Application numérique : rebond Weyl *non intégrable*

Modèle Weyl–Maxwell + saturation Born–Infeld (régularisée par (ω, J))

Lolo (avec assistance IA pour la mise en forme)

6 février 2026

Résumé

On explore un scénario hypothétique où le rebond cosmologique est déclenché non pas par une densité moyenne, mais par un *seuil sur l'invariant* d'un champ de Weyl *non intégrable* : $F = d\Phi \neq 0$. Le champ se comporte comme un champ "Maxwell" (de jauge d'échelle) mais sa croissance est *saturée* par un terme de type Born–Infeld, supposé régularisé/stabilisé par la structure interne symplectique (ω, J) (principe : bornes finies, pas d'explosion, pas de pathologies). On donne un calibrage numérique simple en unités SI pour relier un seuil d'énergie au champ critique.

1 Hypothèses (assumées)

1. Fond FLRW plat (au moins pour le *fond*).
2. Weyl **non intégrable** : Φ_μ n'est pas un simple gradient global, et $F_{\mu\nu} \equiv \partial_\mu \Phi_\nu - \partial_\nu \Phi_\mu \neq 0$.
3. Le secteur Weyl est de type "Maxwell" (propagation de $F_{\mu\nu}$) mais **saturé** : l'amplitude effective de $F^2 \equiv F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$ ne peut pas diverger (Born–Infeld).
4. La structure (ω, J) sert de **régularisation/stabilisation** : elle impose une borne finie (échelle BI) et prévient les instabilités.

2 Idée du déclencheur

Déclencheur géométrique. Le rebond est supposé se produire lorsque l'invariant F^2 atteint une valeur critique fixée par l'échelle Born–Infeld (BI), ce qui revient à imposer un plafond d'énergie dans ce secteur. Dans l'approximation "Maxwell" (hors saturation), l'énergie du champ se comporte comme un contenu relativiste.

Effet cosmologique qualitatif. Le champ Weyl–Maxwell se comporte en première approximation comme un contenu de type radiation ($w \simeq 1/3$), mais la saturation BI fournit une *barrière* qui empêche la montée infinie et peut forcer un rebond (quand la dynamique du fond tente de pousser au-delà de la borne).

3 Calibrage SI : densité critique $\rho_\star \leftrightarrow$ champ critique

On ne prétend pas ici dériver les unités exactes de Φ_μ dans la RGH : on fait un *calibrage d'ordre de grandeur* en identifiant l'énergie du secteur Weyl à une énergie de type Maxwell.

3.1 Énergie de champ et densité massique équivalente

En unités SI, pour un champ "électromagnétique" standard, la densité d'énergie est

$$u \simeq \frac{1}{2\mu_0}B^2 + \frac{\varepsilon_0}{2}E^2, \qquad \varepsilon_0\mu_0 c^2 = 1.$$

On définit une densité *massique* équivalente $\rho \equiv u/c^2$. Si l'on prend une configuration "magnétique dominante" (même ordre de grandeur), on obtient la correspondance pratique :

$$\boxed{B_\star \simeq \sqrt{2\mu_0 c^2\,\rho_\star}}, \qquad \boxed{E_\star \simeq c\,B_\star}.$$

Ici, $\rho_\star$ joue le rôle d'une *densité critique effective* associée à la saturation BI.

4 Échelles au rebond (comparatif d'échelle)

Pour comparer aux documents précédents, on illustre le cas où le contenu dominant près du rebond a une loi d'échelle type radiation (ce qui est cohérent avec un champ Maxwellien non saturé). On prend comme normalisation de référence :

$$\rho_0 \equiv 4.6 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg\,m^{-3}}, \qquad R_0 = 96\ \mathrm{Gly}.$$

Alors, si $\rho(a_b) = \rho_\star$ (au moment où la saturation impose le rebond),

$$\frac{a_b}{a_0} \sim \left(\frac{\rho_0}{\rho_\star}\right)^{1/4}, \qquad R_b \sim R_0 \frac{a_b}{a_0}.$$

Note critique : si la densité actuelle réelle du secteur Weyl est différente de ρ_0, remplacer ρ_0 par $\rho_{\mathrm{Weyl},0}$.

5 Résultats numériques (exemples)

TABLE 1 – Exemples : si l'on fixe une densité critique $\rho_\star$ (interprétée comme borne BI du secteur Weyl), on obtient un champ critique $B_\star$ (et $E_\star$) et une échelle R_b (hypothèse radiation pour l'échelle en a). Les valeurs de champs sont des calibrages SI (ordre de grandeur).

Scénario	$\rho_\star$ (kg m^{-3})	$B_\star$ (T)	$E_\star$ (V/m)	R_b (a.l.)
Stellaire	10^6	4.75×10^8	1.42×10^{17}	7.9×10^1
Nucléaire	10^{18}	4.75×10^{14}	1.42×10^{23}	7.9×10^{-2}
Planck	5.15×10^{96}	1.08×10^{54}	3.24×10^{62}	1.7×10^{-21}

Remarques (honnêteté scientifique)

- Le but est **comparatif** : montrer comment un seuil sur F^2 (saturé BI) peut être traduit en une densité critique effective et donc en une échelle R_b.
- Les champs $E_\star, B_\star$ sont des **ordres de grandeur** obtenus par analogie Maxwell. Dans la RGH, les unités exactes peuvent différer suivant la définition de Φ_μ et son couplage.
- La nouveauté par rapport au cas Weyl intégrable ($F = 0$) est que ce déclencheur "voit" une *dynamique de jauge* et pas seulement un taux d'échelle.
- La régularisation par (ω, J) est ici encapsulée dans l'existence de la borne BI (pas d'explosion de F^2).