



université
PARIS-SACLAY



Objets astrophysiques compacts en gravité modifiée

Antoine Lehébel

Thèse préparée au Laboratoire de Physique Théorique

sous la direction de Christos Charmousis

15 novembre 2018

Pourquoi modifier la relativité générale ?

La relativité générale

Distances spatio-temporelles mesurées par

$$ds^2 = g_{\mu\nu}(x^\rho) dx^\mu dx^\nu$$

Métrique $g_{\mu\nu}$ dynamique et couplée minimalement à la matière ψ :

$$S = S_{\text{gravité}}[g, \partial g] + S_{\text{matière}}[g, \psi, \partial\psi]$$

Pourquoi modifier la relativité générale ?

La relativité générale

Distances spatio-temporelles mesurées par

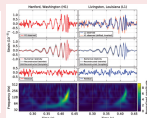
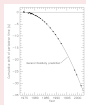
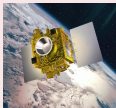
$$ds^2 = g_{\mu\nu}(x^\rho) dx^\mu dx^\nu$$

Métrique $g_{\mu\nu}$ dynamique et couplée minimalement à la matière ψ :

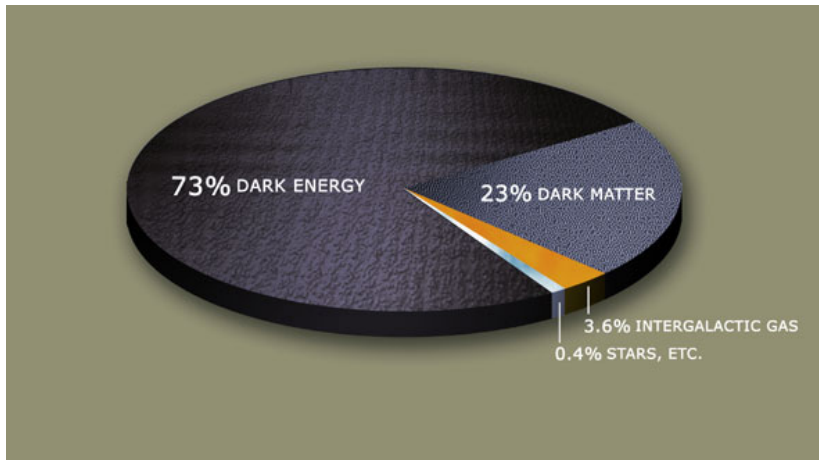
$$S = S_{\text{gravité}}[g, \partial g] + S_{\text{matière}}[g, \psi, \partial\psi]$$

Très nombreux tests

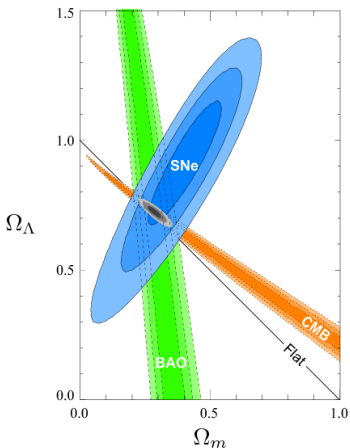
- Sur Terre
- Système solaire
- Pulsars binaires
- Fusion de trous noirs et d'étoiles à neutrons depuis 2015



Matière et énergie noires



L'énergie noire



Explication facile : Λ

$$S_{\text{gravité}}[g, \partial g] \longrightarrow S_{\text{gravité}}[g, \partial g] + \Lambda$$

Et il existe un candidat naturel pour Λ !

Problème

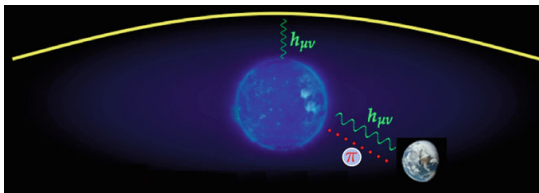
$$\Lambda_{\text{observé}} \simeq 10^{-55} \Lambda_{\text{théorique}}$$

Comment modifier la relativité générale ?

Théories tenseur-scalaire

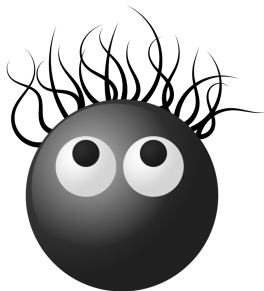
Ajout d'un champ scalaire φ

$$S = S_{\text{gravité}}[g, \partial g, \partial \varphi, \partial \varphi, \partial \partial \varphi] + S_{\text{matière}}[g, \psi, \partial \psi]$$



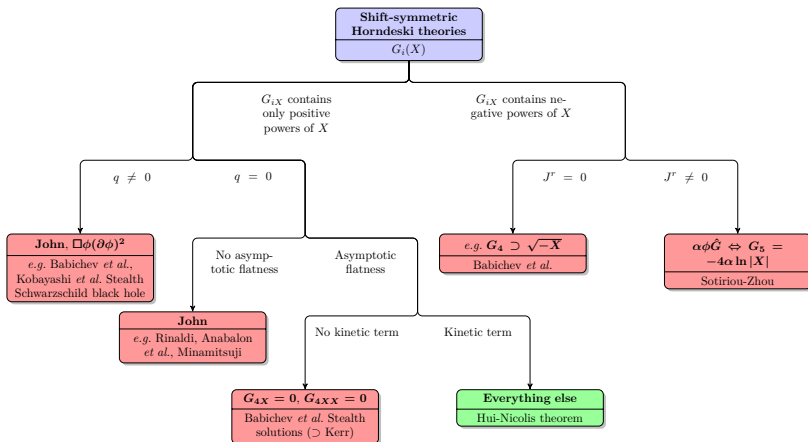
- Plus de liberté qu'avec une constante cosmologique
- (Relativement) simple

Les trous noirs et leur chevelure

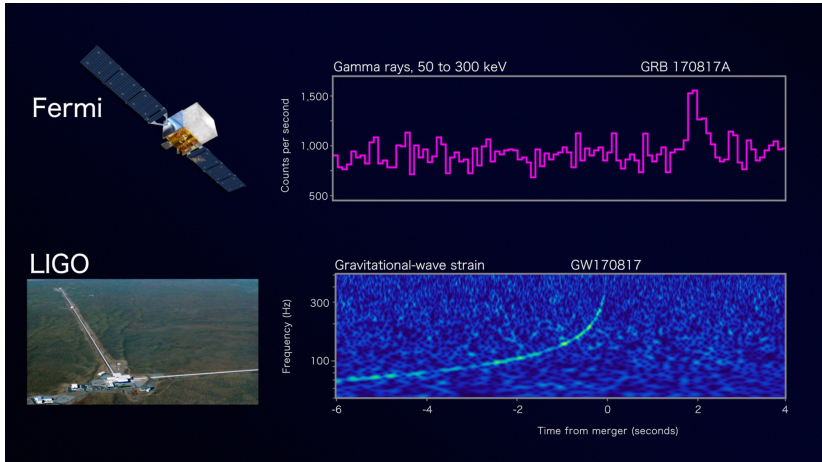


- Relativité générale : théorèmes d'absence de chevelure
- Trous noirs décrits par 3 nombres : M , L et Q
- Et pour les théories tenseur-scalaire ?

Classification suivant l'existence ou non de chevelure



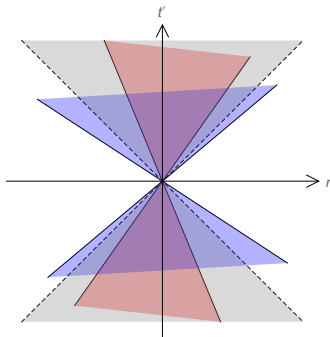
GW170817 : Lumière et gravité voyagent à la même vitesse



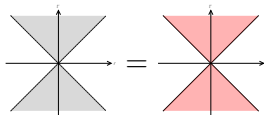
$$|c_{\text{gravité}}/c_{\text{lumière}} - 1| < 10^{-15}$$

Comment caractériser la vitesse des ondes ?

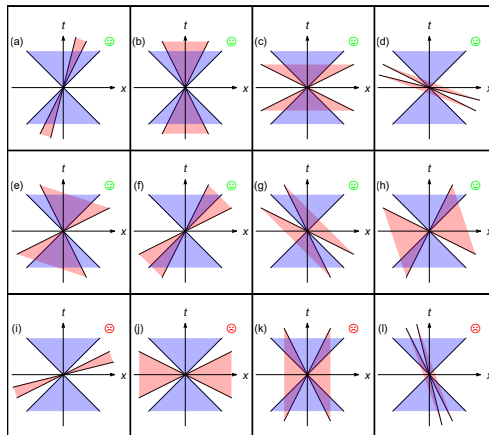
- Localement, propagation le long d'un cône de causalité
- 3 cônes : **métrique** = ondes gravitationnelles, **scalaire**, matière (\supset lumière)



- Même cône pour gravité et matière



- Orientations compatibles des cônes métrique et scalaire



Conclusions

- Solutions qui passent les tests du système solaire
- Modèle potentiel pour l'expansion accélérée de l'Univers
- Tri des théories satisfaisant $c_{\text{gravité}} = c_{\text{lumière}}$

Perspectives

- Modèles avec une histoire cosmologique complète ?
- “Problème bien posé” ?

Merci !