

**VOYAGE  
DANS  
L'ESPACE**

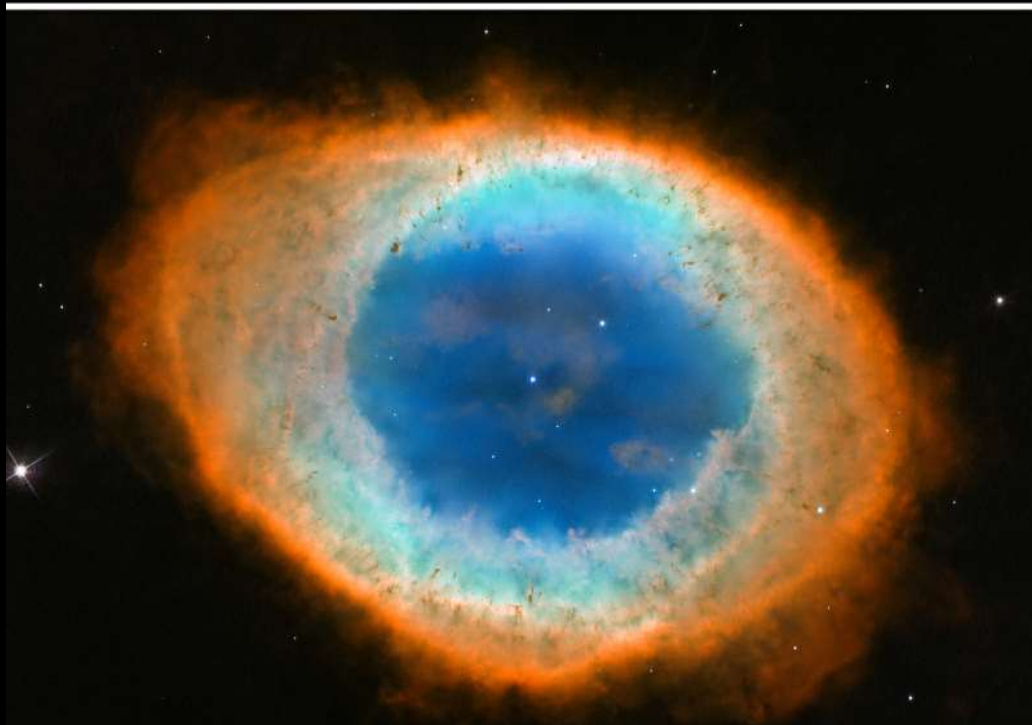
Épisode

63

---

**L'ULTIME DESTIN DU SOLEIL:  
UN TROU NOIR?**

---



(Quatrième partie)

---

**Notre Univers époustouflant...**

## Le balado et les fascicules

Depuis janvier 2018, Claude Lafleur et Mathieu Rancourt produisent un balado consacré à l'exploration de l'espace. Intitulé *Voyage dans l'espace*, il est diffusé sur la plate-forme soundcloud.com. Chaque épisode vous fait parcourir une dimension particulière, qu'il s'agisse de l'exploration d'une planète, de la recherche de vie dans l'Univers ou de l'aventure des astronautes et de ceux et celles qui rêvent d'espace.

Pour la plupart des balados, ils préparent un exposé détaillé, sous forme de questions/réponses. Il peut s'agir d'une conversation entre l'animateur de *Voyage dans l'espace* Mathieu et le passionné d'espace Claude, ou d'une entrevue avec un spécialiste (souvent un astronome). Ils publient ces exposés sous forme de fascicules, comme celui-ci.

Notez que le balado diffusé s'inspire librement des questions/réponses préparées à cet effet. Le texte qui suit n'est pas un verbatim de l'émission, mais plutôt une autre version; le balado et ce fascicule se complètent l'un et l'autre.

Tous les fascicules sont offerts aux abonnés du balado *Voyage dans l'espace*, abonnement au coût de 5\$/mois, via la plate-forme patreon.com.

**Mathieu Rancourt** est géographe et professionnel de recherche. **Claude Lafleur** est journaliste scientifique qui suit au quotidien depuis cinquante ans les péripéties de l'exploration spatiale.

L'équipe des fascicules:  
Rédaction: Claude Lafleur et Paul Houde  
Couverture: Mathieu Rancourt  
Illustrations: NASA, ESA

Balado: <https://soundcloud.com/voyage-danslespace/>

Abonnement:  
<https://www.patreon.com/voyagedanslespace>

Facebook: <https://www.facebook.com/voyagedanslespace/>

Courriel: [claude-lafleur1@videotron.ca](mailto:claude-lafleur1@videotron.ca)

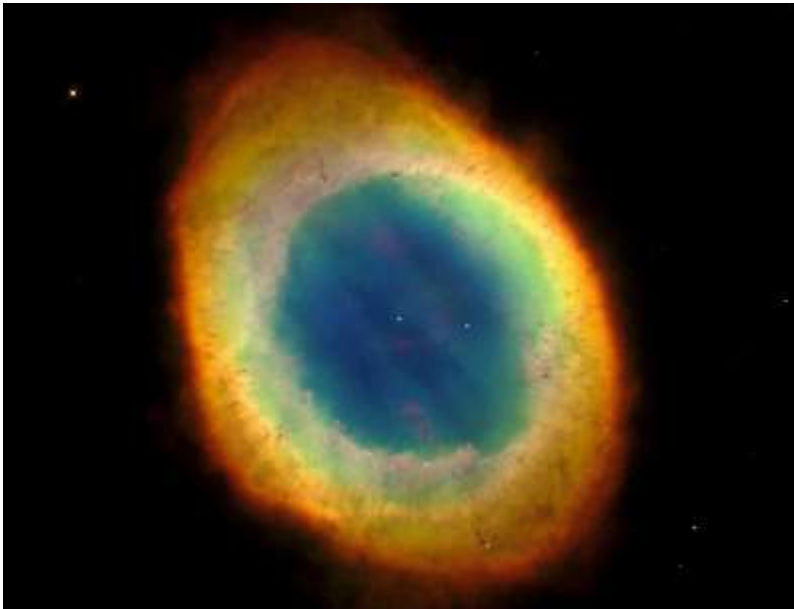
© Copyright, Claude Lafleur, 2021

ISBN 978-2-925106-27-2 (pdf)

ISBN 978-2-925106-28-9 (kindle)

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec, 2021

Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Canada, 2021



La nébuleuse de la Lyre, ou Messier 57, nous donne une bonne idée de comment le Soleil va finir ses jours: en nébuleuse planétaire. La matière qui constituait jadis une étoile semblable à la nôtre forme à présent un anneau qui s'étend sur plus de deux années-lumière. (Voir la [vidéo de la NASA](#) qui nous fait découvrir l'anatomie de cette nébuleuse, le destin de notre étoile.)

## L'ultime destin du Soleil: un trou noir?

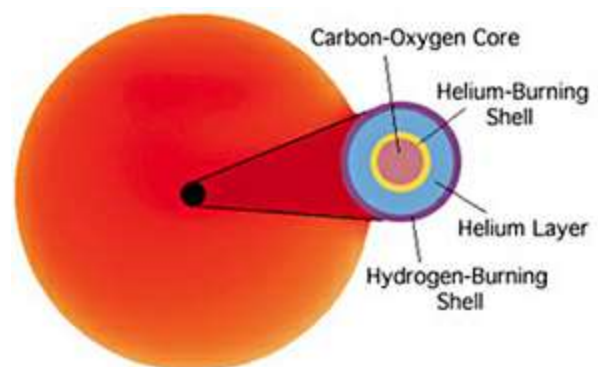
Écoutez le balado *L'ultime destin du Soleil...* diffusé le 2 mai 2021.

Dans le troisième épisode de *Notre Univers époustouflant* – le Balado 59, Vie et mort du Soleil – nous avons vu que, dans sept milliards d'années environ, le Soleil va «exploser». C'est-à-dire que ses couches périphériques vont se détacher du noyau de l'étoile pour former une gigantesque boule de gaz diffus – ce que les astronomes appellent une *géante rouge*.

Quant à ce qui restera du cœur du Soleil, ce noyau se contractera sur lui-même jusqu'à déclencher un foudroyant *flash de l'hélium*.

Et bien entendu, entre temps, notre petite planète Terre aura été pulvérisée... Mais ça, c'est dans des milliards d'années!

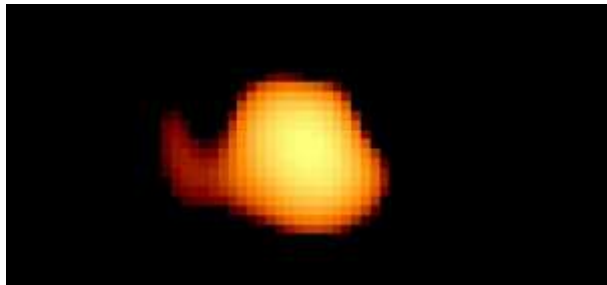
Que deviendra ensuite ce qui reste de notre étoile? Connaitra-t-elle le sort réservé à certaines étoiles, c'est-à-dire devenir l'ultime bizarrerie du cosmos: un trou noir?



Le Soleil sera, dans sept milliards d'années, une sous-géante rouge.

En réalité, comme nous allons le découvrir, les dernières 140 millions d'années d'existence du Soleil seront extrêmement compliquées.

Tout ce qui restera alors de notre étoile, ce sera un minuscule noyau d'atomes d'hydrogène et de carbone, enrobé dans une couche d'hélium se transformant progressivement en carbone. Ce noyau sera entouré par une large enveloppe d'hydrogène se convertissant en hélium. Un objet très bizarre, quoi! Notre étoile sera devenue ce que les astronomes appellent une *sous-géante rouge*.



Mira, une géante rouge située à 420 années-lumière de nous.

Cette sous-géante rouge demeurera stable durant une centaine de millions d'années, brillant d'un éclat relativement modeste, c'est-à-dire de 45 à 110 fois l'éclat actuel du Soleil – ce qui est peu comparé à ce qu'il a été lorsqu'il s'est trouvé au stade de géante rouge (brillant alors 2300 fois plus qu'aujourd'hui). Un exemple de sous-géante rouge nous est donné par l'étoile Acturus.

Puis, au terme de cette stabilité de cent millions d'années, le Soleil éclatera à nouveau, redevenant pour un temps une géante rouge 3000 fois plus lumineuse qu'il l'est actuellement. Mais il va alors connaître une série d'explosions colossales – quatre ou cinq explosions survenant à 100 000 ans d'intervalle environ –

pour finir par s'étouffer complètement, puis par s'éteindre. Ce qui restera alors du cœur de l'étoile deviendra de la matière ultra-chaude et super-condensée, tandis que les couches périphériques s'éparpillent dans l'espace interstellaire pour donner lieu à une magnifique *nébuleuse planétaire*.

Les nébuleuses planétaires figurent parmi les plus beaux objets célestes photographiés par le télescope spatial Hubble. Voyez à la page suivante des exemples de nébuleuses planétaires qui nous donnent une idée de ce à quoi ressemblera un jour le Système solaire.

Notons au passage que cette appellation est trompeuse, puisqu'une *nébuleuse planétaire* n'a rien à voir avec des planètes! Jadis, les astronomes ont cru qu'il pouvait s'agir de nuages à partir desquels se formaient les planètes – d'où le qualificatif de planétaire – mais nous savons à présent qu'il n'en est rien, puisque ce sont en réalité les restes d'étoiles mortes.

Ultimement, tout ce qui restera du Soleil, ce sera une *naine blanche*, un objet un peu plus gros que la Terre mais 200 000 fois plus massif. Or, les naines blanches ont une durée de vie extraordinaire: des *centaines de milliards d'années*. Et puisque l'Univers n'existe que depuis moins de 14 milliards d'années, c'est dire que les plus anciennes naines blanches sont encore dans leur prime jeunesse et qu'elles n'ont pas fini de s'éteindre complètement.

Notre Soleil ne deviendra donc pas un trou noir pour la bonne et simple raison que, au départ, sa masse était insuffisante. Pour devenir un trou noir, il aurait fallu qu'il soit de trois à dix fois plus massif.

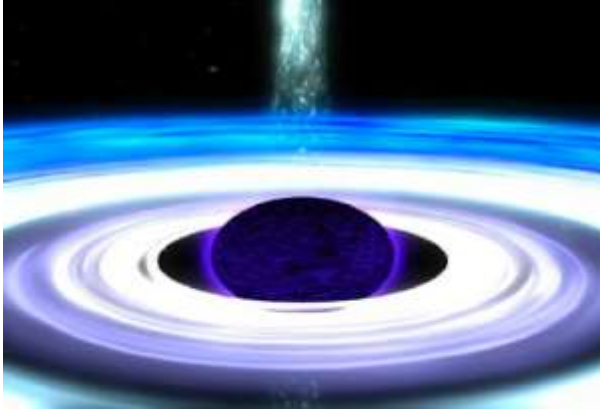
La forme remarquable de la nébuleuse du Sablier serait due à l'expansion de vents stellaires à l'intérieur du nuage de débris provenant de l'explosion de l'étoile.



La forme de la nébuleuse du Papillon vient de ce que des lobes de matière s'échappent de parts et d'autres de ce qui reste de l'étoile, et non pas tout autour.

La nébuleuse du Spirographe est surnommée de la sorte en raison des filaments en arc de cercle semblables à ce qu'on peut dessiner grâce à un spirographe.





## Représentation d'un trou noir

Un trou noir est en soi invisible et est *symbolisé* ici par une sphère noire que les cosmologistes appellent l'*horizon des événements*, au-delà duquel il est impossible d'apercevoir quoi que ce soit. Heureusement que la matière qui s'agglutine autour du trou noir, avant d'être avalée, émet d'énormes quantités de radiations et d'énergie, tel qu'illustré.

# Troublants trous noirs

Un trou noir, c'est l'un des objets les plus intrigants qu'on connaisse. Toutefois, en réalité, c'est tout simplement une énorme et inimaginable concentration de matière.

Un trou noir, pourrait-on dire, ce n'est qu'une certaine quantité de matière qui s'est tant contractée sous le poids de sa masse qu'elle a atteint une densité vertigineuse. Ainsi, la Terre pourrait théoriquement être transformée en trou noir si on la compressait au point où elle n'aurait plus que la taille d'une bille d'un centimètre de diamètre! Le Soleil serait un trou noir si on le réduisait à la taille d'un astre de quelques kilomètres de diamètre. Cependant, ni l'un ni l'autre ne possède la masse nécessaire pour exercer sur lui-même l'énorme pression requise pour atteindre la concentration de matière d'un trou noir.

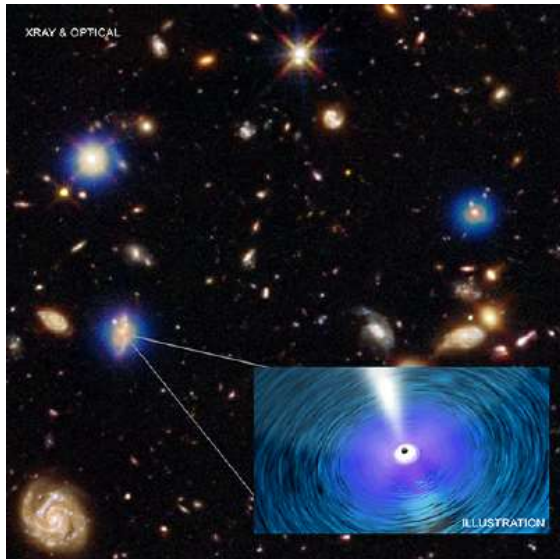
Mais cela signifie aussi qu'on peut trouver des trous noirs de toute masse. On imagine généralement qu'un trou noir est quelque chose de gigantesque, bien davantage qu'une étoile. Mais c'est tout le contraire: les trous noirs sont avant tout des objets *extraordinairement* compacts mais dont la taille est... nulle! Eh oui, un

trou noir est *infinitement* petit, littéralement; il tiendrait aisément dans votre main, qu'importe sa masse!

Ce qu'il y a de gigantesque à leur sujet, c'est leur masse. La masse de certains trous noirs équivaut à celle de dizaines de Soleil, voir des milliards de fois la masse de notre étoile! Il va de soi que la force gravitationnelle qu'exercent de si gigantesques trous noirs agit sur un vaste domaine... et qu'il ne fait pas bon s'aventurer dans les parages de ces géants.



Un trou noir 160 000 fois plus massif que le Soleil se cacherait au cœur de cette galaxie située à 3,9 milliards d'années-lumière de nous.



La plupart des galaxies, qu'importe leur taille et leur forme (telle qu'illustrée ici) renferme en leur centre un trou noir.

Curieusement, les astronomes ont repéré deux classes bien distinctes de trous noirs. Il semble en effet qu'il existe des trous noirs de masse dite *stellaire*, c'est-à-dire dont la masse avoisine les 10 à 24 fois la masse du Soleil, tandis qu'il existe aussi des trous noirs dits *super-massifs*, dont la masse correspond à des millions, voire à des milliards de fois la masse solaire. Et peut-être rien entre ces deux catégories extrêmes de trous noirs.

En effet, on n'a pas encore trouvé de trous noirs de masse intermédiaire – des trous noirs dont la masse équivaut à des centaines ou à des milliers de masses solaires. Récemment, on aurait peut-être repéré des *candidats* trous noirs de masse intermédiaire, mais on n'est pas certain que ce soit bien le cas... Il s'agit là d'une autre bizarrerie concernant les trous noirs.

Autre fait inusité: contrairement à ce qu'on pense, un trou noir n'exerce pas une force d'attraction extraordinaire, une force qui avale tout autour de lui. Ainsi, si on réduisait d'un coup le Soleil en un

trou noir, il exercerait la même force de gravité qu'actuellement puisqu'il s'agirait de la même quantité de matière. C'est dire que tous les astres du Système solaire continueraient de graviter autour de ce trou noir solaire... comme si rien n'avait changé!

De même, si on transformait la Terre en un trou noir, la Station spatiale internationale et les milliers de satellites qui gravitent autour d'elle (y compris la Lune) continueraient leur petit bonhomme de chemin. Le problème se poserait lorsque viendrait le temps pour les astronautes de regagner la Terre!

Ce qui nous donne l'image de trous noirs monstrueux qui aspirent tout autour d'eux, ce sont les trous noirs super-massifs, dont la masse correspond à des millions ou à des milliards de fois la masse du Soleil. Il va sans dire que de tels monstres exercent une forte capacité d'attraction sur un très vaste territoire et qu'il ne fait pas bon se trouver dans leurs parages.



Gros plan sur ce qui se passerait dans les environs d'un trou noir

Quoi qu'il en soit, c'est en s'approchant d'un trou noir – qu'importe sa masse – que les choses deviennent terrifiantes. C'est ainsi qu'un trou noir exerce une telle force d'attraction que toute la matière est absorbée, y compris même la lumière (les photons de lumière). C'est dire que si on remplaçait notre Soleil par un trou noir, rien ne changerait dans le déplacement

des astres du Système solaire. Cependant, ce trou noir solaire garderait pour lui toute sa lumière, toute sa chaleur et toutes les autres radiations que le Soleil nous prodigue actuellement. Tout s'éteindrait à travers le Système solaire et toute vie sur Terre cesserait. Tout deviendrait gelé dur comme fer!

Notons au passage que l'appellation trou noir est trompeuse à plus d'un titres. D'abord, comme on l'aura compris, il ne s'agit pas d'un *trou* – d'un vide à travers lequel on imagine parfois qu'il serait possible de passer pour aboutir quelque part à l'autre bout de l'Univers. Non. En réalité, un trou noir, c'est tout le contraire d'un vide, puisqu'il s'agit de l'objet le plus massif, le plus dense qu'on puisse concevoir. Ce n'est pas non plus un objet de couleur noir; il est dit noir parce qu'il absorbe toute la lumière et qu'il est de ce fait impossible à voir.

On parvient néanmoins à détecter leur présence à cause des effets gravitationnels qu'ils génèrent autour d'eux. Ainsi, un trou noir trahit sa présence en dévorant goulûment la matière qui vient à sa portée. C'est le cas, notamment, lorsqu'une étoile vient à passer trop près d'un trou noir; elle est alors dévorée littéralement de façon si terrifiante que l'étoile émet l'équivalent de cris de terreur... sous forme d'intenses émissions de rayons X. Or, nous possédons à présent les télescopes capables de capter ces ultimes émissions de rayons X. C'est d'ailleurs de cette façon qu'on parvient à débusquer la présence d'un trou noir.

Par contre, si un trou noir n'a pas de matière à sa portée, il demeure indétectable. Ce serait le cas, par exemple, si on transformait le Soleil ou la Terre en trou noir.



Une étoile ou, du moins tout ce qu'il en reste (à gauche), est avalée par un trou noir.

Et tel que relaté précédemment, il existe deux types de trous noirs. Selon ce que les astronomes sont parvenus à observer, il semble qu'au centre de la majorité des galaxies – y compris la nôtre – se trouverait un gigantesque trou noir (de type super massif). Et nos découvertes récentes nous amènent à penser qu'il y aurait aussi un grand nombre de trous noirs de masse stellaire disséminés un peu partout à travers notre galaxie. Certains sont repérables du fait qu'ils dévorent de la matière mais la plupart passerait inaperçu; on estime ainsi que notre galaxie pourrait compter entre dix millions et un milliard de trous noirs!

Les trous noirs nous fascinent tous, et pour cause. C'est ainsi que de nombreuses œuvres de fiction s'en servent pour nous faire rêver de voyages à travers les confins de l'Univers. L'idée est séduisante puisque ce sont des objets si bizarres, des objets qui dépassent notre compréhension et qui nous permettent par conséquent de fabuler aisément.

Cependant, en réalité – et contrairement à ce que nous présente souvent Hollywood –, il ne ferait vraiment pas bon s'aventurer à proximité d'un trou noir, particulièrement auprès d'un trou noir super massif. Dans les faits, ce que les astronomes observent, c'est qu'aux abords

d'un trou noir règne l'environnement le plus dangereux et néfaste qu'on puisse imaginer, puisque la matière y subit une décomposition jusqu'au dernier de ses atomes, avec émissions de formidables doses de radiation de toutes sortes. À côté de cela, le cœur d'une centrale nucléaire s'assimile à un jardin de roses!

Quant à plonger au cœur d'un trou noir pour espérer en ressortir on ne sait où, l'idée est aussi fantastique que farfelue. Non seulement serions-nous alors broyés par une effroyable force gravitationnelle, mais même le dernier de nos atomes serait pulvérisé.

Quant à ressortir, vivant ou non, d'un trou noir, n'y songeons même pas puisque

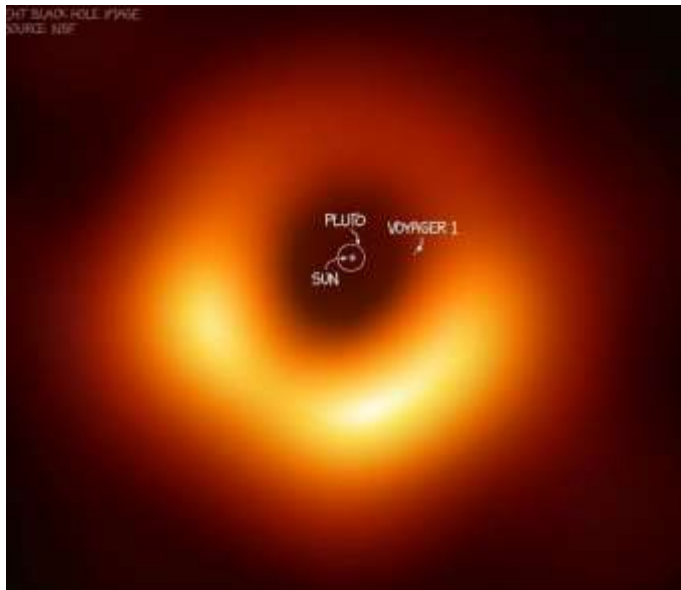
même la lumière ne peut s'en échapper – d'où justement l'appellation de trou noir.

Mais fort heureusement pour nous, les trous noirs ne sont pas les seules bizarreries du cosmos susceptibles d'exciter notre imagination. Loin de là! C'est d'ailleurs ce que nous verrons au prochain épisode de *Notre Univers époustouflant*.

Note: ce balado constitue en quelque sorte une introduction au concept de trou noir; mais avec le balado #67 – Les trous noirs, de la fiction à la réalité, nous poussons bien davantage notre exploration de ces objets bizarres grâce à Serge Pineault, astronome de l'Université Laval et l'un des grands spécialistes du sujet.

## Première photographie d'un trou noir

Le 10 avril 2019, une nouvelle étonnante est diffusée: des astronomes sont parvenus à photographier un trou noir. Mais comment est-ce possible si, comme nous l'avons expliqué, un trou noir est impossible à voir? En réalité, ce qu'on voit sur l'image ci-dessous, ce n'est pas le trou noir comme tel, mais plutôt la matière qui l'encercle avant d'être absorbée par celui-ci.



Il s'agit d'un gigantesque trou noir, qui réside au cœur de la galaxie elliptique Messier 87 (M87), située à 55 millions d'années-lumière de nous. La masse de ce trou noir est énorme: 6,5 millions de fois celle du Soleil. Par conséquent, l'objet est immense, nettement plus vaste que le Système solaire, tel qu'esquissé au centre de la photo. Voir la [vidéo de l'ESO](#).

# Les Fascicules de *Voyage dans l'espace*



Note: les fascicules ci-dessus accompagnent les balados *Voyage dans l'espace* mais ce ne sont pas tous les balados qui sont accompagnés par un fascicule. Il «manque» donc des numéros.

# Les Fascicules de *Voyage dans l'espace*



Note: les fascicules ci-dessus accompagnent les balados *Voyage dans l'espace* mais ce ne sont pas tous les balados qui sont accompagnés par un fascicule. Il «manque» donc des numéros.

## Les Fascicules de *Voyage dans l'espace*



Note: les fascicules ci-dessus accompagnent les balados *Voyage dans l'espace* mais ce ne sont pas tous les balados qui sont accompagnés par un fascicule. Il «manque» donc des numéros.