Annexe — Condition minimale d'un terme répulsif local pour l'annulation du poids dans le cadre RGH

Laurent Besson (idée originale)
Rédaction annexe : ChatGPT

Version de travail — 20 avril 2026

Objet de l'annexe

Le but de cette annexe est d'examiner, dans l'esprit de la Relativité Générale Hypercomplexe (RGH), les conditions minimales nécessaires à l'apparition d'un *terme répulsif local* capable d'annuler le poids d'une masse test m placée au-dessus d'une masse source M.

L'objectif n'est pas ici de proposer un dispositif expérimental réaliste, mais de fixer une architecture théorique minimale pour une *anti-pesanteur locale* comprise comme une correction géométrique activée, anisotrope et spatialement confinée.

1 Formulation du problème local

On considère une masse source M et une masse test m placée à une altitude fixe r_0 au-dessus de M. Dans la limite non relativiste, l'accélération gravitationnelle standard est

$$\mathbf{a}_M(r) = -\frac{GM}{r^2}\,\hat{\mathbf{r}}. \tag{1}$$

Pour annuler localement le poids de m au point r_0, il faut introduire une contribution répulsive locale telle que

$$\mathbf{a}_{\text{eff}}(r_0) = \mathbf{a}_M(r_0) + \mathbf{a}_{\text{rep}}(r_0) = 0. \tag{2}$$

La condition minimale est donc

$$\boxed{\mathbf{a}_{\text{rep}}(r_0) = +\frac{GM}{r_0^2}\,\hat{\mathbf{r}}.} \tag{3}$$

2 Traduction géométrique en termes de connexion effective

Dans l'approximation de champ faible et pour une particule lente, l'accélération spatiale est reliée à la connexion effective par

$$a^i \simeq -c^2\,\Gamma^i_{00,\text{eff}}. \tag{4}$$

On introduit alors une connexion effective de la forme

$$\Gamma^\rho_{\mu\nu,\text{eff}} = \Gamma^\rho_{\mu\nu}(g) + \Delta\Gamma^\rho_{\mu\nu}(H), \tag{5}$$

où $\Delta\Gamma^\rho_{\mu\nu}(H)$ représente la correction induite par le secteur hypercomplexe.

La condition d'annulation locale du poids devient alors

$$\boxed{-c^2\,\Delta\Gamma^r_{00}(r_0) = +\frac{GM}{r_0^2}.} \tag{6}$$

Autrement dit, le secteur hypercomplexe doit corriger localement le transport de sorte à produire une accélération radiale opposée à celle du champ de la masse source.

3 Ansatz affine hypercomplexe minimal

Dans l'esprit de l'extension affine forte de la RGH, on peut prendre comme modèle minimal

$$\Delta\Gamma^\rho_{\mu\nu}(H) = \frac{\lambda}{2}\left(A^I_\mu \Sigma^\rho_{\nu I} + A^I_\nu \Sigma^\rho_{\mu I}\right), \tag{7}$$

où :
- A^I_μ est une connexion interne hypercomplexe ;
- $\Sigma^\rho_{\nu I}$ est un tenseur de projection base–fibre ;
- λ est un couplage géométrique effectif.

Dans ce cas, la condition de compensation locale s'écrit

$$\boxed{-c^2\,\frac{\lambda}{2}\left(A^I_0 \Sigma^r_{0I} + A^I_0 \Sigma^r_{0I}\right)_{r=r_0} = +\frac{GM}{r_0^2}.} \tag{8}$$

En simplifiant,

$$\boxed{-c^2\,\lambda\,(A^I_0 \Sigma^r_{0I})_{r=r_0} = +\frac{GM}{r_0^2}.} \tag{9}$$

4 Nécessité d'une activation locale et d'un domaine spatial

Un terme répulsif utile pour une anti-pesanteur locale ne peut pas être seulement cosmologique. Il faut qu'il soit *activé localement* dans une région spatiale D.

On introduit donc une fonction de domaine

$$\mathcal{A}_D(x) \in [0, 1], \tag{10}$$

valant approximativement 1 dans la zone d'annulation du poids et 0 à l'extérieur.

Une forme lisse possible est

$$\mathcal{A}_D(x) = \exp\left(-\frac{d(x, D)^2}{L^2}\right), \tag{11}$$

où L fixe l'épaisseur caractéristique du domaine.

La connexion effective locale devient alors

$$\Gamma^\rho_{\mu\nu,\text{eff}} = \Gamma^\rho_{\mu\nu}(g) + \mathcal{A}_D(x)\,\Delta\Gamma^\rho_{\mu\nu}(H). \tag{12}$$

La condition locale au centre x_0 du domaine est

$$\boxed{-c^2\,\mathcal{A}_D(x_0)\,\Delta\Gamma^r_{00}(x_0) = +\frac{GM}{r_0^2}.} \tag{13}$$

5 Nécessité d'une anisotropie directionnelle

Une simple correction scalaire isotrope est insuffisante pour annuler le poids dans une direction donnée. Pour compenser le champ gravitationnel de M au-dessus de la source, il faut une structure capable de sélectionner la direction radiale $\hat{\mathbf{r}}$.

Le terme répulsif local doit donc être au moins :

— soit vectoriel,

— soit affine anisotrope,

— soit tensoriel mixte base–fibre.

Dans l'ansatz (7), cette anisotropie est portée par la projection $\Sigma^{\rho}_{\nu I}$ et par l'orientation interne du secteur A^{I}_{μ}.

6 Condition de stabilité locale

Annuler le poids en un point ne suffit pas pour obtenir une lévitation statique utile. Il faut en plus que la configuration soit stable vis-à-vis des petites perturbations radiales.

Si l'on note $a_{\text{eff}}(r)$ l'accélération radiale effective, les conditions minimales sont

$$a_{\text{eff}}(r_0) = 0, \tag{14}$$

et

$$\left.\frac{\mathrm{d}a_{\text{eff}}}{\mathrm{d}r}\right|_{r=r_0} < 0. \tag{15}$$

La seconde condition garantit qu'une petite déviation au voisinage de r_0 ne transforme pas l'équilibre en instabilité explosive.

7 Modèle jouet radial minimal

Une écriture effective minimale de l'accélération est

$$\mathbf{a}_{\text{eff}}(r) = -\frac{GM}{r^2}\,\hat{\mathbf{r}} + \mathcal{A}_D(r)\,a_H(r)\,\hat{\mathbf{r}}. \tag{16}$$

La condition de compensation à l'altitude cible r_0 est

$$\boxed{a_H(r_0) = \frac{GM}{r_0^2}.} \tag{17}$$

Une forme simple pour le profil répulsif local est

$$a_H(r) = a_0\,f(r), \tag{18}$$

où $f(r)$ est centrée sur r_0 et décroît rapidement hors du domaine.

Par exemple,

$$f(r) = \exp\left(-\frac{(r-r_0)^2}{\ell^2}\right), \tag{19}$$

avec la condition d'ajustement

$$a_0 = \frac{GM}{r_0^2} \tag{20}$$

si $f(r_0) = 1$.

8 Écriture tensorielle effective

Au niveau de l'équation de champ, l'idée peut être résumée par

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G\, T^{(m)}_{\mu\nu} + \mathcal{A}_D(x)\, \Theta^{\mathrm{rep}}_{\mu\nu}(x). \tag{21}$$

Mais si l'on veut une compensation locale orientée du poids, le tenseur $\Theta^{\mathrm{rep}}_{\mu\nu}$ ne doit pas être assimilé à un fluide isotrope ordinaire. Il doit contenir des composantes anisotropes capables de corriger localement la composante Γ^r_{00} de la connexion effective.

Autrement dit, le bon langage physique n'est plus seulement celui d'une "densité répulsive", mais celui d'un *domaine géométrique anisotrope activé.*

Conclusion

Dans le cadre de la RGH, l'apparition d'une anti-pesanteur locale statique au-dessus d'une masse source exigerait au minimum :

— une correction affine locale du type $\Delta\Gamma^\rho_{\mu\nu}(H)$;

— une activation spatiale confinée dans un domaine D ;

— une anisotropie directionnelle capable de sélectionner l'axe radial ;

— une condition de compensation exacte,

$$-c^2\, \Delta\Gamma^r_{00}(r_0) = +\frac{GM}{r_0^2},$$

ou, avec domaine activé,

$$-c^2\, \mathcal{A}_D(x_0)\, \Delta\Gamma^r_{00}(x_0) = +\frac{GM}{r_0^2};$$

— une condition de stabilité locale sur le profil radial du terme répulsif.

La formulation minimale suggère donc qu'une *annulation locale du poids* ne relèverait pas d'un simple terme cosmologique homogène, mais d'une véritable *bulle géométrique locale, activée et orientée*, produisant une correction affine opposée au champ gravitationnel de la masse source.