

Comme dans le monde de la médecine.

Jean-Pierre Petit

Ancien directeur de recherche au Cnrs

On sait que la prestigieuse revue The Lancet, fleuron de la recherche médicale dans le monde, a été prise en flagrant délit de manipulation de données, au moment du Covid. Il vient de se passer exactement la même chose à travers un article paru en janvier 2023 dans la revue Astrophysical Journal, qui est au monde de l'astrophysique et de la cosmologie ce qu'est le Lancet en médecine. Voici cet article.

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 943:144 (19pp), 2023 February 1

© 2023. The Author(s). Published by the American Astronomical Society.

OPEN ACCESS

<https://doi.org/10.3847/1538-4357/acaa9a>



Principal-component Interferometric Modeling (PRIMO), an Algorithm for EHT Data. I. Reconstructing Images from Simulated EHT Observations

Lia Medeiros^{1,4}, Dimitrios Psaltis², Tod R. Lauer³, and Feryal Özel²

¹ School of Natural Sciences, Institute for Advanced Study, 1 Einstein Drive, Princeton, NJ 08540, USA

² Steward Observatory and Department of Astronomy, University of Arizona, 933 N. Cherry Ave., Tucson, AZ 85721, USA

³ NSF's National Optical Infrared Astronomy Research Laboratory, Tucson, AZ 85726, USA

Received 2022 August 1; revised 2022 December 7; accepted 2022 December 8; published 2023 February 3

Abstract

The sparse interferometric coverage of the Event Horizon Telescope (EHT) poses a significant challenge for both reconstruction and model fitting of black hole images. PRIMO is a new principal components analysis-based algorithm for image reconstruction that uses the results of high-fidelity general relativistic, magnetohydrodynamic simulations of low-luminosity accretion flows as a training set. This allows the reconstruction of images that are consistent with the interferometric data and that live in the space of images that is spanned by the simulations. PRIMO follows Monte Carlo Markov Chains to fit a linear combination of principal components derived from an ensemble of simulated images to interferometric data. We show that PRIMO can efficiently and accurately reconstruct synthetic EHT data sets for several simulated images, even when the simulation parameters are significantly different from those of the image ensemble that was used to generate the principal components. The resulting reconstructions achieve resolution that is consistent with the performance of the array and do not introduce significant biases in image features such as the diameter of the ring of emission.

Unified Astronomy Thesaurus concepts: Very long baseline interferometry (1769); Black hole physics (159); Astronomy image processing (2306); Interferometry (808); Principal component analysis (1944); Accretion (14)

1. Introduction

The Event Horizon Telescope (EHT) Collaboration recently imaged the supermassive black hole in the nearby giant elliptical galaxy M87 for the first time using submillimeter very long baseline interferometry (VLBI) observations (Event Horizon Telescope Collaboration et al. 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f). The first polarized images of the black hole in M87 were published a short time later and indicated a strong and ordered magnetic field in the vicinity of the black hole (Event Horizon Telescope Collaboration et al. 2021a, 2021b).

Reconstructing images of the M87 supermassive black hole was challenging. The 2017 observations included only five telescope locations, resulting in markedly sparse interferometric (*uv*-plane) coverage. This challenge was extensively

We begin with a discussion of the general image reconstruction techniques used so far, followed by the motivation for the PRIMO methodology that we introduce here.

General-purpose imaging algorithms: These include the traditional CLEAN algorithm (Högbom 1974), as well as new maximum likelihood methods (see, e.g., Chael et al. 2016; Akiyama et al. 2017; Event Horizon Telescope Collaboration et al. 2019d). The challenge for general-purpose image reconstruction algorithms is to generate an image among an infinite set of formally allowable solutions that are compatible with the data. In order to reduce the range of possible solutions, regularizers and secondary constraints (such as image global entropy, smoothness, local curvature, etc) are levied to recover an image that matches expectations of realistic structure. These methods are agnostic to theoretical predictions of image morphology and can therefore be used to determine basic

On a souligné la phrase-clé. La voici, en gros plan :

reconstruction techniques used so far, followed by the motivation for the PRIMO methodology that we introduce here.

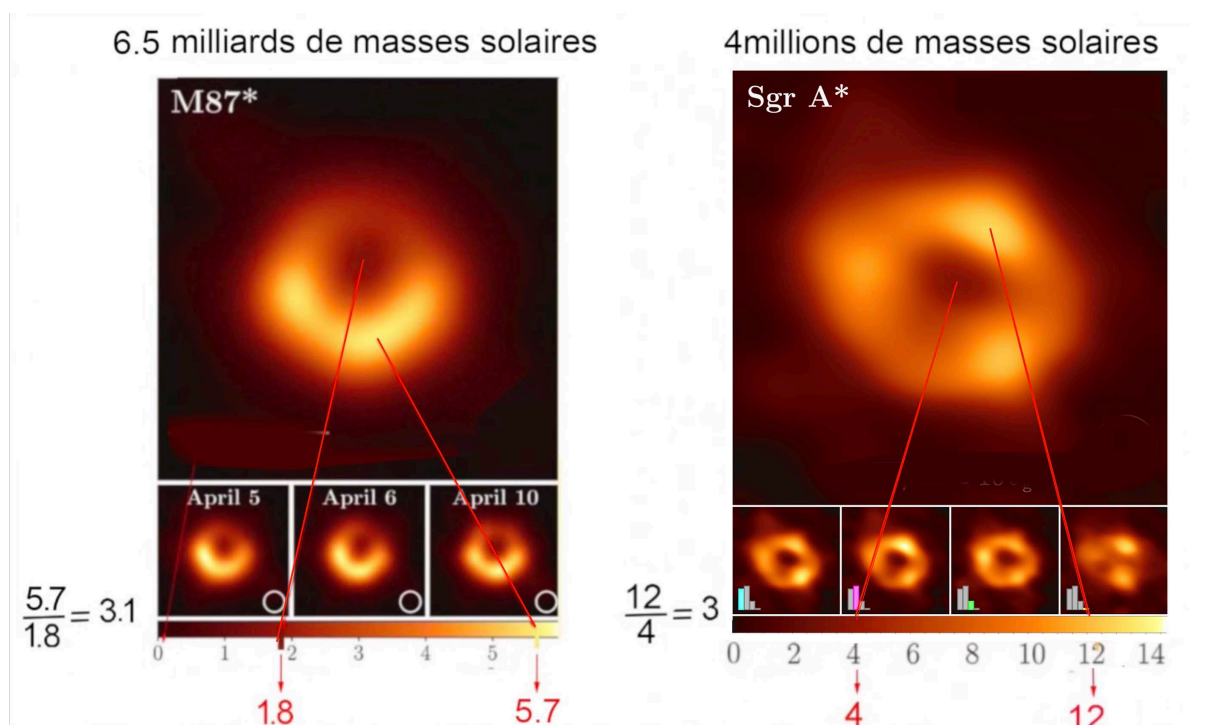
General-purpose imaging algorithms: These include the traditional CLEAN algorithm (Högbom 1974), as well as new maximum likelihood methods (see, e.g., Chael et al. 2016; Akiyama et al. 2017; Event Horizon Telescope Collaboration et al. 2019d). The challenge for general-purpose image reconstruction algorithms is to generate an image among an infinite set of formally allowable solutions that are compatible with the data. In order to reduce the range of possible solutions, regularizers and secondary constraints (such as image global entropy, smoothness, local curvature, etc) are levied to recover an image that matches expectations of realistic structure. These methods are agnostic to theoretical predictions of image morphology and can therefore be used to determine basic

Traduction :

- Le défi à relever, dans l'optique d'une reconstruction algorithmique d'image est, parmi l'infinité d'images possibles (de trou noir), d'en générer une qui soit compatible avec les données (d'observation).

On sait que des images des deux objets hypermassifs qui se situent au centre des galaxies M87 et de la Voie Lactée ont défrayé la chronique en étant immédiatement qualifiées des premières images de « trous noirs géants ». C'est encore le prestigieux Astrophysical Journal qui a publié ces images. En dessous on trouve une barre qui relie la nuance chromatique à ce qui est qualifié de « Brightness Temperature », ou température de brillance.

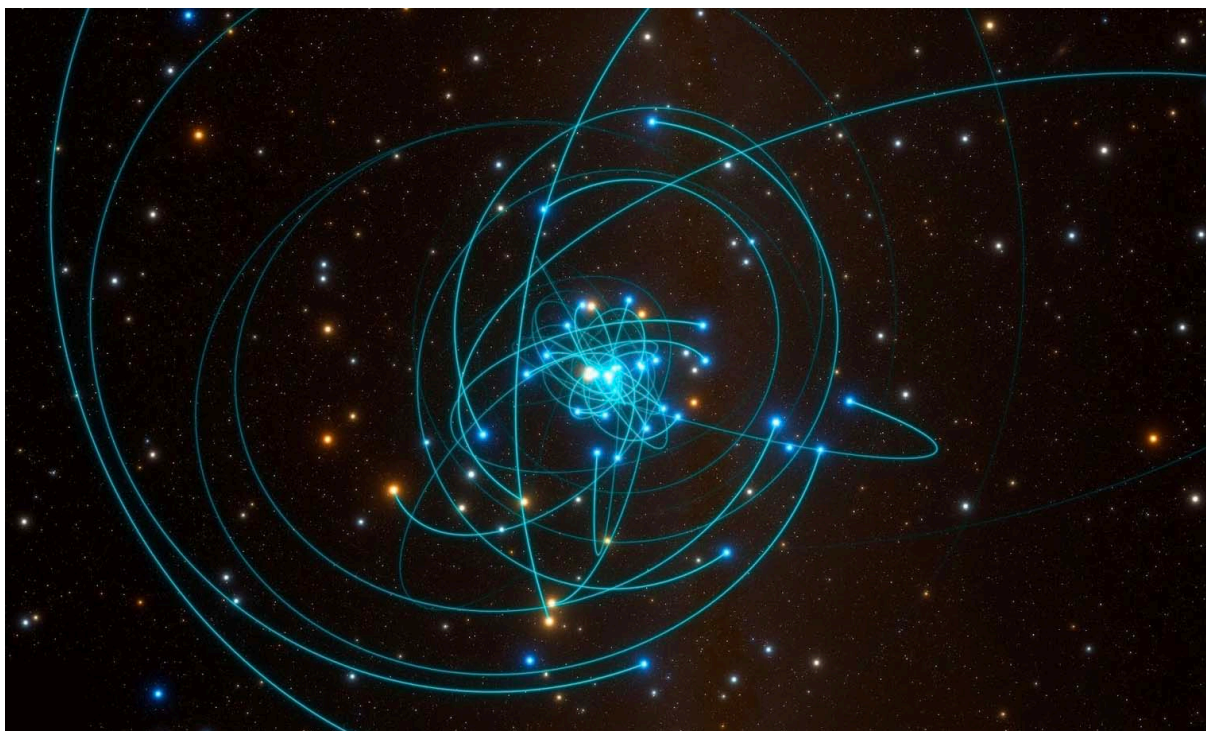
Seul problème : le centre de ces deux objets n'est pas « noir », loin s'en faut. En utilisant cette barre de référence on trouve les valeurs suivantes :



Historiquement, l'image de la figure de gauche, celle de l'objet situé au cœur de M87 a été la première à apparaître, en 2019. L'évaluation de ces « températures de brillance » conduit aux valeurs suivantes : minimale, 1,8 milliards de degrés, maximale, 5,7 milliards de degrés. Le rapport est alors très voisin de 3.

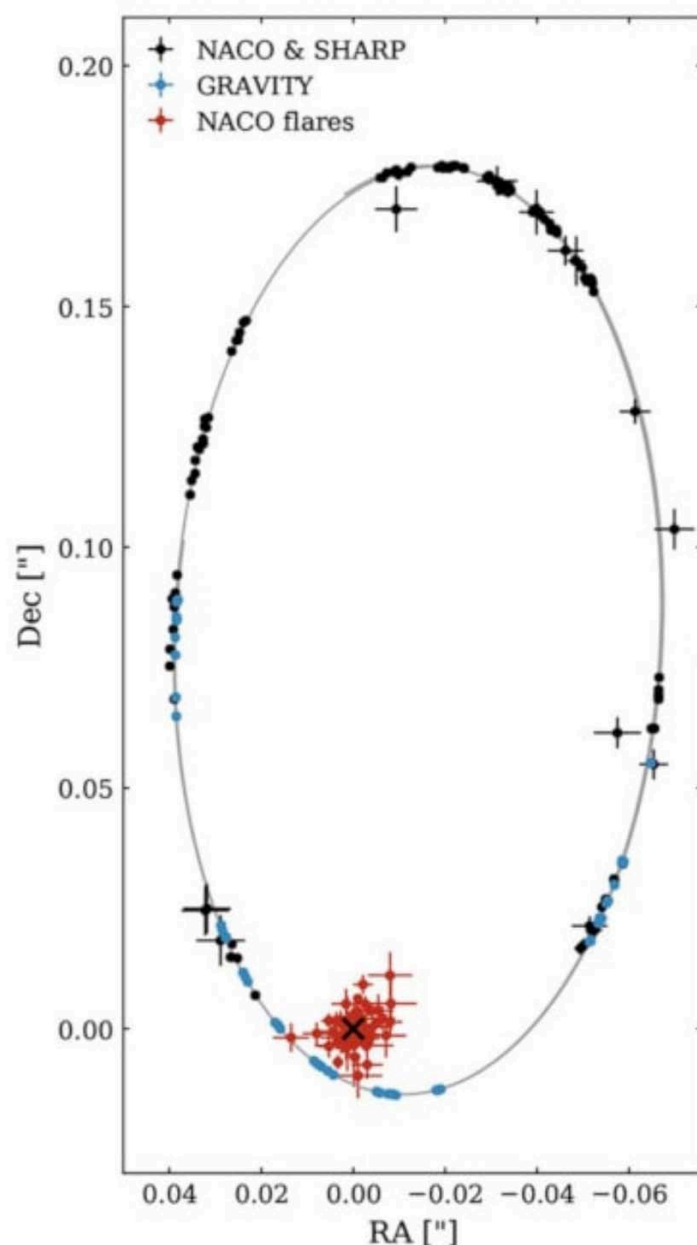
Trois ans plus tard, en 2022, la seconde image est publiée, image de droite. Température minimale : 4 milliards de degrés, maximale : douze milliards. Là encore le rapport est 3. La communauté scientifique justifie le fait que la partie centrale ne soit pas émissive en supposant que cette lumière émane d'un disque de gaz chaud orbitant autour du trou noir, qui nous masque celui-ci.

L'identification de la nature d'un phénomène ou d'un objet passe toujours par une interprétation de données observationnelles effectuée à travers un modèle. S'agissant de vitesse, ce qu'on mesure c'est l'effet Doppler. Ces mesures ont permis les trajectoires d'étoiles orbitant à proximité immédiate du centre de notre voie lactée.



Les orbites des étoiles situées à proximité immédiate du centre de notre galaxie.

Au milieu de ce fouillis, une trajectoire particulière retiendra notre attention, c'est celle d'une étoile baptisée « S2 ». Grâce à un suivi sur 27 années il a été possible de tracer sa trajectoire complète avec une grande précision:



La trajectoire complète de l'étoile S2 autour d'un objet hypermassif situé au foyer de cette orbite elliptique. Sa période orbitale est de 9,9 années. En rouge la manifestation d'une radiosource, baptisée SgrA*, connue depuis 1974. Une émission de rayonnement attribuée à du gaz porté à une température de dix millions de degrés.

Si la forme elliptique de la trajectoire représente une vérification supplémentaire des lois de Kepler, la légère avance du périhélie a fourni une vérification de la relativité générale. On en conclut est que ces étoiles orbitent autour d'un objet dont la masse est alors évaluée à quatre millions de fois celle du Soleil, objet situé au foyer des ellipses-trajectoires. Mais on constate immédiatement que la radiosource SrgA* ne coïncide pas avec ce foyer. Tout ce qu'n peut en déduire est qu'il existe un objet doté d'une telle masse en ce foyer de la trajectoire elliptique.

Mais dès l'apparition de ces clichés toutes les revues, à commencer par l'Astrophysical Journal, au lieu de titrer « Première images correspondant au voisinage des objets hypermassifs situés au centres des galaxies » (M87, puis la Voie Lactée) les auteurs ont d'emblée titré « Premières image de Trous Noirs Géants ».

Dans le corps de ces articles on trouve l'explication d'une telle conclusion. Ce sont des trous noirs géants, « parce qu'aucune autre explication n'a pu être avancée ». Donc, si la partie centrale n'est pas parfaitement noire c'est parce qu'une masse de gaz chaud d'interpose entre nous et le trou noir.

Aucune autre explication ? En 2022 nous publions dans la base de données HAL du Cnrs un article de 50 pages :



Physical and mathematical inconsistency of the black holes models. The alternative of the plugstars model

J P Petit, G d'Agostini

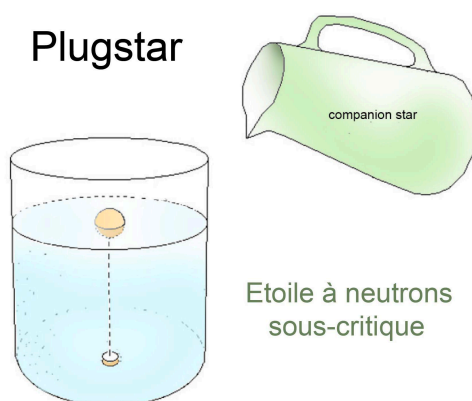
Traduction :

Incohérence physique et mathématique des modèles de trous noirs.
L'alternative : le modèle des plugstars.

Bien sûr, il ne s'agit pas du texte d'un article publié dans une revue contrôlé par des referees. C'est un simple preprint de ... 50 pages. Son volume le rend impropre à une publication dans les vues qui limitent les manuscrits à une douzaine de pages. Ce texte est un réquisitoire en règle contre le modèle même des trous noirs, qui découlent d'une mauvaise interprétation des deux articles publiés par l'Allemand Karl Schwarzschild en 1916, juste avant son décès.

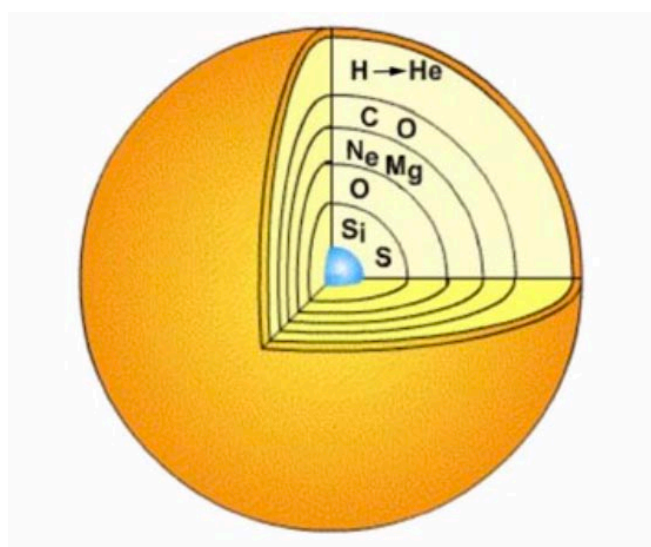
Une telle assertion aurait mérité une réplique cinglante de la part des spécialistes des trous noirs. Or, depuis un an, silence complet. Nous y proposons de remplacer le modèle de trous noirs par des « plugstars ». En effet, dans le schéma considéré depuis des décennies comme un dogme, quand il y a formation de trous noirs il se produit inmanquablement un instant où la pression autre centre de l'astre s'envole à l'infini, un fait qui avait été purement et simplement ignoré par les concepteurs du modèle, dans les

années soixante-dix¹. Dans l'article nous montrons qu'à ce moment ceci entraîne l'inversion de la masse au centre de l'astre et son éjection hors de celui-ci. « Plug » en anglais signifiant « bonde » l'image est la suivante :



Selon ce modèle il n'existerait pas d'étoiles à neutrons dont la masse excéderait 2,5 masses solaires (inférieure à cette masse de 3 masses solaires qui le transforme en « trous noirs »). Cette criticité peut survenir dans deux cas de figure.

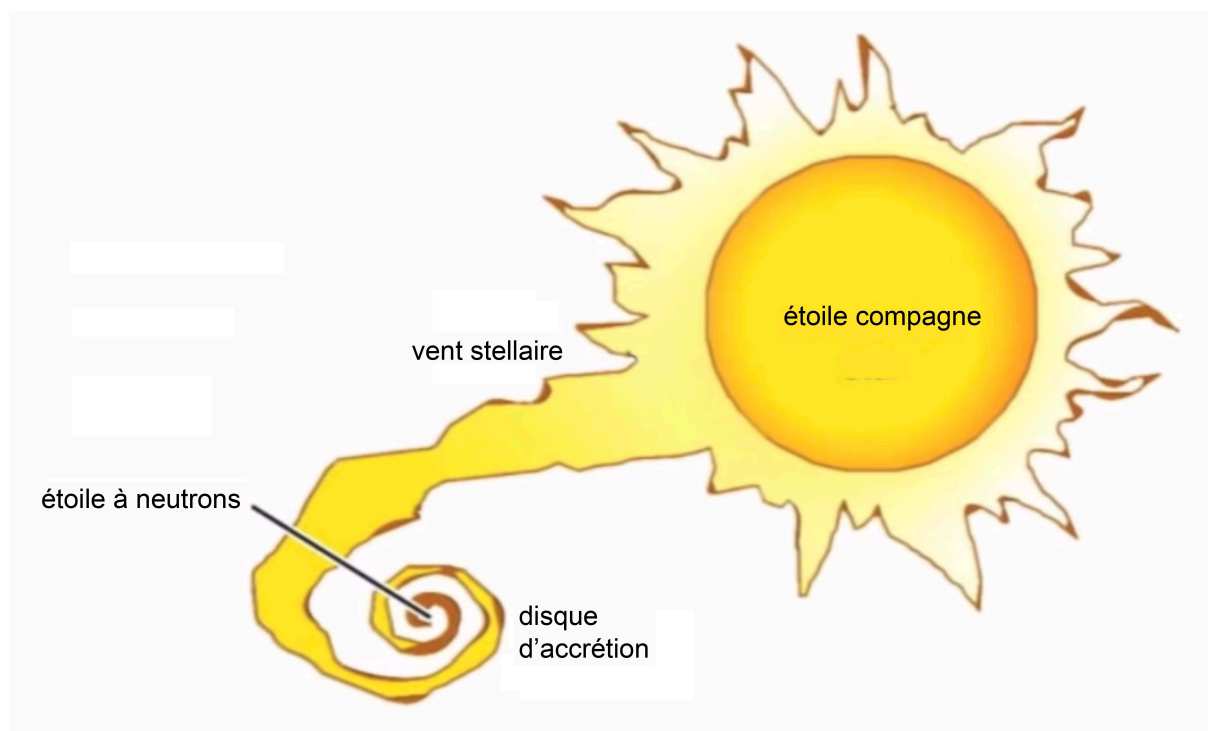
→ De manière brutale, quand une étoile supermassive, avant de se muer en supernova, s'effondre sur son cœur de fer :



Structure interne d'une étoile massive
En bleu, son cœur de fer

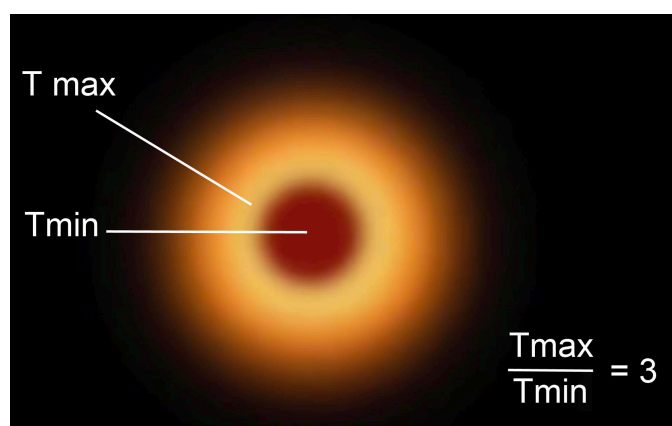
¹ Cet aspect (de même que le fait que la vitesse de la lumière s'envole à l'infini) est mentionné dans le second article publié par Schwarzschild en février 1916, qui n'a été disponible sous sa forme anglaise qu'en 1999. Nombre de spécialistes en ignorent jusqu'à l'existence. La Théorie du trou noir repose entièrement sur le premier papier, celui de janvier 1916.

→ De manière très progressive, quand une étoile à neutron subcritique voit sa masse lentement s'accroître en captant le gaz émis (« vent stellaire ») par une étoile compagne.



Le mécanisme de croissance de la masse d'une étoile à neutrons lié à la captation du flux gazeux émis par une étoile compagne.

Particularité d'un tel modèle : l'objet présente un rapport des températures de brillance, maximale et minimale, qui est exactement de 3 :

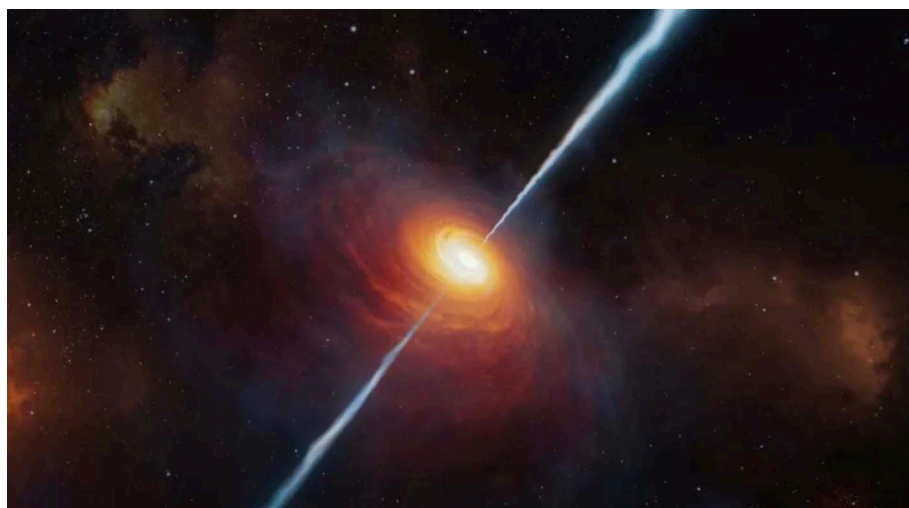


Plugstar sphéroïdal

L'assombrissement de la partie découle de ce qu'on appelle « l'effet de redshift gravitationnel ». Selon la relativité générale, au voisinage des masses le temps s'écoule

différemment, plus lentement. Il y a longtemps qu'on a pu le vérifier au voisinage d'une masse aussi faible que celle de la Terre².

Mais les objets hypermassifs situés au centre des galaxies M 87 et de la Voie Lactée ne sont pas « des étoiles à neutrons géants ». Nous pensons qu'il s'agit d'un reliquat de quasars, inactif, dans le cas de l'objet situé au centre de la voie lactée. Dans le cas de M87 c'est de toute évidence un quasar, avec des deux jets diamétralement opposés.



Quasar (image d'artiste)

Le fait que les jets soient aussi fins, aussi « collimatés » signale la présence d'un très fort champ magnétique. Nous pensons que ce même champ s'oppose à l'implosion de l'objet hypermassif grâce au fait qu'une intense « pression magnétique s'oppose à la gravitation (c'est un « objet MHD »). Quoiqu'il en soit, ces objets, comme les étoiles à neutrons de masse maximale, sont également subcritiques, ce qui entraîne un effet de redshift gravitationnel limité à 3 (pour les « trous noirs » l'effet de redshift gravitationnel serait ... infini).

Toute tentative de publication de cet article, dans une forme correspondant aux normes des revues, est immédiatement suivie d'un refus de soumettre à l'expertise d'un « referee » et suivie d'un rejet avec le message « non suitable » (« ne convient pas »). Toujours est-il que ce modèle de plugstar cadre avec les données observationnelles. Il est en effet difficile de penser que pour des objets de masses aussi différents l'émission de rayonnement issu d'un disque de gaz situé à proximité puisse donner cette valeur 3, avec autant de précision. On serait donc curieux de voir ce qui pourra émerger d'une troisième image.

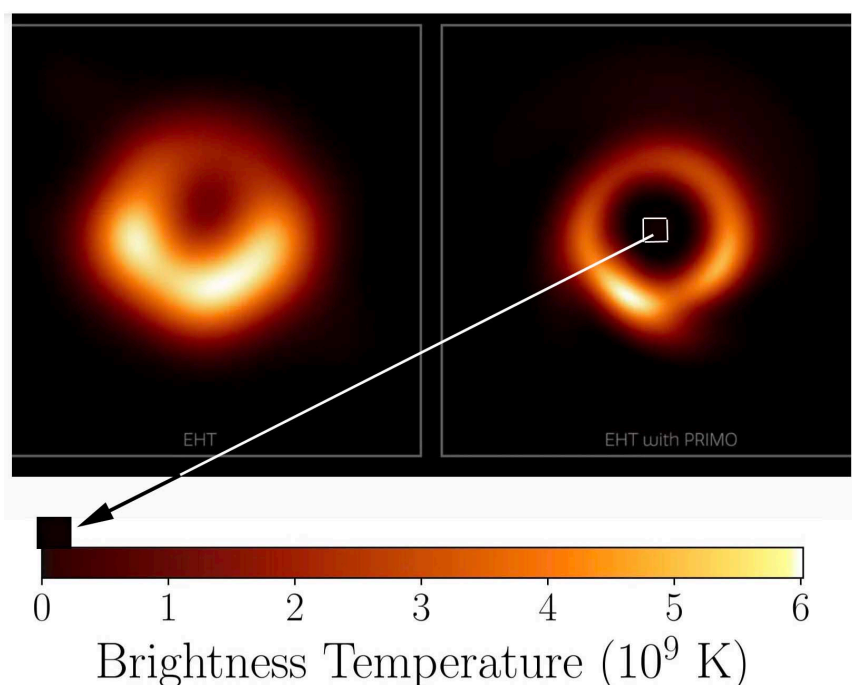
Mais cette image-là, cette « image brute », vous ne la verrez peut-être jamais. Parce qu'elle sera « retravaillée » de telles manière qu'elle cade avec la seule « réalité

² Expérience de Robert Pound et Glen Rebka en 1960. Cette très faible correction doit néanmoins être prise en compte lors du calcul de la position par GPS, basé sur les horloges atomiques embarquées à bord des satellites. Sans cette prise en compte l'accumulation des erreurs rendrait le système GPS inexploitable

possible » : qu'elle émane d'un trou noir, avec donc une partie centrale parfaitement non émissive.

En science, quand les observations ne cadrent pas avec la théorie et qu'on considère ces observations comme fiables, ceci invite à remettre la théorie sur le métier. Là, on fait le contraire : on trafique des observations pour qu'elles s'adaptent avec la théorie dominante. On va même plus loin. Dans cet article, publié par la prestigieuse revue *Astrophysical Journal*, on engendre une grande masse d'images de synthèse de trous noirs, en jouant sur les différents paramètres : masse, moment cinétique, orientation de l'axe de rotation, etc, et on sélectionne, à l'aide de ce logiciel PRIMO, celle qui cadre le plus avec les données observationnelles. Le résultat a alors été le suivant :

Lia Medeiros & AI : Principal-component Modeling (PRIMO)
an Algorithm for EHT data. I. Reconstructing Images from
Simulated EHT observations. *APJ* 943:144 . 2023 Feb.1

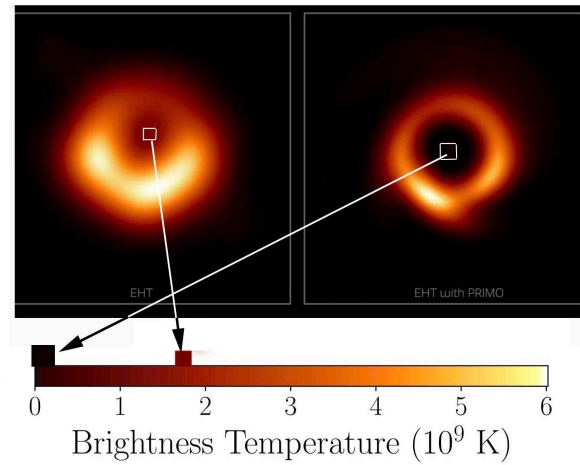


A gauche, l'image de l'objet situé au cœur de la galaxie M87, tel qu'il émergeait du traitement des données captées par un ensemble de cinq radiotélescopes terrestres. A droite une image de trou noir, de synthèse, censée cadrer avec ces mêmes données. La similitude est rien moins qu'évidente. Mais le logiciel PRIMO est formel « c'est ce que vous devriez voir si ce gaz chaud situé à l'avant-plan ne perturbait pas l'observation ».

Et l'auteur de l'article, Lia Medeiros, une étudiante brésilienne de 31 ans, bénéficiant d'une bourse post doctorale à l'Institut des Etudes Avancées de Princeton (auquel appartiennent des gens aussi prestigieux qu'Albert Einstein et Kurt Gödel) d'ajouter :



Lia Medeiros & AI : Principal-component Modeling (PRIMO) an Algorithm for EHT data. I. Reconstructing Images from Simulated EHT observations. APJ 943:144 . 2023 Feb.1



Vous êtes maintenant avertis. Vous attendez plus à ce qu'on vous présente les observations telles qu'elles se présentent, *mais telles qu'elles devraient se présenter pour cadrer avec la théorie validée par la communauté scientifique.*

Un saut épistémologique majeur.