

Quelques Conséquences de la Matière Noire Entropique Relativiste

Nicolas Poupart, Chercheur Indépendant (2016)
12269 rue Lévis, Mirabel, Québec, Canada (J7J 0A6)
(450) 939-2167
nicolas.poupart@yahoo.fr

Introduction

Il fut démontré, dans un article précédent¹, que l'approximation des champs faibles de la métrique de Schwarzschild (SWFA) pouvait se déduire de la théorie de la gravitation de Newton à partir de quelques axiomes supplémentaires soit : « la vitesse de la lumière comme vitesse limite », « l'équivalence masse énergie », « la contraction relativiste des longueurs », « le principe d'équivalence faible relativiste » et « le principe d'auto-induction de la masse ». Puisqu'il est démontré depuis longtemps que la gravitation de Newton est dérivable de l'approximation des champs faibles de la relativité générale, la démonstration inverse ne devrait surprendre personne. Par contre, ce qui est intéressant ici, c'est que le théorème obtenu est en fait une généralisation de l'approximation des champs faibles, alors que la relativité générale ne parle que de la déformation du temps et de l'espace, la GEST (Gravitational Entropic Self-inductive Theory) parle de l'énergie potentielle du système sous forme de masse. En effet, le principe d'auto-induction de la masse qui implique que de l'énergie potentielle générant de la masse doit produire à son tour de la masse conduit à une définition énergétique de l'élasticité de l'espace.

La GEST permet d'arriver à la conclusion que l'équation classique tirée des champs faibles de Schwarzschild $t_x/t_0 = l_0/l_x = \sqrt{(1-R_s/x)}$ devrait plutôt s'écrire $m_x/m_0 = t_x/t_0 = l_0/l_x = k\sqrt{(1-R_s/x)}$. Il s'agit donc de considérer que le champ gravitationnel, en plus de déformer l'espace et le temps en un point infinitésimal p , stocke l'énergie du champ sous forme de masse, ceci expliquant le phénomène de la masse (matière) noire galactique. De plus, k est un facteur de renormalisation tel que lorsque x tend vers l'infini m_x tend vers km_0 , t_x tend vers kt_0 et l_x tend vers l_0/k , c'est-à-dire, que les unités de temps et de longueur d'un système gravitationnel sont renormalisés par un facteur commun k , le système est alors au niveau d'énergie ou potentiel k . Par contre, l'unité de masse est un invariant dans tous les repères galiléens, la masse globale du système est la même pour tous les observateurs.

Ainsi, dans un système de masse totale M_0 composé de n particules de masse m_0 , la masse de chacune de ces particules est modifiée par la relation $m_x/m_0 = k\sqrt{(1-R_s/x)}$. Par contre, comme en relativité restreinte, la distribution spatiale de cette masse supplémentaire n'est pas indiquée. C'est-ici que la relation m_x/m_0 se distingue réellement des relations de champ $t_x/t_0 = l_0/l_x$. En effet, l'approche la plus simple consisterait à postuler que cette masse supplémentaire se trouve exactement à l'emplacement de la masse m_0 mais une telle distribution irait contre toutes les preuves empiriques concernant la masse noire galactique. L'évidence empirique pousse donc à considérer que cette masse supplémentaire se retrouve dans un halo sphérique pouvant dépasser le rayon du système. Cette masse supplémentaire n'appartient pas à la partie m_0 mais au système M_0 .

Le facteur de renormalisation est équivalent à considérer qu'un système gravitationnel est un système inertiel comme un corps à vitesse constante et possède, de ce fait, un temps propre et une longueur propre. Par conséquent, une mesure de longueur ou de temps d'un système gravitationnel à partir d'un autre système distant devrait être soumis à une transformation équivalente à celle de Lorenz. Cette renormalisation des systèmes galactiques amène à postuler que ce phénomène affecte grandement la mesure du décalage de fréquence de la lumière émise par une galaxie possédant un certain niveau d'énergie par une autre.

L'objectif de cet article est de tirer quelques conséquences importantes de la GEST soit la dérivation de la relation de Tully-Fisher², la dérivation de la fonction de calcul du décalage de fréquence intrinsèque et la forme de la courbe de distribution de la masse noire. Ces extensions théoriques permettront peut-être de comprendre les erreurs expérimentales inexplicables dans le calcul de la constante de Hubble et le problème de la création et de la stabilisation des disques galactiques.

La Relation de Tully-Fisher Baryonique

Il fut démontré¹ que si le halo sphérique de masse noire suit parfaitement la distribution de densité de la matière baryonique de masse M_0 et se déplace à la même vitesse alors le coefficient de masse noire $\gamma = M/M_0$ [1] est donné par la relation $\gamma^4 - \gamma^3 = (RVc/8GM)^2$. Il est possible de simplifier cette relation en posant $\gamma^4 - \gamma^3 \approx \gamma^2 - \gamma/2 - 1/7$ ce qui permet de résoudre une simple équation du second degré et d'obtenir $\gamma \approx [1/4 + \sqrt{(23/112 + RVc/8GM)}]$. Cette équation donne une erreur maximale de 0.4 % lorsque $\gamma = 2$, de 0.05 % lorsque $\gamma = 3$ et reste inférieure à 0.01 % après $\gamma = 4$, ce qui est donc une bonne approximation. Il est possible de simplifier encore plus en conservant une erreur inférieure à 1 % par $\gamma \approx \sqrt{(RVc/8GM)} + 0.3$. Pour faciliter les calculs par la suite nous utiliserons $\gamma \approx \sqrt{(RVc/8GM)}$ [2] qui produit une erreur systématique d'un maximum de 15 %. Le rayon R étant le rayon maximal, V la vitesse de rotation et M la masse galactique totale, il est possible d'appliquer le théorème du viriel³ $M = 2V^2R/G$ [3].

Il est ainsi possible d'obtenir $(M/M_0)^2 \approx (RVc/8GM)$ par [1] et [2], puis $V^5 R^2/M_0^2 \approx (cG^2/64)$ en appliquant le viriel [3] et donc $V^5 \approx (cG^2/64)(M_0^2/R^2)$. En modélisant simplement la galaxie par un disque d'épaisseur e et de densité homogène d , nous obtenons $M_0 = \pi d e R^2$ soit $R^2 = M_0 / \pi d e$ par conséquent $V^5 \approx M_0 (\pi d e) (cG^2/64)$ ce qui implique une relation du type $M_0 \propto V^5$. Par contre, ce calcul néglige le coefficient $(\pi d e)$ auquel il ne manque que la multiplication par R^2 pour obtenir M_0 . Posons $e = R/a$ alors $M_0 = \pi d (R^3/a)$ [4] et donc $\ln(M_0) = \ln(\pi d/a) + 3\ln(R)$ [5], par conséquent, en posant $M_0^\alpha = \pi d (R^3/a)$ alors $\alpha = [\ln(\pi d/a) + 3\ln(R)]/\ln(M_0)$ ce qui permet d'obtenir $\alpha = [\ln(\pi d/a) + 3\ln(R)]/[\ln(\pi d/a) + 3\ln(R)]$ par [4] et [5]. Puisque $\pi d/a$ est dans l'ordre de 10^{-2} et R dans l'ordre de 10^{20} , il est possible d'approximer par $\alpha \approx 1/3$ et par conséquent $V^5 \approx M_0^{4/3} (cG^2/64)$ ce qui implique une relation du type $M_0 \propto V^{3.75}$. Cette relation est en accord parfait avec la loi de Tully-Fisher baryonique⁴ $V^{3.5} \propto M_0 \propto V^4$ et il est par conséquent possible de dériver cette loi sans modifier la gravitation de Newton⁵.

Cette adéquation parfaite à la relation de Tully-Fisher révèle que le calcul de la masse noire par $\gamma^4 - \gamma^3 = (RVc/8GM)^2$ n'est probablement valide que pour les galaxies spirales. En effet, l'élaboration de cette équation nécessite que le halo sphérique de masse noire suit parfaitement la distribution de densité de la matière baryonique et possède un moment cinétique homogène non nul, soit des conditions très particulières, probablement intégralement réalisées que dans les galaxies spirales.

Le Décalage de Fréquence Intrinsèque

Par le « principe d'équivalence faible relativiste », la masse noire grave est un invariant de Lorentz équivalent à la masse relativiste inertielle. Par conséquent, il est nécessaire que le facteur $\gamma = m_x/m_0 = t_x/t_0 = l_0/l_x = k\sqrt{(1-R_s/x)}$ soit strictement équivalent au facteur de Lorentz d'une vitesse relativiste. Ainsi, la transformation de Lorentz classique de composition des vitesses doit donc être utilisée. Ce décalage intrinsèque est distinct du décalage gravitationnel. En effet, le décalage gravitationnel mesure une différence de fréquence au sein d'un même repère galiléen (repère renormalisé) alors que le décalage intrinsèque mesure une différence de fréquence entre deux repères galiléens distincts (repères renormalisés).

Il est possible d'utiliser ici l'équation originale de la GEST $1/\gamma = m_0/m_x = t_0/t_x = l_x/l_0 = 1/k + R_s/2x$ ou la modification de la SWFA $\gamma = m_x/m_0 = t_x/t_0 = l_0/l_x = k\sqrt{(1-R_s/x)}$ car $R_s/x \ll 1$ et dans les deux cas, en sommant toutes les contributions de toutes les masses $\gamma = M_x/M_0$. Ainsi, d'une galaxie émettrice de radiation $1/\gamma_e = M_{0e}/M_e = 1/k_e$ à une galaxie réceptrice de la radiation $1/\gamma_r = M_{0r}/M_r = 1/k_r$, il est possible de tirer les équivalents vitesses $v_e = c\sqrt{(1-1/\gamma_e^2)}$ et $v_r = c\sqrt{(1-1/\gamma_r^2)}$ pouvant se composer en $v = (v_r - v_e)/(1+(v_r v_e/c^2))$ ce qui donne un décalage $z = \sqrt{[(1+v/c)/(1-v/c)]} - 1$.

Puisque pour la Voie lactée $\gamma_0 \approx 6$ et le minimum pour une galaxie est $\gamma_e = 2$, alors il existe un décalage vers le rouge intrinsèque maximal de $z = 6.7\%$ ce qui n'est pas négligeable. Entre Andromède ($\gamma_e = 12$) et la Voie lactée le décalage vers le bleu est de $z = -0.53\%$, ce décalage plafonne rapidement car avec $\gamma_e = 1000$ alors $z = -0.70\%$. Il est donc possible de constater que le décalage intrinsèque pourrait causer un problème avec des équivalents vitesses allant de 19000 km/s pour $\gamma_e = 2$, 6700 km/s pour $\gamma_e = 3$, 2700 km/s pour $\gamma_e = 4$, 940 km/s pour $\gamma_e = 5$,

-560 km/s pour $\gamma_e = 7$, -930 km/s pour $\gamma_e = 8$, -1200 km/s pour $\gamma_e = 9$, -1300 km/s pour $\gamma_e = 10$, -1500 km/s pour $\gamma_e = 11$, -2000 km/s pour $\gamma_e = 26$, -2100 km/s pour $\gamma_e = \infty$.

Il est important de noter que la dilatation du temps n'est également pas négligeable. Par exemple, dans le pire cas, un phénomène observé dans une galaxie avec $\gamma_e = 2$, donne un équivalent vitesse de $v = 19000$ km/s ce qui produit une dilatation du temps de $1/\sqrt{1-(v/c)^2} = 1.002$. Ainsi, les pulsars dans ces galaxies semblent tourner légèrement plus rapidement de 0.2 %.

Depuis longtemps^{6,7} les astronomes et les astrophysiciens mentionnent l'existence de sources d'erreurs^{8,9,10,11} dans le calcul des décalages de fréquences et tentent de les corriger^{12,13}. La relation de Tully-Fisher est la plus importante mesure secondaire de mesures de distances d'un large ensemble de galaxies spirales, elle possède une influence notable sur le calcul classique (par création d'échelles de distances) de la constante de Hubble et ces erreurs persistent de façon inexplicable¹⁴. Certains auteurs ont analysé l'existence d'un facteur de décalage intrinsèque qui pourrait expliquer ces erreurs. Russell (2015)¹⁵ après une analyse exhaustive conclu à un décalage vers le rouge intrinsèque pouvant excéder 5000 km/s et une tendance nette aux décalages vers le rouge plus important que les décalages vers le bleu. Le résultat de cette analyse est en parfait accord avec notre théorie. À la lumière de ce résultat, il est impératif que les astronomes et astrophysiciens effectuent les analyses nécessaires pour vérifier si ce décalage intrinsèque est bel et bien produit par la masse noire selon les calculs précédemment exposés.

La Distribution de la Masse Noire

La structure du halo de masse noire fut largement étudié et plusieurs modèles empiriques proposés^{16,17}. La GEST, par l'utilisation du principe d'auto-induction, permet de poser une contrainte sévère sur la structure mathématique du halo. En effet, le principe d'auto-induction est le seul postulat original pour passer de Newton à SWFA et il est postulé que la masse induite se retrouve à une position x identique à celle de la masse originelle pour que l'auto-induction puisse logiquement se produire. En effet, l'auto-induction pose qu'une masse inerte m à une distance x du centre de masse induit une masse m' par la fonction $m' = R_s m / 2R - R_s m / 2x$. Cette fonction s'applique récursivement en produisant une masse m'' exactement de la même façon soit $m'' = R_s m' / 2R - R_s m' / 2x$ et ainsi de suite. Par conséquent, pour que l'auto-induction puisse s'appliquer, il semble nécessaire que la masse induite se retrouve exactement à la même position x , ceci pouvant se réaliser de trois façons :

1. La masse générée se retrouve exactement à la position x et il s'agit par conséquent d'une forme d'intensification (renormalisation) du champ gravitationnel de la masse inerte m . Cette distribution suivrait parfaitement celle de la matière et ne formerait pas un halo, ce qui est empiriquement réfuté.
2. La masse générée se retrouve uniformément distribuée dans une coquille sphérique à la position x , ainsi une masse inerte m produirait une sorte d'ourlet de masse noire. Cette distribution suivrait également parfaitement celle de la matière mais formerait un halo discontinu, ce qui serait physiquement difficilement explicable.
3. La masse générée se retrouve dans une distribution de m' telle que la somme des parties dm' de cette distribution appliquée à la fonction récursive $R_s dm' / 2R - R_s dm' / 2x$ produise la même masse totale m'' . Dans ce cas, par induction, cette distribution permettrait de générer la même masse totale que dans les cas (1) et (2).

Soit $\partial m / \partial x = \sigma(x)$ une fonction de distribution de masse telle que l'intégrale de 0 à l'infini donne $m = \int \sigma(x) \partial x$, il est alors possible d'écrire : $m' = \int R_s / 2R \sigma(x) \partial x - \int R_s / 2 \sigma(x) / x \partial x = R_s m / 2R - R_s / 2 \int \sigma(x) / x \partial x$. Ainsi, le principe d'auto-induction est respecté pour le premier terme indépendamment de la fonction de distribution ce qui implique qu'il est nécessaire et suffisant que $R_s / 2 \int \sigma(x) / x \partial x = R_s m / 2r$ tel que r est la position de la masse m . Par conséquent, il s'agit de trouver une fonction $f(x,r)$ telle que l'intégrale de $f(x,r) \partial x$ de 0 à l'infini donne 1 et l'intégrale de $f(x,r) / x \partial x$ de 0 à l'infini donne $1/r$. De telles fonctions existent, par exemple, la famille polynomiale $\{ 2 r x / (r+x)^3, 12 r^2 x^2 / (r+x)^5, 60 r^3 x^3 / (r+x)^7, 280 r^4 x^4 / (r+x)^9, 1260 r^5 x^5 / (r+x)^{11}, \dots, k r^i x^i / (r+x)^{2i+1} \}$ semble être valide pour toute valeur de i , cette propriété fut vérifié jusqu'à $i = 10$. De même que la famille

exponentielle $\{xe^{-x/r}/r^2, 2^2x^2e^{-2x/r}/r^3, 3^3x^3e^{-3x/r}/2r^4, 4^4x^4e^{-4x/r}/6r^5, 5^5x^5e^{-5x/r}/24r^6, \dots, i^ix^ie^{-ix/r}/(i-1)!r^{(i+1)}\}$ qui semble également valide pour toute valeur de i , cette propriété fut vérifiée jusqu'à $i = 10$. Il existe probablement beaucoup d'autres familles de fonctions qui possèdent cette propriété et il ne s'agit ici que de halos sphériques. Il existe également probablement des fonctions à six variables (x, y, z, a, b, c) générant des halos ellipsoïdaux.

Toutes ces fonctions, malgré leurs natures différentes, possèdent la même forme de courbe en cloche décalée à gauche (voir graphique 1 et 2), ce qui semble être une caractéristique des fonctions telles que $\int f(x,r) dx = 1$ et $\int f(x,r)/x dx = 1/r$. Autre propriété remarquable, $\int f(x,r) dr = 1$ et $\int f(x,r)/r dr = 1/x$, c'est-à-dire, que la propriété est symétrique si nous intégrons sur r à la place de x . Bien que cette propriété soit évidente pour la famille polynomiale qui reste identique en échangeant x et r , elle est par contre loin d'être évidente pour la famille exponentielle. Une propriété remarquable de la famille exponentielle est que le sommet de la courbe (point de dérivé nulle) correspond à $x = r$. Cette propriété possède un sens physique profond : la masse noire générée par la partie m_0 trouverait sa plus forte concentration à l'emplacement r de m_0 et se distribuerait du centre de masse du système à l'infini. Cette propriété permettrait de réconcilier le phénomène de la masse noire comme étant à la fois une composante du tout et de la partie.

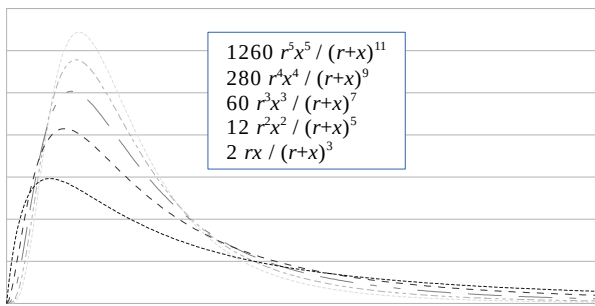


Illustration 1 : Distributions Polynomiales

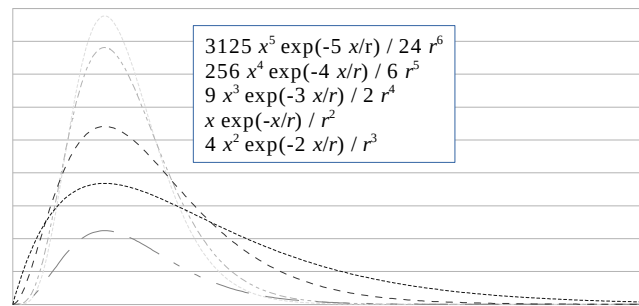


Illustration 2: Distributions Exponentielles

Les courbes de distribution de la masse noire (voir graphique 1 et 2) sont celles produites par une seule particule (étoile) m_0 à la position r ; la fonction $g(x)$ de distribution résultante pour n étoiles, de masse identique, est $g(x) = \sum f(x,r)$. Si nous possédons une fonction de distribution de ces étoiles $D(r)$ alors la fonction de distribution de la masse noire résultante est $g(x) = \int f(x,r) D(r) dr$. Une autre propriété remarquable est que si nous posons que la masse noire suit une de ces courbes, par exemple, $f(x,r) = 2 rx/(r+x)^3$ alors il est possible de déterminer une courbe semblable $D(r) = 30 r^2 x^2/(r+x)^4$ de telle façon que $g(x)$ soit également une distribution valide, ici $g(x) = \int 60 r^3 x^3/(r+x)^7 dr$. Ainsi, quelque soit la fonction réelle de distribution de la masse noire, il existe une distribution de la matière baryonique telle que la distribution de masse noire totale générée ressemble à celle de la matière baryonique et qui en plus est identique à celle produite si la totalité de la masse noire se trouvait produite par une seule particule (étoile) à une position R . Nous appellerons « existence d'un attracteur homogène » l'existence d'une distribution de la matière baryonique, semblable à la distribution de masse noire, laquelle est une solution valide à l'équation de production de masse noire.

Que l'attracteur homogène ressemble autant aux modèles de distribution de la matière baryonique créés ad hoc pour modéliser la distribution de la matière au sein des galaxies spirales n'est très certainement pas l'œuvre du hasard. Notons qu'un des modèles les plus utilisés est le modèle exponentiel $\sigma(x) = e^{-x/r}/2\pi r^2$ qui donne bien la distribution de masse $dm(x) = xe^{-x/r}/r^2 dx$, soit exactement la courbe exponentielle de distribution de la matière noire la plus simple que nous avons trouvée. Que la matière baryonique et la masse noire suivent mystérieusement une même loi de distribution fut déjà remarqué¹⁸, l'existence d'un attracteur homogène apporte une justification théorique solide à ce phénomène.

Il est impératif que des simulations d'évolution galactique qui prennent en compte la production de masse noire par les étoiles en suivant les courbes de distribution mentionnées soient effectuées pour confirmer ou infirmer ce phénomène. Il ne suffirait que de modifier légèrement les modèles de simulation galactique^{19,20,21} à matière noire froide (LCDM) de manière à ce que la masse noire soit décomposée en « nuages » se distribuant selon une courbe du type exposé laquelle suivrait constamment le déplacement des masses les générant.

Discussion

Les résultats exposés dans cet article confirment la puissance explicative de la GEST. Cette théorie possède un avantage théorique clair celui d'être construite à partir de trois axiomes induits généralement acceptés. En effet, la GEST utilise comme axiomes induits la gravitation de Newton, la vitesse de la lumière comme vitesse limite et le principe d'équivalence faible relativiste. Elle utilise également comme axiomes déduits la relativité restreinte et deux axiomes originaux soit l'existence d'un état compact minimal qui est le trou noir associé et le principe de l'auto-induction de la masse lesquels sont des axiomes logiquement nécessaires et ne constituent donc pas de véritables inductions mais plutôt des déductions forcées.

La question de savoir si la GEST constitue une modification de la RG ou bien n'est qu'une extension de celle-ci reste ouverte mais le fait que la distribution de la masse noire soit complètement distincte du champ de la RG laisse croire qu'il s'agit d'un autre champ, très probablement le champ BEHHGK. En effet, selon la GEST, le champ BEHHGK, pour produire de la masse noire, se couple à lui-même via la gravité. Le principe d'équivalence faible laisse à penser que le type de courbe de distribution que nous avons présenté est, en fait, la distribution spatiale de la masse générée par le champ BEHHGK. Ainsi, un système inertiel se déplaçant à vitesse uniforme verrait sa masse noire augmenter selon ce même type de courbe et un observateur à l'intérieur même de ce système, pourrait par des mesures gravitationnelles, détecter cette masse et conclure qu'il possède une vitesse relativement à l'espace absolu. En effet, il pourrait aisément distinguer ce fait d'une masse noire produite par l'énergie gravitationnelle en connaissant les propriétés internes de son système comme sa propre masse baryonique.

Il faut considérer la GEST comme un pont théorique entre la RG qui indique comment l'espace se déforme en fonction de l'énergie et le champ BEHHGK qui indique comment l'énergie potentielle produit de la masse déformant à son tour l'espace²². Ainsi, selon la GEST, le champ BEHHGK est un pur produit relativiste comme le champ gravitationnel et ces deux champs semblent inextricablement liés²³. En fait, ils sont tellement étroitement liés qu'il se pourrait bien qu'il ne s'agisse que d'un seul et unique champ. La masse noire ne serait alors que le puits de potentiel gravitationnel au fond duquel se retrouve la galaxie. Le fait que la masse noire ne soit pas détectée et qu'il s'agisse du champ BEHHGK laisse croire que ce champ se comporte bel et bien comme un condensat et dans ce cas, il se pourrait bien qu'il soit également responsable de la gravitation²⁴.

Conclusion

Si, ne serais-ce qu'une seule des conséquences originales exposées dans cet article s'avère véridique, la GEST aura démontré sa pertinence. Pour l'instant, il faut admettre que sa valeur explicative est intéressante. En effet, il fut déjà démontré¹ que la GEST permet simplement et naturellement : 1) La prédiction d'un ratio de masse noire minimale de deux (2) pour toute galaxie, ce qui comble une des grandes lacunes de la théorie MOND²⁵. 2) La génération d'un modèle simple de la quantité de masse noire pour les galaxies spirales $k \approx [1/4 + \sqrt{(23/112 + RVc/8GM)}]$ tel que $M = kM_0$. Il est peu probable qu'une telle équation donnant les valeurs précises de 6 pour la Voie lactée et de 12 pour Andromède soit le résultat du hasard. 3) La prédiction d'une expansion accélérée de l'univers dans l'ordre de grandeur accepté.

La contribution actuelle permet d'ajouter : 1) Un calcul simple de la relation de Tully-Fisher baryonique. 2) La dérivation d'un facteur de décalage de fréquence intrinsèque qui pourrait expliquer les erreurs expérimentales des mesures actuelles de la relation de Tully-Fisher. 3) La contraction et la dilatation du temps galactique. 4) Une dérivation des courbes de distribution de la masse noire en parfait accord avec les courbes empiriques de distribution de la matière et de la masse noire dans les galaxies spirales actuellement acceptées.

Cet article, en prédisant trois phénomènes nouveaux extrêmement précis soit le décalage de fréquence intrinsèque, la dilatation et contraction du temps galactique et la forme des courbes de distribution de la masse noire générée par les étoiles apporte une possibilité de confirmation ou de réfutation de la GEST qui est très probablement l'apport le plus important.

- 1 N. Poupard (2014), « An explanation of the entropic nature of the mass using classical physics », *The General Science Journal*, ISSN : 1916-5382.
- 2 R. B. Tully, J. R. Fisher (1977) , « A new method of determining distances to galaxies », *Astronomy and Astrophysics*, vol. 54, p. 661-673.
- 3 G.W. Collins (1978), « The Virial Theorem in Stellar Astrophysics », Pachart Press
- 4 S. Torres-Flores, B. Epinat, P. Amram, H. Plana, C. Mendes de Oliveira (2011), « GHASP: an H α kinematic survey of spiral and irregular galaxies -- IX. The NIR, stellar and baryonic Tully-Fisher relations », arXiv:1106.0505.
- 5 S. McGaugh (2011), « The Baryonic Tully-Fisher Relation of Gas-Rich Galaxies as a Test of Λ CDM and MOND », *ApJ*, arXiv:1107.2934.
- 6 A. Sabdage, G. Tammann (1975), « Steps toward the Hubble constant. V - The Hubble constant from nearby galaxies and the regularity of the local velocity field », *Astrophysical Journal*, vol. 196 p. 313-328.
- 7 P. Teerikorpi (1975), « On the Effect of the Luminosity Selection on the Redshift-distance Relationship », *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 45, p. 117.
- 8 G. de Vaucouleurs (1983), « Extragalactic distance scale, Malmquist bias and Hubble constant », *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 202, p. 367-378.
- 9 L. Bottinelli, L. Gouguenheim, P. Fouque, G. Paturel, P. Teerikorpi (1987) « Cluster population incompleteness bias and the value of H(0) from the Tully-Fisher B0(T) relation », *Astronomy and Astrophysics* (ISSN 0004-6361), vol. 181, no. 1, p. 1-13.
- 10 D.S. Mathewson, V.L. Ford, M. Buchhorn (1992), « No back-side infall into the Great Attractor », *Astrophysical Journal*, Part 2 - Letters (ISSN 0004-637X), vol. 389, p. L5-L8.
- 11 M. Federspiel, A. Sandage, G.A. Tammann (1994), « Bias properties of extragalactic distance indicators. 3: Analysis of Tully-Fisher distances for the Mathewson-Ford-Buchhorn sample of 1355 galaxies », *The Astrophysical Journal*, Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 430, no. 1, p. 29-52.
- 12 A. Dekel, E. Bertschinger, A. Yahil, M.A. Strauss, M. Davis, J.P. Huchra (1993), « IRAS galaxies versus POTENT mass - Density fields, biasing, and Omega », *Astrophysical Journal*, Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 412, no. 1, p. 1-21.
- 13 M.A. Hendry, J.F.L. Simmons (1993), « Optimal galaxy distance estimators », *Astrophysical Journal*, Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 435, no. 2, p. 515-527.
- 14 E. Conover (2016), « Debate accelerates on universe's expansion speed », *ScienceNews*
- 15 D.G. Russell (2005), « Intrinsic Redshifts and the Tully–Fisher Distance Scale », *Astrophysique Space Science*, 299: 405. doi:10.1007/s10509-005-3426-2, Springer Link.
- 16 J. F. Navarro, C. S. Frenk, S. D. M. White (1996), « The Structure of Cold Dark Matter Halos », *The Astrophysical Journal*, vol. 463, p. 563.
- 17 D. Merritt, A. Graham, B. Moore et al. (2006), « Empirical Models for Dark Matter Halos. I. Nonparametric Construction of Density Profiles and Comparison with Parametric Models », *The Astronomical Journal*, vol. 132, no 6, p. 2685–2700.
- 18 D. Merritt et al. (2005), « A Universal Density Profile for Dark and Luminous Matter? », *The Astrophysical Journal*, vol. 624, no 2, p. 85–88.
- 19 S.G. Murray, C. Power, A.S.G. Robotham (2013), « HMFcalc: An online tool for calculating dark matter halo mass functions », *Astronomy and Computing*, vol. 3-4, p. 23-34.
- 20 B. T P Rowe, M. Jarvis, R. Mandelbaum, G.M. Bernstein, J. Bosch, M. Simet, J.E. Meyers, T. Kacprzak, R. Nakajima, J. Zuntz, H. Miyatake, J. P. Dietrich, R. Armstrong, P. Melchior, M.S.S. Gill (2015), « GalSim: The modular galaxy image simulation toolkit », *Astronomy and Computing*, vol. 10, p. 121-150.
- 21 L. Shamir, J.F. Wallin, A. Allen, B. Berriman, P. Teuben, R.J. Nemiroff, J. Mink, R.J. Hanisch, K. DuPrie (2013), « Practices in source code sharing in astrophysics », *Astronomy and Computing*, vol.1, p. 54-58.
- 22 D. Stojkovic (2013), « Implications of the Higgs discovery for gravity and cosmology », *International Journal of Modern Physics D*, vol. 22, Issue 12, id. 1342017.
- 23 P.S. Wesson (2010), « The scalar field of 5d gravity and the Higgs field of 4d particle physics: a possible connection », eprint arXiv:1003.2476.
- 24 M. Consoli, F. Siringo (1999), « Newtonian gravity from Higgs condensates », eprint arXiv:hep-ph/9910372.
- 25 M. Milgrom (1983), « A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis », *Astrophysic Journal*, Volume 270, p.365–370.