

Question cosmologique : mécanisme de construction de $\bar{B}_+^4$

Vrai espace-temps stratal vs faux espace-temps de propagation

Hugues Genzrin

21 juin 2026

Préambule

Ce document explore une *question cosmologique ouverte* dans le cadre de la *Structure d'espace-temps dans le programme du grain*. La construction précédente établissait que l'espace-temps stratal $\bar{B}_+^4$ émerge par intégration temporelle d'une boule $\bar{B}^3$ en évolution.

La présente note pose la question suivante : *quel est le véritable mécanisme de construction de $\bar{B}_+^4$?*

Nous distinguons deux mécanismes :

- Un *faux* $\bar{B}_+^4$, où seule la frontière de $\bar{B}^3$ se propage. La structure 4D obtenue est creuse.
- Un *vrai* $\bar{B}_+^4$, où l'ensemble du monde (frontière et intérieur) est recopié à chaque instant, produisant un espace-temps substantiel.

Nous soutenons que seul le second mécanisme est cohérent avec l'intégration temporelle du document précédent, et qu'il donne au temps un statut stratal nouveau : *le temps antérieur est un grain plus fin du cosmos*.

Statut épistémologique. Cette note est *conjecturale et exploratoire*. Elle propose des lectures qui mériteraient des développements ultérieurs pour être pleinement fondées. Plusieurs conjectures explicites sont formulées et marquées comme telles.

Référence implicite. *Structure d'espace-temps dans le programme du grain*, et *Constante de Planck et fondations stratales*.

1 Position du problème

1.1 Rappel de la construction précédente

Dans le document *Structure d'espace-temps dans le programme du grain*, l'espace-temps stratal $\bar{B}_+^4$ émerge par deux opérations successives :

- Une *rotation intrinsèque* autour de Δ_∞ qui élève le plan stratal 2D en espace stratal 3D ($\bar{B}^3$).
- Une *intégration temporelle* : $\int_0^1 \chi(\bar{B}^3(\phi)) d\phi = \sqrt{1 - r^2}$, qui donne la demi-boule $\bar{B}_+^4$ dans $\mathbb{R}^4$.

L'intégration temporelle suppose implicitement que les boules $\bar{B}^3(\phi)$ pour différents ϕ *co-existent géométriquement* comme strates de l'espace-temps.

1.2 La question du mécanisme

Cette coexistence n'est pas évidente. Elle dépend du mécanisme par lequel $\bar{B}^3$ évolue dans le temps. Deux mécanismes très différents sont concevables, et ils n'ont pas les mêmes implications pour la structure de $\bar{B}_+^4$.

2 Le faux mécanisme : propagation de frontière

2.1 Description

Définition 1 (Mécanisme de propagation de frontière). *Le mécanisme de propagation de frontière consiste à supposer que seule la frontière $\partial\bar{B}^3 = S^2$ évolue dans le temps, sans archivage des états antérieurs.*

Concrètement : à chaque instant t , il existe une unique boule $\bar{B}^3(t)$ dont la sphère bordante $S^2(t)$ a un rayon $R(t)$ variant continûment.

L'évolution est donc réduite à la fonction $t \mapsto R(t)$.

2.2 Pourquoi ce mécanisme donne un faux $\bar{B}_+^4$

Proposition 1 (Caractère creux du faux $\bar{B}_+^4$). *Sous le mécanisme de propagation de frontière, la « 4-variété » obtenue par parcours temporel n'a pas la structure de $\bar{B}_+^4$:*

- *Les états antérieurs $\bar{B}^3(t - \epsilon)$ ne sont pas accessibles : ils n'ont pas été archivés.*
- *À chaque instant, on ne dispose que de la boule actuelle $\bar{B}^3(t)$ et de l'information $R(t)$ sur son rayon.*
- *L'intégration temporelle $\int \bar{B}^3(\phi) d\phi$ ne correspond à rien de géométrique : il n'existe pas d'objet 4D qui contienne effectivement les strates intermédiaires.*

La structure 4D obtenue est donc creuse : elle est une construction conceptuelle a posteriori, pas une réalité géométrique substantielle.

Remarque 1 (Critique de la littérature relativiste). *Une partie de la littérature relativiste classique traite l'espace-temps comme un objet abstrait dans lequel les états passés et futurs ne sont pas effectivement présents, mais seulement conceptuellement reliés par les équations d'évolution. Cette lecture correspond, dans notre cadre, à un faux $\bar{B}_+^4$.*

Or l'intégration temporelle qui donne $\bar{B}_+^4$ comme demi-boule substantielle n'a de sens géométrique que si les états antérieurs existent réellement comme strates de l'espace-temps. Sans archivage, la 4-variété est une fiction utile, pas une structure géométrique substantielle.

3 Le vrai mécanisme : recopie stratale

3.1 Description

Définition 2 (Mécanisme de recopie stratale). *Le mécanisme de recopie stratale consiste à supposer qu'à chaque instant, le monde entier (frontière et intérieur) est recopié avec de légères modifications, et que les copies antérieures persistent comme strates spatio-temporelles.*

Concrètement : la boule $\bar{B}^3(t)$ contient en elle, à des niveaux stratals plus fins, les copies $\bar{B}^3(t - \epsilon)$, $\bar{B}^3(t - 2\epsilon)$, etc., conservées comme archives géométriques.

3.2 Le vrai $\bar{B}_+^4$ comme objet substantiel

Proposition 2 (Substantialité du vrai $\bar{B}_+^4$). *Sous le mécanisme de recopie stratale, la 4-variété $\bar{B}_+^4$ obtenue par intégration temporelle est une structure géométrique substantielle :*

- *Les états antérieurs sont effectivement présents comme strates internes de $\bar{B}^3(t)$.*
- *La dimension temporelle x_4 indexe les niveaux stratals : à chaque profondeur stratale correspond un temps antérieur.*
- *L'intégration $\int \bar{B}^3(\phi) d\phi$ a un sens géométrique précis : elle parcourt les strates effectivement existantes.*

Remarque 2 (Cohérence avec la construction stratale). *Le mécanisme de recopie stratale est naturel dans le cadre du programme du grain : il respecte le principe selon lequel les niveaux stratals coexistent et sont accessibles par changement de résolution.*

L'archivage temporel n'est pas une opération ad hoc : c'est une instance du mécanisme général de stratification du programme, appliqué à la dimension temporelle.

4 Conséquences du vrai mécanisme

4.1 Temps antérieur = grain plus fin

Conjecture 1 (Stratification temporelle). *Un temps antérieur correspond à un grain du cosmos plus fin. Plus précisément :*

- *Le présent est le niveau stratal le plus grossier accessible à l'observateur.*
- *Les temps antérieurs sont les niveaux strataux plus fins, emboîtés dans le présent.*
- *L'expansion cosmologique correspond à un déplacement vers des niveaux strataux plus grossiers : les grains croissent avec le temps.*

Remarque 3 (Compatibilité avec le Big Bang). *Cette conjecture est cohérente avec le modèle cosmologique standard : plus on remonte dans le temps, plus l'univers était dense, donc plus finement stratifié. La singularité initiale (Big Bang) correspond au niveau stratal infiniment fin, et l'expansion vers le présent correspond à un déplacement vers le grossier.*

La flèche du temps stratale est donc :

$$\text{fin (passé)} \longrightarrow \text{grossier (présent)}.$$

Elle coïncide avec la flèche entropique et avec la direction de l'expansion.

4.2 Identification vitesse d'expansion / vitesse de la lumière

Conjecture 2 (Vitesse de la lumière comme taux d'expansion stratal). *La vitesse de la lumière c s'identifie au taux d'expansion stratal de l'univers cosmologique : c'est la vitesse à laquelle les grains du cosmos passent d'un niveau stratal au niveau plus grossier suivant.*

Aucun mouvement ne peut être plus rapide que cette propagation, car elle constitue la vitesse de création du monde lui-même.

Remarque 4 (Lecture stratale de la relativité). *Si cette conjecture est correcte, la borne de Lorentz $v \leq c$ de la relativité restreinte reçoit une interprétation stratale : on ne peut pas dépasser la vitesse à laquelle l'univers se construit lui-même.*

La constante c n'est plus une constante physique imposée de l'extérieur, mais une conséquence structurelle du mécanisme d'expansion stratale. La relativité serait alors une lecture particulière de la structure stratale du temps.

Cette lecture demande une formalisation explicite (définition du « taux d'expansion stratal » comme grandeur quantifiable, mise en relation avec les expériences). C'est une direction de recherche autonome.

Remarque 5 (Rétroaction de la TRG sur la vitesse d'expansion stratale). *La conjecture 2 affirme l'identification $c = \text{taux d'expansion stratal}$. Cette identification doit être nuancée par l'effet de la rétroaction gravitationnelle.*

La théorie de la relativité générale (TRG) stipule que la matière courbe l'espace-temps. Dans le cadre du programme du grain, cette courbure se traduit (cf. Structure d'espace-temps dans le programme du grain, Conjecture sur la rétroaction stratale de la matière) par une modification locale du taux d'expansion stratal.

Par conséquent, à de grandes échelles cosmologiques — où la matière et son champ gravitationnel sont distribués de manière non négligeable — la vitesse d'expansion stratale n'est plus égale à la vitesse de propagation de la lumière. L'égalité $c = \text{taux d'expansion stratal}$ n'est rigoureusement valable que :

- *En l'absence de matière (vide gravitationnel).*

- À des échelles suffisamment petites pour que la courbure induite par la rétroaction de la matière soit négligeable.

À grande échelle, l'expansion stratale est déformée par le champ gravitationnel ambiant, et la vitesse de propagation effective de la lumière dans ce contexte (vitesse de phase, vitesse de groupe, vitesse de l'information) peut s'écarter du taux d'expansion stratal local.

Cette rétroaction articule cohéremment les deux conjectures du programme :

- La conjecture 2 fixe la valeur de référence (c = taux d'expansion stratal dans le vide).
- La conjecture de rétroaction stratale de la matière modifie localement cette valeur en fonction de la distribution de masse-énergie.

L'unification de ces deux mécanismes constitue un programme de recherche à part entière : il faudrait construire l'équivalent stratal des équations d'Einstein, et en déduire les corrections au taux d'expansion stratal en fonction du tenseur énergie-impulsion.

4.3 Question du retour

Remarque 6 (Sur la possibilité de revenir dans le passé). *La question initiale qui a motivé cette note était : peut-on revenir dans $\bar{B}_+^4(t - \epsilon)$ depuis $\bar{B}_+^4(t)$?*

Sous le mécanisme de recopie stratale, deux lectures sont possibles :

- **Accès par remontée stratale.** Si le passé est archivé aux niveaux stratals plus fins, alors « accéder au passé » pourrait signifier « remonter aux niveaux plus fins ». C'est une opération géométrique en principe possible dans le cadre du programme.
- **Inversion temporelle.** « Revenir » au sens d'inverser la flèche du temps. C'est plus délicat : la flèche stratale ($\text{fin} \rightarrow \text{grossier}$) est asymétrique, et son inversion demande de mobiliser le flot miroir $\bar{\Gamma}$.

Cette question reste ouverte. Le présent document ne tranche pas.

5 Statut épistémologique et perspectives

5.1 Synthèse

L'apport principal de cette note est de distinguer deux mécanismes possibles pour la construction de $\bar{B}_+^4$:

- Le *faux* $\bar{B}_+^4$ (propagation de frontière) : la 4-variété est creuse, conceptuelle, sans archive des états antérieurs.
- Le *vrai* $\bar{B}_+^4$ (recopie stratale) : la 4-variété est substantielle, les états antérieurs sont effectivement présents comme strates plus fines.

Nous soutenons que seul le mécanisme de recopie stratale est cohérent avec l'intégration temporelle du document précédent. C'est une distinction structurelle importante qui mérite d'être explicitée, car elle n'est pas toujours présente dans la littérature relativiste.

5.2 Conjectures à approfondir

Le présent document formule trois conjectures explicites :

1. *Stratification temporelle* : le temps antérieur est un grain plus fin du cosmos.
2. *Vitesse de la lumière stratale* : c s'identifie au taux d'expansion stratal.
3. *Mécanisme de recopie* : l'expansion cosmologique procède par recopie complète du monde, pas seulement par propagation de frontière.

Chacune de ces conjectures demande des développements indépendants pour être pleinement fondée :

- Mathématiques : formalisation précise du mécanisme de recopie, définition stratale du taux d'expansion, structure de l'archivage temporel.

- Physiques : vérification de l'identification stratale de c , comparaison avec la cosmologie standard, prédictions observationnelles distinctes.
- Philosophiques : statut ontologique des états antérieurs, nature du présent, articulation entre temps stratal et temps relativiste.

5.3 Perspectives

Plusieurs directions de recherche s'ouvrent :

- *Formalisation du mécanisme de recopie.* Construction explicite de la fonction qui associe à chaque grain de $\bar{B}^3(t)$ ses copies aux niveaux stratals plus fins.
- *Cosmologie stratale observationnelle.* Identifier des signatures observationnelles qui distinguent le vrai $\bar{B}_+^4$ du faux (fond diffus cosmologique, structure à grande échelle, anomalies de l'expansion).
- *Articulation avec la mécanique quantique stratale.* Le mécanisme de recopie suggère que chaque grain du cosmos est une « mémoire » de ses états antérieurs, ce qui pourrait éclairer le problème de la mesure et de la décohérence.
- *Question du retour.* Étudier sérieusement si, et sous quelles conditions, l'accès aux niveaux stratals plus fins peut être interprété comme un accès au passé.
- *Rôle de la frontière $\partial\bar{B}_+^4=S^3$* qui abrite le système d'information sémantique du cosmos.

Conclusion

L'apport central de cette note est conceptuel : nous distinguons deux mécanismes possibles pour la construction de l'espace-temps stratal, et nous soutenons que seul le *mécanisme de recopie stratale* donne un $\bar{B}_+^4$ substantiel.

Cette distinction n'est pas anodine. Elle implique que le temps n'est pas une simple coordonnée que l'on parcourt, mais une *hiérarchie stratale* d'états archivés. Le présent contient en lui-même la mémoire du passé, sous forme de grains plus fins.

Trois conjectures sont formulées comme directions de recherche. Elles constituent une exploration cosmologique du programme du grain, à poursuivre avec la rigueur appropriée à des questions de fondations.