

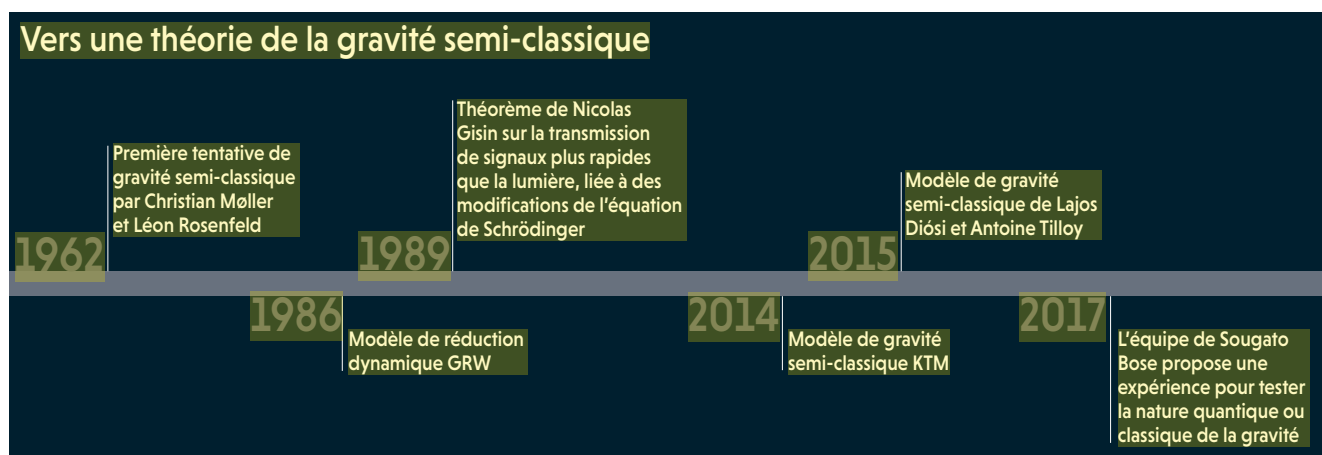
> dynamique, l'idée d'y inclure la gravitation est restée peu discutée. Les physiciens pensaient que les prédictions seraient de toute façon impossibles à tester expérimentalement. Mais vers 2010, les chercheurs ont envisagé la possibilité d'explorer le caractère quantique de la gravitation grâce à des expériences à basse énergie exploitant finement les superpositions quantiques.

Du côté théorique, la situation était embarrassante: on ne disposait pas de théorie de gravité semi-classique cohérente qui puisse être comparée aux résultats des expériences futures. En pratique, les théoriciens étaient

modèle ne fonctionne que pour des vitesses faibles, ce qui est néanmoins suffisant pour traiter toutes les expériences de laboratoire à basse énergie.

Quelle est l'idée du modèle? Rappelons que la difficulté de la gravité semi-classique consiste à extraire de la physique quantique une grandeur que l'on peut définir comme la masse (ou l'énergie) servant de source à un champ gravitationnel classique (sans superposition d'états).

Dans l'approche standard, le seul objet dont on dispose est la fonction d'onde. Dans les approches de réduction dynamique comme le modèle GRW, l'évolution de la fonction



contraints d'utiliser l'approche (incohérente) de Møller et Rosenfeld en croisant les doigts pour que ses prédictions soient à peu près valables dans des situations simples. Faute de mieux, on se servait d'une théorie que l'on savait fautive pour estimer des ordres de grandeur et guider le choix des expériences futures.

En 2014, les physiciens Dvir Kafri et Jacob Taylor, de l'université du Maryland, avec Gerard Milburn, de l'université de Californie à Santa Barbara, ont développé un premier modèle simplifié de gravité semi-classique. Mais la force gravitationnelle qu'ils obtenaient dans leur modèle n'était pas réaliste, même dans le cas non relativiste où l'on considère des vitesses faibles: elle ne reproduisait pas l'expression newtonienne d'une force proportionnelle à l'inverse du carré de la distance. Cependant, par construction, le modèle est cohérent. Et s'il ne décrit pas une force réaliste, ce résultat est un grand pas en avant. Peut-on aller plus loin et reproduire la bonne force?

Au début de 2015, en exploitant la même intuition que Dvir Kafri et ses collègues et en la fusionnant avec les constructions historiques des modèles de réduction dynamique des années 1990, j'ai construit, avec Lajos Diósi, un modèle complet reproduisant la bonne force gravitationnelle (proportionnelle à l'inverse du carré de la distance). Notre

d'onde de chaque particule (dictée par l'équation de Schrödinger) est interrompue de façon aléatoire. C'est ce qu'on nomme un «flash», c'est-à-dire un point de l'espace-temps où la superposition est détruite. Le terme de «flash» a été choisi pour mettre en valeur l'aspect éphémère du phénomène (et n'a rien à voir avec une émission de lumière).

COMME UN FILM DE 24 IMAGES PAR SECONDE

Dans notre modèle, la particule devient réelle à l'instant et l'endroit précis du flash. Elle se matérialise et acquiert une masse (celle-ci est reliée à la masse usuelle de la particule, qu'il faut voir comme une sorte de moyenne entre les moments où la particule subit un flash et ceux, hors flash, où elle n'est pas matérialisée). Au moment du flash, la particule crée donc un champ gravitationnel. La particule attire alors vers elle la fonction d'onde du reste du système ou, dit de façon un peu abusive, toutes les autres particules du système. Puis une autre particule se matérialise par un flash et attire vers elle la fonction d'onde du reste, etc. Entre chaque flash, l'évolution quantique usuelle reprend le relais. La gravité se manifeste ainsi de façon saccadée.

Si cette dynamique semble en contradiction avec l'impression que nous avons d'une force