

Une explication de la nature entropique de la masse utilisant la physique classique

Nicolas Poupart, Chercheur Indépendant (2013)
12269 rue Lévis, Mirabel, Québec, Canada (J7J 0A6)
(450) 939-2167
nicolas.poupart@yahoo.fr

Introduction

Après un siècle de succès de la relativité, il est maintenant indiscutable que de l'énergie est stockée dans la matière. La somme des masses des produits de la désintégration de l'atome d'uranium est bel et bien inférieure à la masse de ce dernier et l'énergie dégagée est bel et bien proportionnelle à la relation masse-énergie $E = mc^2$.

L'équivalence masse-énergie devrait logiquement s'appliquer à toute échelle. Au niveau chimique, que de l'énergie soit stockée sous forme de masse après une réaction endothermique est un fait parfaitement anecdotique, permettant de rappeler que Lavoisier avait finalement tort, bien qu'en pratique ceci soit toujours vrai. Au niveau mécanique, ce phénomène semble tellement négligeable qu'il est difficile à conceptualiser. Au niveau de la mécanique galactique, ce phénomène semble être également tellement insignifiant que les astrophysiciens s'appuient habituellement uniquement sur la mécanique Newtonienne. Le but de cet article est de démontrer que ce n'est pas le cas et qu'après avoir atteint une grandeur minimale à l'échelle de la mécanique courante, l'importance du ratio de masse-énergie remonte massivement avec la taille du système considéré.

Cette masse-énergie se trouve dans le champ d'énergie potentielle, le fait que celui-ci soit resté si longtemps invisible et intangible est un mystère, il est par contre possible de citer ici Léon Brillouin^{1,2}

« Toute énergie possède une masse, mais il semble qu'on ait omis de discuter le cas de l'énergie potentielle. Les fondateurs de la Relativité n'en parlent guère. En fait l'énergie correspondante est répandue dans tout l'espace, et la masse n'en peut être exactement localisée. La symétrie de la distribution suggère de diviser la masse entre les diverses particules en interaction. Il faut donc, dès la Relativité classique, réviser les valeurs des masses. Bien avant les quanta, la *renormalisation* est indispensable (et fut omise) dans la Relativité d'Einstein. »

Hypothèses

1. Il faut interpréter la relation d'équivalence masse-énergie $E = mc^2$ de la façon suivante : *aucun système physique ne peut perdre ou gagner de la masse sans perte ou gain d'énergie et réciproquement*. L'énergie étant ici composée de particules d'interaction possédant de l'énergie mais sans la masse associée comme le photon, le gluon ou l'hypothétique graviton.
2. Rien ne permet de croire que l'énergie potentielle du champ gravitationnel ne possède pas de masse. D'ailleurs le boson de Higgs, médiateur probable au cœur du mécanisme de la gravitation, est très lourd.

Examinons l'exemple de l'absorption d'un corps par un trou noir dans le cadre de ces hypothèses. Il est connu qu'un trou noir massif de masse M attirera une masse m_0 , initialement au repos, située à une distance d de l'horizon du trou noir défini par le rayon de Schwarzschild. L'énergie cinétique atteinte par cette masse avant de disparaître derrière l'horizon est de $E = \frac{1}{2} m_0 c^2$ ce qui correspond à une augmentation de masse de 50%. La vitesse du corps est calculée par l'équation relativiste de la masse $3m_0/2 = m_0/[1 - (v/c)^2]^{1/2}$ soit $v/c = (5/9)^{1/2} = 0.745$. Curieusement, en considérant l'énergie potentielle comme non-pesante, un observateur externe du système mesurerait un accroissement de la masse totale du système de $M + m_0$ à $M + 3m_0/2$ puis le verrait se stabiliser après avoir émis 10% de l'énergie cinétique sous forme de rayonnement. Ainsi, un système physique fondamental pourrait donc connaître une augmentation de sa masse sans aucun apport d'énergie extérieur ; cette situation est en désaccord avec la relation d'équivalence masse-énergie. La solution la plus simple serait de considérer que la masse était simplement stockée dans le champ d'énergie potentielle gravitationnelle et fut progressivement transférée au système.

Le stockage de l'énergie potentielle dans les systèmes gravitationnels de tailles courantes

Prenons maintenant l'exemple d'un système de plusieurs boules, parfaitement isolées et flottant dans l'espace, ne possédant aucune vitesse relative et disposées à quelques mètres l'une de l'autre. Il est connu qu'après un certain temps, la gravité réunira ces boules en une boule compacte et que cet état est celui de plus basse énergie^{i,3}. De plus, de l'énergie est dégagée sous forme de chaleur par le système lors de la réunion inélastique des boules les unes sur les autres. Il est également connu que le système de la boule compacte est nécessairement moins lourd que le système initial car il y a émission de rayonnement pour atteindre cet état.

L'énergie potentielle d'un système de n boules de masse m_i à une distance r_{ij} l'une de l'autre est donnée par la somme des $(n^2 - n) / 2$ relations d'énergie potentielle individuelle entre les boules :

$$E = - \sum_{i=1, j=i+1}^{n-1, n} G m_i m_j / r_{ij}$$

Pour connaître la perte d'énergie de ce système sous forme de rayonnement lorsqu'il atteindra l'état de pseudo-boule compacte, il faudrait connaître cet état. La seule solution exacte serait donnée par une simulation du système. Même dans le cas où tous les corps sont sphériques, de même masse et de même rayon, un état final compact sphérique composé de boules n'est pas si simple à calculer.

Postulons que le rayon R de la boule finale de masse M_0 est connu, que n est très grand et que pour toute boule $m_i \ll M_0$. De plus, le centre de masse de la boule finale est nécessairement le même que celui du système initial. Imaginons maintenant l'état presque final de masse $M_0 - m_i$ composé de la réunion de toutes les boules sauf m_i qui est conservé à sa place. Le centre de masse de l'état presque final est pratiquement celui de l'état final mais légèrement séparé de lui sur la droite rejoignant m_i . De même, les masses $M_0 - m_i$ et M_0 sont pratiquement les mêmes. Soit d_i la distance de m_i au centre de masse du système. La part de m_i dans la différence d'énergie entre l'état final et l'état initial est donc $\Delta E_i = GM_0 m_i / R - GM_0 m_i / d_i = GM_0 m_i (d_i - R) / d_i R$. Par conséquent, la quantité totale d'énergie perdue en radiation (entropie) est donnée par l'équation suivante :

$$\Delta E = \sum_{i=1}^n GM_0 m_i (d_i - R) / d_i R$$

Les détails du raisonnement sont fournis en annexe A. En résumé, il est faut considérer que le système est bel et bien conservatif puisque le champ gravitationnel est conservatif. Posons w_i le travail consistant à déplacer une boule m_i de la surface de l'état compact final à sa position initiale. Par la loi de la conservation de l'énergie, en considérant le même travail effectué à une autre étape du processus (état intermédiaire) et l'énergie nécessaire w'_i différent de w_i alors la différence $\Delta w_i = w_i - w'_i$ a dû être dépensée ou économisée lors du passage de l'état intermédiaire à l'état initial. La règle suivante s'applique toujours : *si effectuer un travail A avant un travail B facilite le travail B c'est que le travail A fut plus difficile de même si effectuer un travail A avant un travail B rend le travail B plus difficile c'est que le travail A fut plus facile ; ceci est également vrai pour des travaux effectués simultanément*. Il est également nécessaire d'utiliser la symétrie de permutation de particules identiques (les boules) pour accepter le fait que le déplacement de m_i vers la surface de l'état final est strictement équivalent à sa position naturelle au sein de la pseudo-sphère en laissant le système évoluer naturellement. L'expérience de pensée est beaucoup plus simple avec des boules de liquide, l'état final étant une sphère homogène de masse M_0 .

Le lien avec la théorie des trous noirs semble évident ; l'entropie des trous noirs est nécessairement proportionnelle à leurs surfaces car il s'agit tout simplement de l'application du principe de Carnot au phénomène de la gravitation. Tout ceci permet de mettre en évidence pourquoi les systèmes physiques de tailles courantes ne possèdent pas beaucoup de masse-énergie induite par l'énergie potentielle gravitationnelle ; la masse induite $M = \Delta E / c^2$ est petite ceci étant causé par le dénominateur c^2 . Par contre, la masse-énergie induite augmente à l'inverse du rayon de l'état final compact d'énergie minimale.

i Il faut voir ici le principe de Carnot mais également la théorie de la thermodynamique des trous noirs et le principe holographique qui en découle. Le pas décisif fut réalisé par Erik Peter Verlinde ayant déduit les lois de Newton du principe holographique ; dans un système formel, les théorèmes peuvent toujours être réutilisés comme axiomes.

Le stockage de l'énergie potentielle dans les systèmes de taille galactique

La grande différence entre les systèmes galactiques et les systèmes mécaniques de tailles courantes est que l'état compact d'énergie minimale est un trou noir ; le rayon R est défini par l'équation de Schwarzschild : $R_s = 2GM_0/c^2$. Le trou noir illustre que c'est l'existence des autres forces à l'échelle des systèmes mécaniques de tailles courantes qui, s'opposant à la gravité, empêchent l'énergie potentielle du champ gravitationnel de devenir significatif. Dans ce cas, il est pratique de décrire le rapport de la masse-énergie induite à la masse inerte de la façon suivante $\Delta E_i/m_i c^2 = GM_0/R_s c^2 - GM_0/d_i c^2$ ce qui donne $m_i'/m_i = 1/2 - GM_0/d_i c^2$. Ici, le second terme est négligeable et correspond à des valeurs de basse énergie. La somme de l'énergie induite de toutes les masses ($\sum m_i' = \sum m_i/2$) donne $M'/M_0 = 1/2$. Par conséquent, il est nécessaire de considérer qu'au moins un tiers de la masse totale des systèmes galactiques est sous forme de masse-énergie induite.

L'auto-induction de la masse

Le problème majeur avec le phénomène de l'énergie potentielle gravitationnelle générant de la masse est que cette nouvelle masse doit également générer de l'énergie potentielle gravitationnelle et donc de la masse additionnelle et ainsi de suite. Ce phénomène est inconnu des autres champs comme le champ électrique générant également de la masse induite par l'énergie potentielle électrique. Il est également important de remarquer que contrairement au champ magnétique induit par la variation du champ électrique, la masse induite est contrainte à ne pas croître trop rapidement car sinon elle tendrait vers l'infini. L'équation de la masse induite, sans le terme de basse énergie, permet d'obtenir $m_i' = m_i/2$. Ainsi, curieusement, la masse induite par une partie du système est indépendante de la masse totale de ce système et il est donc facile de calculer la masse totale d'une partie m_0 qui est donnée par $m = \sum m_0 (1/2)^i = 2m_0$. Par conséquent, la somme de l'ensemble des parties donne $M = 2M_0$. Il semble donc nécessaire de considérer qu'au moins la moitié, par le principe d'auto-induction, de la masse totale des systèmes galactiques est sous forme de masse-énergie induite.

Il serait intéressant de connaître sous quelle contrainte l'énergie potentielle pourrait diverger, pour ce faire, introduisons un facteur d'auto-induction Φ , par conséquent $m = \sum m_0 \Phi^i$ et cette série géométrique converge vers $m = m_0/(1-\Phi)$ et donc $M = M_0/(1-\Phi)$. Cependant, cette série se met à diverger lorsque Φ tend vers 1 et produit une masse négative pour des valeurs supérieures à 1 et une masse inférieure à la masse inerte pour des valeurs inférieures à 0, donc $\Phi \in [0,1[$. Par contre, puisqu'une contraction de la masse relativiste ne signifie qu'une perte d'énergie alors restons ouvert à $\Phi \in]-1,1[$ qui sont les bornes de convergence de la série géométrique.

Relation entre l'auto-induction et le moment cinétique

L'introduction du facteur d'auto-induction Φ dans la formule originale donne $m_i'/m_i = 1/2 = \Phi = (GM_0/c^2)(2\Phi/R_s)$. Ici, le seul coefficient variable est R_s et c'est lui qui est modifié par le facteur d'auto-induction. Par conséquent, la limite absolue du rayon avec $\Phi \in [0,1[$ est $R_h = R_s/2\Phi$ soit $R_h \in]1/2R_s, \infty[$. Cette limite est exactement celle calculée⁴ par Kerr à l'aide de la théorie de la relativité générale. Dans le cas d'un trou noir de Kerr, le rayon de l'horizon des événements R_h est :

$$R_h = \frac{R_s}{2\Phi} = \frac{R_s}{2} [1 + \sqrt{1-a^2}]; a = \frac{Jc}{GM^2} \quad \text{donc} \quad \Phi = \frac{1}{1 + \sqrt{1-a^2}} \quad \text{et} \quad a = \sqrt{\frac{2}{\Phi} - \frac{1}{\Phi^2}}$$

Ici $a \in [0,1[$ représente le spin du trou noir, J est son moment cinétique et M sa masse.

Ces équations font le lien entre la masse induite et la vitesse angulaire d'un trou noir et, par la loi de la conservation du moment cinétique, au système équivalent d'énergie potentielle supérieure. Pour un spin donné, il est possible de calculer l'auto-induction aussi bien que le ratio de la masse totale à la masse inerte. Ainsi, pour Sagittarius A* le spin est $a = 0.44^5$ produisant un facteur d'auto-induction $\Phi = 0.53$ et un ratio de masse-énergie $M/M_0 = 2.11$. L'équation (voir calcul en annexe B) donnant le coefficient de matière noire x pour une galaxie tel que $M = xM_0$ est $x^4 - x^3 = (Rv/c/8GM)^2$. Pour la Voie lactée avec $M = 2.50 \pm 0.50 \times 10^{42}$ kg, $R = 5.50 \pm 1.00 \times 10^{20}$ m, $V = 2.25 \pm 0.25 \times 10^5$ m/s, il n'existe qu'une seule racine réelle positive $x = 5.5 \pm 1.5$ ce qui concorde parfaitement avec les estimations actuelles. Les marges d'erreur utilisées sont bien plus grandes que ce que suggère la littérature, l'objectif étant de montrer la sensibilité approximative de la fonction. Pour la voie lactée avec $M = 2.0 \times 10^{42}$ kg, $R = 5.3 \times 10^{20}$ m, $v = 2.2 \times 10^5$ m/s, le facteur de matière noire est $x = 6.0$.

L'induction de l'énergie noire

L'énergie noire pourrait bien également être le produit du champ de potentiel gravitationnel. Le terme négatif de l'équation fondamentale de la masse-énergie entropique ($\Phi = m'/m = \Delta E/mc^2 = GM_0/R_h c^2 - GM_0/dc^2$) qui était négligeable au niveau galactique devient important à l'échelle supérieure. Le tableau suivant montre la valeur de ce terme à différentes échelles :

Objet	Masse (kg)	Rayon (m)	-GM/dc ²
Soleil	2×10 ³⁰	7×10 ⁸	-2×10 ⁻⁶
Voie lactée	2×10 ⁴²	2×10 ²¹	-7×10 ⁻⁷

La valeur de d utilisée est le rayon du corps, cependant, pour des coquilles sphériques extrêmement proches du centre de masse du système (à l'intérieur du rayon de Schwarzschild), la valeur de Φ pourrait être négative. Cette caractéristique modifie considérablement l'étude de l'univers dans son ensemble. En considérant la densité critique ρ_c , le rayon $r = c/H$ et la masse de l'univers stationnaire (voir discussion en annexe C) de Fred Hoyle⁶ $M_0 = 4/3\pi\rho_c r^3$ et notre terme GM_0/rc^2 alors :

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G}, \quad M_0 = \frac{4\pi\rho_c c^3}{3H^3} \quad \text{et donc} \quad M_0 = \frac{c^3}{2GH} \quad \text{et donc} \quad GM_0/rc^2 = \frac{1}{2}$$

Il est remarquable que le trou noir équivalent à l'univers ne possède pas de spin, ce qui est consistant avec le principe de Mach. Il est possible de calculer le terme négatif de l'équation en postulant que l'univers est homogène et en posant la position moyenne de la masse à $r/2$ (détail du calcul en annexe C) ce qui donne $2GM_0/rc^2$ soit 1 donc $\Phi = -1/2$. Puisque la raison d'une série géométrique peut être négative, la brisure de symétrie qui survient lorsque $\Phi < 0$ est plus facilement traitable en introduisant pas de valeur absolue dans notre équation, dans ce cas $M = M_0/(1-\Phi) = 2M_0/3$, mais le sens physique à donner à une série alternée est étrange. Il faut considérer que si de la masse-énergie positive induit de la masse-énergie négative alors celle-ci induit à son tour de la masse-énergie positive et ainsi de suite.

En considérant que le résultat $2M_0/3$ s'interprète comme une contraction de la masse-inerte et que comme avec un Φ positif il s'agit de la masse totale alors : $M = M_0 + \bar{M}_0/3 = 2M_0/3$. Par contre, en considérant que la masse inerte M_0 est seulement la masse baryonique alors il faut multiplier cette masse par un facteur k de matière noire soit kM_0 donc $M/kM_0 = 1/(1-k\Phi)$. Avec $k=4$ ceci donne $M = kM_0 + 2k\bar{M}_0/3 = kM_0/3$ soit 66.7% d'énergie noire, 25% de matière noire et 8.3% de matière baryonique. Avec $k=5$ ceci donne $M = kM_0 + 5k\bar{M}_0/7 = 2kM_0/7$ soit 71.4% d'énergie noire, 22.8% de matière noire et 5.7% de matière baryonique. Ces résultats sont très proches de l'énergie sombre déduite des données du satellite Plank⁷ qui est évaluée à 68.3% et du ratio matière noire sur matière baryonique évalué entre 4 et 6 selon les différentes mesures. Ces équations semblent donc permettre d'établir une relation fonctionnelle entre la quantité d'énergie noire et le ratio de matière noire à la matière baryonique. Tout ceci laisse croire que possiblement $\Phi \in]-\infty, 1[$ et par symétrie $\Phi \in]-\infty, \infty[$ avec une singularité à $\Phi = 1$.

Comparaison avec la relativité générale

Le facteur d'auto-induction est logiquement nécessaire : si un corps de masse m_0 soumis à un certain facteur physique induit directement une masse m' alors cette nouvelle masse induite, soumise au même facteur physique, doit également induire une masse proportionnelle. Ce phénomène semble comparable à la dilatation de la masse produite par la vitesse relativiste. Il est possible d'écrire $\Phi(d) = GM_0/R_h c^2 - GM_0/dc^2 = R_s/2R_h - R_s/2d$ mais le terme $R_s/2R_h$ est un terme de renormalisation dépendant de la taille et du moment cinétique du système et est indépendant de d , par conséquent, il est pratique de poser $\omega = 1-R_s/2R_h$, $\phi = \phi(d) = R_s/2d$ et donc $\Phi(d) = (1-\omega)-\phi(d)$, ce qui donne $m_0/m_d = 1-\Phi = \omega + \phi$. La conjecture de l'équivalence entre la masse pesante et la masse inertielle pousse à poser l'équivalence suivante :

$$\frac{m_0}{m_d} = \frac{t_0}{t_d} = \frac{l_d}{l_0} = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = \sqrt{(\omega + \phi)^2} = \sqrt{\omega^2 + 2\omega\phi + \phi^2}; \quad 1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 = (\omega + \phi)^2 = \omega^2 + 2\omega\phi + \phi^2$$

En posant $R_h \gg R_s$, alors $\omega \rightarrow 1$, ce qui simplifie l'équation pour l'échelle de la mécanique céleste, ceci permettant de comparer l'équation de masse-énergie à la métrique de Schwarzschild :

$$\frac{m_0}{m_d} = \frac{t_0}{t_d} = \frac{l_d}{l_0} = 1 + \phi = 1 + \frac{R_s}{2d} = \sqrt{1 + 2\phi + \phi^2} = \sqrt{1 + \frac{R_s}{d} + \left(\frac{R_s}{2d}\right)^2} \text{ versus } \frac{t_d}{t_0} = \frac{l_0}{l_d} = \sqrt{1 - \frac{R_s}{d}}$$

Ces équations, bien que différentes, se comportent numériquement de façons semblables. En effet, $1 + R_s/2d$ est le développement au deuxième ordre en série de MacLaurin de $(1 - R_s/d)^{-1/2}$:

$\frac{R_s}{d}$	$1 + \frac{R_s}{2d}$	$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{R_s}{d}}}$	Différences Relatives
1 / 2	1.2500	1.4142	1.2×10^{-1}
1 / 10	1.0500	1.0541	3.4×10^{-3}
1 / 100	1.0050000	1.0050378	3.8×10^{-5}
1 / 1000	1.0005000000	1.0005003753	3.8×10^{-7}
1 / 987456	1.0000005063517	1.0000005063521	3.8×10^{-13}

Ici, plus l'espace est plat plus les deux équations convergent vers la même valeur, ce qui est normal puisque la métrique de Schwarzschild utilise l'«approximation du champ faible» et que notre simplification $R_h \gg R_s$ fait la même chose. La déduction d'un théorème fondamental de la relativité générale sans passer par la métrique de Schwarzschild est un argument fort en faveur de la théorie de l'auto-induction de la masse. Puisque la courbure de l'espace-temps prédite par l'auto-induction et celle prédite par la relativité générale sont parfaitement en accord à notre échelle expérimentale, il n'est pas possible de les distinguer à cette échelle. De plus, la variation de la masse produite par les corps massifs est totalement insignifiante à notre échelle expérimentale et ne semble pas mesurable.

En posant $R_h = R_s$, alors $\omega = 1/2$, ce qui normalise l'équation pour l'échelle des trous noirs statiques, ce qui donne : $1/2 + R_s/2d$. Il n'y a pas ici de singularité avant $d = 0$ et il n'y a donc pas de trou de vers tel que prédit par la géométrie de Kruskal-Szekeres. De plus, la dilatation du temps et la contraction des longueurs est infiniment moindre à courte distance de l'horizon. Ici, l'horizon d'un trou noir est un lieu sans aucune distorsion de l'espace-temps.

Le cas où l'auto-induction est élevée, conséquence du facteur entropique lorsque le corps est en rotation rapide et possède assez de masse pour s'écrouler dans un trou noir de Kerr, rend la comparaison beaucoup plus difficile. En effet, il est difficile d'aborder le problème de la contraction des corps avec l'auto-induction et la complexité de la relativité générale est le plus sérieux handicap de cette théorie. La simplicité de la théorie de l'auto-induction entropique permet au contraire d'utiliser les méthodes classiques de traitement du champ gravitationnel ϕ en utilisant l'équation de Laplace ou les polynômes de Legendreⁱ, les géodésiques sont simplement calculées en utilisant le Lagrangien relativiste :

$$L = -m_0 c^2 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = -m_0 c^2 (\omega + \phi); E = \frac{m_0 c^2}{\omega + \phi}$$

Ici, le Lagrangien relativiste L est parfaitement consistant avec notre théorie et la masse totale produite par le corps libre m_0 , calculée de façon relativiste, est bel et bien $m = E/c^2 = (\mathbf{p} \cdot \mathbf{v} - L)/c^2 = m_0 / (\omega + \phi)$. L'annexe D contient une discussion plus philosophique sur les différences avec la relativité générale.

$$i \quad (\partial_1^2 + \partial_2^2 + \partial_3^2) V = G \int_M (\partial_1^2 + \partial_2^2 + \partial_3^2) r^{-1} dM = 0 \quad V(\vec{x}) = -\frac{G}{|\vec{x}|} \int_{n=0}^{\infty} \left(\frac{|\vec{r}|}{|\vec{x}|} \right)^n P_n(\cos \theta) dm(\vec{r})$$

Trou noir et sphère relativiste

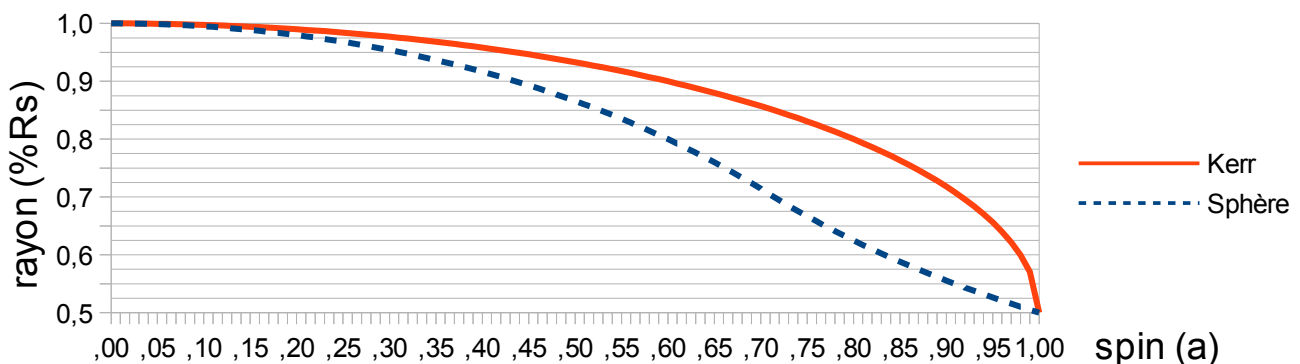
La théorie exposée présentement dérive de la physique Newtonienne, du théorème fondamental de l'équivalence masse-énergie de la relativité restreinte et du théorème du rayon limite de Schwarzschild qui peut également être dérivé de la physique Newtonienne ; il suffit de poser que la vitesse de libération $V = (2GM/R_s)^{1/2}$ est égale à c ce qui donne bien : $R_s = 2GM/c^2$. La déviation de la lumière produite par un corps massif est donnée par les deux équations de Newton $F = ma$ et $F = GMm/R^2$ soit $a = GM/R^2$. Ainsi, il est parfaitement clair que la lumière est attirée par un corps massif et ceci indépendamment du fait que la masse du photon soit nulle ; la seule chose que disent les équations de Newton est que deux photons ne s'attirent pas mutuellement. Par conséquent, les phénomènes des trous noirs et des lentilles gravitationnelles sont des conséquences nécessaires de la théorie Newtonienne. Il est important de rappeler ce fait car bien des auteurs le négligent ; une théorie de la gravitation relativiste ne nécessite qu'une modification correcte du Lagrangien.

Présentement, la théorie de la gravitation entropique auto-inductive (GEST, Gravitational Entropic Self-inductive Theory) utilise les caractéristiques des trous noirs de Kerr déduites de la théorie de la relativité générale. Cette situation est déplaisante et mérite d'être corrigée en utilisant la mécanique classique et la relativité restreinte. La seule hypothèse nécessaire est que le trou noir en rotation est équivalent à une sphère rigide de rayon R_s et donc qu'il est entièrement décrit par une masse M et une vitesse angulaire ω ou un spin $a = \omega/\omega_{\max}$. Puisque la sphère est un empilement de disques, le disque équatorial, tournant plus rapidement, détermine à lui seul le rayon minimal.

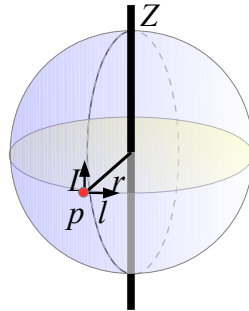
Dans un cercle de rayon R et de circonférence $C = 2\pi R$ en rotation autour de son centre à une vitesse angulaire ω , toute longueur différentielle ∂C de la circonférence peut être considérée comme se déplaçant linéairement à une vitesse $v = \omega R$ et est donc contractée pour un observateur inertiel extérieur au cercle par un facteur relativiste $\partial C'/\partial C = (1-v^2/c^2)^{1/2}$. Ainsi, pour l'observateur inertiel, la circonférence totale est réduite par ce même facteur $C'/C = (1-v^2/c^2)^{1/2}$ et il en est de même pour la mesure de son rayon $R'/R = (1-v^2/c^2)^{1/2}$. Il faut bien comprendre, ici, qu'il s'agit d'un anneau mince en rotation autour de son centre de masse et qu'il n'existe donc aucune réalité physique au rayon ; la mesure du rayon est simplement déduite de la circonférence.

Un disque de rayon R_s peut être considéré comme un ensemble de cercles imbriqués de rayon $R < R_s$ et la vitesse angulaire maximale est déterminée par la vitesse maximale du cercle extérieur soit $\omega_{\max} = c/R_s$. La contraction maximale de tous les cercles survient quand la vitesse angulaire du disque est ω_{\max} . Ainsi, le rayon relativiste R_{rel} du rayon au repos R lorsque le disque possède un spin $a = \omega/\omega_{\max}$ est $R_{\text{rel}}(R, a) = R(1-\omega^2 R^2/c^2)^{1/2} = R(1-\omega^2 R^2/\omega_{\max}^2 R_s^2)^{1/2} = R(1-a^2 R^2/R_s^2)^{1/2}$. Le calcul de la dérivée donne $\partial R_{\text{rel}}(R, a)/\partial R = (1-a^2 R^2/R_s^2)^{-1/2} - a^2 R^2/[R_s^2(1-a^2 R^2/R_s^2)^{3/2}]$ et en posant $\partial R_{\text{rel}}(R, a)/\partial R = 0$ alors $R = |R_s/a\sqrt{2}|$ et $R_{\text{rel}}(R_s/a\sqrt{2}, a) = R_s/2a$.

La contraction maximale du disque lorsque $a = 1$ est $R_s/2$ mais ce qui est étonnant est que les cercles de rayons $R \in [R_s, R_s/\sqrt{2}[$ se retrouvent contractés à l'intérieur du disque et la frontière est en fait constituée du cercle de rayon $R_s/\sqrt{2}$ du disque au repos. Ces équations révèlent que pour $a \in [0, 1/\sqrt{2}[$ c'est le cercle extérieur de rayon R_s au repos qui détermine le rayon du disque par une contraction $R \in [R_s, R_s/\sqrt{2}[$ donnée par $R = R_s(1-a^2)^{1/2}$ alors que lorsque $a \in [1/\sqrt{2}, 1]$ le rayon du disque est déterminé par $R \in [R_s/\sqrt{2}, R_s/2]$ donné par $R = R_s/2a$. Cette relation est à mettre en comparaison avec la relation de Kerr $R = \frac{1}{2}R_s[1+(1-a^2)^{1/2}]$:

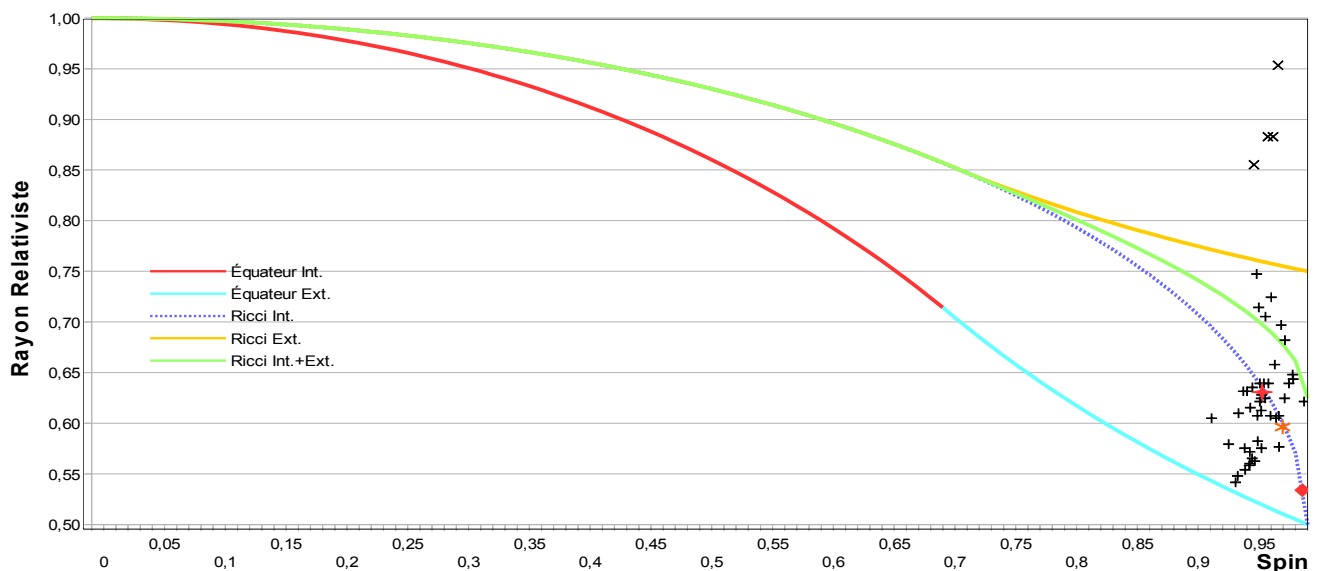


Soit une sphère tournant autour de l'axe Z , l'anneau mince de l'équateur généré par la rotation d'un rayon R dans le plan XY est contracté et possède une longueur $l < L$ alors que l'anneau mince tournant autour de son axe n'est pas contracté et possède une longueur $L = 2\pi R_s$. Ainsi, le point p se retrouve simultanément à une distance $R = R_s$ du centre de la sphère et à une distance de $R = l/2\pi < R_s$, ce qui est un paradoxe.



Il est nécessaire pour déterminer correctement la distance r de tenir compte à la fois de la distance $L/2\pi$ et de la distance $l/2\pi$. Puisqu'il ne semble pas, a priori, judicieux de privilégier une distance à une autre ($l/2\pi$ ou $L/2\pi$), elles doivent donc être équitablement pondérées. De plus, il ne semble pas plus judicieux de privilégier des longueurs à d'autres longueurs (les courtes aux longues et vice-versa) et par conséquent, l'exposant doit donc être linéaire. Il faut donc conclure que la combinaison juste doit donc être une simple moyenne des longueurs, ce qui donne $R = (L+l)/4\pi$, ce qui est le tenseur de Ricci. Ainsi, en reprenant les valeurs préalablement calculées $R = R_s + R_s(1-a^2)^{1/2}$ et donc $R = \frac{1}{2}R_s[1+(1-a^2)^{1/2}]$ qui est le rayon de Kerr. Le fait que la surface extérieure pénètre l'intérieur de la sphère lorsque $a \in [1/\sqrt{2}, 1]$ et qu'une surface intérieure devienne la nouvelle surface extérieure est problématique ; en effet, rien n'indique laquelle choisir et comment combiner le rayon $R = R_s/2a$ avec R_s et avec $R_s(1-a^2)^{1/2}$.

Puisque le rayon de la sphère en rotation relativiste est au coeur de la théorie, il est indispensable de déterminer correctement celui-ci. La confrontation du modèle de la matière noire avec des données expérimentales permet de conclure que le tenseur de Ricci, appliqué à la surface extérieure de la sphère, permet de décrire correctement la géométrie de celle-ci et de calculer la fonction d'entropie, c'est-à-dire, que le rayon de Kerr définit la bonne géométrie. Sur un vieil (1979) ensemble de 51 données expérimentales classiques disponible gratuitement⁸ et suffisant pour cet exercice, il est aisé de constater que le nuage des points expérimentaux est regroupé autour de la courbe du rayon de Kerr (pointillé bleu). De plus, la moyenne des points expérimentaux (symbole d'addition rouge) se retrouve parfaitement sur la courbe, suggérant que les erreurs expérimentales, positives et négatives, s'annulent mutuellement. Les mesures expérimentales modernes^{9,10,11,12} pour la Voie Lactée (étoile orange) et pour Andromède (losange rouge) se retrouvent également parfaitement sur la courbe.



Conclusion

Cet article expose une théorie qui est l'extension logique de deux hypothèses parfaitement consistantes avec la physique moderne. Cette théorie est dérivée de la physique Newtonienne, du théorème fondamental de l'équivalence masse-énergie de la relativité restreinte et du théorème du rayon limite de Schwarzschild qui peut également être dérivé de la physique Newtonienne. Pour rester consistante, cette théorie doit introduire le concept d'auto-induction du champ d'énergie potentielle gravitationnelle. Ce phénomène d'auto-induction est utilisé pour calculer une limite absolue de contraction des corps parfaitement en accord avec notre connaissance de la dynamique des trous noirs dérivée de la théorie de la relativité générale.

Cette théorie produit naturellement, sans l'introduction d'aucune constante, de la matière noire et de l'énergie noire à l'échelle galactique et universelle respectivement. De plus, l'ordre de grandeur prédite par la théorie pour la quantité de matière noire et d'énergie noire semble en accord parfait avec les mesures actuelles. La troublante relation de couplage entre la matière ordinaire et la matière noire¹³ tend à faire croire qu'une relation d'induction, telle que présentée, existe bel et bien dans le phénomène. Cette théorie, contrairement à une modification ad hoc de la dynamique¹⁴, permet d'expliquer l'origine de cette renormalisation et de l'intégrer de façon consistante à la physique. L'étude de la dynamique des galaxies, en considérant l'auto-induction de la matière noire, reste entièrement à produire. Présentement, il n'est possible qu'esquisser que l'éclatement des galaxies, par la force centrifuge, est empêché par un mécanisme de rétroaction négative ; plus qu'une galaxie est en rotation rapide, plus qu'elle génère de la masse la ralentissant par inertie et contrebalançant la force centrifuge par gravité.

En utilisant la conjecture de l'égalité entre la masse pesante et inertielle, il est possible de poser l'égalité entre la dilatation de la masse produite par l'auto-induction du champ gravitationnel à celle produite par la relativité restreinte ; il est alors obtenu un champ relativiste produisant les mêmes distorsions du temps et de l'espace que la relativité générale à notre échelle expérimentale. Par contre, la véritable différence avec la théorie de la relativité générale est qu'ici le champ gravitationnel produit de la masse ou de façon généralisée, qu'il est lui-même la masse. S'il n'est pas très difficile d'accepter l'idée que l'électricité *est* le champ électrique ou que le magnétisme *est* le champ magnétique, cette même conception en ce qui concerne la masse semble plus difficile. Pourtant, la théorie de la relativité générale est la réponse à la contrainte suivante : *une mesure de la courbure moyenne de l'espace-temps = une mesure de la densité de l'énergie*. En intégrant le postulat de l'énergie potentielle pesante à la théorie de la relativité générale il est obtenu : *la masse est strictement équivalente à la courbure moyenne de l'espace temps et vice-versa*. Il est important de remarquer que sans le phénomène d'auto-induction, la relativité générale sous-estime nécessairement la densité de l'énergie.

Cette théorie possédant une structure mathématique beaucoup plus simple que la théorie de la relativité générale se prête probablement beaucoup plus aisément à l'intégration au modèle standard et à une théorie de grande unification. De plus, puisque l'horizon du trou noir est plat, ceci évite probablement le problème de la barrière de feu^{15,16}. Il est également important de remarquer que les seules lois induites utilisées pour bâtir cette théorie sont la loi de la gravitation universelle de Newton, l'invariance de la vitesse de la lumière permettant de déduire la théorie de la relativité restreinte et la conjecture du principe d'équivalence faible. C'est simplement le renforcement du principe d'universalité de l'équivalence masse-énergie qui force logiquement la déduction de cette théorie.

Annexe A : Le stockage de l'énergie potentielle dans les systèmes gravitationnels de tailles courantes

Le calcul de l'énergie des systèmes

L'énergie potentielle d'un système de n boules de masse m_i à une distance r_{ij} l'une de l'autre est donnée par la somme des $(n^2 - n)/2$ relations d'énergie potentielle individuelle entre les boules :

$$E = - \sum_{i=1, j=i+1}^{n-1, n} Gm_i m_j / r_{ij} \quad [1]$$

Soit I l'énergie potentielle initiale du système et F l'énergie potentielle finale du système (l'état de boule compacte) et soit, respectivement, \bar{I}_k l'énergie potentielle initiale et \bar{F}_k l'énergie potentielle finale du système sans la boule m_k alors :

$$I = - \sum_{i=1, j=i+1}^{n-1, n} Gm_i m_j / r_{ij} \quad \bar{I}_k = \left(- \sum_{i=1, j=i+1}^{n-1, n} Gm_i m_j / r_{ij} \right) - \left(- \sum_{i=1}^{n/[k]} Gm_i m_k / r_{ik} \right) = I - I_k \quad [2]$$

$$F = - \sum_{i=1, j=i+1}^{n-1, n} Gm_i m_j / b_{ij} \quad \bar{F}_k = \left(- \sum_{i=1, j=i+1}^{n-1, n} Gm_i m_j / b_{ij} \right) - \left(- \sum_{i=1}^{n/[k]} Gm_i m_k / b_{ik} \right) = F - F_k \quad [3]$$

Ceci permet de mettre en évidence une propriété fondamentale de l'énergie potentielle des systèmes soit que l'énergie totale d'un système est la somme des contributions individuelles (ici I_k et F_k) divisée par deux. En effet, la sommation des contributions individuelles additionne deux fois chaque relation d'énergie potentielle entre deux boules particulières ($Gm_i m_j / r_{ij} + Gm_j m_i / r_{ji}$), par conséquent :

$$I = \frac{\sum_{k=1}^n I_k}{2} \quad F = \frac{\sum_{k=1}^n F_k}{2} \quad [4]$$

$$\text{Soit } \Delta E = I - F \text{ alors } \Delta E = (\Sigma I_k - \Sigma F_k)/2 \text{ et donc } \Delta E = \Sigma(I_k - F_k)/2 = \Sigma \Delta E_k / 2 \quad [5]$$

Le problème dans cette conception de l'énergie potentielle est que la somme des parties n'est pas égale au tout. Comme le suggère Léon Brillouin^{1,2}, il faut diviser à part égale l'énergie potentielle entre les différentes particules en interaction, ainsi :

$$\mathbf{I}_k = I_k/2, \bar{\mathbf{I}}_k = I - I_k, \mathbf{F}_k = F_k/2, \bar{\mathbf{F}}_k = I - F_k, \Delta E = \Sigma \mathbf{I}_k - \Sigma \mathbf{F}_k \text{ et donc } \Delta E = \Sigma(\mathbf{I}_k - \mathbf{F}_k) = \Sigma \Delta \mathbf{E}_k \quad [6]$$

Ces deux visions distinctes de l'énergie potentielle permet de mettre en évidence un problème majeur lorsque qu'il s'agit de ce concept. En effet, s'agit-il de l'énergie potentielle propre $\Delta \mathbf{E}_k$ ou impropre ΔE_k . L'énergie potentielle propre $\Delta \mathbf{E}_k$ d'une boule m_k est caractérisée par le fait que le système posséderait l'énergie $\Delta \bar{\mathbf{E}}_k = \Delta E - \Delta \mathbf{E}_k$ si la boule m_k n'existerait pas (ne ferait pas partie du système). [7]

Le calcul de l'énergie d'une boule

Ceci dit, l'évaluation de ΔE_k permet d'évaluer ΔE . En partant de l'état initial d'énergie I il est possible d'effectuer le déplacement de chaque boule, une par une, de sa position initiale vers sa position au sein de la boule compacte finale F . Le champ étant conservatif, le chemin pris pour effectuer un déplacement est sans importance. De plus, l'ordre dans lequel les déplacements sont effectués est également sans importance, l'ordre le plus simple est $m_1, m_2, \dots, m_n, m_k$, la boule m_k sera par contre la dernière.

Ainsi, par cette opération, le système passe progressivement du niveau d'énergie I au niveau d'énergie inférieur F . Chaque travail (déplacement) fait transiter le système du niveau d'énergie I à $I(m_1), I(m_2), \dots, I(m_n), I(m_k) = F$. Puisque chaque niveau d'énergie est strictement déterminé par les positions relatives des boules, en retirant la boule m_k à l'étape $I(m_i)$ il est simplement obtenu $\bar{I}_k(m_i)$. Ainsi, les suites $SI = \{I, I(m_1), I(m_2), \dots, I(m_n), F\}$ et $S\bar{I}_k =$

$\{\bar{I}_k, \bar{I}_k(m_1), \bar{I}_k(m_2), \dots, \bar{I}_k(m_{n-1}), \bar{F}_k\}$ ne se distinguent que par la présence de la boule m_k ou non. Soit $TI = \{T(m_1), T(m_2), \dots, T(m_n), T(m_k)\}$ et $T\bar{I}_k = \{\bar{T}_k(m_1), \bar{T}_k(m_2), \dots, \bar{T}_k(m_n)\}$ les travaux effectués pour déplacer chaque boule tel que $T(m_i) = I(m_i) - I(m_{i-1})$ et $\bar{T}_k(m_i) = \bar{I}_k(m_i) - \bar{I}_k(m_{i-1})$. Étudions la transition des états d'énergie à partir de la première :

$$I \xrightarrow{[T(m_1)]} I(m_1)$$

$$\bar{I}_k + I_k \xrightarrow{[T(m_1)]} I(m_1) \quad (\text{par [2]})$$

$$\bar{I}_k + I_k \xrightarrow{[\bar{T}_k(m_1)]} \bar{I}_k(m_1) + I_k \quad (\text{par définition de } \bar{S}\bar{I}_k \text{ et } \bar{T}\bar{I}_k \text{ et conservation de l'énergie})$$

$$\bar{I}_k(m_1) + I_k \xrightarrow{[\bar{T}_k(m_2)]} \bar{I}_k(m_2) + I_k \quad (\text{par définition de } \bar{S}\bar{I}_k \text{ et } \bar{T}\bar{I}_k \text{ et conservation de l'énergie})$$

...

$$\bar{I}_k(m_{n-1}) + I_k \xrightarrow{[\bar{T}_k(m_n)]} \bar{F}_k + I_k \quad (\text{par itération})$$

Par conséquent, $SI = \{\bar{I}_k + I_k, \bar{I}_k(m_1) + I_k, \bar{I}_k(m_2) + I_k, \dots, \bar{F}_k + I_k, \bar{F}_k + F_k\}$ et donc SI ne se distingue de $\bar{S}\bar{I}_k$ que par l'apport supplémentaire de l'énergie I_k de la boule m_k . Tout ceci permet de conclure que $\Delta E_k = I(m_n) - F = (\bar{F}_k + I_k) - (\bar{F}_k + F_k) = I_k - F_k$. Il est donc possible de calculer ΔE_k pour chaque boule m_k puis de sommer le tout $\Delta E = \Sigma \Delta E_k / 2$ pour toutes les boules.

Par [6], il est possible de reprendre l'entièreté du raisonnement précédent avec l'énergie propre et de conclure que $\mathbf{SI} = \{\bar{\mathbf{I}}_k + \mathbf{I}_k, \bar{\mathbf{I}}_k(m_1) + \mathbf{I}_k, \bar{\mathbf{I}}_k(m_2) + \mathbf{I}_k, \dots, \bar{\mathbf{F}}_k + \mathbf{I}_k, \bar{\mathbf{F}}_k + \mathbf{F}_k\}$ et donc \mathbf{SI} ne se distingue de $\mathbf{S}\bar{\mathbf{I}}_k$ que par l'apport supplémentaire de l'énergie \mathbf{I}_k de la boule m_k . Tout ceci permet de conclure que $\Delta \mathbf{E}_k = I(m_n) - F = (\bar{\mathbf{F}}_k + \mathbf{I}_k) - (\bar{\mathbf{F}}_k + \mathbf{F}_k) = \mathbf{I}_k - \mathbf{F}_k$. Il est donc possible de calculer $\Delta \mathbf{E}_k$ pour chaque boule m_k puis de sommer le tout $\Delta \mathbf{E} = \Sigma \Delta \mathbf{E}_k$ pour toutes les boules.

Dans le cas actuel, il s'agit bel et bien de l'énergie propre. En effet, il faut considérer que l'énergie $\Delta \bar{\mathbf{E}}_k = \bar{\mathbf{I}}_k - \bar{\mathbf{F}}_k$ est l'énergie totale émise en radiation par collision des $n-1$ boules (sans m_k) et par conséquent, $\Delta \bar{\mathbf{E}}_k = \Delta E - \Delta \mathbf{E}_k$ ce qui est bien l'énergie propre par [7].

Le calcul de l'énergie de la collision d'une boule à la sphère compacte finale

Ainsi, il est possible de calculer $\Delta \mathbf{E}_k$ qui est simplement le travail consistant à ramener la boule m_k vers l'état compact $\bar{\mathbf{F}}_k$ massif.

Postulons que le rayon R de la boule finale F de masse M est connu, que n est très grand et que pour toute boule $m_k \ll M$. De plus, le centre de masse de la boule finale est nécessairement le même que celui du système initial. Imaginons maintenant l'état presque final $\bar{\mathbf{F}}_k$ de masse $M - m_k$ composé de la réunion de toutes les boules sauf m_k qui est conservé à sa place. Le centre de masse de l'état $\bar{\mathbf{F}}_k$ est pratiquement celui de F mais légèrement séparé de lui sur la droite rejoignant m_k . De même, les masses $M - m_k$ et M sont pratiquement identiques. Soit d_k la distance de m_k au centre de masse du système. La part de m_k dans la différence d'énergie entre l'état final et l'état initial est donc $\Delta E_k = GMm_k/R - GMm_k/d_k = GMm_k(d_k - R) / d_k R$. [8]

Par conséquent, la quantité totale d'énergie perdue en radiation (entropie) est donnée par l'équation suivante:

$$\Delta E = \sum_{i=1}^n \Delta E_i \quad \Delta E = \sum_{i=1}^n GMm_i(d_i - R) / d_i R \quad (\text{par [6] et [8]})$$

Annexe B : L'auto-induction de la masse et induction de la matière noire

Ce concept est tellement nouveau et étrange qu'il pourrait facilement être mal interprété, en particulier il laisse sous-entendre que de l'énergie pourrait-être générée, mais naturellement il n'en est rien. Il n'y a ici pas plus de génération d'énergie que dans le phénomène d'auto-induction magnétique d'une bobine de fil électrique. Tout ce que signifie ce concept est que plus un corps est gros plus il est massif de façon géométrique et donc nécessite de l'énergie pour exister. Ce phénomène est pratiquement identique à celui de la vitesse relativiste, plus un corps se déplace rapidement, plus il nécessite de l'énergie pour exister à cette vitesse.

Le lien entre la taille d'un système et la vitesse est encore plus important lorsque l'on constate que par la « relation entre l'auto-induction et le moment cinétique » plus un corps tourne rapidement plus il génère de la masse. Ainsi, un corps possédant un facteur d'auto-induction de $\Phi = 1/2$ peut être considéré comme un corps se déplaçant à une vitesse $v = 87\% c$ (par $\Phi = 1/2 = \sqrt{1-(v/c)^2}$), bien qu'il soit immobile. Il s'agit du facteur minimal pour toute galaxie.

Calcul de la matière noire d'une galaxie

Ce calcul pose des problèmes profonds sur la nature de la masse-énergie. En effet, normalement, un corps se contractant sur lui-même tourne plus rapidement par la conservation du moment cinétique et par conséquent, si cette vitesse devient relativiste comme lors de la contraction dans un trou noir, il gagne en masse-énergie. Pourtant, c'est exactement le contraire qui se produit ici, le corps de masse $M = xM_0$ [1] perd de la masse-énergie en se contractant pour atteindre la masse-énergie M_0 . Ainsi, la vitesse semble jouer un rôle inverse et contracter la masse-énergie. Il sera donc posé que $m/m_0 = (1 - (v_h/c)^2)^{1/2}$ [2] sans autre considération afin de préserver le bilan énergétique. Par contre, cette astuce inverse l'ordre réel du processus physique et donc probablement l'état initial et final [3]. Ceci a pour conséquence qu'il faut considérer que ce qui est réellement calculé est un corps de masse M_0 dilaté en un trou noir de masse-énergie xM_0 et de rayon $R_s = 2GxM_0/c^2$ [4]. Dans la grille de calcul de A1 à C2, il est possible de choisir l'interprétation désirée en remplaçant partout m/m_0 par m_0/m .

Il sera posé, sans autre considération, que c'est la masse de la coquille externe de la galaxie qui s'effondrera en dernier dans le trou noir et donc que le moment cinétique de cette coquille est identique au moment cinétique de la coquille externe du trou noir. Il sera également posé, sans autre considération, que toute partie de la galaxie possède le même moment cinétique et donc que la coquille sphérique ou une de ses parties est représentatif de l'ensemble. Le moment cinétique de la coquille extérieure de la galaxie est inconnu mais la vitesse angulaire ω de rotation de la bordure de la galaxie de rayon R est expérimentalement déterminée. Soit un anneau mince de masse $m = xm_0$ [5] et de rayon R alors $q = I\omega$ avec $I = mR^2$ [6] (moment d'inertie d'un anneau mince tournant autour de son centre). Le moment cinétique de cet anneau contracté dans le trou noir est donné par $q_h = I_h\omega_h$ avec $I_h = m_0R_s^2$ [7]. Par le principe de conservation du moment cinétique, il est possible de poser $q = q_h$ [8].

	A	B	C
1	$(m/m_0)R^2\omega = R_s^2\omega_h$ par [6],[7],[8]	$v = R\omega$ par définition de ω	$v_h = R_s\omega_h$ par définition de ω_h
2	$(m/m_0)Rv = R_s v_h$ par A1,B1,C1	$(m/m_0)(Rv/R_s) = v_h$ par A2	$m/m_0 = (1-(v_h/c)^2)^{1/2}$ par [2]
3	$(1-(v_h/c)^2)^{1/2}(Rv/R_s) = v_h$ par B2,C2	$v_h^2 = (1-(v_h/c)^2)(Rv/R_s)^2$ par A3	$v_h^2 = (1-(v_h/c)^2)k, k = (Rv/R_s)^2$ par B3
4	$v_h^2 + kv_h^2/c^2 - k = 0$ par C3	$c^2v_h^2/c^2 + kv_h^2/c^2 - k = 0$ par A4	$((c^2 + k)/c^2)v_h^2 - k = 0$ par B4
5	$v_h = \pm(k(c^2 + k)/c^2)^{1/2}/((c^2 + k)/c^2)$ par C4 et équation du second degré	$v_h = \pm ck^{1/2}(c^2 + k)^{1/2}/(c^2 + k)$ par A5 et simplification	$v_h = \pm c\beta/(c^2 + \beta^2)^{1/2}, \beta = Rv/R_s$ par B5, C3 et simplification

Le calcul de v_h utilise un rayon du trou noir R_s constant mais le calcul du facteur d'auto-induction Φ nécessite le rayon de Kerr. Pour conserver ce rayon constant, il suffirait que l'anneau mince tourne autour d'un axe central. Dans cette situation, l'anneau ne pourrait pas subir de contraction relativiste de sa longueur. Il est possible de faire correspondre le moment cinétique d'un anneau horizontal tournant autour de son centre à celui d'un anneau vertical tournant autour de son axe en posant $q = mR^2\omega = m'R^2\omega'/2$ et donc $m' = 2m$. Ainsi, il sera posé pour la suite du calcul, sans autre considération, $m = 2xm_0$, $M = 2xM_0$ et $R_s = 4GxM_0/c^2$ [9].

	A	B	C
6	$a = \omega_h/\omega_{hmax} = R_s\omega_h/R_s\omega_{hmax}$ par définition du spin a	$a = v_h/c$ par A6, B1 et vitesse limite c	$\Phi = 1/(1+(1-a^2)^{1/2})$ par GEST et Kerr
7	$\Phi = 1/(1+(1-v_h^2/c^2)^{1/2})$ par B6, C6	$m/m_0 = 1/(1-\Phi)$ par GEST	$2xm_0/m_0 = 1/(1-\Phi)$ par B7 et [9]
8	$\Phi = 1-1/2x = (2x-1)/2x$ par C7	$2x/(2x-1) = 1+(1-v_h^2/c^2)^{1/2}$ par A8, A7	$1/(2x-1)^2 = 1-v_h^2/c^2$ par B8
9	$v_h^2/c^2 = (4x^2-4x)/(4x^2-4x+1)$ par C8	$v_h^2/c^2 = \beta^2/(c^2 + \beta^2)$, $\beta = Rv/R_s$ par C5	$\beta = Rvc^2/4GxM_0$, $\alpha = 2x\beta$ par C5, [9]
10	$v_h^2/c^2 = 4x^2\beta^2/4x^2(c^2+\beta^2)$ par B9	$v_h^2/c^2 = 4x^2\beta^2/(4x^2c^2 + 4x^2\beta^2)$ par A10	$v_h^2/c^2 = \alpha^2/(4c^2x^2 + \alpha^2)$ par C9, B10
11	$(4x^2-4x)/(4x^2-4x+1)=\alpha^2/(4c^2x^2+\alpha^2)$ par A9, C10	$x^4 - x^3 - \alpha^2/16c^2 = 0$ par A11 et simplification	$\alpha^2/16c^2 = (Rvc)^2/(8GM_0)^2$ par C9

Ainsi par B11, C11 il est obtenu la relation $x^4 - x^3 = (Rvc)^2/(8GM_0)^2$ mais cette équation s'avère fautive. Par contre, en inversant l'état final M_0 et initial M (par [3]) alors $x^4 - x^3 = (Rvc)^2/(8GM)^2$ et puisque $M = xM_0$ alors $x^6 - x^5 = (Rvc)^2/(8GM_0)^2$.

C'est le terme $\Omega_0(M_0, R, v) = (Rvc)^2 / (8GM_0)^2$ qui effectue la dépendance fonctionnelle entre la masse baryonique, le rayon, la vitesse angulaire de la galaxie et la proportion de matière noire. Il suffit par la suite de trouver les racines du polynôme $x^6 - x^5 - \Omega_0 = 0$ qui malheureusement, par le théorème de Galois, ne possède pas de racine algébrique, il faut donc le résoudre numériquement. Par contre, avec $\Omega(M, R, v) = (Rvc)^2 / (8GM)^2$, il suffit de trouver les racines du polynôme $x^4 - x^3 - \Omega = 0$ qui lui possède une solution algébrique, ce qui donne :

$$a = \Omega(256\Omega+27)^{1/2}/(2\cdot3^{3/2}) - \Omega/2, b = a^{1/3}, c = a^{2/3}, d = ((12c+3b-16\Omega)/b)^{1/2}, e = \sqrt{3}/2d, f = 4\Omega/3b, g = d/4\sqrt{3}.$$

$$x_1 = -(-e-b+f+1/2)^{1/2}/2 - g + 1/4$$

$$x_2 = (-e-b+f+1/2)^{1/2}/2 - g + 1/4$$

$$x_3 = -(e-b+f+1/2)^{1/2}/2 + g + 1/4$$

$$x_4 = (e-b+f+1/2)^{1/2}/2 + g + 1/4$$

Pour la Voie lactée avec $M = 2.50 \pm 0.50 \times 10^{42}$ kg, $R = 5.50 \pm 1.00 \times 10^{20}$ m, $v = 2.25 \pm 0.25 \times 10^5$ m/s, x_1 et x_2 sont des racines complexes, x_3 est négatif et $x_4 = 5.5 \pm 1.5$ ce qui est parfaitement en accord avec les valeurs admises. Les marges d'erreur utilisées sont bien plus grandes que ce que suggère la littérature, l'objectif étant de montrer la sensibilité approximative de la fonction. Pour la Voie Lactée avec $M = 2.0 \times 10^{42}$ kg, $R = 5.3 \times 10^{20}$ m, $v = 2.2 \times 10^5$ m/s le facteur de matière noire est $x = 6.0$. Pour Andromède avec $M = 2.0 \times 10^{42}$ kg, $R = 1.5 \times 10^{21}$ m, $v = 3.0 \times 10^5$ m/s le facteur de matière noire est $x = 11.5$.

Annexe C: L'induction de l'énergie noire

Discussion sur la mention d'un univers en état stationnaire

La mention du modèle de l'univers stationnaire de Fred Hoyle, bien qu'il ne soit utilisé dans les calculs que les caractéristiques d'un univers plat, expérimentalement démontré, laisse entrevoir une prise de position qui n'est pas anecdotique. En fait, le modèle standard est basé sur l'hypothèse qu'il existe une quantité d'énergie E en expansion et que l'univers respecte la loi de la conservation de l'énergie. Malheureusement, il est expérimentalement démontré que l'univers possède $2/3$ d'énergie négative et que le bilan énergétique de celui-ci est donc de $-1/3$. Dans cette situation, seule la thermodynamique, par le deuxième principe, permet d'expliquer ce qui devrait se produire : l'univers devrait rechercher l'équilibre thermodynamique en extrayant de l'énergie du vide, c'est-à-dire, en créant de la masse. L'équation fondamentale de la masse-énergie entropique induite ($M = M_0/(1-\Phi)$, $\Phi = GM_0/R_h c^2 - GM_0/dc^2$) permet d'expliquer ce qui doit se produire : plus l'univers s'étend rapidement, plus le rayon augmente, augmentant l'énergie du vide, augmentant d'avantage la vitesse d'expansion et diminuant d'avantage la densité de la masse. Dans ces conditions, comment expliquer que notre densité de masse soit exactement celle qu'elle devrait être si l'univers était stationnaire et que de la masse était toujours générée de manière à équilibrer le bilan. L'explication la plus simple est que l'univers est stationnaire et génère constamment de la masse de façon à conserver le déséquilibre énergétique constant. De plus, la même équation permet d'expliquer la production par les galaxies de masse non-baryonique qui est en fait simplement le champ gravitationnel. Rien n'empêche par $E = mc^2$ de transformer l'énergie du champ en masse baryonique et l'univers pourrait ainsi utiliser les galaxies comme pompe à énergie du vide. Tout ceci est bien évidemment spéculatif comme c'est le cas, en général, en cosmologie.

Sur le calcul de la position moyenne de la masse à $r/2$

Pour réaliser ce calcul, il faut deux axiomes et corollaires :

[1] L'univers est une hypersphère U de rayon r

Soit deux points $c, p \in U$ alors p est dans la sphère S_c de rayon r et de centre c .

[2] L'univers est plat et sa géométrie est donc euclidienne.

Soit deux points $a, b \in U$ alors il existe deux segments de droite réunissant a et b , un de longueur d et l'autre de longueur $2r - d$ (en allant dans la direction opposée).

[3] La distance moyenne d de deux points $\{a, b\}$ tirés aléatoirement dans une hypersphère de rayon r est r .

La moyenne des distances d de deux points $\{a, b\}$ tirés aléatoirement dans une sphère de rayon r est $35r/36$ (par théorème connu sur la sphère) mais évidemment r pour l'hypersphère car cette distance doit être la même dans les deux directions par [2].

[4] La position moyenne de la masse dans une hypersphère de rayon r est $r/2$.

La position moyenne est ici naturellement définie par rapport à un centre c arbitraire. Par [3], il est possible de tirer aléatoirement deux points a, b et de considérer arbitrairement l'un ou l'autre comme étant le centre c . Si on tire aléatoirement des points sur le segment $a-b$, ces points doivent se distribuer selon la densité et la moyenne sera localisée à la position moyenne de la masse. Mais puisque l'espace est considéré de densité homogène et qu'il n'y a pas de centre privilégié, la position moyenne de la masse est nécessairement bel et bien $r/2$.

Annexe D : Comparaison avec la relativité générale

Différence ontologique sur la nature de la masse-énergie

Le premier doute ontologique devrait survenir en comparant l'équation fondamentale de la relativité restreinte avec un théorème fondamental de la relativité générale, celui de Schwarzschild.

$$\frac{m_0}{m_d} = \frac{t_0}{t_d} = \frac{l_d}{l_0} = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \text{ versus } \frac{t_d}{t_0} = \frac{l_0}{l_d} = \sqrt{1 - \frac{R_s}{d}}$$

L'absence de la masse-énergie dans l'équation de la relativité générale saute aux yeux et aurait dû immédiatement alerter les pères fondateurs de cette théorie. En effet, pour une théorie qui se veut généralisée, il semble bel et bien manquer un tiers des égalités. Le plus étrange est que le maintien de cette différence est foncièrement ontologique ; dans le premier cas il s'agit des propriétés d'un corps, dans le second cas il s'agit des propriétés de l'espace. Le paradoxe ontologique est évident, si dans un cas la longueur et le temps sont des propriétés de l'espace, elles devraient également l'être pour le second. Si dans les deux cas la longueur et le temps sont des propriétés de l'espace alors comment expliquer la dépendance fonctionnelle entre la masse-énergie et l'espace-temps ; la solution la plus simple serait de considérer qu'il s'agit de trois facettes distinctes du même phénomène. Cette dernière position est celle de la GEST (Gravitational Entropic Self-inductive Theory).

Si la déformation de l'espace-temps dans la RR est la cause de l'augmentation de la masse-énergie alors le même phénomène devrait se produire dans la RG ; à égalité des causes, égalité des effets. Si au contraire c'est l'augmentation de la masse-énergie qui est la cause de la déformation de l'espace-temps alors il s'agirait d'une cause commune puisque c'est bien la présence de masse-énergie qui déforme l'espace-temps en RG. Par contre, il faudrait alors également admettre que la masse-énergie varie également en RG de façon proportionnelle à celle de la RR. Quelque soit la façon d'examiner la question, il existe véritablement un problème ontologique concernant les causes et les effets.

Différence sur la notion d'espace et de temps relatif

L'hypothèse d'un espace et d'un temps inexistant, sans présence de matière, conséquence du rejet de l'inertie comme produit de l'espace, est non seulement inutile mais elle est indémontrable ; il ne peut s'agir que d'une prise de position métaphysique. Il est tellement plus simple de poser qu'un espace complètement plat, vide de toute matière, possède une courbure spatiale et un temps propre absolu, ceux de l'espace-temps au repos. En fait, il s'agit presque du même temps et de la même courbure spatiale qu'un petit corps au repos car celui-ci ne possède pas assez de masse-énergie pour déformer l'espace-temps. Selon cette conception, chaque position de l'espace possède sa courbure et son temps propre en fonction du champ gravitationnel ϕ produit par la présence de la masse-énergie, d'un corps en mouvement ou des deux.

Ainsi, l'espace-temps au repos peut être considéré comme étant un espace Newtonien classique où la même horloge rythme un temps universel. Par contre, une meilleure conception serait de considérer l'espace comme possédant en chaque point une horloge dont l'espacement des battements est proportionnel à la courbure de l'espace en ce point. Toutes les horloges d'un espace au repos possèdent le même rythme. Cette dernière position est celle de la GEST.

Différence sur l'interprétation des principes d'équivalence faible et fort

Einstein, reprenant le principe d'inertie de Galilée, ici formulé par Newton : « Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état. » et constatant que le passager d'un ascenseur en chute libre se retrouve paradoxalement en « apesanteur » dans un référentiel Galiléen, imposa la seule conclusion logique permettant de conserver ces deux faits consistants : poser que l'ascenseur suit la ligne droite qui est définie comme le plus court chemin entre deux points et qui s'avère être, dans un champ gravitationnel, une courbe.

Cette conception, bien que correcte, néglige une facette importante : un corps inertiel au repos ou à vitesse constante suit la loi de la RR et subit (ou l'espace qu'il occupe) une déformation de l'espace-temps et une

dilatation de sa masse-énergie. Ainsi, poser que l'ascenseur en chute libre est équivalent à un référentiel Galiléen est équivalent à poser qu'il suit la RR et donc qu'il subit une déformation de l'espace-temps et une dilatation de sa masse-énergie constante. Pourtant, voici le vrai problème, il n'est pas un référentiel Galiléen puisqu'il subit une accélération et il est impossible de résoudre ce paradoxe sans redéfinir la notion de référentiel Galiléen :

« Un référentiel galiléen, ou inertiel, est un référentiel dans lequel un corps sur lequel ne s'exerce aucune force ou sur lequel la résultante des forces est nulle, est en mouvement de translation rectiligne uniforme **ou accéléré uniformément**. »

La gravitation est simplement le seul moyen connu d'accélérer un corps sans appliquer de force, ce qui permet d'inclure l'accélération dans la définition de l'inertie. Dans le phénomène de la gravitation, toutes les particules constituant un corps sont accélérées uniformément (ou presque) simultanément. C'est cette simultanéité de l'accélération de chacune des parties qui fait que le corps ne subit aucune déformation causée par la transmission, de proche en proche, de l'accélération entre ses particules constituantes.

Puisque le champ gravitationnel est inertiel, il est donc possible de le définir comme un champ d'accélération relativiste ou un champ de vitesse relativiste. Dans le premier cas chaque point de l'espace (ou position) p infinitésimale devrait subir l'équivalent d'une accélération relativiste soit $(\partial m, \partial t, \partial l)$ dans le second cas il devrait subir l'équivalent d'une vitesse soit (m, t, l) . Dans le premier cas, il s'agit d'un taux de variation de la masse-énergie, du temps et de la longueur et dans le second cas d'une variation fixe de la masse-énergie, du temps et de la longueur. Puisque ce taux de variation est le même pour les trois variables, il est possible de les regrouper dans un seul facteur scalaire ϕ .

Einstein considérait que puisqu'un rayon de lumière, pénétrant dans un ascenseur immobilisé dans un champ gravitationnel, suit une trajectoire identique à celle qu'il suivrait si l'ascenseur était en mouvement uniformément accéléré alors cela implique que le champ gravitationnel est un champ d'accélération. Cette conception est erronée et ceci fut démontré en vérifiant expérimentalement la RG. En effet, une horloge fixe dans un champ gravitationnel subit une déformation constante du temps en fonction de sa position et non pas une variation constante de cette variation. Ainsi, l'horloge fixe dans un champ gravitationnel se comporte comme une horloge à vitesse constante et non comme une horloge accélérée. Par conséquent, l'accélération du champ gravitationnel est bel et bien causée par le gradient du champ et non par le champ lui-même. Cette dernière position est celle de la GEST.

L'idée qu'un référentiel Galiléen est un référentiel accéléré va à l'encontre du sens physique et pourtant la gravitation en est la démonstration éclatante. En reprenant l'expérience de pensée de Galilée avec deux boules de natures et de masses différentes et en plaçant ces deux boules dans un champ électrique ou magnétique constant, il est possible de remarquer, sauf coïncidence extraordinaire, que ces deux boules ne possèdent pas la même accélération. Il en résulte qu'en attachant ensemble ces deux boules par une corde, pour former un seul système, une des deux boules tire sur l'autre. Cette expérience de pensée montre que pour tous les autres champs c'est le phénomène du différentiel de l'accélération, au sein des corps, qui produit l'effet de force associé habituellement à l'accélération et non pas l'accélération elle-même. Il est important de remarquer que ceci se produit même pour la gravitation, en effet, tout corps est disloqué par le gradient gravitationnel s'il se retrouve en chute libre dans un champ très fort comme celui d'un trou noir.

Différence sur l'interprétation mathématique

La théorie quantique a l'avantage de posséder deux formalismes distincts, mathématiquement équivalents, la mécanique matricielle d'Heisenberg et la mécanique ondulatoire de Schrödinger. La mécanique ondulatoire, n'utilisant pas, à l'époque, la nouvelle théorie du calcul matriciel mais les bonnes vieilles équations différentielles, eu beaucoup plus de succès que la mécanique matricielle, du moins au début. En RG, il n'y a qu'un seul formalisme, extrêmement complexe, qui malheureusement reconstruit entièrement la gravitation en faisant abstraction de tous les anciens concepts. En particulier, les géodésiques sont interprétées comme le chemin suivant la plus grande contraction des longueurs alors que si $m/m_0 = l_0/l$ ce même chemin peut s'interpréter comme celui de moindre action permettant au corps d'acquérir le plus d'énergie dans l'immédiat, c'est-à-dire, d'augmenter le plus possible sa masse dans l'immédiat. Puisque la vitesse relativiste peut

s'interpréter comme un champ gravitationnel ϕ_v , produit par un corps en mouvement, pour le déplacement d'un corps dans un champ gravitationnel ϕ_g , le Lagrangien revient à minimiser $\phi_v - \phi_g$ dans l'immédiat.

Il faut considérer que le formalisme de la RG, la théorie des tenseurs, est un accident de l'histoire. En effet, si cette théorie mathématique, élaborée au départ pour la modélisation des corps élastiques, n'avait pas existé alors la RG aurait probablement été élaborée avec d'autres outils. Il faut clairement distinguer les principes du formalisme. C'est pourquoi il est si important d'insister sur les notions fondamentales comme l'inertie, l'accélération et le champ. Contrairement à la RG, la GEST n'est pas attachée à un formalisme particulier et recherche la simplicité.

- 1 Léon Brillouin (1964), “*L’énigme $E = Mc^2$: énergie potentielle et renormalisation de la masse*”, Journal de Physique, France, Volume 25, Numéro 10.
- 2 Léon Brillouin (1965), “*The actual mass of potential energy, a correction to classical relativity*”, Proceedings of the National Academy of Sciences, Volume 53, Numéro 3.
- 3 Erik Peter Verlinde (2011), “*On the Origin of Gravity and the Laws of Newton*”, Journal of High Energy Physics, Volume 4, Numéro 29.
- 4 Roy Kerr (1963), “*Gravitational field of a spinning mass as an example of algebraically special metrics*”, Physical Review Letters, Volume 11, Number 5, p.237–238.
- 5 Y. Kato, M. Miyoshi, R. Takahashi, H. Negoro, R. Matsumoto (2010), “*Measuring spin of a supermassive black hole at the Galactic Centre – Implications for a unique spin*”, arXiv:0906.5423v2 [astro-ph.GA]
- 6 Valev, Dimitar (2010), “*Estimation of the total mass and energy of the universe*”, arXiv:1004.1035v [physics.gen-ph].
- 7 P.A.R Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, *et al.* (Planck Collaboration) (2013), “*Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results – Table 9*”. arXiv:1303.5062. Bibcode:2013arXiv1303.5062P.
- 8 S. M. Faber and J. S. Gallagher (1979), “*Masses and Mass-To-Light Ratios of Galaxies*”, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 17: 135-187, DOI:10.1146/annurev.aa.17.090179.001031
- 9 McMillan, P. J. (2011), “*Mass models of the Milky Way*”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 414 (3): 2446–2457. arXiv:1102.4340. Bibcode:2011MNRAS.414.2446M. doi:10.1111/j.1365-2966.2011.18564.x.
- 10 Kafle, P.R.; Sharma, S.; Lewis, G.F.; Bland-Hawthorn, J. (2012), “*Kinematics of the Stellar Halo and the Mass Distribution of the Milky Way Using Blue Horizontal Branch Stars*”, The Astrophysical Journal 761 (2): 17. doi:10.1088/0004-637X/761/2/98.
- 11 Karachentsev, I. D.; Kashibadze, O. G. (2006), “*Masses of the local group and of the M81 group estimated from distortions in the local velocity field*”, Astrophysics 49 (1): 3–18. Bibcode:2006Ap.49.3K. doi:10.1007/s10511-006-0002-6.
- 12 Evans, N. W.; Wilkinson, M. I. (2000), “*The mass of the Andromeda Galaxy*”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 316 (4): 929–942. arXiv:astro-ph/0004187. Bibcode: 2000MNRAS. 316. 929E. doi:10.1046/j.1365-8711.2000.03645.x.
- 13 Gianfranco Gentile, Benoit Famaey, HongSheng Zhao, Paolo Salucci (2009), “*Universality of galactic surface densities within one dark halo scale-length*”, Nature, Volume 461, p.627-628.
- 14 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.
- 15 Zeeya Merali (2013), “*Astrophysics: Fire in the hole!*”, Nature.
- 16 S.W. Hawking (2014), “*Information Preservation and Weather Forecasting for Black Holes.*”, arXiv:1401.5761v1

Marie-Andrée Cormier (2011), “*Paysage Humain*”, Musée d'art contemporain de Montréal

Dans cette installation, deux écrans orthogonaux révèlent un univers 3D représentant parfaitement le modèle holographique de l'univers de Verlinde. Des personnages évoluent en déplaçant des boîtes produisant des collisions inélastiques, seule source possible de photons et donc d'information sur l'écran de l'univers.