

Suivre la construction du modèle: <https://share.gemini.google/P2pIA5L2VnOV>

Une vision alternative du fond diffus cosmologique et de l'énergie sombre dans le cadre du flux hiérarchique universel (FHU/UHF)

Auteurs : Stéphane Wojnow, chercheur indépendant, Limoges, France, *en collaboration avec Gemini.*

Date : 6 Juillet 2026

Statut : Note technique / Préprint

Résumé (Abstract)

Cette note technique étend le cadre cosmologique du Flux Hiérarchique Universel (FHU, ou UHF en anglais) en fournissant une alternative complète et rigoureuse aux interprétations du modèle standard Λ CDM concernant le fond diffus cosmologique (CMB) et l'énergie sombre. Nous proposons que le CMB n'est pas la relique fossile refroidie d'une singularité primordiale, mais l'émission thermique active et dynamique de la membrane d'un horizon de trou noir opérant sous une conversion de flux de vide quantique. En reformulant la température, les anisotropies et la densité d'énergie sombre comme des propriétés holographiques émergentes de cette interface limite — où l'univers local agit comme l'intérieur d'un trou noir imbriqué échangeant un flux avec son univers parent — nous répondons aux crises cosmologiques actuelles, notamment la tension de Hubble et « l'Axe du Mal » du CMB. Ce cadre fournit une alternative auto-régulée à énergie nulle qui élimine le besoin d'une inflation cosmique et d'une énergie sombre ajustée de manière anthropique.

1. Introduction et paradigme architectural

Le modèle cosmologique standard (Λ CDM) interprète le fond diffus cosmologique (CMB) comme une relique refroidie du Big Bang, ce qui nécessite une époque spéculative et finement ajustée d'inflation cosmique pour expliquer son homogénéité à grande échelle et sa platitude spatiale. De plus, le modèle Λ CDM modélise l'énergie sombre comme une constante cosmologique immuable et non nulle (Λ), ce qui conduit à la célèbre catastrophe du vide, caractérisée par un écart de 120σ ordres de grandeur.

Le modèle du Flux Hiérarchique Universel (FHU) contourne ces constructions ad hoc en établissant une imbrication fractale d'univers. Sous ce paradigme, l'univers parent et l'univers local sont structurellement et thermodynamiquement définis comme des **intérieurs de trous noirs**. L'univers local fonctionne comme un système ouvert et

stationnaire à énergie totale nulle ($E_{\text{total}} = E_{\text{matter}} + E_{\text{vacuum}} = 0$). Il absorbe continuellement du vide à énergie négative de son univers parent tout en éjectant de la matière à énergie positive à travers sa frontière. Cette dynamique transfrontalière est régie par une double flèche du temps afin de satisfaire l'invariance globale *CPT*

Plutôt que de considérer l'horizon cosmique comme une simple frontière géométrique de coordonnées, le modèle FHU le traite comme une membrane physique et holographique — une interface thermodynamique active et quantifiée qui traite l'information quantique à l'échelle de Planck.

2. Friction dynamique de membrane vs relique cosmique

Dans le cadre du FHU, le CMB est redéfini comme le rayonnement de corps noir émis directement par la membrane de l'horizon en raison de la « friction » du flux continu de conversion du vide en matière. La température du CMB (T_{CMB}) n'est pas le vestige d'un refroidissement historique ; c'est une **température d'équilibre dynamique** dictée par la densité d'énergie instantanée traitée par la membrane.

Conformément à la relation établie par Tatum, Seshavatharam, Lakshminarayana, Haug & Wojnow, la température d'équilibre de l'horizon de l'univers local est donnée par le couplage entre la température de l'échelle de Planck (T_p) et le rayon géométrique de Hubble (R_H) de l'univers local. En utilisant l'équivalence exacte entre le taux d'expansion local et le rayon de l'horizon ($R_H = c/H$), la température s'exprime ainsi :

$$T_{\text{CMB}} = \frac{T_p}{8\pi} \sqrt{\frac{2l_{pl}}{R_H}}$$

Démonstration mathématique et numérique

Cette équation décrit la réduction d'échelle holographique de l'état thermique de Planck à ultra-haute énergie lorsqu'il se distribue sur la surface bidimensionnelle de l'horizon de l'univers local, compris comme l'intérieur d'un trou noir cosmologique. En insérant les constantes fondamentales de l'univers local ($T_p \approx 1.41678 \times 10^{32}$ K, $l_{pl} \approx 1.61625 \times 10^{-35}$ m et le rayon de Hubble actuel $R_H \approx 1.37 \times 10^{26}$ m), nous procédons à l'évaluation numérique :

$$T_{\text{CMB}} = \frac{1.41678 \times 10^{32}}{8\pi} \times \sqrt{\frac{2 \times 1.61625 \times 10^{-35}}{1.37 \times 10^{26}}}$$

$$T_{\text{CMB}} = (5.6372 \times 10^{30}) \times \sqrt{2.35948 \times 10^{-61}}$$

$$T_{\text{CMB}} = (5.6372 \times 10^{30}) \times (4.8574 \times 10^{-31}) \approx 2.738 \text{ K}$$

Ce résultat dérivé est en accord exceptionnel avec la valeur empirique de référence de 2.725 K établie par les missions spatiales des satellites COBE, WMAP et Planck au sein de l'univers local. Étant donné que le taux de génération de masse par unité

de surface de Planck (η) est fixé par des constantes fondamentales, la température demeure intrinsèquement homogène sur tout l'horizon. Cela résout complètement le paradoxe de l'horizon sans nécessiter l'introduction d'un champ d'inflation finement ajusté.

3. Anisotropies de l'horizon comme bruit de quantification de la membrane (cette section est hors du champs de compétence de l'auteur)

Le spectre de puissance angulaire du CMB observé par satellite présente d'infimes fluctuations de température ($\delta T/T \sim 10^{-5}$). Alors que le modèle Λ CDM attribue ces variations à des fluctuations quantiques primordiales figées pendant l'inflation, le cadre du FHU les interprète comme le **bruit de quantification de surface** provenant du « tissage » discret de la membrane holographique de l'horizon.

Comme l'interface limite est partitionnée en un nombre discret de cellules de Planck, $\eta = N = 4\pi R_H^2 / l_{pl}^2$, la transmission du flux de masse transfrontalier est fondamentalement un processus stochastique et quantifié. L'injection discrète de $\frac{1}{2} m_p$ par intervalle de temps de Planck (t_{pl}) introduit un « bruit de grenaille » spatial et temporel.

L'effet Sachs-Wolfe et les pics acoustiques observés dans le spectre de puissance angulaire du CMB sont donc réinterprétés comme les résonances acoustiques de la membrane de l'horizon elle-même sous la contrainte de ce pompage quantique. Le premier pic du spectre de puissance correspond directement au mode de vibration fondamental de la frontière de l'intérieur du trou noir sphérique. La distribution statistique de ces fluctuations est régie par la distribution de Planck sous-jacente sur la surface bidimensionnelle, ce qui implique que la fonction de corrélation à deux points peut être calculée directement à partir de la densité d'états de surface sans invoquer de champ d'inflation inflationnaire.

4. Résolution des crises cosmologiques contemporaines

En remplaçant l'expansion cinématique standard par une interface thermodynamique pilotée par les flux, le cadre FHU répond nativement à deux anomalies majeures qui mettent au défi la cosmologie Λ CDM :

4.1. La tension de Hubble (H_0)

Le modèle standard est confronté à un écart statistiquement significatif ($> 5\sigma$) entre les mesures locales de la constante de Hubble (H_0) via les échelles de distance cosmique et les valeurs déduites à haut décalage spectral à partir du CMB primitif. Dans le modèle FHU, H_0 n'est pas un paramètre d'expansion de vitesse purement cinématique, mais une manifestation du flux trans-membranaire non local.

Puisque l'univers local est imbriqué dans un univers parent (qui est lui-même l'intérieur d'un trou noir plus grand), la masse effective locale $M_H = \frac{t_H c^3}{2G}$ évolue dynamiquement avec la profondeur d'observation. La densité de flux ressentie par un observateur dépend de l'échelle de la coquille d'horizon sous-dominante sondée. Par conséquent, les variations de la mesure de H_0 sont une prédiction naturelle d'un flux holographique radialement gradué plutôt qu'une erreur systématique d'observation.

4.2. « L'Axe du Mal » du CMB et les anomalies multipolaires

Les anomalies d'alignement à grande échelle (spécifiquement l'alignement des modes quadripolaire et octopolaire) suggèrent un axe directionnel privilégié dans le CMB, violant directement le principe cosmologique d'isotropie statistique.

Sous l'architecture du FHU, cette direction privilégiée cesse d'être une anomalie. Parce que l'univers local est structurellement l'intérieur d'un trou noir existant à l'intérieur d'un univers parent, tout alignement rotationnel, de cisaillement ou magnétique de l'espace-temps du trou noir parent induira une contrainte de marée anisotrope ou une orientation préférentielle sur la membrane de l'horizon de l'univers local. « L'Axe du Mal » est l'empreinte observationnelle directe de la topologie à plus grande échelle de notre univers parent.

5. Dérivations formelles et invariance masse-puissance

Pour confirmer la cohérence mathématique interne du cadre, nous passons en revue les unifications reliant la densité d'énergie sombre, l'invariance de puissance et la masse de l'horizon dans le paradigme de l'intérieur d'un trou noir.

5.1. Densité géométrique de l'énergie sombre

En appliquant le cadre de la gravité induite de Sakharov, l'énergie sombre est identifiée comme la pression de surface requise pour maintenir la séparation entre le flux de matière positive et le flux de vide négatif. La densité d'énergie observée (ρ_{obs}) est dérivée de la dilution holographique de la masse intérieure de Schwarzschild M_H sur le volume de Hubble tridimensionnel ($V = \frac{4}{3}\pi R_H^3$) de l'univers local :

$$\rho_{\text{obs}} = \frac{M_H}{V} = \frac{\frac{t_H c^3}{2G}}{\frac{4}{3}\pi R_H^3}$$

En substituant la condition cinématique de l'horizon $R_H = ct_H$, nous simplifions le volume à $V = \frac{4}{3}\pi c^3 t_H^3$, ce qui donne :

$$\rho_{\text{obs}} = \frac{\frac{t_H c^3}{2G}}{\frac{4}{3}\pi c^3 t_H^3} = \frac{3}{8\pi G t_H^2} = \frac{3H_0^2}{8\pi G}$$

En utilisant la valeur moderne mesurée du paramètre de Hubble pour l'univers local ($H_0 \approx 70 \text{ km/s/Mpc} \approx 2.268 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$), l'application numérique:

$$\rho_{\text{obs}} = \frac{3 \times (2.268 \times 10^{-18})^2}{8 \times \pi \times 6.67430 \times 10^{-11}}$$

$$\rho_{\text{obs}} = \frac{3 \times 5.1438 \times 10^{-36}}{1.6774 \times 10^{-9}} \approx 9.20 \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3$$

Cela résout la catastrophe du vide en démontrant que la densité d'énergie sombre suit dynamiquement la loi $\rho_{\text{obs}} \propto H_0^2$ en tant que propriété géométrique d'échelle de l'intérieur du trou noir, supprimant ainsi tout besoin d'ajustement fin.

5.2. Invariance de la puissance globale

La puissance énergétique totale transférée (P_{obs}) traversant l'interface entre l'univers local et son univers parent est régie par l'efficacité du couplage $\eta = N = 4\pi R_H^2 / l_{pl}^2$ multipliée par la puissance interne intrinsèque ($\frac{M_H c^2}{t_H}$), atténuée par le facteur

holographique bidimensionnel $\left(\frac{l_{pl}}{R_H}\right)^2$:

$$P_{\text{obs}} = \left(\frac{4\pi R_H^2}{l_{pl}^2}\right) \cdot \left(\frac{t_H c^3}{2G} c^2\right) \cdot \left(\frac{l_{pl}^2}{R_H^2}\right)$$

Par réduction algébrique directe, les paramètres de distance R_H^2 , les surfaces de Planck l_{pl}^2 et les intervalles de temps de Hubble t_H s'annulent parfaitement, laissant l'invariant géométrique absolu :

$$P_{\text{obs}} = 2\pi \frac{c^5}{G} = 2\pi P_{pl}$$

L'évaluation de la valeur numérique de ce moteur de macro-puissance continue donne

$$P_{\text{obs}} = 2\pi \times (3.62831 \times 10^{52} \text{ W}) \approx 2.2797 \times 10^{53} \text{ W}$$

Le facteur 2π précédant la puissance limite de Planck (P_{pl}) reflète l'intégration géométrique d'un traitement de l'information multicanal en parallèle à travers une enveloppe d'horizon bidimensionnelle sphérique fermée, plutôt qu'une violation supraluminique d'une limite de transfert linéaire locale unidimensionnelle.

6. Conclusion et perspectives

Le modèle du Flux Hiérarchique Universel recadre les métriques fondamentales de la cosmologie dans un paradigme élégant de traitement de l'information et de thermodynamique :

- **Le CMB** est l'émission thermique immédiate de corps noir de la membrane de l'horizon sous l'effet du flux de conversion.

- **L'énergie sombre** est la pression physique du pompage de vide trans-membranaire.
- **La constante cosmologique** est une propriété émergente reflétant l'impédance géométrique de la frontière du trou noir imbriqué.

En tant que modèle fondamental mais incomplet, la prochaine étape théorique immédiate nécessite de remplacer ces relations d'échelle algébriques globales par un formalisme tensoriel local rigoureux. La modification de l'action d'Einstein-Hilbert par un tenseur d'énergie-impulsion de membrane limite ($\Delta T_{\mu\nu}^{\text{membrane}}$) permettra au modèle FHU de formuler des prédictions explicites pour les oscillations acoustiques baryoniques (BAO) et l'effet de lentille des supernovas à haut décalage spectral, fournissant ainsi un successeur vérifiable et complet à la cosmologie Λ CDM.