Application numérique : rebond par domaines / inhomogénéités

(scénario “îlots survivants” – déclencheur Weyl, modèle jouet RGH)

Lolo (avec assistance IA pour la mise en forme)

12 février 2026

Résumé

On explore une variante plus naturelle du scénario domainé : le rebond local n’est plus déclenché par un simple seuil de densité, mais par un seuil sur un invariant de courbure conforme (Weyl). Cela permet de sélectionner les régions réellement anisotropes (marées, cisaillement), tout en laissant le fond FLRW inchangé (Weyl nul). On obtient alors une prédiction statistique testable pour la fraction d’objets “trop mûrs” à grand redshift (JWST).

1 Idée en une phrase

Au lieu d’un déclencheur purement densité, on suppose :

un domaine rebondit lorsque son invariant de Weyl atteint un seuil critique.

Comme $W = 0$ en FLRW parfait, seuls les domaines inhomogènes / anisotropes sont concernés.

2 Hypothèses minimales (modèle jouet Weyl)

1. Fond global quasi-FLRW : le CMB et la BBN ne sont pas modifiés au premier ordre.
2. Déclencheur local :
$$W_{\mathrm{dom}}(t_b^{\mathrm{dom}}) = W_\star, \qquad W \equiv C_{\alpha\beta\gamma\delta}C^{\alpha\beta\gamma\delta}.$$
3. Approximation quasi-newtonienne (ordre de grandeur) : le tenseur électrique de Weyl est relié aux marées gravitationnelles :
$$E_{ij} \sim \left(\partial_i\partial_j - \frac{1}{3}\delta_{ij}\nabla^2\right)\Phi.$$
4. Équation de Poisson :
$$\nabla^2\Phi = 4\pi G a^2 \bar{\rho}\,\delta.$$

3 Lien Weyl – surdensité

Sur une échelle caractéristique R, on obtient (en ordre de grandeur) :

$$E \sim 4\pi G a^2 \bar{\rho}\,\delta.$$

Le scalaire de Weyl se comporte alors comme :

$$W \sim \frac{E_{ij}E^{ij}}{a^4} \sim (4\pi G\bar{\rho})^2\delta^2\,S^2,$$

où S encode l’anisotropie (facteur de forme / cisaillement).

Seuil effectif en densité. Le critère $W = W_\star$ induit :

$$\boxed{\delta_\star(z) = \frac{1}{S}\frac{\sqrt{W_\star}}{4\pi G\bar{\rho}(z)}}$$

Donc plus l'environnement est anisotrope (S grand), plus le seuil en δ est faible.

4 Exemple numérique à $z \simeq 10$

La densité moyenne évolue comme :

$$\bar{\rho}(z) = \rho_0(1+z)^3.$$

À $z = 10$:

$$\bar{\rho}(10) \simeq 4.6 \times 10^{-31} \times 11^3 \approx 6.1 \times 10^{-28}\ \mathrm{kg\,m^{-3}}.$$

On peut alors évaluer $\delta_\star$ pour un seuil $W_\star$ donné.

Exemple jouet. Si l'on exige un "boost" local correspondant à

$$\mathcal{A}_\star = \frac{a_b^{\mathrm{dom}}}{a_b} = 1.5,$$

alors (cas radiation $w = 1/3$) :

$$\delta_\star = \mathcal{A}_\star^4 - 1 \simeq 4.06.$$

Ce seuil peut être obtenu pour un choix approprié de $W_\star$ et S.

5 Fraction d'objets "trop mûrs"

Si la distribution des δ lissée sur l'échelle R est approximativement gaussienne de variance $\sigma_R^2(z)$, alors la fraction de domaines satisfaisant $\delta \geq \delta_\star$ vaut :

$$\boxed{F_{\mathrm{out}}(z) = f_{\mathrm{dom}}(z)\,\frac{1}{2}\,\mathrm{erfc}\left(\frac{\delta_\star}{\sqrt{2}\,\sigma_R(z)}\right)}$$

où $f_{\mathrm{dom}}(z)$ est la fraction volumique RGH-active.

Sensibilité. À titre indicatif :
- $\sigma_R = 1 \Rightarrow$ fraction très faible,
- $\sigma_R = 2 \Rightarrow$ quelques pourcents,
- $\sigma_R = 3 \Rightarrow \mathcal{O}(10\%)$.

Donc un petit f_{dom} suffit pour produire une queue d'objets précoces, sans rendre l'univers globalement "vieux".

6 Interprétation physique

- Le fond FLRW conserve $W = 0$: CMB et BBN préservés.
- Les proto-amas / régions anisotropes activent plus tôt la dynamique RGH.
- Les objets précoces doivent corréler avec environnement dense et fort cisaillement.

Ce scénario transforme un problème global (en contradiction avec la thermodynamique primordiale) en une dispersion statistique testable.

Conclusion : le rebond domainé déclenché par Weyl fournit une voie cohérente pour expliquer des galaxies anormalement mûres à grand redshift, tout en conservant les piliers cosmologiques standards.