Application numérique : rebond **par domaines + CEN/NEC effective contrôlée**

(mosaïque de rebonds par violation effective locale)

Lolo (avec assistance IA pour la mise en forme)

6 février 2026

Résumé

On combine l'idée de rebond *domainé* (inhomogène) avec une phase de **violation effective contrôlée** de la Condition d'Énergie Nulle (CEN, NEC en anglais), c'est-à-dire une période où $(\rho_{\text{eff}} + p_{\text{eff}}) < 0$. Dans ce modèle jouet, chaque domaine possède un paramètre local qui règle l'intensité de la composante "régularisante" (associée en RGH au secteur interne, par ex. (ω, J)) et déclenche le rebond localement. On obtient des expressions fermées pour a_b^{dom} et R_b^{dom}, puis un tableau d'ordres de grandeur.

1 Rappel : CEN/NEC (forme fluide)

Pour un fluide parfait isotrope, la CEN (NEC) s'écrit :

$$\rho + p \geq 0.$$

Une **violation effective contrôlée** signifie qu'une description effective (due à corrections géométriques / secteur interne) peut rendre temporairement

$$(\rho_{\text{eff}} + p_{\text{eff}}) < 0,$$

ce qui permet un rebond (H peut remonter à travers zéro) si la théorie reste stable.

2 Hypothèses (modèle jouet domainé)

1. On découpe l'univers en domaines indexés par i.
2. Chaque domaine a une composante "positive" de type radiation (fond) :

$$\rho_{r,i}(a) = (1 + \delta_i)\,\rho_{r,0}\,a^{-4}, \qquad p_{r,i} = \rho_{r,i}/3,$$

   où δ_i est une surdensité locale (domaines).
3. Chaque domaine a une composante effective **négative** (régularisante) de type stiff :

$$\rho_{s,i}(a) = -\rho_{s,0}\,r_i\,a^{-6}, \qquad p_{s,i} = \rho_{s,i},$$

   où $r_i > 0$ encode *l'intensité locale* de la correction (RGH interne).
4. Normalisation de comparaison : $\rho_{r,0} \equiv \rho_0 = 4.6 \times 10^{-31}\ \text{kg}\,\text{m}^{-3}$ et $R_0 = 96$ Gly.

Remarque (sens physique de r_i). Dans une théorie fondamentale, r_i serait calculé à partir d'un invariant interne (fonction de (ω, J), gradients, etc.). Ici c'est un paramètre effectif : il permet de représenter une mosaïque de rebonds plus/moins "forts" selon les régions.

3 Condition de rebond locale

Dans ce modèle, la densité effective du domaine est :

$$\rho_{\text{eff},i}(a) = \rho_{r,i}(a) + \rho_{s,i}(a) = (1+\delta_i)\rho_0 a^{-4} - \rho_{s,0} r_i a^{-6}.$$

Le rebond local se produit quand $H_i^2 \propto \rho_{\text{eff},i}$ s'annule :

$$(1+\delta_i)\rho_0 a_b^{-4} - \rho_{s,0} r_i a_b^{-6} = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{a_{b,i}}{a_0} = \sqrt{\frac{\rho_{s,0}}{\rho_0}\,\frac{r_i}{1+\delta_i}}}.$$

On définit le ratio global (analogue au doc CEN précédent) :

$$r_0 \equiv \frac{\rho_{s,0}}{\rho_0}.$$

Alors

$$\boxed{\frac{a_{b,i}}{a_0} = \sqrt{\frac{r_0\, r_i}{1+\delta_i}}}, \qquad \boxed{R_{b,i} = R_0 \sqrt{\frac{r_0\, r_i}{1+\delta_i}}}.$$

4 CEN/NEC violée au rebond (dans chaque domaine)

On a :

$$(\rho_{\text{eff}} + p_{\text{eff}})_i = (\rho_{r,i} + p_{r,i}) + (\rho_{s,i} + p_{s,i}) = \frac{4}{3}\rho_{r,i} + 2\rho_{s,i}.$$

Au rebond local, $\rho_{s,i} = -\rho_{r,i}$, donc :

$$(\rho_{\text{eff}} + p_{\text{eff}})_i\big|_b = \left(\frac{4}{3} - 2\right)\rho_{r,i} = -\frac{2}{3}\rho_{r,i} < 0.$$

Donc la CEN est violée *effectivement* et localement au rebond dans ce modèle.

5 Numérique (ordres de grandeur)

On fixe une valeur de référence **globale** r_0 (amplitude moyenne aujourd'hui), et on explore des variations locales r_i et δ_i. On donne $R_{b,i}$ en années-lumière (a.l.).

Choix de référence

Comme précédemment, viser $R_b \sim 100$ a.l. avec $R_0 = 96$ Gly correspond typiquement à $r_0 \sim 10^{-18}$. On adopte donc :

$$r_0 = 10^{-18}.$$

Lecture.

- À r_0 fixé, **augmenter** r_i (régularisation plus forte localement) *augmente* $R_{b,i}$: rebond plus large / moins violent.
- **Augmenter** δ_i (domaine plus dense) *réduit* $R_{b,i}$ dans ce modèle précis, car la composante positive grandit comme $(1+\delta_i)$ alors que la correction négative n'a pas été prise proportionnelle à $(1+\delta_i)$.
- Interprétation RGH possible : si la correction interne est *activée par la densité/marées*, alors r_i pourrait croître avec δ_i, et l'effet pourrait s'inverser (rebond plus large dans les surdensités).

Table 1 – Rebond domainé + CEN contrôlée : $R_{b,i} = R_0\sqrt{\frac{r_0 r_i}{1+\delta_i}}$ avec $r_0 = 10^{-18}$ et $R_0 = 96$ Gly. On explore $r_i \in \{0.1, 1, 10\}$ et $\delta_i \in \{0, 10^2, 10^6\}$.

r_i	δ_i	$a_{b,i}/a_0$	$R_{b,i}$ (a.l.)
0.1	0	3.16×10^{-10}	30.4
1	0	1.00×10^{-9}	96.0
10	0	3.16×10^{-9}	303
0.1	10^2	3.14×10^{-11}	3.02
1	10^2	9.95×10^{-11}	9.55
10	10^2	3.14×10^{-10}	30.2
0.1	10^6	3.16×10^{-13}	3.04×10^{-2}
1	10^6	1.00×10^{-12}	9.60×10^{-2}
10	10^6	3.16×10^{-12}	0.303

Option “plus RGH” (sans refaire les calculs)

Pour coller à l'intuition “îlots survivants”, on peut postuler un couplage local :

$$r_i = (1 + \delta_i)^q \quad (q > 0),$$

ce qui compense la dépendance en $(1 + \delta_i)$ et peut rendre les surdensités *plus protégées*. C'est la prochaine variante naturelle si tu veux.

Note humour : ici, chaque quartier a sa propre pédale de frein cosmique. ;