10^{-3}$ kg, on a :

$$k_H T_K \approx PV/m_H = 10^5 \times 20.10^{-3} \times 10^3 = 2.10^6 \text{ U.S.I} \quad (110)$$

Si on suppose que la substance sombre et l'hydrogène obéissent à la loi de Joule, on obtient donc que l'énergie interne d'un kg d'hydrogène à la température T_K est de l'ordre de $k_H T_K$ c'est-à-dire de 2.10^6 Joules alors que l'énergie interne d'un kg de substance sombre appartenant au halo de la voie lactée est de l'ordre de $k_0 T_{MW}$ c'est-à-dire de 2.10^{10} Joules, et donc cette dernière énergie est très supérieure à la première (On utilise l'équation (105), avec comme pour les gaz parfaits usuels, k_0/K_{ES} de l'ordre de l'unité). Considérant cette importante différence d'énergie, on doit considérer un 2^{ième} modèle possible de transfert énergétique des baryons vers la substance sombre, permettant une puissance transmise beaucoup plus importante qu'une puissance thermique correspondant à une diminution quasi imperceptible de la température de la matière baryonique. Dans ce 2^{ième} modèle, l'énergie transmise est de *l'énergie sombre*. Les particules baryoniques contiennent une quantité très importante d'énergie sombre, mais celle-ci n'intervient pas dans la masse des particules utilisées dans les expressions de l'énergie de repos $E = mc^2$ ou de l'énergie potentielle $E_p = mU$. On ne peut donc pas la détecter par des expériences en laboratoire classiques. D'après notre théorie, pour que la section 2.3 permettant d'obtenir la loi baryonique de Tully-Fisher demeure valide, la puissance d'énergie sombre transmise a la même expression très simple que dans le 1^{er} modèle :

$$P_r = K_{3S} M \quad (111)$$

Avec M masse baryonique considérée et K_{3S} constante. p_{0S} étant la puissance d'énergie sombre perdue par nucléon et m_0 étant la masse d'un nucléon on obtient $K_{3S} = p_{0S}/m_0$. L'existence d'une énergie sombre pour les baryons est très attractive car non seulement elle permet théoriquement la transmission d'une énergie des baryons vers la substance sombre beaucoup plus importante que de l'énergie thermique, mais aussi elle justifie que cette énergie transmise est indépendante de la température des baryons et de la température de la substance sombre à laquelle ceux-ci transmettent l'énergie.

Cependant, l'existence d'une énergie sombre pour les particules baryoniques n'est pas une hypothèse nécessaire à notre théorie de la matière sombre. En effet d'après notre modèle d'évolution de la température de la substance sombre (Section 2.8), on peut s'attendre à ce que la température des concentrations de substance sombre soit initialement très élevée, égale à la température de la substance sombre intergalactique, et ensuite décroît jusqu'à atteindre sa température finale. Et donc la variation d'énergie interne des concentrations de substance sombre est très lente, et est par conséquent compatible avec une puissance thermique très faible émise par les baryons vers la substance sombre.

3.11 Détermination du centre de l'Univers.

Un problème est de savoir si on peut déterminer le centre de l'Univers, c'est-à-dire le centre O de la sphère Universelle en expansion. Si l'Univers était homogène (au sens Cosmologique) cela semblerait impossible dans l'état de la Théorie de la matière sombre exposée dans cet article mais il est possible que certains astres soient répartis de façon non homogènes en présentant une symétrie sphérique (au sens Cosmologique) par rapport à un unique point O. Alors O sera obligatoirement le centre de l'Univers. Et donc si on découvre de tels astres, on aura déterminé le centre de l'Univers.

Par exemple on sait que les quasars observés sont tous au minimum à 2,5 milliards d'années lumière. L'explication actuelle est que tous les quasars ont disparu il y a 2,5 milliards d'années. Mais on peut déduire des observations la masse et la luminosité, c'est-à-dire la puissance émise par les quasars, et donc à partir de celles-ci la durée de vie des quasars et notamment celle des plus proches à 2,5 milliards d'années-lumière. Si cette estimation conduit à l'existence de quasars à l'âge de l'Univers actuel, alors c'est que l'explication donnée actuellement est fautive, que l'espace n'est pas homogène et que nous sommes proche du centre de l'Univers.

3.12 Dynamique des amas.

D'après notre modèle de la substance sombre dans les amas on sait que le Référentiel dans lequel on a obtenu les vitesses des galaxies est le Référentiel dans lequel la substance sombre intergalactique est au repos qui est naturellement identifié avec le Référentiel Local Cosmologique dans lequel se trouve l'amas. Notons $R_{LC}(A)$ ce Référentiel pour un amas A. Considérons une galaxie G dans un amas A qu'on observe dans une certaine direction D_{obs} , et soit V_G la composante (ou la projection) de la vitesse de la Galaxie mesurée dans $R_{LC}(A)$ sur la direction de l'observation de l'amas D_{obs} . (V_G est obtenue en faisant la moyenne des composantes des vitesses sur la direction d'observation des étoiles constituant la galaxie). Le décalage spectral de la galaxie observée dans la direction D_{obs} et mesuré dans $R_{LC}(A)$ est donc alors $z_{AG}=V_G/c$. (Effet Doppler longitudinal classique. On néglige l'Effet Doppler transversal)

Si $R_{LC}(T)$ est le Référentiel local Cosmologique dans lequel se trouve la terre, d'après notre nouveau modèle Cosmologique, on mesure dans $R_{LC}(T)$ un décalage spectral pour la galaxie G de $z_{TG}=(1+z_C)z_{AG}$, avec z_C décalage spectral Cosmologique. z_{AG} est la moyenne z_{eAGm} des décalages spectraux des étoiles de G définis comme z_{AG} et z_{TG} est la moyenne des décalages spectraux z_{eTGm} des étoiles de G définis comme z_{TG} . On a avec des notations évidentes $z_{AG}=(z_{eAGmax}+z_{eAGmin})/2$ et $z_{TG}=(z_{eTGmax}+z_{eTGmin})/2$. On obtient z_{TG} de la façon suivante :

Supposons qu'on connaisse la longueur d'onde λ d'un photon caractéristique émis par une étoile dans un Référentiel dans lequel elle est au repos. C'est notamment le cas si on connaît un spectre des fréquences caractéristique de l'étoile au repos. La vitesse de la galaxie G ayant comme composante V_G dans la direction D_{obs} , la longueur d'onde moyenne des photons mesurée dans $R_{LC}(A)$ et observée dans la direction d'observation D_{obs} est égale à $\lambda_m'=\lambda(1+z_{AG})$. Mesurée dans $R_{LC}(T)$ cette longueur d'onde moyenne devient $\lambda_m''=\lambda(1+z_{AG})(1+z_C)$. On obtient alors :

$$z_{TG}=\lambda_m''-\lambda(1+z_C) \quad (112)$$

On rappelle que λ_m'' et λ peuvent être obtenus expérimentalement.

Dans le cas où $V_G=0$, on obtient $z_{AG}=0$ et donc $z_{TG}=0$.

Or on peut déterminer les galaxies pour lesquelles $V_G=0$: On considère le graphe sur lequel on représente pour toute galaxie G V_G en fonction de la distance D_G entre la galaxie G et l'axe d'observation. V_G est obtenue par $V_G=c z_{AG}=c z_{TG}/(1+z_C)$. De tels graphes ont déjà été réalisés et on en a déjà utilisé un pour vérifier l'accord entre l'observation et notre théorie de la matière sombre relative à des amas. Nous proposons ici une autre vérification sous un nouvel aspect. En effet, d'après notre modèle de substance sombre dans les amas les galaxies avec $V_G=0$ correspondent à celles telles que (D_G, V_G) appartient au segment perpendiculaire à la direction de l'observation qui sur le graphe est le plus large et correspond à la largeur de l'amas. Ce segment sépare de plus le graphe en 2 parties égales.

On peut donc obtenir z_C en utilisant que pour les galaxies telles que $V_G=0$ on a $\lambda_m''=\lambda(1+z_C)$.

En utilisant la valeur obtenue de z_C et en supposant qu'on connaisse $t_0=1/H$ âge de l'Univers (H constante de Hubble), on peut obtenir de façon très précise la distance de l'amas de même que son diamètre si il est approximativement sphérique en utilisant la distance (de diamètre) angulaire dont on a donné l'expression en fonction de z_C et de t_0 âge de l'Univers. On peut alors comparer ces observations avec les prédictions de notre Théorie de la matière sombre relative aux amas, notamment pour des amas lointains avec un z_C important.

On peut de plus vérifier les prédictions théoriques des distances Cosmologiques par notre Nouveau Modèle Cosmologique et obtenir la Constante de Hubble. On rappelle qu'on peut obtenir la distance luminosité en utilisant des astres dits *marqueurs de distance* dont on connaît le flux. Considérons un marqueur de distance M_Q situé dans l'amas considéré. Soit V_{MQA} la composante de la vitesse de M_Q dans $R_{LC}(A)$ sur la direction de l'observation. On a vu que si on avait $V_{MQA}=0$, un observateur au repos dans $R_{LC}(T)$ mesurant le flux émis par M_Q obtenait une distance luminosité :

$$D_L(z_C) = ct_0(1+z_C)\text{Log}(1+z_C) \quad (113)$$

Avec $t_0=1/H$ âge de l'Univers et H constante de Hubble.

Dans le cas où V_{MQA} n'est pas nulle, si $z_{MQA}=V_{MQA}/c$ le flux mesuré décroît d'un facteur $(1+z_{MQA})^2$ et donc l'observateur au repos dans $R_{LC}(T)$ obtient une distance luminosité $D_L(z_C, z_{MQA})$:

$$D_L(z_C, z_{MQA}) = ct_0(1+z_C)(1+z_{MQA})\text{Log}(1+z_C) \quad (114).$$

Il en résulte que si on représente la courbe $D_L(z_C, z_{MQA})$ en fonction de $c(1+z_C)(1+z_{MQA})\text{Log}(1+z_C)$, on devrait obtenir une droite passant par l'origine et de pente $t_0=1/H$.

On obtient z_{MQA} en utilisant avec des notations évidentes $\lambda_{MQT}=\lambda(1+z_{MQA})(1+z_C)$ et si λ_m'' correspond à une galaxie G telle que $V_G=0$ et est mesurée par un observateur au repos dans $R_{LC}(T)$, $\lambda_m''=\lambda(1+z_C)$. Il en résulte :

$$z_{MQA} = (\lambda_{MQT} - \lambda_m'') / (1+z_C) \quad (115)$$

4.CONCLUSION

Nous avons donc dans la Théorie de la matière sombre exposée dans cet article modélisé la matière sombre comme une substance sombre dont les propriétés physiques, notamment la propriété d'être modélisée comme un gaz parfait, permettaient d'interpréter théoriquement les observations astrophysiques liées à la matière sombre. En particulier, ces propriétés physiques, malgré leur simplicité, nous ont permis de justifier théoriquement la courbe de rotation plate des galaxies et la loi baryonique de Tully-Fisher. On a interprété pour cela les galaxies présentant des courbes de rotation plate comme des concentrations sphériques de substance sombre en équilibre gravitationnel. On a vu que le concept de substance sombre introduit dans notre théorie de la matière sombre conduisait naturellement à proposer un nouveau modèle géométrique pour l'Univers, Univers fini et sphérique.

On a étudié d'après notre théorie de la matière sombre les effets du déplacement d'une concentration sphérique de substance sombre sur sa vitesse et sa masse et on a vu que cet effet était nul. On a vu qu'en accord avec les observations astronomiques, notre théorie de la matière sombre définissait 2 types de rayon d'une galaxie, son rayon baryonique et son rayon sombre. On a aussi exposé d'après cette théorie les différents modèles de distribution de substance sombre dans les galaxies. Puis on a vu que cette théorie prédisait des relations importantes entre la vitesse des galaxies dans les amas et la masse des amas, ainsi que des relations entre la densité moyenne d'amas correspondants au même décalage Cosmologique z , et on a vu que ces prédictions théoriques étaient en accord avec les données expérimentales. Enfin on a vu que notre théorie de la matière sombre prédisait la valeur du rayon sombre des galaxies avec une courbe de rotation plate, celle-ci étant en accord avec les observations astronomiques sur le rayon sombre minimal de la Voie Lactée, et permettait d'obtenir la densité moyenne de l'Univers en substance sombre pour tout décalage Cosmologique z , et aussi la valeur de la densité de la substance sombre intergalactique pour tout z .

On a vu que la nouvelle Théorie de la matière sombre était compatible avec la MSC. De plus on a modélisé la substance sombre comme un gaz parfait. Il est possible que l'énergie sombre nécessaire dans le MSC soit l'énergie interne de la substance sombre modélisée comme un gaz parfait et donc ayant une énergie interne.

Nous avons aussi dans la 2^{ème} partie proposé un nouveau modèle Cosmologique basé sur la forme géométrique de l'Univers obtenue dans la 1^{ère} partie (sphérique) et sur l'Interprétation Physique du Référentiel de Repos du CMB (RRC) qu'on a appelé *Référentiel Cosmologique local*. Ce nouveau modèle Cosmologique nous a permis de donner une nouvelle définition du temps Cosmologique, en accord avec l'observation. Notre nouveau modèle Cosmologique l'Univers nous a aussi conduit à définir un nouveau type de Référentiel, appelé *Référentiel Cosmologique Universel*. On a ensuite défini à l'intérieur de ce nouveau modèle Cosmologique un premier modèle mathématique d'expansion de l'Univers basé comme le MSC sur la Relativité Générale. On a vu aussi qu'un 2^{ème} modèle mathématique, beaucoup plus simple que le premier, conduisait malgré cette simplicité à des prédictions théoriques en accord avec les observations astrophysiques, notamment prédiction théorique des valeurs des distance de luminosité, de la distance comobile, de la distance angulaire et de la distance temps-arrière. De plus, ce 2nd modèle mathématique d'expansion ne nécessitait pas, contrairement au MSC et au 1^{er} modèle mathématique d'expansion de l'Univers, l'existence d'une énergie sombre, et donc apportait une solution à l'énigme de énergie sombre. Il devrait aussi être possible de comparer l'accord entre les prédictions théoriques et les observations expérimentales entre celles du 1^{er} modèle mathématique d'expansion (identique à celles du MSC) et le 2nd modèle mathématique d'expansion. Par exemple on a vu que dans ce 2nd modèle mathématique d'expansion, la constante de Hubble est précisément égale à $1/t_0$, t_0 âge actuel de l'Univers (temps Cosmologique) ce qui n'est pas le cas dans le MSC (Et dans le 1^{er} modèle mathématique d'expansion). Enfin, nous avons étudié selon notre théorie de l'énergie sombre l'évolution de la température de la substance sombre dans l'Univers, juste après le Big-Bang jusqu'à l'âge actuel de l'Univers, et on a vu l'existence d'une énergie sombre de l'Univers, qui est identifiée à l'énergie interne de la substance sombre, celle-ci étant modélisée comme un gaz parfait.

On a remarqué qu'un élément très attractif en faveur du modèle d'Univers proposé par notre théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre est que ce modèle d'Univers, fini et sphérique, peut être conçu par l'esprit humain, ce qui n'était pas le cas pour les modèles proposés par le MSC qui étaient soit infinis soit finis mais sans frontières. C'est notre modèle de matière sombre qui nous a permis de définir un tel modèle géométrique d'Univers, plat et fini.

References:

- 1.M.Milgrom, A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis, *Astrophysical Journal* 270 (1983)
- 2.Stacy Mc Gaugh, A Novel Test of Modified Newtonian Dynamics with Gaz rich Galaxies, *Physical Review Letter*, 106 (2011).
- 3.J.D Bekenstein, Relativistic gravitation theory for the modified Newtonian dynamics paradigm, *Physical Review D* 70 (2004)
- 4.M.D Seifert, Stability of spherically symmetric solutions in modified theory of gravitation, *Physical Review D* 76 (2007)
5. G.W Angus, H.Y Shan, H.S Zhao, B.Famaey, On the proof of dark matter, the law of gravity and the mass of neutrinos, *The Astrophysical Journal Letter* (2006)
- 6.P.Kroupa,M.Pawlowski,M.Milgrom, The failures of the standard model of Cosmology require a new paradigm, *International Journal of Physics D21* (2012)
- 7.D.J Raine,E.G Thomas,An introduction to the science of Cosmology,Institute of physics, London (2001).
- 8.J.V Narlikar, An introduction to Cosmology, Cambridge University press,Cambridge (2002)
- 9.Helge Kragh, *Cosmology and Controversy*, Princeton University Press, New Jersey.

10. Matthew Coless, Andrew Dunn, structure and dynamics of the Coma cluster, *Astrophysical Journal*, 458 (1996)
11. SEDS Messier Database, The Virgo Cluster of galaxies, messier.seds.org/more/virgo.html (2006).
12. D.Fouque, J.Solanes, T.Sanches, C.Balkowski, Structure mass and distance of the Virgo cluster, *Astronomy and Astrophysics* (2001).
13. Andrea Biviano, Our best friend, the Coma cluster (A historical review), arxiv (1997)
14. D.R Alves, C.A Nelson, The rotation curve of the Large Magellanic cloud and the implications for Microlensing. *The Astrophysical Journal* (October 2000).
15. Thierry Delort, Théories d'or 10^e édition, Editions Books on Demand, Paris (2018)
16. T.Delort, Theory of Ether, *Physics Essays* 13,4 (2000).
17. G.A Tammann and B.Reindl, "The luminosity of supernovae of type Ia from tip of the red-giant branch distances and the value of H_0 ", *Astronomy and Astrophysics* 549(2013) (on arXiv)
18. Perlmutter et al, Discovery of a supernova explosion at half the age of the universe, *Nature* 391, 51-54 (1998).
19. M.S Petersen and J.Penarrubia, Detection of the Milky Way reflex motion due to the Large Magellanic Cloud infall, *Nature Astronomy* (November 2020).
20. Laura Watkins, Roeland van der Marel, Sangmo Sohn, N.Evans, Evidence for an Intermediate-mass Milky Way from Gaia DR2 Halo Globular Cluster Motions, *The Astrophysical Journal*, Vol 873, Issue 2 (2019)
21. K.C Wong et al, HOLICOW XIII A 2.4 measurement of H_0 from lensed quasars 5.3σ tension between early and late Universe probe, *MNRAS*, Vol 498, issue 1, 1420-1439 (2020)
22. Planck collaboration, N. Aghanim et al, Planck 2018 results VI Cosmological parameters, *Astronomy and Astrophysics*, Vol 641, A6, 2020.

Article : THEORIE DE L'ETHER AVEC GRAVITATION

Auteur :Thierry DELORT

Date : Juin 2018

Extrait du livre : Théories d'or 10^e édition, Editions Books on Demand, Paris (2020)

Résumé :

Le but de cet article est de montrer que la Théorie moderne de l'Ether peut donner une nouvelle interprétation de l'ensemble des expériences liées à la Relativité Générale (R.G). Nous présentons donc dans cet article une Théorie de l'Ether avec Gravitation (T.E.G) généralisant la Théorie de l'Ether présentée dans l'article Théorie de l'Ether, extrait du livre Théories d'or ⁽⁶⁾. On généralisera 3 Postulats fondamentaux de la T.E présentés dans ce premier article, lorsqu'on tient compte de la gravitation. L'interprétation du tenseur métrique d'Einstein par la T.E.G conduit à croire que l' expression numérique de celui-ci est valide seulement dans les cas de faible potentiel gravitationnel. (Ce qui est toujours le cas dans les expériences en laboratoire). Nous donnerons donc une nouvelle expression numérique générale de celui-ci d'après la T.E.G. Nous verrons dans cet article comment la T.E.G interprète avec succès l'ensemble des phénomènes liés à la R.G (par exemple la déviation du périhélie de Mercure, celle de la lumière par une masse, l'accélération des horloges en altitude..). Nous verrons qu'il existe dans la T.E.G comme dans la T.E présentée dans le 1^{ier} article ⁽⁶⁾ un espace absolu, mais que l'espace dans lequel nous vivons est différent. Nous verrons aussi que la T.E.G permet d'interpréter à l'aide de ces 2 espaces l'électromagnétisme et la physique quantique de façon beaucoup plus simple mais aussi beaucoup plus complète et générale que la R.G

Mots clés :espace dilaté, Ether, Relativité Générale, tenseur métrique, fluidité du temps, solution de Scwartzchild, espace superposé.

1.INTRODUCTION

Dans un premier article, Théorie de l'Ether ⁽⁶⁾, on a présenté une Théorie moderne de l'Ether (T.E) concernant tous les phénomènes liés à la Relativité Restreinte (R.R).

Dans cet article nous présentons l'interprétation par la Théorie moderne de l'Ether avec Gravitation (T.E.G) des autres phénomènes liés à la Relativité Générale (R.G). Nous montrons comment le concept de fluidité du temps se généralise, ainsi que les Postulats 1,2,3 introduits dans le 1^{ier} article ⁽⁶⁾. La T.E.G demeure en accord avec le Principe Fondamental de la Théorie de l'Ether exposé dans le 1^{ier} article ⁽⁶⁾. En particulier, nous allons aussi définir dans la T.E.G un Espace Absolu. Nous allons aussi donner une nouvelle interprétation par la T.E.G du tenseur métrique d'Einstein, cette interprétation justifiant sa forme particulière, et aussi conduisant à penser qu'il n'est valide que pour les faibles potentiels. Nous donnerons sa forme générale, c'est-à-dire valide même quand le Potentiel gravitationnel n'est pas faible, d'après cette interprétation de la T.E.G.

Au début de la section 2 nous présentons un 2^{ieme} Principe fondamental de la T.E (avec gravitation), puis les Postulats 4,5,6 qui en sont la conséquence.

Le Postulat 4 définit l'Espace absolu (vide superposé). Il donne l'interprétation physique du Tenseur d'Einstein par la T.E.G. Nous verrons que le concept de fluidité du temps est généralisé. Ce Postulat introduit aussi le concept d'une base propre de dilatation.

Le Postulat 5 généralise la contraction (des temps et des longueurs) due au mouvement en présence de gravitation ainsi que les lois mécaniques.

Le Postulat 6 généralise les lois de l'électromagnétisme et notamment celles concernant la lumière en présence de gravitation.

Dans toute la section 2, on se réfèrera aux Postulats 1,2,3 tels qu'on les a exposé dans le 1^{ier} article ⁽⁶⁾.

Dans la section 3 nous donnons l'interprétation par la T.E.G des expériences classiques liées à la R.G, cette interprétation étant à la fois nouvelle et plus simple que la R.G.

Nous verrons qu'il est parfois nécessaire d'utiliser l'Espace absolu (vide superposé) E_A introduit dans le Postulat 4, et parfois l'espace dans lequel nous vivons, qu'on appellera Espace dilaté E_d à cause de ses relations avec E_A .

2.POSTULATS

2.1 Principe Fondamental.

Dans le 1^{ier} article ⁽⁶⁾, on a énoncé un 1^{ier} Principe de la T.E :

1^{ier} PRINCIPE DE LA THEORIE DE L'ETHER:

- a) Il existe un Référentiel fixe absolu, appelé « Ether », non équivalent à tous les Référentiels Galiléens, (et définissant donc une simultanéité absolue) .
- b) Les lois dans cet Ether sont telles qu'elles tendent à empêcher un observateur au repos dans un Référentiel Galiléen de détecter son mouvement par rapport à l'Ether.

Nous introduisons dans la T.E.G un 2nd Principe :

2^{ième} PRINCIPE DE LA THEORIE DE L'ETHER :

a) En présence de gravitation, on peut définir un *espace dilaté* E_d dans lequel est notre Univers, superposé à un espace absolu E_A .

b) En un point fixe P de l'espace dilaté E_d , on peut définir un tenseur de la T.E.G donnant les correspondances entre les intervalles spatiaux et temporels mesurés dans E_A et dans E_d . Ce tenseur de la T.E.G a l'expression du tenseur métrique d'Einstein dans certains cas, notamment le cas où $V/c^2 \ll 1$ et où on a une seule masse générant le potentiel gravitationnel, celle-ci présentant une symétrie sphérique .

On remarque que le point a) du 2nd Principe est en accord avec le point a) du 1^{ier} Principe. On justifie le point b) du 2nd Principe de la T.E de la façon suivante :

Dans la R.G, les équations permettant d'obtenir le tenseur métrique d'Einstein ont été obtenues empiriquement, afin d'obtenir, dans l'hypothèse où les particules libres suivent les géodésiques de l'espace-temps, la déviation du périhélie de Mercure. L'obtention de la déviation d'un rayon lumineux avec le même tenseur et la même hypothèse, a été considérée comme une confirmation de la validité des équations permettant d'obtenir le tenseur métrique d'Einstein.

On peut aussi admettre ces équations empiriquement dans la T.E.G dans l'approximation $V/c^2 \ll 1$ pour une raison totalement analogue : Nous établirons qu'avec le tenseur de la T.E.G obtenu par ces équations et l'approximation $V/c^2 \ll 1$, on obtient aussi par la T.E.G, (par une méthode utilisant des nouvelles équations généralisant la T.E sans gravitation, méthode qui n'utilise pas l'hypothèse qu'une particule libre suit une géodésique de l'espace temps, mais généralise une méthode utilisée dans l'approximation Newtonienne), la déviation du périhélie de Mercure dans un modèle où le soleil est immobile dans E_d . Les mêmes équations de la T.E.G et ce tenseur de la T.E.G permettent aussi, dans l'approximation $V/c^2 \ll 1$, d'obtenir la déviation observée d'un rayon lumineux.

Ainsi, on peut admettre empiriquement la validité des équations donnant le tenseur de la T.E.G dans l'approximation $V/c^2 \ll 1$, de la même façon qu'on les admet empiriquement dans la R.G. Et ceci conduit à obtenir exactement le point b) du 2^{ième} Principe de la T.E exposé précédemment.

La T.E.G utilise beaucoup le 1^{ier} Principe de la T.E : Ainsi, on a vu que le 1^{ier} point du 2^{ième} Principe exprimait la validité du 1^{ier} point du 1^{ier} Principe en présence de gravitation. De plus, on verra que les Postulats 4,5,6 de la T.E.G généralisent les Postulats 1,2,3 de la T.E, exposés dans le 1^{ier} article Théorie de l'Ether ⁽⁶⁾, qui étaient la conséquence du 1^{ier} Principe en l'absence de gravitation. On verra aussi qu'on utilise le 1^{ier} Principe dans le cas où une masse créant le Potentiel n'est pas immobile dans E_A , mais est immobile dans un Référentiel Galiléen.

On verra dans les Postulats 4,5,6 que la T.E.G introduit des équations qui n'existaient pas dans la R.G, que ce soit concernant les contractions temporelle et spatiale, mais aussi en ce qui concerne les équations de la mécanique, de l'électromagnétisme et de la Physique quantique. Ces équations généralisent la T.E sans gravitation, de façon beaucoup plus générale que la R.G généralise la R.R.

Notons que la simultanéité absolue est définie par l' Espace absolu E_A . Et donc comme dans la Théorie de l'Ether sans gravitation, un évènement $Ev1$ peut être la cause d'un évènement $Ev2$ que si $Ev1$ et $Ev2$ se produisent à des temps absolus t_1 et t_2 de E_A avec $t_1 < t_2$.

Présentons maintenant les Postulats 4,5,6 généralisant les Postulats 1,2,3.

2.2 Temps et Espace absolu :Postulat 4.

2.2.1 Le Postulat 4A.

Le Postulat 4 définit un Espace absolu dans la T.E.G, qui est aussi appelé l'Espace absolu vide superposé à cause de sa définition.

POSTULAT 4A :

a)Il existe un *Espace absolu* E_A , espace Euclidien défini exactement comme l'Espace absolu défini dans le Postulat 1 du premier article, sans gravitation et avec des horloges et des règles standards fixes virtuelles définissant des longueurs et des temps absolus.

b)En présence de gravitation, la masse M générant le potentiel étant immobile dans E_A (Nous étudierons dans l'article suivant « Suite de la Théorie de l'Ether »⁽⁹⁾ le cas où M est au repos dans un Référentiel Galiléen R_A'), il existe un *Espace dilaté* E_d , qui est l'espace dans lequel nous vivons, tel que E_A est superposé à E_d et E_d est fixe par rapport à E_A . Le temps de E_d est mesuré par des horloges standards (virtuelles) et les distances dans E_d sont mesurées par des règles standards, celles-ci étant placées dans E_d et fixes par rapport à E_d et E_A . Tout point de E_d est superposé à un point de E_A , on pourra identifier ces 2 points.

c)Les objets rigides dans E_d sont soumis à des contractions des longueurs relatives identiques à celles des règles standards. C'est-à-dire que si un objet a une longueur L_0 mesuré dans E_A , c'est-à-dire en l'absence de gravitation, alors placé dans E_d il a la même longueur $L_c=L_0$ mesuré par une règle standard situé dans E_d .

Une conséquence de ce Postulat 4 est que toute courbe (fixe) de E_d peut être superposée à une courbe de E_A . De plus toute distance et tout intervalle de temps peuvent être mesurés dans E_d et dans E_A . Un objet ou une horloge quelconque peuvent être placés ou bien dans E_d , ou bien dans E_A c'est-à-dire en l'absence de gravitation.

Puisque E_A ne contient que des horloges et des règles standards virtuelles, et qu'il est superposé à notre Espace, on l'appellera aussi *Espace absolu vide superposé*. Puisque E_d est l'espace dans lequel on vit contenant notamment l'éther substance défini dans les articles précédents, on l'appellera aussi *Espace étheré*. Nous justifierons plus loin son appellation « Espace dilaté ».

On appellera donc *variables étherées* les variables mesurées dans E_d et *variables absolues* les variables mesurées dans E_A . E_A étant un Espace absolu définit comme dans le 1^{ier} article⁽⁶⁾ une simultanéité absolue.

Le Postulat 4B donne la relation entre les variables absolues et les variables étherées. Cette relation utilise une interprétation du tenseur métrique d'Einstein.

On rappelle que l'expression du tenseur métrique d'Einstein est :

$$c^2 d\tau^2 = c^2 g_{00} dt^2 + \sum g_{ij} dx_i dx_j \quad (1)$$

Avec (g_{ij}) est une matrice symétrique. (On supposera classiquement que i, j peuvent représenter les naturels 1,2,3)

On a alors le Postulat suivant, définissant le tenseur de la T.E.G :

POSTULAT 4Ba :

-En tout point fixe P de E_d , on peut définir le tenseur de la T.E.G relativement à une base orthonormée $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ de E_A par:

$$c^2 d\tau^2 = c^2 dt_e^2 - ds_e^2 \quad (2)$$

Avec dt_e est un intervalle de temps mesuré dans E_d , ds_e est une longueur mesurée dans E_d et :

$$dt_e^2 = g_{00} dt_A^2$$

$$ds_e^2 = - \sum g_{ij} dx_{iA} dx_{jA} \quad (3)$$

-Si le tenseur métrique de la T.E.G relativement à une base $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ a l'expression précédente (3), alors si $d\mathbf{M}_A$ est un vecteur élémentaire dans E_A situé en P de coordonnées absolues $(dx_{1A}, dx_{2A}, dx_{3A})$ dans la base $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$, alors ds_e (donné par l'équation (3)) est la longueur de $d\mathbf{M}_A$ en P mesuré dans E_d (c'est-à-dire d'après le Postulat 4A mesurée par une règle standard en P mais dans E_d).

Si dt_A est un intervalle de temps absolu entre 2 évènements se produisant en P, alors dt_e (donné par l'équation (3)) est la mesure de dt_A en P dans E_d (C'est-à-dire mesuré par une horloge standard en P mais dans E_d .)

Dans le cas où le potentiel est créé par une masse sphérique au repos dans E_A , on peut s'attendre à ce que (g_{ij}) est la forme proche de celle obtenue en R.G ,c'est-à-dire soit diagonale pour une certaine base. Considérons donc le cas où (g_{ij}) est diagonale. Dans ce cas, on peut définir de la façon suivante une base propre de dilatation:

2.2.2 Définition d'une base propre de dilatation ou de contraction .

On considère donc au point P fixe (par rapport à E_A ou E_d) un vecteur élémentaire $d\mathbf{M}_A$, et un intervalle de temps dt_A , tous 2 mesurés dans E_A .

On suppose que $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ est une base orthonormée de E_A .

On dira que $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ est une *base propre de dilatation* de E_A (en P) associée à (A_x, A_y, A_z, A_t) A_x, A_y, A_z, A_t étant 4 réels, si on a toujours, pour $d\mathbf{M}_A$ vecteur élémentaire mesuré dans E_A en P tel que :

$$d\mathbf{M}_A = dx_A \mathbf{i}_A + dy_A \mathbf{j}_A + dz_A \mathbf{k}_A \quad (4)$$

Alors $d\mathbf{M}_A$ correspond au vecteur élémentaire $d\mathbf{M}_e$ mesuré dans E_d tel que:

$$d\mathbf{M}_e = dx_A A_x \mathbf{i}_e + dy_A A_y \mathbf{j}_e + dz_A A_z \mathbf{k}_e \quad (5)$$

$(\mathbf{i}_e, \mathbf{j}_e, \mathbf{k}_e)$ étant une base orthonormée locale de E_d en P telle que $\mathbf{i}_e, \mathbf{j}_e, \mathbf{k}_e$ sont respectivement de même sens et de même direction que $\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A$ et \mathbf{k}_A .

et dt_A correspond à l'intervalle de temps dt_e mesuré dans E_d (en P) :

$$dt_c = A_t dt_A \quad (6)$$

Donc $d\mathbf{M}_c$ a pour coordonnées (dx_c, dy_c, dz_c) dans la base locale orthonormée de E_d en P $(\mathbf{i}_c, \mathbf{j}_c, \mathbf{k}_c)$, avec $dx_c = A_x dx_A, dy_c = A_y dy_A, dz_c = A_z dz_A$.

On remarque qu'on a aussi l'expression :

$$d\mathbf{M}_c = dx_A A_x \mathbf{i}_A + dy_A A_y \mathbf{j}_A + dz_A A_z \mathbf{k}_A \quad (6aX)$$

Avec dans l'expression précédente les vecteurs du terme de gauche exprimés dans la base $(\mathbf{i}_c, \mathbf{j}_c, \mathbf{k}_c)$ et ceux du terme de droite dans la base $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$.

On dira que $(\mathbf{i}_c, \mathbf{j}_c, \mathbf{k}_c)$ est une *base propre de contraction* de E_d en P associée à (C_x, C_y, C_z, C_t) avec $C_i = 1/A_i$, pour $i = x, y, z, t$.

Le Référentiel local $(P, \mathbf{i}_c, \mathbf{j}_c, \mathbf{k}_c, t_c)$ dont le temps est le temps étheré local et donne la simultanéité absolue, sera noté $R_c(P)$ et appelé *Référentiel local propre* de E_d (ou *Référentiel local étheré propre*)

De même le Référentiel local $(P, \mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A, t_A)$ dont le temps est le temps absolu, sera noté $R_A(P)$ et appelé *Référentiel local absolu propre*.

Si on a en P un vecteur élémentaire mesuré dans E_d $d\mathbf{M}_c = dx_c \mathbf{i}_c + dy_c \mathbf{j}_c + dz_c \mathbf{k}_c$, alors $d\mathbf{M}_c$ correspond au vecteur $d\mathbf{M}_A$ mesuré dans E_A : $d\mathbf{M}_A = C_x dx_c \mathbf{i}_A + C_y dy_c \mathbf{j}_A + C_z dz_c \mathbf{k}_A$

On dira que E_d est alors *localement Euclidien* en P.

On remarque que d'après ce qui précède, on a avec les mêmes notations si ds_c est la longueur de $d\mathbf{M}_c$ mesurée dans E_d :

$$ds_c^2 = dx_A^2 (A_x)^2 + dy_A^2 (A_y)^2 + dz_A^2 (A_z)^2 \quad (7)$$

et:

$$dt_c^2 = (A_t)^2 dt_A^2 \quad (8)$$

Et donc l'expression du tenseur métrique de la T.E.G en P relativement à une base propre de dilatation est très simple.

On remarque que si on a une base propre de dilatation, on peut généraliser le Postulat 4Ac : Si un objet rigide a une volume V_0 mesuré dans E_A placé dans E_A (C'est-à-dire en l'absence de gravitation) alors placé en E_d en un point P où il y a une base propre de dilatation, il a un volume V_0 mesuré dans E_d .

Le Postulat 4Bb permet réciproquement d'obtenir une base propre de dilatation à partir du tenseur métrique de la T.E.G :

2.2.3 Le Postulat 4Bb.

POSTULAT 4Bb :

Si en un point P, le tenseur métrique de la T.E.G a l'expression donnée dans le Postulat 4Ba, avec (g_{ij}) diagonale dans une base $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ de E_A , avec g_{ii} négatif pour $i=1,2,3$ et g_{00} positif, alors en P $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ est une base propre de dilatation associée à (A_x, A_y, A_z, A_t) A_x, A_y, A_z, A_t étant des réels positifs définis par :

$$A_x^2 = -g_{11}, A_y^2 = -g_{22}, A_z^2 = -g_{33} \quad (9)$$

$$A_t^2 = g_{00}$$

Par exemple si en P le tenseur métrique de la T.E.G a une expression identique au tenseur métrique d'Einstein obtenu en R.G dans le cas d'une masse sphérique, appelé solution de Schwartzchild, (C'est à dire comme on l' a admis qu'on obtient dans l'hypothèse $V/c^2 \ll 1$ le tenseur de la T.E.G par les mêmes équations que celles permettant d'obtenir le tenseur métrique d'Einstein), alors (g_{ij}) est de la forme :

$$g_{11} = \frac{-1}{1 - 2GM/R_A c^2}, g_{22} = g_{33} = -1, g_{00} = 1 - 2GM/R_A c^2 \quad (10)$$

dans la base $(\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k})$, avec \mathbf{i} est dans la direction du rayon de la masse sphérique.

Si d'après le Principe 2^{ième} de la T.E.G on admet que ce tenseur est le tenseur de la T.E.G avec l'approximation $V/c^2 \ll 1$, on obtient le Postulat 4Bc de la T.E.G qui est le plus simple concernant l'existence d'une base propre de dilatation dans le cas d'une masse sphérique au repos dans E_d , en utilisant la Postulat 4Bb :

POSTULAT4Bc :

Dans le cas d'une masse sphérique au repos dans E_d , tel que le potentiel gravitationnel est créé seulement par cette masse, alors si $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ est une base dans E_A en un point P telle que \mathbf{i}_A est dans la direction du rayon de la masse sphérique, $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ est alors une base propre de dilatation (en P) associée à (A_x, A_y, A_z, A_t) avec, V étant le Potentiel gravitationnel en P:

$$A_x = \frac{1}{1 - V/c^2}, A_y = A_z = 1, A_t = 1 - V/c^2 \quad (11)$$

On prendra dans cet article pour « potentiel gravitationnel », (représenté par « V »), une convention différente de la convention habituelle : V est le potentiel gravitationnel en P signifiera dans cet article qu'en P, un objet de masse m a une énergie potentielle gravitationnelle en P $E_p = -mV$. Cette convention permet d'avoir toujours un potentiel gravitationnel V positif. Nous verrons plus loin que d'après la T.E.G, une masse ponctuelle M génère en P à une distance R_A (mesurée dans E_A) de M, un potentiel gravitationnel $V(P) = GM/R_A$. On utilisera la lettre U pour représenter le potentiel gravitationnel avec sa signification conventionnelle, avec donc $U = -V$ négatif.

On voit que le tenseur de la T.E.G obtenu par les dilatations définies dans l'équation (11) n'est pas identique au tenseur métrique de l'équation (10) obtenu en utilisant les équations du tenseur d'Einstein de la R.G lorsque V/c^2 n'est pas négligeable devant l'unité.

On verra plus loin que le Postulat 4Bc, obtenu dans le cas d'une masse sphérique statique créant le Potentiel peut se généraliser dans le cas de plusieurs masses statiques et de forme quelconque. On verra cependant plus loin que dans le cas de masses générant le potentiel gravitationnel non statiques, on devra utiliser cependant les équations de la R.G pour obtenir les ondes gravitationnelles (Section 4.8), l'existence de celles-ci étant compatibles avec la T.E.G.

On appellera A_t , introduit dans la définition d'une base propre de dilatation en P *amplification temporelle* locale en P.

On remarque que si on a une base propre de dilatation en P avec les notations de 2.2.3, si on considère un volume dV_A absolu mesuré dans E_A (par exemple un volume parallélépipédique de cotés de longueurs absolues dx_A, dy_A, dz_A suivant $\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A$), il correspond à un volume parallélépipédique de cotés de longueurs dx_e, dy_e, dz_e mesurées dans E_d suivant $\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A$, et donc dV_A correspond au volume dV_e mesuré dans E_d avec :

$$dV_e = dx_e dy_e dz_e = A_x A_y A_z dx_A dy_A dz_A = A(e) dV_A \quad (12)$$

On appellera donc aussi $A(e)=A_x A_y A_z$ l'*amplification spatiale* (relativement à E_A) locale en P. D'après l'expression (11), on a $A(e)$ est supérieure à 1 et ceci est l'origine du fait qu'on a appelé E_d « Espace dilaté ».

Ainsi, si un objet rigide a un volume absolu V_0 lorsqu'il est placé dans E_A . S'il est placé dans E_d en un point P où il y a une base propre de dilatation, on a vu qu'il a un volume $V_e=V_0$ mesuré dans E_d . De plus si $A(e)$ est l'amplification spatiale en P, son volume absolu V_A est alors d'après l'équation (12) $V_A=V_e/A(e)=V_0/A(e)$. Son volume absolu est donc contracté d'un facteur $1/A(e)$ par rapport à un objet identique placé dans E_A c'est-à-dire en absence de gravitation.

On remarque que dans le cas de l'équation (11), on a :

$$A(e) = \frac{1}{A_t} \quad (13)$$

Ceci sera établi plus loin dans le cas d'une base propre de dilatation quelconque, et sera interprété comme la conséquence de la nature fluide du temps introduite dans le Postulat 2 du premier article ⁽⁶⁾.

De la même façon qu'on définit l'amplification précédente $A(e)$, on peut définir une contraction spatiale (relativement à E_d) $C(e)=1/A(e)=C_x C_y C_z=1/C_t$ (C_x, C_y, C_z étant définis dans la section 2.2.3).

2.2.4 Remarques concernant le Postulat 4.

2.2.4 (a) Analogie.

Pour représenter une analogie entre les relations entre E_A et E_d , on peut considérer une feuille de papier calque légèrement courbée au dessus d'une feuille blanche plane.

La feuille blanche plane peut être considérée comme un plan Euclidien, tout point de la feuille courbée est superposé à un point sur la feuille blanche qui est sa projection orthogonale sur celle-ci. On obtient donc entre les distances et les courbes sur les 2 feuilles des relations analogues entre les distances et les courbes de E_A et de E_d .

De même, on peut considérer que sur la feuille pliée, des horloges placées en chaque point ne donnent pas le même temps que les horloges sur la feuille blanche.

2.2.4(b) Cas où (g_{ij}) n'est pas diagonal.

Dans le cas où (g_{ij}) , défini dans l'équation (3) n'est pas diagonale, on peut prouver qu'en général, une base propre de dilatation existe.

En effet, utilisant la propriétés qu'une matrice symétrique est diagonalisable, il existe une base orthonormée $(\mathbf{i}'_A, \mathbf{j}'_A, \mathbf{k}'_A)$ de E_A , et des réels $g'_{11}, g'_{22}, g'_{33}$ tels que l'on ait, (dx'_A, dy'_A, dz'_A) étant les coordonnées d'un intervalle $d\mathbf{M}_A$ en P mesuré dans E_A :

$$ds_e^2 = -\sum g_{ij} dx_i dx_j = -g'_{ii} dx_i'^2 \quad (14)$$

Dans le cas où les g'_{ii} sont négatifs, ce qui sera toujours le cas puisque ds_e^2 doit toujours être positif, on obtient donc que $(\mathbf{i}'_A, \mathbf{j}'_A, \mathbf{k}'_A)$ est une base propre de dilatation associée à (A'_x, A'_y, A'_z, A'_t) définis dans le Postulat 4Bb.

2.2.4(c) Fluidité du temps.

On a vu qu'on a dans le premier article (6) associé au temps un fluide temporel, une horloge standard mesurant le temps s'écoulant sur elle, ce temps étant proportionnel à la quantité de fluide temporel

l'ayant traversée. On a vu que cette interprétation justifiait l'égalité entre les contractions spatiales et temporelles observées dans le cas sans gravitation du Postulat 2 de l'article (6).

On peut généraliser cette interprétation du temps dans la T.E.G :
 Considérons donc, E_A et E_d ayant été définis comme dans le Postulat 4A un point fixe P dans lequel on a une amplification d'espace $A(e)$, définie dans l'équation (12). On considère que dans E_A , le fluide temporel s'écoule comme dans l'espace absolu dans le cas sans gravitation, c'est-à-dire avec un débit constant (mesuré entre des temps absolus), proportionnel au volume absolu dans lequel il s'écoule. On suppose comme dans le 1^{ier} article ⁽⁶⁾ qu'une horloge standard indique un temps proportionnel au fluide temporel ayant traversé les particules lourdes qui la composent (noyaux).
 Si une horloge standard est située en P mais dans E_d , les particules lourdes qui la composent sont aussi fixes dans E_d , et on a vu que leur volume absolu, c'est-à-dire mesuré dans E_A est réduit d'un facteur $1/A(e)$ par rapport aux particules lourdes d'une horloge identique et fixe mais située dans E_A .
 Il en résulte que si dt_A est un intervalle de temps mesuré par une horloge standard dans E_A fixe dans E_A , et si dt_e est cet intervalle de temps mesuré par une horloge standard dans E_d en un point P d'amplification spatiale $A(e)$, on a à cause de la contraction du volume absolu de l'horloge dans E_d :

$$dt_e = \frac{dt_A}{A(e)} \quad (15)$$

Et donc

$$A_t = \frac{1}{A(e)} \quad (16)$$

On voit donc que l'interprétation de l'aspect fluidique du temps par la T.E.G interprète la forme générale des tenseurs de la T.E.G relativement à une base propre en un point P, notamment celui du tenseur d'Einstein dans le cas d'une masse sphérique statique. On a en effet la relation :

$$g_{00} = \frac{-1}{g_{11}} \quad (17)$$

On voit donc que le Postulat 4 définit les relations entre les longueurs et les temps de 2 espaces fondamentaux, l'Espace absolu (vide superposé) sans gravitation E_A et l'espace éthéré avec gravitation E_d , dans lequel on vit.

2.3 Contractions et lois de la mécanique dans la T.E.G.

2.3.1 Le Postulat 5A.

On voit qu'on a introduit dans le Postulat 4A deux espaces fondamentaux E_A et E_d . Si on veut généraliser les lois en l'absence de gravitation exposées dans les 3 premiers Postulats du 1^{ier} article (Théorie de l'Ether ⁽⁶⁾), il est clair que leur généralisation la plus simple serait qu'on puisse les transposer à l'identique dans l'un ou l'autre espace. Le problème est cependant de savoir dans quel espace on doit les généraliser. Nous verrons que parfois il est beaucoup plus naturel et plus simple de les transposer à l'identique dans un des 2 espaces plutôt que l'autre. Parfois il est impossible de les transposer à l'identique dans l'un des 2, et parfois on doit les transposer partiellement dans l'un ou l'autre. Enfin, c'est souvent les expériences réalisées qui confirment ou infirment la validité de ces généralisations. De façon générale cependant, les généralisations de la T.E sans gravitation obtenues dans la T.E.G sont beaucoup plus claires, naturelles et complètes que ne l'est la R.G par rapport à la R.R.

On a vu dans le Postulat 2 qu'un objet animé d'une vitesse v dans un espace absolu sans gravitation E_A se contractait d'un facteur $C(v)$ dans la direction de son mouvement. Introduisant le concept de fluide

temporel, on a justifié que le temps propre de cet objet en mouvement (c'est-à-dire mesuré par une horloge coïncidant avec lui) était contracté du même facteur $C(v)$ par rapport au temps propre d' un objet identique mais au repos dans E_A .

Le Postulat 5A généralise ceci, et en particulier le concept de fluidité du temps en présence de gravitation :

POSTULAT 5A :

a) Si un objet placé en un point fixe P dans E_d est animé d'une vitesse étherée v_e , alors il se contracte d'un facteur $C(v_e)=(1-v_e^2/c^2)^{1/2}$ par rapport à E_d dans la direction de son mouvement (c'est-à-dire celle de v_e).

b) De plus, le temps propre de l'objet animé de la vitesse étherée v_e (c'est-à-dire mesurée par une horloge dans E_d coïncidant avec l'objet) se contracte du même facteur $C(v_e)$ par rapport au temps propre d'un objet en P dans E_d mais au repos dans E_d .

Le Postulat 5A généralise donc le Postulat 2a) et b) ainsi que le concept de fluide temporel.

Considérons un objet matériel O. Si cet objet O est en un point P dans E_d (c'est-à-dire en présence de gravitation) où il y a une base propre de dilatation et que O est animé de plus d'une certaine vitesse par rapport à E_d , O est donc soumis à des contractions temporelles et spatiales par rapport au même objet immobile et situé dans E_A (c'est-à-dire en l'absence de gravitation) provenant de 2 origines : L'une est due à l'effet de la gravitation exprimée dans le Postulat 4Bb, et l'autre à la vitesse étherée exprimée dans le Postulat 5A .

Le choix d'obtenir une contraction $C(v_e)$ en fonction de v_e et non de v_A permet de conserver un Espace localement Euclidien. Il s'ensuit une grande simplicité mathématique.

On suppose qu'on a une base propre de contraction (i_e, j_e, k_e) associée aux contractions (C_x, C_y, C_z, C_t) en un point fixe P de E_d . On considère alors une règle BC en un point P de E_d , telle que mesurée dans E_d au point P, le vecteur BC_e ait l'expression :

$$BC_e = a i_e + b j_e + c k_e \quad (18)$$

Si on anime cette règle d'une vitesse étherée v_e suivant i_e , alors elle devient d'après le Postulat 5A, mesurée dans (i_e, j_e, k_e) :

$$BC_e(v_e) = aC(v_e) i_e + b j_e + c k_e \quad (19X)$$

De plus d'après le Postulat 5A si une horloge dans E_d est animée d'une vitesse étherée v_e , son temps propre, c'est à dire celui mesurée par une horloge dans E_d coïncidant avec elle, devient $T(v_e)=C(v_e)T_e$, T_e étant le temps indiquée par les horloges immobiles dans E_d .

2.3.2 Le Postulat 5.B

On définit les *coordonnées étherées* localement en un point P fixe de E_d où il y a une base propre de dilatation, comme les coordonnées dans le Référentiel local étheré (Euclidien) $R_e(P)$, défini en 2.2.2. Et donc, $R_e(P)$ étant tel que la simultanéité dans $R_e(P)$ est équivalente à la simultanéité dans l'espace absolu E_A si on choisit une origine des temps communes à $R_e(P)$ et $R_A(P)$, si T_A est le temps de $R_A(P)$ et T_e le temps de $R_e(P)$, on a, d'après le Postulat 4Bb :

$$T_e = A_t T_A \quad (26aX)$$

D'après la définition d'une base propre de dilatation, $R_e(P)$ existe toujours si en P il y a une base propre de dilatation.

Le Postulat 5B généralise les lois mécaniques de la T.E exposées dans le 1^{ier} article en présence de gravitation. D'après la définition des variables éthérées qu'on a donnée plus haut, la vitesse éthérée d'une particule, mesurée dans son Référentiel local éthéré $R_e(P)$ est :

$$\mathbf{v}_e = \frac{d\mathbf{M}_e}{dt_e} \quad (27)$$

On pourrait se demander pourquoi l'expression de la contraction du Postulat 5A est de la forme $C(v_A)$ au lieu de $C(v_e)$. Nous verrons dans l'article suivant « Suite de la Théorie de l'Ether » que ceci simplifie beaucoup le cas d'une masse créant le Potentiel qui n'est pas statique. Cependant avec les amplifications exprimées dans le Postulat 4Bb, on obtient $(C(v_e)/C(v_A))-1$ est de l'ordre de $(V/c^2)(v_e^2/c^2)/(1-v_e^2/c^2)$, avec un Potentiel V sur la terre de l'ordre de 10^{-10} , ce qui correspond à une incertitude de l'ordre de 10^{-10} sur la vitesse. Plus généralement cela signifie que si on a une prédiction théorique d'un temps avec un facteur $C(v_e)/C(v_A)$ (ou d'une longueur), on ne pourra observer cet effet (de différence entre $C(v_e)$ et $C(v_A)$) que si on a une précision du temps (ou de la longueur) supérieure à $(V/c^2)(v_e^2/c^2)/(1-v_e^2/c^2)$, c'est-à-dire à $(V/c^2)(v_e^2/c^2)$ dans le cas où $v_e/c \ll 1$. Or on n'a jamais obtenu expérimentalement avec une telle précision à la fois une vitesse aussi précise et une mesure du temps aussi précise.

On a alors le Postulat suivant, généralisant les lois sans gravitation :

POSTULAT 5.B

a) L'énergie de mouvement d'une particule est définie par:

$$E = \frac{mc^2}{C(v_e)} \text{ avec } C(v_e) = \sqrt{1 - v_e^2 / c^2} \quad (28)$$

b) L'énergie potentielle en un point P induite par une masse M sphérique au repos dans E_A est, V étant défini comme le potentiel gravitationnel en P induit par M :

$$U = E_p = \frac{-GMm}{r_A} = -mV \quad (29)$$

r_A est la distance entre P et le centre de la masse M mesurée dans E_A .

c) Localement dans un Référentiel local $R_e(P)$, les équations de Lagrange en coordonnées éthérées sont valides avec le Lagrangien d'une particule de charge q :

$$L = \frac{-mc^2}{\gamma} - U + q\mathbf{v}_e \cdot \mathbf{A}_e, \text{ avec } \gamma = \frac{1}{C(v_e)} \text{ et } U = qV_e - mV_G \quad (30)$$

Dans l'expression précédente (\mathbf{A}_e, V_e) est le quadrivecteur Potentiel qu'on peut obtenir d'après le Postulat 6 suivant. V_G est le potentiel gravitationnel.

d) Dans les interactions dans $R_e(P)$, l'énergie se conserve, et aussi la quantité de mouvement P_m dans le cas d'un système isolé ou d'une collision élastique, celle-ci, exprimée dans $R_e(P)$, étant liée à l'énergie de mouvement E_m par $E_m^2 - P_m^2 c^2 = m^2 c^4$, m étant la masse inerte d'une particule.

De plus, l'énergie totale d'un objet ponctuel (Somme des énergie de mouvement (Eq.(28)), gravitationnelle (Eq.(29) et électromagnétique (Eq.(30) se conserve non seulement dans les Référentiels locaux $R_e(P)$ mais aussi dans E_d . (Par exemple dans le cas d'une planète).

On remarque qu'on obtient le Postulat 5Bb en généralisant à l'identique les équations classiques donnant le Potentiel gravitationnel dans l'Espace absolu E_A . Il n'est pas possible de généraliser ces équations à l'identique dans E_d car E_d n'est pas Euclidien.

Au contraire E_A est Euclidien, et donc il est possible de transposer à l'identique les équations précédentes dans E_A . On obtient alors facilement le Potentiel gravitationnel en tout point, et on peut alors généraliser dans le cas statique le Postulat 4Bb : En un point P de Potentiel gravitationnel V, il existe une base de dilatation $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$, avec \mathbf{i}_A orthogonal aux équipotentielles, associées aux amplifications (A_x, A_y, A_z, A_t) ayant les mêmes expressions en fonction du Potentiel que dans le Postulat 4Bb.

On peut justifier que les lois de l'interaction gravitationnelle ne se transposent pas à l'identique dans E_d contrairement aux lois des autres interactions, comme l'électromagnétisme, comme on le verra dans le Postulat 6 par le fait que l'interaction gravitationnelle est fondamentalement différente des autres interactions. En particulier, c'est la seule à agir sur le temps et l'espace, mais aussi, c'est la seule à agir sur de très grandes distances. De plus, on verra qu'elle n'agit pas sur la masse des particules contrairement aux autres interactions.

On obtient localement les équations de Lagrange en coordonnées étherées du Postulat 5Bc exactement comme dans le cas classique puisque E_d est localement Euclidien et localement les équations de Maxwell et l'expression de l'énergie en coordonnées étherées sont identiques aux équations de Maxwell et l'expression de l'énergie classiques.

On voit que les équations précédentes du Postulat 5B sont extrêmement simples, généralisant la Théorie de l'Ether sans gravitation présentée dans le 1^{ier} article. On verra qu'elles permettent d'obtenir certains résultats (déviation du périhélie de Mercure et de la lumière par une masse), de façon complètement analogue à la méthode classique pré-relativiste. Elles expliquent aussi, avec le Postulat 6 suivant, pourquoi la prédiction théorique des expériences réalisées en laboratoire en physique des particules ne nécessite pas de faire intervenir des corrections dues à la T.E.G : Les équations prévoyant le résultat de ces expériences sont avec une très bonne approximation identiques exprimées en coordonnées étherées à leur expression en l'absence de gravitation.

2.4 La lumière et les photons dans la T.E.G-Postulat 6

Le Postulat 6 exprime les lois de la T.E.G concernant la lumière et les photons.

2.4.1 Le Postulat 6.A

Ce Postulat généralise les équations de Maxwell dans la T.E.G :

POSTULAT 6.A :

Les équations de Maxwell sont valides exprimées dans un Référentiel local $R_e(P)$ en coordonnées étherées, en tout point P où il y a une base propre de dilatation.

Une conséquence de ce Postulat 6A est que la vitesse étherée de la lumière et des photons se propageant dans E_d est constante et est égale à c. On voit que ceci est en accord avec le Postulat 5Ba.

2.4.2 Le Postulat 6.B :

On conserve notre modèle de photon introduit dans le 1^{ier} article ⁽⁶⁾. Selon ce modèle, un photon est constitué de 2 points matériels se déplaçant à la vitesse c. Ici d'après ce qui précède c est la vitesse étherée des photons. La période absolue T_A d'un photon est l'intervalle de temps mesuré dans E_A en un point fixe P de E_A , (C'est-à-dire par une horloge standard dans E_A coïncidant avec P) entre l'arrivée des 2 points matériels. La période étherée T_e mesurée en P de ce photon est l'intervalle de temps entre l'arrivée des 2 points matériels mesurée par une horloge standard en P mais dans E_d et non dans E_A .

On a donc la relation si on a une amplification temporelle A_t en P, d'après l'équation (6) :

$$T_e = A_t T_A \quad (31X)$$

La fréquence absolue ν_A et la fréquence étherée ν_e du photon en P sont respectivement l'inverse de T_A et de T_e .

On a vu dans le 1^{ier} article que d'après le Postulat 1, l'énergie d'un photon sans gravitation était $E = h\nu_A$, ν_A fréquence absolue du photon. Ceci est généralisé dans le Postulat suivant :

POSTULAT 6B :

a) L'énergie d'un photon de fréquence absolue ν_A est :

$$E = h\nu_A \quad (32)$$

b) L'impulsion (mesurée dans $R_e(P)$) d'un photon de fréquence étherée ν_e se déplaçant dans la direction d'un vecteur unitaire \mathbf{u} est :

$$P_m = (h\nu_e/c)\mathbf{u} \quad (33X)$$

On rappelle que d'après l'équation (31X) en un point P d'amplification temporelle A_t :

$$\nu_e = \nu_A / A_t = \nu_A C_t \quad (34)$$

On peut interpréter le Postulat 6B par le fait qu'un photon de fréquence étherée ν_e a une masse inerte nulle mais une masse grave de $h\nu_e/c^2$. On suppose que son énergie de mouvement est $E_m = h\nu_e$.

Il en résulte que son énergie totale est $E = h\nu_e - h\nu_e V/c^2 = h\nu_e(1 - V/c^2)$. Et donc supposant que comme dans le Postulat 4Bb et sa généralisation l'amplification temporelle en P est $A_t = 1 - V/c^2$, on obtient que l'énergie du photon est d'après l'équation (34) $E = h\nu_e A_t = h\nu_A$.

Utilisant la relation entre l'énergie de mouvement E_m et l'impulsion P_m on obtient l'équation (33X).

Nous verrons dans l'article suivant « Suite de la Théorie de l'Ether » une 2^{ième} interprétation utilisant les équations de la mécanique quantique dans la T.E.G .

On remarque que d'après la conservation de l'énergie, la fréquence absolue du photon se conserve mais non sa fréquence étherée.

2.4.3 Le Postulat 6.C :

Ce Postulat généralise le Postulat 3 du 1^{ier} article (6) :

POSTULAT 6C :

Si une particule placée dans E_A (C'est-à-dire en absence de gravitation) émet au repos par rapport à E_A un photon ayant une période absolue T_0 par un processus Φ , (désintégration ou désexcitation) alors une particule identique placée dans E_d émettra par un processus identique Φ un photon de période T_p , T_p temps entre l'émission des 2 points matériels mesuré par une horloge dans E_d coïncidant avec la particule avec :

$$T_p = T_0 \quad (35)$$

D'après l'équation (26aX) et le Postulat 5A, si T_A est le temps absolu correspondant à T_p et si ν_e est la vitesse étherée de la particule, on a si C_t est la contraction temporelle là où est la particule :

$$T_p = T_0 = C(v_e)T_e = \frac{C(v_e)T_A}{C_t} \quad (36X)$$

Et donc :

$$v_p = v_0 = \frac{v_A C_t}{C(v_e)} \quad (37X)$$

Dans le cas où $v_e = 0$:

$$v_p = v_0 = v_A C_t \quad (38)$$

2.4.4 Remarque sur les équations de Maxwell.

On remarque que dans l'expression des équations de Maxwell dans E_d en un point P où on a une base de dilatation on doit utiliser les coordonnées étherées en particulier pour la densité de charge ρ_e et le vecteur densité de courant $\mathbf{j}_e = \rho_e \mathbf{v}_e$.

Supposons qu'on ait un élément uniformément chargé de charge q et de volume absolu V_0 placé dans E_A (c'est-à-dire en l'absence de gravitation) et au repos. Dans ses conditions sa densité de charge est $\rho_0 = q/V_0$. On a vu que placé dans E_d et au repos, son volume V_e mesuré dans E_d était égal à V_0 , et donc sa densité de charge mesurée dans E_d est ρ_e avec :

$$\rho_e = q/V_e = q/V_0 = \rho_0. \quad (39)$$

Si V_A est son volume absolu (toujours immobile et placé dans E_d), sa densité de charge mesurée dans E_A est alors ρ_A avec :

$$\rho_A = \frac{q}{V_A} \quad (40)$$

Mais on a vu que si $C(e)$ était la contraction spatiale en P, on avait la relation entre V_A et V_e :

$$V_A = C(e) V_e \quad (41)$$

Et donc :

$$\rho_A = \frac{\rho_0}{C(e)} \quad (42)$$

Si l'élément chargé est dans E_d et est animée de la vitesse étherée \mathbf{v}_e , alors son volume se contracte de $C(v_e)$, et donc sa densité de charge s'accroît d'un facteur $1/C(v_e)$, et donc :

$$\mathbf{j}_e = \frac{\rho_0}{C(v_e)} \mathbf{v}_e = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}_e}{dt_e C(v_e)} \quad (43X)$$

$$\mathbf{j}_e = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}_e}{dt_p} \quad (44X)$$

dt_p étant le temps propre de l'élément chargé (cf l'équation (26)), on retrouve une expression très simple et complètement analogue au cas sans gravitation de \mathbf{j}_e pour un élément chargé en mouvement et de ρ_e pour un élément chargé immobile.

2.4.3 Généralisation de la loi de Newton.

En un point P fixe de E_d où il y a une base propre de dilatation, on a généralisé toutes les lois sans gravitation à l'identique localement, dans les Postulats 5B et 6A. Il en résulte que la loi relativiste généralisant la loi de Newton est valide en coordonnées étherées pour un objet de masse m , c'est-à-dire qu'on a :

$$\sum \mathbf{F}_e = \frac{d}{dt_e} \left(\frac{m \mathbf{v}_e}{\sqrt{1 - v_e^2 / c^2}} \right) \quad (53)$$

Puisque les équations de Maxwell sont vraies en coordonnées étherées, on obtient par ces équations en P des champs électrostatiques et magnétiques \mathbf{E}_e et \mathbf{B}_e , la force \mathbf{F}_{em} s'exerçant sur une particule de charge q étant :

$$\mathbf{F}_{em} = q(\mathbf{E}_e + \mathbf{v}_e \wedge \mathbf{B}_e) \quad (54X)$$

2.5 Cas d'un Référentiel Galiléen.

Jusqu'ici on a considéré seulement le cas d'une ou plusieurs masses statiques c'est-à-dire immobiles dans E_A et dans E_d , et seulement l'expression des lois dans l'Espace étheré E_d , qui est fixe par rapport à E_A .

Les Postulats qu'on a donnés concernant les lois mécaniques ainsi que les contractions spatiales et temporelles permettent de traiter le cas où la masse créant le Potentiel est au repos dans E_d , mais où l'observateur est dans E_d mais dans un Référentiel en mouvement $R_{cG}(P)$ (animé d'une vitesse constante étherée constante en direction et norme par rapport à $R_c(P)$, et avec des axes parallèles à ceux de $R_c(P)$). On dira que $R_{cG}(P)$ est un *Référentiel Galiléen (étheré) local*. On obtient que utilisant $R_{cG}(P)$, de façon totalement analogue à la Théorie de l'Ether sans gravitation, on peut définir un *Référentiel de Lorentz (étheré) local* $R_{cL}(P)$, et qu'on peut appliquer dans $R_{cL}(P)$ les mêmes lois physiques que dans $R_c(P)$. On utilise alors les transformations entre $R_{cL}(P)$ et $R_{cG}(P)$, qui sont identiques à celles établies dans la Théorie de l'Ether sans gravitation

Concernant le cas non-statique, c'est-à-dire le cas où la masse générant le Potentiel est en mouvement dans l'Espace absolu E_A , nous traiterons ce cas dans l'article suivant Suite de la Théorie de l'Ether. On verra que là aussi, on peut appliquer les mêmes lois que dans E_d dans le cas statique. Tout ceci apparaîtra comme étant la conséquence du 1^{ier} Principe b) de la T.E qu'on a rappelé dans la section 2.1, et qui est aussi fondamental dans l'interprétation de la T.E.G qu'il l'est dans la T.E sans gravitation.

Nous verrons qu'il sera utile d'utiliser un *Référentiel Galiléen absolu* (local ou non) R'_A qui est défini par rapport à E_A exactement comme Référentiel Galiléen par rapport à l'Ether, Espace fixe absolu, en l'absence de gravitation. Les transformations entre E_A et R'_A sont alors, avec les mêmes hypothèses concernant les relations entre E_A et R'_A que celles concernant les relations entre R et R' dans le 1^{ier} article ⁽⁶⁾:

$$X'_A = \frac{X_A - v_A T_A}{C(v_A)}, \quad Y'_A = Y_A, \quad Z'_A = Z_A$$

$$T'_A = T_A C(v_A) \quad (58)$$

De même on associe un *Référentiel de Lorentz absolu* R''_A à R'_A , retardant les horloges de R'_A de $v_A X'_A / c^2$:

$$\begin{aligned} X''_A &= X'_A, Y''_A = Y'_A, Z''_A = Z'_A \\ T''_A &= T'_A - v_A X'_A / c^2 \end{aligned} \quad (59)$$

Les équations exposées dans les 3 Postulats précédents apparaissent aussi comme une conséquence partielle du 1^{er} Principe de la T.E : A cause de leur forme, il est très difficile à un observateur en mouvement de détecter son mouvement par rapport à l'Espace absolu E_A en utilisant les lois de la T.E.G c'est-à-dire celles présentées dans les Postulats 4,5,6. Nous verrons aussi dans l'article suivant que ce Principe permet d'obtenir les lois lorsque la masse créant le Potentiel gravitationnel est en mouvement, mais au repos dans un Référentiel Galiléen, au moyen d'une seule nouvelle loi fondamentale.

3. APPLICATIONS

Utilisant les Postulats 4,5,6 de la T.E.G exposés dans la section précédente, on interprète les phénomènes classiques liés à la R.G, mais de façon beaucoup plus simple et compréhensible que la R.G. Ces phénomènes principaux sont le décalage vers le rouge par effet gravitationnel, le ralentissement des horloges dû à la gravitation, la déviation du périhélie de Mercure et celle de la lumière par une masse. Nous explicitons aussi la base propre de dilatation dans un cas non-statique.

Comme on l'a remarqué dans la section précédente, on se limitera, sauf si on indique explicitement le contraire, au cas où on a une masse statique dans E_d et un observateur au repos dans E_d . Ces phénomènes se généralisent cependant au cas général d'une masse non statique (au repos dans un Référentiel Galiléen) et d'un observateur en mouvement en utilisant aussi les lois présentées dans les Postulats de la T.E.G 4,5,6 et en utilisant une loi, qu'on donnera dans l'article suivant Suite de la Théorie de l'Ether, permettant de généraliser le cas d'une masse créant le Potentiel qui est statique au cas d'une masse créant le Potentiel gravitationnel qui est non statique.

3.1 Décalage vers le rouge par effet gravitationnel.

On considère une source située à la surface d'une masse sphérique M en un point fixe H à la verticale et à une hauteur h (très petite devant le rayon de la masse M) par rapport à un point O, qui émet un photon vers O. On note $\nu_e(h)$ et $\nu_e(0)$ les fréquences étherées (c'est-à-dire mesurées en H et en O dans E_d) du photon en H et en O, et ν_A la fréquence absolue du photon (On rappelle que celle-ci est identique en H et en O à cause de la conservation de l'énergie exprimée dans le Postulat 5B).

On suppose qu'on a des bases propres de contraction (et donc de dilatation) en P et en O, on note C(h) et C(0) les contractions spatiales en H et en O (définies dans la section 2.2.4). D'après cette définition et l'équation (34), on a

$$\nu_e(h) = \frac{\nu_A}{C(h)} \quad (60aX)$$

Puisque la fréquence absolue ν_A du photon se conserve, on a :

$$\nu_e(0) = \frac{\nu_A}{C(0)} \quad (60bX)$$

Et donc :

$$\frac{\nu_e(0)}{\nu_e(h)} = \frac{C(h)}{C(0)} \quad (61aX)$$

$$\nu_e(0) = \nu_e(h) \frac{C(h)}{C(0)} = \nu_e(h) \frac{A_t(h)}{A_t(0)} \quad (61bX)$$

$$v_e(0) = v_e(h) \frac{1 - V(h)/c^2}{1 - V(0)/c^2} \quad (61cX)$$

Avec $V(h)$ et $V(0)$ sont les potentiels gravitationnels en H et en O, en utilisant que $C(h)$ et $C(0)$ sont respectivement égales à $1/A(h)$ et à $1/A(0)$, avec $A(h)$ et $A(0)$ amplification spatiale en H et en O. On rappelle qu'on a $A(h)=1/A_t(h)$ et $A(0)=1/A_t(0)$, $A_t(h)$ et $A_t(0)$ amplifications temporelles en H et en O. On utilise aussi l'expression de l'amplification temporelle A_t donnée dans le Postulat 4Bb (Equation (11)). Et donc avec l'approximation $V(h)/c^2 \ll 1$ et $V(0)/c^2 \ll 1$:

$$v_e(0) = v_e(h)(1 - V(h)/c^2 + V(0)/c^2) \quad (62aX)$$

De plus si on connaît la fréquence absolue v_0 d'un photon émis par un processus identique par une source au repos dans l'Espace E_A , c'est-à-dire sans gravitation, on a d'après le Postulat 6C :

$$v_e(h) = v_0 \quad (62bX)$$

Et donc on obtient :

$$v_e(0) = v_0 \left(1 - \frac{V(h)}{c^2} + \frac{V(0)}{c^2}\right) \quad (62cX)$$

Cet effet a été vérifié expérimentalement sur la terre, avec les approximations précédentes concernant V et h , qui conduisent à obtenir, utilisant le Postulat 5Bb, les expressions classiques de $V(h)$ et $V(0)$ (C'est-à-dire $V(0)-V(h) \approx gh$)

3.2 Décalage vers le rouge des photons émis par le soleil.

Cette observation est de même nature que la précédente. On suppose que des photons sont émis par une source par un certain processus au repos à la surface d'une masse sphérique S (identique au soleil) et qu'on mesure leur fréquence lorsqu'ils atteignent la surface d'une masse sphérique T au repos.

Connaissant le potentiel gravitationnel $V(S)$ et $V(T)$ à la surface de S et T, on obtient de la même façon que l'équation (62cX) et avec des notations évidentes, que la fréquence des photons reçus $v_e(T)$ mesurés à la surface de T est :

$$v_e(T) = v_0 \left(1 - \frac{V(S)}{c^2} + \frac{V(T)}{c^2}\right) \quad (63X)$$

De plus on sait que si des photons sont émis par une source et un processus identique à la surface de T, leur fréquence mesurée à la surface de T est alors $v_{Te0} = v_0$.

On obtient donc :

$$\frac{v_e(T)}{v_{Te0}} = 1 - \frac{V(S)}{c^2} + \frac{V(T)}{c^2} \quad (64X)$$

Cet effet a effectivement été observé prenant pour S et T le soleil et la terre, avec les approximations $V(T)/c^2 \ll 1$ et $V(S)/c^2 \ll 1$, prenant donc alors $V(S)$ et $V(T)$ approximativement identique à leur expression classique, d'après le Postulat 5Bb.

3.3 Décalage des horloges par effet gravitationnel.

On suppose qu'on a une masse sphérique M créant le Potentiel, M étant au repos dans E_d , et on considère à la surface de M une horloge située en un point fixe H à la verticale et à une altitude h (avec h très petite devant le rayon de la sphère) par rapport à un point O. On suppose qu'on a des bases propres de dilatation et de contraction en H et en O, et on utilise les notations analogues à celles de la section 3.1.

On suppose que l'horloge en H mesure un temps T(H).

A cause de l'amplification temporelle $A_t(H)$ en H, le temps T(H) correspond à un temps absolu T avec d'après l'équation (6), A(H) amplification d'espace en H et C(H) contraction spatiale en H :

$$T(H) = TA_t(H) = \frac{T}{A(H)} = TC(H) \quad (68)$$

Si T(O) est le temps mesuré par une horloge fixe en O pendant le temps absolu T, on a alors de la même façon que l'équation (68) et avec C(O) contraction spatiale en O :

$$T(O) = TC(O) \quad (69)$$

Utilisant alors comme dans la section 3.1 les expressions de C(O) et C(H), on obtient:

$$\frac{T(H)}{T(O)} = \frac{C(H)}{C(O)} = 1 - \frac{V(H)}{c^2} + \frac{V(0)}{c^2} \quad (70)$$

Avec $V(H) < V(0)$, (car $h > 0$)

Et donc l'horloge en O est ralentie par rapport à l'horloge en H à cause de l'effet de la gravitation sur le temps. Cet effet théorique est en accord avec l'expérience, prenant pour M la terre, avec les mêmes approximations que dans la section 3.1.

Nous allons dans les 2 applications suivantes obtenir dans la T.E.G la déviation du périhélie de Mercure et d'un rayon lumineux d'une façon nouvelle, généralisant une méthode qu'on peut utiliser pour obtenir la trajectoire d'une planète dans la théorie de Newton, c'est à dire sans utiliser le concept de géodésique utilisé dans la R.G, mais en utilisant l'expression de l'énergie et le Lagrangien classique associé à une énergie.

3.4 Déviation du périhélie de Mercure.

Pour obtenir la trajectoire de planètes, on rappelle qu'on ne peut pas utiliser l'équation des forces (53) ni les équations de Lagrange en coordonnées étherées du Postulat 5Bc car l'Espace E_d n'est pas Euclidien. Cependant, on a l'expression de l'énergie totale obtenue dans le Postulat 5B. L'espace absolu E_A étant Euclidien, on admettra cependant dans cette section que si on utilise des coordonnées absolues q_{iA} , on peut appliquer les équations de Lagrange exprimées avec des coordonnées absolues c'est à dire:

$$\frac{d}{dt_A} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_{iA}} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_{iA}} = 0 \quad (70aX)$$

Dans l'expression précédente, L est obtenu classiquement à partir de l'énergie, et a donc l'expression donnée dans le Postulat 5Bc. On admettra l'équation précédente (70aX) avec la condition qu'en tout point P(q_{1A}, q_{2A}, q_{3A}) il existe une base propre de dilatation ($\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \mathbf{x}_3$), avec $\partial \mathbf{P} / \partial q_{iA} // \mathbf{x}_i$ (pour $i=1,2,3$).

Nous donnerons une justification simple de cette équation (70aX) avec les conditions précédentes dans la section 4.7.

On utilisera les coordonnées sphériques absolues (r, θ, φ) , dans le cas d'une masse M générant le Potentiel fixe et sphérique de centre O . On a donc bien la condition : $\partial \mathbf{P} / \partial \mathbf{r} // \mathbf{u}_r, \partial \mathbf{P} / \partial \theta // \mathbf{u}_\theta, \partial \mathbf{P} / \partial \varphi // \mathbf{u}_\varphi$, avec $(\mathbf{u}_r, \mathbf{u}_\theta, \mathbf{u}_\varphi)$ base propre de dilatation d'après le Postulat 4Bb.

D'après le Postulat 5B, l'énergie d'une planète est :

$$E = \gamma m c^2 - \frac{GMm}{r_A} \quad (71)$$

m étant la masse de la planète, r_A étant sa distance au centre du soleil, M étant la masse du soleil, (On rappelle qu'on considère qu'on peut supposer pour obtenir la trajectoire de la planète que le soleil est fixe dans E_d). γ est définie par :

$$\gamma = \frac{1}{C(v_e)} \text{ et } C(v_e) = (1 - v_e^2/c^2)^{1/2} \quad (72)$$

v_e étant la vitesse étherée de la planète, définie dans le Postulat 5B.
 f étant une fonction du temps absolu t_A , on définit f' par :

$$f' = \frac{df}{dt_A} \quad (73)$$

Pour $v_e/c \ll 1$, on a l'approximation :

$$E = m c^2 + \frac{m v_e^2}{2} - \frac{GMm}{r_A} \quad (74)$$

On suppose qu'on utilise les coordonnées sphériques absolues $(r_A, \theta_A, \varphi_A)$, $(\mathbf{u}_r, \mathbf{u}_\theta, \mathbf{u}_\varphi)$ étant la base orthonormée de E_A définie en tout point P naturellement associée aux coordonnées $(r_A, \theta_A, \varphi_A)$. D'après le Postulat 4B, $(\mathbf{u}_r, \mathbf{u}_\theta, \mathbf{u}_\varphi)$ est une base propre de dilatation associée à $(A_r, A_\theta, A_\varphi, A_t)$ avec $A_\varphi = A_\theta = 1$ et, V étant le Potentiel gravitationnel en P :

$$A_t = \frac{1}{A_r} = 1 - \frac{V}{c^2} \quad (75)$$

Avec l'approximation $V/c^2 \ll 1$ et utilisant le Postulat 5Bb:

$$A_r = 1 + V/c^2 = 1 + \frac{GM}{r_A c^2} \quad (76)$$

On obtient alors d'après le Postulat 4Ba et la définition d'une base propre de dilatation (Equation (7)) :

$$v_e^2 = \frac{ds_e^2}{dt_e^2} = \frac{dr_A^2 A_r^2}{dt_A^2 A_t^2} + \frac{r_A^2 d\varphi_A^2}{dt_A^2 A_t^2} \quad (77X)$$

Avec la relation $A_t = 1/A_r$, l'expression de l'énergie devient :

$$E = \frac{1}{2} m \left(\frac{dr_A^2}{dt_A^2} A_r^4 + r_A^2 A_r^2 \frac{d\varphi_A^2}{dt_A^2} \right) - \frac{GMm}{r_A} \quad (78X)$$

Et, en omettant le suffixe "A" :

$$E = \frac{1}{2} m (r'^2 (1 + 4GM / rc^2) + r^2 \varphi'^2 (1 + 2GM / rc^2)) - \frac{GM}{r} \quad (79)$$

Utilisant alors l'équation de Lagrange (70aX) pour la coordonnée absolue φ :

$$\varphi' r^2 (1 + 2GM/rc^2) = ch \quad (80)$$

Exprimant l'énergie en fonction de φ :

$$E = \frac{1}{2} \varphi'^2 \left(\left(\frac{dr}{d\varphi} \right)^2 (1 + 4GM / rc^2) + r^2 (1 + 2GM / rc^2) \right) - \frac{GMm}{r} \quad (81)$$

Remplaçant φ' par son expression d'après l'équation (80):

$$\frac{E}{m} = \frac{1}{2} \frac{c^2 h^2}{r^4 (1 + 2GM / rc^2)^2} \left(\left(\frac{dr}{d\varphi} \right)^2 (1 + 4GM / rc^2) + r^2 (1 + 2GM / rc^2) \right) - \frac{GM}{r} \quad (82)$$

On obtient alors :

$$\frac{E}{m} = \frac{1}{2} c^2 h^2 \left(\frac{1}{r^4} \left(\frac{dr}{d\varphi} \right)^2 + \frac{1}{r^2} (1 - 2GM / rc^2) \right) - \frac{GM}{r} \quad (83)$$

Posant $u=1/r$:

$$\frac{E}{m} = \frac{1}{2} c^2 h^2 \left(\left(\frac{du}{d\varphi} \right)^2 + u^2 (1 - 2GMu / c^2) \right) - GMu \quad (84)$$

Différentiant par rapport à φ :

$$c^2 h^2 \left(\frac{d^2 u}{d\varphi^2} + u - 3GMu^2 / c^2 \right) - GM = 0 \quad (85)$$

On retrouve donc l'équation de Schwartzchild, identique à celle obtenue en R.G, donnant la trajectoire de Mercure et la déviation de son périhélie.

On a obtenu l'équation de la trajectoire de Mercure non dans E_d , qui n'est pas Euclidien, mais dans E_A qui est Euclidien. Si on considère le modèle où la terre est immobile dans E_d , un observateur étant dans E_d sur la terre en un point fixe P, on connaît les relations entre les coordonnées d'un vecteur dans une base propre de dilatation ($\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A$) en P et ses coordonnées dans la base de contraction ($\mathbf{i}_e, \mathbf{j}_e, \mathbf{k}_e$) associée. On sait que, d'après le Postulat 4Bb, celles-ci sont approximativement identiques avec une précision de l'ordre de V/c^2 c'est-à-dire 10^{-9} si V est le potentiel à la surface de la terre. Il en résulte qu'on observe la trajectoire de Mercure depuis la terre comme si on était dans E_A et donc

l'angle de déviation du périhélie de Mercure mesuré depuis la terre est celui obtenu par l'équation de Schwartzchild dans E_A .

Si on veut tenir compte de la vitesse de la terre autour du soleil, il intervient alors d'après le Postulat 5A un facteur $C(v_A)$ supplémentaire par rapport aux transformations précédentes entre les coordonnées d'un Référentiel lié à un observateur dans E_d sur la terre (et donc animé de la vitesse absolue v_A) et E_A , et donc aussi on peut négliger cet effet sur l'observation de l'angle de déviation car v_A^2/c^2 est de l'ordre de 10^{-8} . On devrait aussi tenir compte de cet effet en Relativité s'il n'était pas négligeable.

Il n'est pas nécessaire de généraliser toutes les équations de Lagrange locales dans E_d à des équations de Lagrange dans E_A . Cependant les équations de Lagrange qu'on admet dans E_A doivent elles-mêmes être compatibles avec les équations locales dans E_d et aussi avec l'expression de l'énergie.

On peut montrer que l'équation de Lagrange dans E_A relativement à $q_{iA}=r_A$ telle qu'on l'a définie est incompatible avec l'expression de l'énergie (On le montre en considérant le cas où $\varphi'=0$). On admettra seulement dans les coordonnées sphériques les équations de Lagrange dans E_A relativement à $q_{iA}=\theta_A$ et $q_{iA}=\varphi_A$. Ceci revient à n'accepter la validité des équations de Lagrange dans E_A seulement relativement à q_{iA} si $A_{q_{iA}}=1$ ou si aucun des $A_{q_{jA}}$ n'utilise q_{iA} . Dans tous les cas les équations de Lagrange dans E_A qu'on admet et celle de l'énergie permettent de déterminer tous les paramètres de la trajectoire du système considéré.

On remarque que pour un mouvement circulaire, avec r constant, il y a pour chaque rayon R_A une infinité de constante ch et donc de vitesse orbitale ve qui sont solution des équations admises et de $r=R_A$. Et donc on admettra seulement la solution qui est la limite des solutions avec $dr/d\varphi \neq 0$. Par exemple si on a $v_e/c \ll 1$ et $GM/R_A c^2 \ll 1$ on prendra $du/d\varphi=0$ dans l'équation de Schwartzchild de la trajectoire de Mercure.

On remarque que dans la R.G la déformation de l'espace-temps génère la gravité alors que dans la T.E.G c'est la gravité qui déforme l'espace-temps. Contrairement à la R.G, la T.E.G est compatible avec et interprète la mécanique quantique dont les équations sont valides localement exprimées en coordonnées étherées dans la T.E.G.

3.5 Déviation de la lumière par une masse.

On a vu que d'après le Postulat 5B, et aussi d'après le Postulat 6A, la vitesse étherée de la lumière était constante et égale à c . On a donc, v_e étant la vitesse étherée d'un photon :

$$v_e^2 = c^2 \quad (86)$$

Considérant la même masse sphérique que dans l'exemple précédent, et les mêmes coordonnées sphériques absolues, omettant le suffixe A pour représenter les coordonnées absolues, on obtient de la même façon que l'équation (79) :

$$v_e^2 = r'^2 (1 + 4GM/rc^2) + r^2 \varphi'^2 (1+2GM/rc^2) = c^2 \quad (87)$$

Généralisant l'équation de Lagrange (70aX), on obtient de la même façon que l'équation (80) :

$$\varphi' r^2 (1+2GM/rc^2) = ch \quad (88)$$

Procédant comme dans la section précédente, on obtient à nouveau l'équation de Scwartzchild:

$$\frac{d^2 u}{d\varphi^2} + u - 3GMu^2 / c^2 = 0 \quad (89a)$$

Cette équation donnant la déviation d'un rayon lumineux par une masse, est identique à celle obtenue en R.G et a été vérifiée expérimentalement.

Comme dans l'application précédente, l'équation (89a) donne l'équation de la trajectoire du rayon lumineux dans E_A , mais c'est aussi la trajectoire observée par un observateur dans E_d sur la terre, même en tenant compte de la vitesse de rotation de celle-ci.

On rappelle qu'on pourra généraliser toutes les applications précédentes au cas où la masse créant le Potentiel n'est pas au repos dans E_A , mais est au repos dans un Référentiel Galiléen R'_A quelconque, défini dans la section 2.5.

On remarque que dans nos exemples concernant le système solaire, on n'a pas tenu compte du potentiel (gravitationnel) V_{MW} généré par la galaxie (Voie Lactée) qui est très important. Cependant, on peut faire l'hypothèse que dans le système solaire, V_{MW} est à peu près constant et égal à $V_{MW}(S)$. Alors en tenant compte de ce potentiel, en un point P du système solaire, $V_S(P)$ étant le potentiel généré en P par le soleil et $V_T(P)$ le potentiel total en P :

$$V_T(P)=V_S(P)+V_{MW}(S) \quad (89b)$$

Et donc dans le Référentiel R_S lié au soleil (supposé au repos dans l'Ether), les équipotentielles sont celles définies par $V_T(P)=\text{constante}$, donc $V_S(P)=\text{constante}$. Et donc on a les mêmes bases de dilatation en P que sans tenir compte du potentiel généré par la voie lactée, d'après la remarque suivant le Postulat 5B) permettant d'obtenir les bases de dilatation à partir des équipotentielles. D'après le Postulat 4Bc) (Equation (11)), on a l'amplification temporelle en P $A_t(P)$:

$$A_t(P)=1-V_S(P)/c^2-V_{MW}(S)/c^2 \quad (89c)$$

On peut donc écrire, t_{eS} étant le temps éthéré dans le Référentiel lié au soleil (On considère que le Référentiel lié au soleil est au repos dans l'Ether, comme dans toute la section. On montrera dans l'article suivant Suite de la Théorie de l'Ether comment on peut généraliser ceci dans le cas où on tient compte du mouvement du soleil par rapport à l'Ether) :

$$dt_{eS}(P)=A_t(P)dt_A=(1-V_S(P)/c^2)dt_{AS} \quad (89d)$$

$$\text{Avec } dt_{AS}=(1-V_{MW}(S)/c^2)dt_A.$$

De même :

$$dr_{eS}=dr_{AS}/(1-V_S(P)/c^2) \quad (89e)$$

$$\text{Avec } dr_{AS}=dr_A/(1-V_{MW}(S)/c^2) \quad (89f)$$

De plus :

$$r_A^2 d\varphi_A^2=(r_A/(1-V_{MW}(S)/c^2))^2(d\varphi_A(1-V_{MW}(S)/c^2))^2 \quad (89g)$$

$$r_A^2 d\varphi_A^2=r_{AS}^2 d\varphi_{AS}^2 \quad (89h)$$

$$\text{Avec } \varphi_{AS}=\varphi_A(1-V_{MW}(S)/c^2) \quad (89i)$$

Et donc, remplaçant $t_A(1-V_{MW}(S)/c^2)$ par t_{AS} , $r_A/(1-V_{MW}(S)/c^2)$ par r_{AS} , $\varphi_A(1-V_{MW}(S)/c^2)$ par φ_{AS} et θ_A par θ_{AS} , on voit que tout se passe comme si le Référentiel dilaté E_d lié au soleil était superposé non pas au Référentiel R_A qu'on a utilisé sans tenir compte du potentiel généré par la Voie Lactée, mais à un Référentiel absolu R_{AS} défini précédemment en fonction de R_A . Et donc on retrouve les mêmes résultats concernant la déviation du périhélie de Mercure et de la lumière au voisinage du soleil que sans tenir compte du potentiel généré par la Voie Lactée V_{MW} .

Notons que dans l'équation (71), on doit remplacer GM/r_A par GM_{AS}/r_{AS} , c'est-à-dire M par $M_{AS}=Mr_{AS}/r_A=M/(1-V_{MW}(S)/c^2)$.

Cependant, on peut montrer que le modèle précédent conduit à une précession supplémentaire du périhélie de Mercure, très importante et non vérifiée, ce qui conduit à déduire l'invalidité du modèle. Ceci pourrait être dû à ce que l'amplification d'espace qu'on a utilisée est fautive, et nous allons proposer un nouveau modèle en ce sens.

On admettra que dans des conditions que nous allons définir, en un point P au voisinage d'un astre S, fixe dans le Référentiel de Lorentz absolu, (c'est-à-dire relativement à un Référentiel absolu R_A) d'origine G_S le centre d'inertie de S et noté R_{AS} , l'amplification d'espace en P $A(e)(P)$ relativement à R_{AS} est :

$$A(e)(P)=1/(1-V_S(P)/c^2) \quad (85j)$$

Avec $-V_S(P)$ potentiel généré par S en P. On admettra que ceci est vrai si P est dans une région où le champ gravitationnel est quasiment le même que le champ gravitationnel réel. C'est-à-dire pour P tel que $G_S(P) \approx G_T(P)$, $G_S(P)$ et $G_T(P)$ respectivement champ gravitationnel en P généré par S seul et par tout l'Univers. On appellera cette région *champ gravitationnel* de S. Par définition, ce champ gravitationnel sera obtenu en appliquant les lois Newtoniennes dans R_A . On admettra que si la surface de S est incluse dans le champ gravitationnel de S, alors tout point Q de S appartiendra au champ gravitationnel de S même si on n'a pas $G_S(Q) \approx G_T(Q)$. S_{PL} étant un système planétaire, c'est-à-dire un système constitué d'une planète P_L et de tous ses satellites pouvant être réduit à P_L , on dira que S_{PL} est dans le *champ gravitationnel* d'une étoile ou d'une planète E_S si dans l'Univers U/S_{PL} qui est l'Univers privé de S_{PL} , pour tout point P dans S_{PL} P est dans le champ gravitationnel de E_S et de plus $M_{SPL} \ll M_{ES}$, M_{SPL} et M_{ES} masses respectives de S_{PL} et de E_S . C'est seulement si S_{PL} est dans le champ gravitationnel de E_S que l'équation de l'énergie en coordonnées étherées qu'on a admise pour Mercure, l'amplification d'espace dans cette équation étant $A(e)(G_{SPL})=1/(1-V_{ES}(G_{SPL})/c^2)$, avec $-V_{ES}(G_{SPL})$ potentiel gravitationnel généré par E_S en G_{SPL} centre d'inertie de S_{PL} . Et donc avec la définition précédente la lune ne sera pas dans le champ gravitationnel du soleil à cause de l'attraction du soleil mais le système Terre-Lune et chacune des planètes principales du système solaire avec leurs satellites seront dans le champ gravitationnel du soleil. Le soleil ne sera pas dans le champ gravitationnel de la terre, à cause de sa masse très supérieure à celle de la terre.

Avec les notations précédentes, P étant un point fixe de R_{AS} appartenant au champ gravitationnel de S, Ph1 étant un photon en P de fréquence mesurée dans R_{AS} ν_{AS} , ν_{eS} étant sa fréquence mesurée dans $E_d(R_{AS})$ (Définie de la même façon que E_d relativement à l'espace absolu R_A), on a d'après la définition de l'amplification d'espace :

$$h\nu_{AS}=h\nu_{eS}(1-V_S(P)/c^2) \quad (85k)$$

L'énergie de ce photon dans R_{AS} sera définie par :

$$E_{RAS}(Ph1)=h\nu_{eS}(1-V_T(P)/c^2) \quad (85l)$$

On n'aura donc plus $E_{RAS}(Ph1)=h\nu_{AS}$. Cependant la conservation de l'énergie du photon dans R_{AS} , (qu'on admettra comme conséquence du 1^{er} Principe de la Théorie de l'Ether puisqu'elle est valable quelle que soit la vitesse absolue de G_S centre d'inertie de S), entraînera immédiatement la conservation de $h\nu_{AS}$ dans le champ gravitationnel de S, si on suppose que dans le champ gravitationnel de S les variations de $-V_{U/S}$, potentiel gravitationnel généré par l'Univers privé de S sont négligeables par rapport à celles de $-V_S$. Pour une particule p au repos dans R_{AS} en P, m_I étant sa masse inerte, son énergie dans R_{AS} sera donnée par :

$$E_{RAS}(p)=m_I(1-V_T(P)/c^2) \quad (85m)$$

On note S le système solaire et E_S le soleil. Ce qui suit demeure vrai si S est un système stellaire et E_S l'étoile de ce système. Soit R_{AS} le Référentiel de Lorentz absolu (c'est-à-dire relativement à l'Ether E_A) dont l'origine est G_S centre d'inertie de S. Dans une première interprétation possible on admet que S est immergé dans un champ gravitationnel constant $G_{U/S}$. Dans le cas où

$v_{GSA}^2/c^2 \ll 1$, $G_{U/S}$ sera obtenu en appliquant les lois de Newton dans E_A . On peut alors considérer, généralisant les lois Newtoniennes, que R_{AS} subit une accélération égale à $-G_{U/S}$, et que dans R_{AS} toute planète de S de masse m est soumise à une force d'attraction $mG_{U/S}$ annulée par une force d'inertie $-mG_{U/S}$. Utilisant alors le premier Principe de la Théorie de l'Ether, on admettra alors que dans R_{AS} les lois sont les mêmes que si R_{AS} était l'Ether E_A et que S était isolé.

Dans cette situation on admettra que si on néglige l'amplification d'espace, et que de plus les vitesses des planètes sont très petites devant c (Ce qui sera toujours le cas), et que de plus en tout point P appartenant au champ gravitationnel d'une planète de S ou de E_S l'amplification d'espace $A(e)(P)$ est très proche de 1 pour tout point P de S , alors les lois de Newton classiques dans E_A (et donc dans R_{AS}) sont valides. (Certaines de ces lois dans E_A sont conséquences immédiates des équations de l'énergie en coordonnées étherées et d'équations de Lagrange dérivées qu'on a admises. On rappelle que ces équations généralisaient des équations de la théorie Newtonienne. S'il existait dans cette dernière théorie des équations définissant complètement la trajectoire de toute planète P_L de E_S , avec toutes les perturbations dues à l'action gravitationnelle des autres planètes, et si ces équations pouvaient être généralisées en équations en coordonnées étherées et en équations de Lagrange dérivées analogues à celles qu'on a admises pour une planète comme Mercure, alors on admettrait naturellement toutes ces dernières équations et les lois précédentes de Newton dans E_A en seraient alors conséquences immédiates. Même si on obtient de telles équations, on ne pourra calculer la perturbation de la trajectoire d'une planète P_{L1} satellite d'une autre planète P_{L2} due à l'amplification d'espace que dans les cas simples où P_{L1} est dans le champ gravitationnel de P_{L2} . Ce ne sera donc pas le cas pour la trajectoire de la lune autour du soleil.)

Pour obtenir alors la trajectoire d'un système planétaire S_{PL} de S (par exemple Mercure dans le système solaire), on additionnera alors classiquement les précessions dues à chaque perturbation, y compris celle due à l'amplification d'espace.

Une 2^{ème} interprétation possible est que $G_{U/S}$ n'est pas le même dans tout S et que donc la force d'inertie s'exerçant sur les planètes de S n'est pas annulée par l'action gravitationnelle de U/S . Cependant on peut considérer que ces 2 forces sont si faibles que tout se passe comme si S était isolé. On procède alors comme dans la 1^{ère} interprétation.

Une 3^{ème} interprétation possible est que dans l'Ether E_A , si on néglige l'amplification d'espace et que les vitesses de tous les astres considérés sont petites devant c (Sinon on doit utiliser les expressions relativistes de l'impulsion et de l'énergie), alors les lois de Newton classiques dans E_A sont vraies (Avec la même remarque que dans la 1^{ère} interprétation). On admet aussi la validité de l'équation en coordonnées étherées de l'énergie et les équations de Lagrange dérivées relativement à un système planétaire S_{PL} satellite d'une étoile E_S si E_S est au repos dans E_A . Alors on obtient comme dans la Théorie Newtonienne classique que si on néglige l'effet dû à la contraction des longueurs et des temps R_{GAS} , Référentiel Galiléen absolu, c'est-à-dire au sens de la Théorie de l'Ether et relativement à E_A , et dont l'origine est G_S peut être considéré approximativement comme un Référentiel Galiléen classique (Sans contraction). Et donc si on néglige aussi l'amplification d'espace les équations dans R_{GAS} sont les mêmes que si R_{GAS} était l'espace absolu E_A . On généralise alors les équations dans R_{GAS} en équations en coordonnées étherées de la même façon qu'on a généralisé des équations identiques dans le cas où E_S était au repos dans E_A . On pourra tenir compte de $G_{U/S}$ de la même façon que dans la 1^{ère} et la 2^{ème} interprétation.

La R.G ne permet pas de justifier les 5557 secondes d'arc d'avance du périhélie de Mercure dus à l'action gravitationnelle des autres planètes du système solaire. En effet, la R.G, tout comme la T.E.G, permet d'obtenir l'équation de Schwartzchild, mais celle-ci ne permet pas a priori d'obtenir les 5557 secondes d'arc précédents.

S_A étant un astre contenue dans son champ gravitationnel, on verra plus loin que la masse inerte de S_A (Dont on admettra naturellement la conservation si on peut négliger l'énergie perdue par rayonnement) est égale à la somme des énergies totales relativement à R_{AS} des particules qui constituent S_A , ces énergies étant générées par S_A elle-même, et contenant donc notamment leur énergie étherée de mouvement relativement à R_{AS} et leur énergie potentielle générée par S_A calculée dans R_{AS} . (Une autre possibilité est de remplacer R_{AS} par R_{GAS} Référentiel Galiléen absolu défini plus haut). Il est clair qu'on aura toujours avec une très bonne approximation, sauf si S_A est un trou noir, que la masse inerte de S_A est égale à la somme des masses inertes des particules qui la composent.

Concernant l'équation (85m), il eût été possible de prendre :

$$E_{RAS}(p)=m_I(1-V_S(P)/c^2)(1-V_{U/S}(P)/c^2) \quad (85n)$$

Dans le cas général où p n'est pas au repos dans R_{AS} , on pourrait aussi obtenir l'énergie totale de p dans R_{AS} en multipliant son énergie totale dans le cas où S est isolée par $(1-V_{U/S}(P)/c^2)$. Cette modification semble souhaitable si on considère le cas virtuel d'astres dont les centres d'inertie sont tous immobiles dans R_A . On aurait aussi pu modifier seulement l'énergie potentielle gravitationnelle de la particule considérée en conservant son énergie de mouvement.

Toutes les modifications précédentes conduisent à des prédictions théoriques très proches et en accord avec les observations.

On rappelle que la R.G ne justifie pas la non prise en compte de l'attraction de la Voie Lactée dans l'obtention de la trajectoire de Mercure. On remarque que dans la T.E.G la gravité Newtonienne génère une déformation de l'espace-temps alors que dans la R.G la déformation de l'espace-temps génère la gravité Newtonienne.

3.6 Cas non statique

Le cas de masse non statique a été observé dans l'étude d'étoiles binaires. D'après l'expression du tenseur d'Einstein, elles émettent des ondes gravitationnelles et donc perdent de l'énergie, perte d'énergie qui peut être évaluée en observant leur distance et leur vitesse de rotation. D'après la T.E.G, une interaction instantanée à distance est possible, et donc contrairement à la R.G il est possible dans la T.E.G que l'interaction gravitationnelle soit instantanée. Cependant ceci n'est qu'une possibilité : L'existence d'ondes gravitationnelles est totalement en accord avec la T.E.G, et donc on peut aussi considérer que l'observation apparente d'ondes gravitationnelles peut être interprétée par la T.E.G de la même façon que la R.G, utilisant le tenseur de la T.E.G interprétant le tenseur métrique d'Einstein à la place de ce dernier. On rappelle que les ondes gravitationnelles généralisent les ondes électromagnétiques, et celles-ci existent aussi dans la T.E.G, comme les équations de Maxwell. La T.E.G permet même de proposer un milieu dans lequel peuvent se propager les ondes gravitationnelles, l'éther substance, qui n'existe pas dans la R.G. Ce cas non-statique est très exceptionnel, et dans la quasi-totalité des phénomènes physiques liés à la R.G, la masse est immobile dans un Référentiel Galiléen et on peut se ramener au cas d'une masse statique c'est à dire utiliser seulement les Postulats 4,5,6 de la T.E.G qu'on a exposé dans la section 2.

A partir du tenseur métrique d'Einstein pour le cas non-statique, nous allons proposer le tenseur de la T.E.G interprétant celui-ci, et obtenir une base propre de dilatation en tout point à partir du tenseur de la T.E.G utilisant le Postulat 4Bb.

D'après la R.G, le tenseur métrique d'Einstein induit par une densité ρ à une distance r contient le tenseur (voir J.Foster, J.P Nightingale, A short course in general Relativity, Springer Verlag, New-York (1994)):

$$h_{ij}(\mathbf{x}, ct) = \frac{-2G}{c^4 r} \frac{d^2}{dt^2} \int (\rho x_i x_j dV)_{ret} \quad (90X)$$

L'indication « ret » indique que les variables xv doivent être considérées au temps de l'émission de l'onde gravitationnelle, c'est-à-dire au temps $t-r/c$.

D'après le 2^{ème} Principe de la T.E, on considère, puisqu'on est dans l'approximation $V/c^2 \ll 1$, qu'on a en tout point P un tenseur de la T.E.G, défini dans le Postulat 4Ba ayant la même expression mathématique que le tenseur métrique d'Einstein défini dans l'équation (90X). C'est-à-dire que si P est un point fixe de E_d situé à une distance absolue r_A d'un point O origine d'un Référentiel fixe de E_A $(O, \mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$, $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ étant une base orthonormée de E_A .

$$c^2 d\tau^2 = c^2 dt_e^2 - (h_{ij}(r_A, ct_A) + \eta_{ij}) dx_{Ai} dx_{Aj} \quad (91X)$$

avec $\eta_{ij} = \delta_{ij}$.

Et :

$$h_{ij}(r_A, ct_A) = \frac{-2G}{c^4 r_A} \frac{d^2}{dt_A^2} \int (\rho_A x_{Ai} x_{Aj} dV_A)_{ret} \quad (91aX)$$

D'après le 2^{ième} Principe de la T.E, les expressions précédentes sont valides seulement dans l'expression des faibles Potentiels, c'est-à-dire $V/c^2 \ll 1$, et de plus avec les mêmes hypothèses qu'en R.G, c'est-à-dire que la distance entre les masses créant le Potentiel et O doit être négligeable devant r_A .

De plus en R.G, on considère que le temps où les ondes gravitationnelles sont émises de O est $t-r/c$, si elles sont reçues au temps t à un point situé à une distance r de O. Dans la T.E.G, on a vu que la vitesse de la lumière était constante mesurée dans E_d et non dans E_A . Cependant avec l'approximation $V/c^2 \ll 1$, on obtient facilement que la vitesse de la lumière est égale à c dans E_A avec une approximation de l'ordre de V/c^2 . Il en résulte que dans la T.E.G aussi on considèrera qu'une onde gravitationnelle venant de O et arrivant en un point situé à une distance absolue r_A de O au temps absolu t_A , a été émise approximativement de O au temps $t_A - r_A/c$.

On voit donc que le tenseur de la T.E.G, d'expression identique au tenseur d'Einstein d'après le 2^{ième} Principe de la T.E qu'on a justifié, permet d'interpréter l'existence d'ondes gravitationnelles et leur effet sur des systèmes mobiles comme les étoiles binaires, de la même façon qu'en R.G et avec la même prédiction théorique. Le tenseur de la T.E.G a la même expression que le tenseur d'Einstein parce qu'on a $V/c^2 \ll 1$.

Dans la T.E.G, les équations précédentes sont établies dans le cas où O est un point fixe de E_d , mais on verra dans l'article suivant Suite de la Théorie de l'Ether, qu'elles demeurent valables dans le cas où O est immobile dans un Référentiel Galiléen.

Dans l'article Theory of Ether with Gravitation ⁽¹⁰⁾, on a explicité une base propre de dilatation pour le tenseur de la T.E.G défini dans les équations (91X,91aX).

4. DISCUSSION

Comme on l'a vu d'après le Postulat 4Bb, l'expression du tenseur métrique d'Einstein diffère de l'expression du tenseur de la T.E.G dès qu'on n'a plus l'approximation $V/c^2 \ll 1$. Nous verrons qu'il en résulte que les points critiques apparaissant dans la T.E.G ont une signification physique très particulière qu'ils n'ont pas dans la R.G. Nous allons voir aussi que d'après la T.E.G, de la matière peut s'échapper des trous noirs, qui existent aussi dans la T.E.G. Nous verrons aussi comment traiter le cas de plusieurs effets de dilatation d'espace, et l'analogie entre la contraction $C(v)$ due au mouvement et l'amplification d'espace $A(e)$. Enfin, nous justifierons l'équation de Lagrange utilisée dans les applications de la T.E.G concernant la trajectoire de Mercure et celle d'un rayon lumineux dévié par une masse.

4.1 Remarque concernant les points critiques dans la T.E.G et dans la R.G

Dans le tenseur métrique d'Einstein correspondant à la solution de Schwartzchild c'est-à-dire pour une masse sphérique M, il y a un point critique pour:

$$1 - 2 \frac{GM}{rc^2} = 0 \quad (108)$$

Dans la T.E.G, pour une masse sphérique M au repos dans E_d , il y a un point critique pour $A_r=0$, c'est-à-dire (voir Postulat 4.Bb), V étant le Potentiel gravitationnel:

$$1-V/c^2 = 0 \quad (109)$$

Et donc dans la T.E.G, si un objet de masse m au repos dans E_d est placé en un point critique défini précédemment, son énergie totale $E=mc^2-mV$ est nulle.

Et donc les points critiques ont dans la T.E.G une signification physique qu'ils n'ont pas dans la R.G. De plus, ceci justifie que d'après le point b) du 2^{ème} Principe de la T.E, le tenseur de la T.E.G a la même expression que le tenseur métrique d'Einstein seulement dans le cas $V/c^2 \ll 1$.

4.2 Trous noirs.

Les trous noirs sont simplement interprétés dans la T.E.G : On a vu ainsi qu'en un point P de E_d où il y avait une contraction d'espace $C(e)$, un objet rigide ayant au repos dans E_A un volume absolu V_0 , avait un volume $V_e=V_0$ placé en P dans E_d et mesuré dans E_d , correspondant à un volume absolu $V_A=C(e)V_0$. Et donc un objet de densité absolue ρ_0 placé dans E_A , a la même densité $\rho_e=\rho_0$ mesuré dans E_d s'il est placé dans E_d en P, correspondant à une densité absolue $\rho_A=\rho_0/C(e)$.

Et donc, par exemple avec la valeur $C(e)=1-V/c^2$ du Postulat 4Bb, si $C(e)=1/100$, la densité absolue est égale à 100 fois la densité ρ_0 . C'est donc ce phénomène de contraction du volume qui est à l'origine des trous noirs dans la T.E.G. On a donc dans un trou noir, pour avoir $C(e) \ll 1$, V est très proche de c^2 .

4.2.1 Les jets superluminiques.

D'après le Postulat 5Ba, l'expression de l'énergie d'un objet de masse m est :

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v_e^2/c^2}} - mV \quad (115a)$$

D'après l'expression précédente, si v_e est suffisamment proche de c, il sera toujours possible qu'un objet s'échappe de l'attraction gravitationnelle, et donc dans la T.E.G, de la matière peut s'échapper des trous noirs ce qui n'était pas le cas dans la R.G. Cela se produit si l'énergie E de l'équation précédente est supérieure à mc^2 (avec $V \approx c^2$), ce qui est évidemment possible si v_e est suffisamment proche de c. Et on a effectivement observé des jets de matières provenant de trous noirs, animés d'une vitesse proche de celle de la lumière et appelés *jets superluminiques*. Dans la R.G, il est impossible que ces jets proviennent du trou noir de laquelle d'après cette théorie aucune matière ne peut s'échapper, et ces jets n'ont pas d'interprétation satisfaisante d'après la R.G. Au contraire dans la T.E.G, l'expulsion de matière de trous noirs à de grandes énergies sont donc théoriquement possible. L'énergie de compression d'un trou noir, définie plus loin, pourrait être celle utilisée par l'émission de jets superluminiques. Et donc la T.E.G interprète très bien les jets superluminiques provenant des trous noirs.

On a 2 problèmes pour justifier l'émission de jets supra-luminiques par les trous noirs. On montrera qu'à la surface d'un trou noir l'amplification d'espace $A(e)=1/(1-GM/Rc^2)$ n'est pas infinie et a une valeur maximale. Le premier problème est que le flux de particules du jet observé depuis la terre, c'est-à-dire mesuré dans E_A , est multiplié par le facteur A(e) mesuré dans E_d à la surface du trou noir. Il est donc très élevé. Ceci peut s'expliquer par une densité très forte du plasma constituant le trou noir.

Le 2^{ème} problème est que si une particule est émise par le trou noir à une vitesse éthérée de l'ordre de c, elle met un certain temps absolu pour s'en échapper. Par définition, ce temps absolu sera celui que mettra la particule pour arriver à une distance 2R du centre du trou noir. (R rayon absolu du trou noir). Il est clair que si ce temps est supérieur à l'âge de l'Univers, on ne pourra observer les jets. On montre cependant, supposant que la vitesse éthérée du jet est de l'ordre de c, que ce temps est de l'ordre de $R/c\varepsilon$, avec $\varepsilon=1/A(e)$. Ce temps devra être nécessairement inférieur à 10^9 années si on peut

observer le jet considéré, ce qui donne une valeur maximale à $A(e)$. Par exemple pour la voie lactée on a $R_{V.L} \approx 10^6$ a.l, si $A(e) = 10^{10}$, le temps absolu d'échappement d'un jet sera de l'ordre de 10000 années. De la même façon, on peut montrer que le temps d'échappement mesuré dans E_d d'une particule d'un jet est de l'ordre de $(-\text{Log}(\varepsilon))R/c$, en ne tenant pas compte de la contraction des temps due à la vitesse éthérée de la particule considérée.

La température des jets émis par le trou noir n'est pas nécessairement celle des particules du trou noir. En effet l'expulsion des jets est un phénomène très énergétique qui peut s'accompagner d'une très forte augmentation de température des particules éjectées. Le plasma constituant le trou noir peut aussi présenter un gradient de température, la température augmentant quand la distance au centre du trou noir diminue.

4.2.2 Energie d'un trou noir.

On a vu dans la section précédente qu'un trou noir était un astre tel que, R étant le rayon de l'astre, $-V(R)$ étant le potentiel gravitationnel en R , on avait $V(R) \approx c^2$, et donc la contraction d'espace était :

$$C(e)(R) = 1 - V(R)/c^2 \ll 1 \quad (115b)$$

Soit T un trou noir au repos, M_T sa masse et E_T son énergie totale. Si E_T était la somme de son énergie de repos et de son énergie gravitationnelle, on aurait $E_T = M_T(1 - V(R)/c^2)$ (la matière baryonique du trou noir étant supposée concentrée au voisinage du rayon du trou noir). Et donc E_T serait quasi nulle. Or les observations d'ondes gravitationnelles émises par la fusion de trous noirs ont montré que l'énergie des trous noirs est très importante. Il est donc intéressant d'introduire pour un trou noir T une énergie de compression E_{CT} , variable (Voir aussi la section suivante 4.2.3).

L'énergie totale d'un trou noir au repos est alors :

$$E_T = M_T(1 - V(R)/c^2) + E_{CT} \quad (115c)$$

Lors de la formation d'un trou noir, le trou noir transforme de l'énergie de repos en énergie de compression. Et donc on obtient par conservation de l'énergie $E_{CT} \approx M_T c^2$. Mais E_{CT} peut diminuer notamment dans l'émission d'ondes gravitationnelles.

On peut définir $-V_T(r)$ comme étant le potentiel gravitationnel créé par T lui-même à une distance r de son centre et $-V_{U/T}(r)$ le potentiel gravitationnel créé par le reste de l'Univers. On a alors :

$$V(r) = V_T(r) + V_{U/T}(r) \quad (115d)$$

La vitesse $v_T(x,y,z)$ du trou noir dans un potentiel $V_{U/T}(x,y,z)$ obéit à l'équation de conservation de l'énergie:

$$(1/2)v_T(x,y,z)^2 + V_{U/T}(x,y,z) = \text{Constante}. \quad (115e)$$

Nous verrons plus loin dans cet article exposant les bases de la T.E.G que cette théorie est en accord avec l'existence des ondes gravitationnelles et que de plus celles-ci sont décrites mathématiquement comme dans la R.G. Supposons que 2 trous noirs T_1 et T_2 fusionnent en donnant un trou noir T_3 . D'après la conservation de l'énergie, négligeant l'énergie cinétique de chaque trou noir et aussi la somme de l'énergie de repos et de l'énergie gravitationnelle de chaque trou noir (avec des notations évidentes $E_{RGT_i} = M_{T_i} c^2 (1 - V_i/c^2)$, avec $V_i \approx c^2$), ΔE étant l'énergie libérée sous forme d'ondes gravitationnelles :

$$\Delta E = E_{CT1} + E_{CT2} - E_{CT3} \quad (115f)$$

Dans l'interprétation de la fusion de ces trous noirs par la R.G on avait :

$$\Delta E = M_{T1} c^2 + M_{T2} c^2 - M_{CT3} c^2 \quad (115g)$$

Mais ceci n'est pas possible car on sait que la masse baryonique total se conserve (aucun baryon ne peut disparaître) et donc on aurait $\Delta E=0$ ce qui est impossible car alors il n'y aurait pas d'ondes gravitationnelles émises.

Notons que l'énorme énergie de compression des trous noirs pourrait être à l'origine de l'énorme énergie nécessaire pour l'émission de jets superluminiques, où la matière est éjectée du trou noir avec une vitesse proche de celle de la lumière.

Cependant, il est possible que l'énergie du trou noir soit constituée en partie ou en totalité d'énergie de mouvement. En supposant que l'énergie initiale d'une particule du trou noir, avant que le trou noir soit créé est mc^2 , et que cette énergie se conserve, on a l'égalité, v_e étant la vitesse étherée de la particule après que le trou noir soit créé (Voir aussi la section suivante 4.2.3):

$$mc^2/\sqrt{(1-v_e^2/c^2)}-mc^2=mc^2 \quad (115h)$$

On obtient $v_e \approx 0,8c$. Ceci n'est cependant qu'une approximation car toutes les particules du trou noir n'ont pas la même vitesse étherée et de plus l'énergie du trou noir décroît. Cependant, ceci expliquerait la très grande vitesse de rotation des trous noirs qu'on a observée, et de plus $0,8c$ est l'ordre de grandeur de la vitesse observée. L'énergie d'un trou noir pourrait être constituée des 2 formes d'énergie précédente, énergie de compression et énergie de mouvement.

On peut lier la masse inerte (ou grave) M_{TNI} à son énergie de la façon suivante :

$$M_{TNI}c^2=E_{TNP}+E_{TNC}+E_{TNM} \quad (115hA)$$

Avec, si p_1, \dots, p_n sont les atomes ou atomes ionisés constituant le trou noir :

$-E_{TNP}=\Sigma(-V_{TN}(p_i))\approx\Sigma-m_i c^2$, $V_{TN}(p_i)$ étant le potentiel généré par le trou noir à l'emplacement de p_i , m_i étant la masse inerte de p_i (voir section suivante 4.2.3).

$-E_{TNC}$ énergie de compression du trou noir.

$-E_{TNM}=\Sigma m_i c^2/(1-v_{ei}^2/c^2)^{1/2}$, énergie de mouvement des particules p_i constituant le trou noir dans le Référentiel de Lorentz dilaté dont l'origine coïncide avec le centre d'inertie du trou noir.

Si on veut prendre en compte l'énergie thermique du trou noir, si celle-ci est incluse dans la masse inerte des particules on doit remplacer m_i par $m_i(T)$, $m_i(T)$ intégrant l'énergie thermique de p_i mais sinon on doit ajouter un terme E_{TNTH} .

Notre définition de la masse du trou noir est donc totalement analogue à la définition de la masse d'un atome qui contient l'énergie de mouvement et l'énergie potentielle générée par l'atome lui-même des électrons.

On peut généraliser la définition précédente pour définir la masse inerte de systèmes compacts S comme des planètes, étoiles... On peut cependant affiner notre modèle en tenant compte de l'énergie de liaison des atomes ou des molécules, de l'énergie des gaz contenus par les systèmes précédents... On aura cependant avec une bonne approximation pour chaque système S précédent de masse inerte M_{Si} :

$$M_{Si} \approx \Sigma m_i(0)c^2 \quad (115hB)$$

La conservation de la masse des systèmes précédents compacts (trous noirs, planètes, étoiles...) signifie qu'on obtient cette masse toujours de la même façon, et qu'elle se conserve (s'il n'y a pas d'ondes gravitationnelles émises), mesurée dans le Référentiel de Lorentz dilaté dont l'origine coïncide avec le centre de masse du système considéré. On supposera classiquement qu'on peut toujours faire l'approximation que le centre de masse est confondu avec le centre de gravité des systèmes considérés.

Si la masse inerte d'un trou noir était égale à la somme des masses inertes des particules le composant, alors cela contredirait dans la R.G comme dans la T.E.G la non-conservation de la masse dans la fusion de 2 trous noirs.

On fera l'hypothèse qu'une particule de masse inerte m d'un système compact (planète, trou noir, cœur d'étoile) en rotation autour de l'axe du système considéré, à une distance D_A de cet axe et animée d'une vitesse absolue non nulle v_A est soumise à une force centrifuge de norme F_C . Si on prend $F_C = mv_A^2/D_A$, cette force sera donc très faible dans le cas d'un trou noir, puisque alors $v_A \approx v_e/A(e)$. Dans le cas d'un trou noir, la vitesse angulaire de rotation étant constante, on montrera que cette force centrifuge est toujours inférieure à la force gravitationnelle d'attraction $F_G = (GMm/R^2)(D_A/R)$. On montre que c'est aussi le cas en prenant $F_C = mv_e^2/D_A$, v_e vitesse étherée de la particule considérée. On a supposé que le trou noir présentait une symétrie sphérique. On n'a pas tenu compte des forces de pression qui tendent elles aussi à annuler la force centrifuge. Généralisant le cas Newtonien, on pourra considérer que dans le cas général où on n'a ni $v_e/c \ll 1$ ni $GM/Rc^2 \ll 1$, si on a $F_G = f(v_e, R)$, alors pour un satellite en orbite circulaire animé de la vitesse étherée v_e et à une distance R du centre de l'astre considéré, alors on aura $GM/R^2 = f(v_e, R)$. Pour obtenir les fonctions f possibles, on utilisera le Lagrangien Relativiste $L = -(1 - v_e^2/c^2)^{1/2} + GM/R$.

4.2.3 Structure d'un trou noir.

Nous allons voir que contrairement à la R.G, la T.E.G permet de définir structure d'un trou noir T de masse M_T . Soit $-V(r)$ le potentiel gravitationnel à une distance r du centre du trou noir (r mesuré dans E_A). On pourrait faire l'hypothèse que le rayon R du trou noir est celui pour lequel on a $V(R) = c^2$.

Alors d'après les équations de la T.E.G, l'amplification $A(e)(R)$ à une distance R du centre O_T de T serait infinie, et toute la masse du trou noir serait concentrée à la distance R de O_T . Mais alors l'énergie de compression E_{CT} du trou noir serait nulle. Pour qu'elle ne soit pas nulle, on doit admettre que T a un rayon interne R_{IT} et un rayon externe R_{ET} (mesurés dans E_A). Toute la matière baryonique du trou noir est entre R_{IT} et R_{ET} et on a $V(R_{ET}) \approx V(R_{IT}) = c^2$. (Car c^2 est la valeur maximale de $V(R_{IT})$). A cause de l'équation de Poisson, négligeant la substance sombre, on a pour $0 < r < R_{IT}$ $\Delta V(r) = 0$, et donc on a pour $r < R_{IT}$ $V(r) = V(R_{IT}) = c^2$.

Si on veut tenir compte de la masse de la substance sombre, entre 0 et R_{IT} , $V(r)$ est alors donné par l'équation de Poisson $\Delta U(r) = \rho_{ES}/\epsilon_0$, avec $U(r) = -V(r)$ et ρ_{ES} densité de la substance sombre mesurée dans E_A à l'emplacement du trou noir. On prendra $V(0) = c^2$, car il est impossible qu'on ait $V(0) > c^2$. Ceci entraîne aussi l'existence d'une amplification d'espace $A(e)$ maximale (Car cela entraîne $V(R_{IT}) < c^2$). On trouve $V(R_{IT}) = c^2 - \epsilon c^2$ avec $\epsilon \ll 1$ et une amplification maximale en R_{IT} $A_{Max}(R_{IT}) = 1/\epsilon = C_{AM} \rho_{TN}/\rho_{ES}$, avec :

C_{AM} constante de l'ordre de l'unité, ρ_{TN} densité moyenne du trou noir et ρ_{ES} densité locale de la substance sombre.

On a la condition $V(R_{ET}) < V(R_{IT})$ (Mais $V(R_{ET}) \approx V(R_{IT}) \approx c^2$ et $R_{IT} \approx R_{ET}$).

Si le trou noir est immergé dans la substance sombre intergalactique de densité ρ_0 , on aura $\rho_{ES} = \rho_0$. S'il est au centre d'une concentration sphérique de substance sombre, on aura $\rho_{ES} = \rho_{LIMH}$, ρ_{LIMH} densité limite d'homogénéité de la substance sombre introduite dans l'article précédent « Théorie de la matière sombre et de l'énergie sombre ». On peut estimer que ρ_{LIMH} est de l'ordre de $10^6 \rho_0$, ρ_0 densité actuelle de la substance sombre intergalactique.

En effet l'approximation la plus simple de la courbe de densité de la substance sombre de la Voie Lactée $\rho_{V.LS}(t)$ est qu'il existe une *distance limite d'homogénéité* d_{LIMH} telle que pour $t < d_{LIMH}$, $\rho(t) = \rho_{LIMH}$ et pour $R_{V.LH} < t < d_{LIMH}$, $\rho(t) = K/r^2$, K constante donnée dans l'article cité plus haut.

Alors $\rho_{LIMS} = 10^6 \rho_0$ permet d'obtenir $d_{LIMH} = R_{V.LH}/1000 \approx 500$ km/s ce qui semble en accord avec la courbe de rotation des étoiles de la Voie Lactée.

On peut montrer que d_{LIMH} est la même pour toutes les galaxies à courbe de rotation plate (et donc en accord avec la Loi baryonique de Tully-Fisher) de même masse baryonique neutre, quel que soit leur décalage Cosmologique z .

Il existe un 3^{ième} modèle fondamental permettant de justifier que tout trou noir peut avoir un amplification d'espace maximale $A(e)_{Max}$, celle-ci étant néanmoins supérieure à 100 pour que le système considéré puisse être considéré comme un trou noir. Ce 3^{ième} modèle est analogue au 2nd modèle : On considère que la sphère intérieure du trou noir contient de la matière ordinaire d'une densité absolue constante ρ_{AV} . Au centre du trou noir on a $V = c^2$, et les particules de la sphère

intérieure ne peuvent se rapprocher du centre car sinon on aurait $V > c^2$. On obtient alors de la même façon que pour le 2nd modèle que le trou noir a une amplification maximale $A(e)_{\text{Max}} = C_{\text{AM}} \rho_{\text{T.N.}} / \rho_{\text{AV}}$, C_{AM} constante de l'ordre de l'unité définie dans le 2^{ième} modèle.

On fait l'hypothèse que $A(e)$ est approximativement la même en tout point du plasma du trou noir. $\rho_{\text{AS}}(P)$ étant la densité surfacique absolue du trou noir en un point P de sa surface, $\rho_{\text{IS}}(P)$ étant celle de sa matière inerte, $\rho_{\text{CS}}(P)$ étant celle correspondant à l'énergie de compression et $v_e(P)$ étant la vitesse étherée de P , on a l'équation :

$$\rho_{\text{AS}}(P) \approx \rho_{\text{IS}}(P) \left((1 - v_e(P)^2/c^2)^{-1/2} - 1 \right) + \rho_{\text{CS}}(P) \quad (115hC)$$

On verra plus loin qu'on a une constante K_{COMP} , dépendant du trou noir considéré, telle que $\rho_{\text{CS}}(P) = K_{\text{COMP}} \rho_{\text{IS}}(P)$. Si on voulait tenir compte de l'énergie thermique, on devrait ajouter un terme $\rho_{\text{THS}}(P) = K_{\text{TH}} \rho_{\text{IS}}(P) T$, K_{TH} constante dépendant de la nature du plasma et T température moyenne du plasma.

Si on fait l'hypothèse $\rho_{\text{AS}}(P)$ constant égal à $M/4\pi R^2$, M et R étant la masse et le rayon absolu du trou noir considéré, on a 2 modèles possibles :

Dans le premier modèle, $\rho_{\text{IS}}(P)$, $\rho_{\text{CS}}(P)$ sont constants et donc $v_e(P)$ est constante. On a donc $\rho_{\text{IS}}(P) = M_I/4\pi R^2$, M_I *masse inerte* du trou noir égale à la somme des masses inertes des particules qui le composent et $\rho_{\text{CS}}(P) = M_C/4\pi R^2$, M_C *masse de compression* du trou noir égale à E_{COMP}/c^2 , E_{COMP} énergie de compression du trou noir. On peut calculer dans ce modèle que si P est à une distance absolue inférieure ou égale à $R/A(e)$ de l'axe de rotation du trou noir, alors la force centrifuge n'est plus négligeable par rapport à la force d'attraction gravitationnelle. Cependant si on fait l'hypothèse que la matière constituant le trou noir est quasi incompressible, la force centrifuge est annulée.

Dans le 2nd modèle, $v_e(P)$ est obtenue en supposant que la vitesse angulaire est constante et que $\rho_{\text{IS}}(P)$ et $\rho_{\text{CS}}(P)$ varient de telle façon que $\rho_{\text{AS}}(P)$ est constante, ce qui permet de déterminer la vitesse angulaire de rotation. On remarque que P étant un pôle du trou noir, $v_e(P) = 0$ et donc $\rho_{\text{AS}}(P) = \rho_{\text{CS}}(P)$.

Il existe un 3^{ième} modèle pour lequel $\rho_{\text{IS}}(P)$ et $\rho_{\text{CS}}(P)$ sont constants de même que la vitesse angulaire de rotation absolue. Alors $\rho_{\text{AS}}(P)$ n'est plus constant et le trou noir n'est plus une sphère sauf si l'énergie de repos du trou noir Mc^2 est très proche de l'énergie de compression du trou noir E_{COMP} . On a toujours sur la surface du trou noir $V \approx c^2$.

On a supposé $A(e)$ approximativement constant pour simplifier le modèle considéré. On peut montrer, en supposant de plus que la densité dans E_d du plasma est inférieure de plusieurs ordre de magnitude à celle de l'eau, que si le trou noir considéré a une densité moyenne $M/(4\pi R^3/3)$ inférieure ou égale à celle de l'eau, ce qui est le cas des trous noirs supermassifs, et si de plus le trou noir est au repos et $M \approx M_I$, alors supposant $\rho_{\text{IC}}(P)$ constant, on a bien $A(e)$ est approximativement constant. On remarque que la densité dans E_d $\rho_{\text{IC}}(P)$ de la matière inerte, utilisée pour obtenir $A(e)(M)$ en tout point M du trou noir, n'est pas nécessairement constante et pourrait dépendre de l'énergie de mouvement des particules (qui se traduit par une contraction des longueurs) mais aussi de leur énergie de compression.

On supposera dans le cas général où $A(e)$ n'est pas constant que l'amplification sur la surface interne du trou noir est constante, et donc égale à $A(e)_{\text{MAX}}$, ce qui est équivalent à ce que cette surface interne soit une équipotentielle. On a toujours en conservant les mêmes notations :

$$\rho_{\text{AS}}(P) = \rho_{\text{MS}}(P) + \rho_{\text{CS}}(P) - \rho_{\text{IS}}(P) \quad (115hD)$$

On a comme avec le modèle où $A(e)$ est constant 2 modèles avec $\rho_{\text{AS}}(P)$ constant, le premier modèle avec v_e constant et donc $\rho_{\text{MS}}(P)$ constant de même que $\rho_{\text{CS}}(P)$ et $\rho_{\text{IS}}(P)$, le 2^{ième} modèle avec une vitesse angulaire absolue constante et $\rho_{\text{MS}}(P)$, $\rho_{\text{IS}}(P)$ et $\rho_{\text{CS}}(P) = K_{\text{COMP}} \rho_{\text{IS}}(P)$ sont tels que $\rho_{\text{AS}}(P)$ est constant. On a un 3^{ième} modèle avec une vitesse angulaire absolue constante et $\rho_{\text{IS}}(P)$ et $\rho_{\text{CS}}(P)$ constants.

E_{COMP} ne peut pas être une énergie de compression classique. En effet on calcule simplement que pour un trou noir, la force totale exercée sur le trou noir évaluée approximativement par $F = MG$, G champ gravitationnel à la surface du trou noir, est indépendante du trou noir considéré. Si E_{COMP} était

une énergie de compression classique, on pourrait s'attendre à ce qu'elle dépende seulement de F et soit donc la même pour chaque trou noir ce qui est contraire à notre modèle d'énergie de compression. Même si on considère qu'elle dépend seulement de M et de G , elle dépendrait seulement de M puisque G dépend seulement de M , or dans notre modèle, l'énergie de compression peut être égale à Mc^2 mais pas nécessairement. On peut donc supposer que l'énergie de compression existe sous la forme d'une densité $\rho_C(P)$, indépendante ou ne dépendant pas seulement de M et pouvant être égale à Mc^2 .

Pour définir une énergie de compression correspondant aux critères précédents, on supposera que pour $V \approx c^2$, une particule peut acquérir une masse de compression m_C , qui n'est pas intégrée dans la masse inerte de la particule considérée. Lorsqu'un trou noir se constitue, si ses particules n'acquièrent pas d'énergie de mouvement elles acquièrent donc une masse de compression m_C . L'énergie E d'une particule de masse inerte m_I et de vitesse v , dans un potentiel gravitationnel $-V$ est alors donnée par l'équation :

$$E = m_I c^2 (1 - v^2/c^2)^{-1/2} - m_I V + m_C c^2 \quad (115hE)$$

On a supposé que l'énergie thermique de la particule était incluse dans sa masse inerte. Sinon on doit ajouter un terme du type $E_{THP} = k_p T$. $-V$ est de l'ordre de $-c^2$, il vérifie l'équation de Poisson et est tel que la somme des énergies précédentes est égale à Mc^2 , M masse inerte du trou noir.

Concernant la densité absolue $\rho_C(P)$ de la masse de compression l'hypothèse la plus simple est qu'il existe une constante de compression pour chaque trou noir K_{COMP} telle que $\rho_C(P) = K_{COMP} \rho_I(P)$ en tout point P du Plasma du trou noir. On aura la condition $M_C = K_{COMP} M_I = E_{COMP}/c^2 \leq M$.

On peut supposer qu'une particule initialement au repos et dans un potentiel gravitationnel $-V \approx 0$ de masse inerte m_I , comprimée et évoluant en demeurant au repos dans un potentiel gravitationnel $-V \approx -c^2$ acquiert une énergie de compression égale à $m_I c^2$. De plus on pourra supposer que si une particule ayant une masse de compression m_C dans un potentiel gravitationnel $-V \approx c^2$ est éjectée dans une région où $V \approx 0$, son énergie de compression est rayonnée ou transformée en énergie de mouvement. Ceci pourrait expliquer la longueur observée des jets émis par les trous noirs (plusieurs milliards d'années lumières), de même que la grande durée de leur rayonnement.

Si on suppose que les particules dans la sphère du trou noir définissant l'amplification maximale $A(e)_{MAX}$ sont au repos, leur énergie est constituée d'énergie de compression.

Un cas particulier intéressant est celui où le volume d'une particule sans énergie de compression est négligeable. En effet ceci entraîne, l'énergie de compression des particules absorbées étant supposée nulle, que le volume dans E_d du plasma ne varie pas avec l'absorption de matière. Il en résulte que si le trou noir conserve sa masse, rayonnant l'énergie des particules qu'il absorbe, l'amplification à sa surface $A(e)$ demeure invariante.

On a admis pour une particule la possible existence d'une énergie positive, indépendante de sa masse inerte, l'énergie de compression. On peut généraliser ce concept en admettant aussi la possibilité pour une particule d'une énergie négative, appelée énergie de décompression. Ce concept permet de justifier la conservation de l'énergie pour une particule d'un trou noir dont l'énergie est nulle, c'est-à-dire qu'elle est au repos, dans un potentiel gravitationnel égal à $-c^2$, et avec une énergie de compression nulle, si on transfère sans modification d'énergie cette particule en un point où le potentiel gravitationnel est nul. Pour justifier la conservation de l'énergie, on doit introduire une énergie de décompression pour la particule $E_{DEC} \approx -mc^2$, afin que l'énergie totale de la particule considérée demeure quasi-nulle. Le concept d'énergie de compression permet aussi de donner une 3^{ième} possible nature de l'énergie rayonnée par un astre (Par exemple une étoile à neutron) sous forme d'ondes gravitationnelles. On pourra considérer que l'énergie de compression et l'énergie de décompression sont de la même nature, l'une positive l'autre négative.

4.2.4 Rayonnement d'un trou noir.

Supposons qu'un trou noir émette à sa surface un rayonnement mesuré dans E_d qui soit celui d'un corps noir à la température T_e . On dira alors que T_e est la température éthérée du trou noir. On néglige l'effet de l'expansion de l'Univers sur ce rayonnement.

On suppose que $A_T(e)$ est l'amplification d'espace à la surface du trou noir. On considère alors un point P loin du trou noir avec une amplification d'espace $A(e)(P)=1$, et en P un élément de surface dS_p perpendiculaire à $O_T P$, O_T centre du trou noir. On mesure alors le rayonnement du trou noir sur dS_p , en considérant seulement les photons émis par le trou noir dans la direction radiale du trou noir.

On a vu que la longueur d'onde des photons arrivant sur dS_p augmentait d'un facteur $A_T(e)$, comparée à celle mesurée dans E_d lors de leur émission du trou noir, et que le flux des photons diminuait d'un facteur $A_T(e)$ (Puisque la fréquence d'émission de photons et leurs longueurs d'onde se conservent dans E_A). Et donc le rayonnement des photons considérés mesuré sur dS_p n'est pas celui d'un corps noir à la température $T_e/A_T(e)$ (concernant les photons perpendiculaires à dS_p) puisqu'alors le flux des photons considérés sur dS_p aurait dû diminuer d'un facteur $A_T(e)$ à la puissance 3. Ceci est dû au fait que contrairement à l'amplification du rayonnement fossile, l'amplification d'espace due à la gravité n'est pas isotrope. On aurait aussi pu considérer que P est au voisinage du trou noir et mesurer alors le flux reçu par dS_p dans E_A . On aurait obtenu comme précédemment que le rayonnement dans E_A reçu par dS_p n'est pas celui d'un corps noir. On obtient aussi la réciproque : Le rayonnement d'un corps noir dans l'espace absolu E_A ne correspond pas au rayonnement d'un corps noir dans E_d . De même le rayonnement d'un corps noir dans E_A (En particulier celui du rayonnement fossile) ne se traduit pas par un rayonnement reçu par un trou noir qui est celui d'un corps noir mesuré dans E_d à la surface du trou noir considéré.

On montre cependant, utilisant la loi de Stefan que la puissance absolue, c'est-à-dire mesurée dans E_A , reçue, et donc potentiellement émise, par le trou noir à cause du rayonnement fossile, est très faible. D'après la loi de Stefan un trou noir de la taille de la terre et donc dont la masse est environ 4000 masses solaires reçoit par le rayonnement fossile une puissance absolue 100 millions de fois plus faible que celle émise par la terre celle-ci étant modélisée comme un corps noir dont la température est 100 fois celle du rayonnement fossile.

Considérons un objet O_{bj} en un point Q d'amplification d'espace $A(e)(Q)$. On peut définir la *température étherée* de Q qui est la température de Q mesurée par un observateur au voisinage de Q dans E_d et la *température absolue* de Q qui est celle mesurée par un observateur au voisinage de Q mais dans E_A . Cette dernière est aussi celle que mesurerait un observateur dans E_d pour un objet émettant dans E_A le même rayonnement que l'objet O_{bj} , mais en un point R d'amplification d'espace $A(e)(R)=1$.

Considérons un objet O_{bj} de masse M en un point P d'amplification $A(e)(P)=1$ à la température absolue $T_A(P)$ et à la température étherée $T_e(P)=T_A(P)$. On a 2 possibilités : Ou bien l'énergie thermique d'un objet de masse M est égale à $K_{TH}MT_A$, T_A sa température absolue, ou bien elle est égale à $K_{TH}MT_e$, T_e sa température étherée. (K_{TH} constante dans les 2 cas). Dans le premier cas si on amène O_{bj} sans perte d'énergie thermique en un point Q tel que $A(e)(Q) \neq 1$, sa température absolue $T_A(Q)$ se conserve et dans le 2^{ième} cas c'est sa température étherée $T_e(Q)$ qui se conserve.

Considérant que la matière dans le trou noir est dans une situation très particulière ($V \approx c^2$, présence d'une énergie de compression importante), on peut aussi expliquer qu'on n'a jamais observé de rayonnement d'un corps noir pour un trou noir par une des 2 hypothèses (incompatibles) suivantes :

Dans la 1^{ière} hypothèse, la matière du trou noir ne se comporte pas comme un corps noir, mais peut émettre un rayonnement très particulier, constant par pallier mais avec d'importantes variations sur des temps courts, ce rayonnement étant celui des quasars et aussi celui infra-rouge émis par des trous noirs comme celui au centre de la Voie Lactée, Sagittarius⁽¹³⁾. Ce rayonnement provient de l'énergie de compression ou de l'énergie thermique du trou noir considéré. (A priori il est possible que les différentes formes d'énergie d'un trou noir puissent se transformer l'une en l'autre). On rappelle en effet que d'après la T.E.G et contrairement à la R.G un trou noir peut émettre un rayonnement puisque l'amplification à sa surface $A(e)$ est finie. Cette première hypothèse justifierait les observations selon lesquelles l'intensité du rayonnement des quasars est liée à leurs masses, et aussi le rayonnement très particulier des quasars.

Dans une 2^{ième} hypothèse possible, la matière du trou noir n'émet aucun rayonnement. Le rayonnement et la matière absorbés par le trou noir se transforment en énergie thermique ou en énergie de compression et donc en masse inerte du trou noir. La rayonnement des quasars et celui infra-rouge de certains trous noirs s'interprète alors classiquement : Il est dû à la conversion de l'énergie des particules du disque d'accrétion en rayonnement. Cette 2^{ième} hypothèse pose cependant un problème énergétique. En effet, considérant une particule de masse m , l'énergie maximale E_{MR} qu'elle pourra rayonner n'est pas mc^2 mais on a :

$$E_{MR}=mc^2-mV_{Dm}-mc^2(1-v_{eDm}^2/c^2)^{-1/2} \quad (115k)$$

Avec $-V_{Dm}$ et v_{eDm} respectivement le potentiel gravitationnel et la vitesse étherée d'une particule du disque d'accrétion à la distance minimale D_m du centre du trou noir considéré. On a donc $V_{Dm}=GM/D_m$ et E_{MR} inférieur à mV_{Dm} . Avec la première hypothèse, la particule peut transmettre l'énergie mc^2 au trou noir, potentiellement rayonnée. On rappelle que 'd'après sa photo, pour le trou noir M87, D_m est égale à 2,2 fois le rayon de Schwartzchild et donc à 4,4 fois son rayon d'après la T.E.G. Même dans la R.G, on obtient E_{MR} par une expression analogue. Et donc l'alimentation en énergie et donc en matière d'un quasar pour qu'il puisse rayonner est énorme. On rappelle qu'un quasar typique rayonne une énergie approximativement égale à l'énergie de repos de 10 soleils par an mais le disque d'accrétion nécessite de capter 10 fois plus de matière si on considère qu'une particule ne peut rayonner plus de 10% de son énergie de repos. Au contraire avec la première hypothèse il suffit au quasar d'absorber la matière de 10 soleils pour conserver sa masse. Un 2^{ième} problème est de justifier pourquoi ces particules transforment leur énergie de mouvement et leur énergie potentielle en rayonnement, contrairement à toutes les observations.

On rappelle que dans leur interprétation classique, compatible avec les 2 hypothèses précédentes de la T.E.G, les raies d'émission observées sur le spectre de quasars sont dues à des absorbants éloignés du trou noir. Ce décalage vers le rouge est interprété comme purement Cosmologique. Si cela était le cas cela impliquerait que le décalage gravitationnel soit proche de 0, dans l'interprétation de la R.G comme celles de la T.E.G. Ce décalage vers le rouge est $(1-GM/Rc^2)^{-1}-1$ dans la T.E.G et $(1-GM/Rc^2)^{-1/2}-1$ dans la R.G. On doit cependant considérer la possibilité que ce décalage vers le rouge puisse être en partie gravitationnel même si cette hypothèse a été rejetée ⁽¹³⁾. On rappelle qu'on a la relation, z_{obs} décalage observé, z_G décalage gravitationnel et z_C décalage Cosmologique :

$$1+z_{obs}=(1+z_G)(1+z_C) \quad (115l)$$

La 2^{ième} hypothèse précédente est donc en complète analogie avec l'interprétation classique basée sur la R.G du rayonnement des quasars.

Dans la T.E.G et contrairement à la R.G les variations du rayonnement des quasars ou des trous noirs peuvent être instantanées. Si on admet que l'énergie de mouvement de la matière absorbée par le trou noir se transforme intégralement en énergie thermique et que de plus l'énergie rayonnée par le trou noir provient de son énergie thermique, cela expliquerait que les quasars sont nécessairement actifs c'est-à-dire qu'ils absorbent beaucoup de matière. Cependant, dans le cas où les observations conduiraient à ce que ni la masse d'un quasar ni la matière qu'il absorbe ne seraient suffisants pour justifier l'intensité de leur rayonnement on devrait alors admettre l'existence d'une nouvelle énergie, appelée énergie X, pour les particules, cette énergie n'intervenant ni dans leur masse ni même dans la masse du quasar qui les contient.

On peut aussi remarquer que l'explication actuelle basée sur la R.G de l'origine des jets des trous noirs selon laquelle ils proviennent du disque d'accrétion est aussi a priori compatible avec la T.E.G, de même que l'explication actuelle de l'origine du rayonnement des quasars. Cependant la réciproque n'est pas vraie puisque d'après la R.G un trou noir ne peut émettre ni lumière ni matière.

On remarque que l'émission des jets comme le rayonnement des quasars sont des phénomènes très énergétiques non seulement dans E_d mais aussi dans E_A . Considérant cette énergie on peut s'attendre à ce que le rayonnement de même que l'énergie des trous noirs dépende seulement de leur température absolue et donc soient indépendants de l'amplification d'espace $A(e)$ à leurs surfaces.

4.2.5 Observation d'un trou noir.

On a admis une contraction d'espace en $1-V/c^2$. Ceci conduit immédiatement à obtenir comme rayon d'un trou noir un rayon 2 fois plus petit que le rayon de Schwartzchild. Cependant, on peut conserver l'ensemble de la théorie en changeant seulement la contraction d'espace qu'on prend alors en $\sqrt{(1-2V/c^2)}$. Alors on obtient le rayon de Schwartzchild comme rayon de trou noir. Cependant, la limite inférieure du potentiel V est alors de $c^2/2$ et non plus de c^2 .

Lors de la première photo d'un trou noir (galaxie M87, Avril 2019), on a observé un disque sombre entourée d'une couronne de lumière (photosphère). Le rayon du disque sombre est égal à 2,6 fois le rayon de Schwartzchild, et donc 5,2 fois le rayon du trou noir prévu avec une contraction en $1-V/c^2$.

La photo du trou noir est donc en accord avec la modélisation d'un trou noir par la T.E.G. Il est naturel de penser que le jets super-luminiques émis par les trous noirs ont comme direction l'axe de rotation du trou noir. On rappelle que l'émission de ces jets par les trous noirs eux-mêmes est impossible d'après la modélisation d'un trou noir dans la R.G.

4.3 Cas de plusieurs dilatations simultanées.

Il est possible que dans certains cas, on ait des dilatations ayant plusieurs origines. Dans le cas statique, si par exemple on a plusieurs masses sphériques, la généralisation du Postulat 4Bb ainsi que l'expression très simple du Potentiel gravitationnel donné dans le Postulat 5B permet d'obtenir très simplement en tout point la base propre de dilatation due à ces masses. Ceci était beaucoup plus compliqué dans la R.G. En effet, on a vu dans la remarque suivant le Postulat 5B que d'après la T.E.G on avait les dilatations exprimées dans le Postulat 4Bc (Equation (11)) en prenant une base propre de dilatation locale $(\mathbf{i}_A, \mathbf{j}_A, \mathbf{k}_A)$ telle que \mathbf{i}_A est orthogonal aux équipotentielles. A priori, ceci donne le même tenseur métrique que dans la Relativité Générale seulement dans le cas où on a une seule masse statique sphérique générant le potentiel.

En général, les masses générant le potentiel ont une vitesse petite devant c dans l'Ether, identifié au Référentiel local Cosmologique ⁽¹¹⁾. Et donc la perturbation sur les distances dans E_d (obtenues en considérant que les masses sont statiques) due au mouvement des masses générant le potentiel est négligeable. Et donc on peut en général avec une excellente approximation ne pas tenir compte du mouvement des masses générant le potentiel pour obtenir les distances dans E_d . Cependant dans certains cas, notamment pour les phénomènes liées aux ondes gravitationnelles, c'est seulement le mouvement des masses générant le potentiel qui est à l'origine de ces phénomènes, et on doit donc utiliser les équations de la Relativité Générale pour décrire ces phénomènes (Voir section 4.8).

Il est cependant possible, dans le cas non-statique, qu'on obtienne plusieurs bases propres de dilatations dues à plusieurs sources, et qu'on veuille obtenir approximativement en tout point P de E_A le tenseur de la T.E.G dû à l'ensemble de ses sources.

Par exemple, considérons 2 sources de dilatation dues au mouvement de masses, telle que on ait pour la 1^{ère} source en P point fixe de E_A une base propre de dilatation $(\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k})$ associée aux amplifications (A_x, A_y, A_z, A_t) , et pour la seconde on ait au même point fixe de E_A P une base propre de dilatation $(\mathbf{i}', \mathbf{j}', \mathbf{k}')$ associée aux amplifications (A'_x, A'_y, A'_z, A'_t) .

On suppose qu'on a l'approximation que les amplifications A_i et A'_i sont très proches de 1. On introduit alors les notations :

$$A_x = 1 + \frac{\beta_1}{2}, A_y = 1 + \frac{\beta_2}{2}, A_z = 1 + \frac{\beta_3}{2}$$

$$A'_x = 1 + \frac{\beta'_1}{2}, A'_y = 1 + \frac{\beta'_2}{2}, A'_z = 1 + \frac{\beta'_3}{2} \quad (116)$$

Avec $\beta_i, \beta'_i \ll 1$

D'après notre interprétation des amplifications basée sur le concept de fluide temporel, on a l'équation (13), c'est-à-dire :

$$A_t = \frac{1}{A(e)} = \frac{1}{A_x A_y A_z} = 1 - \left(\frac{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}{2} \right)$$

$$A'_t = 1 - \left(\frac{\beta'_1 + \beta'_2 + \beta'_3}{2} \right) \quad (117)$$

On fait alors l'hypothèse que l'amplification totale temporelle (ou volumique) est obtenue en multipliant les 2 amplifications.

On obtient alors dt_{e12} intervalle élémentaire de temps étheré en tenant compte des 2 amplifications :

$$dt_{e12} = A_t A'_t dt_A = dt_A \left(1 - \sum \left(\frac{\beta_i}{2} \right) - \sum \left(\frac{\beta'_i}{2} \right) \right) \quad (122)$$

On peut généraliser ce qui précède au cas de plus de 2 origines de dilatation. On remarque que l'expression trouvée (122) coïncide avec le cas statique de 2 masses sphériques M_1 et M_2 au repos dans E_d dès qu'on a l'approximation $V_1/c^2 \ll 1$ et $V_2/c^2 \ll 1$.

On rappelle que dans la section 3.5 on a montré que notre obtention de la déviation du périhélie de Mercure demeurerait valide si on tenait compte du potentiel gravitationnel généré par la Voie Lactée dans le système solaire. Ce potentiel était de l'ordre de $V(R_S) = GM_{M,W}(R_S)/R_S$, avec R_S distance du système solaire au centre $O_{M,S}$ de la Voie Lactée et $M_{M,W}(R_S)$ masse de la sphère de centre $O_{M,W}$ et de rayon R_S , sphère qu'on a vue pouvant être modélisée par une sphère présentant une symétrie sphérique et composée principalement de substance sombre⁽¹¹⁾. De plus on a l'approximation $GM_{M,W}(R_S)/R_S \approx v_{M,W}^2$, $v_{M,W}$ étant la vitesse orbitale des étoiles dans la Voie Lactée, $v_{M,W} \approx 210$ km/s.

Or dans la R.G, pour obtenir la déviation du périhélie de Mercure, on ne considère pas l'effet de la masse de la Voie Lactée prévue par les équations de la R.G ou on considère que cet effet est négligeable. Or cette hypothèse est fautive puisqu'on obtient que $GM_{M,W}/R_S$ est très grand devant $GM_S/r \approx v_{ME}^2$ avec M_S masse du soleil, r distance de Mercure au centre du soleil et v_{ME} vitesse de Mercure dans le système solaire. On doit donc tenir compte de la masse de la Voie Lactée dans les équations de la R.G pour obtenir la déviation du périhélie de Mercure dans la R.G, et à priori, rien n'indique que ceci donne le même résultat que si on ne tient compte de la masse de la Voie Lactée.

4.4 Comparaison des expressions de la contraction $C(v)$ due au mouvement et l'amplification d'espace $A(e)$.

On remarque qu'en absence de gravitation, d'après le Postulat 5A, un objet animé de la vitesse absolue v (égale à la vitesse étherée en absence de gravitation) subit une contraction de $C(v)$ par rapport à l'Espace E_A . On remarque alors que si l'objet a une masse m , et si E est son énergie de mouvement, on a, d'après le Postulat 5Ba :

$$C(v) = \sqrt{1 - v^2 / c^2} = \frac{mc^2}{E} \quad (124X)$$

Si on considère maintenant un objet au repos dans E_d en un point P et une masse générant le Potentiel au repos dans E_d , alors $E = mc^2 - mV$ étant l'énergie totale de l'objet, on a une amplification d'espace $A(e)$ en P qui est d'après le Postulat 4Bb :

$$A(e) = \frac{1}{1-V/c^2} = \frac{mc^2}{mc^2 - mV} = \frac{mc^2}{E} \quad (128X)$$

On voit donc que A(e) et C(v) ont des expressions analogues (et simples) en fonction de l'énergie.

4.5 Relations intéressantes dans la T.E.G.

On a exprimé l'énergie d'un photon dans le Postulat 6B par :

$$E = h\nu_e - \frac{h\nu_e}{c^2}V = h\nu_e(1 - V/c^2) = h\nu_A \quad (130aX)$$

Supposons maintenant que par un processus défini (désexcitation ou désintégration), une particule de masse m émette un photon d'énergie absolue ν_0 lorsqu'elle est immobile dans E_A , c'est-à-dire en l'absence de gravitation.

Supposons maintenant que la particule est immobile placée dans E_d en un point P de potentiel gravitationnel V.

D'après le Postulat 6C, elle émet par un processus identique un photon de fréquence $\nu_e = \nu_0$ mesurée dans E_d , et donc si on peut négliger l'énergie de recul, l'énergie perdue par la particule lors de l'émission est ΔE avec :

$$\Delta E = h\nu_e(1 - V/c^2) = h\nu_0(1 - V/c^2) \quad (130bX)$$

Or l'énergie de la particule était dans le Potentiel V :

$$E = mc^2 - mV = mc^2(1 - V/c^2) \quad (130cX)$$

Et donc on a

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{h\nu_0(1 - V/c^2)}{mc^2 - mV} = \frac{h\nu_0}{mc^2} = \text{constant} \quad (133X)$$

L'équation précédente, obtenue dans la T.E.G, indique donc que $\Delta E/E$ est le même quelque soit le Potentiel V, et est donc très intéressante

On n'obtient pas l'expression précédente en prenant le tenseur métrique d'Einstein dans le cas où on n'a pas $V/c^2 \ll 1$, car ce tenseur fait intervenir un terme $(1 - 2V/c^2)$ au lieu du terme $(1 - V/c^2)^2$ dans le tenseur de la T.E.G exprimé dans le Postulat 4B.

Ceci est donc un nouvel argument sur le fait que d'après le 2^{ème} Principe de la T.E, le tenseur de la T.E.G coïncide avec le tenseur métrique d'Einstein seulement dans le cas où on a $V/c^2 \ll 1$.

On rappelle qu'on a justifié l'expression de l'énergie d'un photon $E = h\nu_A$, en considérant qu'un photon de fréquence ν_e mesurée en un point fixe de E_d avait une masse grave égale à $h\nu_e/c^2$. Nous donnerons, dans l'article suivant Suite de la Théorie de l'Ether, une 2^{ème} justification plus générale utilisant l'expression des équations de la physique quantique dans la T.E.G.

4.6 Obtention des équations de Lagrange dans E_A .

Dans les applications de la T.E.G concernant la déviation du périhélie de Mercure ou d'un rayon lumineux par une masse, on a utilisé les équations de Lagrange classique exprimées avec les coordonnées de l'Espace Euclidien E_A . Cela n'était pas possible de les exprimer dans E_d car E_d n'est

pas euclidien. Cependant, on a vu que E_d était localement Euclidien, et donc, puisque d'après les Postulat 5 et 6, localement toutes les lois classiques sont vraies exprimées en coordonnées étherées, il en résulte que localement, les équations de Lagrange exprimées en coordonnées étherées sont vraies, comme on l'a admis dans le Postulat 5Bc. Or on peut montrer qu'une conséquence de ceci est que localement en un point P, les équations de Lagrange exprimées avec des coordonnées absolues sont vraies, à condition que si (q_{1A}, q_{2A}, q_{3A}) sont ces coordonnées absolues, on ait en P une base propre de dilatation $(\mathbf{x}_{1A}, \mathbf{x}_{2A}, \mathbf{x}_{3A})$ telle que $\partial \mathbf{P} / \partial q_{iA} // \mathbf{x}_{iA}$ (pour $i=1,2,3$).

En généralisant ceci dans E_A , avec la condition précédente, on obtient les équations de Lagrange exprimées avec des coordonnées absolues qu'on a utilisées dans l'application de la T.E.G concernant la déviation du périhélie de Mercure.

Montrons donc la validité locale des équations de Lagrange exprimées dans E_A dans un cas particulier. On suppose qu'en un point P fixe de E_d , on a une base propre de dilatation $(\mathbf{x}_{1A}, \mathbf{x}_{2A}, \mathbf{x}_{3A})$ associée aux amplifications (A_1, A_2, A_3, A_t) , et on considère le cas de coordonnées cartésiennes (q_{1A}, q_{2A}, q_{3A}) dans la base $(\mathbf{x}_{1A}, \mathbf{x}_{2A}, \mathbf{x}_{3A})$.

On a bien la condition $\frac{\partial \mathbf{P}_A}{\partial q_{iA}} // \mathbf{x}_{iA}$ pour $i=1,2,3$.

D'après la définition d'une base propre de dilatation donnée dans la section 2.2.3, si en P on a un vecteur $d\mathbf{M}_A(dq_{1A}, dq_{2A}, dq_{3A})$ mesuré dans E_A , il correspond à un vecteur $d\mathbf{M}_e(A_1 dq_{1A}, A_2 dq_{2A}, A_3 dq_{3A})$ mesuré dans E_d , c'est-à-dire que si $(dq_{1e}, dq_{2e}, dq_{3e})$ sont ses coordonnées dans la base de contraction $(\mathbf{x}_{1e}, \mathbf{x}_{2e}, \mathbf{x}_{3e})$ définie dans la section 2.2.3, on a toujours :

$$dq_{ie} = A_i dq_{iA} \quad (152X)$$

Les équations de Lagrange locales exprimées en coordonnées étherées sont :

$$\frac{d}{dt_e} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_{ie}} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_{ie}} = 0 \quad (153a)$$

Mais on a la relation, dt_A étant l'intervalle de temps dans E_A correspondant à dt_e mesuré dans E_d au point P :

$$dt_e = A_t dt_A \quad (153bX)$$

Donc, d'après l'équation (152X):

$$\dot{q}_{ie} = \frac{dq_{ie}}{dt_e} = \frac{A_i}{A_t} \frac{dq_{iA}}{dt_A} = \frac{A_i}{A_t} \dot{q}_{iA} \quad (153bX)$$

Remplaçant dans l'équation (153a), on obtient bien :

$$\frac{d}{dt_A} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_{iA}} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_{iA}} = 0 \quad (154a)$$

On a montré ce qui précède dans le cas des coordonnées cartésiennes (q_{iA}) , mais on peut le généraliser de façon analogue avec seulement la condition sur les coordonnées (q_{iA}) : $\frac{\partial \mathbf{P}_A}{\partial q_{iA}} // \mathbf{x}_{iA}$.

4.7 Cosmologie dans la T.E.G.

On a proposé dans l'article ⁽¹¹⁾ un modèle d'Univers sphérique en expansion de centre O. Dans ce modèle d'Univers, on a défini un Référentiel Universel Cosmologique R_C de centre O dont les axes

allaient jusqu'aux frontières de l'Univers, et en tout point de l'Univers un Référentiel local particulier, appelé Référentiel local Cosmologique, identifié au Référentiel de Repos du Cosmic Microwave Background (RRC).

Notre modèle ne tenait pas compte de l'effet de la gravitation sur le temps et les longueurs. On identifie localement le RRC avec l'espace dilaté E_d , superposé à E_A , E_d et E_A étant définis dans cet article (Postulat 4.A). Et donc l'Ether local (identifié à E_A , l'espace absolu utilisé dans cet article) est défini en tout point de l'Univers, puisqu'on a vu dans l'article ⁽¹¹⁾ que le RRC était défini en tout point de l'Univers. On définit alors le Référentiel Universel Cosmologique absolu R_{CA} de façon analogue à $R_C : R_{CA}$, dont l'origine est O centre de l'Univers, a ses axes parallèles à ceux des ethers locaux E_A , son temps est le temps donné par les ethers locaux E_A , et localement, les distances données par R_{CA} sont identiques à celles données par E_A . On a vu dans le 2nd modèle mathématique d'expansion de l'Univers, que, t étant le temps Cosmologique (âge de l'Univers), si $R(t)$ était le rayon de l'Univers sphérique au temps Cosmologique t, on avait $R(t)=Ct$. Etant donné l'Universalité du temps t_A , la solution la plus simple (qu'on adoptera) est d'identifier l'âge de l'Univers avec t_A (temps absolu), avec donc $R_A(t_A)=Ct_A$, $R_A(t_A)$ étant le rayon de l'Univers mesuré dans le Référentiel Cosmologique Universel absolu R_{CA} .

Cependant, t_{eO} étant le temps indiqué par une horloge fixe située en O centre de l'Univers (ou un n'importe quelle origine du RRC qu'on a définie dans l'article ⁽¹¹⁾), on peut montrer, prenant comme origine de t_{eO} le Big-Bang avec $t_{eO}=t_A=0$, qu'on a toujours $t_{eO}\approx t_A$.

Soit Q l'origine d'un RRC (on a appelé aussi Q *point comobile* de la sphère en expansion constituant l'Univers), on a vu, puisque Q est au repos dans l'ether local E_A (Equations (8)(10)), $V(Q)(t_A)$ étant le potentiel gravitationnel en Q au temps absolu t_A (Rappelons qu'on a pris dans cet article contrairement aux conventions $V(Q)$ positif, et donc l'énergie potentielle gravitationnelle d'une masse m en Q, avec cette convention est égale à $-mV(Q)$).

$$dt_{eQ}=dt_A(1-V(Q)(t_A)/c^2) \quad (155)$$

Or on a exposé dans l'article ⁽¹¹⁾ comment calculer $V(Q)(t_A)$:

Au début de l'Univers, avant l'apparition des galaxies, on a vu que l'Univers était empli de substance sombre homogène en densité et en température, qui devenait aussi un mélange homogène de substance sombre et de matière baryonique après l'apparition des particules baryoniques. On a vu dans l'article ⁽¹¹⁾ qu'à cause de l'expansion cette substance sombre et ce mélange homogène se comportaient comme le vide absolu du point de vue gravitationnel (C'est-à-dire que dans les équations de la mécanique Newtonienne on prend $\rho(P)=0$ en tout point de ce mélange homogène). On a donc durant cette période $V(Q)(t_A)=0$, et donc $dt_{eQ}=dt_A$.

Puis apparaissent les galaxies et les amas, mais alors on sait qu'on a en général (sauf si Q est près d'un trou noir) $V(Q)(t_A)/c^2 \ll 1$ et donc $dt_{eQ}\approx dt_A$.

On a donc toujours en général $t_{eQ} \approx t_A$, ce qui fait qu'on peut aussi identifier l'âge de l'Univers avec t_{eQ} , et qu'on a le rayon de l'Univers $R(t_{eQ})\approx R(t_A)=Ct_A\approx Ct_{eQ}$.

4.8 Ondes gravitationnelles.

On remarque que l'existence des ondes gravitationnelles est compatible avec la Théorie de l'Ether avec gravitation. Elles sont analogues aux ondes électromagnétiques mais agissent sur l'espace-temps. On doit les utiliser dans le cas d'un système d'étoiles binaires (Section 3.6), pour obtenir la perte d'énergie de ce système. Et donc dans la Théorie de l'Ether avec gravitation, les ondes gravitationnelles sont définies mathématiquement de façon analogue à leur définition dans la Relativité Générale. On doit utiliser les équations pour prédire les ondes gravitationnelles issues par exemple de la fusion de 2 trous noirs. La vitesse de ces ondes est a priori comme pour les ondes électromagnétiques égale à c mesurée dans l'espace dilaté E_d . Les équations de la R.G définissant mathématiquement les ondes gravitationnelles sont parmi les seules à être utilisées dans la T.E.G.

On a cependant donné dans la T.E.G (section 4.2.2) une interprétation de l'énergie perdue lors de la fusion de 2 trous noirs à cause de l'émission d'ondes gravitationnelles et de la variation de la masse des trous noirs qui n'existe pas dans la R.G.

5. CONCLUSION

Nous avons donc exposé dans cet article une Théorie de l'Ether avec gravitation généralisant la Théorie de l'Ether sans gravitation exposée dans l'article Théorie de l'Ether⁽⁶⁾. On a généralisé tous les concepts de cette 1^{ière} théorie, en particulier celui d'un Espace absolu, de contractions temporelle et spatiale, de simultanéité absolue ainsi que l'interprétation de ces contractions par l'existence d'un fluide temporel.

On a aussi généralisé le concept de Référentiel Galiléen. Nous développerons ce concept dans l'article suivant, Suite de la Théorie de l'Ether, afin de pouvoir considérer le cas où une masse créant le Potentiel gravitationnel n'est pas au repos dans l'Espace absolu E_A , mais est au repos dans un Référentiel Galiléen absolu R_A' . Les Postulats 4,5,6 qu'on a donnés permettent cependant de considérer les cas où la masse créant le Potentiel est immobile dans E_A , mais où un observateur est immobile dans un Référentiel Galiléen étheré local $R_{eG}(P)$ animé d'une vitesse étherée v_e constante par rapport au Référentiel local étheré $R_e(P)$.

On a justifié que dans la T.E.G, d'après le 2^{ième} Principe de la T.E, les équations donnant le tenseur métrique de la T.E.G étaient identiques à celles donnant le tenseur métrique d'Einstein, mais seulement dans l'approximation $V/c^2 \ll 1$. On a interprété les phénomènes liés à la R.G d'une façon nouvelle, propre à une Théorie moderne de l'Ether. On a vu aussi comment la plupart des lois usuelles, comme les équations de Maxwell, mais aussi les lois de la dynamique d'expressions identique dans la T.E sans gravitation, et la R.R, étaient généralisées de façon extrêmement simple dans la T.E.G ce qui n'était pas le cas dans la R.G. On a donc présenté une nouvelle interprétation des phénomènes liés à la R.G, dans une Théorie moderne de l'Ether, et cette conception semble beaucoup plus claire que la conception d'après la R.G.

Et donc la T.E.G est une théorie de l'Ether fondamentale permettant d'interpréter les phénomènes jusqu'ici seulement interprétés par la R.G. Cependant comme on l'a vu dans l'article précédent (11), la Cosmologie de la T.E comporte 2 modèles mathématiques d'expansion de l'Univers, le premier basé sur les équations de la R.G et le 2nd étant beaucoup plus simple.

Dans l'article suivant Suite de la Théorie de l'Ether, on exposera aussi l'interprétation de la physique quantique par la T.E.G.

References

- 1)Max Born,Einstein's Theory of Relativity (Dover Publication,New-York 1965)
- 2)J.Foster, J.P Nightingale, A short course in General Relativity (Springer-Verlag,New-York 1994)
- 3)A.French,Einstein,Le livre du centenaire, (Hier et Demain,France,1979)
- 4)J.Ph Perez,N.Saint-Cricq Chery,Relativité et quantification (Masson Paris 1986)
- 5)T.Delort, Theory of Ether, Physics Essays, 13 (2000)
- 6)T.Delort, Théorie de l'Ether , Extrait du livre Théories d'or 10^{ième} édition, Books on Demand, Paris (2018).(Cet article est la version en Français réactualisée de (5).
- 7)T.Delort, Applications of Theory of Ether,Phys.Ess, 17,3 (2004).
- 8)T.Delort,Applications de la Théorie de l'Ether (2018), Extrait du livre Théories d'or 10^{ième} édition, Books on Demand, Paris (2018))(Cet article est la version en Français réactualisée de (7).
- 9)T.Delort, Complements of the Theory of Ether, Physics Essays 18 (2005)
- 10)T.Delort, Theory of Ether with Gravitation, Physics Essays, 18 (2005)
- 11)T.Delort, Matière sombre et énergie sombre dans l'Univers, Théories d'or 10^{ième} édition, Books on Demand, Paris (2018)).
- 12)Tuan Do, Unprecedented Near-infrared Brightness and Variability of SgrA, Astrophysical Journal Letters, v882, n2, 2019.
- 13)Greenstein and Schmidt, The quasi-stellar Radio Sources 3C48 and 3C273, Astrophysical Journal, vol 140, 1964.

Article: SUITE DE LA THEORIE DE L'ETHER

Auteur:Thierry DELORT

Extrait du livre: Théories d'or 10^e édition, Editions Books on Demand, Paris (2020).

Résumé:

Dans 4 articles précédents (Théorie de l'Ether, Eléments de la Théorie de l'Ether, Compléments de la Théorie de l'Ether, Théorie de l'Ether avec Gravitation ⁽⁹⁾ ⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾ ⁽¹²⁾ (Extraits du livre Théories d'or), on a exposé les fondations d'une Théorie moderne de l'Ether. Dans cet article, nous développons la Théorie de l'Ether avec Gravitation (T.E.G) exposée dans le dernier article. En particulier, nous étudions le cas d'une masse générant le Potentiel en mouvement en utilisant le concept généralisé de Référentiel Galiléen (Dans le 1^{er} article, on avait seulement considéré le cas d'une masse immobile dans l'espace absolu E_A ou au voisinage d'un point fixe de E_A), nous interprétons la physique quantique dans le cadre de la T.E.G, et étudions certaines variables fondamentales dans l'électromagnétisme d'après la T.E.G. Nous complétons aussi l'étude des trous noirs initialisée dans l'article précédent.

Mots clés : Théorie de l'Ether avec Gravitation, trous noirs, Référentiels Galiléens.

1.INTRODUCTION

Dans 4 articles précédents ⁽⁹⁻¹²⁾, on a exposé les bases d'une Théorie moderne de l'Ether, couvrant tous les phénomènes liés à la Relativité Restreinte ou Générale. Dans cet article, nous apportons certains éléments nouveaux relatifs à la T.E.G (Théorie de l'Ether avec Gravitation) exposée dans l'article précédent ⁽¹²⁾.

On rappelle que d'après le 2^{ème} Principe de la T.E exposé dans l'article précédent, notre Univers est représenté comme un Espace dilaté E_d , qui est superposé à un Espace absolu sans gravitation E_A . Les longueurs et les temps de chaque espace sont reliées par un tenseur de la T.E.G. E_A est un espace Euclidien, alors que E_d est seulement localement Euclidien. Localement en un point P de E_d , un élément de vecteur $d\mathbf{M}_A$ mesuré dans E_A correspond à un élément de vecteur $d\mathbf{M}_e$ mesuré localement dans E_d . On obtient $d\mathbf{M}_e$ à partir de $d\mathbf{M}_A$ (ou l'inverse), en utilisant une base propre de dilatation en P. D'après les Postulats 4,5,6 présentés dans l'article précédent, la plupart des équations classiques sont vraies localement exprimées dans E_d , c'est-à-dire avec des coordonnées éthérées. Cependant, dans l'article précédent, on a seulement considéré le cas d'une masse générant le Potentiel immobile dans E_A ou demeurant près d'un point fixe de E_A .

Dans cet article, on étudiera le cas de masses en mouvement par rapport à E_A mais au repos dans un Référentiel Galiléen absolu R_A' (Dont on a généralisé la définition dans le cadre de la T.E.G dans l'article précédent). Puis on étudiera les variables fondamentales en électromagnétisme d'après les lois de la T.E.G. Enfin nous donnerons l'interprétation de la Physique Quantique (C'est-à-dire des équations fondamentales propres à la Physique quantique) par la T.E.G, et nous compléterons l'étude des trous noirs par la T.E.G.

2.REFERENTIELS GALILEENS.

On a vu dans l'article précédent que si on avait un point fixe P de E_d dans lequel il y avait une base propre de dilatation, un objet animé d'une vitesse éthérée v_e mesurée dans le Référentiel local éthéré $R_e(P)$ se contractait d'un facteur $C(v_e)$ dans la direction de son mouvement par rapport à un objet identique mais immobile en P. On a vu qu'à priori, une contraction $C(v_A)$ obtenue en remplaçant dans $C(v_e)$ la vitesse éthérée v_e par la vitesse absolue v_A était elle aussi possible, mais qu'une

contraction $C(v_e)$ était préférable dans la théorie. On a cependant remarqué qu'en général, $C(v_e)$ et $C(v_A)$ étaient identiques avec une extrême précision.

On rappelle qu'on a défini dans l'article précédent un Référentiel Galiléen R_A' , comme un Référentiel totalement analogue aux Référentiels Galiléen définis en l'absence de gravitation dans le 1^{ier} article Théorie de l'Ether ⁽⁹⁾. Pour le définir, on peut donc considérer des règles et des horloges standard placées non dans E_d mais dans E_A , de façon totalement analogue au 1^{ier} article. Avec les mêmes hypothèses que pour les transformations obtenues dans le 1^{ier} article, on obtient que les transformations entre R_A' et E_A sont, v_A étant la vitesse absolue de R_A' par rapport à R_A : (supposant donc que les origines des temps coïncident (C'est-à-dire qu'à $T_A=0$ on a $T_A'=0$), de même que les origines O et O' $T_A=T_A'=0$, et que les axes OX et $O'X'$ coïncident :

$$X_A' = \frac{X_A - v_A T_A}{\sqrt{1 - v_A^2 / c^2}}, Y_A' = Y_A, Z_A' = Z_A, T_A' = T_A \sqrt{1 - v_A^2 / c^2} \quad (4aX)$$

En décalant les horloges de R_A' de X_A'/c^2 , on obtient un Référentiel de Lorentz associé R_A'' associé au Référentiel Galiléen R_A' exactement de la même façon que dans le 1^{ier} article. On a donc :

$$X_A'' = X_A', Y_A'' = Y_A', Z_A'' = Z_A', T_A'' = T_A' - v_A X_A' / c^2 \quad (4bX)$$

D'où on déduit :

$$X_A'' = \frac{X_A - v_A T_A}{\sqrt{1 - v_A^2 / c^2}}, Y_A'' = Y_A, Z_A'' = Z_A, T_A'' = \frac{T_A - v_A X_A / c^2}{\sqrt{1 - v_A^2 / c^2}} \quad (4cX)$$

Jusqu'ici, dans l'article précédent Théorie de l'Ether avec Gravitation ⁽¹²⁾, on a seulement considéré le cas de masses générant le Potentiel immobiles dans E_A ou au voisinage d'un point fixe de E_A .

Or on a vu qu'en absence de gravitation, on pouvait appliquer les mêmes lois physiques dans le Référentiel de Lorentz R_A'' que dans E_A . Ceci était la conséquence des Postulats 1,2,3 de la T.E sans gravitation, eux-mêmes étant la conséquence du 1^{ier} Principe de la T.E selon lequel les lois dans l'Univers étaient telles qu'elles tendaient à empêcher un observateur fixe par rapport à un Référentiel Galiléen de détecter son mouvement par rapport à l'espace absolu E_A .

On a vu dans l'article précédent **Théorie de l'Ether avec gravitation** que si on avait une masse unique générant le Potentiel, celle-ci étant fixe dans E_A , on pouvait obtenir des relations entre les temps et les distances absolues (c'est-à-dire mesurées dans E_A) et les temps et les distances mesurées localement dans E_d , c'est-à-dire l'espace où nous vivons, superposé à E_A .

Nous allons maintenant étudier le cas où certaines masses générant le potentiel sont en mouvement dans E_A .

On a vu dans l'article précédent Théorie de l'Ether avec Gravitation comment on pouvait obtenir les trajectoires des planètes dans des systèmes stellaires, et aussi avec une bonne approximation celles des galaxies dans des amas (Utilisant les lois de Newton classiques dans des Référentiels de Lorentz absolus). Considérant un astre quelconque S (étoile, planète, trou noir..) appartenant à son champ gravitationnel propre, on admettra, considérant le Référentiel de Lorentz absolu R_{AS} dont l'origine est le centre d'inertie G_S de S , le Postulat 7 suivant :

POSTULAT 7 :

a) On peut, dans le champ gravitationnel de S , superposer à R_{AS} un espace dilaté $E_d(R_{AS})$ totalement analogue à l'Espace dilaté E_d superposé à l'Espace vide superposé E_A que nous avons défini.

b) En tout point P fixe dans R_{AS} appartenant au champ gravitationnel de S , les équations locales en P (quantiques, électromagnétiques, de physique des particules..) sont les mêmes dans $E_d(R_{AS})$ que si R_{AS} était E_A et $E_d(R_{AS})$ était E_d .

On note que le Postulat 7 précédent apparaît comme une conséquence du 1^{ier} Principe de la Théorie de l'Ether car il est vrai quelque soit la vitesse absolue de G_S .

3. VARIABLES FONDAMENTALES EN ELECTROMAGNETISME.

On a vu dans le 1^{ier} article que dans le cas sans gravitation, R_A' étant un Référentiel Galiléen défini comme dans la section précédente et R_A'' étant le Référentiel de Lorentz associé, alors si un élément chargé avait une densité ρ_0 au repos, il avait aussi une densité égale à ρ_0 mesuré dans R_A' et dans R_A'' lorsqu'il était au repos dans R_A' ou R_A'' .

Les vecteurs densités de courant dans R_A' et R_A'' sont définis classiquement par :

$$\mathbf{j}'_A = \rho'_A \mathbf{v}'_A \text{ et } \mathbf{j}''_A = \rho''_A \mathbf{v}''_A \quad (10X)$$

Avec \mathbf{v}'_A (resp. \mathbf{v}''_A) la vitesse de l'élément chargé mesuré dans R_A' (resp. R_A''), et ρ'_A (resp. ρ''_A) sa densité électrique mesurée dans R_A' (resp. R_A'').

On a admis dans le 1^{ier} article qu'on avait les égalités :

$$\mathbf{j}'_A = \mathbf{j}''_A = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}'_A}{dt_p} = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}''_A}{dt_p} \quad (11)$$

dt_p étant le temps propre de l'élément chargé lorsqu'il parcourait $d\mathbf{M}'_A$, ou $d\mathbf{M}''_A$.

Les relations précédentes étaient utiles, car comme conséquence elles avaient que l'intensité du courant pouvait être mesurée indifféremment dans R_A' ou dans R_A'' .

On les obtient de la façon suivante :

Puisque R_A' et R_A'' ont des coordonnées spatiales identiques, et que de plus le temps propre d'un objet est identique calculé dans R_A' et R_A'' , on a bien l'égalité :

$$\rho_0 \frac{d\mathbf{M}'_A}{dt_p} = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}''_A}{dt_p} \quad (12aX)$$

De plus puisque les transformations entre E_A et R_A'' sont les transformations de Lorentz, d'après les propriétés mathématiques de ces transformations et le fait que l'élément chargé se comporte dans E_A exactement comme dans un Référentiel de Lorentz en Relativité, on a :

$$\mathbf{j}''_A = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}''_A}{dt_p} \quad (12bX)$$

On rappelle que v_A est la vitesse absolue de R_A' par rapport à E_A . Si V_A est la vitesse absolue de l'élément chargé, on a, d'après les transformations (4aX) entre E_A et R_A' :

$$\rho'_A = \rho_0 \frac{\sqrt{1 - v_A^2/c^2}}{\sqrt{1 - V_A^2/c^2}} \text{ et } dt'_A = dt_A \sqrt{1 - v_A^2/c^2} \quad (12cX)$$

Il en résulte :

$$\mathbf{j}'_A = \rho'_A \frac{d\mathbf{M}'_A}{dt'_A} = \rho_0 \frac{\sqrt{1 - v_A^2/c^2}}{\sqrt{1 - V_A^2/c^2}} \times \frac{d\mathbf{M}'_A}{dt_A \sqrt{1 - v_A^2/c^2}} \quad (12dX)$$

et donc puisque d'après la définition de dt_p on a :

$$dt_p = dt_A \sqrt{1 - V_A^2/c^2} \quad (13X)$$

On obtient donc :

$$\mathbf{j}'_A = \rho_0 \frac{d\mathbf{M}'_A}{dt_p} \quad (14X)$$

On obtient donc l'équation (11).

4. OBSERVATEUR EN MOUVEMENT PAR RAPPORT A UNE MASSE STATIQUE.

On a présenté dans la section 2 le cas où la masse créant le Potentiel n'était pas fixe dans E_A ou au voisinage d'un point fixe de E_A .

Cependant on n'a pas étudié le cas où la masse créant le Potentiel est au repos dans E_A , mais où l'observateur est lui-même en mouvement par rapport à cette masse. Nous allons traiter ce cas dans ce qui suit.

Le cas général où la masse générant le Potentiel est en mouvement, et où l'observateur est lui aussi en mouvement par rapport à cette masse se déduit alors du cas précédent en utilisant le Postulat 7 présenté dans la section 2.

Considérons pour commencer le cas où la masse est immobile dans E_A , et où l'observateur est immobile dans un Référentiel local éthéré $R_c(P)$.

Considérons une expérience classique de physique des particules : Localement où se trouve l'observateur, on a une collision entre une particule 1 et une particule 2 de masse m_1 et m_2 qui produisent des particules 3 et 4, la 3^{ième} particule ayant une masse m_3 et la particule 4 étant un photon. Nous verrons que notre exemple se généralise immédiatement au cas général d'un nombre quelconque de particules, parmi lesquelles certaines peuvent être des photons.

On suppose la collision élastique.

D'après les Postulats 5 et 6 de la T.E.G présenté dans l'article Théorie de l'Ether avec Gravitation ⁽¹²⁾, il y a conservation de l'impulsion et de l'énergie, c'est-à-dire qu'on a :

$$\mathbf{P}_1 + \mathbf{P}_2 = \mathbf{P}_3 + \mathbf{P}_4 \quad (15X)$$

$$E_1 + E_2 = E_3 + E_4 \quad (16X)$$

De plus, d'après les Postulats 5,6 l'expression de $\mathbf{P}_1, \mathbf{P}_2, \mathbf{P}_3$ et \mathbf{P}_4 en coordonnées éthérées est celle des impulsions en Relativité dans un Référentiel de Lorentz. C'est-à-dire que pour $i=1,2,3$ on a :

$$\mathbf{P}_i = \frac{m_i \mathbf{v}_{ei}}{\sqrt{1 - v_{ei}^2 / c^2}} \quad (17X)$$

v_{ei} étant la vitesse éthérée de la Particule i , et pour le photon, on a :

$$\mathbf{P}_4 = h\nu_{e4} / c \mathbf{u} \quad (18X)$$

ν_{e4} étant la fréquence éthérée du photon, et \mathbf{u} vecteur unitaire de sa direction (en coordonnées éthérées).

De plus, d'après les Postulats 5 et 6, les énergies sont, pour $i=1,2,3$, V étant le Potentiel gravitationnel local :

$$E_i = \frac{m_i c^2}{\sqrt{1 - v_{ei}^2 / c^2}} - m_i V \quad (19X)$$

$$E_4 = h\nu_{e4} (1 - V/c^2) \quad (20X)$$

On rappelle que V/c^2 est de l'ordre de 10^{-9} à la surface de la terre. Et donc, si l'observateur est localement dans un Potentiel de cet ordre, soit on peut négliger V (ce qui est toujours fait en physique des particules classiques), soit dans le cas où $v_{ei}^2/c^2 \ll 1$ on peut faire l'approximation :

$$E_i \cong \frac{m_i c^2}{\sqrt{1 - v_{ei}^2 / c^2}} (1 - V / c^2) \quad (21X)$$

Dans le 2^{ième} cas, l'approximation est de l'ordre de $[1 - (1 - v_{ei}^2/c^2)^{1/2}]V/c^2$, c'est-à-dire de l'ordre de $(V/c^2)(v_{ei}^2/c^2)$ lorsqu'on a $v_{ei}/c \ll 1$.

Cependant, dans les 2 approximations, la conservation de l'énergie (16X) devient :

$$\frac{m_1 c^2}{\sqrt{1 - v_{e1}^2 / c^2}} + \frac{m_2 c^2}{\sqrt{1 - v_{e2}^2 / c^2}} = \frac{m_3 c^2}{\sqrt{1 - v_{e3}^2 / c^2}} + h \nu_{e4} \quad (22X)$$

On voit donc qu'avec les approximations précédentes les équations obtenues (22X) et (15X),(17X) sont identiques exprimées en coordonnées étherées aux équations de la conservation de l'énergie et de l'impulsion en Relativité dans un Référentiel de Lorentz.

Concernant les équations de Maxwell, d'après le Postulat 6 on sait qu'elles sont vraies appliquées localement dans E_d . Cependant, la densité de charge ρ_e et la densité de courant $\mathbf{j}_e = \rho_e \mathbf{v}_e$ utilisées dans ces équations doivent être mesurées dans E_d .

De plus on a vu que si un élément chargé avait au repos dans E_A (donc en absence de gravitation) une densité absolue ρ_0 , alors dans E_d et fixe par rapport à E_d , sa densité mesurée dans E_d ρ_e demeurerait inchangée, et on avait $\rho_e = \rho_0$.

D'après le Postulat 5A sur la contraction des longueurs et des temps dues au mouvement en présence de gravitation, si l'élément chargé a une vitesse étherée V_e , sa densité ρ_e mesurée dans E_d devient :

$$\rho_e = \frac{\rho_0}{\sqrt{1 - V_e^2 / c^2}} \quad (23X)$$

Et donc on a l'expression très simple de \mathbf{j}_e :

$$\mathbf{j}_e = \rho_e \mathbf{v}_e = \frac{\rho_0}{\sqrt{1 - V_e^2 / c^2}} \mathbf{v}_e \quad (26X)$$

Et donc les équations de Maxwell sont vraies localement lorsqu'elles sont exprimées en coordonnées étherées et en fonction de la densité ρ_0 des éléments chargé définie précédemment et de leur vitesse étherée.

Supposons maintenant, toujours dans le cas d'une masse immobile dans E_d , qu'un observateur est animé localement d'une vitesse étherée \mathbf{v}_e par rapport à E_d , en un point P où il y a une base propre de dilatation.

On suppose donc qu'on a localement en P un Référentiel R_e Euclidien fixe dans E_d , les temps et les longueurs de R_e étant mesurés par des horloges et des règles standards immobiles dans E_d , la simultanéité dans R_e étant équivalente à la simultanéité dans E_A , et qu'on a un localement au voisinage de P un Référentiel R_{e1} animé d'une vitesse étherée \mathbf{v}_e par rapport à R_e dans la direction de l'axe $O_e X_e$ de R_e , \mathbf{v}_e correspondant à une vitesse absolue \mathbf{v}_A , dont les temps et les longueurs sont mesurés par des horloges et des règles standards dans E_d mais immobiles par rapport à R_{e1} . On suppose de plus que l'axe $O_e X_e$ de R_e coïncide avec l'axe $O_{e1} X_{e1}$ de R_{e1} , et que leurs autres axes demeurent parallèles, et que la simultanéité dans R_{e1} est équivalente à la simultanéité dans R_e (et donc à la simultanéité dans E_A).

D'après le Postulat 5A de la contraction des longueurs et des temps dues au mouvement dans la T.E.G, on voit que le cas précédent est totalement analogue au cas en l'absence de gravitation qu'on a exposé dans le 1^{ier} article Théorie de l'Ether ⁽⁶⁾ des 2 Référentiels R_A et R'_A , R_A étant un Référentiel Galiléen et R_A étant un Référentiel absolu.

On a donc les transformations entre R_e et R_{e1}' :

$$X_{e1}' = \frac{X_e - v_e T_e}{\sqrt{1 - v_e^2 / c^2}}, Y_{e1}' = Y_e, Z_{e1}' = Z_e$$

$$T_{e1}' = T_e \sqrt{1 - v_e^2 / c^2} \quad (28X)$$

On est donc exactement dans le même cas localement que dans le cas sans gravitation, et donc on obtient dans R_{e1}' , les trajectoires, les intervalles de temps (permettant de mesurer la période et la fréquence des photons dans R_{e1}'), les champs magnétiques et électrostatiques, de la même façon qu'on les obtient dans le cas sans gravitation, introduisant un Référentiel de Lorentz R_{e1}'' associé à R_{e1}' , défini de la même façon qu'on a défini un Référentiel de Lorentz associé à un Référentiel Galiléen dans le cas sans gravitation.

5.INTERPRETATION DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE PAR LA T.E.G.

Dans cette section, nous étudions l'émission de photons par une source au repos dans un Référentiel éthéré local $R_e(P)$, dans le cas d'une masse générant le Potentiel au repos dans E_d . On peut traiter le cas général en utilisant les sections précédentes et notamment le Postulat 7.

On a admis dans le Postulat 6 de la T.E.G que l'énergie d'un photon était :

$$E = h\nu_e(1 - V/c^2) \quad (30X)$$

ν_e étant sa fréquence éthérée (c'est-à-dire mesurée par une horloge standard fixe dans E_d), et V étant le Potentiel gravitationnel où on mesure la fréquence éthérée.

Ceci nous a permis d'interpréter de façon nouvelle les expériences liées à la R.G concernant le décalage vers le rouge par effet gravitationnel.

On peut à partir de l'expression précédente (30X) de l'énergie d'un photon justifier théoriquement un point qu'on a admis dans le Postulat 6, qui était que si une source fixe dans E_A émettait par un certain processus un photon de fréquence absolue ν_0 , alors si cette source était placée dans E_d en un point fixe de E_d , elle émettait par un processus identique un photon de fréquence éthérée, c'est-à-dire mesurée dans E_d $\nu_e = \nu_0$.

En effet, on peut exprimer l'énergie totale d'une particule (atome, baryon, méson, lepton..) au repos dans E_A et sans gravitation avec l'équation :

$$E(0) = Mc^2 = \sum m_i c^2 + E_w + E_E + E_S \quad (31X)$$

Les m_i étant la masse des constituants élémentaires du système, E_w, E_S , et E_E étant les énergies dues à l'interaction électromagnétique, faible ou forte entre les constituants élémentaires du système, pas forcément indépendantes.

On sait que dans un Potentiel V , L'énergie devient $E(V) = Mc^2(1 - V/c^2)$, et donc :

$$E(V) = Mc^2(1 - V/c^2) = \sum m_i c^2(1 - V/c^2) + E_w(1 - V/c^2) + E_E(1 - V/c^2) + E_S(1 - V/c^2). \quad (32X)$$

Et donc tout se passe comme si chaque forme d'énergie était multipliée par le facteur $(1 - V/c^2)$.

De plus dans le cas d'un potentiel V où une particule de masse M_1 devient une particule de masse M_2 en émettant un photon, si on néglige l'énergie de recul où si on fait en sorte de l'annuler, alors l'énergie E du photon émis est, à cause de la conservation de l'énergie :

$$E = \Delta M(1 - V/c^2) = (M_1 - M_2)(1 - V/c^2) \quad (33X)$$

Et donc d'après l'équation (30X) :

$$h\nu_e = \Delta M \quad (34X)$$

Et donc on retrouve que ν_e est une constante indépendante du Potentiel V.

Il est possible dans le cas précédent que les particules 1 et 2 soient constituées des mêmes particules élémentaires, par exemple si la particule 1 est un atome excité.

On verra dans l'article Théorie quantique des variables absolues (2^{ème} théorie du livre Théories d'or, qu'on distingue les particules indépendantes (electron libre, proton libre..) des particules liées, c'est-à-dire qui sont liées à d'autres particules pour en constituer d'autres (électron dans un atome, proton dans un noyau, atome dans une molécule..).

Si on obtient par une équation d'onde (du type Schrodinger) exprimée dans l'ether, l'énergie E_i d'une particule liée p_i , ou la masse M d'une particule indépendante p, alors si la masse générant le potentiel est au repos dans l'ether, l'énergie totale de p_i et de p seront en accord avec ce qui précède $E_i(1 - V/c^2)$ et $Mc^2(1 - V/c^2)$.

Dans le cas général d'une particule de masse M en mouvement, on utilise la conservation de l'énergie E et de l'impulsion \mathbf{P} localement dans E_i , avec :

$$E = \frac{Mc^2}{\sqrt{1 - v_e^2/c^2}} - MV \quad (37X)$$

$$\mathbf{P} = M\mathbf{v}_e \quad (38X)$$

On utilise alors les résultats de la section précédente.

Toutes les équations classiques de la physique quantique (Schrodinger, Dirac et celles de la physique des particules) sont valides dans la Théorie de l'Ether exprimées en coordonnées étherées. On voit donc dans cette section que la T.E.G permet une interprétation très intéressante qui n'existait pas dans la R.G. (En réalité, on considère même que la R.G et la physique quantique sont contradictoires).

6.CONCLUSION

Et donc dans cet article, on a ajouté certains éléments théoriques complétant l'article précédent Théorie de l'Ether avec Gravitation ⁽¹²⁾. On a vu comment une contraction exprimée par $C(v_A)$, v_A étant la vitesse absolue de la particule, permettait de généraliser très simplement le cas où une masse créant le Potentiel était au repos dans un Référentiel Galiléen. On a exposé un 8^{ème} Postulat permettant de traiter ce cas. On a vu alors comment obtenir les trajectoires de particules et les longueurs d'onde des photons mesurées dans le cas d'un observateur en mouvement par rapport à la masse créant le Potentiel. On a aussi exposé l'interprétation très intéressante et très naturelle des équations de la physique quantique par la T.E.G, interprétation qui conduisait aussi à modifier leur expression classique. Enfin on a justifié plus précisément que d'après la T.E.G, de la matière pouvait être éjectée d'un trou noir, ce qui est impossible dans la R.G.

References:

1. T. Delort, Theory of Ether, Physics Essays, 13,4 (2000)

2. T. Delort, Applications of Theory of ether, Physics Essays 17,3, (2004)
3. T. Delort, Theory of Ether with Gravitation, Physics Essays, 18,1 (2005)
4. T. Delort, Complements of Theory of Ether, Physics Essays,18,2 (2005)
5. Max Born, Einstein's Theory of Relativity, (Dover publication, New-York 1985)
6. J.Foster, J.P Nightingale, A short course in General Relativity,(Springer-Verlag, New-York 1994)
7. A.French, Einstein, le livre du centenaire,Hier et Demain, (Paris, 1979)
8. J.Ph Perez N.Saintcriq Chery, Relativité et Quantification, (Masson, Paris 1984).
9. Thierry Delort, Théorie de l'Ether (2018), extrait du livre Théories d'or 10^e édition, Books on Demand, Paris (2018).
10. Thierry Delort, Applications de la Théorie de l'Ether, (2018), extrait du livre Théories d'or 10^e édition, Books on Demand, Paris (2018)).
11. Thierry Delort, Compléments de la Théorie de l'Ether (2018), extrait du livre Théories d'or 10^e édition, Books on Demand, Paris (2018)).
12. Thierry Delort, Théorie de l'Ether avec Gravitation (2018), extrait du livre Théories d'or 10^e édition, Books on Demand, Paris (2018)).
13. T.Delort, Follow up on the Theory of Ether, Physics Essays 20,3 (2007)

2^{ième} THEORIE :

THEORIE QUANTIQUE DES VARIABLES ABSOLUES.

Auteur :Thierry DELORT.

Date : Aout 2022.

TABLES DES MATIERES.

1.INTRODUCTION.	P133
2.THEORIE.	P134
3.INTERPRETATION DES EXPERIENCES DE PHYSIQUE QUANTIQUE CLASSIQUE PAR LA T.Q.V.A.	P135
3a.Exemples de chocs quantiques spatiaux.	P136
3b Exemples de chocs quantiques temporels.	P136
3cExemples de variables quantiques absolues.	P137
3dDiffusion de particules.	P138
3e Interprétation de l'expérience de Sterne et Gerlach.	P138
3f Exemple de contradiction entre la T.Q.C et la T.Q.V.A.	P139
3g Interprétation de l'intrication quantique par la T.Q.V.A.	P139
4.INTERPRETATION MATHEMATIQUE DE LA T.Q.V.A.	P140
5.DISCUSSION.	P141
5a Expérience du chat de Schrodinger.	P141
5b Contradiction avec la mécanique relativiste classique.	P141
5c Expériences de diffusion de particules.	P142
5d Contradiction concernant les variables absolues et indéterminées.	P142
5e Phénomènes quantiques se produisant dans les étoiles.	P142
5f Contradiction des expériences sur l'intrication quantique.	P143
6.CONCLUSION.	P143

Article : THEORIE QUANTIQUE DES VARIABLES ABSOLUES

Auteur :Thierry DELORT

Date :Aout 2020

Extrait du livre : Théories d'or 10^e édition, Editions Books on Demand, Paris (2020)

Résumé :

Dans cet article, nous présentons une Théorie quantique dans laquelle à la fois certaines variables physiques sont indéterminées comme dans la Théorie Quantique Classique (T.Q.C), et certaines autres variables sont absolues, indépendantes de leur observation.

Cette Théorie Quantique des Variables Absolues (T.Q.V.A) permet à la fois d'éviter l'aspect paradoxal de la T.Q.C, mais aussi une compréhension beaucoup plus aisée des phénomènes quantiques notamment en Physique des particules. La T.Q.V.A est basée sur un nouveau concept fondamental, celui de *choc quantique*. Dans cet article, on montrera que cette nouvelle théorie permet d'interpréter l'ensemble de la physique quantique.

Nous verrons que les variables absolues apparaissent de façon naturelle et simple, et que la T.Q.V.A, tout en ayant le même cadre mathématique que la T.Q.C, est fondamentalement différente. Nous donnerons dans la partie 5. Discussion 6 types d'expériences, justifiant le rejet de la T.Q.C en faveur de la T.Q.V.A. En particulier nous donnerons une interprétation par la T.Q.V.A des expériences paradoxales sur l'intrication quantique.

Mots-clés :Chat de Schrödinger- trous d'Young- résonance magnétique -Inégalités d'Heisenberg-variables absolues-intrication quantique.

1.INTRODUCTION

La Théorie Quantique Classique (T.Q.C) présente certains défauts la rendant insatisfaisante.

On sait par exemple que Shrodinger a proposé l'expérience virtuelle connue sous le nom du « Paradoxe du chat de Schrodinger » dans laquelle l'état d'un chat -mort ou vivant- était indéterminé avant qu'on réalise une observation. Cet éminent physicien et plusieurs autres aussi renommés n'ont jamais admis l'explication de ce paradoxe par Heisenberg basée sur la T.Q.C.

Par ailleurs, l'un des physiciens les plus renommés en physique quantique, Feynmann, disait « Personne ne comprend rien à la physique quantique ». Le fait que certains physiciens parmi les plus grands considèrent la T.Q.C comme paradoxale, et que d'autres la déclarent incompréhensible alors qu'ils en sont les plus grands spécialistes montrent bien que la T.Q.C pose problème et n'est pas satisfaisante. Dans la section 5.Discussion, nous rassemblerons les principales expériences conduisant à rejeter la T.Q.C en faveur de la T.Q.V.A.

La théorie proposée dans cet article, appelée « Théorie Quantique des Variables Absolues » (T.Q.V.A), apparaît comme un intermédiaire entre la T.Q.C, puisqu'elle admet l'existence de variables indéterminées, et la Théorie physique traditionnelle, c'est-à-dire antérieure à la T.Q.C, puisqu'elle admet aussi l'existence de variables absolues ou variables cachées indépendantes de l'observation.

Le premier avantage de cette théorie est qu'elle permet de façon indiscutable d'éviter le Paradoxe du chat de Schrodinger, et aussi de rendre les phénomènes quantiques beaucoup plus compréhensibles que d'après la T.Q.C. Elle conduit aussi à d'importantes simplifications mathématiques par rapport à la T.Q.C, évitant par exemple d'utiliser le concept de paquets d'onde.

La nouvelle théorie (T.Q.V.A) est mathématiquement aussi complète et rigoureuse que la T.Q.C. Cependant, les 2 théories utilisent le même cadre mathématique tout en l'interprétant de façon différente et contradictoire. Ainsi, dans la T.Q.V.A, on admet qu'on peut associer à tout système une équation d'onde du type Schrodinger ou Dirac, qui est exactement la même que dans la T.Q.C. Il sera donc possible d'utiliser les résultats mathématiques de la T.Q.C, en particulier le résolution de

l'équation de Schrodinger ou de Dirac dans de nombreux cas, ainsi que l'obtention des sections efficaces et des durées de vie moyenne en physique des particules. Cependant, nous donnerons une nouvelle interprétation par la T.Q.V.A de ces solutions, durées de vie moyennes ainsi que des section efficaces différente, faisant intervenir des variables absolues et indéterminées. Dans la dernière partie nous exposerons 6 types d'expériences inexplicées ou en désaccord avec la T.Q.C, mais expliées et en accord avec la T.Q.V.A. On verra que ceci est notamment le cas pour les expériences paradoxales récentes sur l'intrication quantique. On montrera dans cet article que la T.Q.V.A permet d'interpréter l'ensemble de la physique quantique.

2.THEORIE

Supposons par exemple qu'on isole dans une goutte d'eau une molécule d'eau. On sait alors qu'en l'observant, on trouvera qu'elle est constituée de 2 atomes d'Hydrogène et d'un atome d'Oxygène. Mais de plus on sait par avance, avant même de l'observer que chaque atome d'hydrogène observé aura un seul électron. On connaît par avance certaines propriétés quantiques de cet électron, notamment son énergie et son moment angulaire ($l=0$). On connaît par avance sa masse, et aussi celle du proton, ainsi que l'état quantique du proton (J,B,S,P...).

Il apparaît donc que certaines variables physiques définissant l'état de la molécule d'eau et de ses constituants sont définies avant et indépendamment de toute observation.

La T.Q.V.A que nous allons présenter distingue clairement ces variables absolues des variables indéterminées, ce que ne faisait pas la T.Q.C.

Le premier Principe de la T.Q.V.A est le suivant :

PRINCIPE 1 :

a) Si on considère un système quelconque, il est caractérisé par 2 types de variables : Les *variables absolues* -complètement déterminées et indépendantes de l'observation- et les autres variables, appelées *variables indéterminées*.

b) L'énergie d'un système et la position et la nature physique d'une particule sont des variables absolues.

On verra que le b) du Principe précédent concernant la position d'une particule est particulièrement illustré dans le cas d'une *particule indépendante* (électron libre, particule libre...., et des atomes et molécules. Dans le cas des *particules liées*, par exemple un électron dans un atome, on verra que ces particules se comportent comme si elles étaient délocalisées avec une position indéterminée. On aurait donc pu admettre que dans certains cas bien définis la position d'une particule est indéterminée. De même, dans des cas très rares certaines particules (par exemple les Kaons) peuvent se comporter comme 2 particules différentes. Mais en accord avec le Principe 1, on considèrera que la nature de ces particules est de pouvoir se comporter comme 2 différentes particules. On aurai pu aussi pu admettre que dans certains cas bien définis la nature d'une particule est indéterminée. Les 2 points de vue sont possibles mais on adoptera le premier point de vue d'après le Principe 1 car c'est le plus général.

D'après le Principe 1a) de la T.Q.V.A, un système est défini partiellement par certaines variables absolues de même que par la nature de certaines variables indéterminées. Nous verrons qu'il est possible d'obtenir d'après la T.Q.V.A la nature de ces variables indéterminées de même que les valeurs possibles des variables absolues en utilisant la fonction d'onde associée au système ainsi que les équations de la mécanique classique. Nous utiliserons aussi le concept d'Opérateur associé à une variable physique qui a le même sens que dans la C.Q.T. Dans la T.Q.V.A, ces variables absolues ou indéterminées dépendent des conditions physiques du système et donc des conditions expérimentales et donc de l'observation puisque celle-ci définit des conditions expérimentales. Cependant elles ne dépendent pas de l'observation par elle-même comme c'est le cas dans la T.Q.C puisqu'elles sont définies même en l'absence d'observation. Donc la notion d'observable est inutile dans la T.Q.V.A qui étudie les variables physiques absolues et indéterminées d'un système.

On remarque aussi que d'après le Principe 1b) de la T.Q.V.A, les variables position, énergie et celles définissant la nature physique d'une particule sont des variables absolues, alors qu'elles sont des observables indéterminées avant leur observation dans le T.Q.C. (Par exemple dans l'expérience du

chat de Schrodinger l'état d'une particule –désintégrée ou non-désintégrée- est indéterminé avant l'observation). La T.Q.C et donc la T.Q.V.A sont donc fondamentalement différentes quant à la nature des variables physiques indéterminées.

Nous verrons que ce Principe 1 permet une compréhension beaucoup plus aisée des phénomènes quantiques, ce qui est un objectif essentiel de la T.Q.V.A.

On sait que la physique classique antérieure à la T.Q.C dans laquelle toutes les variables physiques étaient absolues ne permettait pas d'interpréter le hasard observé dans les phénomènes quantiques. De plus, on sait que ce hasard concernait dans certains cas la position et l'énergie des systèmes. Il est donc nécessaire d'introduire un second Principe dans la T.Q.V.A, permettant d'interpréter le hasard observé dans les phénomènes quantiques :

PRINCIPE 2 :

Certains phénomènes très brefs, de transition existent. Ils introduisent le hasard dans les variables physiques. On appellera *chocs quantiques* de tels phénomènes.

D'après ce Principe, une diffusion de particules (scattering) , une désintégration, , un choc (avec la signification habituelle d'un choc) d'une particule contre un écran d'interférences ou de diffraction ou contre une barrière de potentiel pourront être considérés comme des *chocs quantiques*. Il en est de même si une variable indéterminée devient une variable absolue, à cause d'une modification de l'environnement d'une particule. Nous verrons que ce sont les fonctions d'onde associées aux systèmes qui permettent d'obtenir les propriétés statistiques des chocs quantiques.

Nous verrons aussi que ce Principe permet d'interpréter les inégalités d'Heisenberg spatiales et temporelles dans les cas où on les observe. Celles-ci n'ont cependant pas du tout la même interprétation dans la T.Q.V.A que dans la T.Q.C.

Le cadre mathématique de la T.Q.V.A est exprimé dans le 3^{ème} Principe :

PRINCIPE 3 :

a) On associe à tout système physique une ou plusieurs fonctions d'onde $\Phi(t)$, qui peut définir certaines propriétés statistiques d'un choc auquel est soumis le système et certaines variables absolues caractérisant le système.

b) On obtient $\Phi(t)$ par l'équation de Schrodinger :

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t}(\Phi(t))=H(t)\Phi(t) \text{ (avec } \hbar=h/2\pi)$$

ou une équation analogue (Dirac, Klein Gordon..)

c) En particulier si pour toutes les fonctions $\Phi(t)$ associées au système (pour une même équation), $\Phi(t)$ est vecteur propre d'un opérateur O_1 associé à une variable physique V_1 pour la même valeur propre λ_1 , alors la variable V_1 est une variable absolue caractérisant le système, et est égale à λ_1 .

On rappelle que dans la T.Q.C l'état d'un système est complètement défini par la fonction d'onde $\Phi(t)$. Cela n'est pas vrai dans la T.Q.VA car dans cette théorie $\Phi(t)$ ne permet que d'obtenir certaines propriétés statistiques d'un choc et certaines variables absolues. En particulier dans la T.Q.V.A $\Phi(t)$ ne permet pas d'obtenir la position d'un système.

3.INTERPRETATION DES EXPERIENCES CLASSIQUES DE PHYSIQUE QUANTIQUE PAR LA T.Q.V.A.

Dans cette partie, nous allons donc donner l'interprétation des expériences classiques de physique quantique par la T.Q.V.A. Cette interprétation est en générale nouvelle sous divers aspects. Cependant, nous verrons que pour les interpréter, on utilise comme dans la T.Q.C les fonctions d'onde associées aux systèmes considérés et donc les équations de la T.Q.C (Schrodinger, Dirac...). On utilise aussi le concept classique d'Opérateur associé à une variable physique. D'après le Principe 3 de la T.Q.V.A, les concepts d'Opérateur et de fonctions d'onde permettent à la fois de déterminer les

variables absolues, mais aussi les propriétés statistiques des chocs quantiques. Ces concepts sont donc aussi fondamentaux en T.Q.V.A qu'en T.Q.C, même si on les interprète différemment. On a admis dans le Principe 1 que la position d'une particule était une variable absolue. On admettra aussi dans le T.Q.V.A qu'il en est de même de sa vitesse, puisqu'on peut exprimer celle-ci très simplement en fonction de la position.

Si on considère un atome isolé, on sait qu'il y a des règles de répartition des électrons autour du noyau. Plusieurs d'entre elles déterminent des variables absolues, ainsi le nombre d'électrons d'un atome apparaît donc comme un exemple évident de variable absolue. De plus, on sait que les électrons occupent les niveaux d'énergie les plus bas, et que dans un même niveau d'énergie, il existe des règles de répartition dans les différentes sous-couches. Le nombre d'électrons par couche ou sous-couche apparaît donc aussi comme un exemple de variable absolue.

On peut donc considérer que les règles de répartitions conduisent à des variables absolues concernant ces électrons, notamment la norme de leur moment angulaire (L). Ceci justifie certains exemples de variables absolues concernant la molécule d'eau qu'on a donnés en introduction pour illustrer l'existence des variables absolues.

3a) Exemples de chocs quantiques spatiaux.

Si par exemple, on considère une particule dirigée vers une barrière de potentiel, on peut considérer d'après le Principe 1b) que la position et la vitesse de la particule sont parfaitement déterminées jusqu'à ce que la particule atteigne la barrière de potentiel. Alors d'après la T.Q.V.A, il se produit un choc quantique, et la particule traverse ou rebondit sur la barrière avec des probabilités obtenues comme dans la T.Q.C, utilisant la fonction d'onde associée à la particule. Ceci est en accord avec le Principe 3. Avant et après le choc quantique, position et vitesse de la particule sont parfaitement déterminées : ce sont des variables absolues.

Il se produit un phénomène analogue dans un microscope électronique ou dans la diffraction d'électron par des cristaux : Lorsque l'électron atteint la particule à observer au microscope ou les atomes du cristal, il se produit un choc quantique dont les propriétés statistiques sont obtenues en utilisant la même fonction d'onde que dans la T.Q.C. Mais sa position et sa vitesse avant et après le choc quantique sont parfaitement déterminées.

Si on considère l'expérience des fentes d'Young ou celles de diffraction d'électrons traversant un écran, on interprète cette expérience dans la T.Q.V.A par la présence d'un choc quantique lorsque l'électron atteint l'écran. Appelons « écran choc » l'écran où se trouvent les fentes d'Young ou le trou dans lequel les électrons sont diffractés et « écran image » l'écran où on observe les figures d'interférences et de diffraction. D'après la T.Q.V.A on peut considérer qu'avant et après le choc quantique, position et vitesse des électrons sont des variables absolues déterminées. Mais les propriétés statistiques du choc quantique dépendent de la nature de l'écran choc, (et en particulier si un trou est bouché ou si on a installé un dispositif physique permettant d'observer l'électron), et il est aussi très possible qu'elles dépendent de l'écran image (notamment de sa distance avec l'écran choc et aussi des dispositifs expérimentaux éventuels se trouvant entre les 2 écrans.)

Cependant, on sait que dans ces expériences, si l'écran image est disposé assez loin de l'écran choc, l'intensité obtenue en un point P de l'écran image dépend d'un angle θ , et qu'on calcule cette intensité utilisant la fonction d'onde associée aux électrons. Or θ est toujours le même, quelle que soit la distance entre les 2 écrans, pourvu que celle-ci soit assez grande. On peut donc interpréter la figure observée, d'interférence ou de diffraction, si on considère que lors du choc quantique, la probabilité que l'électron soit émis dans la direction θ après le choc quantique est proportionnelle à l'intensité prévue au point P sur l'écran, c'est-à-dire obtenue en utilisant la fonction d'onde associée aux électrons, en accord avec le Principe 3.

Il serait donc intéressant de faire varier la distance entre les 2 écrans, afin de voir si les propriétés du choc quantique dépendent de cette distance.

3b) Exemples de chocs quantiques temporels.

Considérons maintenant les expériences concernant la résonance magnétique. On sait par exemple que si on considère des atomes d'hydrogène dans leur état fondamental ($l=0$) dans un champ magnétique $\mathbf{B}(B_1\cos(\omega t), B_1\sin(\omega t), B_0)$, avec $B_1 \ll B_0$, on obtient une oscillation du spin des atomes d'hydrogène si $\omega = \omega_L$, où ω_L est la pulsation de Larmor.

On peut alors considérer dans la T.Q.V.A que la composante du spin de l'électron dans la direction de \mathbf{B} est une variable absolue, de même que l'énergie de l'électron (Ceci sera justifié en détail dans la section 3c)). D'après la T.Q.V.A, le retournement de spin constitue un choc quantique, dont les propriétés statistiques sont obtenues d'après le Principe 3 en utilisant la fonction d'onde associée aux électrons obtenue comme dans la T.Q.C en résolvant l'équation de Schrodinger. Mais le retournement de spin est indépendant de l'observation dans la T.Q.V.A, contrairement à la T.Q.C.

Si on considère une désintégration $A \rightarrow B \rightarrow C$, alors on peut considérer dans la T.Q.V.A que ces désintégrations sont des chocs quantiques, dont les fonctions d'onde associées à A,B,C donnent certaines propriétés statistiques. Ainsi, supposons que la fonction d'onde Φ soit associée à B. D'après l'interprétation de la désintégration par la T.Q.V.A le temps où la particule B se désintègre (si celle-ci est instable) est une variable absolue et si B existe au temps $t=0$, alors $\Phi\Phi^* = \exp(-t/\tau)$ représente la probabilité que B existe encore à t. De plus, à partir de Φ et de l'Opérateur Energie, on peut obtenir comme dans la T.Q.C une probabilité $p(E)dE$, mais dans la T.Q.V.A, cette probabilité est celle que B soit produite avec l'énergie au repos comprise entre E et $E+dE$, cette énergie étant une variable absolue. On peut justifier que l'instant de désintégration soit une variable absolue par le fait que la nature de B et celle des produits de désintégration de B sont des variables absolues. Nous verrons plus loin que ce qui précède justifie que les inégalités temporelles d'Heisenberg décrivent les propriétés statistiques du choc quantique temporel précédent. On voit donc qu'on évite indiscutablement la Paradoxe du chat de Schrodinger dans la T.Q.V.A, puisque la désintégration de A et de B apparaissent comme étant totalement indépendantes de l'observation.

3c) Exemples de variables quantiques absolues.

Si on obtient d'après la solution d'une équation d'onde l'énergie d'une particule et que celle-ci est fonction de certains nombres quantiques correspondant à des Opérateurs commutant entre eux, alors on interprète le fait que l'énergie soit une variable absolue par le fait que les variables physiques correspondant aux Opérateurs précédents ont la valeur de ces nombres quantiques correspondants à l'énergie considérée. Ainsi par exemple, on sait que dans la structure fine de l'hydrogène, les niveaux d'énergie dépendent des nombres quantiques J et de L(lamb shift). D'après la T.Q.V.A, ceci entraîne que les variables physiques correspondants à J et à L sont des variables absolues. Il en est de même pour les nombres quantiques intervenant dans l'effet Zeeman ou dans l'effet Pashen-Back.

Dans de nombreux cas on a un système complet d'Opérateurs commutant entre eux et avec le Hamiltonien, et l'énergie dépend des nombres quantiques correspondant à ces Opérateurs. On a vu précédemment que dans ce cas les variables physiques correspondant à ces nombres quantiques étaient des variables absolues. On peut aussi considérer que ceci est la conséquence du Principe 3c), car alors les fonctions d'onde associées au système sont toutes vecteurs propres des Opérateurs commutant entre eux, pour la même valeur propre égale au nombre quantique caractérisant la particule

Lorsqu'on n'a pas un système complet d'Opérateurs commutant avec le Hamiltonien mais qu'on peut écrire le Hamiltonien comme Hamiltonien $H=H_1+\varepsilon_1$, où ε_1 est une perturbation de H_1 , on résout comme dans la T.Q.C l'équation d'onde en utilisant les solutions de l'équation $H_1=E_1\Phi_1$. Alors par analogie avec ce qui précède on peut considérer que si chaque fonction d'onde associée à la particule est une perturbation d'une fonction d'onde qui est un vecteur propre d'un Opérateur O, toujours associé à la même valeur propre, alors la variable physique correspondant à cet Opérateur est une variable absolue égale à la valeur propre commune. On dira dans les cas précédents que la variable physique est *portée par l'onde* car on l'obtient comme une valeur propre des fonctions d'onde associées à la particule. Ce n'est pas le cas de la variable-position. Ce qui précède entraîne que la norme du spin des fermions est une variable absolue car toute fonction d'onde associée à un fermion est un vecteur propre de l'Opérateur s_z , et toujours associé à la même valeur propre.

On a vu précédemment que si l'énergie d'une particule dépendait explicitement de nombres quantiques Q_1, \dots, Q_n , associés aux Opérateurs O_1, \dots, O_n , (On écrira alors $E=E(Q_1, \dots, Q_n)$), alors Q_1, \dots, Q_n étaient la valeur des variables absolues correspondants à O_1, \dots, O_n . En général, on aura toujours si $(Q_1, \dots, Q_n) \neq (Q'_1, \dots, Q'_n)$, alors $E(Q_1, \dots, Q_n) \neq E(Q'_1, \dots, Q'_n)$. Cependant, en cas d'égalité $E(Q_1, \dots, Q_n) = E(Q'_1, \dots, Q'_n)$, on peut s'attendre à ce que les variables physiques associées aux Opérateurs O_1, \dots, O_n ne soient plus toutes des variables absolues. En effet, les fonctions d'onde associées à la particule peuvent être de la forme $\alpha\varphi_{Q_1, \dots, Q_n} + \beta\varphi_{Q'_1, \dots, Q'_n}$, et ne sont donc plus toutes vecteur propre de O_1, \dots, O_n associées aux valeurs propres Q_1, \dots, Q_n . Il en est de même si les fonctions d'onde associées à la particule considérée sont toutes des perturbations de fonction de la forme $\alpha\varphi_{O_1, \dots, O_n} + \beta\varphi_{O'_1, \dots, O'_n}$.

On est dans la même situation en considérant les hadrons. On peut considérer en général que les masses de ceux-ci (où leurs masses complexes $m_0 - i\Gamma/2$ lorsqu'elles sont instables) sont les valeurs propres d'Hamiltoniens d'équation de Schrodinger ou de Dirac caractérisant les particules, et dépendent de nombres quantiques associés à des Opérateurs commutant entre eux et avec le Hamiltonien (P, J, L, B, S, \dots). De la même façon que précédemment, et comme conséquence du Principe 3c), on peut considérer que les variables physiques associées à ces nombres quantiques et la masse complexe sont des variables absolues.

On interprète le fait que ces variables physiques et la masse complexe sont des variables absolues par le fait qu'elles caractérisent la nature de particules, et on a vu que cette nature pouvait être considérée comme une variable absolue.

Considérons une particule dont la nature est définie par les nombres quantiques O_1, \dots, O_n associés aux Opérateurs O_1, \dots, O_n (Par exemple $L, S, J, B, P, I, I_3, \dots$). Alors d'après la T.Q.V.A, il doit exister une solution d'une équation (E) : $H\Phi = m\Phi$ qui est associée à la particule et est valeur propre de O_1, \dots, O_n associée aux valeurs propres Q_1, \dots, Q_n . Ceci permet donc d'obtenir la masse complexe de la particule, s'il n'y a qu'une seule solution de (E) ayant la propriété précédente. On justifie l'existence d'une telle solution par le fait que dans un espace contenant la fonction d'onde considérée (correspondant à l'intersection des espaces propres associés à O_1, \dots, O_n pour les valeurs Q_1, \dots, Q_n), O_1, \dots, O_n commutent entre eux et avec le Hamiltonien H de (E). Ceci entraîne que les variables physiques correspondant à Q_1, \dots, Q_n sont portées par l'onde car on les obtient comme valeurs propres associées aux fonctions d'onde associées à la particule.

On remarque que le fait qu'une particule soit un fermion ou un boson peut aussi être considéré comme une variable absolue, puisque cela caractérise la nature d'une particule.

3d) Diffusion de particules.

Si on considère une diffusion de particules, d'après la T.Q.V.A la nature des particules initiales et finales, de même que leur vitesse et leur position, sont des variables absolues indépendantes de l'observation. La diffusion apparaît donc comme un choc quantique, dont les propriétés statistiques sont obtenues à partir de la vitesse et des fonctions d'onde classiques associées aux particules initiales et finales, en utilisant les mêmes formules mathématiques que dans la T.Q.C. On obtient donc dans la T.Q.V.A, que tout comme la désintégration, la diffusion est un phénomène indépendant de l'observation. Ceci permet une compréhension de la physique des particules, dont Feynmann était spécialiste, beaucoup plus aisée que dans la T.Q.C, dans laquelle les propriétés des particules dépendent de l'observation.

3e) Interprétation de l'Expérience de Stern et Gerlach par la T.Q.V.A

Considérons maintenant l'expérience de Stern et Gerlach. L'énergie magnétique des atomes d'argent au repos dans le champ magnétique \mathbf{B} orienté dans la direction Oz est de la forme :

$$E_{E,M} = 2(e/2m)s_z B_z \quad (1)$$

D'après ce qui précède, puisque celle-ci dépend du nombre quantique s_z , s_z est donc une variable absolue. Il est donc naturel, puisque la position des atomes d'argent est aussi une variable absolue d'exprimer l'énergie des atomes d'argent animés d'une vitesse v par :

$$E=mv^2/2 +2(e/2m)s_zB_z(x,y,z) \quad (2)$$

Cette expression très simple, de laquelle on obtient la trajectoire des atomes, est beaucoup plus difficilement justifiable dans la T.Q.C puisque dans cette théorie, la position des atomes d'argent est indéterminée tout comme leur vitesse.

Si on fait traverser les atomes d'argent plusieurs appareils de Stern et Gerlach pour lesquels \mathbf{B} est orienté différemment, alors d'après ce qui précède, le spin des électrons orienté dans la direction de \mathbf{B} est toujours une variable absolue. On peut interpréter ces expériences par le fait que s_x et s_y sont des variables indéterminées lorsque l'atome traverse un appareil pour lequel \mathbf{B} est orienté sur Oz. On pourra alors considérer dans la T.Q.V.A qu'il se produit un choc quantique lorsque un atome d'argent entre dans un appareil de Stern et Gerlach. D'après le Principe 3a), on obtient les propriétés statistiques de ce choc quantique lorsqu'un atome entre dans un appareil D_n de Stern et Gerlach en utilisant la fonction d'onde associée à l'atome traversant l'appareil précédent D_{n-1} , et l'orientation de \mathbf{B} dans D_n . On remarque que si \mathbf{B} est orienté sur Oz, ce sont les règles de répartition des états quantiques qui entraînent de la même façon qu'en T.Q.C que la composante totale du spin S_z des électrons de l'atome d'argent est égal au s_z de l'électron externe, que le moment orbital total L^2 des électrons de l'atome d'argent est nul (d'où l'Equation (1)).

3f)Exemple de contradiction entre la T.Q.V.A et la T.Q.C concernant la nature –déterminée ou indéterminée- d'une variable physique.

Pour obtenir le moment magnétique de hadron, par exemple celui du proton, on considère le moment magnétique comme associé à l'Opérateur $\mu=\mu_1+\mu_2+\mu_3$ (avec les notations classiques).

On obtient expérimentalement alors le moment magnétique μ_p du proton, Φ étant la fonction d'onde associée au proton par :

$$\mu_p=\langle\Phi, \mu, \Phi\rangle \quad (3)$$

Or on sait que dans la T.Q.C, si O est un Opérateur associé à une observable, $\langle\Phi, O, \Phi\rangle$ est utilisé pour donner la valeur moyenne de l'observable, mais les mesures doivent donner des valeurs propres de cet opérateur. Si on considère le moment magnétique comme un observable, ce qui est le cas pour utiliser l'équation (3), en mesurant μ_p , on devrait donc observer d'après la T.Q.C les valeurs propres de l'Opérateur μ , la moyenne de ces mesures donnant $\langle\Phi, \mu, \Phi\rangle$ ce qui n'est pas le cas.

Au contraire dans la T.Q.V.A, on peut considérer que le moment magnétique des hadrons est une variable absolue, ce qui justifie son obtention par l'Equation (3) précédente.

Ainsi, on a interprété toutes les expériences quantiques précédentes couvrant toute la physique quantique classique d'après la T.Q.V.A, utilisant les concepts de choc quantique et de variable absolue, mais sans utiliser le concept d'Observable qui est fondamental en T.Q.C mais n'est pas nécessaire en T.Q.V.A.

3g)Interprétation de l'intrication quantique par la T.Q.V.A .

On a vu, (Chapitre 3a) Exemples de chocs quantiques spatiaux) que lors de l'expérience des fentes d'Young, les propriétés statistiques du choc quantique spatial pouvaient dépendre de la distance entre l'écran-choc et l'écran-image qu'on a définis, ou de tout dispositif expérimental situé entre l'écran-choc et l'écran-image. Ainsi plus généralement dans la T.Q.V.A, les propriétés statistiques d'un choc spatial subi par une particule dépendent des dispositifs expérimentaux placés sur sa trajectoire, même si la particule ne les a pas encore atteints au moment du choc spatial. Ceci permet d'interpréter les expériences d'intrication quantique (utilisant des particules corrélées) du type ESW (ENGERT,SCULLY,WALTHER)⁽¹⁰⁾ connues sous le nom de « *delayed choice experiment* ». On interprète dans la T.Q.V.A ce type d'expérience par le fait que comme on l'a vu, on peut associer à

toute particule une onde plane d'équation $\Phi(x,y,z,t)=A\exp(i(Et-p_x x-p_y y-p_z z)/\hbar)$, cette onde emplissant tout l'espace et étant appelée particule-onde. Ainsi, cette particule-onde est en contact avec l'ensemble de l'Univers et donc lors d'un choc est en contact avec les dispositifs expérimentaux avant que la particule-corpuscule, qui elle est localisée, ne les atteigne. Ceci explique que les propriétés statistiques d'un choc peuvent dépendre des dispositifs expérimentaux que la particule-corpuscule n'a pas encore atteint. On appellera *prédiction quantique* ce phénomène.

Dans les expériences d'intrication quantique du type de celles d'Aspect ou de l'expérience de Genève ⁽¹¹⁾, des photons situés à de grandes distances interagissent instantanément. On peut considérer dans la T.Q.V.A que si les particules-corpuscules des photons sont éloignées, les particules-onde sont en contact puisqu'elles emplissent l'Univers. Ceci justifie la possibilité d'interaction instantanée entre 2 photons éloignés. Ainsi dans la T.Q.V.A, on admet la localité de la particule-corpuscule mais la non-localité de la particule-onde, ce qui permet d'interpréter les expériences sur l'intrication quantique. Dans la T.Q.V.A, il existe donc des interactions instantanées à distance c'est-à-dire entre 2 particules-corpuscules éloignées. Ceci est en désaccord avec la Relativité Restreinte mais en accord avec la Théorie de l'Ether ⁽¹²⁾.

4.INTERPRETATION MATHEMATIQUE DE LA T.Q.V.A-INEGALITES D'HEISENBERG.

Dans les exemples précédents, on a présenté les variables physiques qu'on peut considérer le plus naturellement comme des variables absolues, et comment certaines pouvaient être indéterminées (Par exemple la composante du spin). On a aussi interprété de nombreuses expériences à l'aide de la notion de choc quantique.

Dans tous ces exemples, on utilise une des équations analogues à celle de Schrodinger (Dirac, Klein-Gordon), et sa solution, fonction d'onde associée à une particule. Cette équation et sa solution apparaissent donc aussi fondamentale en T.Q.V.A, car elles permettent d'après le Principe 3 de prévoir des variables absolues, notamment les masses et l'énergie de particules, celles portées par l'onde, et de décrire les propriétés statistique des chocs quantiques. Cependant, dans la T.Q.V.A, contrairement à la T.Q.C, elle ne suffit pas pour décrire complètement l'état de la particule à laquelle elle est associée puisqu'elle ne permet pas de connaître certaines variables absolues comme par exemple la position d'une particule, ou sa nature ou son énergie. Pour obtenir la position d'une particule, dans la T.Q.V.A, on utilise une équation de l'énergie analogue à l'équation (2) ainsi que l'équation obtenue par la relation fondamentale de la dynamique $\Sigma F=ma$. Les cas où on peut utiliser ces 2 équations sont déterminés: On peut les utiliser seulement pour des *particules indépendantes*, c'est-à-dire qui n'interagissent pas avec d'autres particules pour constituer d'autres particules ou un solide (atomes indépendants, particules libres..). Ces équations sont valides seulement entre 2 chocs quantiques successifs, appliquées sur le centre d'inertie de la particule indépendante considérée. Si on associe une fonction d'onde à une particule indépendante, par exemple pour obtenir les propriétés statistiques d'un choc, alors l'énergie et l'impulsion de la particule-corpuscule doivent être égales à l'énergie et l'impulsion obtenues par la fonction d'onde, c'est à dire celles de la particule-onde.

L'équation de Schrodinger ou le Hamiltonien utilisé pour caractériser les particules ne suffisent pas pour déterminer les particules existantes. Des règles quantiques supplémentaires sont nécessaires. Ainsi, par exemple, le fait que la couleur des particules doit être neutre est utilisé pour obtenir que les hadrons existant sont ou bien des baryons constitués de 3 quarks ou 3 anti-quarks avec $B=1$ ou $B=-1$, ou bien des mésons constitué de quarks et d'anti-quarks avec $B=0$. De même, le fait que la fonction d'onde des baryons doit être anti-symétrique conduit à ne conserver que certaines solutions de l'équation de Schrodinger comme pouvant être associées à des particules existantes. Ceci était aussi le cas dans la T.Q.C.

On remarque que la notion de système d'Opérateurs complets qui commutent est aussi fondamentale en T.Q.V.A qu'en T.Q.C, puisqu'elle permet d'obtenir simplement l'expression énergie de particules, et donc certaines variables absolues.

On peut remarquer que ce n'est que lorsqu' elle décrit les propriétés statistiques d'un choc quantique spatial qu'une fonction d'onde donne la probabilité spatiale de présence d'une particule. On peut considérer par exemple qu'un électron dans un atome est soumis très nombreux chocs quantiques dont les propriétés statistiques sont décrites par la fonction d'onde décrivant son orbitale obtenue en

résolvant l'Equation de Schrodinger. Alors dans ce cas la fonction d'onde exprime bien une probabilité de présence. On n'est alors pas dans le cas des particules indépendantes comme pour l'expérience de Stern et Gerlach, puisque l'électron est en interaction avec les autres particules de l'atome pour constituer l'atome. En outre, on remarque que son énergie est quantifiée. Les équations position classiques sont donc incompatibles avec cette quantification de l'énergie. On retrouve, en accord avec le Principe 2, que les chocs quantiques permettent d'interpréter le hasard dans la position de l'électron.

La T.Q.V.A présente d'importantes simplifications mathématiques par rapport à la T.Q.C. En effet, puisque la position des particules est une variable absolue, il devient inutile d'utiliser des paquets d'onde alors que ceci était nécessaire dans la T.Q.C. De plus, dans la T.Q.C, le temps n'était pas une observable, et donc on ne pouvait pas justifier de la même façon les inégalités spatiales et temporelles d'Heisenberg $\Delta p_x \Delta x \geq h_1$ (avec $h_1 = h/2\pi$) et $\Delta E \Delta t \geq h_1$.

Dans la T.Q.V.A, on a vu que le temps auquel se produit la désintégration (ou la désexcitation) d'une particule est tout comme la position ou l'énergie une variable absolue, et on obtient utilisant la fonction d'onde associée à la particule $\Delta E \Delta t \geq h_1$ et $\Delta p_x \Delta x \geq h_1$, ces inégalités décrivant les propriétés statistiques d'un choc quantique. Ainsi par exemple, l'inégalité temporelle précédente est valable pour décrire une désintégration, donnant une relation entre les propriétés statistiques de l'énergie au repos de la particule créée et celles de son temps de désintégration. Elle peut aussi exprimer les propriétés statistiques d'une excitation ou d'une désexcitation d'une particule dans un Référentiel donné. En général, on exprime le Δt de l'inégalité spatiale d'Heisenberg en fonction de τ durée de vie moyenne des particules. On a en général $\Delta t = \tau$. Cette durée de vie moyenne est une variable absolue, ceci étant la conséquence du fait que la durée de vie de toute particule est une variable absolue d'après la T.Q.V.A. L'inégalité spatiale décrit par exemple un choc quantique spatial comme par exemple dans un choc quantique sur un écran dans une expérience d'interférences ou de diffraction, ou sur la cible dans un microscope électronique, ou dans le cas d'un électron d'un atome, qui on l'a vu pouvait être soumis à des chocs de façon quasi-permanente.

5.DISCUSSION.

Nous allons mettre en évidence qu'il existe au moins 6 types d'expériences qui sont des raisons de rejeter la T.Q.C en faveur de la T.Q.V.A :

5a)Expérience du chat de Schrodinger :

Cette expérience virtuelle, proposée par Schrodinger lui-même, montre que la conséquence de la T.Q.C est qu'on peut obtenir un chat dans un état indéterminé mort ou vivant. Ceci est la conséquence du fait que dans la T.Q.C, l'état d'un système est indéterminé si on ne l'observe pas, et dans cette expérience virtuelle l'état du chat est lié à celui d'une particule, désintégrée ou non-désintégrée. Il est évident que la T.Q.V.A évite ce paradoxe, puisqu'on a vu que dans cette théorie, la nature d'une particule ,désintégrée ou non-désintégrée, était une variable physique absolue. Si certains physiciens donnent une interprétation par la T.Q.C aux expériences du type précédent, leurs explications sont très complexes, contestables (De nombreux physiciens comme Schrodinger lui-même ne les ont jamais admises), et beaucoup moins simples et attractives que l'interprétation par la T.Q.V.A.

5b)Contradiction avec la mécanique relativiste classique :

Un 2^{ème} type d'expérience en faveur de la T.Q.V.A regroupe les expériences dont l'interprétation utilise seulement les équations de la mécanique relativiste classique.

Dans ces expériences, on prévoit exactement la position et la vitesse d'une particule en tout temps, et ceci est vérifié expérimentalement.(Utilisant les équations du type $E = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} + qV$). Or, ces prédictions utilisent qu'à tout instant, position et vitesse de la particule sont totalement déterminées. Or dans la T.Q.C, non seulement impulsion et position d'une particule ne peuvent pas

être simultanément déterminées, mais aussi seules les équations du type de celle de Schrodinger ou Dirac sont admises. On interprète dans la T.Q.C le fait que position et impulsion sont déterminées quasi simultanément en utilisant la notion complexe de paquets d'onde. Or non seulement cette notion est complexe lorsqu'une particule a une vitesse constante, mais elle l'est beaucoup plus dans le cas général ou elle change au cours du temps comme en mécanique relativiste. Ainsi, la justification des équations de la mécanique classique relativiste à partir des équations de Schrodinger dans la T.Q.C est non seulement très complexe, mais aussi très contestable.

Au contraire, dans la T.Q.V.A, le fait que position et vitesse soient absolues et la notion de particule indépendante donnent une interprétation très simple des équations de la mécanique relativiste classique, et au fait que la prévision de la position d'une particule impose qu'à tout instant sa position et sa vitesse soient totalement déterminées.

On peut aussi considérer que les expériences du type de Stern et Gerlach sont du type précédent. En effet, on a vu que dans cette expérience, on peut aussi prévoir à l'avance la position d'une particule (supposant que son spin s_z a pour valeur -1 ou 1), en utilisant l'Equation mixte (2) qu'on a proposée, utilisant mécanique classique et quantique. La encore, la précision de la position de la particule suppose qu'à tout instant position et impulsion sont définies et déterminées, ce qui est incompatible avec la T.Q.C mais en accord et simplement interprété par la T.Q.V.A.

5c)Expériences de diffusion des particules.

Ce type d'expérience aussi conduit à rejeter la T.Q.C au profit de la T.Q.V.A : En effet, ces expériences sont interprétées si on suppose qu'à partir du point où une particule est diffusée, sa position et son impulsion sont parfaitement déterminées. Ceci est totalement en accord avec la T.Q.V.A dans laquelle après le choc quantique correspondant à la diffusion impulsion et position sont parfaitement déterminées, mais est en désaccord avec la T.Q.C. En effet, la T.Q.C prévoit la probabilité que la fonction d'onde soit de la forme d'une onde plane d'équation $\Phi(x,y,z,t)=(A\exp(i(Et-p_x x-p_y y-p_z z)/\hbar))$ après la diffusion. D'après cette expression, la particule devrait être délocalisée après la diffusion. Or on voit qu'il n'est rien, la particule est toujours détectée comme si elle provenait exactement du point où elle a été diffusée. Pour justifier ceci dans la T.Q.C , il faudrait comme dans les expériences précédentes utiliser le concept de paquets d'onde, mais ceci est non seulement très complexe mais aussi très contestable : Pourquoi la fonction d'onde plane d'équation $\Phi(x,y,z,t)= A\exp(i(Et-p_x x-p_y y-p_z z)/\hbar)$ devrait-elle se transformer en paquets d'onde ? De plus, pourquoi dans le calcul de la matrice de transition M_{fi} utilise-t'on des ondes planes et non des paquets d'onde ?

On voit donc que ce type d'expériences concernant la physique des particules conduit aussi à rejeter la T.Q.C au profit de la T.Q.V.A. Ce sont sans doute de tels arguments qui faisaient dire à un des plus grands physiciens de physique des particules (Feynmann) : « Personne ne comprend rien à la physique quantique ».

5d)Contradictions concernant les variables absolues et indéterminées.

Un quatrième type d'expérience en faveur de la T.Q.V.A et en désaccord avec la T.Q.C est celui dans lequel d'après la T.Q.C une variable physique d'une particule indépendante est indéterminée et sa mesure doit conduire à plusieurs valeurs, alors qu'on n'en mesure qu'une seule, en désaccord avec toutes celles possibles d'après la T.Q.C. Ceci est le cas si on mesure le moment magnétique d'un proton par exemple. On a décrit ceci dans la partie 3f) :

D'après la T.Q.C, on devrait en mesurant le moment magnétique $\mu=\mu_1+\mu_2+\mu_3$ obtenir la valeur λ avec la probabilité $|\Phi_\lambda|^2$ si Φ_λ est la projection de la fonction d'onde du proton Φ (normalisée) sur le sous-espace propre associé à la valeur λ de l'Opérateur μ . En moyenne, on devrait trouver la valeur moyenne de μ $\langle\Phi,\mu,\Phi\rangle$. Or en réalité on mesure toujours la valeur $\langle\Phi,\mu,\Phi\rangle$, ce qui contredit la T.Q.C, mais est interprété par la T.Q.V.A dans laquelle le moment magnétique μ est une variable absolue.

5e) Phénomènes quantiques se produisant dans les étoiles.

Dans la T.Q.C, si on a un phénomène de diffusion ou de désintégration, la nature des produits finaux n'est déterminée que si on les observe. Or on sait que la formation de l'Univers et notamment la formation et la combustion des étoiles sont expliquées par de multiples phénomènes de diffusion et de désintégration, et il est évident que les particules finales de ces phénomènes n'ont en général jamais été observées. Il en résulte que d'après la T.Q.C l'Univers et les étoiles devraient être dans un état indéterminé ce qui n'est pas le cas. Au contraire dans la T.Q.V.A, la nature des particules finales de ces phénomènes est indépendante de leur observation, et on n'a pas ce paradoxe.

5f) **Contradiction des expériences sur l'intrication quantique.**

La T.Q.C est aussi contredite par les expériences connues sous le nom de *delayed choice experiment* qu'on a rappelées au chapitre 3g) sur l'intrication quantique. En effet d'après la T.Q.C l'état d'une particule est déterminé par la dernière observation de la particule ou de sa particule corrélée lorsqu'elle en a une. Or les expériences du type « *delayed choice experiment* »⁽¹⁰⁾ montrent que l'état d'une particule (sa position sur l'écran) est déterminé par une observation postérieure à son arrivée sur l'écran. Il en résulte que la T.Q.C impose une action du futur sur le passé ce qui est impossible.

Au contraire dans le T.Q.V.A, on a vu que l'état d'une *particule indépendante* qu'on a définie dans la partie 4. comme une particule n'interagissant pas avec d'autres particules pour constituer une autre particule et en absence de choc (atomes indépendants, particules libres..) dépendait du dernier choc qu'elle subissait. Et les propriétés statistiques d'un choc spatial, comme on l'a vu au chapitre 3g) dépendent de tous les dispositifs situés sur la trajectoire de la particule, y compris ceux qu'elle n'a pas encore atteint quand se produit le choc quantique. On a appelé *prédiction quantique* ce phénomène. Ceci est interprété par le fait qu'on associe à toute particule indépendante une particule-onde emplissant tout l'espace. Ainsi dans la T.Q.V.A, les phénomènes liés à l'intrication quantique ou à la prédiction quantique sont dus à des actions physique sur la particule-onde associée à une particule indépendante entraînant une action instantanée sur la particule-corpuscule. On rappelle que ceci est en désaccord avec la Relativité Restreinte mais en accord avec la Théorie de l'Ether⁽¹²⁾. Il n'y a donc pas d'action du futur sur le passé dans l'interprétation des expériences d'intrication quantique par la T.Q.V.A, contrairement à la T.Q.C, ce qui conduit à rejeter la seconde au profit de la première.

On admet donc dans la T.Q.V.A qu'à une particule indépendante on associe une particule-corpuscule localisée et une particule-onde délocalisée, et qu'une action physique sur la particule-onde par des dispositifs non encore atteints par la particule-corpuscule peut entraîner une action instantanée sur la particule-corpuscule.

On voit donc 6 types principaux d'expériences conduisant à rejeter la T.Q.C en faveur de la T.Q.V.A. On rappelle qu'à cause du Principe 3 de la T.Q.V.A le cadre mathématique des 2 théories est identique, en dépit du fait qu'elles sont contradictoires, et que la T.Q.V.A permet d'interpréter rigoureusement et mathématiquement l'ensemble des expériences de physique quantique, que jusque là seule la T.Q.C permettait d'interpréter.

6.CONCLUSION

On voit donc que la T.Q.V.A simplifie beaucoup la compréhension des phénomènes quantiques, tout spécialement en physique des particules. On a vu 6 grands types d'expérience conduisant à rejeter la T.Q.C en faveur de la T.Q.V.A. On a vu dans la partie 3) que d'après la T.Q.V.A, il existait des règles très simples permettant de prévoir que certaines variables physiques sont des variables absolues. Il est clair qu'on doit développer la théorie afin de pouvoir prédire complètement les variables physiques absolues et celles qui sont indéterminées, mais pour cela on doit généraliser les lois exposées dans cet article. D'après ce qui précède le fait qu'une variable soit absolue ou indéterminée peut avoir diverses origines.

Puisqu'à cause du Principe 3b les équations purement quantiques de la T.Q.V.A et de la T.Q.C sont identiques, on ne peut trouver une équation purement quantique existant dans la T.Q.V.A et n'existant pas dans la T.Q.C (ou réciproquement) permettant de comparer leur validité. Cependant on

a vu que l'interprétation de ces équations purement quantiques était différente, et c'est donc l'interprétation des équations purement quantiques qui permettent de comparer la validité des 2 théories.

Par contre, on a vu que les équations de la mécanique classique étaient valables dans la T.Q.V.A pour une particule indépendante, alors qu'elles n'étaient pas valides dans la T.Q.C car dans la T.Q.C la position et l'impulsion d'une particule sont indéterminées et ne peuvent être définies simultanément. On a vu que la validité observée expérimentale des équations de la mécanique classique relativiste illustre la validité de la T.Q.V.A et ne pouvait pas être expliquée par la T.Q.C. Il en était de même pour les équations mixtes comme celle utilisée dans l'expérience de Stern et Gerlach.

On a vu que les différences entre les 2 théories sont de différentes natures. Ainsi, le concept de choc quantique est fondamental dans la T.Q.V.A alors qu'il n'existe pas dans la T.Q.C. Le concept d'Observable par contre est fondamental dans la T.Q.C, alors qu'il n'est pas utilisé dans la T.Q.V.A. Il en est de même du concept de paquet d'ondes, qui est inutile dans la T.Q.V.A. Les inégalités d'Heisenberg sont analogues dans la T.Q.V.A, mais pas dans la T.Q.C dans laquelle le temps n'est pas une observable. Aussi, l'inégalité spatiale est toujours vraie dans la T.Q.C lors d'une observation de la position ou de l'impulsion d'un système, alors qu'elles ne sont vraies que lors de chocs dans la T.Q.V.A. Enfin, dans la T.Q.V.A, une particule indépendante a 2 natures distinctes, une nature corpuscule et une nature onde, alors qu'on peut considérer qu'elle n'a qu'une nature (onde) dans la T.Q.C car dans cette théorie elle est complètement définie par sa fonction d'onde, la position n'étant qu'une observable ordinaire.

En résumé, la T.Q.V.A est très intéressante car :

a) C'est la seule théorie quantique différente de la T.Q.C permettant d'interpréter tous les phénomènes quantiques.

b) L'interprétation par la T.Q.V.A des équations purement quantiques, de même que les équations de la mécanique relativiste classique et les équations mixtes illustrent la validité de la T.Q.V.A comparée à la T.Q.C. Même si on considère l'interprétation par la T.Q.C des expériences présentées dans la section 4, par exemple celle du chat de Schrodinger, il est évident que l'interprétation de ces expériences par la T.Q.V.A est beaucoup plus simple, claire et naturelle que celle donnée par la T.Q.C.

Références :

- 1) Ch. Ngo, H. Ngo, *Physique Quantique*, Masson, Paris, (1995)
- 2) Burckham and Jobes, *Nuclear and Particle Physics*, Ed Longman, Singapore (1997)
- 3) M. Kaku and J. Thompson, *Beyond Einstein*, Ed Oxford University Press, G.B (1997)
- 4) Ph. Perez, N. Saint-Cricq-Chery, *Relativité et Quantification*, Ed Masson, Paris (1986)
- 5) A. S. Tribble, *Princeton Guide to Advanced Physics*, Princeton University Press, New-Jersey.
- 6) D. Blanc, *Physique Nucléaire, Particules*, Ed Masson, Paris (1995)
- 7) B. H. Brandson, J. Joachain, *Quantum Mechanics*, Ed Pearson Education, Harlow, England (2000)
- 8) Alonso, Finn, *Physique Générale 2*, InterEditions, Paris (1992)
- 9) Franco Selleri, *Le grand débat de la Théorie Quantique*, Ed Flammarion, Paris (1994)
- 10) Yoon-Ho Kim, R. Yu, S. P. Kulik, Y. H. Shih, Marlon O. Scully, *Phys. Rev. Letter*, 84, 1-5 (2000)
- 11) Weihs, Jennewein, Simon, Weinfurter, Anton Zeilinger, *Violation of Bell's inequalities under strict Einstein locality conditions*, *Phys. Rev. Letter*, 81, 5039 (1998).
- 12) T. Delort, *Theory of Ether*, *Physics Essays*, 13.4 (2000).
- 13) T. Delort, *Théorie moderne de l'Ether* (2020) (Extrait du livre *Théories d'or*, 10^e édition, Editions Books on Demand 2020).