0

aux propriétés des trous noirs. Le prix

donnent un moyen d'accès très précieux De telles ridules ont été détectées sur tempsautour de trousnoirs en mouvement. des ridules de déformation de l'espace-Demême, les ondes gravitationnelles sont

Terre pour la première fois en 2016. Elles

Nobel 2017 fut attribué à cette

ondes par un couple de trous noirs en rotation l'un autour de l'autre. dessus représente l'émission de ces ondes gravitationnelles. La figure ci-

dans lequel une pierre a été jetée : ce sont des

surface d'un étang comme les rides à la à la vitesse de la lumière déformation se propage l'un autour de l'autre, la trous noirs en rotation Si ces objets sont des

+

gravité et l'étoile s'effondrera en un trou neutrons ne pourra pas fournir une stellaire résiduel a environ deux masses couches extérieures. Si le noyau explose en supernova, soufflant ses et lutte contre l'effondrement. L'étoile nérescence des neutrons » apparaisse de pression appelée « pression de dégé celle du Soleil, l'étoile continue de s'ef-Si la masse de l'étoile dépasse 10 fois plus à supporter le poids de l'étoile. lorsque la pression thermique ne suffit gravité est rompu. La gravité l'emporte au cœur de l'étoile, l'équilibre pressionpression suffisante pour contrer la alors même la dégénérescence des Mais s'il a une masse plus importante, solaires, il restera une étoile à neutrons. fondrer jusqu'à ce qu'une forme exotique L'étoile s'effondre alors sur elle-même. Lorsque tout le combustible a été utilisé

Fin de vie d'une étoile massive

dégénérescence Pression de Gravitation Neutrons

qui finit par l'emporter, et l'effondrement gravitation fait s'effondrer l'étoile, ce qui conduit à compresser très fortement la nouvel adversaire apparaît donc en face supporter l'étoile. Cependant, si l'étoile est assez massive, c'est la gravitation En l'absence de carburant nucléaire, la plus que la compression augmente. Un dégénérescence, qui grandit d'autant de la gravitation, lorsque la pression thermique n'est plus suffisante pour se poursuit jusqu'à la formation d'un nouveau terme de pression, dite de quantique fait alors apparaître un matière de l'étoile. La mécanique

l'accrétion entourant le trou noir superm nage de la zone la plus centrale du disque i centre de la galaxie M87 (Messier 87). 2019

d'accrétion entourant SgrA*

déformation ne va pas évoluer objets sont statiques, cette l'espace-temps en leur voisinage. Si ces La présence d'objets massifs déforme

la gelée. Une autre framboise posée à elle va déformer légèrement la surface de

fait tourner les framboises l'une autour

boises avec une framboise posée dessus : Imagine une couche de gelée de framémettre des ondes gravitationnelles. vont alors tourner l'un autour de l'autre et paires : les deux composants de la paire Les trous noirs peuvent exister par

Ondes gravitationnelles

vont se propager dans la gelée. de l'autre, des ridules de déformation côté ajoute sa propre déformation. Si on

issu du disque central trou noir

SgrA* au centre quatre étoiles à rayonnement correspond au Le point blanc de la Voie Lactée supermassif Mouvement de oroximité du

Trous noirs supermassifs

L'Univers dans ma poche

AUIZ

existe des trous noirs « supermassifs » 'effondrement d'étoiles massives, il Le Prix Nobel 2020 a été attribué En dehors des trous noirs nés de au centre des galaxies.

notre Voie Lactée, révélant l'existence masse du Soleil rassemblée dans une occupant la région la plus centrale de pour l'étude des orbites des étoiles d'une masse de 4 millions de fois la région pas plus grande que notre Système solaire.

-aquelle de ces résultat d'une images est le observation ?

> D'autres observations portant sur la d'obtenir en 2019 la première image d'autres arguments très forts pour des environs immédiats d'un autre soutenir l'existence de ces objets trou noir supermassif, qui donne galaxie Messier 87 ont permis extrêmes.

7 [7]

trou noir.

Observatoire de Paris







Frédéric Vincent





Trous Noirs



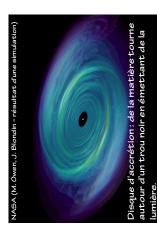
Réponse au dos

4

¦က |ဗို

nouvelle structure de l'espace-temps est gravitation si extrême qu'elle est piégée à umière) émis au centre de l'étoile en train centre de l'étoile. Pourquoi ? Parce qu'une née, appelée « horizon des événements » l'intérieur de cet horizon. Un trou noir est lumière émise à l'intérieur de l'horizon des peut bien entendu s'échapper de l'étoile. rapidement contraint de revenir vers le lumière ne peut plus s'en échapper pour l'effondrement de l'étoile, ce photon va de s'effondrer. Initialement, ce photon Cependant, à un stade très avancé de maginons un photon (une particule de Ceci signe la création du trou noir. La donc, en effet, noir, en ce sens que la aller rejoindre un télescope lointain. commencer à s'éloigner, mais sera événements est soumise à une

> Vue d'artiste de l'orbite d'une étoile autour d'un trou noir. Le décalage progressif de l'orbite est relié à la présence du trou noir. ≣SO / L. Calçada



constituent des sondes utiles pour portant la marque de la présence du matière peut se maintenir en orbite « disque d'accrétion ». Ces disques émettent un copieux rayonnement dans toutes les longueurs d'ondes, entoure. Un trou noir n'est pas un trajectoires porteront également la marque de la présence de l'objet gravitationnelles, la lumière émise grand aspirateur cosmique : de la trou noir. Par ailleurs, des étoiles Si un trou noir est noir, il n'en est étudier les propriétés des trous compact. Tout comme les ondes au voisinage d'un trou noir et les peuvent se maintenir en orbite pas de même de la matière qui autour d'un trou noir, et leurs orbites des étoiles proches en son voisinage et créer un

rous noirs et matière environnante

Formation d'un trou noir



L' énorme pression au cœur de l'étoile casserole d'eau vapeur dans une l'extérieur comme la pousse vers

La gravitation tend

effet de l'attraction pomme détachée de centre comme la de l'étoile vers son à faire tomber les terrestre parties extérieures 'arbre tombe par

vers l'intérieur. gravitation dirigée l'action de de la équilibre entre l'action de la vers l'extérieur et pression thermique Une étoile est en

Forte pression

entourant un disque d'accrétion Simulation d'un trou noir (Owen & Mondin, 2005).

Simulation de (Riazuelo 2009) en avant plan an trou noir a Voie Lactée avec image d'un fond le ciel de

noir au centre de la disque d'accrétion Simulation d'un (Vincent et al. 2019) galaxie M87 entourant un trou

au centre de la n*age observée d*u sque d'accrétion axie M87

oration EHT 2019)

Réponse

et al. 2018). la Voie Lactée (Lamy de ver au centre de entourant un trou disque d'accrétion Simulation d'un

L'Univers dans ma poche Nº 17

Stan Kurtz (UNAM, Mexique). également de l'Observatoire de Paris et (France) et revu par Eric Gourgoulhon, Frédéric Vincent de l'Observatoire de Paris Ce mini-livre a été écrit en 2022 par

Riazuelo (IAP) d'un fond de ciel de la Voie La*ctée avec en ava*nt-plan un trou noir. <u>Image de couverture</u> : simulation par Alain



collection et sur les thèmes Pour en savoir plus sur cette tu peux visiter présentés dans ce mini-livre

http://www.tuimp.org

TUIMP Creative Commons $\bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc \bigcirc$ BY NC SA

> Cediagrammereprésente la taille de l'étoile en (trajectoire en tirets verts) y reste piégée. Le apparaît et croît jusqu'à sa taille finale (partie l'horizon peut s'échapper (trajectoire en trait plein vert), mais la lumière émise sous l'horizon diminue au fil du temps. A un certain stade de effondrement (partie rouge du schéma, qui bleue du schéma). La lumière émise hors de l'effondrement, l'horizon des événements trou noir est la partie bleue du schéma.

0

Espace l'étoile en train de s'effondrer Surface de événements Horizon des Lumière émise Temps

L'équilibre d'une étoile

tendances opposées. Une étoile est en équilibre entre deux

casserole chauffée). qui tend à dilater l'étoile (comme la confèrent ainsi une certaine pression TUIMP 14) chauffent sa matière et lui fusion de l'helium en carbone etc. voir l'étoile (fusion de l'hydrogène en hélium, vapeur d'eau sous le couvercle de la Les réactions nucléaires au cœur de

centre, ce qui tend à contracter parties externes de l'étoile vers son La gravitation fait « tomber » les

partie de la vie de l'étoile. Mais que se exactement pendant la majeure de l'étoile est épuisé ? passe-t-il lorsque le carburant interne Ces deux tendances se compensent