

## **Particules élémentaires, gravitation et cosmologie**

M. Gabriele VENEZIANO, membre de l'Institut  
(Académie des sciences), professeur

### ENSEIGNEMENT LIÉ À LA CHAIRE

Les cours de l'année 2011-2012 ont eu lieu, dans leur totalité, en dehors du Collège. Ils se sont déroulés à Bruxelles (en novembre 2011), à Lyon (en mars 2012) et à Uppsala, Suède (en mai 2012).

#### **Cours et séminaires à Bruxelles : la théorie des cordes et la physique des deux infinis**

Les cours ont débuté en novembre avec la conférence d'ouverture de l'année académique du Collège de France à Bruxelles sur le thème : « La théorie des cordes et la physique des deux infinis ». Cette conférence initiale avait été conçue pour un vaste public de non experts et avait pour but de motiver l'intérêt actuel vers la théorie des cordes comme la seule capable, aujourd'hui, d'unifier notre compréhension du monde, aux plus petites (physique des particules) comme aux plus grandes échelles (science de l'Univers). Un cours plus spécialisé aurait dû suivre en février 2012, mais a dû être annulé à la dernière minute. Ce cours est désormais reporté à mars 2013.

#### **Cours et séminaires à Lyon : de la corde hadronique à la gravitation quantique... et retour**

Le cours s'est déroulé en trois séances de deux heures données les 2, 5 et 12 mars à l'université de Lyon avec le titre général : « De la corde hadronique à la gravitation quantique... et retour ». Dans la première séance intitulée « Une brève histoire de la corde hadronique », nous avons rappelé les origines de la théorie des cordes vers la fin des années soixante, suite aux tentatives de sortir d'une impasse dans la description des interactions fortes. Nous pouvons ainsi comprendre, *a posteriori*, les raisons profondes de cette découverte « accidentelle », ainsi que celles de son inévitable déclin. Dans la deuxième partie, « La nouvelle théorie des cordes et ses

applications en gravitation quantique », nous avons discuté de la réinterprétation de l'ancienne théorie des cordes comme une théorie quantique, finie et unifiée de toutes les interactions, y compris la gravité. Cette théorie nous permet de formuler de nouvelles « questions bien posées » comme l'interprétation statistique de l'entropie des trous noirs, l'origine de notre univers, et celle du temps lui-même. Dans la troisième séance : « Le retour : de la gravitation aux théories de jauge », nous avons pratiquement inversé la logique des deux cours précédents : grâce à certaines symétries « cordiques », une théorie de la gravitation peut aider à résoudre des problèmes en théorie de jauge à forte constante de couplage, comme celui du confinement des quarks, avec des implications physiques très intéressantes.

### **Cours et séminaires à Uppsala**

Les cours proprement dits ont eu lieu au département de Physique de l'université, en quatre séances, entre le 15 et le 24 mai 2012. La première conférence, sous le titre « Space, Time, Matter : from Einstein, Weyl and Pauli to superstrings », était adressée à un public de scientifiques (mais pas nécessairement de physiciens). En partant de certaines écritures des années vingt, nous avons montré l'énorme progrès fait depuis par la physique fondamentale, si bien que de nouveaux défis sont apparus entre-temps. La deuxième conférence, « Big Bang or Big Bounce », adressée à un public de physiciens, était essentiellement une introduction aux deux cours suivants, pour mes collègues théoriciens, sous le titre : « String-inspired cosmology : and alternative to standard Inflation ? » Nous avons évoqué la possibilité, suggérée par la théorie des cordes, d'une cosmologie où le big bang de la cosmologie conventionnelle est remplacé par un « big bounce », c'est-à-dire un grand rebondissement qui lie notre phase cosmique à une phase précédente. En outre, le 21 mai, j'ai donné une conférence « grand public » dans le cadre d'une soirée organisée par la SCASS (Swedish Institute of Advanced Studies), sous le titre : « Une soirée de cordes (An evening of strings) », composée d'une partie musicale (organisée par l'école de musique locale) et d'une partie scientifique (ma conférence) avec évidemment les cordes comme commun dénominateur.

### **ACTIVITÉ DE RECHERCHE**

Comme pour les années précédentes, mes recherches ont porté sur les trois sujets de l'intitulé de la chaire. Voici un aperçu de cette activité, par secteur de recherche.

### **Particules élémentaires**

Avec le Pr Jacek Wosiek (Université de Cracovie, Pologne) et mon ex-doctorant, le Dr. Daniele Dorigoni, nous avons continué notre étude d'un modèle bidimensionnel dans une approximation « coulombienne ». Ses solutions numériques génèrent des spectres très intéressants et des fonctions d'onde interprétables en termes de corde reliant les quanta élémentaires. Avec une approximation ultérieure, nous avons pu résoudre le problème d'une façon analytique, un résultat que nous pensons publier prochainement.

## Gravitation et théorie des cordes

En collaboration avec les professeurs Giuseppe d'Appollonio (Université de Cagliari), Paolo Di Vecchia (Niels Bohr Institute, Copenhague et Nordita, Stockholm) et Rodolfo Russo (Queen Mary College, Londres), nous avons poursuivi l'étude théorique des collisions à très hautes énergies, entre une corde à masse nulle et une collection des « p-branes ». Pour l'instant, nous trouvons (au niveau sous-dominant) un désaccord entre le calcul direct des amplitudes de diffusion et une analyse de la propagation de la corde-épreuve dans la métrique produite par les branes. Si cette discordance devait être confirmée, elle pourrait avoir des implications théoriques fort intéressantes.

## Cosmologie

Partant de la formulation de moyennes invariants de jauge définies sur des hypersurfaces de type lumière (proposée précédemment avec le Pr M. Gasperini, le docteur G. Marozzi, ainsi que mon doctorant Fabien Nugier), nous avons entamé, avec le Dr. Ido ben Dayan, l'étude de la relation entre la luminosité et le décalage vers le rouge en présence des inhomogénéités.

Après la publication (dans la revue JCAP) de quelques résultats partiels, nous avons achevé le calcul complet et nous avons soumis une première note à *Phys. Rev. Lett.* Actuellement, nous sommes en train d'écrire deux articles avec tous les détails de cette investigation dans laquelle on montre que les inhomogénéités ne peuvent pas remplacer la soi-disant énergie noire comme explication de l'accélération cosmique.

## PUBLICATIONS

Gasperini M., Marozzi G., Nugier F. et Veneziano G., « Light-cone averaging in cosmology: formalism and applications », JCAP, 1107, 2011, 008 ; doi:10.1088/1475-7516/2011/07/008.

Ben-Dayan I., Gasperini M., Marozzi G., Nugier F. et Veneziano G., « Backreaction on the luminosity-redshift relation from gauge-invariant light-cone averaging », JCAP, 04, 2012, 036 ; doi:10.1088/1475-7516/2012/04/036.

Ben-Dayan I., Gasperini M., Marozzi G., Nugier F. et Veneziano G., « Do Stochastic inhomogeneities affect dark-energy precision measurements », *Phys. Rev. Lett.*, 110, 2013, 021301 ; doi:10.1103/PhysRevLett.110.021301).

## CONFÉRENCES

### Conférences sur invitation

– « High-energy string-brane collisions : an instructive gedanken experiment ? », McGill University, Montréal, juillet 2011.

– « High-energy collisions of particles, strings and branes : I and II », deux conférences dans le cadre de l'école d'été de physique, Les Houches, août 2011.

– « High-energy gravitational scattering : from IR to UV », CERN workshop « Gravity from UV to IR », Genève, septembre 2011.

- « Big Bang or Big Bounce ? », KIAS, Seoul, septembre 2011.
- « Space, time, Matter : 90 years after », Seoul National University, septembre 2011.
- « Transplanckian scattering of particles, strings and branes », Seoul National University, septembre 2011.
- « Space, time, Matter : 90 years after », Asian Pacific Center for, Theoretical Physics (APCTP), Pohang, Corée, septembre 2011.
- « Big Bang or Big Bounce ? », Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japon, octobre 2011.
- « Space, time, Matter : 90 years after », Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japon, octobre 2011.
- « The Quest for Unitarity in Transplanckian particle and string collisions », Turin, Italie, octobre 2011.
- « Outstanding problems in astro & particle physics », meeting on « European Strategy for Astroparticle physics » Paris, novembre 2011.
- « The Standard Model of Nature and its Legacy », Conférence inaugurale de l'Institut de physique théorique Philippe Meyer, Paris, février 2012.
- « Space, time, Matter : 1918-2012 », 1<sup>er</sup> *LeCosPA symposium*, Taipei, Taiwan, février 2012.
- « Transplanckian scattering of particles, strings and branes », National Taiwan University, Taipei, février 2012.
- « A String-Inspired alternative to Standard Inflation », École doctorale Astronomie et physique d'Ile-de-France, IAP Paris, mars 2012.
- « Classical & Quantum Fields & Strings : an Intriguing Connection », Scuola Normale Superiore, Pise, avril 2012.
- « The Standard Model of Nature : drawing lessons from a success story », Yuval Ne'eman memorial lecture, Tel Aviv University, avril 2012.
- « Averaging the luminosity-redshift relation in inhomogeneous cosmology », Joint Theory seminar, Nevé Shalom (Israel), mai 2012.
- « The birth of String Theory : The incredible history of an incredible adventure », présentation du livre « The Birth of String Theory », GGI, Florence, mai 2012.
- « Adventures with Pino », Une journée en l'honneur de Giuseppe Marchesini, Cortona (Italie), mai 2012.
- « Espace, temps, matière : Leçons à partir d'un siècle de progrès », Université de Montpellier 2, juin 2012.
- « Cosmologie et structure intime de la matière : pouvons-nous les concilier ? », « Colloque Victor Hess : rayons cosmiques, 100 ans d'une réalité insoupçonnée », Collège de France, juin 2012.

## Organisation de conférences et d'ateliers

Membre du Comité d'organisation du « Colloque Victor Hess : rayons cosmiques, 100 ans d'une réalité insoupçonnée », Collège de France, juin 2012.

Depuis 2005, la chaire fait partie, avec le LPT-ENS, les LPNHE et LPTHE de Paris 6, et l'APC, de la fédération « Interactions fondamentales » et contribue à l'organisation et au financement de ses activités.

## **Autres activités**

### *Participation à des comités*

– Chaire de l'« Advisory Committee » de l'Institut Galileo Galilei (GGI) à Arcetri (Florence). En octobre 2011, le comité s'est réuni pour sélectionner les propositions d'atelier pour l'année 2013. Trois propositions ont été sélectionnées.

– Membre du conseil scientifique de l'IHES, Bures-sur-Yvette.

– Membre du conseil scientifique de « Nordita », Stockholm, Suède.

– Membre du conseil scientifique du « Korean Institute of Advanced Study (KIAS) », Seoul, Corée.

– Membre du conseil scientifique du « Crète Center for Theoretical Physics », Héraklion, Crète.

### *Groupes de travail*

Depuis fin 2006, je fais partie d'un comité de l'Académie des sciences, intitulé « Science et métrologie », qui est censé faire des propositions sur de possibles nouveaux étalons en métrologie.

### *Activités semi-professionnelles*

Participation au film documentaire américain « What is Nothing? » dans la série « Through the Wormhole with Morgan Freeman » réalisée pour « Science Channel : Discovery » (tournage à Turin, Italie, octobre 2011).