

## Première image d'un trou noir

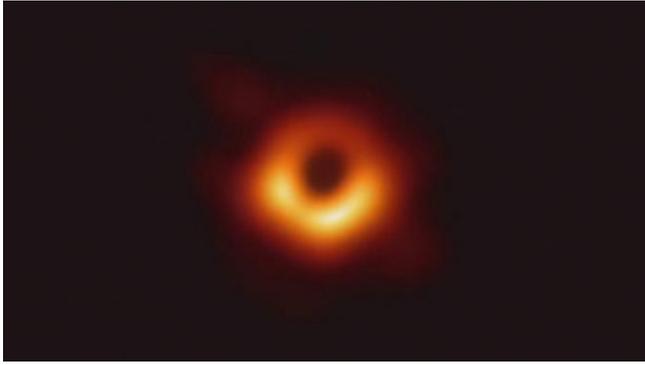
*Un trou noir, qu'est-ce que c'est ?*

En 1915, Albert Einstein publie son manuscrit de la théorie de la relativité générale, qui constituera un des deux grands piliers de la physique telle que nous la connaissons aujourd'hui (le second étant la mécanique quantique). Cette théorie régit en effet le monde de l'infiniment grand, et de nombreuses vérifications expérimentales menées durant le dernier siècle ont jusqu'à présent confirmé sa validité ; les grands exemples les plus récents sont la détection des ondes gravitationnelles et le sujet de cet article. Parmi les nombreuses implications du paradigme relativiste, on relève la prédiction de l'existence de corps célestes extrêmement denses appelés trous noirs.



*Portrait d'Albert Einstein en 1904 à l'Office des brevets de Berne (Crédits : [www.historytoday.com](http://www.historytoday.com))*

Un trou noir est un objet astrophysique qui résulte généralement de l'effondrement d'une étoile sur elle-même : à un certain moment de son évolution, l'étoile dépasse une certaine masse critique, et n'est plus assez « forte » pour se supporter. S'ensuit alors une dégénération rapide en un corps extrêmement dense exerçant une telle force gravitationnelle que rien ne peut s'en échapper - pas même la lumière - d'où l'appellation « trou noir ». Cette impossibilité est dû au fait que pour compenser la monstrueuse attraction à l'intérieur du trou noir et ainsi en sortir, il faudrait se déplacer à des vitesses supérieures à celles de la lumière, ce qui est proscrit par la relativité restreinte (théorie qui est également l'œuvre d'Einstein, publiée en 1905). L'ultime limite à ne pas franchir si l'on souhaite éviter de se faire engloutir est appelée l'horizon des événements : elle correspond à la zone autour du trou noir pour laquelle la vitesse de libération est celle de la lumière. La théorie prédit la présence de singularités aux centres de certains trous noirs, *i.e.* de cassures de la structure de l'espace-temps. Il existe différents types de trous noirs, les plus lourds étant appelés « trous noirs supermassifs » et se trouvant au centre de certaines galaxies des plus massives. C'est un tel trou noir qui a pu être « photographié » récemment grâce au réseau international de télescopes appelé le Event Horizon Telescope (EHT). Il s'agit de M87\*, situé au centre de la galaxie elliptique M87 dans l'amas de la Vierge, à 55 millions d'années-lumière de la Terre. Sa masse est de 6.5 milliards de fois celle du Soleil.



*Première image d'un trou noir, M87\* (Crédits : Event Horizon Telescope Collaboration)*

*Mais alors, si aucune lumière ne peut échapper au trou noir, comment le photographier ?*

Bien qu'un trou noir soit par définition invisible, il est possible d'observer son disque d'accrétion : de la matière en orbite autour de celui-ci qui émet un rayonnement électromagnétique du fait de sa haute température. C'est la zone lumineuse que l'on peut observer sur des images comme celles du film *Interstellar* de Christopher Nolan, ou plus récemment sur l'image qui fait l'objet de cet article !

Plus précisément, pour M87\*, ce sont les émissions dans le domaine des ondes radio qui ont été étudiées puis « retranscrites » en une image. Si l'on regarde cette photographie, les zones les plus brillantes sont celles les plus émettrices de rayonnement radio, et la zone noire du centre correspond au trou noir.



*Image de Gargantua, dans Interstellar, construite d'après des simulations très précises dirigées par le physicien Kip Thorne (Nobel 2017) (Crédits : Paramount)*

*Pourquoi est-ce que la publication de cette image est importante ?*

La publication de l'image de M87\* est une première dans le domaine de l'astronomie : tout d'abord, l'EHT existe grâce à une véritable collaboration internationale et constitue une prouesse technologique en soi. Huit radiotélescopes situés aux quatre coins du globe ont travaillé de pair pendant quatre jours en avril 2017 afin d'égaliser la précision qu'aurait un télescope de la taille de notre planète entière. Cela permet d'atteindre une résolution environ 4000 fois meilleure que celle du télescope spatial Hubble. Observer M87\* étant un défi similaire à celui de photographier une orange sur la Lune, cela était absolument nécessaire ! Pour classer les données, les scientifiques ont procédé par interférométrie à très longue base : cette technique consiste à marquer d'une heure précise (mesurée à l'aide d'une horloge atomique) chaque donnée au moment de l'enregistrer. Une fois les données collectées et classées, il fallut les exploiter afin d'en tirer l'image nouvellement révélée. Une fois encore,

cela constituait un véritable challenge scientifique qui nécessita le développement d'algorithmes permettant de trier les 5 pétaoctets de données.



*Katie Bouman, informaticienne à l'origine de l'un des algorithmes de traitement des données au moment où l'image apparaît pour la première fois. Le bonheur est palpable ! (Crédits : bbc.com)*

Le calcul direct de la masse de M87\* est désormais possible avec l'image obtenue, en utilisant le rayon de son horizon des événements (ou rayon de Schwarzschild).

Enfin, un des atouts majeurs de la photographie prise par l'EHT est la grande ressemblance qu'elle présente avec les simulations de trous noirs réalisées auparavant : elle vient confirmer que ces modèles étaient, si ce n'est exacts au moins très précis, et vient étayer encore plus la théorie de la relativité d'Einstein.

#### *Pourquoi M87\* ?*

L'EHT possède en réalité deux « cibles » : M87\* et Sagittarius A\*, le trou noir supermassif au centre de la Voie Lactée, notre galaxie. M87\* attire l'attention des scientifiques tout d'abord du fait de sa taille : il est l'un des plus gros trous noirs supermassifs connus à ce jour. Mais un second critère l'a placé en ligne de mire de l'EHT : ses jets astrophysiques. Les jets sont des phénomènes encore très mystérieux aujourd'hui : ce sont des nuages de matière très rapides qui se forment le long de l'axe de rotation d'un objet astronomique compact. Dans le cas de M87\*, les vitesses atteintes par les particules du jet sont proches de celle de la lumière. Provenant de l'environ proche de l'horizon des événements, le jet de M87\* a été observé par la NASA à plus de 1000 années-lumière du trou noir, ce qui témoigne de l'énergie drastique fournie aux particules lorsqu'elles sont éjectées.

Sagittarius A\*, quant à lui, a été choisi principalement car il est au centre de notre galaxie. L'image de ce dernier devrait être diffusée dans un futur proche par l'EHT, mais elle est plus ardue à obtenir que celle de M87\* à cause de la « pollution » engendrée par les étoiles et la poussière qui le sépare de nous.

#### *Et après ?*

Une fois que l'image de Sagittarius A\* paraîtra, l'EHT prévoit de se concentrer sur l'amélioration de sa résolution. Cela se fera notamment – et est même déjà en train de se faire – par l'arrivée de nouveaux télescopes au sein du réseau international. Le but principal de cette collaboration étant d'en apprendre plus sur les trous noirs, on peut s'attendre à ce que d'autres « cibles » soit observées à terme.

#### *Sources*

- [Black Hole Image Makes History – JPL, California Institute of Technology](#)
- [Singularities and Black Holes – Stanford Encyclopedia of Philosophy](#)
- [How Scientists Captured the First Image of a Black Hole – JPL, California Institute of Technology](#)
- [Astronomers Capture First Image of a Black Hole – Event Horizon Telescope](#)