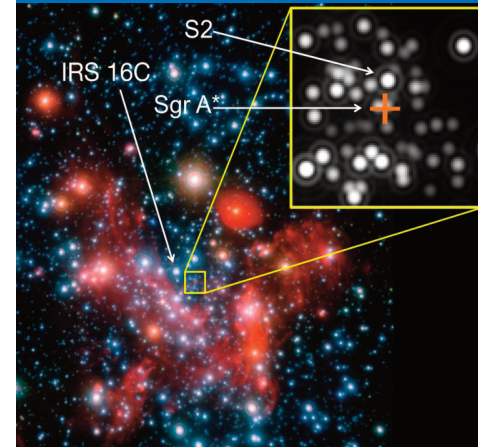




INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

Conférence-débat



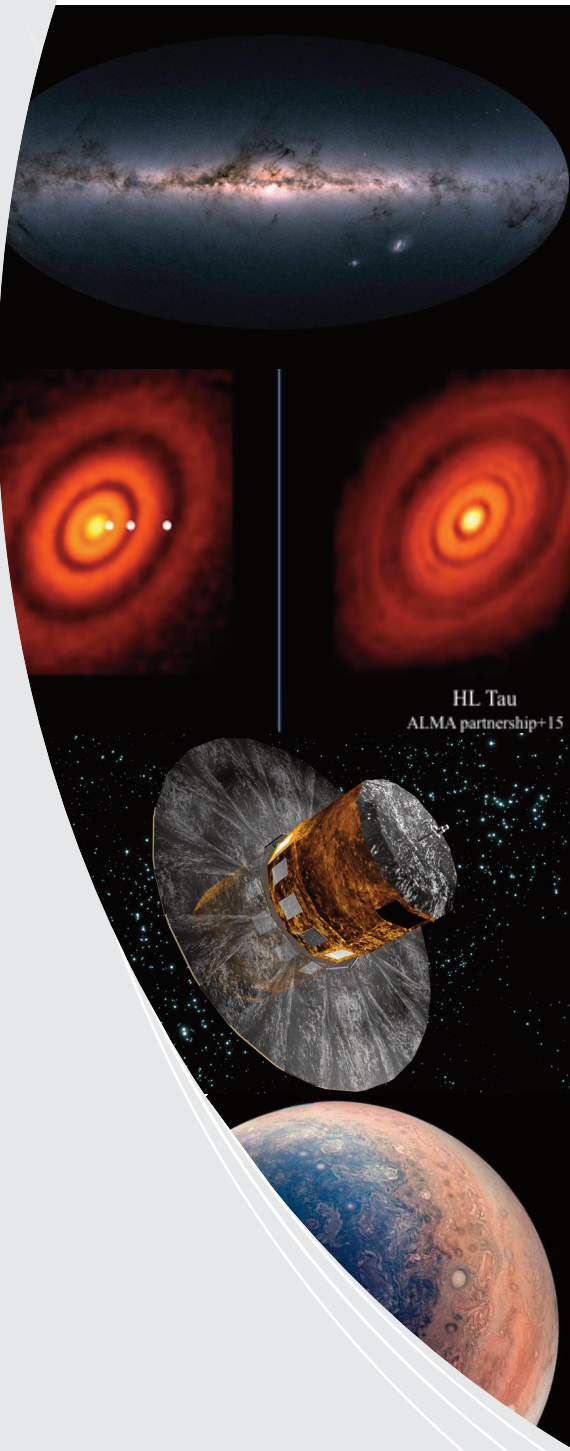
## Dynamique des systèmes planétaires, satellitaires et galactiques

mardi 25 septembre 2018 de 14h30 à 16h45  
Grande salle des séances de  
l'Institut de France

23, quai de Conti, 75006 Paris

La dynamique des disques, que ce soit pour les systèmes planétaires ou galactiques, présente beaucoup de similarités, étant des ensembles de corps en rotation régis par la gravité. Leur évolution est fortement influencée par des phénomènes de résonance, et de migration radiale associée. Pourtant il y a aussi beaucoup de différences, les disques galactiques étant plus soumis à leur propre auto-gravité, et le degré de dissipation par collisions, ou l'hydrodynamique du gaz étant très variable.

Dans cette conférence, seront exposés les résultats récents sur la formation des planètes et systèmes planétaires, à la fois le système solaire et les systèmes extra-solaires, ainsi que des satellites naturels, qui constituent des véritables systèmes planétaires en miniature. La comparaison sera faite avec les disques galactiques, notamment celui de la Voie Lactée et les résultats tout nouveaux du satellite GAIA, de même du disque d'étoiles dans le noyau de la Voie lactée, autour du trou noir super-massif et les résultats de l'instrument Gravity du VLT (*Very Large Telescope*) de l'*European Southern Observatory* (ESO).



# Les organisateurs de la conférence-débat



## Alessandro MORBIDELLI

Observatoire de Nice, France et Académie des sciences

Alessandro Morbidelli consacre sa recherche à la compréhension de la formation du système solaire et des systèmes planétaires en général et cela depuis l'évolution des disques proto-planétaires, la formation des premiers embryons solides au sein de ces disques, jusqu'à l'évolution de notre système solaire actuel et des exoplanètes. En mai 2005, Alessandro Morbidelli et ses collaborateurs mettent au point un modèle décrivant l'évolution tardive du système solaire. Ce nouveau modèle (dit "de Nice") a profondément marqué la communauté travaillant dans ce domaine et est devenu une référence incontournable pour les scénarios de formation du système solaire. Ses travaux ont été reconnus par le Grand Prix Lépine de la Ville de Nice, le prix Harold Clayton Urey de l'American Astronomical Society, le prix Prix Mergier-Bourdeix de l'Académie des sciences. Il est par ailleurs membre de l'Académie royale de Belgique



## Jacques LASKAR

Observatoire de Paris et Académie des sciences

Jacques Laskar est astronome à l'Observatoire de Paris, directeur de recherche au CNRS, membre du Bureau des Longitudes et de l'Académie des sciences. Il travaille sur la dynamique des systèmes planétaires. En prolongeant les travaux de Laplace et de Lagrange par des calculs analytiques sur ordinateur, il a mis en évidence le mouvement chaotique des planètes du Système Solaire, ce qui rend impossible la détermination de leurs orbites au-delà de 60 millions d'années. Il a aussi montré que l'axe de rotation de Mars est fortement chaotique et que l'axe de la Terre ne doit sa stabilité qu'à la présence de la Lune



## Anne-Marie LAGRANGE

Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble et Académie des sciences

Anne-Marie Lagrange travaille dans le domaine de la formation et l'évolution des systèmes planétaires depuis 30 ans. Ses travaux ont d'abord porté sur l'évaporation des exocomètes, puis sur la recherche en imagerie haut contraste et haute résolution et l'étude des disques planétaires de débris, résidus de la formation des planètes, puis des exoplanètes. Son équipe avait notamment prédit la présence d'une planète ou naine brune autour de l'étoile beta Pictoris, pour expliquer le gauchissement de son disque sous l'action de perturbations gravitationnelles. La planète a été découverte dix ans plus tard.



## Daniel ROUAN

Observatoire de Paris et Académie des sciences

Daniel Rouan a centré sa recherche instrumentale sur le développement de l'astronomie infrarouge en France, au sol et dans l'espace et plus particulièrement sur l'imagerie à haute résolution angulaire et à haut contraste (optique adaptative et coronagraphie). Il est co-découvreur d'une trentaine de planètes extrasolaires, dont Corot-7b la première planète rocheuse détectée ainsi que la planète imagée directement autour de l'étoile beta Pictoris. Il a dirigé l'école doctorale d'Astronomie-Astrophysique d'Ile-de-France et est président de la fondation La main à la pâte depuis mars 2014.



## Françoise COMBES

Collège de France et Académie des sciences

Françoise Combes est professeur au Collège de France (chaire Galaxies et cosmologie), membre et délégué de la section sciences de l'Université de l'Académie des sciences. Ses recherches à l'Observatoire de Paris portent sur la nature de la matière noire, la formation et l'évolution des galaxies, de même que sur le rôle des trous noirs dans leur formation. Elle a reçu la médaille d'argent du CNRS, le Prix Tycho Brahe de la Société astronomique européenne et le Prix Gothenburg Lise Meitner.

# Programme

- 14:30**      **Ouverture de la séance**  
**Sébastien CANDEL**, président de l'Académie des sciences  
**Catherine BRÉCHIGNAC**, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences
- 14:35**      **Introduction de la séance**  
**Alessandro MORBIDELLI**, Observatoire de Nice, France et Académie des sciences
- 14:45**      **L'origine dynamique du système solaire et des exoplanètes**  
**Sean RAYMOND**, Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux
- 15:00**      Discussion
- 15:10**      **Gaia et la dynamique de la Voie Lactée**  
**Paola DI MATTEO**, Observatoire de Paris
- 15:30**      Discussion
- 15:40**      **L'origine et l'évolution des systèmes des satellites**  
**Sébastien CHARNOZ**, Institut de physique du Globe de Paris
- 16:00**      Discussion
- 16:10**      **Dynamique dans l'environnement du centre galactique**  
**Guy PERRIN**, Observatoire de Paris
- 16:30**      Discussion
- 16:40**      **Discussion générale et conclusion**

# Résumés et biographies

© Laurence Honnorat



## Sean RAYMOND

Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux

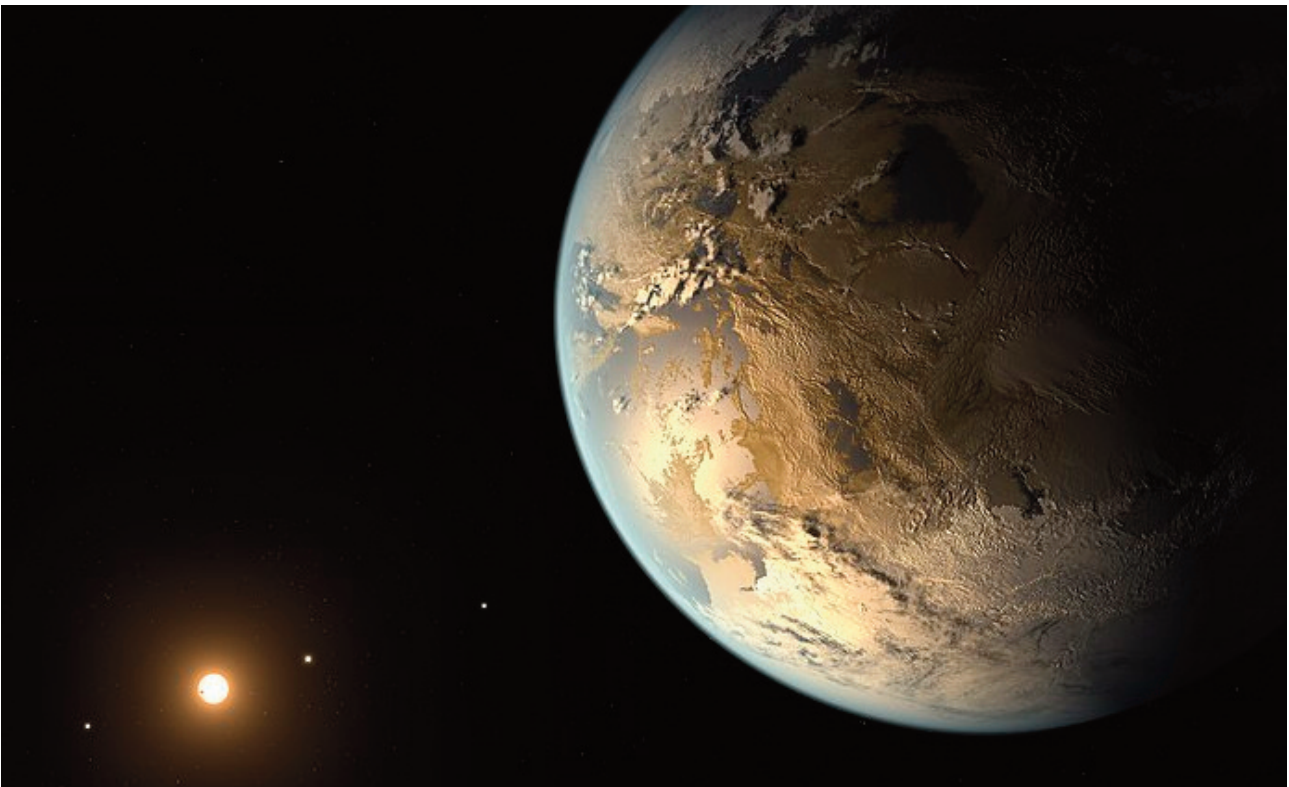
Sean Raymond est chercheur CNRS au Laboratoire d'astrophysique de Bordeaux. Il est américain, a fait ses études aux Etats-Unis et sa thèse à l'université de Washington à Seattle. Ses travaux portent principalement sur la formation des planètes et l'évolution de leurs orbites. Il utilise des simulations numériques pour étudier l'origine du système solaire et des systèmes exoplanétaires. Il a également participé à la découverte d'exoplanètes, notamment de deux systèmes comprenant des planètes de la taille de la terre dans la zone dite "habitable" de leur étoile.

## L'origine dynamique du système solaire et des exoplanètes

Il existe une diversité étonnante de systèmes planétaires. L'étude statistique des exoplanètes démontre que le système solaire est rare (environ 1 sur 1000). Mais pourquoi est-il si différent ?

Environ la moitié des étoiles dans la galaxie hébergent des super-terres, des planètes de taille comprise entre celle de la terre et de Neptune avec des distances orbitales inférieures à la distance Soleil-Mercure. On peut s'interroger sur l'absence de telles super-Terres autour du Soleil. Dix pourcent des "Soleils" possèdent des planètes géantes comme Jupiter, mais la majorité de celles-ci ont des orbites beaucoup plus excentriques que celle de notre Jupiter.

L'architecture des systèmes planétaires est déterminée lors de leur formation dans des disques de gaz et de poussière autour de jeunes étoiles. Les modèles révèlent deux ingrédients essentiels : la migration et l'instabilité orbitale. Dans cette conférence je présenterai les bifurcations qui déterminent la diversité des systèmes planétaires, ainsi qu'une série d'évènements qui peut expliquer la formation du système solaire dans un contexte galactique.

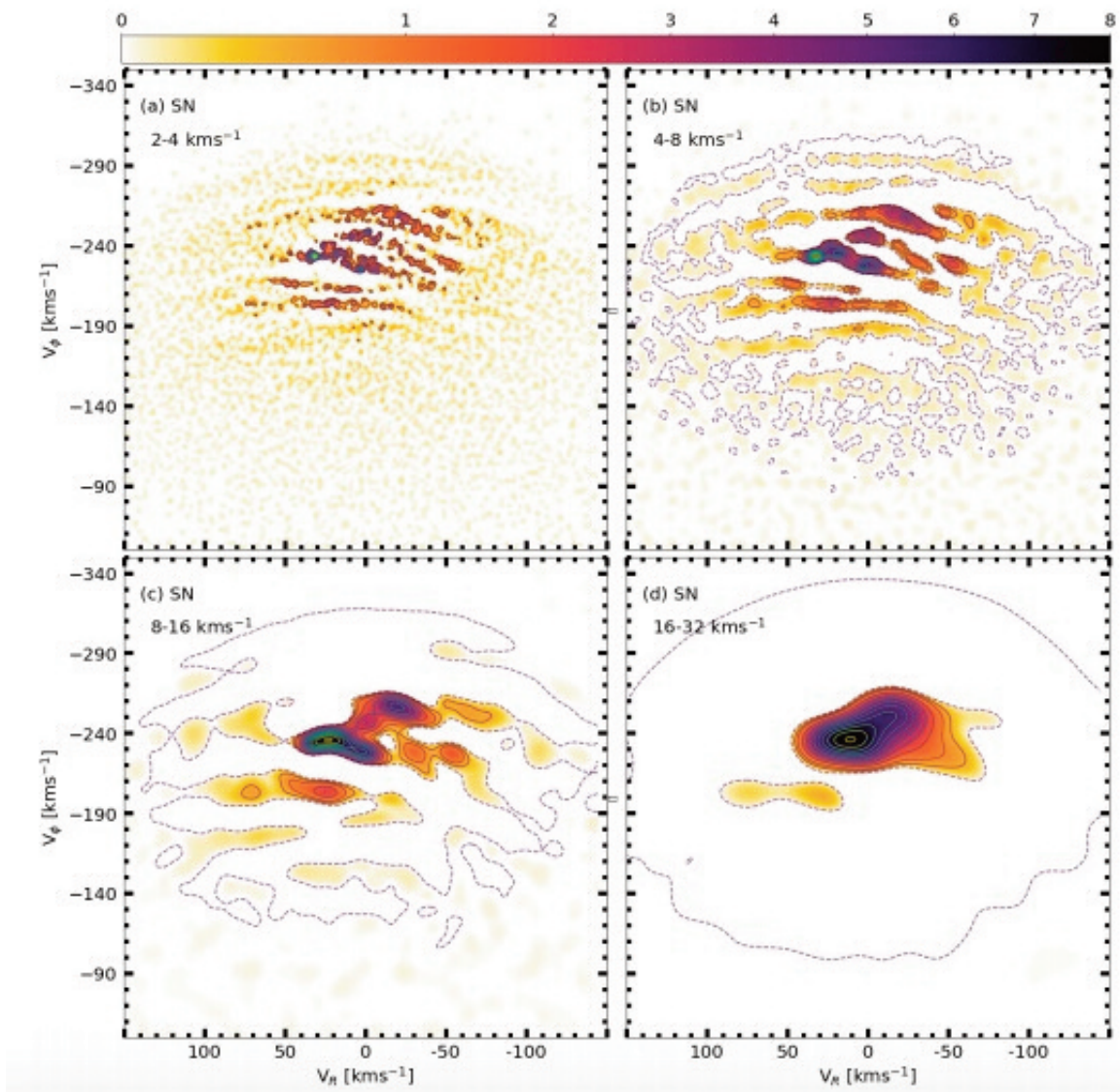




Paola Di Matteo est astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris. Après avoir fait ses études en Italie, à l'université de Rome *La Sapienza* sur la dynamique des amas globulaires, elle a rejoint l'Observatoire de Paris où elle a travaillé sur les phénomènes de fusion de galaxies. Ses travaux actuels portent sur les mécanismes dynamiques de redistribution des étoiles dans les disques de galaxies, comme la formation de barres ou la migration radiale, qu'elle étudie notamment à l'aide de simulations numériques. L'étude de ces phénomènes a permis d'approfondir notre compréhension de la formation et de l'évolution de la Voie Lactée dans une série d'études publiées ces dernières années.

## Gaia et la dynamique de la Voie Lactée

La mission astrométrique Gaia, lancée par l'Agence Spatiale Européenne en fin 2013, est en train de cartographier en 3D plus d'un milliard d'objets de notre Galaxie, avec une précision inégalée. Pour la première fois, nous avons accès aux mouvements de plusieurs millions d'étoiles, bien au-delà du voisinage solaire, alors que jusqu'à présent ces mesures n'étaient possibles qu'à proximité de notre étoile, le Soleil. Je présenterai les nombreuses premières découvertes de la mission Gaia, et en particulier la façon dont Gaia a permis de « peser » la Galaxie, de mesurer les mouvements d'ensemble des étoiles dans le disque, de mettre en évidence les traces fossiles de l'accrétion d'une galaxie satellite dans le halo de la Voie Lactée, il y a plusieurs milliards d'années, ou encore de révéler une multitude de courants stellaires, témoins de la destruction des amas d'étoiles et galaxies satellites par notre Galaxie.



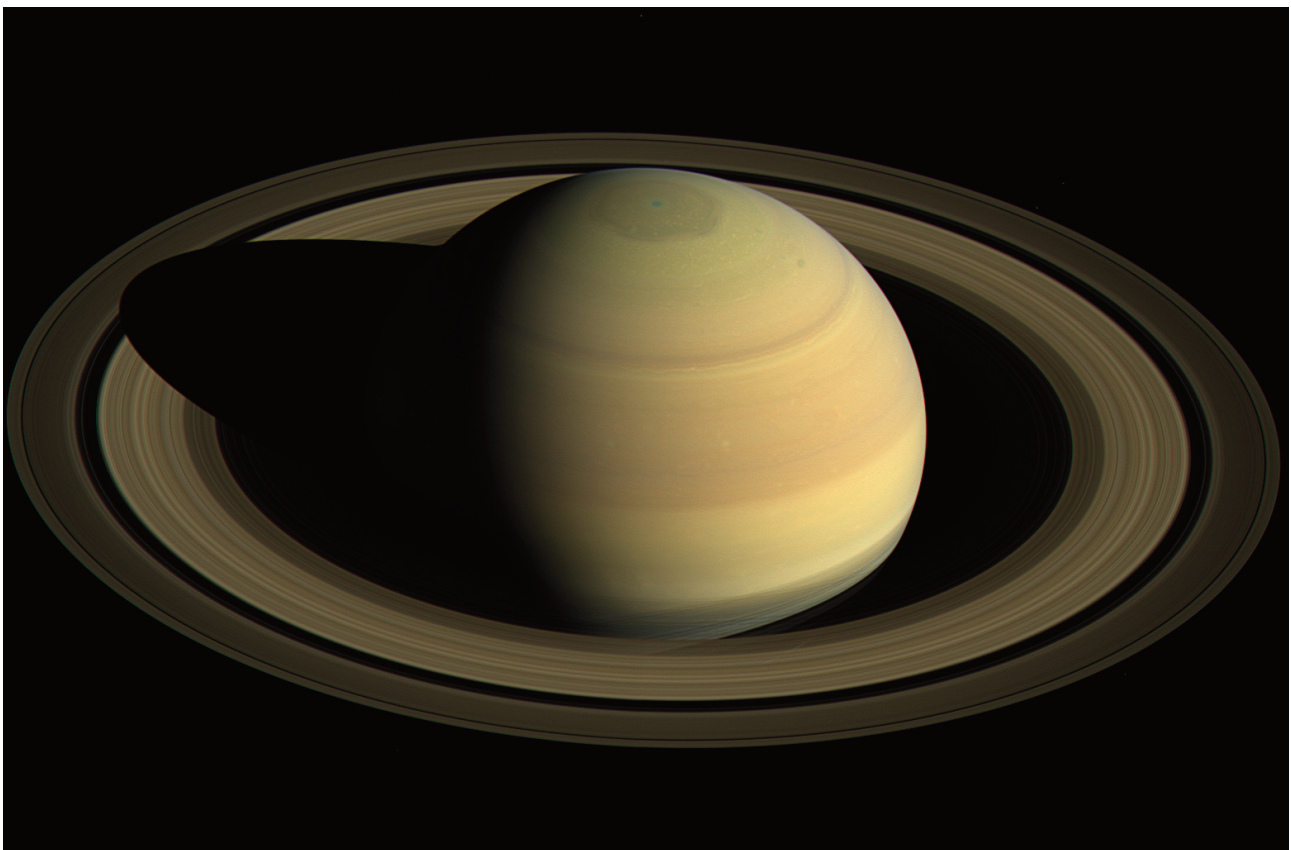


**Sébastien CHARNOZ**  
Institut de physique du Globe de Paris

Les travaux de Sébastien Charnoz concernent la question de la formation des planètes mais aussi l'origine et l'évolution des anneaux et de satellites des planètes géantes. Après une thèse soutenue en 2000, sous la direction d'André Brahic, il a intégré l'équipe d'imagerie de la mission Cassini. Il a, au sein de cette équipe, étudié la dynamique des anneaux et des satellites de Saturne et développé de nouvelles théories concernant leur origine. Sébastien Charnoz travaille aujourd'hui à l'Institut de Physique du Globe (IPGP) pour faire le lien entre la composition des météorites et les scénarios de formation des planètes. Il fait aussi partie de la mission CHEOPS (ESA) pour étudier les exoplanètes en transit.

### L'origine et l'évolution des systèmes des satellites

Je vais parler des scénarios de formation des satellites des planètes. Contrairement à beaucoup d'idées reçues, les satellites des planètes géantes ne se forment pas nécessairement de la même manière que les planètes. Cela semble bien établi pour les satellites de Saturne, Uranus et Neptune. Je comparerai les scénarios de formation des satellites des différentes planètes géantes et montrerai l'importance et le rôle crucial que jouent les anneaux. Un des grands résultats de la mission Cassini est qu'il existe un lien génétique fort entre anneaux et satellites et j'illustrerai cela par des données spatiales et des simulations numériques. Ce type de modèle s'étend aujourd'hui à la formation de planètes autour de naines blanches et semble être un processus générique, révélé par la dynamique des anneaux de Saturne.



**Guy PERRIN**  
Observatoire de Paris



Guy Perrin, né à Saint-Étienne en 1968 est ancien élève de l'École polytechnique et docteur en astrophysique et techniques spatiales de l'université Paris 7. Il est spécialiste de haute résolution angulaire. Il a dirigé l'équipe OHANA qui a démontré la recombinaison de télescopes optiques par fibres monomodes. Il est le responsable de la contribution française à l'instrument Gravity dont l'objectif phare est l'étude du trou noir super massif au centre de la Galaxie et les tests de la relativité générale en champ fort. Il est Directeur adjoint scientifique chargé de l'astronomie au CNRS/INSU.

### **Dynamique dans l'environnement du centre galactique**

La source radio Sagittarius A\* a été détectée au centre galactique au début des années soixante-dix. L'hypothèse d'un trou noir super massif a rapidement émergé sans qu'une preuve formelle ne puisse être apportée. La masse de Sgr A\* est estimée à partir des mouvements du gaz et des étoiles dans son environnement. L'estimation la plus précise, environ 4 millions de masses solaires, est donnée par la mesure des orbites des étoiles les plus proches, l'amas S d'étoiles jeunes. L'étoile S2 passe au plus près avec un péricentre à seulement 125 unités astronomiques de Sgr A\*. Lors de son passage récent au péricentre, la vitesse de S2 a atteint 2,7% de celle de la lumière. Un test de la relativité générale a pu être réalisé avec les instruments Gravity et Sinfoni. Les orbites des autres membres de l'amas des étoiles S sont régulièrement mesurées et d'autres étoiles plus faibles et plus proches sont recherchées avec Gravity. L'existence même de cet amas si près de Sgr A\* pose question. À plus grande distance, les autres étoiles connues sont des populations d'étoiles massives évoluées. Je discuterai la dynamique des étoiles au centre galactique et présenterai les derniers résultats obtenus.





INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences

Inscriptions ouvertes au public dans la limite des places disponibles.

[www.academie-sciences.fr](http://www.academie-sciences.fr)

(rubrique «prochains évènements»)