

BIBLIOGRAPHIE

C. Skordis et T. Złóćnik, **New relativistic theory for modified newtonian dynamics**, *Physical Review Letters*, 2021.

Collaboration *Cosine-100*, **Strong constraints from COSINE-100 on the DAMA dark matter results using the same sodium iodide target**, *Science Advances*, 2021.

J. Freundlich et al., **Probing the radial acceleration relation and the strong equivalence principle with the Coma cluster ultra-diffuse galaxies**, *Astronomy & Astrophysics*, 2021.

J. Amaré et al., **Annual modulation results from three-year exposure of ANAIS-112**, *Physical Review D*, 2021.

Collaboration *XENON*, **Excess electronic recoil events in XENON1T**, *Physical Review D*, 2020.

relativiste de Mond. En 2004, Jacob Bekenstein, alors à l'université hébraïque de Jérusalem, a proposé un premier exemple, nommé TeVeS, dans lequel il a considéré trois champs (tensoriel, vectoriel et scalaire) pour remplacer l'unique champ gravitationnel (la métrique) de la relativité générale. Malheureusement, TeVeS se heurtait à un obstacle majeur : ce modèle ne permet pas de reproduire correctement le spectre du fond diffus cosmologique, réputé pour être le test ultime pour les théories concurrentes à Λ CDM.

Pire, en 2017, la détection d'ondes gravitationnelles par les interféromètres *Ligo* et *Virgo* lors de la fusion de deux étoiles à neutrons (notée GW170817) a asséné un second coup fatal à TeVeS. De nombreux observatoires sur Terre et en orbite ont enregistré la contrepartie électromagnétique de cette coalescence, le rayonnement émis lors de cette collision. Les ondes gravitationnelles et lumineuses sont arrivées presque simultanément (à une seconde d'intervalle en prenant en compte les incertitudes sur l'instant d'émission depuis la source située à 130 millions d'années-lumière de la Terre). Conclusion : ces ondes se sont donc propagées à la même vitesse. Avec TeVeS, les physiciens s'attendaient à un autre résultat. En effet, à cause de la présence sur le trajet de matière qui déforme l'espace-temps, les ondes gravitationnelles et lumineuses sont ralenties, c'est l'effet Shapiro. Dans le cadre de la relativité générale, ce retard est le même pour les deux types d'ondes. Mais dans TeVeS, il diffère. Et dans le cas de GW170817, le retard entre les ondes

gravitationnelles et le sursaut gamma aurait dû se compter en centaines de jours. Grâce à ce résultat, les physiciens ont pu définitivement éliminer le modèle TeVeS et de nombreux autres scénarios de gravité modifiée relativistes.

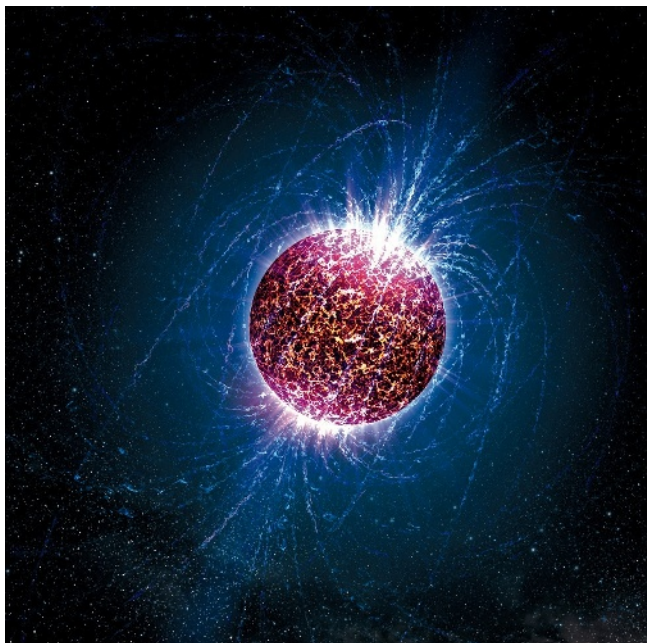
La question était donc de savoir s'il est possible de construire un modèle de gravité modifiée qui passe les contraintes sur les ondes gravitationnelles (avec l'effet Shapiro) et sur le spectre du fond diffus cosmologique.

À L'ASSAUT DU FOND DIFFUS

L'objectif de Constantin Skordis et de Tom Złóćnik était de construire un modèle relativiste dérivé de TeVeS qui se comporte comme Mond à l'échelle des galaxies et comme la matière noire aux échelles cosmologiques pour reproduire les résultats de Λ CDM. Cette nouvelle approche devait, aussi, rendre correctement compte de l'arrivée simultanée des ondes gravitationnelles et électromagnétiques dans l'événement GW170817.

Les deux chercheurs ont développé un modèle, nommé RMond, qui répond à toutes ces contraintes. Extension du modèle TeVeS, il s'en distingue cependant de deux façons. Dans TeVeS, la matière ordinaire, en particulier les photons, interagissait avec les trois champs supplémentaires alors que les ondes gravitationnelles ne couplaient qu'avec la métrique. C'était la source du problème de l'effet Shapiro pour GW170817. Dans RMond, la matière n'interagit qu'avec la métrique et des paramètres sont ajustés pour avoir les mêmes vitesses pour les différentes ondes.

DES AXIONS DANS LES PULSARS ?



Les observations en astrophysique offrent des pistes intéressantes de détection des axions. Comme ces particules seraient des millions de fois plus légères que les électrons, elles devraient être produites en grand nombre dans certains processus astrophysiques. En s'échappant, elles emporteraient une grande quantité d'énergie et conduiraient au refroidissement plus rapide que prévu de certaines étoiles. En janvier 2021, Benjamin Safdi, de l'université de Californie à Berkeley, et ses collègues ont proposé d'interpréter un rayonnement en rayons X provenant d'étoiles à neutrons comme la manifestation de la présence d'axions. Les étoiles à neutrons (*ci-contre*) sont des astres très compacts dotés d'un fort champ magnétique, dans lequel on peut imaginer que des axions sont convertis en photons. Cependant, la plupart des étoiles à neutrons sont en rotation rapide (au moins plusieurs dizaines de tours par seconde) et émettent pour cette raison de grandes quantités de rayons X. Il serait donc impossible d'y distinguer la contribution des axions. Benjamin Safdi et son équipe se sont intéressés aux « Sept Mercenaires », des étoiles à neutrons qui ont la particularité de tourner très lentement sur elles-mêmes (avec des périodes comprises entre 3 et 12 secondes). Six d'entre elles présentent un excès dans leurs émissions X, une mesure que les chercheurs proposent d'interpréter comme un signal venant d'axions et pour laquelle ils suggèrent de nouvelles observations pour confirmer cette piste et l'existence de ces particules hypothétiques.