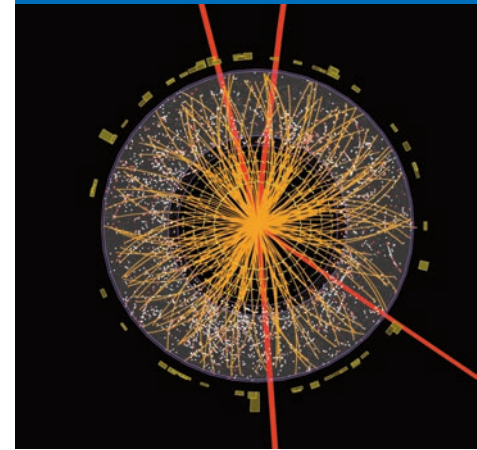




INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

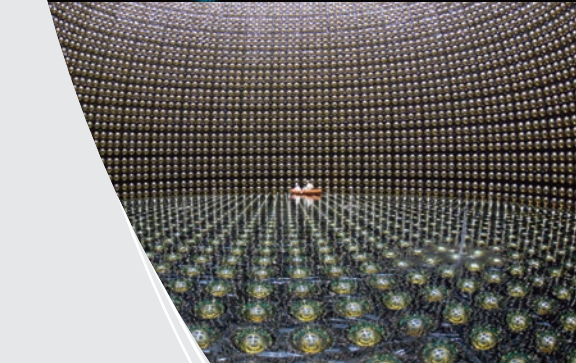
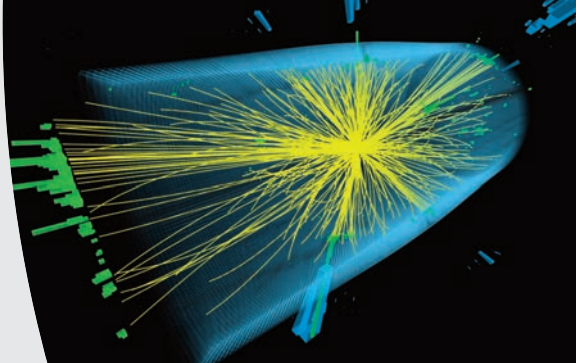
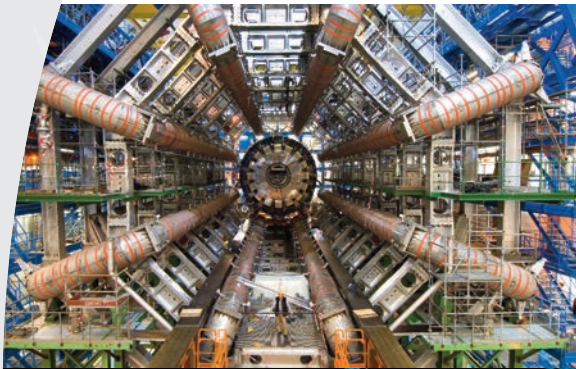


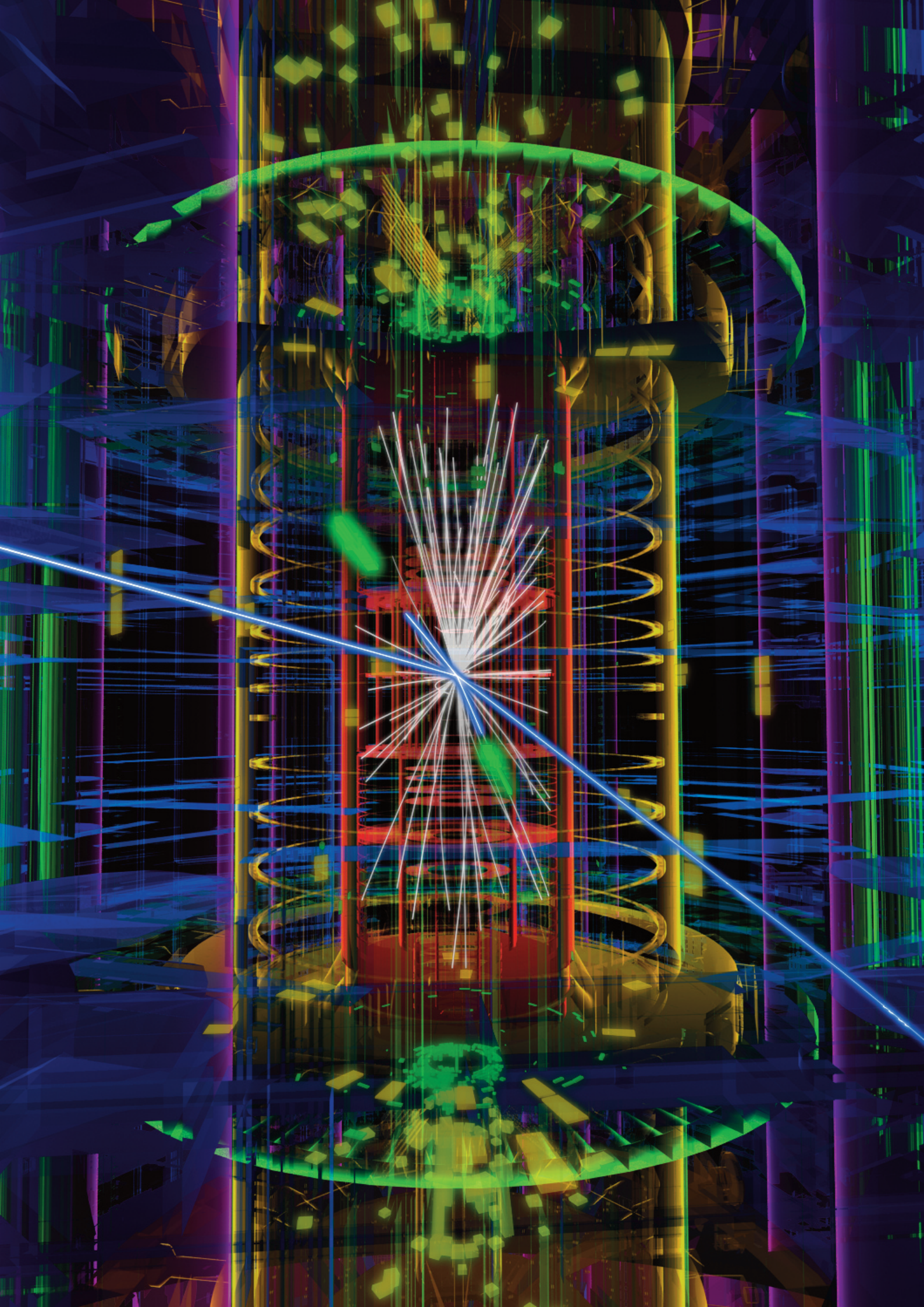
Physique des particules : le Modèle Standard et au-delà

18 avril 2017 à 14h30
Grande salle des séances
de l'Institut de France
23, quai de Conti, 75006 Paris

La physique des particules cherche à découvrir les constituants élémentaires de la matière et à étudier leurs interactions, et leurs propriétés de symétrie. Avec les électrons et les quarks, avons-nous atteint l'étape ultime, comme le postule la théorie actuelle, appelée Modèle Standard ? La dernière particule élémentaire de ce modèle, le fameux boson de Brout-Englert-Higgs associé à l'origine des masses, a été mise en évidence au LHC du CERN en 2012. L'énergie très élevée de ce grand collisionneur permet un pouvoir de résolution de l'ordre de 10^{-19} m. Les lois physiques découvertes à ce niveau microscopique régissent aussi l'évolution de l'Univers, conduisant à une connexion remarquable entre l'extrêmement petit et l'extrêmement grand.

Un certain nombre de questions demeurent cependant sans réponse, motivant une grande partie des recherches actuelles. Les orateurs nous parleront des neutrinos à l'identité fluctuante, du LHC et des propriétés du boson de Higgs, des recherches d'autres bosons et de la supersymétrie, et des expériences visant à mettre en évidence la matière sombre qui semble omniprésente dans l'Univers mais dont la nature reste toujours un mystère.





Les organisateurs de la conférence-débat



Michel DAVIER

Académie des sciences, Laboratoire de l'accélérateur linéaire, Orsay

Michel Davier est un physicien des particules, professeur à l'Université Paris-Sud et membre de l'Académie des sciences. Il a effectué sa carrière universitaire à Stanford et Orsay et a mené des recherches auprès des grands accélérateurs internationaux à Stanford, Hambourg et au CERN. Il a été directeur du Laboratoire de l'accélérateur linéaire d'Orsay de 1985 à 1993. Son domaine de recherche est centré sur les tests de précision du Modèle Standard, principalement dans le secteur des leptons où il a obtenu les résultats les plus contraignants pour le lepton tau et le moment magnétique du muon. Il a participé avec les collaborations LIGO et Virgo à la première détection des ondes gravitationnelles, émises lors de la coalescence d'un système binaire de trous noirs. Il a reçu plusieurs prix en France et le prix franco-allemand Gentner-Kastler.



Pierre FAYET

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

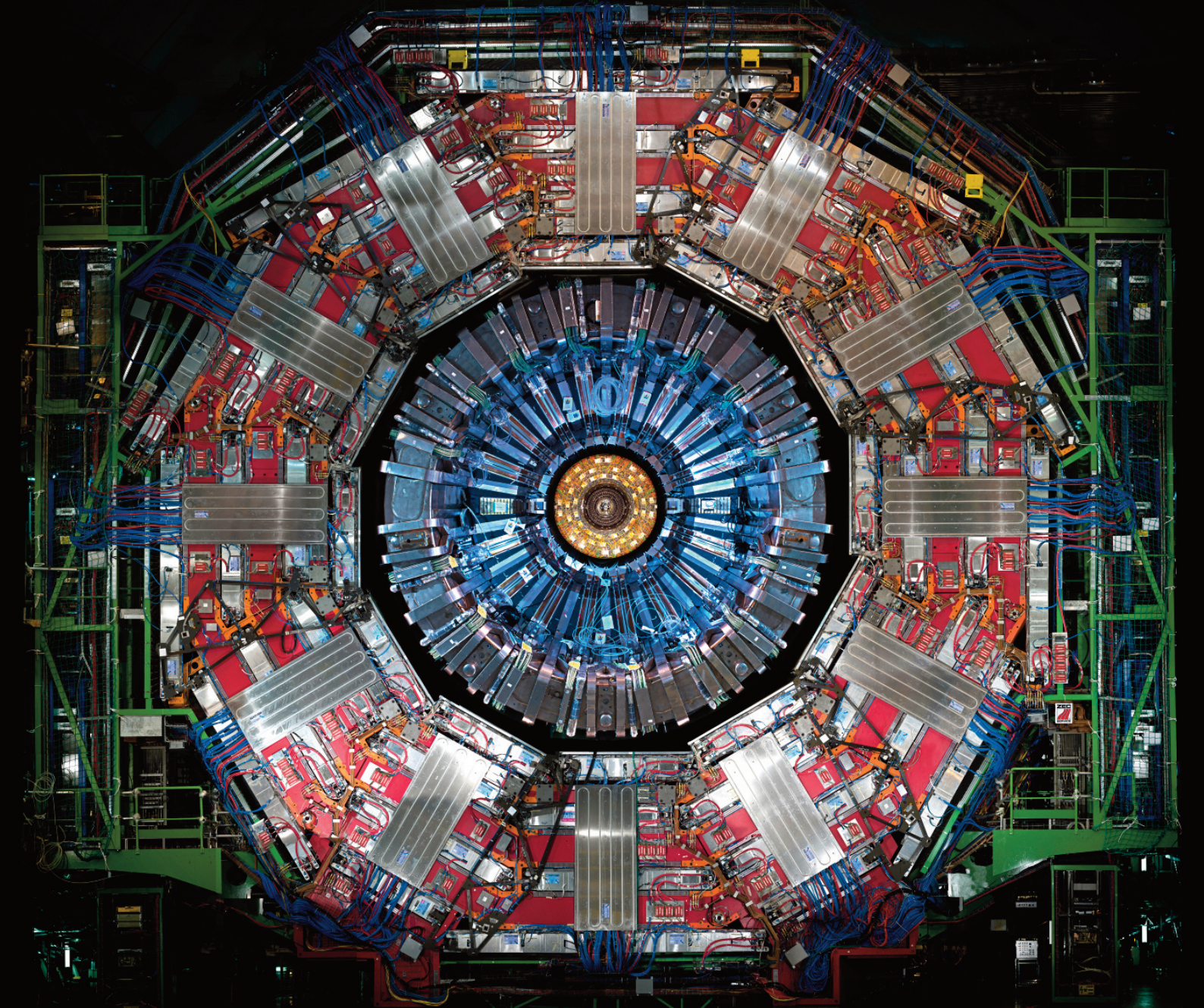
Pierre Fayet est un physicien des particules, directeur de recherche au Laboratoire de physique théorique de l'École normale supérieure et membre de l'Académie des sciences. Ses travaux concernent la supersymétrie, la possibilité de dimensions supplémentaires de l'espace-temps, et la recherche de nouvelles particules et de nouvelles forces. Il est notamment à l'origine de l'extension supersymétrique du Modèle Standard, où chacune des particules connues serait associée à un partenaire plus lourd actuellement inconnu. La plus légère de celles-ci, le neutralino, pourrait être un composant de la mystérieuse matière sombre de l'Univers.



Jean ILIOPOULOS

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

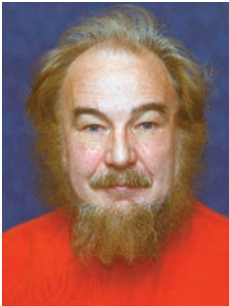
Jean Iliopoulos est un physicien des particules, directeur de recherche au Laboratoire de physique théorique de l'École normale supérieure et membre de l'Académie des sciences. Ses contributions portent sur la construction du Modèle Standard et ses extensions. Il a en particulier contribué à l'introduction du quark charmé, une composante essentielle du modèle, et il a démontré sa cohérence mathématique au niveau quantique, grâce au mécanisme de Glashow-Iliopoulos-Maiani. Il a aussi étudié les propriétés des théories supersymétriques ainsi que diverses tentatives pour construire une théorie de gravité quantique.



P rogramme

- 14:30** Ouverture
Catherine BRÉCHIGNAC, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, Paris
Sébastien CANDEL, Président de l'Académie des sciences, Paris
- 14:40** Introduction
Pierre FAYET, Membre de l'Académie des sciences, Directeur de recherche au Laboratoire de physique théorique de l'École normale supérieure, Paris
- 14:50** Entre expérience et théorie, le chemin parcouru et notre confrontation à l'inconnu
Jean-Marie FRÈRE, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, Belgique
- 15:30** Le LHC et le Modèle Standard de la physique des particules
Louis FAYARD, Directeur de recherche au Laboratoire de l'accélérateur linéaire, Orsay
- 16:00** Le boson de Higgs et les nouvelles perspectives de physique au LHC
Yves SIROIS, Directeur de recherche à l'École polytechnique, Palaiseau
- 16:30** *Illuminating the dark: searches for dark matter in the Milky Way*
Laura BAUDIS, Professeur à l'Université de Zurich, Suisse
- 17:00** Discussion et conclusion

Biographies et résumés



Jean-Marie FRÈRE

Professeur à l'Université libre de Bruxelles, Belgique

Jean-Marie Frère est un physicien des particules, professeur à l'Université libre de Bruxelles où il dirige le service de physique théorique. Il s'intéresse principalement aux interactions faibles, à la brisure de la symétrie CP et au sens du temps, à l'origine de la dissymétrie matière-antimatière, et à la physique des neutrinos. Il est particulièrement attentif à la démarche empirique, recherchant dans les données expérimentales les écarts qui pourraient s'avérer révélateurs.

Entre expérience et théorie, le chemin parcouru et notre confrontation à l'inconnu

L'observation de phénomènes rares, comme les désintégrations nucléaires, a conduit à supposer l'existence de particules lourdes, vecteurs des interactions faibles, et à la construction du Modèle Standard de la physique des particules. Ces bosons $W^\pm$ et Z furent observés au CERN des années plus tard. L'origine de leur masse avait déjà conduit à proposer l'existence du boson de Brout-Englert-Higgs, dont la découverte récente a été saluée comme une victoire retentissante, tant de la démarche théorique que de l'ingéniosité des expérimentateurs et des constructeurs de machines.

Si les prédictions du Modèle Standard ont été remarquablement validées, bien des questions n'ont pas trouvé de réponse. Ou, plutôt, les succès de notre description du monde nous ont enhardis à poser de nouvelles questions. Pourquoi l'antimatière a-t-elle très largement disparu ? Pourquoi, outre les particules habituelles constituant la matière, deux autres familles sont-elles apparues, et leur nombre est-il lié à une orientation du temps déjà pour une particule isolée ? Curieusement, les vérifications spectaculaires récentes nous laissent dans un certain désarroi, les prédictions théoriques fermes laissant la place à un univers de possibles.

Les neutrinos, de masse infime et de nature changeante, sont-ils une des clefs de ces problèmes ? Des découvertes majeures ont été faites dans ce domaine et un vaste programme expérimental est en cours pour mieux élucider leurs propriétés.



Louis FAYARD

Directeur de recherche au Laboratoire de l'accélérateur linéaire, Orsay

Louis Fayard est directeur de recherche au Laboratoire de l'accélérateur linéaire d'Orsay. Sa carrière scientifique est jalonnée de résultats de grande importance, en particulier dans l'étude des interactions électrofaibles. Il travaille actuellement dans l'expérience ATLAS au CERN et a pris part aux recherches ayant conduit à la découverte du boson de Higgs. Il avait précédemment participé aux expériences UA2 et NA48 au CERN, la première ayant contribué à la découverte des bosons $W^\pm$ et Z , messagers des interactions faibles, et la seconde à la mesure de la violation directe de la symétrie CP reliant la matière à l'antimatière.

Le LHC et le Modèle Standard de la physique des particules

Les premières discussions concernant le grand collisionneur hadronique LHC du CERN ont commencé vers 1984. Les efforts de conception, de construction et d'analyse qui ont eu lieu pendant plus de 30 ans ont notamment abouti en 2012 à la découverte du boson de Brout-Englert-Higgs, signature du mécanisme de brisure de la symétrie électrofaible couronné par le prix Nobel de physique 2013. L'évolution de la physique des particules pendant cette période, confirmant le Modèle Standard, sera aussi présentée, ainsi qu'un aperçu très bref des projets de collisionneurs futurs.

Yves SIROIS

Directeur de recherche à l'École polytechnique, Palaiseau

Yves Sirois est directeur de recherche au Laboratoire Louis Leprince-Ringuet de l'École polytechnique, et a joué un rôle important comme responsable français pour l'expérience CMS au CERN. Après une expérience de désintégration rare des muons au laboratoire TRIUMF de Vancouver, il s'est lancé dans l'étude des collisions d'ions lourds au CERN qui permettent d'atteindre les conditions d'un plasma de quarks et de gluons. Puis il a étudié la structure du proton à courte distance par collisions d'électrons dans l'expérience H1 à DESY, Hambourg, dont il est devenu le responsable adjoint. Il a ensuite participé activement à la réalisation du détecteur CMS, puis à la découverte du boson de Higgs.



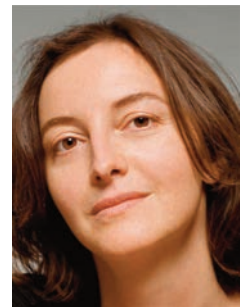
Le boson de Higgs et les nouvelles perspectives de physique au LHC

Après la découverte du boson de Brout-Englert-Higgs par les expériences ATLAS et CMS, à une masse correspondant à 125 GeV, à des énergies de collisions proton-proton de 7 à 8 TeV, le collisionneur LHC fournit maintenant des collisions à 13 TeV. Elles permettent l'exploration de nouveaux territoires pour la recherche de bosons de Higgs supplémentaires, de nouvelles résonances au TeV, de matière sombre ou de supersymétrie. On passera en revue les tout derniers résultats sur le boson, leurs conséquences pour le programme de recherche en cours, ainsi que l'état de l'art pour la recherche de nouvelle physique au LHC.

Laura BAUDIS

Professeur à l'Université de Zurich, Suisse

Laura Baudis' research interests lie at the intersection of particle physics and astrophysics. She builds detectors to discover dark matter particles and to reveal fundamental properties of neutrinos. Baudis received her Ph.D. from the University of Heidelberg, was a postdoctoral fellow at Stanford University and an assistant professor at the University of Florida, Gainesville. In 2006 she was awarded the Lichtenberg Professorship for Astroparticle Physics at the RWTH Aachen University. In 2007 she joined the Physics Institute of the University of Zurich, where she is full professor of experimental physics. Baudis is a fellow of the American Physical Society, a member of the CERN Science Policy Committee and an editor in chief for the European Journal of Physics C.



Illuminating the dark: searches for dark matter in the Milky Way

One of the major challenges of modern physics is to decipher the nature of dark matter. Astrophysical observations provide ample evidence for the existence of an invisible and dominant mass component in the observable universe. The dark matter could be made of new, yet undiscovered elementary particles, with allowed masses and interaction strengths with normal matter spanning an enormous range. Weakly interacting massive particles (WIMPs), which froze out of thermal equilibrium with a relic density matching the observations, represent a well-motivated class of candidates. They could be directly observed via scatters off atomic nuclei in underground, ultra-low background detectors, or indirectly, via secondary radiation produced when they pair annihilate. They could also be generated at particle colliders such as the LHC, where associated particles produced in the same process are to be detected. After an introduction to the dark matter problem and the phenomenology of dark matter detection, I will discuss the most promising experimental techniques, addressing their current and future science reach, as well as their complementarity.

