Application numérique : rebond **par domaines** + seuil de Kretschmann $K_\star$

(version "robuste" : courbure totale, avec surdensités locales)

Lolo (avec assistance IA pour la mise en forme)

6 février 2026

Résumé

On combine (i) l'idée d'un rebond *domainé* (inhomogène) via une surdensité locale δ et (ii) un déclencheur géométrique robuste : un plafond sur l'invariant de Kretschmann $K \equiv R_{\mu\nu\rho\sigma}R^{\mu\nu\rho\sigma}$. Contrairement à l'invariant conforme de Weyl ($W = C^2$), K est non nul déjà en FLRW et "voit" la courbure totale ; en présence de domaines, il permet d'estimer comment les surdensités décalent l'échelle locale du rebond. C'est un *test d'ordre de grandeur* comparable aux autres `Application_numerique_rebond_*`.

1 Hypothèses (minimalistes)

1. Fond FLRW plat pour le *fond* (comparatif), mais domaines locaux avec surdensité δ :
$$\rho_{\rm dom}(a) = (1+\delta)\,\rho_0\,a^{-3(1+w)}.$$
2. Déclencheur local : rebond quand $K_{\rm dom} \to K_\star$.
3. Pour traduire $K_\star$ en densité critique équivalente (calibrage), on utilise l'expression FLRW (fluide $p = w\rho$) :
$$K \approx \frac{64}{3}\pi^2 G^2\,\rho^2\,(9w^2+12w+7) \quad\Rightarrow\quad \rho_\star(K) \approx \sqrt{\frac{3K_\star}{64\pi^2G^2(9w^2+12w+7)}}.$$
4. Normalisation numérique de comparaison :
$$\rho_0 = 4.6\times10^{-31}\ {\rm kg\,m^{-3}}, \qquad R_0 = 96\ {\rm Gly}.$$

2 Échelle locale du rebond dans un domaine

La condition locale est $\rho_{\rm dom}(a_b^{\rm dom}) = \rho_\star(K)$, donc :

$$\boxed{\frac{a_b^{\rm dom}}{a_0} = \left(\frac{(1+\delta)\rho_0}{\rho_\star(K)}\right)^{\frac{1}{3(1+w)}}}, \qquad \boxed{R_b^{\rm dom} = R_0\,\frac{a_b^{\rm dom}}{a_0}}.$$

Et le *facteur* dû à la surdensité seule (à $K_\star$ fixé) est :

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

3 Table numérique

On utilise deux seuils (mêmes que précédemment) :

$$K_\star = 10^{-5}\ {\rm m}^{-4}\ (\text{"stellaire"}), \qquad K_\star = 10^{19}\ {\rm m}^{-4}\ (\text{"nucléaire"}),$$

et trois surdensités : $\delta \in \{0,\ 10^2,\ 10^6\}$. On donne $R_b^{\rm dom}$ en années-lumière (a.l.).

Table 1 – Rebond domainé déclenché par un plafond $K_\star$ (Kretschmann). Valeurs en a.l. pour radiation ($w = \frac{1}{3}$) et stiff ($w = 1$).

$K_\star$	δ	R_b (a.l.) radiation	R_b (a.l.) stiff
10^{-5}	0	8.0×10^{1}	9.14×10^{4}
10^{-5}	10^{2}	2.54×10^{2}	1.97×10^{5}
10^{-5}	10^{6}	2.54×10^{3}	9.14×10^{5}
10^{19}	0	8.0×10^{-2}	9.14×10^{2}
10^{19}	10^{2}	2.54×10^{-1}	1.97×10^{3}
10^{19}	10^{6}	2.54	9.14×10^{3}

Lecture.

- **Domaines = rebond plus large localement.** Une surdensité δ augmente R_b d'un facteur $(1+\delta)^{1/4}$ (radiation) ou $(1+\delta)^{1/6}$ (stiff).
- **Pourquoi K est "robuste".** Même sans anisotropie explicite, K est déjà non nul et fixe une échelle de courbure totale.
- **Lien avec ton intuition "îlots survivants".** Les surdensités rebondissent à plus grande échelle (moins violent), ce qui aide la survie locale.

Limites (honnêteté)

- Ici on n'a pas ajouté explicitement le cisaillement Σ : c'est le rôle du document `Kretschmann_cisaillement`
- Une modélisation plus réaliste relierait δ, cisaillement, et contributions Weyl (marées) : c'est le *vrai* pont vers une physique d'îlots.

Note humour : en version domainée, K est le contrôleur technique : si la courbure dépasse, il coupe le courant. ;