

le résultat de Chandrasekhar ne soit faux, toutes les étoiles massives étaient condamnées à disparaître dans un effondrement gravitationnel. Eddington trouva cela intolérable et contesta l'usage par Chandrasekhar de la physique statistique – à la fois publiquement et en privé. Ces critiques accablèrent Chandrasekhar, mais il tint bon, soutenu par des physiciens tels que Niels Bohr, qui lui assura qu'Eddington se trompait et qu'il ne fallait pas s'en faire.

Une sensation singulière

Tandis que certains exploraient ainsi la physique statistique et les naines blanches, d'autres examinaient le travail d'Einstein sur la gravitation : sa théorie de la relativité générale. À ma connaissance, Einstein passa peu de temps à rechercher des solutions exactes à ses équations de la gravitation. Pourtant, des solutions approchées décrivaient avec une précision suffisante des phénomènes tels que la courbure de la lumière par les étoiles. Aussi fut-il impressionné quand, en 1916, l'astronome allemand Karl Schwarzschild trouva la solution exacte

décrivant le champ gravitationnel produit par un corps à symétrie sphérique dans le vide.

Durant ses calculs, Schwarzschild observa qu'à une certaine distance du centre de l'étoile, le champ de gravitation semble devenir infini. À cette distance, nommée aujourd'hui rayon de Schwarzschild, la variable temps s'élimine des équations et l'espace devient infini. Les équations possèdent ce que les mathématiciens nomment une «singularité». Le rayon de Schwarzschild est généralement bien inférieur au rayon de l'objet considéré. Pour le Soleil, par exemple, il est égal à trois kilomètres, et pour une boule d'acier de une tonne (60 centimètres de diamètre), il est égal à 10^{-24} mètre (un millième de milliardième de milliardième de millimètre).

Schwarzschild savait que sa formule n'était plus valable pour ce rayon, mais il décida que ça n'avait pas d'importance. Il construisit un modèle simplifié d'étoile et montra qu'il faudrait un gradient de pression infini pour la comprimer jusqu'à ce rayon. Cette singularité, pensa-t-il, était sans intérêt pratique.

Toutefois Einstein restait gêné, car le modèle stellaire de Schwarzschild ne satisfaisait pas certaines conditions

de la théorie de la relativité. Plusieurs physiciens montrèrent que l'on pouvait réécrire les solutions de Schwarzschild, afin d'éviter la singularité, mais celle-ci disparaissait-elle vraiment ? Le débat se poursuivit ainsi jusqu'en 1939 dans le petit cercle des physiciens qui s'intéressaient au sujet.

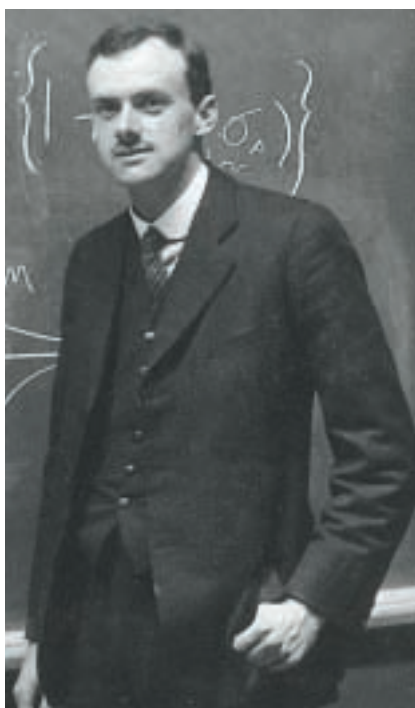
Dans son article de 1939, Einstein attribue son regain d'intérêt pour le rayon de Schwarzschild à des discussions avec l'astrophysicien Howard Robertson, de l'Université de Princeton. Avec cet article, Einstein voulait venir à bout de la singularité de Schwarzschild. À la fin de son texte, il écrivait : «Le résultat principal de cette recherche est la compréhension claire des raisons pour lesquelles les *singularités de Schwarzschild* n'existent pas dans la réalité physique», formulé en langage moderne : les trous noirs n'existent pas.

Pour sa démonstration, Einstein considéra un ensemble de petites particules qui se déplacent sur des orbites circulaires sous l'influence de leurs forces de gravitation mutuelles, un peu comme dans un amas sphérique d'étoiles. Puis il se demanda si une telle configuration pouvait s'effondrer sous l'effet de sa propre gravité en une



1926

Enrico Fermi et Paul Dirac édictent les lois statistiques qui décrivent les particules obéissant au principe d'exclusion de Pauli, les fermions (comme les électrons et les protons). Lorsqu'elles sont trop comprimées, ces particules s'éloignent les unes de l'autre ; ce mouvement crée une pression.



1930

En utilisant la physique statistique et le travail d'Eddington sur les étoiles, Subrahmanyan Chandrasekhar déduit que les naines blanches ne peuvent avoir une masse supérieure à 1,4 fois la masse du Soleil. Les étoiles plus massives devraient donc s'effondrer indéfiniment.