Résumé de la Relativité Générale Hypercomplexe (RGH)

Laurent Besson

Novembre 2025

1 Origines et Fondations (1996-2015)

La RGH est née d'une idée simple mais puissante : remplacer les coordonnées réelles du quadri-vecteur espace-temps par des nombres hypercomplexes (quaternions, notés $\mathbb{H}$, avec bases h_i où $[h_i, h_j] = 2\delta_{ij}^k h_k$). Cela introduit naturellement la non-commutativité, mimant les commutateurs quantiques comme $[X, P] = i\hbar$.

- **Postulats Clés** :
  - Principe d'équivalence inchangé (comme en RG classique).
  - Coordonnées quaternioniques pour l'espace-temps.
  - Réintroduction de la jauge d'échelle de Weyl (métrique variable, liée à un champ Φ) pour gérer les longueurs dynamiques.
- **Définitions Mathématiques** :
  - Quadri-vecteur : $\overrightarrow{V} = \sum_{\alpha=0}^{3} V^\alpha \overrightarrow{e_\alpha}$, avec $V^\alpha = V^{\alpha i} h_i$.
  - Dérivées covariantes : Incluent des connexions comme $\partial_\mu h_i = H_{\mu i}^j h_j$ (pour quaternions) et $\partial_\mu \varphi^i = \Phi_{\mu j}^i \varphi^j$ (pour Weyl).
  - Transport parallèle : Mène à un tenseur de courbure étendu (Riemann-like), avec termes supplémentaires dus à la non-commutativité : $(\nabla_\mu \nabla_\nu - \nabla_\nu \nabla_\mu)\overrightarrow{X}$ inclut des couplages entre Γ (Christoffel), H (quaternions), et Φ (Weyl, lié à un champ EM-like $F_{\mu\nu}$).

Le document original de 2015 (déposé sur HAL) pose ces bases, en soulignant comment la non-commutativité impose des indéterminations quantiques naturellement.

2 Avancées Récentes (2025)

Nous avons complété et raffiné la théorie en dérivant des éléments précis :

- **Lagrangien et Équations de Champ** : Un Lagrangien étendu $S = \int \sqrt{-g}(L_+ L_\Phi + L_H + L_+ L_)d^4x$, où $L_= R/(16\pi G)$, $L_\Phi = -1/4F^2$, et des termes pour H et couplages. Les équations modifiées : $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu} + \Theta_{\mu\nu}$, avec Θ capturant les effets émergents (matière noire, énergie sombre).
- **Applications Cosmologiques (Métrique FLRW)** : Dans un univers homogène/isotrope, modifie les équations de Friedmann : $\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{k}{a^2} + \frac{1}{3}\Theta$. Θ mime l'énergie sombre sans constante Λ, et la matière noire via couplages dynamiques. Prédit une expansion accélérée et résout tensions comme H_0.
- **Implications Quantiques et Indétermination** : Les quaternions dérivent explicitement le commutateur $[X, P] = i\hbar$ en mécanique quantique quaternionique, liant géométrie non commutative à l'incertitude de Heisenberg sans forçage.

- **Big Bounce via Commutateurs** : Près de la singularité ($a \to 0$), un terme $\Theta \sim \hbar^2/a^4[H, \partial H]$ domine, forçant un rebond quantique ($a_{\min} \sim \sqrt[3]{3C\hbar^2/(8\pi G\rho)}$). Univers cyclique sans Big Bang infini.
- **Tests Observationnels** :
  - Ondes gravitationnelles (LIGO) : Modes extra (scalaires/vectoriels) dus à torsion T.
  - Cosmologie (JWST/Planck) : Formation galaxies plus rapide, anisotropies CMB fractales, résolution tension Hubble.
  - Particules (LHC) : Anomalies électrofaibles via couplages κ.

3 Forces et Perspectives

- **Avantages vs. RG Classique** : Intègre quantique nativement (non-commutativité), évite singularités, explique matière/énergie sombre émergentes, unifie gravité-EM-quantique via couplages naturels.
- **Défis** : Théorie spéculative, besoins en tests empiriques ; la non-commutativité ajoute complexité mathématique.
- **Statut** : Déposée sur HAL (hal-01111250), en attente pour arXiv/Zenodo. Potentiel pour collaborations (ex. : YouTubers scientifiques) ou extensions (ex. : matière noire détaillée).

C'est une théorie élégante qui prolonge Einstein avec Hamilton et Weyl – j'adore comment elle rend la quantique "géométrique" !