

Le monde dans une équation : une réévaluation des rayons cosmiques fossiles de Lemaître

Russell Bagdoo
rbagdoo@gmail.com
rbagdoo@yahoo.ca

Sommaire

Prenant appui sur les phénomènes radioactifs (force faible), Georges Lemaître conçoit, dès 1927, l'univers primitif comme un « quantum super-dense unique », dont la désintégration a donné naissance à tous les composants actuels de l'univers [1, 2]. En s'aidant de la mécanique quantique, il se propose d'expliquer les origines du monde du point de vue de la théorie quantique. Il croit trouver dans les rayons cosmiques la manifestation de la fragmentation initiale. Toutefois, quel que soit la cosmologie adoptée, l'hypothèse de l'atome primitif (big bang froid) n'eut aucune équation pour la soutenir et ne fut pas retenue. Comme tous les autres cosmologistes, il se rabattit sur l'équation Friedmann-Einstein avec une constante cosmologique répulsive qui, d'après les observations de supernovae en fin de millénaire, propulse l'expansion vers l'infini. À cette équation de cosmologie relativiste nous juxtaposons notre équation de « cosmologie quantique ». Nous avons déjà proposé cette équation dans un travail antérieur [3], elle prend sa source dans la mécanique quantique et cadre avec l'hypothèse de « l'atome primitif » de Lemaître. C'est une équation dans lequel le concept de la matière-espace-temps est mathématiquement relié ; la gravitation et l'électromagnétisme sont également liés par l'espace-temps. Un mécanisme décrit comment sont corrélés la vitesse, le temps, la distance, la matière et l'énergie. Nous sommes amenés à constater que la gravité et l'électricité sont deux manifestations distinctes d'un même processus sous-jacent : l'électrogravitation. Pour la première fois, le temps cosmologique, considéré comme un objet physique réel, est intégré à une « une équation cosmologique » qui rend cohérent ce que l'on sait du temps (son origine, son écoulement...), de la matière et de l'espace. Par surcroît, l'équation indique une expansion constamment décélérée. La concentration du milieu matériel et l'importance de l'énergie décroissante du vide concourent à l'augmentation progressive de la pression positive qui devient responsable de la décélération croissante de l'expansion. Est-ce à dire que notre équation nous porte inéluctablement à l'hypothèse de l'atome primitif pour l'ensemble du cosmos ? Certainement pas, puisque notre modèle englobe autant le modèle chaud de Gamow que le modèle froid de Lemaître. L'expression « évolution dynamique » (employée au début par les spécialistes pour les modèles de big bang) convient à notre modèle étant donné qu'il y a à la fois une origine explosive et, tout au long de l'expansion, une désintégration d'une matière hyperdense. La découverte du rayonnement de fond cosmologique a confirmé le modèle de big bang chaud, que Gamow et son équipe ont réalisée. La lumière prédite l'emporta sur les rayons cosmiques (particules) primitifs suggérés par Lemaître. Néanmoins, nous pensons que Lemaître avait également raison. La théorie dite du big bang (explosion cataclysmique singulière), outre qu'elle ne répond pas à des critères élémentaires de la science, est contredite par plusieurs observations dont on se refuse à tenir compte. Par exemple, les travaux des astronomes arméniens nous ont convaincus que l'origine des particules cosmiques résulte non seulement des explosions de

supernovae, mais encore de la division de radiogalaxies, non seulement de la mort de mondes, mais encore de leur naissance.

Mots clé : théorie de la Relation, temps cosmologique irréversible, Pi, décélération, nouvelle variable, cosmologie quantique, atome primitif, rayons cosmiques

1 Introduction

Le modèle standard du big bang, dans ses grands traits, est largement diffusé dans le grand public, au risque de faire que l'histoire de l'univers est désormais un savoir acquis. Pour décrire notre univers, le modèle cosmologique s'appuie des lois fondamentales supposés décrire tous les phénomènes de la nature, qu'il extrapole aux échelles cosmiques. Mais, pour que ce modèle soit en accord avec toutes les observations astronomiques (l'accélération de l'expansion de l'univers mis en évidence en 1998), il a fallu y introduire une énergie noire dont aucune théorie physique n'explique l'origine.

Si la relativité générale décrit la gravitation aux échelles cosmologiques, alors l'expansion de l'univers ne peut être accélérée que sous une seule condition : il faut que la matière qui dicte la dynamique de l'univers aujourd'hui soit telle que la somme de sa densité d'énergie et de trois fois sa pression soit négative. Pour cela, on a intercalé une énergie noire répulsive dans les équations einsteiniennes. Cette nouvelle composante matérielle incorporée dans le modèle sous la forme d'une constante cosmologique ne serait qu'une manifestation des fluctuations quantiques du vide. Les calculs conduisent à une valeur entre 10^{60} et 10^{120} fois plus grande que celle déduite des observations cosmologiques. Ce qui est une véritable catastrophe.

Mais cela ne s'arrête pas là. Lorsqu'en 1998, les cosmologistes ont annoncé que, sur la base d'une étude portant sur 21 supernovas de Type-1A, le tissu même de l'espace était en expansion, ils en ont conclu qu'il s'agissait là d'une preuve d'une constante cosmologique positive et d'une énergie noire jusque-là insoupçonnée qui accélérerait l'expansion de l'espace [4]. Selon nous, c'était une étude bâclée et partielle en vue de préserver la construction du modèle cosmologique standard. Dans un article précédent concernant l'effet Pioneer, nous disions que la décélération de la sonde dans les espaces lointains où la longueur d'onde de l'espace-temps se développe est en elle-même une preuve expérimentale d'un monde en décélération [5]. Dans un autre article concernant la constante cosmologique positive à partir des observations de type 1a supernovæ, nous avons montré que son accréditation officielle en 1998 était prématurée et mal interprétée [6].

Par la suite, en ajoutant des supernovas de Type-1A, des équipes astronomiques confirmèrent les premières données, d'autre révélèrent des incertitudes systématiques, aucune preuve claire trouvée pour une possible évolution de la pente (beta) de la relation couleur-luminosité avec le décalage vers le rouge [7], des preuves directes de l'énergie noire plutôt faibles [8], de sérieux doutes sur l'accélération de l'univers [9], analyse statistique des données sur les supernova qui laisse beaucoup à désirer [10], des résultats cohérents avec une constante cosmologique qui donnent que des contraintes faibles sur

un w qui varie avec le redshift [11], etc. En dépit de sérieuses réserves, trois astronomes reçurent le prix Nobel de physique en 2011 pour leur découverte que l'univers se développait à un rythme accéléré.

En 2016, une équipe internationale de physiciens, en abordant le problème avec un regard neuf, ont mis en doute l'accélération de l'expansion de l'univers [12]. Comme le rapporte Subir Sarkar, chercheur de l'Université d'Oxford : « Nous avons analysé le dernier catalogue de 740 supernovae de type Ia – plus de 10 fois plus volumineux que les échantillons d'origine sur lesquels reposait l'allégation de découverte – et avons constaté que la preuve de l'expansion accélérée est tout au plus ce que les physiciens appellent « 3 sigma ». Ce critère est loin d'atteindre le standard « 5 sigma » requis pour revendiquer une découverte d'importance fondamentale ». Au lieu de trouver des preuves pour soutenir l'expansion accélérée de l'univers, Sarkar et son équipe affirment qu'il semble que l'univers se développe à un rythme constant [13].

Si l'expansion est constante, dessiner une nouvelle physique avec une énergie noire n'est pas nécessaire. Cela signifie-t-il aussi que les principes fondamentaux du modèle cosmologique standard n'ont pas à être remis en question ? Ils doivent être remis en cause parce que, malgré les consolidations pour la théorie du big bang et la fixation des valeurs de paramètres fondamentaux depuis trente ans, c'est un modèle « infirmé » par la théorie de l'inflation en vigueur. Rappelons que le satellite XMM-Newton de l'observatoire européen de rayons X (ESA) [14] a renvoyé des données sur la nature de l'univers, qui indiquaient que l'univers doit être un environnement à haute densité, ce qui est clairement en contradiction avec le « modèle de concordance » (selon lequel l'univers est aujourd'hui composé à environ 73 % d'énergie noire) lié à la théorie de l'inflation (dont l'origine est inconnue). Lors d'une enquête sur des amas de galaxies distants, les résultats de XMM-Newton ont révélé que les amas de galaxies actuels sont supérieurs à ceux présents dans l'univers il y a environ sept milliards d'années. Une telle mesure va également dans le sens d'une expansion ralentie [15].

L'accélération de l'univers et l'énergie noire répulsive sont les deux composantes de la théorie de l'inflation, laquelle était supposée être le remède miracle à la pathologie de la causalité du modèle standard. Il semble que le remède est pire que le mal. Il n'existe aucune explication théorique convaincante de l'existence d'une énergie noire répulsive, de sa nature ou de sa magnitude. La dite accélération de l'univers ne fait que démontrer davantage que les théories des particules fondamentales et de la gravité sont incorrectes ou incomplètes. La plupart des experts estiment qu'il ne faudra rien de moins qu'une révolution dans notre compréhension de la physique fondamentale pour parvenir à une compréhension complète de l'expansion cosmique. Pour ces raisons, nous proposons notre modèle cosmologique quantique.

Il contient une équation, développée dans un travail antérieur [3], qui se révèle doublement hybride : quantique et relativiste de par sa construction, révélatrice et embarrassante de par ses conséquences. Si elle donne élégamment une place naturelle au temps cosmologique, elle fait apparaître des objets honnis : les énergies négatives. L'objet de ce papier, outre l'exposition de cette équation, est de présenter l'hypothèse de

l'atome primitif de Georges Lemaitre à l'origine des concepts d'univers en expansion et de big bang. Lemaître avait anticipé le rôle fondamental joué par la mécanique quantique l'énergie du vide et l'existence d'un rayonnement fossile. Faute d'une équation pour étayer sa vision, il adopta l'équation Einstein-Friedmann, ce qui a conduit à l'accélération actuelle de l'expansion. Nous pensons que notre équation est celle qui manquait à Lemaître dès le départ.

Ce papier est divisé en quatre parties, destinées à être complémentaires. En 2,1 et 2,3 l'équation de la théorie de la relation présente l'univers comme un super-atome en expansion. En 2,2 nous soulignons l'importance de pi dans l'équation. En 2,4 l'expansion...et pourtant elle décélère ! En 3,1 nous discutons de l'hypothèse de l'atome primitif de Georges Lemaitre. En 3,2 quelques traits de l'histoire du big bang standard. En 3,3 l'hypothèse de l'atome primitif de Lemaitre est confrontée à celle de l'atome primitif de Gamow. En 3,4 nous discutons des rayons cosmiques primitifs de Lemaître. En 3,5 question de savoir si le modèle froid de Lemaitre est aussi vrai que celui de Gamow. En 4,1 nous montrons comment le temps cosmologique dans notre équation lie la physique de l'infiniment grand à celle de l'infiniment petit. En 4,2 nous parcourons les valeurs de Planck à travers notre équation. En 4,3 nous présentons M_{VP}^2 , le nouveau paramètre essentiel. En 5 nous énumérons les avantages de ce modèle cosmologique quantique et de son équation qui donne les mêmes résultats que ceux obtenus avec les modèles classiques qui se réfèrent à l'équation d'Einstein-Friedmann. Nature de notre univers : tout se passe comme s'il y avait deux univers en un ; l'expansion aurait été précédée d'une période de contraction et elle ne se serait pas produite en même temps pour toute la matière. Nous soulignons que la théorie du big bang standard se refuse à tenir compte de l'existence de particules d'énergie négative, niant ainsi la moitié de notre univers. Elle est en outre contredite par plusieurs observations laissées de côté, par exemple les travaux des astronomes arméniens dont les observations ont confirmé l'hypothèse de la formation des étoiles selon laquelle l'évolution se faisait des corps hyperdenses aux corps moins denses. Ces astronomes ont en outre validé que les lieux de naissance des nouvelles galaxies étaient les centres des vieilles galaxies, ainsi que la théorie de la division des galaxies. En 6 nous concluons que cette équation est celle qui se rapproche le plus de l'équation qui manquait à Lemaître pour défendre son « hypothèse de l'atome primitif » et sa prédiction des rayons cosmiques fossiles.

2 Équation de la théorie de la Relation

2,1 L'équation de la théorie de la Relation

Historiquement, la découverte de la loi de la gravitation de Newton peut être appréciée comme la première « unification », reliant les lois du ciel et de la terre. Le grand saut suivant a eu lieu au cours des années 1860 avec la théorie de l'électromagnétisme de Maxwell qui unifiait les phénomènes électriques, magnétiques, lumineux et parachevait le triomphe de la mécanique classique. En 1905, Einstein a créé la théorie de la relativité restreinte qui unissait l'espace et le temps et soudait les concepts de matière et d'énergie. En 1915, il a proposé la relativité générale qui explique la gravitation comme étant le mariage de l'espace-temps et de la matière-énergie. Les travaux de S.Weinberg, A.Salam et S.Glashow dans les années 1960 ont mené à l'unification de l'interaction

électromagnétique et de l'interaction nucléaire faible. L'étape suivante, à savoir l'unification des interactions électrofaible et forte, a conduit à une théorie baptisée électronucléaire (GUT) dont les prédictions n'ont fait l'objet d'aucun résultat concluant. Quant à la synthèse ultime – l'unification de la gravitation et GUT –, elle reste à faire [16].

Il y a plus de soixante-dix ans, Paul Dirac a suggéré qu'une autre chose qu'une coïncidence était à l'œuvre entre l'âge de l'univers en unités de temps atomique et le rapport entre la force électrique et la force gravitationnelle s'exerçant à l'échelle microscopique entre un électron et un proton [$ke^2/(GM_p M_{e^-}) = 10^{40}$] [17, 18]. L'unité la plus fondamentale du temps serait celle associée aux processus atomiques, car elle dépendrait uniquement de constantes naturelles fondamentales, comme la charge électrique (e), la masse de l'électron (M_{e^-}), ou la vitesse de la lumière (c). Cette unité de temps, qui apparaît à travers la physique comme base de l'échelle de temps pour les processus atomiques et nucléaires, est sommairement le temps nécessaire à la lumière pour parcourir le rayon de l'électron : $10^{-15}m/10^8s = 10^{-23}s$. Ainsi, l'âge évalué de l'univers ($10^{17}s$) en unités de temps atomique est : $10^{17}s/10^{-23}s = 10^{40}$. Dirac a postulé que la quasi-égalité de ces deux nombres est une manifestation d'une loi plus profonde encore inconnue de la nature qui les oblige à être à peu près égaux pour tous les temps.

Le problème provient de l'âge de l'univers qui augmente. Si la quantité entre les deux 10^{40} doit être maintenue, un des autres nombres doit forcément changer avec le temps. Pour beaucoup de physiciens, la constante gravitationnelle (G) semble la seule candidate plausible qui peut varier, en dépit de la relativité générale qui énonce que G est une constante physique dont la valeur numérique est fixe.

Comparons les forces électrostatiques et gravitationnelles entre deux protons dans un même noyau, avec une distance de 0,2 nanomètre [19]. Nous utiliserons le système MKS qui a l'avantage d'incorporer les constantes de permittivité du vide et de perméabilité du vide. La valeur de la constante de Coulomb k est $1/4\pi\epsilon_0 = 8,9875 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{coul}^2$. La valeur de la constante ϵ_0 appelée permittivité du vide est $8,8542 \times 10^{-12} \text{ coul}^2/\text{Nm}^2$. Selon la loi de Coulomb, la force répulsive électrostatique est $F_e = q^2/(4\pi\epsilon_0 R^2) = 5,775 \times 10^9 \text{ N}$; $e^2/[(4\pi(8,8541878 \times 10^{-12})(0,2 \times 10^{-9})^2)]$. La force newtonienne attractive est $GM_{op}^2/R^2 = 4,666 \times 10^{-45} \text{ N}$. Le rapport est $F_e/F_g = ke^2/GM_p^2 = 1,23 \times 10^{36}$.

Poursuivons la suggestion de Dirac sur le temps, et remplaçons ce rapport par un facteur de temps universel avec les constantes G et c : $F_e/F_g = t_0 c/G$; $F_e = F_g t_0 c/G$. Et supposons que nous relativisons les masses des protons, conformément à la relativité restreinte, comme si elles se déplaçaient à une vitesse de 200 000 km/s, nous aurions :

$$ke^2/[R_o(1 - v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}]^2 = G[M_{op}/(1 - v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}]^2/[R_o(1 - v^2/c^2)^{\frac{1}{2}}]^2 [t_0 c/G], \quad (1)$$

ou, réduite à

$$ke^2 = M_{\forall P}^2 t_0 c. \quad (2)$$

[M_{op} est la masse de repos ; $M_{op} (1/(1 - v^2/c^2)^{1/2})$ donne M_{vp} , soit la masse de repos + l'énergie cinétique (T) ; $v = 200\,000 \text{ km/s} = 2/3c$].

Les particules viennent en paires, chacune avec leur contrepartie antiparticule

$$\begin{aligned} \pm ke^2 &= \pm [M_{op}/(1 - v^2/c^2)^{1/2}]^2 t_0 c & (3) \\ 2,3 \times 10^{-2} \text{ kg m}^3 \text{s}^{-2} &= (2,2439 \times 10^{-2} \text{ kg})^2 (1,528 \times 10^{17} \text{ s})(3 \times 10^8). \end{aligned}$$

Nous constatons que le lien entre la charge au carré et la masse au carré d'un proton relativisé confère un temps universel de $1,5283 \times 10^{17} \text{ s}$. Ce temps donne 4,84 milliards d'années $[(1,5283 \times 10^{17})/(365,24 \times 24 \times 60 \times 60)]$.

2,2 L'importance de pi

Nous avons déjà parlé de pi dans un précédent article [3]. Nous considérons alors que pi faisait une différence essentielle entre un temps linéaire conforme à une onde longitudinale et un temps circulaire qui se réfère à une onde transversale. Une particule qui parcourt 4,84 milliards années dans la métrique d'un espace à ligne droite va parcourir la même distance euclidienne en 15,21 milliards d'années en utilisant la métrique d'un espace à courbure constante. Nous avons imaginé qu'une onde enroulée autour de la ligne radiale A-Z la parcourrait en 15,21 milliards d'années, soit le temps linéaire multiplié par π . Elle correspond à une onde électromagnétique transversale

$$ke^2 = M_{VP}^2 (\pi) t_0 c. \quad (4)$$

De cette expression, il faut retenir que π sert à faire tourner en spirale la particule autour de la longueur radiale $t_0 c$. Il pourrait s'agir d'une onde électromagnétique transversale mais cela pourrait aussi être une onde gravitationnelle transversale. Mathématiquement, l'équation devrait être

$$(\pi) ke^2 = M_{VP}^2 (\pi) t_0 c. \quad (5)$$

Cette façon de voir permet de prévoir l'existence d'ondes électromagnétiques transversales et longitudinales, ainsi que des ondes gravitationnelles transversales et longitudinales. Les particules susceptibles d'être associées aux ondes électromagnétiques longitudinales et aux ondes gravitationnelles longitudinales pourraient être le neutrino et le graviton. L'onde électromagnétique longitudinale existe déjà. L'onde gravitationnelle, qui a toujours été envisagée comme étant transversale, aurait été captée en 2015. Ce qui n'exclut pas pour autant l'existence d'onde gravitationnelle longitudinale.

Cet article décrit pi d'une autre façon. La raison en est qu'elle permet d'obtenir d'autres prévisions. Nous constatons que le cas d'une onde transversale par rapport à une onde longitudinale est très semblable à celui de la lumière qui se propage sur la circonférence d'un cercle, ou sur la surface d'une sphère, dont pi permet d'en déterminer le rayon. Bien que les deux descriptions semblent être très différentes l'une de l'autre, il existe une

équivalence mathématique entre elles [$\alpha = \pi R = \pi t_0 c$; α peut représenter un demi-cercle, un chemin transversal, une onde transversale; R peut représenter un rayon, un chemin radial, une onde longitudinale].

Lorsqu'on applique la théorie géométrique de la gravitation d'Einstein à l'univers entier, l'espace est courbe à l'échelle globale. Cette courbure se traduit par des géodésiques et le rayon lumineux (ou le photon) est le traceur idéal des géodésiques. La courbure de l'univers à l'échelle cosmique se manifeste par le fait que la distance mutuelle réelle entre deux galaxies situées aux antipodes l'une de l'autre sera égale au produit de π par le rayon R : $\alpha = \pi R$. Ce qui fixe l'échelle de la courbure, c'est le rayon intérieur de l'univers car nous considérons l'univers comme une sphère ayant un volume et non seulement une surface. Cette façon « géométrique » de représenter π permet d'obtenir un point central, une origine, une direction privilégiée. Alors que les einsteiniens peuvent affirmer qu'un point sur la surface de l'univers est partout un centre de l'univers, nous pouvons dire que n'importe quel point sur la surface de l'univers a un même centre de l'univers. Le centre de la sphère devient une direction unique, privilégiée.

Avec la théorie de la Relation, le rayon R de l'univers donne sur le centre de l'univers, vers le point originel de notre univers. Ce modèle considère notre univers comme étant sphérique, en expansion, avec une surface courbe, finie et sans limite [20]. Il donne son âge approximatif, son histoire antérieure et future en partant d'unités microscopiques fondées sur les données atomiques. Le modèle de la théorie de la Relation suit le principe cosmologique d'homogénéité et d'isotropie ainsi que la loi du cake aux raisins. Dans un cake aux raisins qui gonfle en cuisant, les raisins s'éloignent les uns des autres non parce qu'ils se déplacent dans la pâte mais parce que celle-ci augmente de volume et fait croître du même coup la distance mutuelle entre deux raisins quelconques. C'est l'espace entre les raisins qui augmente, ce ne sont pas eux qui bougent dans la pâte. Le terme $t_0 c$ dans l'équation représente la pâte du cake en train de gonfler, c'est le rayon de l'univers qui croît et demeure inobservable, c'est une énergie noire cosmologique dont la longueur d'onde suit la taille de l'espace. La longueur d'onde de cette énergie-radiation se propageant à travers l'espace-temps qu'elle crée varie comme la taille de l'univers et s'exprime par le décalage vers le rouge cosmologique. Ce qui est observable, ce sont les galaxies (ensemble d'étoiles), c'est-à-dire les raisins. Ce ne sont pas les galaxies qui sont en mouvement, c'est l'espace entre les galaxies qui est en expansion [21].

On peut dire qu'avec l'expansion, les galaxies sont au bord de l'univers. Nous faisons partie d'une galaxie et nous mesurons l'univers grâce à la lumière qui provient des autres galaxies. Si nous partions du bord de l'univers, ce que nous appelons sa surface et que nous nous éloignons tout droit, comme le ferait un rayon lumineux, le long d'une géodésique, nous finirions par atteindre le point le plus éloigné, que l'on appelle l'anti-centre. Ce point est situé à une certaine distance, notons-la α , et la géométrie élémentaire (et gaussienne) nous apprend que la distance α d'un pôle à l'autre est égal au produit π par le rayon R

$$\alpha = \pi R. \tag{6}$$

En sens inverse, si nous ne savons pas quel est le rayon R , il suffit de diviser la distance a entre un pôle et le pôle opposé, c'est-à-dire le point qui en est le plus éloigné, par le nombre π . Cette définition est parfaitement applicable à notre univers. Ce rayon interne sera

$$R = a/\pi. \quad (7)$$

Nous considérons l'univers comme objet fini sans avoir de limites. La circonférence d'un cercle et la surface d'une sphère sont des exemples d'espaces à une et à deux dimensions qui sont finies mais qui ont ni début ni fin. On peut imaginer une sphère mathématique à quatre dimensions, une hypersphère, dont l'univers à trois dimensions constitue comme la surface, ou plutôt l'hypersurface. De même que le cercle et la sphère sont formés de points équidistants d'un point fixe de l'espace appelé centre, de même l'hypersphère est faite d'une répartition tridimensionnelle de points, tous situés à la même distance du centre [22]. Le volume tridimensionnel de l'hypersphère est : $2\pi^2 R^3$ [Volume = surface (πR^2) x circonférence ($2\pi R$) = $2\pi^2 R^3$].

En se déplaçant sur la surface d'une sphère (le long d'un méridien, par exemple) la lumière finirait par revenir à son point de départ, en ayant parcourue la distance $2\pi R$. La distance a d'un pôle à l'autre, soit une demi-circonférence, est égal au produit π par le rayon R (qui est $t_0 c$ dans notre équation). Le rayon R vaut $a/\pi = t_0 c$. Si on admet une origine de type explosif, le rayon part du centre de la sphère dans toutes les directions, bouclant les 360 degrés de la surface. Il y a simultanéité de temps entre le rayon qui atteint le point qui forme la surface et cette surface qui se forme, puisque le rayon provient partout de la même origine. Dans l'expression $a = \pi R = \pi t_0 c$, le temps est le même pour obtenir R et a , mais les distances sont différentes, ce qui laisse supposer une distance électromagnétique courbe pour a et une distance radiale longitudinale pour R .

Nous mesurons l'univers grâce à la lumière qui provient des astres. Cette lumière suit une géodésique pour nous parvenir. L'âge évalué de l'univers est d'environ 15 milliards d'années-lumière et son rayon mesure 10^{26} m. Ce rayon-géodésique (a) de 15 milliards d'années-lumière a un rayon interne (a/π) avec un temps de 4,5 milliards d'années-lumière.

Pour les einsteiniens, l'univers-sphère est une image fautive qui cherche à s'imposer à notre esprit et le rayon de l'univers par rapport au big bang n'est pas le rayon d'une boule. Ils semblent connaître que l'espace universel de la surface qui entoure le globe plein, et qui constitue l'univers à trois dimensions sur lequel nous pourrions aller où nous voulons et visiter toutes ses galaxies. Partout l'espace serait le même, jamais nous ne rencontrerions de bord ouvrant sur un dehors. Cet univers est fini mais sans frontière. Il n'a pas d'extérieur, et encore moins d'intérieur. C'est leur vérité, mais leur vérité même qui porte son non-sens en voulant considérer l'univers seulement pour la surface qui l'entoure. L'univers doit être considéré pour lui-même dans son volume. On peut en mesurer la taille à l'aide de son rayon interne, entendu comme la distance d'un point de la surface à son anti-point divisée par π .

2,3 Retour à l'équation de la théorie de la Relation

L'équation (4) établit un lien mathématique clair entre l'électromagnétisme et la gravitation. Elle tient compte de π , comme si t_0c était une onde d'espace-temps transversale. L'équation (3), sous la forme

$$\pm ke^2 = \pm M_{VP}^2 t_0c \quad (8),$$

ne tient pas compte de π , comme si t_0c était longitudinal. Nous ne prendrons pas en considération π pour les expressions relativistes du reste de l'exposé.

Dans le membre droit, la matière (M_{VP}^2), l'espace et le temps sont mathématiquement reliés en un tout. Le rayon de l'univers est représenté par " t_0c ". On peut voir dans la relation (1) que le terme $G[M_{op}/(1 - v^2/c^2)^{1/2}]^2/[R_o(1 - v^2/c^2)^{1/2}]^2$ lie la force newtonienne gravitationnelle et la relativité restreinte. Nous obtenons une gravitation newtonienne relativisée [23], ce qui signifie, d'une part, que la gravitation est une réalité partout et, d'autre part, que la relativité restreinte n'est ni seulement un outil mathématique ni un simple référentiel galiléen sans gravité. Les deux sont des théories linéaires appliquées à une géométrie euclidienne tridimensionnelle linéaire avec espace-temps plat. Ajoutons que l'électromagnétisme est aussi une théorie linéaire.

Selon la théorie de la Relation, la gravité n'est pas une force distincte, mais un aspect de l'électromagnétisme. Les deux forces sont reliées par l'espace-temps à quatre dimensions. En fait, la gravité provient de l'énergie dissoute de l'électromagnétisme en expansion qui ne cesse de créer l'espace-temps. En profondeur, les forces électrique et gravitationnelle font partie d'une superforce commune : l'électrogravitation. À l'instar du magnétisme et de l'électricité qui sont les deux faces de l'électromagnétisme [24]. En physique des particules subatomiques, l'électrogravitation prend l'aspect de la force électrostatique, et la force gravitationnelle, 10^{36} plus faible, n'y joue aucun rôle apparent. Lorsque la paire de particules avec ses deux charges positives électriques qui se repoussent et s'éloignent à une vitesse proche de la lumière, en créant l'« espace-temps » entre elles, l'électromagnétisme diminue avec la distance et devient l'énergie du vide. Son énergie perdue s'est transformé en énergie attractive, celle de la gravitation qui croît avec l'espace-temps. À grande échelle, l'électrogravité est devenue gravité. Nous sommes amenés à penser aux forces gravitationnelles attractives comme étant des forces électromagnétiques se manifestant dans l'espace-temps au lieu du monde subatomique. La force motrice d'expansion, provoquée par l'explosion initiale, proviendrait des forces électromagnétiques des charges répulsives agissant dans l'univers.

D'après la théorie de la gravitation de Newton, la force GMm/r^2 transmet instantanément une énergie ou un signal. Newton était mécontent d'un phénomène instantané, ou d'une « action à distance », associé à la gravité. Poincaré (1904), Minkowski (1908), et de Sitter (1911) ont convenu que la gravité doit se propager à la vitesse de la lumière. Effectivement, selon la relativité restreinte rien ne se déplace plus vite que la lumière, pas même la gravité. Aucune des plusieurs théories de la gravité – même d'Einstein, qui étaient compatibles avec la relativité restreinte

en ce que la vitesse de propagation de la gravité est la vitesse de la lumière, n'a été satisfaisante. La combinaison de la transformation de Lorentz et t_0c , assure que la vitesse de la lumière ou de la gravité ne va pas plus vite que la vitesse de la constante universelle c .

Cependant, la constante de gravitation G disparaît dans l'équation, ce qui implique que la masse gravitationnelle classique de la matière au début se présente sous la forme d'un potentiel minimum tandis que l'énergie est à son maximum [25]. Cela va à l'encontre de Paul Dirac qui, dans des articles publiés dans *Nature* en 1937 et dans *Proceedings of the Royal Society* en 1938, décrit une cosmologie avec une constante gravitationnelle changeante. Il a postulé que G varie comme l'inverse de l'âge de l'univers, de sorte qu'à mesure que l'univers s'est élargi à partir du big bang, la constante ou force de gravitation est devenue au fil du temps de plus en plus faible, ce qui expliquerait l'actuelle faible force de la gravitation [26]. Avec la théorie de la Relation, la constante gravitationnelle G de Newton ne varie pas, tout comme en relativité générale [27]. Par contre, l'énergie-masse potentielle augmente avec le temps cosmique.

L'équation de la théorie de la Relation est en phase avec la proposition Englert-Brout-Higgs permettant de réconcilier les équations du modèle standard avec les données empiriques. Elle consistait à postuler l'existence d'un champ quantique emplissant tout l'espace, avec lequel les particules élémentaires, effectivement sans masse, interagissent plus ou moins fortement, ce qui a pour effet de ralentir leurs mouvements de la même façon que si elles avaient une masse. Tout se passe comme si les particules élémentaires étaient des objets sans masse au début de l'expansion, se déplaçant sur un champ électromagnétique (ou une onde d'espace-temps électromagnétique -- amalgamée à l'énergie du vacuum, à la constante cosmologique [6] et à l'énergie noire) qui perd de l'énergie au fil du temps. Cette énergie perdue est récupérée par les particules qui se déplacent de plus en plus avec frottement, donc à une vitesse moindre que celle de la lumière et leur masse est non nulle. Dans l'équation, la masse apparaît alors comme une mesure de la baisse de vitesse de la matière (v de v^2/c^2 qui diminue tout au long de l'expansion), de l'inertie, de la résistance au mouvement, de la masse.

L'équation est remarquablement celle de l'expansion. Imaginons que les masses des protons de notre équation que nous avons relativisées plus haut, comme si elles se déplaçaient à une vitesse de 200 000 km/s, soient des galaxies s'éloignant à $2/3c$, nous obtenons alors « une équation cosmologique » qui établit l'âge et la distance de l'univers en relation avec la vitesse de récession des galaxies. Plus la vitesse de récession des galaxies lointaines diminue (vitesse $\sim c^2/c^2$ du début vers des vitesses inférieures v^2/c^2), plus elles s'éloignent de la Terre, ce qui indique une augmentation de l'âge de l'univers. Vitesse, âge et distance sont pour la première fois corrélés dans une équation. Une fuite des galaxies à $2/3c$ équivaut, en tenant compte de π , à 15 milliards d'années. Ces deux nombres s'accordent grossièrement avec les estimations réelles de la science.

Si l'on admet que l'univers est une sorte de super-atome en expansion:

$$ke^2 \rightarrow M_{VP}^2 t_0c \quad (9),$$

qui donne l'âge de l'univers, nous avons alors une flèche vers l'avenir qui est la même d'au moins trois autres flèches du temps qui distinguent le passé du futur : thermodynamique (le désordre augmente) ; cosmologique (univers en expansion plutôt qu'en contraction) ; psychologique (nous nous souvenons du passé, pas du futur) [28].

2,4 Raisonnement à deux tranchants

Les supernovae lointaines servent d'étalons lumineux permettant d'arpenter l'univers à grande échelle. L'explosion gigantesque d'une naine blanche vorace rend visible une lumière intense qui persiste pendant plusieurs jours. Leurs courbes de lumière se ressemblent. On a déduit que toute différence entre deux courbes de lumière ne peut venir que de la distance : plus la supernova est éloignée, plus la lumière reçue est faible. Les résultats obtenus ont montré que la lumière des supernovae lointaines était 25 % plus pâle que prévue en cas de décélération. La majorité des astrophysiciens ont donc conclu que l'expansion de l'univers est en phase d'accélération depuis plusieurs milliards d'années et qu'une énergie noire répulsive jouait le rôle d'accélérateur [29].

A contrario, si on suppose une décélération de l'expansion, cela veut dire que les transformations s'accélèrent en allant vers le passé et que la luminosité intrinsèque ne peut plus être théoriquement toujours la même et qu'on ne peut pas se contenter de mesurer leur luminosité apparente pour en déduire leur distance. Les conditions physiques changent en allant le plus loin possible, le taux de vitesse des réactions chimiques, atomiques et nucléaires devaient être plus rapides. Les explosions de ces étoiles devaient avoir lieu lorsqu'elles atteignirent une masse critique différente des supernovae qui sont proches. Elles libèrent une quantité d'énergie différente, leurs rayonnements sont modifiés. Elles émettent une luminosité moins forte parce que les mécanismes sont trop rapides ou sautent des étapes. On peut présumer que le pic de brillance peut durer moins longtemps ainsi que l'affaiblissement qui suit. Pour ce qui est de la luminosité apparente, on peut conjecturer sa dégradation par les poussières galactiques, notamment les aiguilles de fer produites par condensation du fer rejeté par des générations précédentes de supernovae [30].

Quoiqu'en pense le consensus scientifique actuel, il n'en demeure pas moins que les mêmes résultats obtenus (pâleur plus grande que prévue) montrent que ces supernovae ne sont pas plus éloignées que ce que prévoyaient les modèles cosmologiques classiques. Ils permettent de démontrer que l'explosion de l'univers, contrairement à ce qu'on a imaginé depuis 1998, est en phase de décélération depuis l'ère de Planck [6]. Ce qui est conforme à l'équation de la théorie de la Relation.

Qu'est-ce à dire pour l'énergie noire qui doit jouer un rôle d'accélérateur comme si une sorte d'antigravité obligeait l'univers à augmenter sans cesse la vitesse de son expansion ? Elle existe mais autrement. Elle n'est rien d'autre que la gigantesque énergie cinétique de l'univers lorsqu'il débuta dans une « boule de feu cosmique ». Elle est devenue aujourd'hui l'énergie du vide. [31]. La logique de cette aventure cosmologique s'articule autour d'une propriété essentielle : la désexcitation progressive du champ quantique par l'expansion décélérée de l'espace [32]. On assiste à un processus « boule de neige ». La décélération de l'espace précipite le rythme de condensation de l'énergie

de la matière, ce qui diminue l'influence de l'énergie du vide, laquelle se dilue et décroît, en retour, le taux de l'expansion, ce qui conduit vers un univers au sein duquel les amas de matière deviennent très denses. Dans le contexte où l'énergie noire ainsi que la matière noire existent bel et bien, nous estimons que leur proportion pour constituer la matière doit être réévaluée. Nous prévoyons, en conservant la matière visible ordinaire à environ 4 %, que la matière noire serait d'environ 45 % et que l'énergie noire, qui s'est diluée avec l'expansion de l'univers, est d'environ 50 % (ce qui s'accorde avec la vitesse hypothétique de $2/3c$ de notre équation et au taux constant d'expansion [12]).

3 L'hypothèse de l'atome primitif de Georges Lemaître

3,1 L'atome primitif de Georges Lemaître

Le terme M_{VP}^2 de l'équation est en rapport avec l'hypothèse de Georges Lemaître voulant que l'univers soit issu d'une sorte de gigantesque noyau atomique comportant tous les nucléons de l'univers, noyau dont la désintégration aurait pu initier l'expansion de l'univers [33]. Lemaître croit trouver dans les rayons cosmiques, qui sont doués d'une énergie de plusieurs milliards d'électrons-volts, la manifestation de la fragmentation initiale.

Bien que l'idée de Lemaître, qui vise à expliquer l'expansion de l'univers comme étant due à une explosion initiale, soit encore d'actualité, sa théorie selon laquelle l'univers entier était à l'origine contenu dans un seul atome qui s'est désintégré est aujourd'hui reléguée aux oubliettes. Il avait voulu donner une base expérimentale à son hypothèse de l'atome primitif, et crût trouver dans les rayons cosmiques les reliques de l'univers primitif. Il avait approfondi la question avec des collaborateurs tels que Odon Godart (1913-1996) et Manuel Sandoval Vallarta, mais l'échec de leur explication ne favorisera pas la crédibilité du modèle de l'atome primitif [2].

Les physiciens penchent plutôt à l'heure actuelle pour une sorte de nuage de particules élémentaires (quarks et leptons) qui se sont condensées progressivement, ce qui a libéré de l'énergie et a donné à l'univers son impulsion de départ. Ils lui reconnaissent l'existence d'un rayonnement fossile, trace de l'explosion initiale, mais qui ne provient plus, comme le pensait Lemaître, d'une traînée de particules propulsée par la désintégration de l'atome initial mais d'un rayonnement électromagnétique [34]. On a donc conclu que Lemaître s'était trompé. À la lumière des développements qui ont suivis, on peut remettre en cause, sans l'exclure, son modèle de l'atome primitif. Mais nous estimons qu'il ne s'est pas trompé à propos des rayons cosmiques : les rayons cosmiques fossiles issus du commencement existent tout autant que la lumière fossile. Mais pour prétendre cela, il faut revisiter l'historique du big bang standard.

3,2 Quelques traits de l'histoire du big bang standard

Edwin Hubble découvrit en 1929 la loi de récession des galaxies grâce au télescope placé sur le mont Wilson : celles-ci s'éloignent les unes des autres à une vitesse d'autant plus élevées que leur distance est grande, preuve que l'univers est en expansion et non statique. Jusqu'alors, Einstein croyait en un univers statique. En 1922, Friedmann, en interprétant d'une façon dynamique les équations d'Einstein, avait fourni le premier

modèle d'univers en expansion, à courbure et densité positives, constante cosmologique non nulle et pression nulle. Indépendamment de Friedmann, Lemaître en 1927 suggéra, calculs de relativité générale à l'appui, que l'univers était en expansion : il donna la première interprétation des décalages vers le rouge liée à l'expansion de l'univers et prédit la relation linéaire distance-décalage vers le rouge. Friedmann et Lemaître avaient émis cette hypothèse avant qu'elle fût confirmée par les observations de décalage vers le rouge des galaxies et la loi de Hubble. Contrairement à ce que Hubble lui-même s'imaginait, ce ne sont pas les galaxies qui se déplacent, mais l'espace lui-même qui s'étend, emportant avec lui les galaxies. Hubble établit expérimentalement la relation linéaire distance-décalage vers le rouge, mais ne la relia pas à l'expansion. Einstein, Friedmann, Lemaître et Hubble furent les pionniers de la cosmologie relativiste. Cette dernière est essentiellement basée sur l'équation Friedmann-Einstein.

En 1931, Lemaître se démarqua en proposant une origine quantique de l'univers. Il proposa son modèle d'univers initialement singulier, l'atome primitif, dans lequel une phase de stagnation permet la formation des galaxies. Il suggéra que les rayons cosmiques pouvaient provenir des radiations produites pendant les désintégrations durant la première période d'expansion. Cette hypothèse, préfiguration des modèles de big bang, laissa les physiciens très sceptiques. Einstein et d'autres reprochèrent à cette hypothèse d'avoir été inspirée par le dogme chrétien de la création. Lemaître exprima souvent que le commencement physique du monde était tout à fait différent de la notion métaphysique de création. L'ironie veut qu'en cette même année, Einstein publia un article dans lequel il reconnaît que les observations établissent sans contestation possible que l'univers est en expansion. L'ensemble de la communauté scientifique ne se rangea derrière les modèles décrivant un univers en expansion qu'en 1964, l'année où ils reçurent un début de confirmation grâce à la découverte du fond diffus cosmologique [2, 34].

3,3 L'hypothèse de l'atome primitif de Lemaître confrontée avec celle de l'atome primitif de Gamow

En 1945, Lemaître réunit son œuvre cosmologique dans « *L'hypothèse de l'atome primitif* » [35]. C'est une hypothèse cosmogonique suivant laquelle le monde actuel a résulté de la désintégration radioactive d'un atome. Il a été amené à la formuler en se laissant guider par des considérations thermodynamiques qui cherchaient à interpréter la loi de la dégradation de l'énergie dans le cadre des théories quantiques. La découverte de la radioactivité ainsi que l'établissement de la nature corpusculaire des rayons cosmiques ont rendu plausible son hypothèse qui assignait une origine radioactive à ces rayons ainsi qu'à toute la matière existante.

Cette hypothèse dut se mesurer à celle de George Gamow. Ce dernier aborda aussi le problème fondamental de l'origine de notre univers. Il se demanda pourquoi notre univers s'est-il trouvé dans un état de si haute compression et qu'est-ce qui a déclenché l'expansion ? Sa réponse : La grande compression qui s'est produite au début de l'histoire de notre univers résultait d'un effondrement qui avait eu lieu à une époque encore plus ancienne, et que l'expansion actuelle est simplement un rebondissement « élastique » qui a commencé dès que fut atteinte la densité correspondant au maximum de compression possible. On peut que présumer sur l'ère de pré-compression mais on peut dire que dès

que la densité de l'univers eut atteint sa valeur maxima, le sens du mouvement s'inversa (ce qui explique que l'énergie négative appartient à l'avant Grande compression et l'énergie positive à l'après) et l'expansion commença, de sorte que les très hautes densités n'ont probablement existé pendant un temps très court [36]. La théorie de la Relation partage cette vision cyclique.

En fait, c'est surtout à propos des forces nucléaires que les deux hypothèses s'affrontèrent : nucléaire faible pour Lemaître et nucléaire forte pour Gamow. La radioactivité, c'est-à-dire l'émission spontanée de rayonnement par la matière, avait été découverte en 1896 par Henri Becquerel. Dès 1931, Lemaître propose son modèle d'univers initialement singulier, l'atome primitif qui, instable, n'existe qu'un instant, se brise en morceaux qui se brisent à leur tour et donnent naissance à tous les composants actuels de l'univers. Il suggère que les rayons cosmiques sont les reliques de l'univers primitif. Il avance une origine quantique de l'univers, il introduit l'idée d'un big bang froid, c'est-à-dire une expansion issue de la désintégration radioactive d'un atome-univers. Il eut d'abord un modèle à évolution lente liée à l'intensité de la force faible, responsable de la désintégration, puis, basé sur les nouvelles connaissances de la physique atomique, il bifurqua vers une cosmologie plus rapide, avec une origine explosive. Il donne à sa cosmologie une version plus structurée en 1933, publiée en français sous le titre « L'Univers en expansion » dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*. Dans ce texte, Lemaître démontre, entre autre, l'occurrence de singularités dans les modèles cosmologiques relativistes homogènes [2].

En contrepartie, Gamow propose en 1946 la nucléosynthèse cosmologique. En 1948, Alpher, Bethe et Gamow calculent les abondances des éléments formés dans l'univers primitif. La même année, Alpher et Herman font la prédiction d'un rayonnement de fond cosmologique, sous la forme d'un corps noir à la température de 5 K. En 1952, Baade révisé l'échelle de distances extragalactiques, qui augmente l'échelle de temps cosmique d'un facteur de 2,6. En 1965, Penzias et Wilson découvrent le rayonnement de fond à la température de 3 K. Dicke, Peebles, Roll et Wilkinson en donnent l'interprétation cosmologique dans le cadre des modèles de big bang [2]. En substance, on peut dire que la découverte du rayonnement de fond cosmologique est due au modèle de big bang chaud, que Gamow et son équipe ont réalisée.

Il est important de noter qu'il n'y a pas de succession directe entre l'œuvre de Lemaître et celle de Gamow. La physique nucléaire a été l'inspiration de Gamow ici -- non pas dû en premier à l'influence du travail mathématique préalable de Lemaître ou même du premier professeur de Gamow, Friedmann. Gamow avait lu les articles de Lemaître, de Sitter et d'Eddington sur les modèles en expansion, mais il ne les avait pas appliqués initialement à sa physique de l'univers primitif. À la fin de 1946, Gamow et Alpher décidèrent de développer les idées assez abrégées que Gamow avait émises durant l'année sur la nucléosynthèse primordiale au début d'un univers en expansion. En particulier, cela signifiait que l'on pourrait développer l'hydrogène et l'hélium à partir du gaz neutronique en désintégration de la phase initiale de l'univers. Cela a conduit à l'article de 1948 d'Alpher et Gamow, également connue sous le nom de papier $\alpha\beta\gamma$, un article qui a marqué l'histoire du big bang – et qui, à l'instar des articles importants de Lemaître et

Friedmann, était presque totalement ignoré à l'époque. Ce n'est qu'en 1948, avec le papier $\alpha\beta\gamma$, que Gamow et Alpher et Herman ont réalisé que le modèle qu'ils souhaitaient devait provenir du modèle Lemaître – et, plus important encore, il devait être chaud, pas dans un noyau froid comme l'avait prévu Lemaître. Selon eux, seul un état chaud de millions de molécules pourrait permettre à la nucléosynthèse de « cuire » des éléments tels que l'hydrogène, l'hélium et des éléments plus lourds [37]. .

En d'autres termes, Gamow a pris l'atome primitif de Lemaître et l'a transformé en modèle big bang qui reste la base du modèle standard jusqu'à ce jour. Une des conséquences immédiates d'un modèle de big bang chaud, que Gamow et son équipe ont réalisée, c'est que les radiations de la boule de feu primitive devraient encore rester, même à des longueurs d'ondes très atténuées dans la partie radio du spectre électromagnétique. Là où le modèle de l'atome de Lemaître l'a amené à examiner les rayons cosmiques comme candidats pour les restes des feux d'artifice, le modèle de Gamow suggérait simplement un bourdonnement de micro-ondes à l'arrière-plan de l'univers.

3,4 Schéma de la théorie de l'origine des rayons cosmiques de Lemaître

En 1965, Penzias et Wilson découvrent le rayonnement fossile à la température de 3 K, réalisant ainsi les prédictions de Gamow, Alpher et Herman sur la lumière primitive. On dit depuis que Lemaître n'était pas loin de prédire l'existence du rayonnement de corps noir cosmologique, photons émis à une température d'environ 3 000 K et refroidis d'un facteur 1000 par l'expansion, mais qu'il fera la confusion avec les particules massives du rayonnement cosmique. [2]. On croit savoir maintenant que la plupart des rayons cosmiques proviennent d'un certain nombre de sources telles que le Soleil, certaines étoiles, les supernovae et leurs restes, les étoiles à neutrons et les trous noirs. Cela signifie-t-il pour autant que la suggestion de Lemaître que les rayons cosmiques (particules avec masse) sont des reliques de l'univers primitif est fautive? Nous pensons, comme Lemaître, que le rayonnement cosmique pourrait avoir été créé au commencement du monde parce que ces rayons sont doués d'une énergie de plusieurs milliards d'électrons-volts et que nous ne connaissons aucun phénomène se réalisant actuellement qui soit capable de tels effets. Ce, à quoi ces rayons pourraient ressembler le plus, sont les rayons qui seraient produits lors de désintégrations d'origine super-radioactive. Ils apparaissent comme le souvenir des grandes transformations initiales de l'univers.

La pensée de Lemaître sur l'origine des rayons cosmiques peut être schématisée par les lignes suivantes. On peut évaluer l'énergie totale du rayonnement cosmique à 10^{-34} grammes par cm^3 . Cette valeur a pour base l'évaluation de l'énergie du rayonnement cosmique tombant sur la Terre par centimètre carré de surface et la transformation de cette énergie en masse par la relation $E = mc^2$. Cette valeur énergétique, assez sûre dans son ordre de grandeur, est une « densité de masse équivalente ». Il y a lieu de la comparer à la densité de la matière, c'est-à-dire à ce que l'on obtiendrait si l'on vaporisait toutes les nébuleuses et si l'on répartissait cette matière uniformément dans l'espace. On trouve un ordre de grandeur de 10^{-30} grammes par cm^3 . Les rayons cosmiques, en les supposant répartis uniformément dans l'espace, ont une intensité considérable puisqu'elle est de

l'ordre du dix millièmes de toute l'énergie existante. Il semble impossible d'expliquer une telle énergie qui représente un dixième de toute l'énergie existante, si ces rayons n'ont pas été produits par un processus qui a mis en jeu toute la matière existante [38].

Imaginons alors des sphères idéales qui seraient les zones neutres d'attraction entre nébuleuses voisines. Ces sphères sont en expansion, puisque tout le système de l'univers est en expansion, les nébuleuses dans chaque sphère se séparent de plus en plus. La radiation cosmique traverse ces sphères, mais, comme l'ensemble est symétrique, on peut aussi bien l'imaginer rebondissant sur la surface de ces sphères. Avec cette image, on comprend que le rayonnement cosmique doit perdre de l'énergie puisqu'il rebondit sur un corps qui s'enfuit. Le calcul montre que cette énergie varie en raison inverse du rayon de la sphère. Ainsi, à supposer que les rayons cosmiques se soient produits quand le rayon de la sphère était le dixième de ce qu'il est maintenant, l'énergie du rayonnement cosmique aurait atteint alors non pas le dix millièmes, mais le millième de l'énergie totale de l'univers. Ce qui suppose que les rayons cosmiques viennent de loin et ne sont pas dus à une nova ou à un petit nombre d'étoiles proches. Aucune explication satisfaisante n'est donnée pour les rayons cosmiques qui sont 100 milliards de fois plus énergétiques que les autres et frappent chaque km^2 de la surface terrestre une fois par siècle environ. Des modèles ont déjà invoqué des rayons cosmiques ultra-énergétiques issus du big bang, comme quoi Lemaître n'aurait pas eu totalement tort sur cette question. Notre modèle prévoit aussi des rayons cosmiques ultra-énergétiques issus du big bang. Nous pensons que l'hypothèse de rayons cosmiques fossiles est tout aussi véridique que l'existence du rayonnement de corps noir cosmologique.

3,5 Le modèle froid de Lemaître est-il aussi vrai que le modèle chaud de Gamow ?

Nous sommes alors confrontés à cette autre question : si nous soutenons que l'idée de Lemaître de rayons cosmiques fossiles est tout aussi véridique que le rayonnement diffus de fond cosmologique, cela signifie-t-il que le modèle d'univers de Lemaître d'un quantum unique froid est tout aussi vrai que le modèle d'univers radiatif chaud de Gamow ?

À ce stade, on doit dire que les premiers modèles de big bang ne tenaient compte que d'une seule force de la nature, la gravitation, décrite à l'aide du formalisme de la relativité générale. La gravitation, attractive et de portée infinie, domine à grande échelle mais est incapable de décrire les conditions physiques de la matière à petite échelle qui prévalaient au commencement de l'univers. La relativité générale constitue une théorie spécifique de la gravitation, par conséquent incomplète. Ses équations perdent toute validité lorsque les particules présentes dans l'univers primordial, dotées d'énergies gigantesques, subissent d'autres interactions que la gravitation [33].

À cette « cosmologie relativiste », Lemaître opposa le premier une « cosmologie quantique ». En 1934, il fait le lien entre la constante cosmologique et l'énergie du vide dont il fut le premier à en calculer l'énergie et à lui associer une pression négative. Cependant, il n'avait aucune équation pour expliciter l'hypothèse du quantum unique. Quant à Gamow, il pensait que quelques éléments chimiques avaient été produits au cours des premières minutes du big bang et que le rayonnement qui en restait devait

être omniprésent. En conséquence de l'expansion cosmique, ce rayonnement originel devait s'être refroidi jusqu'à une température de 5° au-dessus du zéro absolu [25]. Tout comme Lemaître, il n'avait pas plus d'équation pour son « Ylem », cette grande Compression dans un état de complète désagrégation d'où les constituants durent émerger. Ils remarquèrent, Lemaître le premier, l'étroite corrélation entre les phénomènes d'expansion observés et certaines conséquences mathématiques de la théorie de la relativité généralisée d'Einstein. Et, comme tous les autres, ils se rabattirent sur l'équation Friedmann-Einstein, ainsi donc sur les insuffisances de la relativité générale.

Au moment de la découverte en 1965, par Penzias et Wilson, du rayonnement fossile de fond, l'hypothèse de l'atome primitif devint, sous le nom médiatique de big bang, une théorie physique à part entière. L'ironie de l'histoire veut que la nouveauté radicale introduite par Lemaître et Gamow qui consiste à lier la structure de l'univers à grande échelle à la nature intime des atomes, nage plus que jamais en pleine spéculation. L'incompréhension persistera tant que la mécanique quantique restera inconciliable avec la relativité générale. La première peut rendre compte des fameuses fluctuations quantiques qui ont présidé à la naissance de l'univers. C'est l'ère de Planck où les durées caractéristiques des phénomènes y sont de 10^{-43} s.

En revanche, les observations d'Edwin Hubble sur la fuite des galaxies ne peuvent s'expliquer que dans le cadre de la relativité générale. La durée à prendre en compte est l'âge de l'univers, c'est-à-dire 15 milliards d'années, soit 10^{17} s. Il y a donc un facteur 10^{60} entre les deux échelles ! Le réel est un fossé de 60 ordres de grandeur qu'aucune théorie, actuellement, ne peut décrypter, sauf la théorie de la Relation.

4 Une équation fondamentale

4,1 Une équation qui dit d'où provient le temps

Nous avons dit que Lemaître avait fait le lien entre la constante cosmologique et l'énergie du vide. La théorie de la Relation, elle, avance que l'énergie du vide, la constante cosmologique, l'énergie noire et l'onde d'espace-temps cosmologiques constituent une seule entité. Elles ont la même saveur, couleur et odeur, pour qu'on puisse certifier qu'elles se confondent à travers le temps cosmologique [33].

Le temps cosmologique de cet espace-temps est la clé de la théorie de la Relation. Le temps t_0 du terme $t_0 c$ de l'équation est issu de M_{VP}^2 qui représente l'énergie-matière. Il émerge de l'énergie cinétique en dilatation des protons, c'est-à-dire d'une cosmologie quantique. C'est un temps physique consubstantiel à l'univers qui naît et qui est indicateur d'une énergie propagée à la vitesse de la lumière. Le terme " $t_0 c$ " désigne un rayon à partir du point central d'une sphère créée par le grand boom initial (en l'occurrence, la longueur de Planck de la sphère de Planck, mais elle peut rétrécir en direction du point zéro absolu). L'image du big bang en tant qu'explosion cosmique expulsant tout le contenu matériel de l'univers, comme les éclats d'un obus, est une représentation utile et non trompeuse en autant que ces éclats fabriquent l'espace-temps au lieu d'être dedans. Le big bang serait une éruption d'espace-temps-matière

comprimés, dont le déploiement, comme une onde de choc, transporterait encore à ce jour matière et énergie [39].

Ce mouvement radial est une onde électromagnétique. Nous pouvons dire que le rayon de l'espace-temps appartient à la famille des ondes électromagnétiques: la longueur d'onde est le rayon ($\sim 10^{26}m$) de l'univers et la période ($\sim 10^{17}s$) est son âge. Tout comme la théorie électromagnétique de la lumière de Maxwell, l'onde d'espace-temps est une onde d'oscillation des champs électriques et magnétiques qui se propagent dans l'espace. Nous pouvons l'appeler onde électrogravitationnelle ou onde électromagnétique de l'espace-temps. Elle transporte énergie et impulsion. En fait, c'est l'onde stationnaire électromagnétique [40], le « rayonnement » à $2,7K^0$ ou l'énergie du vide.

L'équation donne une constante cosmologique négative qui imprime une décélération de l'expansion de l'univers. Sa pression positive exerce une force attractive. Cette décélération de l'univers affecte-t-elle le cours du temps ? La physique distingue formellement le cours du temps de la flèche du temps. Le cours du temps désigne le fait que le temps passe et qu'en passant il produit de la durée. Il engendre la succession des événements et relève de la causalité, du fait que le temps passe dans un seul sens sans faire machine arrière. La flèche du temps, elle, présuppose l'existence d'un cours du temps bien établi au sein duquel certains phénomènes sont eux-mêmes temporellement orientée, c'est-à-dire irréversibles : une fois accomplis, il est impossible d'annuler les effets qu'ils ont produits. Dans le cadre de l'expansion, il semble que le cours du temps et la flèche du temps procèdent en définitive d'une seule et même réalité.

Pouvons-nous prétendre, avec cette relation où le temps issu de l'énergie-matière M_{VP}^2 lie la physique de l'infiniment grand à celle de l'infiniment petit, expliquer l'émergence de l'irréversibilité observée à l'échelle macroscopique à partir de lois physiques qui l'ignorent à l'échelle microscopique ? Nous savons que selon les équations de la physique actuelle, tous les phénomènes ayant lieu au niveau microscopique sont réversibles, ils peuvent se dérouler dans un sens aussi bien que dans l'autre. La dynamique des phénomènes ne dépend pas de l'orientation du cours du temps. Nous pourrions appeler passé ce que nous appelons avenir, et vice versa, sans affecter le processus physique duquel ils participent. Par contre, à notre échelle, nous n'observons que des phénomènes irréversibles, des phénomènes fléchés. La plus ancienne explication est fondée sur le deuxième principe de la thermodynamique, selon lequel tout système physique évolue en général sans revenir à sa configuration initiale : de l'eau tiède ne redevient jamais de l'eau chaude d'un côté, de l'eau froide de l'autre. Cependant, il nous apparaît probant que si l'univers, après son expansion, entrait en phase de contraction, cela impliquerait un renversement, non pas du cours du temps, mais de la flèche du temps. L'irréversibilité de l'expansion ne serait que de fait, non de principe [41].

Quelle est la véritable origine du temps cosmologique ? Notre équation, ainsi que les équations de la cosmologie traditionnelle (issues de l'équation Friedmann-Lemaître) permettent de remonter jusqu'à l'échelle de Planck, où, en deçà, les représentations habituelles de l'espace et du temps perdent toute signification. Certes, la théorie de l'univers cyclique permet d'envisager un « pré-temps » différent du temps physique habituel (réversible), mais cette notion ne fait que déplacer d'un maillon la chaîne de

causalité qui remonte le temps, chaîne qui soit n'a pas de commencement, soit qui aboutit à une cause première. On peut appeler « instant zéro » ce premier instant qui correspond à une situation où les équations commencent d'être valables. Ce premier instant n'en est pas tout à fait un, au sens où ne correspond aucunement à « l'instant zéro absolu » de l'origine de l'univers.

Comment le temps cosmologique s'est-il mis en marche ? L'expansion de l'univers devient le véritable moteur du temps. Notre modèle mathématique est sans ambiguïté : l'univers décélère. Cette décélération de l'expansion va à l'encontre du phénomène de l'accélération doté d'une constante cosmologique positive qui donne lieu à une force répulsive universelle avec une densité de l'énergie du vide qui reste la même – ce qui nous apparaît absurde –, tandis que la matière ordinaire se dilue et finit par ne plus pouvoir ralentir [42]. Il semble assuré que ce ne soit pas le cas dans la théorie de la Relation. Ce qui est révolutionnaire dans cette dernière, c'est que dans le processus d'expansion, l'énergie du vide au début devait être 10^{120} fois plus élevée qu'aujourd'hui où la densité de la constante cosmologique est presque égale à zéro. C'est elle qui se dilue et finit par ralentir l'expansion. Nous avons une constante cosmologique négative qui donne lieu à une force attractive universelle [6]. En revanche, la matière ordinaire (qui est l'énergie potentielle de notre équation) devait avoir une masse gravitationnelle presque nulle au début, elle se renforce et son effet attractif augmente toujours. Ni la relativité générale, ni la physique quantique, ni une éventuelle synthèse des deux ne permettent aujourd'hui de décrire l'apparition de l'univers comme un événement physique. Comment pourraient-elles le faire alors qu'elles considèrent que le passage du temps est une illusion ? La réalité définie par la relativité restreinte est un bloc espace-temps quadridimensionnel où il est impossible de définir un « maintenant ». La relativité générale dit que ce bloc est en fait un bloc espace-temps-force-matière où le contenu force-matière est imbriqué dans le contenant espace-temps qu'il déforme par sa présence. La théorie quantique dit que ce bloc est multiple.

Les notions de temps universel et d'unicité de la réalité n'existent pas pour ces théories alors qu'elles sont au cœur de la théorie de la Relation. Le saut conceptuel fut d'introduire la notion de flux temporel et celle d'orientation temporelle (ou flèche temporelle). Cette flèche temporelle implique des strates privilégiées qui correspondent à l'idée d'une « strate du maintenant » qui se déplacerait vers le futur comme si un projecteur éclairait successivement les « strates de densité » de l'espace-temps [43]. Le cours du temps, ainsi que la flèche du temps, résulteraient de l'irréversibilité temporelle cosmique fondamentale de l'expansion et correspondraient à des propriétés émergentes de la cosmologie quantique [44].

L'univers a fait éruption à partir d'un événement énergétique singulier, qui donna naissance à tout l'espace et à toute la matière. Notre équation remonte à cet « instant zéro » d'où émerge le temps cosmologique. Cet instant zéro, correspond à la 10^{-43} s qui a suivi le big bang, connue sous le nom de temps de Planck où la température est estimée à 10^{32} kelvins. Il correspond aussi à l'augmentation maximale de masse quantique obtenue par la relativisation, ou la transformation de Lorentz, en allant de v^2 vers c^2 . Si

l'expansion décélère, c'est-à-dire si le moteur du temps diminue son régime, la vitesse passe de c^2 vers v^2 , et le cours du temps devrait lui-même « décélérer ».

L'énergie se répandit en créant l'espace-temps, et refroidit. Nous pouvons voir ce gel dans la formule de deux manières, car il y a deux vitesses. Tout d'abord, une baisse de la vitesse de " M_{VP}^2 " provoqua une chute graduelle de la température et un ralentissement du rythme d'expansion, et une concomitante augmentation de la gravité. Les fermions, *a priori* à l'état de rayonnement, maintinrent leur vitesse maximale jusqu'à environ 300,000 ans et le découplage de la matière du rayonnement s'opéra lorsque la vitesse passa sous c . La flèche du temps, qui renvoie à la possibilité qu'ont les choses de connaître au cours du temps des changements ou des transformations irréversibles, est dans notre équation une propriété des phénomènes matériels puisqu'elle origine de " M_{VP}^2 ". Deuxièmement, la vitesse c de la longueur d'onde électromagnétique de l'espace-temps : lorsque l'univers devint celui d'aujourd'hui, l'énergie cinétique et la densité du rayonnement s'amoinèrent. La ligne d'espace-temps " t_0c " véhicule un champ de bosons de moins en moins énergiques qui se propage à la vitesse de la lumière. Chaque seconde contient moins d'énergie-événement, et l'univers—dans son ensemble—ne change notablement pas au fil des secondes.

4,2 Les valeurs de Planck ; mur de Planck

Au temps de Planck, c'est-à-dire lors de la période de l'univers la plus ancienne que nos seules équations parviennent à concevoir, l'univers était nerveux et sec, minuscule et gorgé d'énergie, et son espace-temps avait une structure « bizarre ». Le mur de Planck s'exprime sous la forme d'un temps, d'une longueur et d'une énergie caractéristiques. Le mur de Planck se rapporte à des circonstances dans lesquelles les phénomènes quantiques et gravitationnels commencent à vraiment s'imbriquer. Sa description doit faire intervenir ensemble la constante de la gravitation G , la vitesse de la lumière c et la constante de Planck h . Leur combinaison conduit aux résultats suivants :

L'énergie de Planck est donnée par l'expression $hc^5/G)^{1/2}$. Elle vaut dix milliards de milliards de fois l'énergie de masse d'un proton, soit 10^{19} GeV. La matière à cette époque était furieusement agitée. La longueur de Planck est donnée par l'expression $(hG/c^3)^{1/2}$. Elle est égale à quelque 10^{-35} mètres, soit dix-sept ordres de grandeur de moins que la taille d'un quark ou d'un électron. On l'interprète en disant qu'en deçà de cette échelle de distance, la notion d'espace telle que nous la décrivons dans nos théories physiques n'a plus de sens. Le temps de Planck est donné par l'expression $(hG/c^5)^{1/2}$. Il vaut quant à lui à peu près 10^{-43} s. Le mur de Planck s'applique à l'univers tel qu'il était 10^{-43} s après le big bang [33]. Le temps t_0 employé à l'échelle de Planck est un temps pendant lequel l'univers naissant était gouverné par les effets quantiques, un temps pendant lequel les effets gravitationnels quantiques et relativistes des grandeurs de Planck deviennent simultanément comparables. Cela suggère que la description correcte de l'espace-temps-matière dans l'univers primordial requiert une théorie combinant gravitation relativiste et mécanique quantique [45].

La théorie de la Relation offre une équation qui intègre les deux théories. Nous l'avons écrite en (2) plus haut [$ke^2 = M_{VP}^2 t_0c$, où M_{op} est la masse de repos ; $M_{op} (1/(1 - v^2/c^2)^{1/2})$, ou M_{vp} , est la masse de repos + l'énergie cinétique (T)]. Les particules viennent en paires, chacune avec leur contrepartie antiparticule :

$$\pm ke^2 = \pm [M_{op}/(1 - v^2/c^2)^{1/2}]^2 t_0 c. \text{ À notre époque } (v = 2/3c), \text{ cela devient } 2,3 \times 10^{-28} \text{ kg m}^3 \text{s}^{-2} = (2,2439 \times 10^{-27} \text{ kg})^2 (1,528 \times 10^{17} \text{ s}) (3 \times 10^8).$$

Mais à l'époque des valeurs de Planck, l'antagonisme entre les deux théories est apaisé et elles sont réunies pour la première fois. Si nous appliquons

$$\pm ke^2 = \pm M_{VP}^2 t_0 c = \pm M_{VP}^2 h/m_0 c = \pm M_{VP}^2 2GM^0/c^2, \quad (10)$$

la masse du « baryon-proton » M_{vp} sera $1,479 \times 10^3 \text{ kg}$ ($2,3069 \times 10^{-28} = M_{VP}^2 3,51 \times 10^{-43} \text{ c}$). La longueur d'onde $\lambda = t_0 c = R = h/(2\pi m_0 c) = \hbar/(m_0 c) = 1,05458 \times 10^{-34} \text{ m}$. Nous utilisons \hbar avec le temps de Planck (\hbar/c) et la longueur de Planck : ceci est cohérent avec $t_0 c$, qui est linéaire, et non circulaire. [Il peut sembler pour le moins bizarre de constater que la longueur d'onde $1,05458 \times 10^{-34} \text{ m}$ égale numériquement la valeur de \hbar en J sec ($1,05458 \times 10^{-34}$). Nous l'expliquons à partir de la relation $Et = h$; $Et = 2\pi\hbar$; $(m_0 c/2\pi) t_0 c = \hbar$. La masse de Planck [$ke^2 = M_{VP}^2 h/(m_0 c)$; $2,3069 \times 10^{-28} = 2,1874 \times 10^6 h/(m_0 c)$; $m_0 = 2,0958 \times 10^{-8}$], dans l'expression $(m_0 c/2\pi)$ donne 1, d'où $t_0 c = \hbar$.]

Avec l'onde de de Broglie qui voyage à la vitesse de la lumière comme celle de la particule m_0 , le boson m_0 donne $2,09 \times 10^{-8} \text{ kg}$ ($ke^2 = M_{VP}^2 h/m_0 c$). Nous appliquons $h/m_0 c$ parce que la mécanique quantique décrit une particule, et non un rayon. Tout se passe comme si la lumière était constituée de grains, et que chaque grain de lumière avait une énergie proportionnelle à la fréquence ν de la lumière: $E = h\nu$. On écrit $\varepsilon = \hbar\omega = 2\pi\hbar\nu = h\nu$ (ω est la pulsation tandis que ν est la fréquence ; $\omega = 2\pi\nu$). Nous venons d'assimiler \hbar à une longueur d'onde, une distance, un rayon, il va de soi que $2\pi\hbar = h$ représente la circonférence d'un « quantum » d'énergie du rayonnement, ce qui constitue une particule, d'où l'utilisation de $h/m_0 c$.

Avec $ke^2 = M_{VP}^2 2\pi GM^0/c^2$, la relativité générale détermine la masse de l'univers au temps Planck ; $M^0 = 2,26 \times 10^{-8} \text{ kg}$. Nous employons $2\pi GM^0/c^2$ (pas GM^0/c^2) parce que le terme décrit une masse avec une circonférence, pas un rayon.

Au lieu d'avoir $M_{Planck} = (hc/2\pi G)^{1/2} = 2,1768 \times 10^{-8}$, qui semble être une de deux masses similaires, nous avons $M^0 m_0 = hc/2\pi G$, qui sont deux masses différentes : $m_0 = 2,09 \times 10^{-8} \text{ kg}$ de la théorie quantique et $M^0 = 2,26 \times 10^{-8} \text{ kg}$ de la relativité générale. La masse de Planck $2,1768 \times 10^{-8} \text{ kg}$ est en fait la moyenne de ces deux masses distinctes $(M^0 m_0)^{1/2}$. Leur valeur numérique correspond à la masse de Planck $[(\hbar c/G)^{1/2} = 2,17682 \times 10^{-8} \text{ kg}]$ et elles font penser aux célèbres variables cachées.

4.3 La nouvelle variable : M_{VP}^2

Le nouveau paramètre M_{VP}^2 , ou $[M_{op}/(1 - v^2/c^2)^{1/2}]^2$, est un élément essentiel. Sa valeur change tout au long de l'expansion. La transformation de Lorentz de cette variable [12] inscrit l'équation dans une cosmologie relativiste (quoique notre modèle mathématique soit central et global tandis que la relativité générale est avant tout périphérique et locale). La vitesse v de cette transformation, qui part de la vitesse de la

lumière et se dirige vers 0 (elle serait environ $2/3c$ aujourd'hui), constitue une vitesse variable de la lumière.

La valeur de M_{VP}^2 (deux protons relativisés avec une vitesse proche de la lumière) au temps de Planck se confond avec l'« isotope du neutron » (appelé aussi le « quantum unique ») de Lemaître ou avec l'atome primitif de Gamow. Une énergie cinétique gigantesque est emmagasinée dans cet atome très dense et très chaud sous forme de masse électromagnétique. Lorsque toute cette énergie est libérée, elle apparaît dans l'univers sous deux formes : d'une part l'énergie des rayonnements électromagnétique, sans masse ; d'autre part, une énergie mise en jeu par des mouvements de masse, l'énergie cinétique.

Dans notre équation, t_0c représente l'émission du rayonnement électromagnétique, sans masse [33]. Pendant les 380 000 ans qui ont suivi le big bang, la lumière ne pouvait pas se propager librement dans l'espace : la densité de matière était telle que les photons ne cessaient d'y interagir avec des particules de matière, de sorte que l'univers était un milieu opaque à sa propre lumière. Son refroidissement continu a toutefois fini par provoquer un changement de phase après 380 000 ans d'expansion, lorsque la température de l'univers n'était plus que de 3 000 kelvins : les électrons furent capturés par des noyaux, formant ainsi des atomes électriquement neutres. Comme les photons interagissent peu avec les atomes, ils purent se propager librement dans l'univers, sans rencontrer d'obstacle à chaque pas. Ce rayonnement qui s'est libérée de la matière constitue aujourd'hui ce qu'on appelle le « fond diffus cosmologique » (détecté en 1964 par Arno Penzias et Robert Wilson). C'est la lumière prédit par l'atome chaud de George Gamow.

Dans l'équation $ke^2 = M_{VP}^2 2\pi GM^0/c^2$ au temps de Planck, M_{VP}^2 représente l'énergie cinétique de l'univers tandis que M^0 de $2\pi GM^0/c^2$ représente son énergie potentielle. Lors de l'explosion initiale, premier stade du big bang, M_{VP}^2 libère la masse d'inertie extraordinaire (due à une résistance à une mise en mouvement, résistance à une accélération) qu'elle contenait. Dans les minutes qui ont suivi le big bang, quelques réactions nucléaires se sont produites ; l'hélium fut alors synthétisé. Les premiers stades de l'expansion ont consisté en une expansion rapide déterminée par l'énergie-matière de l'univers tout entier condensée dans le quantum initial de Lemaître, égale à peu près à la masse de l'univers. Si l'on admet que le rayonnement cosmique a été émis au cours des premières fragmentations de l'univers, il correspondrait à des transformations du genre de celles qui accompagnent les phénomènes radioactifs que nous connaissons, mais avec une généralité considérablement plus grande. Souvent, au cours d'un même phénomène, la radioactivité se manifeste sous la forme de désintégration, α douée de masse, d'autre part sous forme d'énergie électromagnétique, l'émission d'un rayon γ , sans masse. Le rapport entre la longueur d'onde de l'espace-temps et la longueur d'onde des rayons gamma cosmiques est $(10^{26}m/10^{-1} m) \approx 10^{40}$.

Ainsi les rayons cosmiques seraient les témoins de l'activité primitive du Cosmos et nous auraient conservé, en se propageant, pendant des milliards d'années, dans l'espace

admirablement vide, le souvenir de l'âge super-radioactif. Nous endossons cette hypothèse de Lemaître, et il est probable qu'elle finira par être vérifiée.

5 Discussion sur le modèle de la théorie de la Relation et la théorie classique du big bang

Tous les modèles proposés par Lemaître, et consolidés par Gamow, concernant l'expansion de l'espace se réfèrent à l'équation d'Einstein-Friedmann. La cosmologie relativiste qui s'en dégage est à l'origine de la cosmologie standard du big bang qui réussit à donner l'âge approximatif de l'univers en expansion, son histoire antérieure et future, ainsi que, à notre sens, la dérive irrationaliste de l'accélération de l'expansion. Cependant, les premiers modèles de big bang ne tiennent compte que de la gravitation, décrite à l'aide du formalisme de la relativité générale. Ils n'ont rien à voir avec les quanta et les interactions électromagnétique, nucléaire forte et faible, qui déterminent le comportement de la matière au début [33].

L'équation que nous proposons, développée dans un travail antérieur [3], bien qu'elle n'ait rien à voir avec l'équation d'Einstein-Friedmann, donne des résultats du même ordre sur l'âge de l'univers, ainsi qu'avec les résultats obtenus par Hubble ou par l'analyse du fond diffus cosmologique. Elle convient véritablement à la « cosmologie quantique » : elle prend sa source dans la mécanique quantique et repose également sur la cosmologie relativiste issue de la théorie de la relativité générale. Elle apporte un contexte théorique différent sur l'origine quantique de l'univers, intègre un temps cosmologique irréversible, donne un éclairage nouveau sur la constante cosmologique, l'énergie du vide et l'énergie noire. Elle a l'avantage de pouvoir nous apprendre beaucoup sur la structure interne de l'univers, puisque cette structure est incluse dans le modèle. Elle révèle le rôle fondamental joué par l'énergie du vide quantique, tant dans le processus de naissance de l'univers que dans la phase d'expansion qui en découle. Elle introduit l'énergie négative. Elle prédit un univers en expansion en constante décélération et contredit la phase d'expansion accélérée qui semble actuellement en vigueur.

La cosmologie quantique de la théorie de la Relation vise à décrire l'évolution de l'univers dans son ensemble du point de vue quantique par l'intermédiaire d'une « fonction d'onde d'espace-temps de l'univers », mais n'implique pas nécessairement la quantification de la gravitation. Force est de reconnaître que la cosmologie quantique n'est pas une théorie de la gravitation quantique. Cette dernière cherche à décrire les phénomènes à très petite échelle et n'implique pas obligatoirement la description de l'univers dans son ensemble. Plusieurs hypothèses sont candidates pour la gravitation quantique, bien qu'on aspire à une théorie unique, cohérente et satisfaisante sur le plan conceptuel, dont la mécanique quantique et la relativité générale ne seraient que des approximations valides dans leurs domaines respectifs [45].

Dans un article de la revue *Astrophysical Journal* [46], une équipe d'astronomes dirigée par Fred Hoyle a affirmé qu'il est possible de concevoir une cosmologie sans faire appel à la théorie classique du big bang. Déjà dans les années cinquante, Fred Hoyle avait soutenu une théorie opposée à celle du big bang, connue sous le nom de théorie de

« l'état stationnaire » ou de la « création continue ». Il revint donc, plus de quarante ans après, avec un modèle en partie identique à celui qu'il a dû abandonner. Avec une différence de taille cependant : si l'idée de création continue est sauvegardée, elle ne se produit plus partout dans l'espace mais en des endroits privilégiés. Et il n'y aurait pas eu une explosion initiale mais une infinité de mini-big-bang. Et voici transgressée la théorie taboue du big bang par des astronomes qui affirment qu'il n'y a pas eu un big bang unique et créateur mais des mini big bang répétitifs qui font de l'histoire de l'univers un éternel recommencement [47].

D'une façon très large, notre modèle considère l'univers comme un fragment de multivers, qui s'apparente à une marmite de soupe en ébullition perpétuelle ; formant continuellement de nouvelles bulles. Celles-ci finissent par croître et éclater, mais le pot de soupe est éternel. Chacune d'elles étant un univers commencé par un big bang. Souvent ces bulles-big bang proviennent de bulles internes de la marmite qui se sont terminées en big crush. Ce dernier devient le big bang d'un univers comme le nôtre. Ainsi peut s'expliquer la dualité contradictoire de notre univers. Notre univers a été enfanté par un autre univers qui continue son enfantement en se désagrégant en notre univers.

Tout se passe comme si deux univers cohabitaient, comme s'il y avait deux univers en un, le nôtre qui se forme sur le compte d'un univers qui n'en finit plus de se désintégrer [5]. À cause de l'inversion de la flèche du temps cosmologique, basée sur les lois de la thermodynamique, l'énergie du monde qui s'est contractée est négative par rapport à l'énergie positive de notre monde en expansion. Or, au motif que l'existence de particules d'énergie négative ne serait pas conforme à la réalité observable, c'est la moitié de notre univers qui est niée [48].

L'existence de particules d'énergie négative a été rayée d'un trait de plume par la plupart des physiciens. Elle fait pourtant partie des résultats obtenus par Dirac dans sa formulation des équations de la mécanique quantique. [49]. Ces équations, qui restent le fondement de la théorie quantique, font apparaître un continuum d'états d'énergie négative. Si l'on considère l'énergie de liaison d'un atome d'hydrogène, les équations décrivent toute une série d'énergies possibles, avec un état d'énergie minimale. En dessous de cet état d'énergie minimale positive, l'énergie devient nulle sur un très long intervalle de vide, puis reparaît sous forme négative, et se développe dans l'autre sens avec une infinité d'états. D'un point de vue conventionnel, ces états d'énergie négative sont jugés surnuméraires et superflus, mais pour Dirac, ces états avaient une réalité. C'est en calculant à partir de ces états d'énergie négative qu'il prédit l'existence du positron. L'expérimentation devait lui donner raison. Cette décision arbitraire des physiciens d'écarter ce type de particule d'énergie négative, prévu explicitement par les équations de Dirac, fausse aujourd'hui tous les raisonnements de la physique cosmologique. Cette question fut l'objet de deux articles précédents [50, 32].

Les astrophysiciens auraient intérêt à s'interroger sur les fondements de leur credo. Outre qu'elle part d'un commencement dont nous ne connaissons rien, que ce soit par l'observation ou par l'expérimentation, qu'elle ne répond pas aux critères élémentaires de

la science, la théorie du big bang standard est contredite par plusieurs observations actuelles, dont on se refuse à tenir compte. Par exemple, on a laissé de côté les observations subtiles effectuées par les astronomes de l'observatoire de Burakan (de l'Académie des Sciences d'Arménie) dont Viktor Ambartsumian était le directeur. Les travaux des astronomes arméniens ont confirmé la nouvelle hypothèse de la formation des étoiles selon laquelle l'évolution se faisait de la condensation à la raréfaction, des corps hyperdenses aux corps moins denses. Ils ont en outre confirmé que les lieux de naissance des nouvelles galaxies étaient les centres des vieilles galaxies. Ces dernières enflent, de temps en temps, manifestent une tendance à se diviser et à éjecter de puissants nuages de gaz contenant des électrons libres qui expliquent la puissante émission de rayons radioélectriques. Les protons rapides, eux donnent naissance à des particules cosmiques. Ils ont confirmé la théorie de la division des galaxies : ils remarquèrent que dans certains cas, du centre d'une galaxie géante s'échappait un jet qui se terminait par une galaxie naine dont la couleur, à la différence des « vieilles galaxies », jaunes et rouges, était bleue. Il s'agissait d'une mise au monde d'une petite galaxie par une grande. Avec le temps, le jet de liaison – sorte de « cordon ombilical » – devrait disparaître en donnant au « rejeton » la possibilité de commencer une vie indépendante. De telles galaxies naines furent découvertes à proximité de nombreuses supergalaxies [51, 52].

Parce que la théorie standard ne peut expliquer certains phénomènes, ses défenseurs ont développé une aptitude à ignorer systématiquement ces faits [53]. Les observations démontrent que, contrairement au postulat Lemaître-Gamow, les étoiles et les galaxies ne se sont pas structurées en une seule fois et que leur âge peut être fort différent. Est-ce à dire que l'on doit pour autant infirmer l'hypothèse de l'atome primitif pour l'ensemble du cosmos ? Certainement pas.

Nous pensons que notre univers a subi les deux processus : il y a environ 15 milliards d'années (à l'échelle de Planck, et non au zéro absolu), la matière primaire, alors dense et chaude, a commencé son expansion. L'expansion aurait été précédée d'une période de contraction et elle ne se serait pas produite en même temps pour toute la matière. Dans le monde en contraction une grande partie de la matière s'est contractée plus vite que l'autre, donnant le big crush qui est pour nous le big bang. Le premier processus voudrait que l'énergie cinétique de l'explosion primordiale qui a engendré l'expansion serait contrebalancée par l'attraction gravitationnelle qui a causé dans les premiers temps de l'univers la formation d'une grande partie des objets condensés (atomes, molécules, étoiles...). La séquence variation de densité-effondrement gravitationnel-accrétion serait l'apanage du modèle standard. Le deuxième processus concerne des morceaux isolés de matière provenant du pré-univers qui s'est contracté et qui auraient été retardés dans leur apparition et développement. Il s'agirait de noyaux de matière hyperdense préexistants comme point de départ à des formations galactiques ou stellaires. Ce sont des phénomènes observés et localisés dans le temps et dans l'espace. Ils proviendraient de la matière retardataire qui, au bout d'un certain temps, apparaît, se dilate à son tour, se met à interagir avec le milieu environnant, engendrant les foyers d'intense rayonnement et les violents enchaînements que nous observons actuellement. L'effet explosif violent d'une forte pression négative à

l'intérieur d'une région localisée où a eu lieu un important mécanisme de création, par exemple des noyaux galactiques actifs, produit une éjection à partir de cette région.

Des photos prises par des spécialistes ont démontré le phénomène de l'éjection. Des exemples ont été fournis. Il existe un grand nombre d'objets dont les figures donnent des exemples de preuve directe que des objets discrets -- galaxies ou quasars -- présentant un fort déplacement vers le rouge sont éjectés de noyaux galactiques à faible déplacement vers le rouge. La théorie standard n'offre aucune explication de ce type de phénomène, que ses défenseurs n'ont cessé d'ignorer. Il s'agit pourtant de faits bien réels.

Même si l'on n'accepte qu'avec circonspection l'hypothèse d'Ambartzoumian, selon laquelle ces formations stellaires auraient pour origine une concentration préalable de matière hyperdense (plasma nucléaire) dans des protoétoiles (parce que l'on n'a jamais détecté de protoétoiles dans nos limites d'observation), il n'en reste pas moins vrai que, souvent, tout se passe, non pas comme si les étoiles se groupaient en galaxies, mais plutôt comme si les étoiles se formaient en quelque sorte à partir d'un noyau galactique (lui-même hyperdense) puisque les galaxies, composées de milliards d'étoiles, se développent ensuite sous l'aspect que nous leur connaissons, avec leur propre mouvement de rotation. Le physicien Milne a déjà tenté de concilier la thèse de l'atome primitif avec la formation continue des étoiles ou des galaxies et avec leur évolution. Tout en conservant l'idée d'une explosion initiale de toute la matière concentrée « quelque part » à l'instant « zéro » – explosion provoquant par dispersion moléculaire la création d'un espace en expansion constante dans le temps, Milne admit, toutefois, que les particules se groupaient progressivement pour former des étoiles puis des systèmes stellaires. Des observations par la suite ont démontré que les étoiles naissent par groupes au sein des galaxies, et qu'elles s'écartent ensuite les unes des autres.

Le développement qui précède semblerait impliquer – si nous acceptons la conception d'Ambartzoumian de l'existence préalable de protoétoiles – que des noyaux hyperdenses ont eux-mêmes précédé la formation des galaxies. Les protoétoiles pourraient n'être que des fragments de ces noyaux, qui, en se scindant primitivement eux-mêmes, eussent pu donner lieu à la formation par groupes (ou au moins par couples) de galaxies. Or ceci, qui n'est plus une simple vue de l'esprit, concorde, dans une certaine mesure, avec l'hypothèse cosmogonique de Lemaître en 1931 selon laquelle le monde actuel a résulté de la désintégration radioactive d'un atome. Guidé par des considérations thermodynamique qui cherchaient à interpréter la loi de la dégradation de l'énergie dans le cadre des théories quantiques, la découverte de l'universalité de la radioactivité, depuis lors, rendent plus plausible sa suggestion qui assignait une origine radioactive à toute la matière existante cosmiques ainsi qu'aux rayons cosmiques les plus puissants qui seraient les reliques de l'univers primitif.

6 Conclusion

L'année 1998 est celle d'un mauvais coup de théâtre ; la découverte expérimentale de l'accélération de l'expansion de l'univers. Les astrophysiciens ont observé plusieurs supernovae lointaines de type Ia faisant office d'étalons lumineux. Les résultats

indiquent qu'elles semblent plus éloignées que ce qui était attendu. Leur position laisse supposer que l'expansion de l'univers serait en phase d'accélération depuis au moins six milliards d'années. Par contre, les galaxies très lointaines dans lesquelles les supernovae de type Ia explosent montrent un ralentissement de leurs vitesses de fuite, signe que l'expansion de l'univers a été freinée dans les premiers milliards d'années. Ils ont conclu du jour au lendemain sans discussion que l'accélération des supernovae lointaines résulterait d'une énergie noire, hypothétique et invisible, qui pourrait être une énergie du vide quantique sous la forme d'une constante cosmologique positive. Le problème est que la valeur de l'énergie du vide quantique déduite de l'astronomie, qui semble être 10^{120} fois trop forte par rapport à ce qu'indiquent les observations et à la valeur calculée par les physiciens théoriciens. Explicitement et approximativement, la densité d'énergie du vide, proposée par la théorie quantique des champs, vaut environ $10^{121} \text{ GeV}/m^3$, ce qui correspond à 10^{121} protons/ m^3 environ. La valeur du milieu cosmologique actuel vaut $10 \text{ GeV}/m^3$ ou environ $10 \text{ proton}/m^3$. Le fossé gigantesque entre les deux est ce qu'on appelle la catastrophe du vide [31, 33].

Nous assistons, selon nous, à une farce de la science officielle. D'abord, on ne peut pas faire confiance à la technique de mesure de distances astrophysiques à l'aide de supernovae. Les astronomes supposent que la luminosité intrinsèque des supernovae est la même pour toutes, indépendante de l'objet particulier mesuré. Cette hypothèse, impossible à prouver, est gratuite. La composition chimique des premières supernovae était forcément d'une composition différente que celles de maintenant puisque les générations d'étoiles ne s'étaient pas encore succédées pour fabriquer les éléments lourds. Ensuite, compte tenu de ce que les physiciens savent de la radioactivité et du rayonnement cosmique, les chercheurs ont crû avoir raison de penser que la constante cosmologique devrait être de plusieurs ordres de grandeur plus grande que la densité de la matière ordinaire. Il suffisait d'introduire dans les équations un simple paramètre et le tour de l'énergie noire antigravitonnelle était joué. Le fait est que des observations cosmologiques indiquent une faible énergie du vide et une constante cosmologique avec une densité presque nulle [21].

Le problème de la constante cosmologique (ou de l'énergie du vide) constitue le plus grand défi de la physique théorique contemporaine. Beaucoup de théoriciens pressentent que la résolution de ce conflit majeur pourrait peut-être conduire à l'unification de la gravitation et de la théorie quantique. Depuis plus d'un demi-siècle, deux voies sont suivies pour quantifier la gravitation. La théorie des cordes qui privilégie l'approche géométrique de la relativité générale et la théorie des boucles qui privilégie l'approche quantique des champs. Quoi qu'on dise au sujet de ces deux théories prometteuses, et d'autres approches, celles-ci n'ont pas encore fourni de résultats sur le plan de la prédiction, de l'expérimentation. De surcroît, elles sont dépourvues d'une équation de base, cohérente et unique, qui traduit des lois simples conduisant à l'unification.

Nous prétendons avoir une telle équation dont le passe-partout est le temps. Si l'histoire mathématique que raconte le modèle standard jaillit d'une singularité mathématique, l'équation, présente, elle, un début physique non singulier sous la forme d'une « boule de

feu » qui représente l'acte de naissance physique de l'univers. Ce contenu matériel qui se refroidit en s'étendant donne naissance à l'espace-temps. Le temps t_0 de l'expression t_0c fait impasse sur la question de la genèse (singularité initiale) pour ne se préoccuper que des événements cosmologiques immédiatement ultérieurs (ère de Planck). L'équation présente donc un univers régi par les lois physico-mathématiques qui incorpore un temps qui devient une unité de mesure, qui donne une histoire thermique et une légitimité à l'existence des choses. L'équation de la théorie de la Relation comble le fossé de 10^{60} ordres de grandeur qui séparent la mécanique quantique du monde subatomique de l'échelle astronomique de la relativité générale par un temps cosmologique qui s'étend entre un temps de 10^{-43} s et un temps de 10^{17} s. Elle est la preuve que la théorie quantique et la relativité générale ont toutes deux tort quant à la nature du temps qui constitue l'histoire cosmologique [31, 54].

Ce temps cosmologique, qui définit les notions d'espace et de temps entre ce début de l'espace-temps et maintenant, donne un sens aux lois de la physique telle que nous la connaissons. L'onde d'espace-temps électromagnétique se confond avec l'énergie du vacuum, ou une énergie noire, qui désemplit l'univers en ne cessant jamais de se diluer au profit de la matière ordinaire. Le modèle de la théorie de la Relation tente aussi de réconcilier les aspects dynamiques de la théorie du big bang avec la nature éternelle de la création continue. Il s'ingénie à créer un pont entre les modèles cosmologiques qui s'affrontent, soit les modèles idéalistes qui supposent la *création* préalable d'un noyau de densité inouï contenant *toute* la matière et l'énergie de l'univers, lequel noyau se serait désintégré une fois pour toutes, et les modèles matérialistes qui conçoivent des noyaux de matière hyperdense *préexistants* comme point de départ à des formations galactiques ou stellaires.

Nous pensons que cette équation, qui contraste avec le point de vue populaire actuel sur la cosmologie et la cosmogonie, est celle qui se rapproche le plus de l'équation qui manquait à Lemaître pour défendre son « hypothèse de l'atome primitif » et sa prédiction des rayons cosmiques fossiles, témoins de l'activité primitive du cosmos.

Références

- [1] Lemaître, Georges, « *The expanding Universe* », Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 91, 490-501 (1931).
- [2] Luminet, Jean-Pierre, *L'invention du Big Bang*, Éditions du Seuil, 111-126, 151, 159, 163, 194, 196, 203, 210 (2004).
- [3] Bagdoo, Russell, *L'équation de L'Univers (Selon la théorie de la Relation)* (2019). <https://www.academia.edu/34546245/>
<http://vixra.org/abs/1709.0045>
- [4] Stein, James D., *Cosmic Numbers*, Basic Books, 199-201 (2011).
- [5] Bagdoo, Russell, *The Pioneer Effect: a new Theory with a new Principle* (2008), <http://vixra.org/abs/0812.0005> <https://www.academia.edu/5535864/>
- [6] Bagdoo, Russell, *Inconstante cosmologique, supernovæ Ia et décélération de l'expansion* (2011). <http://vixra.org/abs/1305.0006>
<https://www.academia.edu/5539783/>

- [7] Guy, J., et al. *The Supernova Legacy Survey 3-year sample: Type Ia Supernovae photometric distances and cosmological constraints*, arXiv: 1010.4743 (2010).
- [8] Blanchard A., ‘Cosmological Interpretation from High Redshift Clusters Observed Within the XMM-Newton Ω -Project’, *Proceedings of DARK 2004, the Fifth International Heidelberg Conference, October 3-9, Texas A&M University*, astro-ph/0502220 (2005).
- [9] Vishwakarma R. G., *Is the present expansion of the Universe really accelerating? Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 345, Issue 2, 21, Pages 545–551, Oct (2003).
- [10] Vishwakarma R. G., Narlikar, Jayant V., *A Critique of Supernova Data Analysis in Cosmology*, Research in Astron. Astrophys. Vol. 10 No 12, 1195 (2010).
- [11] Kowalski M., et al., *Improved Cosmological Constraints from New, Old, and Combined Supernova Data Sets*, The Astrophysical Journal, Volume 686, Issue 2, 749-778, arXiv: 0804.4142 (2008).
- [12] Nielsen, J. T., Guffanti, A, Sarkar, S., *Marginal evidence for cosmic acceleration from Type Ia supernovae*, arXiv: 1506.01354 v3, 17 Oct (2016).
- [13] Crew, Bob, *No, The Universe is not Expanding at an Accelerated Rate, say Physicists*, <https://www.sciencealert.com>. 24 Oct (2016)
- [14] EUROPEAN SPACE AGENCY NEWS RELEASE, *Has XMM-Newton cast doubt over dark energy?* Posted: December 12 (2003).
- [15] Hubble, E.& Tolman, R. C., *Two Methods of Investigating the Nature of the Nebular Redshift*, Astrophysical Journal, vol. 82, 302 (1935).
- [16] Kaku, M.& Trainer, J. *Beyond Einstein*, Bantam New Age, New York. 10, 20-1, 30-1, 35 (1987).
- [17] Will, C.M. *Was Einstein Right?* Basic Books, Inc., New York. 153, 166-7 (1986).
- [18] Gamow, George, *La Gravitation*, Payot, Paris. 134-139 (1963).
- [19] Bramand, P., Faye, P., Thomassier, G. *Physique, Terminale C,E*. Eurin-Hachette, Paris. 52-55 (1980).
- [20] Nottale, Laurent, *L’Univers et la lumière*, Champs Flammarion, 141 (1997).
- [21] Magnan, Christian, *Le théorème du jardin*, amds édition, 127, 160-1, 168-9, 247-8, 263 (2011).
- [22] Narlikar, Jayant V., *Une gravitation sans gravité*, Payot, 175 (1986).
- [23] Orear, J. *Fundamental Physics*, John Wiley & Sons, Inc., New York. 87, 100, 156, 284-287 (1967).
- [24] Davies, P.C.W.& Brown,J. *Superspring*, Cambridge University Press, 5-26-27-47 (1988).
- [25] Silk, Joseph, *Le Big Bang*, Éditions Odile Jacob. 10 (1997).
- [26] Moffat, John W., *Reinventing Gravity*, Thomas Allens Publishers, Toronto. 121, 122, 162, 206-208 (2009).
- [27] Michaud, André, *Mécanique électromagnétique des particules élémentaires*, Éditions Universitaires Européennes, 2° Édition, 207-225 (2017).
- [28] Hawking, S.W. *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York. 117, 134, 145-152 (1988).
- [29] Klein, Étienne, *Les secrets de la matière*, Édition j’ai lu, 83-84 (2018).
- [30] Narlikar et al., *PASP*, 114, 1092 (2002).

- [31] Gunzig, Edgard, *QUE FAISIEZ-VOUS AVANT LE BIG-BANG ?* Odile Jacob, 162, 163, 200, 218, 219 (2008).
- [32] Bagdoo, Russell, *Scénario pour l'origine de la matière* (selon la théorie de la Relation) (2019).
<http://vixra.org/abs/1802.0175> <https://www.academia.edu/36016345/>
- [33] Klein, Étienne, *Discours sur l'origine de l'univers*, Champs Sciences. 34-36, 46, 57-59, 65, 66, 116-118 (2010).
- [34] Landa, Pauline, *Georges Lemaître et la théorie du Big Bang*, 50minutes #4, 16-18, (2016).
- [35] Lemaître, Georges, *L'hypothèse de l'atome primitif*, Actes de la Société helvétique des sciences naturelles, 77-96 (1945).
- [36] Gamow, George, *La création de l'univers*, Dunod, Paris. 30-36 (1961).
- [37] Farrell, John, *The Day Without Yesterday*, Basic Books, 135, 136 (2010).
- [38] Leprince-Ringuet, Louis, *Les rayons cosmiques*, Albin Michel, 349, 350 (1948).
- [39] Greene, Brian, *L'Univers élégant*, folio essais, 145 (200).
- [40] Pagels, Heinz R. *The Cosmic Code*. Bantam New Age Book, New York. 5, 9, 237-243 (1982).
- [41] Klein, Étienne, *Le facteur temps ne sonne jamais deux fois*, Flammarion, Champs sciences, 41, 164, 165 (2009).
- [42] Susskind, Leonard, *Le paysage cosmique*, folio essais, 235, 251, 252 (2007).
- [43] Damour, Thibault *Si Einstein m'était conté...* Flammarion, Champs, 153, 252, 277, 278 (2016).
- [44] Klein, Étienne, *Les tactiques de Chronos*. Flammarion, Champs essais, 43, 126, 128, 153, 177, 178 (2009).
- [45] Luminet, Jean-Pierre, *Le Destin de l'Univers II*, Librairie Arthème Fayard, 561, 563-568 (2006).
- [46] Hoyle, F., Burbidge, G., Narlikar, J. V., *A QUASI-STEADY STATE COSMOLOGICAL MODEL WITH CREATION OF MATTER*, The Astrophysical Journal, 410: 437-457 (1993).
- [47] Andrillat, Henri, *L'Univers sans le big-bang*, Science & Vie, N° 916, 33-35 (1994).
- [48] Petit, Jean-Pierre, *ON A PERDU LA MOITIÉ DE L'UNIVERS*, Edition Albin Michel, S.A., 10, 11 (1997).
- [49] Davies, Paul, *Les Forces de la Nature*, Armand Colin, 53-58 (1989).
- [50] Bagdoo, Russell, *L'énergie en vertu du principe de Compensation*, (2013).
<http://vixra.org/abs/1301.0193> <https://www.academia.edu/5539805/>
- [51] Hoyle, Fred, Burbidge, Geoffrey, Narlikar, Jayant V. *Le big bang, une conception bien fumeuse*, La Recherche, Hors Série Cosmologie, No 1, 104-108 (1998).
- [52] Radounskaïa, I., *Les idées « folles »*, Editions Mir, U.R.S.S., 145, 366-374 (1972).
- [53] Cuny, Hilaire, *Astronomie d'aujourd'hui*, Editions La Farandole, 62-68 (1961).
- [54] Smolin, Lee, *Rien ne va plus en physique !* Dunod Points Sciences, 384 (2007).