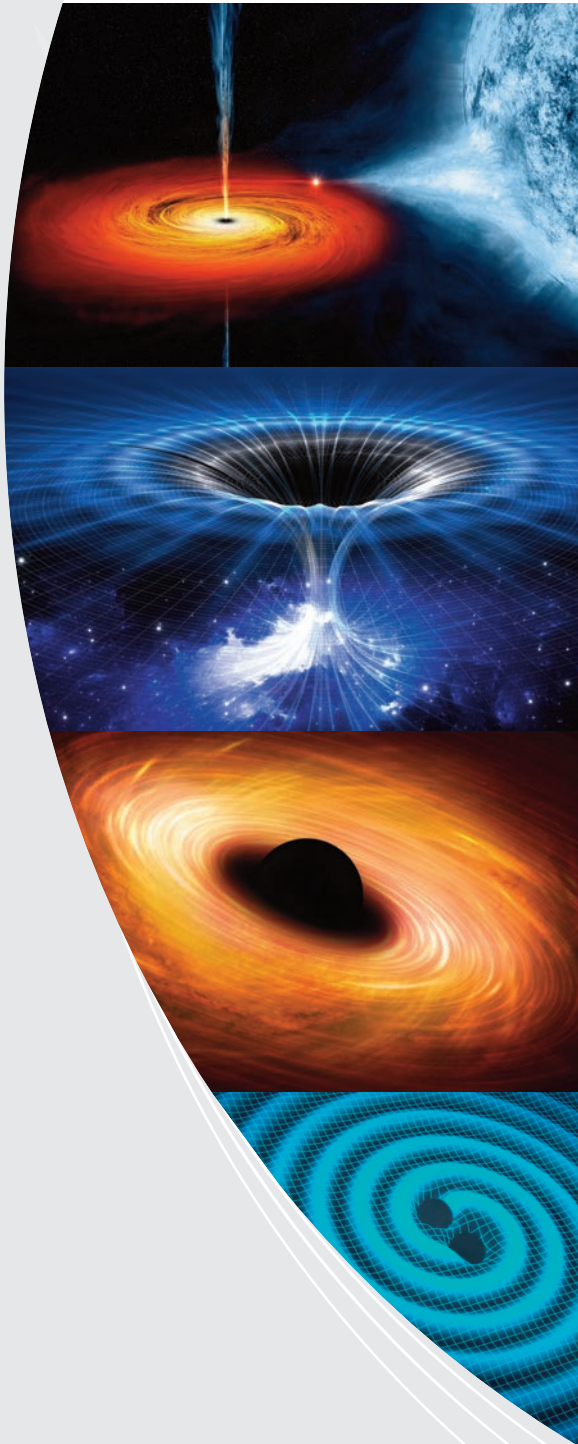
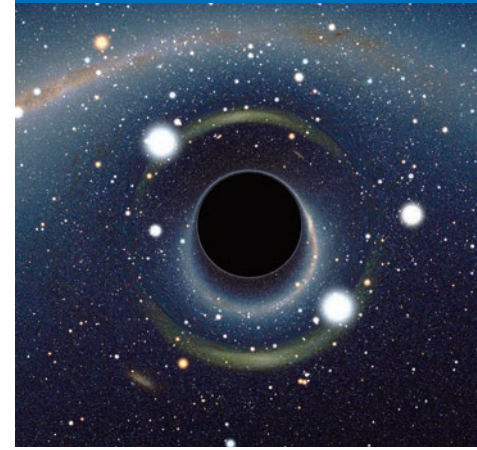




INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences



## Les trous noirs : leur nature, et leur rôle en physique et en astrophysique

13 février 2018 de 14h30 à 16h45  
Grande salle des séances de  
l'Institut de France

23, quai de Conti, 75006 Paris

Les trous noirs sont une des prédictions les plus novatrices de la théorie de la Relativité Générale d'Einstein. Il a fallu une cinquantaine d'années de développements théoriques, et d'observations astronomiques, pour commencer à appréhender leur signification physique, et pour comprendre comment ils sont formés lors de l'évolution des étoiles, et des galaxies. Les trous noirs jouent aujourd'hui un rôle crucial non seulement en astrophysique mais aussi en physique des particules et en particulier dans les théories essayant d'unifier la Relativité Générale et la Physique Quantique.

Après avoir rappelé l'histoire et la nature des trous noirs, la conférence expliquera le rôle qu'ils jouent en physique et en astrophysique, et présentera les observations actuelles et futures dont ils sont l'objet.

# Les organisateurs de la conférence-débat



## **Thibault DAMOUR**

Académie des sciences, Institut des Hautes Etudes Scientifiques, Paris

Thibault Damour est physicien théoricien, professeur à l'Institut des Hautes Etudes Scientifiques et membre de l'Académie des sciences. Il est connu pour ses travaux novateurs sur les trous noirs, les pulsars, les ondes gravitationnelles et la cosmologie quantique. Il a reçu, entre autres distinctions, la médaille Einstein et la médaille d'or du CNRS.



## **Jean ILIOPOULOS**

Académie des sciences, Laboratoire de physique théorique de l'École normale supérieure, Paris

Jean Iliopoulos est un physicien des particules, directeur de recherche émérite au Laboratoire de physique théorique de l'École normale supérieure et membre de l'Académie des sciences. Ses contributions portent sur la construction du Modèle Standard et ses extensions.



# P programme

- 14:30**      **Ouverture de la conférence-débat**  
**Sébastien CANDEL**, président de l'Académie des sciences  
**Catherine BRÉCHIGNAC**, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences
- 14:40**      **Les trous noirs : une introduction**  
**Thibault DAMOUR**, Académie des sciences, Institut des Hautes Etudes Scientifiques, Paris
- 15:00**      Discussion.
- 15:10**      **Trous noirs quantiques**  
**Pierre VANHOVE**, Institut de physique théorique, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Saclay
- 15:30**      Discussion.
- 15:40**      **L'évolution des trous noirs et leurs galaxies hôtes**  
**Marta VOLONTERI**, Institut d'Astrophysique de Paris
- 16:00**      Discussion.
- 16:10**      **Observer les trous noirs : une nouvelle astrophysique**  
**Éric GOURGOULHON**, Observatoire de Paris, Meudon
- 16:30**      Discussion
- 16:40**      Discussion générale et conclusion

# Résumés et biographies



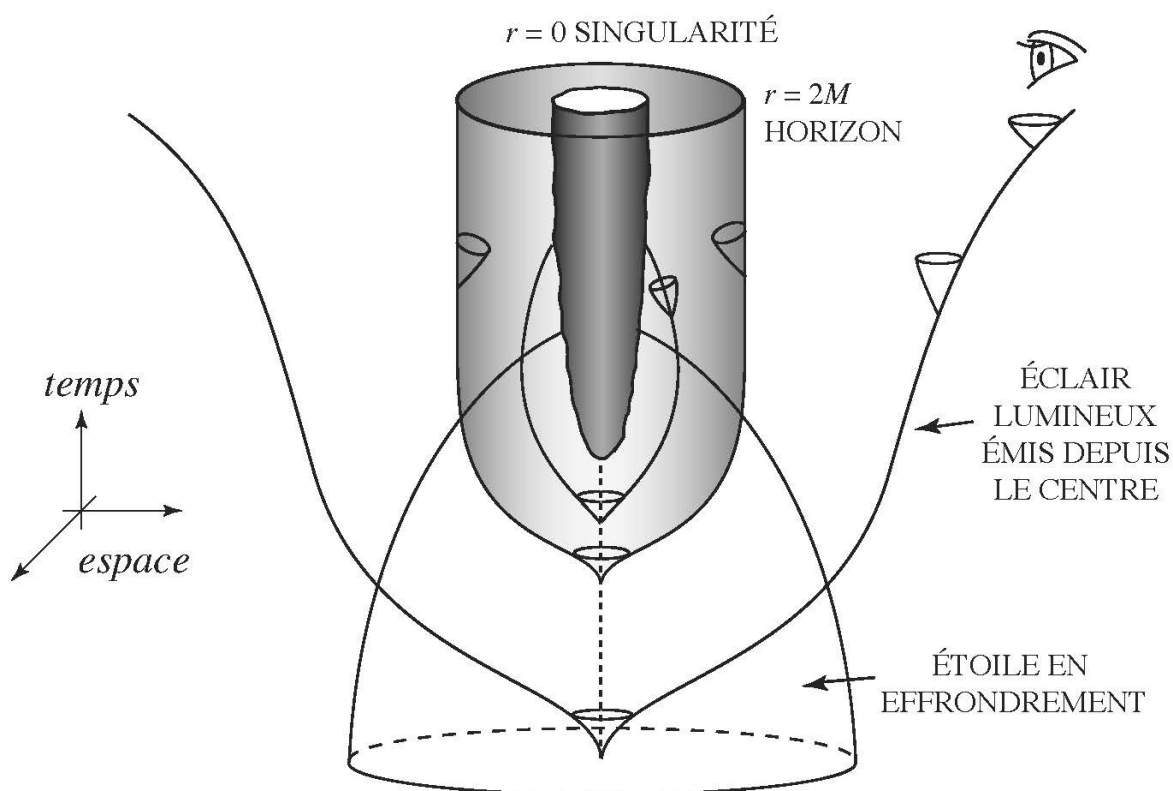
## Thibault DAMOUR

Académie des sciences, Institut des Hautes Etudes Scientifiques, Paris

Thibault Damour est physicien théoricien, professeur à l'Institut des Hautes Etudes Scientifiques et membre de l'Académie des sciences. Il est connu pour ses travaux novateurs sur les trous noirs, les pulsars, les ondes gravitationnelles et la cosmologie quantique. Il a reçu, entre autres distinctions, la médaille Einstein et la médaille d'or du CNRS.

## Les trous noirs : une introduction

Bien que Karl Schwarzschild ait trouvé dès janvier 1916 la première solution de type trou noir des équations d'Einstein, il a fallu une cinquantaine d'années de développements théoriques pour commencer à appréhender leur signification physique et leur formalisation mathématique. En parallèle, les progrès conceptuels et les découvertes observationnelles de l'astronomie et de l'astrophysique du vingtième siècle ont convaincu les astrophysiciens de la nécessaire existence des trous noirs dans l'univers réel. On résumera la physique classique des trous noirs qui a été explorée dans les années 1970 et a révélé une grande richesse de propriétés : irréversibilité, formule de masse, propriétés mécaniques, électriques, hydrodynamiques et thermodynamiques. On résumera aussi les confirmations observationnelles directes de l'existence de trous noirs apportées par les observations récentes de la collaboration LIGO-Virgo.



## Pierre VANHOVE

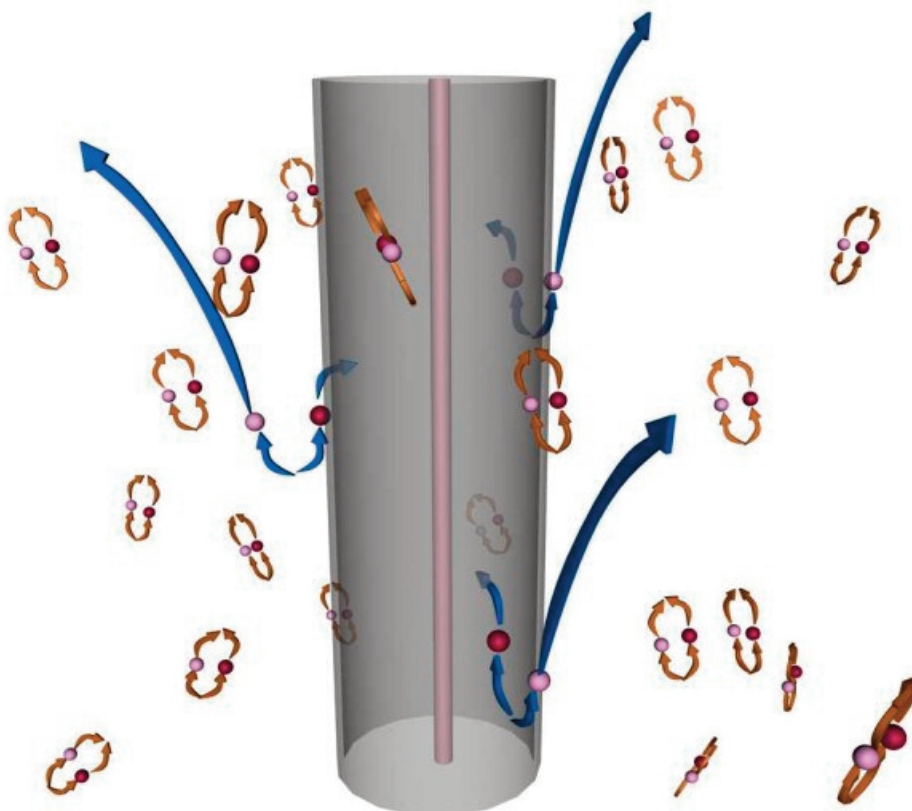
Institut de physique théorique, CEA, Saclay

Pierre Vanhove est chercheur à l'institut de physique théorique du CEA à Saclay, membre du *Churchill College* à Cambridge et membre associé au laboratoire « symétrie miroir et représentations automorphes » à Moscou. Grâce aux symétries de dualité, il détermine les corrections quantiques de théorie des cordes à la gravitation d'Einstein. Par ailleurs, il a développé des méthodes mathématiques nouvelles pour calculer les amplitudes de diffusion en théorie des champs et a calculé la première correction de gravité quantique à l'angle de déviation de la lumière par le Soleil, calculé par Einstein en 1915.



### Trous noirs quantiques

Les détections des ondes gravitationnelles fournissent des informations de plus en plus précises sur les trous noirs astrophysiques classiques, mais leur nature quantique reste encore inaccessible à l'expérience et l'observation malgré leur importance pour la physique fondamentale. Toute théorie de gravité quantique prédit la production de trous noirs quantiques microscopiques à très haute énergie. En 1974, Stephen Hawking découvre l'évaporation des trous noirs par l'émission d'un rayonnement quantique. En 1996, A. Strominger et C. Vafa font le premier comptage des états microscopiques de trous noirs grâce à la théorie des cordes. Aujourd'hui, la nature du rayonnement d'Hawking pose un défi majeur à la physique théorique, pourtant une meilleure compréhension peut amener à l'observation de manifestations physiques de la gravitation quantique. Dans cet exposé, nous présenterons les caractéristiques universelles de la structure quantique des trous noirs microscopiques. Nous expliquerons comment le comptage des états microscopiques des trous noirs contraint fortement toute théorie de gravitation quantique.





## Marta VOLONTERI

Institut d'Astrophysique de Paris

Marta Volonteri est directrice de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS) depuis 2012. Elle a obtenu son diplôme de *Laurea* en physique en 1999 et son doctorat en astronomie en 2003 à l'Université de Milan, en Italie. Après sa thèse, elle a travaillé à l'Université de Californie à Santa Cruz (États-Unis), à l'Institut d'astronomie à Cambridge (Royaume-Uni) et a été professeur à l'Université du Michigan (États -Unis). Sa recherche se concentre sur la formation et l'évolution des trous noirs massifs, ainsi que sur la dynamique stellaire et les ondes gravitationnelles.

## L'évolution des trous noirs et leurs galaxies hôtes

Des trous noirs massifs pesant des millions de masses solaires et davantage siègent aujourd'hui au centre des galaxies, y compris dans notre propre Voie lactée. Leur masse représente environ un millième de celle de la masse stellaire de la galaxie qui les entoure. De tels trous noirs massifs sont aussi à l'origine de l'énergie des noyaux actifs de galaxie et des quasars que l'on trouve dans toute l'histoire de l'Univers profond, jusqu'à quelques centaines de millions d'années après le Big Bang. Les progrès remarquables des observations et des modèles théoriques ont non seulement établi leur existence, mais démontré la corrélation de leur évolution avec celle de leur galaxie hôte. La rétroaction des noyaux galactiques actifs actionnés par les trous noirs massifs est un ingrédient clé pour expliquer les taux de formation d'étoiles observés. Il y a une interaction complexe entre la croissance des trous noirs et l'évolution cosmique des galaxies. Cet exposé traitera de la façon dont les trous noirs massifs se sont développés dans les galaxies, tant dans les premières galaxies émergent des âges sombres que dans les galaxies locales.





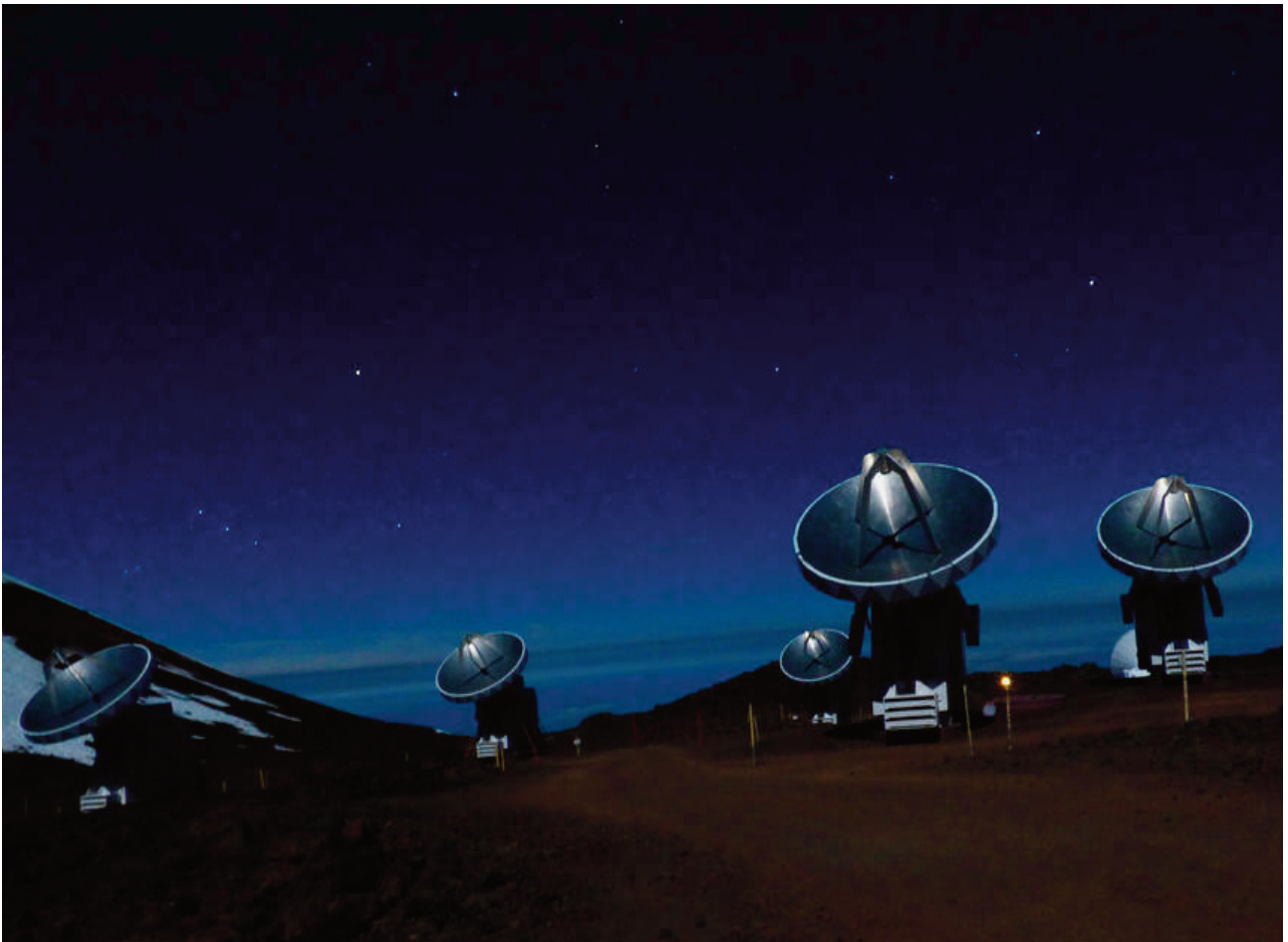
## Éric GOURGOULHON

Observatoire de Paris, Meudon

Eric Gourgoulhon est directeur de recherche au CNRS, au Laboratoire Univers et Théorie de l'Observatoire de Paris (Meudon). Ses travaux portent sur divers domaines de la physique des objets compacts (étoiles à neutrons, trous noirs) et des ondes gravitationnelles. Il est l'un des développeurs de la bibliothèque numérique Lorene pour la résolution des équations d'Einstein, ainsi que du module de géométrie différentielle du logiciel libre de calcul formel SageMath. Il est également auteur d'un ouvrage sur le formalisme 3+1 de la relativité générale, ainsi que d'un manuel de relativité restreinte.

### Observer les trous noirs : une nouvelle astrophysique

Depuis la première observation en septembre 2015 de la fusion de deux trous noirs en ondes gravitationnelles, l'astrophysique est entrée dans une nouvelle ère. En parallèle, dans le domaine électromagnétique, de nouveaux instruments (Event Horizon Telescope et VLTI/GRAVITY) commencent actuellement des observations à très haute résolution angulaire du trou noir massif au cœur de notre galaxie, pour la première fois à l'échelle de l'horizon des événements. Je décrirai les perspectives ouvertes par ces nouvelles observations, aussi bien sur le plan astrophysique (mécanismes de formation des trous noirs stellaires) que sur le plan des théories de la gravitation (tests de la relativité générale).





INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

