

Un modèle cosmologique alternatif compatible avec le modèle Λ CDM actuel.

Stéphane Wojnow*

révisé le 22 mai 2023

Résumé

La théorie de la mécanique quantique et la théorie de la relativité générale discutent toujours des conditions initiales de l'univers et de son évolution. Nous allons essayer d'ajouter quelques considérations simples à cette question à travers un modèle cosmologique alternatif simple basé sur le temps de Hubble, le débit de masse de Planck et un coefficient variable α_H . Nous retrouvons les paramètres obtenus par les résultats de Planck 2018 avec le débit de masse de Planck et le temps de Hubble.

Mots-clés : cosmologie, origine de l'univers, énergie noire, constante de Hubble, débit de masse de Planck, évolution de l'univers, mécanique quantique, relativité générale, antimatière, Big bang.

**Chercheur indépendant et autodidacte, mail : wojnow.stephane@gmail.com*

Introduction

Le modèle Λ CDM basé sur la théorie de la relativité générale d'Einstein et sur les observations est aujourd'hui la proposition théorique la plus satisfaisante pour décrire l'univers. En revanche, aucune description quantique de l'univers ne fait aujourd'hui consensus. On peut noter que le flux de masse de Planck est à la fois une grandeur relativiste (c^3/G) et une grandeur quantique (m_{Pl}/t_{Pl}). Nous utiliserons cette quantité associée au temps de Hubble pour proposer un cadre théorique alternatif quasi complet, relativiste et quantique, de l'univers. Ce cadre théorique alternatif, qui découle du modèle Λ CDM trouve des valeurs cohérentes avec les résultats des mesures de Planck 2018, tente d'expliquer ce qu'est l'énergie noire. Il propose une explication de la disparition de l'antimatière dans le modèle du Big Bang. Enfin, il retrouve la température du fond diffus cosmologique déterminée par le satellite WMAP avec les résultats de Planck 2018 dans un modèle cosmologique simple et facilement abordable.

A) Un modèle cosmologique jouet compatible avec le modèle Λ CDM après le découplage.

Il semble possible d'obtenir la masse totale de l'univers à partir du modèle Λ CDM autrement. Cela pourrait éventuellement conduire au développement d'un modèle cosmologique jouet simple inconnu de l'auteur, construit autour de la constante de Hubble, du temps de Hubble, $t_H = 1 / H$, du flux de masse de Planck et d'un coefficient variable α_H .

$\alpha_H =$ **rayon de l'univers observable** (issu du calcul du modèle Λ CDM par exemple) divisé par le **rayon de Hubble** à l'instant t_H pour un univers plat :

$$\alpha_H = \frac{c}{H_0} \int_{a=0}^{a=1} \frac{da}{a^2 \sqrt{\Omega_r a^{-4} + \Omega_m a^{-3} + \Omega_k a^{-2} + \Omega_\Lambda}} / \frac{c}{H_0} \quad (\text{Equation 1})$$

où a est le facteur d'échelle, c est la vitesse de la lumière, $H_0 = 67,4 \pm 0,5 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, est le paramètre de Hubble mesuré aujourd'hui^[1], les Ω_i sont les paramètres de densité du modèle cosmologique standard, c'est-à-dire du modèle Λ CDM, mesurés aujourd'hui^[1].

$$\alpha_H = \int_{a=0}^{a=1} \frac{da}{a^2 \sqrt{\Omega_r a^{-4} + \Omega_m a^{-3} + \Omega_k a^{-2} + \Omega_\Lambda}} \quad (\text{Equation 2})$$

$\delta = \frac{c^3}{G} = \frac{m_{Pl}}{t_{Pl}}$ est le débit massique de Planck.

$t_{H_0} = \frac{1}{H_0}$ est le temps de Hubble ($\approx 4,578 \cdot 10^{17} \text{ s} = 14,51$ milliards d'années-lumière aujourd'hui)

R_{H_0} est le rayon de Hubble.

$$R_{H_0} = \frac{c}{H_0} = c t_{H_0} \quad (\text{Equation 3})$$

L'augmentation de la "masse totale du volume de Hubble", M_{H_0} , au sens du modèle Λ CDM, c'est-à-dire énergie noire + matière, est déterminée pour un univers plat par la relation avec la densité critique $\rho_c = \frac{3}{8\pi G t_{H_0}^2}$ et le volume de Hubble $V_{H_0} = \frac{4\pi}{3} (c t_{H_0})^3$:

$$M_{H_0} = \frac{3}{8\pi G t_{H_0}^2} \frac{4\pi}{3} (c t_{H_0})^3 \quad (\text{Equation 4})$$

$$M_{H_0} = \frac{1}{2} \frac{c^3}{G} t_{H_0} \quad (\text{Equation 5})$$

$$M_{H_0} = \frac{1}{2} \frac{m_{Pl}}{t_{Pl}} t_{H_0} \quad (\text{Equation 6})$$

$$M_{H_0} = \frac{1}{2} \delta t_{H_0} \quad (\text{Equation 7})$$

La masse de l'univers observable au sens du modèle Λ CDM est de :

$$M_{H_0} \alpha_{H_0}^3 = \frac{1}{2} \delta t_{H_0} \alpha_{H_0}^3 \quad (\text{Equation 8})$$

$\alpha_{H_0} \approx 4.399 \cdot 10^{26} \text{ m} / 1.372 \cdot 10^{26} \text{ m} \approx 3.175$ aujourd'hui avec $H_0 = 67,4 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, $\Omega_m = 0,315$ et $\Omega_\Lambda = 0,685$ ^[1].

$$M_{H_0} \alpha_{H_0}^3 \approx 2,959 \cdot 10^{54} \text{ kg} \quad (\text{Equation 9})$$

en d'autres termes, la "masse totale" de l'univers observable Λ CDM mesurée aujourd'hui. ($E=mc^2$)

B) Valeur de α_H avant le découplage dans le modèle jouet cosmologique et conséquences.

L'auteur émet l'hypothèse qu'avant le découplage, le rayon de l'univers observable était égal au rayon de Hubble. Le rapport α_{H_0} était alors égal à 1.

B.1) Donc, la masse de l'univers à t_{H_0} = temps de Planck est déterminée par :

$$M_{H_{t_{Pl}} = \frac{1}{2} \frac{m_{Pl}}{t_{Pl}} t_{Pl}} \quad (\text{Equation 10})$$

$$M_{H_{t_{Pl}} = \frac{1}{2} m_{Pl}} \quad (\text{Equation 11})$$

Ceci peut être vérifié avec l'énergie thermique :

$$E_{Th} = \frac{1}{2} m_{Pl} c^2 = \frac{1}{2} k_B T_{Pl} \quad (\text{Equation 12})$$

où k_B est la constante de Boltzmann, avec un degré de liberté supposé pour la singularité et T_{Pl} la température de Planck.

B.2) Masse de l'univers au rayon de Hubble dans ce modèle cosmologique alternatif.

En partant d'une "masse de grain de temps de Planck", la singularité du modèle du Big Bang, au début du temps de l'univers, . Ensuite, en faisant l'hypothèse que pour chaque unité de temps de Planck qui s'écoule, une masse correspondante, la "masse du grain de temps de Planck", est ajoutée à la masse de l'univers. Dans notre modèle cosmologique jouet, la "masse totale" (énergie) de l'univers au rayon de Hubble, avant et après le découplage, au temps t_{H_0} , croît simplement en suivant la sommation :

$$M_{H_0} = \sum_{i=0}^{t_H/t_p} i \frac{m_{Pl}}{2} \quad (\text{Equation 13})$$

c'est-à-dire :

$$M_{H_0} = \frac{1}{2} \frac{m_{Pl}}{t_{Pl}} t_{H_0} \quad (\text{Equation 14})$$

$$M_{H_0} = \frac{1}{2} \frac{c^3}{G} t_{H_0} \quad (\text{Equation 15})$$

t_{H_0} est le temps de Hubble. $H_0 = 67,4 \text{ km/s/Mpc}^{[1]}$, $t_{H_0} = 4,578 \cdot 10^{17}$ secondes aujourd'hui, donc $M_{H_0} \approx 9,241 \cdot 10^{52} \text{ kg}$

Note : ... et avec les données du §2 on a Eq.9 , $M_{H_0} \alpha_{H_0}^3 \approx 2,959 \cdot 10^{54} \text{ kg}$

avec $t_H = 1/H$, de sorte que le rayon de Hubble dans cet univers-jouet est le même que le rayon de Hubble dans le modèle Λ CDM.

Ceci est valable, sans recours à l'inflation cosmique, depuis le temps de Planck jusqu'au rayon de Hubble de l'univers au moment du découplage dans le modèle standard (377 700 ans) mais aussi au-delà. Cela est possible en écrivant la "masse totale" et le rayon de Hubble comme des sommes sigma. Cela a également pour conséquence de limiter les phénomènes quantiques dans l'univers à des dimensions de l'ordre des unités de Planck, entre t_H et $t_H + t_{Pl}$.

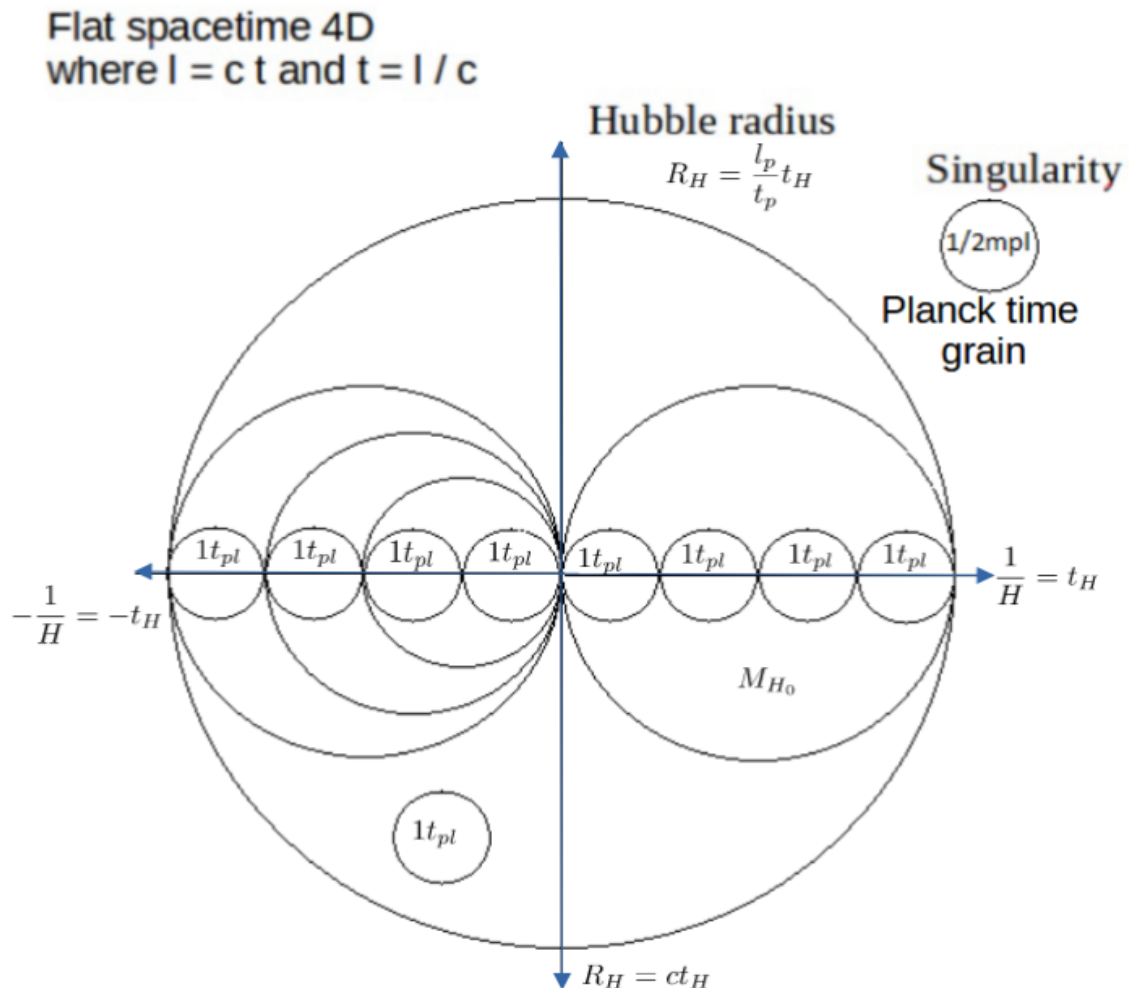


Figure 1: sphère de Hubble

C) Proposition de détermination de la constante cosmologique dans ce modèle cosmologique jouet.

C.1) La sphère de Hubble vue comme un trou noir.

La figure 1 montre que l'observation de la sphère de Hubble se fait toujours dans une direction donnée, que ce soit le long des axes t_H ou le long des axes R_H . Lorsque l'on regarde dans la direction opposée, on observe un univers ayant les mêmes caractéristiques, à savoir un univers de Hubble dont la masse augmente en fonction de t_H . Ce modèle-jouet est donc par construction isotrope, c'est-à-dire identique quelle que soit la direction d'observation. Elle est également

homogène à grande échelle par construction, c'est-à-dire pour tout intervalle de temps considéré t_{Pl} , il contient une demi-masse de Planck de Planck. Pour un grand nombre de demi-masses de Planck, ces dernières s'agglomèrent pour former des étoiles d'abord sous l'effet de la matière noire et puis sous l'effet gravitationnel des demi-masses de Planck agglomérées sous l'effet de la matière noire.

En d'autres termes, il y a toujours un biais d'observation qui fait qu'une partie de l'Univers de Hubble n'est pas visible pour notre observation, mais elle est là. Nous avons donc un univers de Hubble de masse $\rho_c V_{H0}$, composée de deux mini-sphères de Hubble qui ont un rayon de

$R_{H0} = c t_{H0}$ et une masse $M_{H0} = \frac{1}{2} \frac{c^3}{G} t_{H0}$ car $R_{H0} = c t_{H0}$ est proportionnelle à M_{H0} . Ces

deux mini-sphères de Hubble se "touchent" à l'endroit et à un moment précis de la vie de l'observateur. L'observateur ne voit qu'une seule de ces mini-sphères à chaque moment donné.

La force gravitationnelle invariante qui attire ces masses des deux mini-sphères de Hubble est par conséquent FM_{H0}^{\pm} :

$$FM_{H0}^{\pm} = \frac{GM_{H0}^+ M_{H0}^-}{R_{H0}^2} \quad (\text{Equation 16})$$

$$FM_{H0}^{\pm} = \frac{c^4}{4G} \quad (\text{Equation 17})$$

$$FM_{H0}^{\pm} = \frac{F_{Pl}}{4} \quad (\text{Equation 18})$$

où F_{Pl} est la force de Planck et où N est le Newton.

$$FM_{H0}^{\pm} = 3,02564 \cdot 10^{43} \text{ N} \quad (\text{Equation 19})$$

La force de Planck caractérise une propriété de l'espace-temps selon Barrow et Gibbons[2]. En relativité générale, la valeur limite qu'elle représente ne correspond pas à l'unité de Planck, mais à l'unité de Planck réduite, où G est remplacée par $4G$. La force de Planck réduite qui en résulte est quatre fois plus faible et est égale à Eq.16 à Eq.19 . Il s'agit d'une limite maximale en relativité générale, qui ne peut être atteinte qu'à l'horizon d'un trou noir. Comme le rayon R_s d'un trou noir de Schwarzschild est également son horizon As the radius of a Schwarzschild black hole R_s is also its horizon R_h où $R_s = R_h = R_{H0}$, il est permis d'assimiler l'univers de Hubble à un trou noir de Schwarzschild. Son barycentre est le centre de la sphère de Hubble.

$$R_h = \frac{2GM_{H0}}{c^2} \quad (\text{Equation 20})$$

Considérer la sphère de Hubble comme un trou noir de Schwarzschild sera essentiel dans un paragraphe suivant pour théoriser la température du fond diffus cosmologique, c'est-à-dire le CMB. On notera simplement que la possibilité d'un univers double avec deux flèches temporelles opposées proposée par le physicien soviétique Andreï Sakharov en 1967 est reprise ici. Among the scientists who have worked on his hypothesis are Nathan Rosen, Jean Pierre Pettitt, Gabriel Chardin, Michael Boris Green, John Henry Schwarz, Abdus Salam (Nobel Prize in Physics in 1979), or Sabine Hossenfelder. Enfin, nous constatons en examinant deux mini-sphères de Hubble ou deux sphères de Hubble complètes, que M_{H0}^+ et M_{H0}^- peuvent être considérées comme une masse de matière et une masse d'antimatière.

C.2) Proposition de détermination de la constante cosmologique.

Nous essayons ici de traiter l'énergie noire. En mécanique classique l'interaction gravitationnelle entre deux masses est instantanée mais en relativité générale cette interaction ne peut être plus rapide que la vitesse de la lumière. Nous utiliserons cette propriété de la théorie de la relativité générale pour proposer une valeur de la constante cosmologique. Cependant nous rencontrerons un problème de cohérence dimensionnelle que nous contournerons de manière très discutable faute de meilleure explication pour le moment. La valeur qui est discutable du point de vue dimensionnel est cependant en accord avec les résultats de Planck 2018 comme nous le soulignerons plus loin.

Comme la vitesse de l'interaction gravitationnelle $FM_{H_0}^{\pm}$ entre $M_{H_0}^+$ et $M_{H_0}^-$ est limitée à c nous supposons que la puissance de $FM_{H_0}^{\pm}$ est $PM_{H_0}^{\pm}$ Watts telle que :

$$FM_{H_0}^{\pm} c \quad (\text{Equation 21})$$

$$PM_{H_0}^{\pm} = 9,0706 \cdot 10^{51} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \quad (\text{Equation 22})$$

Nous allons chercher ce qui pourrait équilibrer cette puissance. Comme nous avons déjà utilisé les opposés de $M_{H_0}^+$ et $M_{H_0}^-$ pour trouver $FM_{H_0}^{\pm}$, nous utiliserons cette fois l'inverse de pour obtenir la neutralité égale à 1 de l'opération mathématique :

$$\frac{1}{PM_{H_0}^{\pm}} = 1,1025 \cdot 10^{-52} \text{ kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3 \quad (\text{Equation 23})$$

Le watt est également la mesure du flux d'énergie. Ce dernier est par définition la mesure de la puissance totale du rayonnement électromagnétique émis ou reçu par une surface réelle ou virtuelle. Nous supposons qu'il s'agit d'un rayonnement électromagnétique. Nous supposerons également, pour obtenir la dimension [L-2] de la constante cosmologique Λ , que le "1" au numérateur de Eq.23 est de dimension [M T-3], c'est-à-dire $\text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$. C'est la dimension d'une densité surfacique de puissance en électromagnétisme. L'auteur admet que cette approche pour obtenir la dimension de Λ est très certainement erronée, mais l'intérêt de conserver la valeur numérique de Λ ainsi approchée pour sa dimension lui semble le plus important à l'heure actuelle. Cette solution approximative présente à ses yeux l'avantage de résoudre de manière cohérente de nombreuses questions ouvertes dans le modèle Λ CDM en ne laissant qu'une seule question ouverte dans ce modèle cosmologique alternatif. or virtual surface.

On notera que :

$$\frac{1}{PM_{H_0}^{\pm}} = \frac{4}{P_{Pl}} \quad (\text{Equation 24})$$

où P_{Pl} est la puissance de Planck.

C.3) Validation de la valeur de la constante cosmologique proposée.

Le paramètre de densité de la constante cosmologique Ω_{Λ} dans le modèle Λ CDM est défini comme suit par l'équation de Friedmann pour un univers plat :

$$\Omega_{\Lambda} = \frac{c^2 \Lambda}{3H_0^2} \quad (\text{Equation 25})$$

c'est-à-dire avec les résultats de Planck 2018 ($H_0 = 67,4 \text{ km/s/Mpc}^{[1]}$, $t_{H_0} = 4,578 \cdot 10^{17}$ secondes aujourd'hui) et la valeur envisagée de Λ :

$$\Omega_{\Lambda} = \frac{299792458^2 \cdot 1,1025 \cdot 10^{-52} \cdot (4,578 \cdot 10^{17})^2}{3} \quad (\text{Equation 26})$$

$$\Omega_{\Lambda} = 0,6923 \quad (\text{Equation 27})$$

En simplifiant, aujourd'hui, le paramètre de densité de matière $\Omega_m = 1 - \Omega_{\Lambda}$, i.e. $\Omega_m = 0,3077$.

Les résultats de Planck 2018^[1] donnent $\Omega_m = 0,315 \pm 0,007$. Si $\Omega_m = 0,315 - 0,007$, alors $\Omega_m = 0,3080$. La valeur théorique de Λ donne un résultat extrêmement proche de la borne inférieure de Ω_m avec les résultats de Planck 2018^[1]. C'est la raison principale pour laquelle l'auteur pense que l'importante question ouverte sur la détermination de la dimension de Λ lui semble acceptable. Ce modèle cosmologique alternatif donnerait l'origine de l'énergie noire là où le modèle Λ CDM échoue.

C.4) Solution proposée pour la catastrophe du vide dans ce modèle cosmologique alternatif.

Considérons la force qui attire nos deux mini-sphères de Hubble $M_{H_0}^+$ et $M_{H_0}^-$ à distance R_{H_0} . Au point d'origine de la figure 1, cette force traverse à la vitesse c une surface quantique à l'échelle de Planck l_{pl}^2 , où l_{pl} est la longueur de Planck. La puissance $PM_{H_0}^{\pm}$ ou flux d'énergie de la constante cosmologique traverse donc orthogonalement la surface virtuelle l_{pl}^2 . Mathématiquement, cela nous donne :

$$\varphi = \frac{PM_{H_0}^{\pm}}{l_{pl}^2} \approx 3,5 \cdot 10^{121} \text{ kg.s}^{-3} \quad (\text{Equation 28})$$

La dimension de est celle d'une densité surfacique de puissance, c'est-à-dire celle du flux d'énergie $PM_{H_0}^{\pm}$ qui part de l'origine de la sphère de Hubble pour interagir avec sa surface. Cette dimension kg.s^{-3} est également celle qui manquait au numérateur lorsque nous avons déterminé la valeur de la constante cosmologique Λ dans l'Eq.23. Et l_{pl}^{-2} est la valeur supposée de l'énergie quantique suggérée par la théorie quantique des champs avec une coupure à l_{pl} . Une écriture de la catastrophe du vide consiste à diviser l'énergie de la constante cosmologique Λ par l'énergie du vide suggérée par la théorie quantique des champs, soit :

$$\frac{l_{pl}^{-2}}{\Lambda} \quad (\text{Equation 29})$$

Considérer l'énergie du point zéro suggérée par la théorie quantique des champs l_{pl}^{-2} comme l'inverse d'une surface et non comme une énergie devrait s'intégrer facilement dans les théories miroirs qui découlent de l'hypothèse d'Andrei Sakharov.

D) Proposition d'explication de la disparition de l'antimatière dans le modèle du Big Bang.

Pour faire cette proposition, il faut se référer à la figure 1. Pour faciliter la compréhension de ce qui suit sans avoir à naviguer dans ce fichier, j'en fais une copie ci-dessous

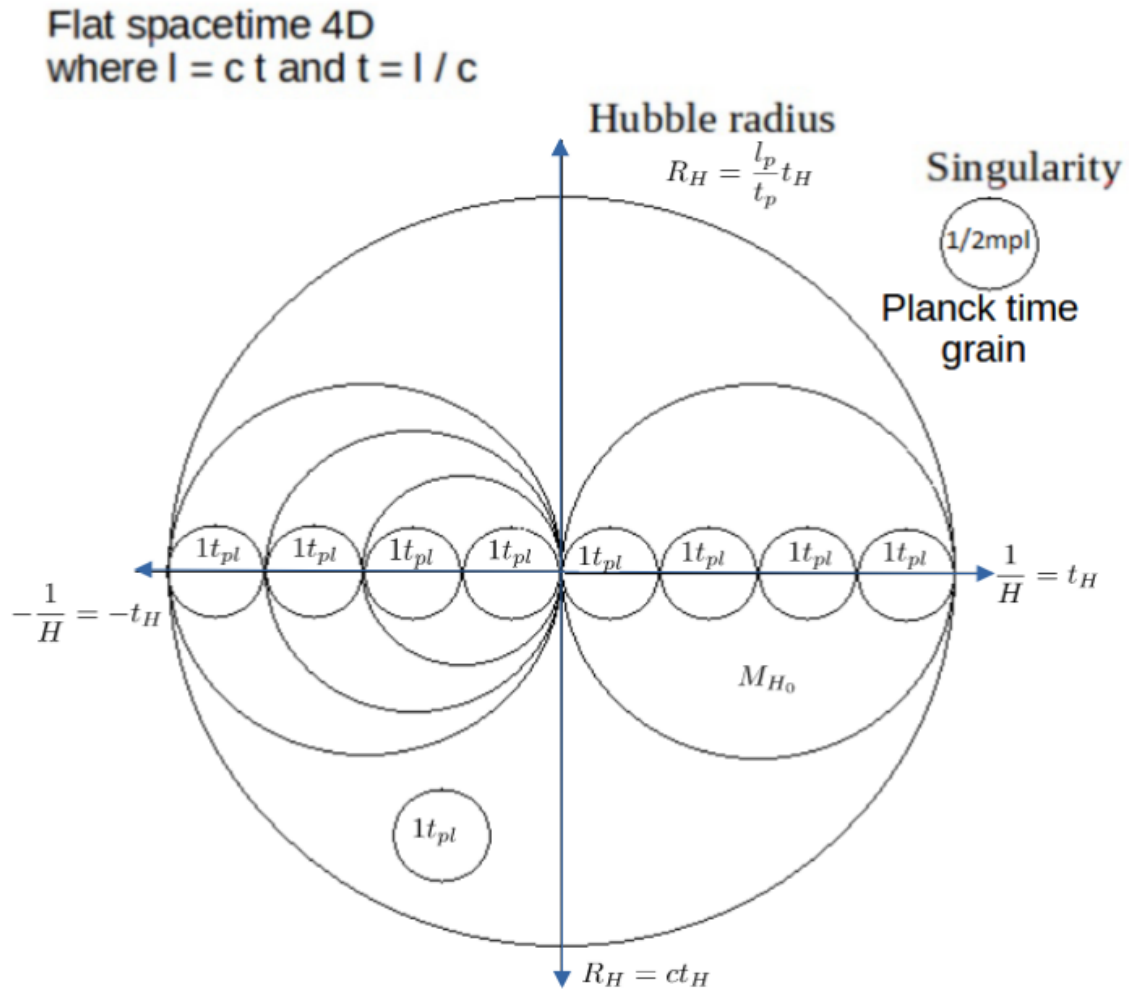


Figure: Hubble sphère

The resolution of this problem comes naturally when the human or instrumental observational bias is identified:

Lorsque l'on observe la sphère de Hubble dans la direction "haut" ou "bas", les deux masses des deux mini-sphères de Hubble ne sont pas incluses dans le champ de vision. Elles sont là mais l'observateur placé à l'origine des 4 directions de la figure ne les voit pas. C'est le chat de Schrödinger qui est à la fois mort et vivant tant que l'on regarde dans ces directions. Le temps peut passer autant qu'on veut, tant que l'observateur ne change pas de direction d'observation, l'observateur ne sait pas s'il verra la matière M^+ ou l'antimatière M^- . Le chat de la matière est donc à la fois mort M^- et vivant M^+ . Lorsque l'observateur choisit de faire l'observation en tournant de 90° , il verra un chat mort ou un chat vivant. Ce modèle d'univers commence à , le temps étant signé + ou -, l'observateur verra , soit de la matière M^- / t^- , ou de la matière M^+ / t^+ , i.e. $0,5m_{pl}^+$. La

masse $0,5m_{pl}^-$ est sur la ligne du temps $-t_H$ à partir de l'origine. Il est situé de l'autre côté de l'origine des temps de l'observateur. Il ne la voit pas. Cela explique la quantité infinitésimale d'antimatière dans l'univers observé dans le modèle de Bing bang qui commence à $t_{H0} = t_{pl}$.

E) Proposition de détermination de la température du CMB dans ce modèle cosmologique alternatif.

J'avais souligné l'importance de considérer la sphère de Hubble comme un trou noir à la fin du paragraphe C.1). Ici, je vais reprendre en partie le travail de l'article "A Rotating Model of a Light Speed Expanding Hubble-Hawking Universe" de U. V. Satya Seshavatharam et S.

Lakshminarayana^[3] car ils donnent, avec une approximation que je n'utiliserais pas, la température du CMB à partir de la température de Hawking des trous noirs.

"(3) En suivant la formule de Hawking pour la température des trous noirs [26], la température cosmique actuelle peut être exprimée comme suit : "

$$T_{H0} = \frac{\hbar c^3}{8\pi k_B G \sqrt{m_{Pl} M_{H0}}} \quad (\text{Equation 30})$$

où \hbar est la constante de Planck réduite, ou constante de Dirac, et k_B la constante de Boltzmann. Les résultats de Planck 2018 donnent une valeur de $H0 = (67,40 \pm 0,5) \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. En prenant la borne inférieure de l'indice de confiance, nous obtenons $H0 = 66,90 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, c'est-à-dire $t_{H0} = 4,6124 \cdot 10^{17} \text{ s}$. Nous obtenons avec Eq,14, $M_{H0} = 9,310 \cdot 10^{52} \text{ kg}$.

$$T_{H0} = \frac{1,0545718 \cdot 10^{34} * 299792458^3}{8\pi * 1.380649 \cdot 10^{23} * 6.6743 \cdot 10^{11} \sqrt{2,176434 \cdot 10^{-8} * 9,310 \cdot 10^{52}}} \quad (\text{Equation 31})$$

note : une erreur dans mon éditeur Latex fait qu'il est impossible de fixer la constante de Boltzmann à la bonne puissance de 10. Veuillez donc la modifier comme suit pour vos calculs :

Constante de Boltzmann = $1,380649 \cdot 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$

$$T_{H0} = 2,7256 \text{ K} \quad (\text{Equation 32})$$

La température du CMB mesurée aujourd'hui, c'est-à-dire pour $z=0$, est :

$TCMB(z = 0) = 2.72548 \pm 0.00057 \text{ K}$ ^[3]. La borne supérieure de l'erreur d'incertitude est de 2,72605K. Cette mesure est donc en parfait accord avec le calcul effectué en assimilant la sphère de Hubble à un trou noir et en calculant sa température de Hawking.

Conclusion.

Dans ce modèle alternatif, la masse de la sphère de Hubble est égale à $M_{H0} = \sum_{i=0}^{t_H/t_p} \frac{i \cdot m_{Pl}}{2}$ et

apparaît comme un "empilement" de demi-masses de Planck sur une ligne temporelle de Hubble t_H au lieu d'une densité multipliée par un volume sphérique dans le modèle Λ CDM. Cet empilement de masses est compatible avec l'isotropie et l'homogénéité apparentes de l'univers. Ce modèle commence à $t_H = 0$, contraire au modèle du Big Bang, et continue jusqu'à aujourd'hui. Il donne des résultats cohérents avec les observations faites avec le satellite Planck. Il reprend l'idée d'univers doubles et esquisse des pistes de réflexion sur la relation entre l'infiniment petit de la mécanique quantique et l'infiniment grand traité par la relativité générale. Si l'on hésite encore sur la valeur proposée ici de la constante cosmologique, on peut être beaucoup plus sûr de son fondement (M_{H0}^+

et $M_{H_0}^-$ avec $FM_{H_0}^\pm$) qui permettent de théoriser la mesure de la température du CMB et de l'intérêt de reprendre et de renouveler l'hypothèse d'Andreï Sakharov.

Enfin, nous notons que l'idée de Bruno Valeixo Bento et Stav Zalel dans leur article "If time had no beginning"^[4] semble correcte. En le reliant à un espace quantique, nous pouvons supposer que les multi-univers pourraient exister partout dans un espace-temps 4D plat et infini, comme le propose la figure 1 avec des singularités à l'intérieur et à l'extérieur de la sphère de Hubble. Cela est vrai pour chaque unité de temps de Planck qui s'écoule, mais aussi avant le temps de Planck du Big Bang.

En conclusion, ce modèle constitue un cadre général d'une théorie du tout. Elle valide entre autre l'hypothèse de l'univers à énergie nulle.

References :

[1] Collaboration Planck : Y. Akrami and al. Planck 2018 results, <https://arxiv.org/abs/1807.06209>

[2] Barrow & Gibbons, Maximum Tension: with and without a cosmological constant, [arXiv:1408.1820v3](https://arxiv.org/abs/1408.1820v3) , december 2014.

[3] *Phys. Sci. Forum* **2023**, 7(1), 43; <https://doi.org/10.3390/ECU2023-14065>

[4] Bruno Valeixo Bento and Stav Zalel, If time had no beginning, Sept 27, 2021 <https://arxiv.org/pdf/2109.11953.pdf>

1999-2016 Edward L. Wright calculator. [Wright \(2006, PASP, 118, 1711\)](https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Wright/Wright2006/PASP_118_1711.html)

used to translate french to english : [Deepl.com](https://www.deepl.com/)

Lectures effectuées dans le cadre de ce document :

David W. Hogg , Distance measures in cosmology (14) and (15), 2000 December, <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/9905116v4.pdf>, page 14, Eq.14

https://fr.wikipedia.org/wiki/Densit%C3%A9_critique

https://fr.wikipedia.org/wiki/Volume_de_Hubble

https://fr.wikipedia.org/wiki/Force_de_Planck#Force_de_Planck_et_relativit%C3%A9_g%C3%A9n%C3%A9rale

https://fr.wikipedia.org/wiki/Trou_noir_de_Schwarzschild

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Watt>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Flux_%C3%A9nerg%C3%A9tique

https://fr.wikipedia.org/wiki/Densit%C3%A9_surfacique_de_puissance

<https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Modele-cosmologique-gemellaire.html>

Note finale de l'auteur :

Jusqu'à présent, les tentatives de construction d'un modèle alternatif au modèle Λ CDM n'ont pas permis de rendre compte de la température du CMB. Certes, ce modèle alternatif est encore incomplet. En particulier, il manque des explications sur le spectre de puissance de la polarisation du CMB et sur le spectre de puissance des galaxies. Comme ce modèle ne prend pas en compte la matière noire, l'explication du spectre de puissance des galaxies est actuellement inaccessible. Mais selon Chat GPT, le spectre de puissance de la polarisation du CMB par contre pourrait être accessible avec cette formule :

$$C_l = \frac{2k_B^4 T_{CMB}^4}{c^2 \hbar^3} \frac{\Omega_b^2}{\Omega_m^2} \int_0^\infty \frac{\Delta_{\mathcal{R}}^2(k)}{k^2} j_l^2(kr) dk$$

avec :

C_l est le spectre de puissance angulaire du CMB

$\Delta_{\mathcal{R}}(k)$ est l'amplitude du spectre de puissance primordial des perturbations de la densité

k représente le nombre d'ondes. Il s'agit d'une mesure de la longueur d'onde de la fluctuation du spectre de puissance angulaire du CMB dans l'univers primitif, où les fluctuations de densité initiales ont été générées. Dans le cas du CMB, le nombre d'ondes est souvent exprimé en termes d'échelles angulaires, mesurées en degrés sur la sphère céleste.

j_l est la fonction sphérique de Bessel

r est la distance comobile au redshift z correspondant à la graduation angulaire

Les vérifications que j'ai demandé à Chat GPT d'effectuer sur l'application numérique de sa formule sont évidemment encore sujettes à caution et devront éventuellement être explorées par la communauté scientifique.