Application numérique : rebond par domaines / inhomogénéités

(scénario "îlots survivants" – modèle jouet RGH)

Lolo (avec assistance IA pour la mise en forme)

6 février 2026

Résumé

On explore l'idée suivante (intuitive, mais testable) : le rebond ne se produit pas de façon parfaitement homogène, mais via des **domaines** où des corrections RGH (Weyl/symplectique) deviennent dominantes à des instants légèrement différents. Cela permet d'imaginer des **îlots** (structures liées) qui restent cohérents à travers la phase de rebond, même si le fond cosmologique passe par une contraction/expansion. Le présent document est un *modèle jouet* (ordre de grandeur), conçu pour être comparable aux autres `Application_numerique_rebond_*`.

1 Idée en une phrase

Au lieu de supposer un rebond global parfaitement FLRW, on suppose :

> *chaque région (domaine) rebondit quand un critère local atteint un seuil* (densité, invariant de courbure, invariant Weyl, etc.).

Donc des régions plus denses / plus marées peuvent rebondir plus tôt (ou plus tard), et la question devient : **est-ce qu'une structure liée peut traverser la phase sans être détruite par les marées/anisotropies ?**

2 Hypothèses minimales (modèle jouet)

1. On considère un fond "moyen" (global) avec facteur d'échelle $a(t)$, et des domaines locaux avec surdensité δ :
$$\rho_{\rm dom}(t) = (1+\delta)\,\rho_{\rm fond}(t).$$
2. Le rebond est déclenché par un critère **local** de type densité (ou densité effective), pour fixer les idées :
$$\rho_{\rm dom}(t_b^{\rm dom}) = \rho_\star.$$
3. On compare deux contenus dominants (comme d'habitude) : radiation ($w = \frac{1}{3}$) et stiff ($w = 1$), avec $\rho \propto a^{-3(1+w)}$.
4. Normalisation de comparaison :
$$\rho_0 = 4.6\times10^{-31}\ \mathrm{kg\,m^{-3}}, \qquad R_0 = 96\ \mathrm{Gly}.$$

3 Rebond local : effet de la surdensité

Si le fond rebondit à a_b lorsque $\rho_{\rm fond}(a_b) = \rho_\star$, alors un domaine plus dense vérifie

$$(1+\delta)\,\rho_{\rm fond}(a_b^{\rm dom}) = \rho_\star \quad\Rightarrow\quad \rho_{\rm fond}(a_b^{\rm dom}) = \frac{\rho_\star}{1+\delta}.$$

Donc le domaine rebondit à une échelle plus grande :

$$\boxed{\frac{a_b^{\rm dom}}{a_b} = (1+\delta)^{\frac{1}{3(1+w)}}}.$$

Interprétation : une région plus dense atteint le seuil *plus tôt en contraction*, donc à un a moins petit, ce qui tend à rendre le rebond *moins violent* localement.

4 Numérique : combien ça décale R_b ?

On reprend deux seuils typiques (ceux qu'on a déjà utilisés) :

$$\rho_\star = 10^6 \ \mathrm{kg\,m^{-3}} \ (\text{“stellaire”}), \qquad \rho_\star = 10^{18} \ \mathrm{kg\,m^{-3}} \ (\text{“nucléaire”}).$$

On définit $R_b^{\rm fond} = R_0(a_b/a_0)$, et $R_b^{\rm dom} = R_b^{\rm fond}\,(a_b^{\rm dom}/a_b)$.

Facteur multiplicatif dû à δ.

$$\text{radiation } (w = \tfrac{1}{3}) : \quad (1+\delta)^{1/4}, \qquad \text{stiff } (w = 1) : \quad (1+\delta)^{1/6}.$$

Donc *à surdensité égale*, le décalage est plus fort en radiation qu'en stiff.

TABLE 1 – Facteur $a_b^{\rm dom}/a_b$ (donc $R_b^{\rm dom}/R_b^{\rm fond}$) induit par la surdensité δ.

δ	$(1+\delta)^{1/4}$ (radiation)	$(1+\delta)^{1/6}$ (stiff)
10^2	3.16	2.15
10^6	31.6	10.0
10^{12}	1000	100

Lecture. Si le rebond du fond donne par exemple $R_b^{\rm fond} \sim 80$ a.l. (cas stellaire radiation de nos docs), alors une région de surdensité $\delta = 10^6$ rebondirait à $R_b^{\rm dom} \sim 2.5 \times 10^3$ a.l. (radiation) ou $\sim 8 \times 10^2$ a.l. (stiff). **C'est une voie simple** pour obtenir des rebonds “plus larges” localement *sans* rendre tout l'univers globalement anisotrope.

5 Condition grossière de “survie des structures” (marées)

Pour qu'un objet lié (taille L) survive, une condition d'ordre de grandeur est :

> *l'accélération de marée à travers l'objet ne doit pas dépasser son accélération interne de liaison.*

En notation simple :

$$a_{\text{marée}} \sim \mathcal{E}\,L \ \lesssim \ a_{\text{liaison}},$$

où $\mathcal{E}$ est une échelle de courbure (“marées”). Dans un déclencheur basé sur Weyl/Kretschmann, $\mathcal{E}$ peut devenir grande ; mais si le domaine rebondit plus tôt (à $a_b^{\rm dom}$ plus grand), l'objet est moins exposé à une phase d'extrême courbure.

Moralité (qualitative).
- Un rebond **domainé** favorise des “îlots” : les surdensités rebondissent plus tôt.
- Cela peut rendre compatible : univers global quasi-FLRW *et* rebond “doucement” traversable pour certaines structures, sans exiger une anisotropie homogène gigantesque.
- Dans RGH, on peut associer le déclencheur local à : (i) un seuil Weyl (Φ), (ii) un seuil de courbure (K ou $W = C^2$), (iii) une saturation interne (ω, J), ou (iv) un invariant mixte $\mathcal{I}$.

À faire ensuite (si tu veux pousser)

1. Remplacer le critère “densité” par un critère **Weyl conforme** $W = C^2$: c’est naturel pour des domaines/structures.
2. Ajouter un paramètre de cisaillement local Σ_{dom} et relier $\delta \leftrightarrow \Sigma$ (même heuristique).
3. Donner un exemple “galaxie” (taille L, densité moyenne, vitesse de dispersion) pour expliciter a_{liaison} et l’effet des marées.

Note humour : en version domainée, l’univers fait du rebond *en mosaïque* – pas besoin de synchroniser tout le monde. ;)