

# Prix Nobel de physique 2020

## Trois experts des «trous noirs» récompensés

### Le prix Nobel de physique récompense la recherche sur les trous noirs.

La recherche sur les trous noirs rafle le prix Nobel de physique en 2020. La récompense scientifique a été attribuée ce 6 octobre 2020 à Roger Penrose d'un côté, et Reinhard Genzel ainsi qu'Andrea Ghez de l'autre, pour leurs travaux respectifs sur ces objets célestes si insaisissables. Leurs travaux représentent une contribution majeure dans la compréhension des énigmatiques trous noirs.

Roger Penrose est récompensé «Pour la découverte que la formation des trous noirs est une prédiction robuste de la théorie générale de la relativité», tandis que Reinhard Genzel et Andrea Ghez reçoivent le prix «Pour la découverte d'un objet compact supermassif au centre de notre galaxie». Il faut noter que ce n'est que la quatrième fois, en plus d'un siècle, qu'une femme scientifique remporte un prix Nobel de physique.

### DEUX DÉCOUVERTES MAJEURES

Roger Penrose est né le 8 août 1931 est un mathématicien et astrophysicien Britannique, Actuellement professeur à l'université d'Oxford, remporte la moitié du prix. Le scientifique est connu pour le processus physique qu'il a proposé en 1969 et auquel il a donné son nom, le **processus de Penrose**, qui permet d'extraire de l'énergie d'un trou noir en rotation. Ces travaux montrent les liens étroits entre la théorie de la relativité générale d'Einstein et le fonctionnement des trous noirs. Son étonnante théorie inspire, aujourd'hui encore, des recherches scientifiques,

L'autre moitié du prix est divisée en deux, entre Reinhard Genzel et Andrea Ghez. Tous deux travaillent sur **le trou noir supermassif logé au centre de la Voie lactée, Sagittarius A\***. L'astrophysicien allemand Reinhard Genzel dirige l'institut Max-Planck de physique extraterrestre. En 1996, il s'est servi du mouvement des étoiles pour mettre en évidence qu'elles semblaient être en orbite autour d'un objet très massif, suggérant qu'il devait certainement s'agir d'un trou noir. En 2018, Reinhard Genzel s'est penché sur le mouvement d'une étoile, baptisée S2, pour montrer que celui-ci confirmait encore une fois ce qui était prévu dans la théorie de la relativité générale.

L'astronome américaine Andrea M. Ghez, professeure à l'université de Californie à Los Angeles, exploite des techniques d'imagerie pour étudier les régions de formation d'étoiles et le trou noir supermassif situé au centre de la Voie lactée. C'est en explorant une zone située au cœur de la galaxie que la scientifique et son équipe ont découvert Sagittarius A\*, ce trou noir supermassif dont la masse a été estimée à plus de 4 millions de masses solaires en 2008,

L'an dernier, un trou noir a été imagé pour la première fois. Les travaux de ces spécialistes, aujourd'hui récompensés, soulignent une nouvelle fois qu'il reste encore de nombreux mystères à percer au sujet des trous noirs. On ignore toujours ce que l'intérieur de ces objets célestes, dont la matière ne peut s'échapper, peut bien contenir.

## ***Processus de Penrose***

Dans le domaine de la physique des trous noirs, le **processus de Penrose** est le nom donné à un processus physique qui permet d'extraire de l'énergie d'un trou noir en rotation, Il est nommé en l'honneur du mathématicien Britannique Roger Penrose qui l'a proposé en 1969, pour ce qui est devenu l'un de ses travaux les plus célèbres.

### ***Principe***

Selon les lois de la mécanique classique et de la relativité générale, un trou noir est une région de l'espace d'où rien ne peut sortir.

*(Relativité générale ; Théorie de la gravitation, Développée par Albert Einstein entre 1907 et 1915, L'attraction gravitationnelle entre les masses est provoquée par une déformation de de l'espace et du temps par ces masses,)*

Il peut de ce fait apparaître surprenant que l'on puisse extraire de l'énergie d'un trou noir. Cela est cependant rendu possible lorsqu'une partie de l'énergie du trou noir est sous forme d'énergie cinétique de rotation. Dans ce cas, en envoyant une particule dans le sens opposé à la rotation du trou noir, on va avoir tendance à diminuer son énergie cinétique de rotation. Cela ne suffit cependant pas pour récupérer cette énergie. Le principe imaginé par Penrose est le suivant :

- On lance suivant une trajectoire déterminée un objet vers un trou noir en rotation
- Une fois arrivé dans une région bien particulière, appelée ergosphère et située au voisinage immédiat mais à l'extérieur du trou noir, on brise l'objet en deux en lui conférant une trajectoire bien déterminée.
- *L'ergorégion, ou **ergosphère**, est une région située au voisinage d'un trou noir en rotation, Pour de tels objets, la rotation du trou noir a tendance à entraîner l'espace et la matière dans son mouvement. Ce phénomène est appelé effet Lense-Thirring. Il prend une amplitude telle au voisinage d'un trou noir qu'il devient impossible à un observateur de rester immobile par rapport à des étoiles lointaines (considérées comme fixes). La région dans laquelle cet effet d'entraînement se produit est appelé ergosphère.*
- *Contrairement à ce que son nom indique, l'ergosphère n'est pas une région sphérique. Sa forme exacte est en fait difficilement représentable dans un espace euclidien tridimensionnel classique, en raison des distorsions de l'espace causées par le champ gravitationnel du trou noir.*

- L'un de ces objets est absorbé par le trou noir suivant une trajectoire qui diminue l'énergie cinétique de rotation du trou noir,
- L'autre objet échappe à son champ gravitationnel et en ressort avec une vitesse supérieure à celle de la particule incidente, à tel point que l'énergie totale de ce fragment est en réalité supérieure à l'énergie de masse de l'objet initial.

L'extraction d'énergie par le processus de Penrose a tendance à diminuer l'énergie cinétique de rotation du trou noir. D'après la célèbre formule  $E=mc^2$ , une diminution de l'énergie cinétique provoque une diminution de la masse du trou noir. L'extraction d'énergie n'est possible que si le trou noir est en rotation, c'est-à-dire qu'il possède une ergosphère. D'autre part, il existe une limite à la quantité d'énergie cinétique de rotation qu'un trou noir peut posséder : augmenter l'énergie cinétique de rotation d'un trou noir revient à augmenter son moment critique ; or il existe une limite au moment cinétique d'un trou noir de masse donnée au-delà de laquelle il n'est plus un trou noir mais une singularité nue. Ainsi, il existe une valeur maximale de l'énergie que l'on peut extraire d'un trou noir de masse  $M$  donnée. Une fois cela fait, sa masse est inférieure mais ne peut plus diminuer. Elle est appelée, pour des raisons évidentes, masse irréductible.

**Michel A, 12 octobre 2020,**