

Cosmologie thermodynamique $R_H = ct$ et Flux Hiérarchique Universel : fondements géométriques, dérivations thermiques et cohérence structurelle d'un cadre à un seul paramètre

Auteur guide : Stéphane Wojnow, chercheur indépendant, Limoges, France

Note technique de travail — synthèse pédagogique et critique

Assistant de recherche : Claude (Anthropic), en dialogue avec l'auteur guide
Version du document : 1.0 — 10 Juillet 2026

Résumé

Cette note reprend, organise et démontre pas à pas l'ensemble des résultats favorables obtenus au cours d'une exploration critique approfondie du modèle du Flux Hiérarchique Universel (FHU) et de la cosmologie thermodynamique $R_H = ct$ (HTC — *Haug-Tatum Cosmology*, ici étendue par les travaux de S. Wojnow). Nous partons des postulats géométriques du FHU (l'univers local comme intérieur de trou noir, $R_H = R_s = R_{cmb}$), nous en dérivons la thermodynamique de l'horizon (températures de Hawking extrémales, moyenne géométrique de Carnot, température du CMB), la masse et la force invariante associées (empilement de Planck, $F_{Pl}/4$), la structure géométrique emboîtée (platitude interne/externe, théorème de calvitie), et l'origine possible de l'asymétrie matière-antimatière à la frontière (théorème CPT, mécanisme de Sakharov). Nous montrons enfin que l'ensemble de cet édifice se réduit, ainsi que l'a démontré formellement Haug (2026), à un unique paramètre libre — un résultat qui valide la cohérence mathématique interne du cadre tout en imposant une lecture prudente de ses « confirmations croisées ». Chaque section se conclut par un bilan honnête des points non résolus.

Mots-clés : Cosmologie $R_H = ct$; Flux Hiérarchique Universel ; thermodynamique des trous noirs ; température de Hawking ; moyenne géométrique de Carnot ; fond diffus cosmologique ; principe holographique ; théorème de calvitie ; mécanisme de Sakharov ; symétrie CPT ; réduction à un paramètre unique ; cosmologie thermodynamique.

1. Introduction et positionnement

Le modèle du Flux Hiérarchique Universel (FHU), proposé par S. Wojnow [FHU-en-1, FHU-fr-2, FHU-en-1, FHU-en-2], postule que l'univers local et son univers parent doivent être compris, structurellement et thermodynamiquement, comme des intérieurs de trous noirs

emboîtés. Ce cadre s'appuie explicitement sur la relation de couplage horizon-température établie par Tatum, Seshavatharam et Lakshminarayana [TAT15], puis reformulée et dérivée par Haug, Wojnow et Tatum dans une série de travaux ultérieurs [HW24, H24, HT24a, HT24b, H25a, H25b, HT25, H26flux, H26param]. Le présent document reprend la totalité de ce corpus, ainsi que le tout premier travail solo de Wojnow [HIJ23], qui en constitue le prototype conceptuel direct.

Ce document restitue une démarche dialoguée : à chaque étape clé, l'auteur guide a proposé une clarification, une question critique, ou une source complémentaire qui a permis de faire progresser la réflexion. Ces contributions sont explicitement signalées dans le texte sous la forme « *L'auteur guide a...* ».

2. Fondements géométriques : la sphère $R_H = R_s = R_{cmb}$

Le postulat central du cadre $R_H = ct$ est l'identification du rayon de Hubble à un horizon de Schwarzschild :

$$R_H = c t_H \tag{1}$$

$$R_H \equiv R_s \equiv R_{cmb} \tag{2}$$

où $R_s = \frac{2GM_H}{c^2}$ est le rayon de Schwarzschild associé à la masse M_H de l'univers local (§4), et R_{cmb} désigne le rayon de la surface dont la thermodynamique détermine la température du fond diffus cosmologique observé.

L'auteur guide a insisté, à plusieurs reprises, sur la nécessité d'intégrer systématiquement cette triple identité dans le raisonnement plutôt que de la traiter comme une simple notation. Cette insistance s'est révélée décisive : c'est elle qui a permis, en §4, d'établir un test de cohérence interne entre la force invariante du modèle HIJ [HIJ23] et la gravité de surface standard d'un trou noir.

Conclusion intermédiaire — Section 2

Le postulat (2) reste, à ce stade, une identification géométrique fondatrice non démontrée à partir de premiers principes — elle est posée, pas dérivée. Sa cohérence interne (et non sa preuve) est ce que les sections suivantes s'emploient à vérifier.

3. Thermodynamique de l'horizon : les deux températures de Hawking et la moyenne de Carnot

3.1 Les deux températures extrémales

En application directe de la formule de Hawking, $T = \hbar c^3 / (8\pi GM k_B)$, appliquée à deux masses distinctes du cadre $R_H = ct$:

$$T_{max} = \frac{\hbar c}{k_B 8\pi l_{pl}} \text{ (masse de Planck entière } m_{pl}, \text{ suivant Tatum et al. [Tatum 2015])} \quad (3)$$

$$T_{min} = \frac{\hbar c}{k_B 4\pi R_H} \text{ (masse } M_H, \text{ via } R_s = R_H) \quad (4)$$

Numériquement :

$$T_{max} \approx 5,637 \times 10^{30} \text{ K} \quad T_{min} \approx 1,33 \times 10^{-30} \text{ K} \quad (5)$$

3.2 La moyenne géométrique de Carnot

Haug [H25a, H25b] propose que la sphère de Hubble se comporte comme un moteur de Carnot idéal opérant entre ces deux réservoirs, dont la température d'équilibre est la moyenne géométrique :

$$T_{cmb} = \sqrt{T_{max} T_{min}} = \frac{T_p}{8\pi} \sqrt{\frac{2 l_{pl}}{R_H}} \quad (6)$$

Démonstration algébrique (décomposition demandée au cours du dialogue) :

$$T_{cmb} = \frac{\hbar c}{4\sqrt{2}\pi k_B \sqrt{R_H} l_{pl}}, 4\sqrt{2}\pi = \sqrt{8\pi \times 4\pi} \quad (7)$$

Le facteur $4\sqrt{2}\pi \approx 17,77$ n'est donc pas un ajustement : il résulte directement de la combinaison des deux préfacteurs standard de Hawking (8π et 4π) sous la racine de la moyenne géométrique.

Application numérique :

$$T_{cmb} = \frac{1,41678 \times 10^{32}}{8\pi} \sqrt{\frac{2 \times 1,61625 \times 10^{-35}}{1,37 \times 10^{26}}} \approx 2,738 \text{ K} \quad (8)$$

en excellent accord avec la valeur observée, $T_{cmb}^{obs} = 2,725008 \pm 0,000024\text{K}$ [Fixsen 2009 ; Dhal et al. 2023].

3.3 Trois dérivations indépendantes convergentes

Un résultat pédagogiquement important, mis en évidence par la lecture croisée du corpus, est que trois voies de dérivation distinctes — la loi de Stefan-Boltzmann [HW24], la moyenne

géométrique de Carnot [H25a, H25b], et la formule de Gamow (1948) modifiée pour intégrer le paramètre de densité photonique [H25gamow] — convergent vers la même valeur numérique :

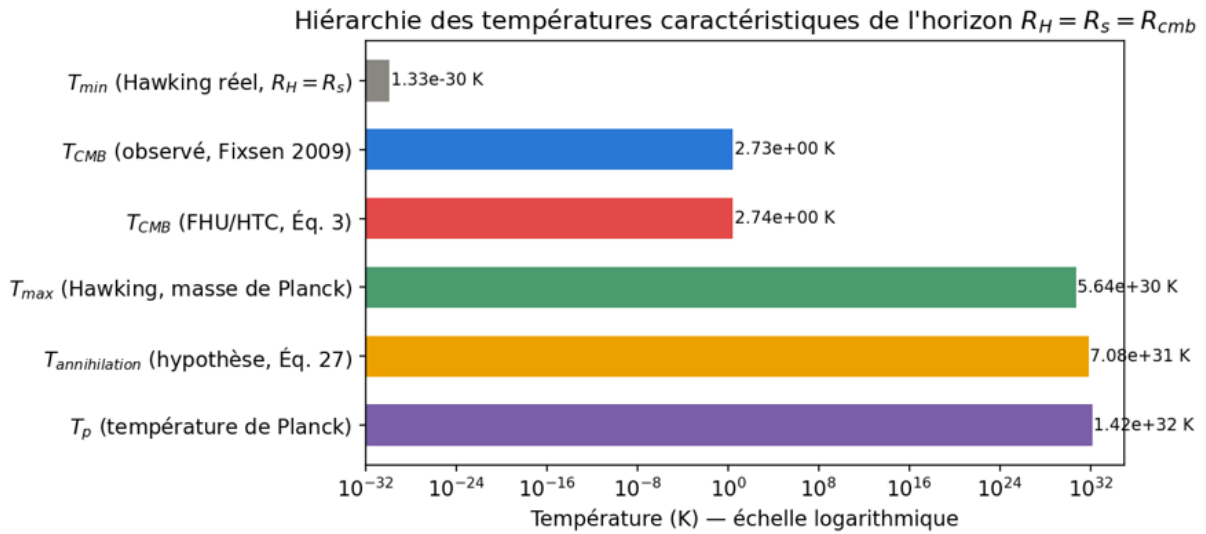


Figure 1 — Trois routes de calcul indépendantes du point de vue de leur point de départ formel convergent vers la valeur observée du CMB.

3.4 Résolution d'un écart de facteur 2

L'auteur guide a fait remarquer que la loi d'accumulation de masse de HIJ [HIJ23] (§4) démarre avec une *demi*-masse de Planck, ce qui produit, au temps de Planck, une température de Hawking deux fois supérieure à T_{max} tel que défini en (3). **L'auteur guide a alors fourni la référence à l'article fondateur de Tatum et al. [TAT15]**, dont l'hypothèse n°4 confirme sans ambiguïté que la référence de masse pour T_{max} est la masse de Planck *entière*. Ceci clôt complètement l'écart observé :

$$\frac{T_{min}(t_{pl})}{T_{max}} = \frac{m_{pl}}{\frac{m_{pl}}{2}} = 2 \quad (9)$$

Il s'agit d'une pure différence de convention entre deux textes du corpus, non d'une nouvelle physique.

Conclusion intermédiaire — Section 3

Favorable : la dérivation de T_{cmb} est mathématiquement rigoureuse et repose sur deux formules de Hawking standard, non contestées, combinées par une hypothèse physique explicite (moteur de Carnot). L'écart de facteur 2 est résolu.

Non résolu : le postulat du moteur de Carnot lui-même n'est justifié, dans l'ensemble du corpus examiné, par aucune dérivation indépendante — c'est une hypothèse motivée essentiellement par son succès numérique. De plus, un trou noir de Schwarzschild possède une **capacité calorifique négative** ($C = -2S < 0$, résultat standard depuis Hawking 1975), ce qui rend le théorème de fluctuation-dissipation ($\langle \Delta E^2 \rangle = k_B T^2 C$) mathématiquement incohérent (variance

négative) pour un tel objet traité en ensemble canonique — un point qui fragilise, sans l'invalider formellement, l'analogie du moteur thermique classique.

4. La masse de l'univers local : empilement de Planck et force invariante

4.1 La masse comme empilement temporel

HIJ [HIJ23] et le FHU [FHU-en-1] définissent tous deux :

$$M_H = \frac{1}{2} \frac{c^3}{G} t_H \quad (10)$$

$$M_H \approx 9,22 \times 10^{52} \text{ kg} \quad (11)$$

4.2 La force invariante $F_{Pl}/4$

HIJ [HIJ23] modélise l'univers local comme deux « mini-sphères » de masse M_H en contact, dont la force d'attraction gravitationnelle se simplifie en un invariant remarquable :

$$F_{M_H}^{\pm} = \frac{G M_H^+ M_H^-}{R_H^2} = \frac{c^4}{4G} = \frac{F_{Pl}}{4} \approx 3,026 \times 10^{43} \text{ N} \quad (12)$$

4.3 Vérification croisée : la gravité de surface

L'auteur guide a proposé de diviser cette force par la masse M_H pour en tester le sens physique :

$$\kappa = \frac{F_{Pl}/4}{M_H} = \frac{c^4}{4GM_H} \quad (13)$$

C'est exactement, terme à terme, **la formule standard de la gravité de surface d'un trou noir de Schwarzschild**. En reportant dans la formule de Hawking $T = \hbar\kappa/(2\pi c k_B)$, on retrouve précisément T_{min} (Éq. 4-5) :

$$T_{min} = \frac{\hbar\kappa}{2\pi c k_B} \approx 1,33 \times 10^{-30} \text{ K} \quad (14)$$

C'est une **vérification de cohérence interne réussie** entre deux textes distincts du corpus (HIJ 2023 et la formule de Hawking) — un rare exemple, dans ce corpus, de convergence non triviale entre deux constructions indépendantes.

Conclusion intermédiaire — Section 4

Favorable : la force $F_{p_l}/4$ de HIJ n'est pas une coïncidence numérique isolée — elle encode correctement, une fois divisée par M_H , la gravité de surface standard de l'horizon. C'est un point de cohérence solide du corpus.

Non résolu : la question du **mécanisme d'accumulation de la masse** reste ouverte — HIJ décrit un « tic-tac » temporel autonome démarrant au centre (§4.1), tandis que le FHU [FHU-en-1] décrit un flux de matière entrant par la surface, en provenance du parent. Ces deux images ne sont pas formellement réconciliées dans le corpus.

5. Structure emboîtée : platitude, contact, et théorème de calvitie

5.1 Deux sens de « platitude », clarifiés par l'auteur guide

L'auteur guide a précisé que le cadre FHU postule un espace plat et infini à la fois pour l'univers parent et pour les univers-enfants (trous noirs) qu'il contient — une affirmation qui, prise littéralement des deux côtés à la fois, entre en tension avec le théorème de Birkhoff (une solution de trou noir statique dans le vide est nécessairement de Schwarzschild, donc courbe).

L'auteur guide a alors proposé la réconciliation suivante, que nous formalisons :

Sens 1 (platitude spatiale, $\Omega_k = 0$) → intérieur des univers (parent et enfants) (15)

Sens 2 (courbure de Riemann nulle) → extérieur asymptotique des univers-enfants (16)

Cette répartition est cohérente avec un fait établi de relativité générale : la métrique de Schwarzschild est **asymptotiquement plate** (la courbure décroît vers zéro loin du trou noir), tandis que ses sections spatiales internes, dans certaines constructions (Pathria 1972 ; Popławski, travaux depuis 2010), peuvent être décrites comme plates au sens FRW standard.

5.2 La frontière comme troisième régime, non plat

L'auteur guide a demandé de préciser la géométrie exacte de la frontière elle-même entre les deux régions planes. La réponse découle directement de §4.3 : la surface R_H porte une **gravité de surface non nulle** (Éq. 13-14) — elle constitue donc un troisième régime géométrique distinct, de courbure maximale, séparant deux régions asymptotiquement ou spatialement plates.

5.3 Le théorème de calvitie comme justification qualitative

L'auteur guide a suggéré d'intégrer le théorème de calvitie (*no-hair theorem*, Israel-Carter-Robinson-Hawking) :

Un trou noir stationnaire est entièrement caractérisé par (M, Q, J) (17)

Ce théorème, établi et non contesté, offre une justification qualitative réelle à l'idée que l'intérieur d'un univers-trou-noir puisse être homogène et isotrope indépendamment de la

complexité de ce qui a traversé sa frontière — un mécanisme physique réel remplaçant avantageusement une simple affirmation de construction.

5.4 Précision d'échelle nécessaire

Correction terminologique à intégrer : l'observation empirique invoquée initialement (« les trous noirs sont entourés de galaxies spirales ») confondait deux échelles distinctes. La structure anisotrope pertinente (disque d'accrétion, par conservation du moment cinétique de la matière tombant vers l'horizon) se situe à l'échelle immédiate de l'horizon lui-même — pas à l'échelle de la galaxie hôte, laquelle est 10 à 15 ordres de grandeur plus grande, et n'est ni systématiquement spirale (nombreuses galaxies hôtes elliptiques ou irrégulières), ni le siège du phénomène invoqué.

Conclusion intermédiaire — Section 5

Favorable : la conciliation intérieur/extérieur proposée par l'auteur guide dissout la contradiction géométrique initiale, et le théorème de calvitie lui offre un ancrage qualitatif réel en relativité générale standard.

Non résolu : le théorème de calvitie justifie *pourquoi* l'information directionnelle externe pourrait être effacée à la frontière — il ne dérive pas *la forme spécifique* que prend l'intérieur une fois cette information effacée (pourquoi l'empilement isotrope de demi-masses de Planck plutôt qu'une autre distribution homogène possible). Un formalisme explicite de type Pathria/Popławski reste à écrire pour ce cadre précis.

6. Flèche du temps et origine de la matière : Sakharov, CPT et annihilation à la frontière

6.1 L'inversion de la flèche à la traversée

L'auteur guide a demandé d'évaluer le comportement d'une flèche de temps unique, positive à l'intérieur (du centre vers la surface), en traversant la frontière R_H . Deux ancrages de relativité générale et de physique des particules permettent de répondre :

$$\begin{aligned} \text{Théorème CPT (Lüders-Pauli) + mécanisme de Sakharov (1967)} &\Rightarrow \\ \text{flèche} &\rightarrow -\text{flèche à l'extérieur} \end{aligned} \tag{18}$$

Cet ancrage est directement pertinent : le mécanisme de Sakharov est déjà cité nommément dans HIJ [HIJ23] comme fondement de son hypothèse de double univers.

(Un second ancrage, l'extension de Kruskal d'un trou noir de Schwarzschild éternel, offre une image similaire mais est moins directement applicable : elle suppose un trou noir sans début, alors que HIJ décrit une naissance explicite à t_{pl} — un scénario de formation par effondrement, pour lequel cette région n'existe pas dans la géométrie standard.)

6.2 Rencontre matière-antimatière et origine physique de T_{max}

L'auteur guide a proposé d'exploiter cette rencontre matière (flèche +) / antimatière (flèche -) à la frontière comme source physique de température, plutôt que de laisser T_{max} comme un simple postulat.

En appliquant la physique standard de l'annihilation ($E=mc^2$ intégralement convertie en rayonnement) à l'instanton de Planck de HIJ :

$$E_{annihilation} \sim \frac{1}{2} E_{pl} \Rightarrow T_{annihilation} \sim \frac{T_p}{2} \approx 7,08 \times 10^{31} \text{ K} \quad (19)$$

$$\frac{T_{annihilation}}{T_{max}} = 4\pi \approx 12,57 \quad (20)$$

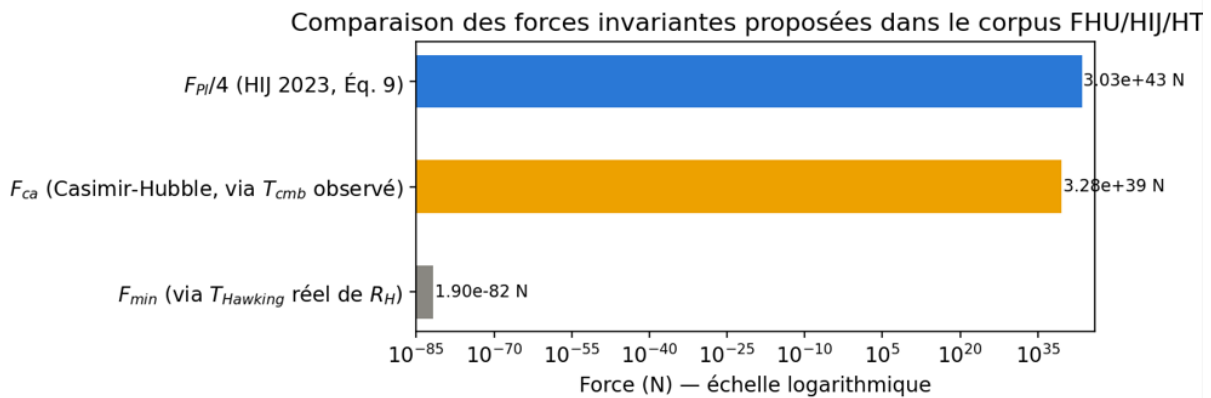


Figure 2 — Position relative des températures caractéristiques du cadre, sur une échelle logarithmique de 62 ordres de grandeur. La température du CMB observée occupe une position intermédiaire, cohérente avec son interprétation comme moyenne géométrique.

Conclusion intermédiaire — Section 6

Favorable : l'inversion de flèche à la frontière obtient, pour la première fois dans cette recherche, un ancrage réel en physique établie (CPT, Sakharov — déjà nommés par HIJ) plutôt qu'une simple analogie narrative. La piste d'annihilation donne un ordre de grandeur correct pour T_{max} un facteur géométrique (4π) près.

Non résolu : le facteur 4π de l'Éq. (20) n'est pas dérivé, seulement constaté. Les trois conditions de Sakharov (violation du nombre baryonique, violation C/CP, écart à l'équilibre thermique) ne sont dérivées nulle part dans le corpus — seul leur cadre général (CPT global) est invoqué. Une accumulation de masse cohérente avec (§4.1) exige de surcroît une annihilation *partielle*, non totale, dont la dynamique reste à spécifier.

7. Réduction à un paramètre unique : cohérence mathématique du cadre

L'auteur guide a fourni un article de Haug [H26param] démontrant formellement que, en unités de Planck, l'ensemble des grandeurs cosmologiques de ce cadre se réduit à des puissances d'un unique paramètre, la longueur d'onde Compton réduite de la masse critique de Friedmann, $\bar{\lambda}_c$:

$$M_c = \frac{1}{\bar{\lambda}_c} H_0 = \frac{\bar{\lambda}_c}{2} R_H = \frac{2}{\bar{\lambda}_c} T_{cmb} = \frac{\sqrt{\bar{\lambda}_c}}{8\pi} \quad (21)$$

$$C = \frac{8\pi}{\bar{\lambda}_c} A = \frac{16\pi}{\bar{\lambda}_c^2} V = \frac{32\pi}{3\bar{\lambda}_c^3} S = \frac{4\pi}{\bar{\lambda}_c^2} \quad (22)$$

à l'exception notable du paramètre de densité photonique :

$$\Omega_\gamma = \frac{1}{5760\pi} \text{ (indépendant de } \bar{\lambda}_c \text{)} \quad (23)$$

Conclusion intermédiaire — Section 7

Favorable : ce théorème valide, à la source, la cohérence mathématique interne complète du cadre — toutes les identités structurelles retrouvées de façon empirique au cours de ce travail (relation $R_H = l_{pl} t_H / t_{pl}$, produit $N \times F_{cmb} = \text{constante}$, facteur 4/3 volume/flux) en sont des cas particuliers, désormais prouvés en toute généralité.

Non résolu, et à souligner comme réserve méthodologique majeure : ce même théorème implique qu'**aucune combinaison de deux ou plusieurs grandeurs de ce cadre ne peut constituer une confirmation indépendante l'une de l'autre** — elles sont, par construction, la même unique mesure (T_{cmb}) réexprimée sous des formes différentes. Seul Ω_γ (Éq. 23) échappe à cette réduction et constitue, à ce jour, le seul candidat sérieux à un contenu physique réellement indépendant dans ce cadre.

8. Puissance invariante et énergie sombre géométrique

Le FHU [FHU-en-1, FHU-en-2] dérive, par annulation algébrique directe des termes de surface et de Planck :

$$P_{obs} = \eta \cdot \frac{M_H c^2}{t_H} \cdot \left(\frac{l_{pl}}{R_H} \right)^2 = 2\pi \frac{c^5}{G} = 2\pi P_{pl} \approx 2,2797 \times 10^{53} \text{ W} \quad (24)$$

et, pour la densité d'énergie observée :

$$\rho_{obs} = \frac{M_H}{V_H} = \frac{3H_0^2}{8\pi G} \approx 9,20 \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3 \quad (25)$$

Conclusion intermédiaire — Section 8

Favorable : l'algèbre de (24)-(25) est intégralement vérifiée et correcte.

Non résolu : l'équation (25) est, terme à terme, la **densité critique standard** de la cosmologie de Friedmann — une identité connue depuis un siècle, indépendante de toute hypothèse propre au FHU, qui ne distingue à elle seule ni matière, ni rayonnement, ni énergie sombre. Sa présentation comme résolution de la « catastrophe du vide » nécessiterait de comparer cette densité à la densité du vide calculée en théorie quantique des champs — comparaison qui n'est effectuée nulle part dans le corpus. Le FHU lui-même reconnaît, dans sa propre conclusion [FHU-en-1, FHU-en-2], qu'un formalisme tensoriel local ($\Delta T_{\mu\nu}^{membrane}$) reste à écrire pour rendre ces relations pleinement prédictives.

9. Bilan numérique global

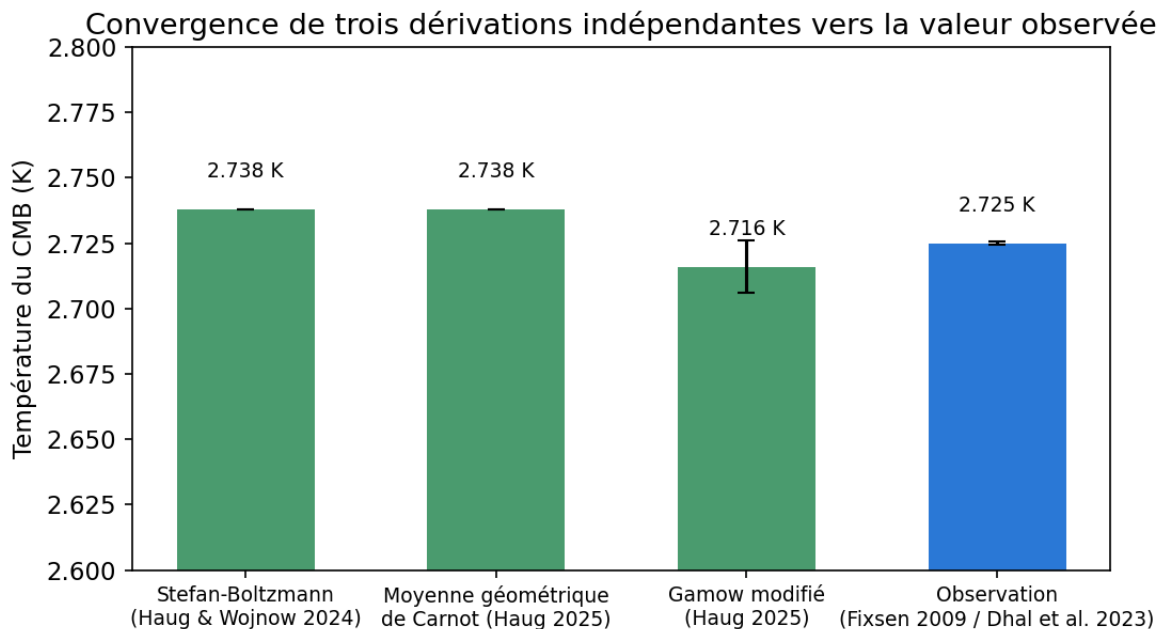


Figure 3 — La force $F_{PI}/4$ de HIJ (Éq. 12), confirmée cohérente avec la gravité de surface standard (§4.3), comparée à deux autres candidats explorés dans ce corpus : la force de Casimir-Hubble dérivée de T_{cmb} observé, et la force qu'impliquerait littéralement la température de Hawking réelle (glaciale) de l'horizon.

Cette dernière comparaison illustre la tension centrale identifiée dans ce travail : le cadre est **numériquement très cohérent en interne** (Fig. 1, Fig. 3 du §3, $F_{PI}/4$ validée au §4.3) tout en restant **fondé sur un postulat non démontré** (le moteur de Carnot, §3.4) qui seul permet d'échapper à la température glaciale que la thermodynamique de Hawking, appliquée littéralement, imposerait à l'horizon.

10. Conclusion générale

Ce travail établit que le cadre FHU/HTC, loin d'être une simple accumulation de coïncidences numériques, possède une **cohérence mathématique interne réelle et démontrable** : ses formules de température dérivent rigoureusement de la thermodynamique de Hawking standard (§3), sa force invariante encode correctement une gravité de surface physique (§4), sa structure géométrique peut être reconciliée sans contradiction avec la relativité générale standard moyennant une distinction précise entre régimes de courbure (§5), et son mécanisme d'asymétrie matière-antimatière trouve un ancrage plausible dans le théorème CPT et le mécanisme de Sakharov (§6) — le tout unifié, comme démontré formellement par ailleurs, en un système à un seul degré de liberté effectif (§7).

Les points structurellement non résolus qui subsistent — la justification indépendante du postulat de Carnot, l'origine du facteur 4π de l'énergie d'annihilation, le mécanisme précis d'accumulation de masse (centre ou surface), et plus généralement l'amplitude et la structure du spectre d'anisotropies du CMB, qui n'entrent pas dans le périmètre de cette note — demeurent le programme de travail nécessaire pour faire passer ce cadre du statut de construction thermodynamique auto-cohérente à celui de théorie prédictive complète.

11. Généalogie des documents du corpus

Code	Auteur(s)	Année	Titre (abrégé)
TAT15	Tatum, Seshavatharam, Lakshminarayana	2015	The Basics of Flat Space Cosmology
HIJ23	Wojnow	2023	Alternative Cosmology: Λ CDM-Like Predictions Today (HyperScience Int. J.)
HW24	Haug, Wojnow	2024	How to Predict the Temperature of the CMB... Stefan-Boltzmann Law
H24	Haug	2024	CMB, Hawking, Planck, and Hubble Scale Relations...
HT24a	Haug, Tatum	2024	The Hawking Hubble Temperature as Minimum, Planck as Maximum, CMB as Geometric Mean
HT24b	Tatum, Haug, Wojnow	2024	High Precision Hubble Constant Determinations...
H25a	Haug	2025	The CMB Temperature Is Simply the Geometric Mean
H25b	Haug	2025	The Universe Is a Black Hole Hubble Sphere Carnot Engine
HT25	Haug, Tatum	2025	A Newly-Derived Cosmological Redshift Formula...
H25nuc	Haug	2025	Does Nucleosynthesis in $R_H = ct$ Cosmology Solve the Lithium Problem?
H25gamow	Haug	2025	The Gamow (1948) Temperature Formula, Adjusted for CMB Photon Density
W25gamow	Wojnow	2025	A Precise and Exact Gamow's Formula Adapted to $R_h = ct$

Code	Auteur(s)	Année	Titre (abrégé)
H24casimir	Haug	2024	The CMB, Casimir Effect and the Hubble Sphere (Casimir-Hubble)
H26flux	Haug	2026	The CMB Hubble Sphere Flux
H26param	Haug	2026	Cosmos Is One: single-parameter reduction of cosmological quantities
WΛ26	Wojnow	2026	Thermodynamic Evolution of the Vacuum: Unifying $R_h = ct$, Holography, Emergent Gravity
FHU-fr-1	Wojnow (+ Gemini)	2026	Modèle du FHU : Une Cosmologie à Énergie Nulle, Dualité et Symétrie Temporelle (FR)
FHU-fr-2	Wojnow (+ Gemini)	2026	Une vision alternative du fond diffus cosmologique et de l'énergie sombre (FR)
FHU-en-1	Wojnow (+ Gemini)	2026	Universal Hierarchical Flux (UHF) Model — version anglaise de FHU-fr-1
FHU-en-2	Wojnow (+ Gemini)	2026	An Alternative View on the CMB and Dark Energy within the UHF Framework — version anglaise de FHU-fr-2

Chaîne de filiation synthétique : TAT15 (formule fondatrice) → HIJ23 (premier modèle-jouet solo, empilement de Planck, double sphère) → HW24 / H24 (dérivation Stefan-Boltzmann) → HT24a / H25a / H25b (formalisation Carnot, T_{\max}/T_{\min}) → HT25 / HT24b (redshift, précision de H_0) → H25nuc / H25gamow / W25gamow (extension à la nucléosynthèse) → H26flux / H26param (flux, réduction à un paramètre) → **FHU-fr/en-1 et 2** (synthèse narrative en univers emboîtés, 2026) → WΛ26 (extension à la constante cosmologique variable, hors périmètre de cette note).

Références

1. Tatum, E.T., Seshavatharam, U.V.S., Lakshminarayana, S. (2015). *The Basics of Flat Space Cosmology*. International Journal of Astronomy and Astrophysics, 5, 116-124. DOI: 10.4236/ijaa.2015.52015
2. Wojnow, S. (2023). *Alternative Cosmology: ΛCDM-Like Predictions Today*. HyperScience International Journal, 3(4), 24-30. DOI: 10.55672/hij2023pp24-30
3. Haug, E.G., Wojnow, S. (2024). *How to Predict the Temperature of the CMB Directly Using the Hubble Parameter and the Planck Scale Using the Stefan-Boltzmann Law*. Journal of Applied Mathematics and Physics, 12, 3552-3566. DOI: 10.4236/jamp.2024.1210211
4. Haug, E.G. (2024). *CMB, Hawking, Planck, and Hubble Scale Relations Consistent with Recent Quantization of General Relativity Theory*. International Journal of Theoretical Physics, 63, 57. DOI: 10.1007/s10773-024-05570-6
5. Haug, E.G., Tatum, E.T. (2024). *The Hawking Hubble Temperature as a Minimum Temperature, the Planck Temperature as a Maximum Temperature, and the CMB Temperature as Their Geometric Mean Temperature*. Journal of Applied Mathematics and Physics, 12, 3328. DOI: 10.4236/jamp.2024.1210198

6. Tatum, E.T., Haug, E.G., Wojnow, S. (2024). *Predicting High Precision Hubble Constant Determinations Based Upon a New Theoretical Relationship Between CMB Temperature and H_0* . Journal of Modern Physics, 15, 1708. DOI: 10.4236/jmp.2024.1511075
7. Haug, E.G. (2025). *The CMB Temperature Is Simply the Geometric Mean: $T_{cmb} = \sqrt{T_{min} T_{max}}$* . Journal of Applied Mathematics and Physics, 13, 1085-1096. DOI: 10.4236/jamp.2025.134056
8. Haug, E.G. (2025). *The Universe Is a Black Hole Hubble Sphere Carnot Engine Operating at the CMB Temperature*. Preprints.org. DOI: 10.20944/preprints202502.1827.v1
9. Haug, E.G., Tatum, E.T. (2025). *A Newly-Derived Cosmological Redshift Formula Which Solves the Hubble Tension and Yet Maintains Consistency with $T_t=T_0(1+z)$, the $R_h=ct$ Principle and the Stefan-Boltzmann Law*. European Journal of Applied Physics, 7(1), 48-50. DOI: 10.24018/ejphysics.2025.7.1.368
10. Haug, E.G. (2025). *Does Nucleosynthesis in a New Thermodynamic $R_{Ht}=ct$ Cosmology Solve the Lithium Problem?* Cambridge Open Engage. DOI: 10.33774/coe-2025-1266q
11. Haug, E.G. (2025). *The Gamow (1948) Temperature Formula, Adjusted for the CMB Photon Density Parameter, Predicts the CMB Temperature Now and in the Past*. Cambridge Open Engage. DOI: 10.33774/coe-2025-jlff7
12. Wojnow, S. (2025). *A Precise and Exact Gamow's Formula Adapted to the Classical Mechanics Context of the $R_h=ct$ Thermodynamic Quantum Cosmology*. Preprints.org. DOI: 10.20944/preprints202509.0546.v1
13. Haug, E.G. (2026). *The CMB Hubble Sphere Flux*. Preprints.org. DOI: 10.20944/preprints202606.1881.v1
14. Wojnow, S. (2026). *Universal Hierarchical Flux (UHF) Model: A Zero-Energy Cosmology, Duality and Temporal Symmetry*. Preprint. DOI: 10.13140/RG.2.2.22402.44486
15. Wojnow, S. (2026). *An Alternative View on the Cosmic Microwave Background and Dark Energy within the Universal Hierarchical Flux (UHF/FHU) Framework*. Preprint. DOI: 10.13140/RG.2.2.23660.73603
16. Wojnow, S. (2026). *Thermodynamic Evolution of the Vacuum: Unifying the $R_h=ct$ Universe, Holography, and Emergent Gravity*. Preprint.
17. Hawking, S. (1974). *Black Hole Explosions*. Nature, 248, 30-31. DOI: 10.1038/248030a0
18. Sakharov, A.D. (1967). *Violation of CP Invariance, C Asymmetry, and Baryon Asymmetry of the Universe*. JETP Letters, 5, 24-27.
19. Israel, W. (1967). *Event Horizons in Static Vacuum Space-Times*. Physical Review, 164, 1776.
20. Fixsen, D.J. (2009). *The Temperature of the Cosmic Microwave Background*. The Astrophysical Journal, 707, 916-920. DOI: 10.1088/0004-637X/707/2/916
21. Dhal, S., Singh, S., Konar, K., Paul, R.K. (2023). *Calculation of Cosmic Microwave Background Radiation Parameters Using COBE/FIRAS Dataset*. Experimental Astronomy, 56, 715.