



# Fondation Francqui-Stichting

Fondation d'Utilité Publique - Stichting van Openbaar Nut

## Plechtige uitreiking van de Francqui-Prijs door Zijn Majesteit Koning Albert II aan de Universitaire Stichting op 28 juni 2000

*Verslag van de Jury - Toespraken*

---



Marc Henneaux

### *Verslag van de Jury (29 april 2000)*

It has been proposed that the Francqui-Prize for the year 2000 be awarded to Professor Marc HENNEAUX for his outstanding contributions to our understanding of the fundamental forces in Nature. His work represents the marriage of hitherto uncommon concepts in physics and contemporary developments in mathematics and helps to pave the way to an unified view of natural laws, including the reconciliation of gravitation and quantum physics.

Professor HENNEAUX anticipated by more than ten years the anti de Sitter – conformal Field Theory correspondence, which is a crucial step towards understanding the challenge posed by incorporating Einstein's General Relativity into quantum mechanics. This leads among other things to an understanding of how black holes radiate without the loss of information. In his work he has also produced a very elegant reformulation of the work for which G. 't HOOFT and M. VELTMAN were awarded the 1999 Nobel Prize in physics which sheds new light on the applicability of gauge field theory to describe the elementary particles.

de internationaal jury waartoe behoren :

**Professor Dr. Massimo. MAREZIO**

SCENET

European Network for Superconductivity

MASPEC-CNR Institute

en verder

**Professor C.A. BATES**

Dean of science  
School of Physics & Astronomy  
Nottingham - UK

**Professor Lars BRINK**

Institute of Theoretical Physics  
Chalmers University of Technology  
Göteborg - Zweden

**Professor Predrag CVITANOVIC**

Niels Bohr Institute  
Copenhagen - Denemarken

**Professor Dr . P.J.G.M. de WIT**

Laboratory of Phytopathology  
Wageningen University  
Nederland

**Professor Mildred S. DRESSELHAUS**

Institute Professor of Electrical Engineering and Physics - MIT  
Cambridge, Massachusetts - USA

**Professor W. GELLETTY**

Head of School of Physics and Chemistry  
University of Surrey  
Surrey - UK

**Professor Michael HALL**

Biozentrum University of Basel  
Department of Biochemistry  
Basel - Zwitserland

**Professor Yngve OHRN**

Professor of Chemistry and Physics  
University of Florida  
QTP-An Institute for Theory and Computation in Molecular and Materials Sciences  
Gainesville, Florida - USA

**Professor E.P.J. van den HEUVEL**

Director  
Astronomical Institute « Anton Pannekoek » and Center for High Energy Astrophysics  
University of Amsterdam  
Amsterdam - Nederland

**Professor R. VILLAR**

Rector of Universidad Autonoma de Madrid  
Spanje

**Professor P. WYDER**

Max-Planck Institut für Festkörperforschung  
Hochfeld-Magnetlabor-MPI-CNRS  
Grenoble - Frankrijk

*Toespraak van Baron Jacques Groothaert,  
Voorzitter van de Francqui-Stichting*

Sire,

"Il y a en Belgique une véritable crise des Institutions Scientifiques et des laboratoires. Le public ne comprend pas assez chez nous que la science pure est la condition indispensable de la science appliquée et que le sort des nations qui négligent la science et les savants est marqué pour la décadence".

Plus actuelles que jamais, ces phrases sont extraites d'un discours que prononça, le premier Octobre 1927, le Roi Albert Ier.

Le Souverain, quelques jours plus tard, écrivait à Emile Francqui, dont l'action visionnaire et mobilisatrice allait se révéler si décisive : "Ce sont les vocations scientifiques qu'il faut découvrir et stimuler, les chercheurs qu'il faut retenir, le prestige de la science qu'il faut relever".

C'est un motif toujours renouvelé de satisfaction et de fierté, pour la Fondation qui porte le nom d'Emile Francqui, de pouvoir contribuer, avec persévérance et imagination, à la réalisation d'objectifs si clairement définis et qui conditionnent si impérativement notre avenir.

La prise de conscience est, à cet égard, nécessaire et motivante, et nous incite à garder confiance. Mais aujourd'hui, le défi est posé au niveau européen. Pour une Europe qui s'interroge, qui cherche à mieux définir le fonctionnement de ses Institutions, au moment où elle est confrontée à la difficile nécessité d'élargir son territoire aux dimensions de sa réalité historique et géopolitique, les vraies priorités devraient aussi se situer au plan de la valorisation volontariste de ses potentiels scientifiques et techniques.

Il est regrettable que ce ne soit pas le cas et que, dans ce domaine vital comme dans d'autres, la volonté et la vision fassent défaut, les tentations de repli et d'égoïsme ayant tendance à l'emporter sur l'audace et la créativité. Nous risquons de la payer cher.

Puisse notre espoir en l'Europe ne pas être déçu.

Het zou inderdaad voor al de verantwoordelijken duidelijk moeten zijn dat enkel een coherente samenbundeling van de inspanningen op het gebied van wetenschappelijk onderzoek, met de hiertoe noodzakelijke middelen, aan Europa de mogelijkheid kan bieden op volwaardige wijze met andere technologische grootmachten te concurreren.

Maar er wordt, spijtig genoeg, gearzeld en getalmd om tot een concrete samenwerking over te gaan tussen de nog al te zeer verspreide nationale belangen of bekommernissen. Europees onderzoek is heden niets meer dan een optelling van vijftien nationale programma's. De Europese Commissie is er zich van bewust.

In een recente mededeling leest men : "Meer dan ooit zijn de activiteiten inzake onderzoek en technologische ontwikkeling de meest toekomst dragende.

Maar in Europa is de toestand zorgwekkend. Zonder een geconcentreerde actie om hieraan te verhelpen, dreigt een verlies aan competitiviteit in een geglobaliseerde economie. De achterstand tegenover de andere technologische mogendheden vergroot. De gemiddelde inspanning op het gebied van onderzoek bedraagt, in de Europese Unie, 1,87 % van het B.I.P. tegenover 2,8 % in de Verenigde Staten en 2,9 % voor Japan".

Spijtig genoeg moet men herhaaldelijk vaststellen - en het is ontmoedigend dit telkens te moeten herhalen en beklemtonen - dat de beschikbare cijfers voor ons land nog beduidend beneden dit reeds zwak gemiddelde liggen.

Le Professeur André Jaumotte, qui ne cesse comme bien d'autres, d'attirer l'attention sur cette situation, disait il y a quelques années encore : "Le miracle belge, c'est que nous parvenions avec des moyens dérisoires à faire une recherche de qualité. L'effort des chercheurs est remarquable. Ajoutons que les sentiers d'accès aux crédits publics de recherche sont devenus des labyrinthes depuis la fédéralisation de l'Etat, la recherche étant divisée entre les échelons fédéral, communautaire et régional. Il est même devenu difficile d'établir des statistiques relatives à l'effort de recherche belge".

Consciente du caractère préoccupant de la situation, mais aussi de l'importance et de la qualité persistante de notre potentiel scientifique, la Fondation Francqui multiplie les efforts et les initiatives pour mieux valoriser ce dernier. Elle ne peut ni ne veut se substituer à l'action des pouvoirs publics et est soucieuse d'éviter tout dédoublement d'activité, recherchant surtout "l'effet multiplicateur" de ses investissements.

Ainsi se maintient et se consolide, grâce au programme des Chaires Francqui, un échange aussi fécond qu'indispensable entre nos Universités et, par les invitations adressées à des Professeurs et des Chercheurs étrangers, une enrichissante collaboration scientifique internationale.

Une initiative récente concerne l'adjonction de mandats de collaborateurs scientifique postdoctoraux étrangers aux équipes des Lauréats d'un Prix Francqui.

Les Colloques organisés par ces derniers connaissent un succès remarquable, confirmé par la présence des représentants les plus qualifiés, venus de nombreux pays, du domaine scientifique retenu.

Retenons, et espérons les voir se concrétiser malgré tout, certains des objectifs retenus au niveau de la Commission : Décloisonner et mieux intégrer l'espace scientifique et technologique européen, mettre en réseau les centres d'excellence existant en Europe, accroître la mobilité des chercheurs et introduire une dimension européenne dans les carrières scientifiques.

L'octroi annuel du Prix Francqui fait l'objet d'une préparation et d'une organisation méticuleuses. Le souci d'indépendance, l'impartialité et d'objectivité qui le caractérise, préside aux procédures de sélection des candidats, pour laquelle il est fait appel à toutes les Institutions Universitaires et Académiques du pays, et aussi à la composition du Jury, composé exclusivement d'éminents Professeurs venus d'Universités de divers pays

étrangers.

Chaque année, et j'ai pu en être témoin cette fois encore, les membres du Jury ne tarissent pas d'éloges sur l'excellence des travaux qui leur sont soumis et la qualité de la recherche fondamentale en Belgique.

Sire,

J'ai évoqué les paroles et l'action de Votre illustre prédécesseur le Roi Albert 1er. Nous sommes profondément reconnaissants au Roi de confirmer, par Sa présence et Son attention vigilante, l'importance que la Monarchie attache à l'action d'une Fondation tout entière au service du rayonnement de notre effort de recherche, de formation et de développement scientifique.

"La science, c'est avant tout un monde d'idées en mouvement", a écrit le grand savant français François Jacob, en la qualifiant, dans une formule audacieuse et frappante, de la "forme la plus exaltante de la révolte contre l'incohérence de l'univers".

Et j'évoque aussi ces paroles d'Emile Francqui : "Puisse-t-on avoir compris définitivement que la science est à l'avant-garde du progrès et de la civilisation".

Le Lauréat, que nous félicitons de tout coeur et à qui nous souhaitons la poursuite d'une carrière brillante et féconde, sera heureux et fier de recevoir le diplôme du Prix qu'il plaira au Roi de vouloir bien lui remettre.

\* \* \*

### *Toespraak van Professeur Marc Henneaux*

C'est avec une profonde reconnaissance, à laquelle se mélangent émotion, joie et fierté, que je reçois des mains de Sa Majesté le Prix Francqui 2000 décerné par un Jury international d'experts éminents. La présence de Sa Majesté à la cérémonie d'aujourd'hui témoigne de l'importance qu'Elle attache à la recherche fondamentale. Ce soutien constitue un énorme encouragement pour toute la communauté scientifique de notre pays.

Sire,

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

Au moment où mes travaux scientifiques se voient couronnés par ce prix prestigieux, je voudrais rendre hommage à deux personnalités qui ont eu une influence considérable sur toute ma carrière. Mes pensées vont d'abord au regretté Professeur Jules Géhéniau de l'Université Libre de Bruxelles, qui guida mes premiers pas dans l'étude de ce remarquable édifice scientifique qu'est la théorie de la relativité générale d'Einstein. C'est lui qui me fit percevoir la beauté et l'élégance des lois physiques qui régissent la Nature au niveau fondamental. Son goût de la simplicité et sa recherche constante de la profondeur ont marqué de manière indélébile ma démarche de chercheur. Le deuxième événement capital de ma carrière fut ma rencontre en 1978 avec le Professeur Claudio Teitelboim, de l'Institute for Advanced Study à Princeton, qui

me fit venir aux Etats-Unis alors que je n'avais pas encore mon diplôme de docteur. Initialement prévu pour une durée d'un an, ce séjour d'études s'est transformé en une riche et fructueuse collaboration doublée d'une amitié vieille à présent de plus de vingt années. Mes travaux doivent beaucoup à l'enseignement de ces deux maîtres et je voudrais les associer ici à l'honneur qui m'est fait.

On ne ventera jamais assez l'efficacité de l'éducation par l'exemple. A une époque où la morosité gagne trop souvent *l'Homo Universitarius*, aliéné par des tâches administrative qui deviennent de plus en plus lourdes, Michel Cahen et François Englert m'ont montré l'importance de rester libre et fidèle à soi-même. Leur enthousiasme pour la recherche, la passion intellectuelle qu'ils y apportent et le plaisir évident qu'ils y trouvent constituent une belle leçon pour tout jeune chercheur.

J'ai aussi une pensée émue pour Léon Evrard, qui fut mon Professeur de mathématique à l'Athénée de Morlanwelz. Comme il réussissait à captiver notre attention ! C'est avec une grande tendresse que je me remémore ses leçons, au cours desquelles il n'hésitait jamais à sortir du programme pour illustrer l'intérêt d'un concept ou d'une idée qui seraient restés sans cela un peu artificiels. Pas de bon pédagogue qui n'ait de recul vis-à-vis de la matière enseignée, car il faut être profond dans un domaine pour en bien posséder les éléments.

Je suis également reconnaissant aux Instituts de Physique et de Chimie fondés par Ernest Solvay et à leur Directeur Ilya Prigogine pour le soutien matériel qu'ils m'ont offert à plusieurs occasions, ainsi qu'au Fond National de la Recherche Scientifique qui m'a permis de rentrer en Europe en 1985. Cette Institution, créée grâce à la clairvoyance du Roi Albert 1er et d'Emile Francqui, joue en rôle unique et précieux dans la vitalité de la recherche fondamentale en Belgique. Puisse sa mission essentielle continuer en dépit des restrictions budgétaires qui lui sont imposées ! Je voudrais aussi remercier le département de mathématiques de l'Université Libre de Bruxelles, qui m'a accordé mes premiers enseignements, et les autorités académiques de l'Université qui m'ont toujours soutenu aux moments cruciaux.

Le parcours d'un chercheur connaît des hauts et des bas. Ma gratitude va à toute ma famille et plus particulièrement à mon épouse qui, par ses encouragements constants et discrets m'a toujours apporté l'affection et le réconfort nécessaires pour poursuivre mes travaux aux périodes les plus difficiles.

\* \* \*

La physique théorique fait appel à des outils mathématiques souvent hermétiques aux non-spécialistes. Aussi n'exposerai-je ici que le cadre général de mes recherches sans entrer dans des considérations techniques.

Les fondements de la physique ont été profondément bouleversés au vingtième siècle par le développement de nouvelles théories faisant appel à des concepts radicalement nouveaux. Ces grandes théories sont d'une part la mécanique quantique et d'autre part la relativité générale, due à Einstein. La première

permet de comprendre le monde microscopique des atomes et de leurs constituants élémentaires ; le champ d'application naturel de la seconde, qui généralise la théorie gravitationnelle de Newton, est au contraire le monde macroscopique des objets très grands ou très massifs, tels les étoiles ou l'univers lui-même.

Dans des circonstances normales, le physicien ne doit pas faire appel simultanément à ces deux théories puisqu'elles s'appliquent à des phénomènes dont les échelles sont très différentes. Il existe cependant des situations extrêmes où l'infiniment petit rejoint l'infiniment grand et l'infiniment dense. Le modèle du "big bang" donne une image d'un univers initial où toute la matière serait concentrée dans un volume arbitrairement petit, conduisant à des densités formellement infinies. Ces mêmes conditions exceptionnelles se rencontrent au centre des trous noirs, où des masses colossales sont comprimées dans des volumes minuscules sous l'effet de la gravitation.

Pour comprendre ces situations extrêmes, il faut faire appel à la fois à la mécanique quantique et à la relativité générale. Cependant, aucune synthèse satisfaisante n'a pu être réalisée entre ces deux théories. En dépit des efforts déployés par les théoriciens depuis de nombreuses années, toutes les tentatives de développer une théorie quantique cohérente du champ de gravitation se sont soldées par des échecs. Surmonter cette incompatibilité est un des défis majeurs posés à la physique théorique. La résolution de ce problème passera sans doute par une nouvelle révolution conceptuelle analogue par son ampleur à celles du début du siècle et aussi riche et féconde en développements inattendus.

De nombreuses considérations théoriques indiquent que la synthèse entre la relativité générale et la mécanique quantique se fera probablement par le biais d'une unification de l'interaction gravitationnelle et des autres interactions fondamentales, dont le comportement quantique est beaucoup mieux compris. Cette perspective est particulièrement séduisante puisqu'elle impliquerait que la diversité des interactions fondamentales (électromagnétisme, gravitation, interaction nucléaires faible et forte) ne serait qu'apparente, celles-ci n'étant que différents aspects d'une seule et même force.

Il serait hors de propos de développer plus en avant ici les tentatives d'unification élaborées par les théoriciens. La plus prometteuse d'entre elles est basée sur des modèles dont les quanta élémentaires ne sont pas des particules ponctuelles, mais des objets étendus à une dimension, c'est-à-dire des cordes. La théorie des cordes fait appel à de structures mathématiques basées sur des considérations de symétrie abstraite dont l'explication serait trop longue à détailler. Je voudrais seulement évoquer brièvement un des problèmes-clé que devra résoudre la synthèse cohérente de la mécanique quantique et de la théorie d'Einstein, quelle qu'elle soit : celui des trous noirs.

Dans la faune particulièrement riche qui peuple notre univers, les trous noirs comptent sans doute parmi les objets les plus étranges. Leur gravitation est si forte que rien, même la lumière ne peut s'en échapper. Conséquences inévitables de la théorie d'Einstein, leur existence fut prédite il y a plus de 60ans. Cette prédiction a cependant rencontré de nombreuses résistances, même chez Einstein lui-même, et ce n'est que beaucoup plus récemment que

l'évidence théorique a fini par convaincre la communauté scientifique. Leur nom, "trous noirs", ne fut donné qu'il y a une trentaine d'années par John Archibald Wheeler, un des pères de la théorie, dans le groupe duquel j'ai eu la chance de travailler à l'Université du Texas. Depuis, plusieurs candidats trous noirs ont été identifiés par les astrophysiciens et il ne fait plus guère de doute que ces objets fascinants existent dans notre univers.

Ce n'est pas parce qu'on les a baptisés en leur donnant un nom qui frappe l'imagination qu'on en comprend tous les mécanismes physiques. Au contraire, les trous noirs soulèvent un grand nombre de paradoxes dont la résolution complète n'a pas encore été trouvée. Ainsi, Stephen Hawking, dans un travail magistral, a montré en 1974 que les trous noirs n'étaient pas tout à fait noirs. En vertu des lois de la mécanique quantique, ils émettent un rayonnement dont la nature thermique permet de définir une température. La température d'un trou noir ayant la masse du soleil est infime, de l'ordre du cent-millionième de degré au-dessus de zéro absolu, mais plus un trou noir est petit, plus il est chaud. Les travaux de Hawking ont conduit à asseoir sur une base satisfaisante la thermodynamique des trous noirs, qui fait apparaître à travers la deuxième loi un paramètre thermodynamique familier à tout scientifique : l'entropie. La notion d'entropie est probablement responsable de nombreux cauchemars chez les étudiants de première candidature pendant les sessions d'examens ; dans le cas de trous noirs, les physiciens sont victimes des mêmes troubles car ils sont incapables d'en expliquer l'origine profonde. On sait depuis Boltzmann que l'entropie est une mesure du désordre à l'échelle microscopique. Peut-on donner une interprétation analogue pour les trous noirs ? Cette question a reçu une réponse affirmative dans le cas de trous noirs particuliers, ou par des modèles simplifiés tels celui de la gravitation d'Einstein en dimension plus basse sur laquelle j'ai travaillé. Mais elle attend toujours une réponse dans le cas général, qui ne pourra être donnée que lorsque notre compréhension de la gravitation au niveau microscopique sera plus complète, c'est-à-dire lorsque relativité générale et mécanique quantique seront réconciliées.

La recherche d'une théorie cohérente du champ de gravitation, l'identification et la compréhension de ses symétries sous-jacentes, ainsi que les problèmes théoriques posés par les trous noirs, voilà le cadre général des travaux que j'ai poursuivis et qui me valent la distinction d'aujourd'hui.

Les mathématiques jouent un rôle essentiel dans mes recherches, aussi voudrais-je émettre quelques considérations sur les relations entre physique et mathématiques tirées de mon expérience personnelle. Mes travaux scientifiques ne reposent pas sur d'énormes calculs dont le développement serait permis grâce à la puissance offerte par les super-ordinateurs. Les développements de la physique théorique nécessitent aussi l'utilisation des mathématiques pures, plus abstraites, dont les progrès se sont effectués en généralisant ou même modifiant les structures mathématiques existantes et qui se font encore à l'aide d'un crayon et d'une feuille blanche.

Dans un article célèbre du 1931, le Prix Nobel de physique Paul Dirac disait déjà :

*"Il existe à présent des problèmes cruciaux en physique théorique qui attendent une solution. Celle-ci nécessitera probablement une révision beaucoup plus*

*importante de nos concepts fondamentaux que celles que nous avons connues dans le passé. Très vraisemblablement, ces changements seront si grands qu'il sera au-delà du pouvoir de l'intelligence humaine de tirer les idées nouvelles nécessaires (à les appréhender) directement à partir des données expérimentales. Le chercheur théoricien du futur devra par conséquent procéder de manière plus indirecte. La méthode la plus puissante de progrès que l'on puisse suggérer à présent est d'employer toutes les ressources des mathématiques pures afin de perfectionner et généraliser le formalisme mathématique qui forme la base actuelle de la physique théorique, et seulement après chaque succès dans cette direction, d'essayer d'interpréter les nouvelles propriétés mathématiques obtenues en termes de quantités physiques".*

Loin d'enfermer la pensée dans un carcan de rigueur aride, l'intuition mathématique pure favorise au contraire l'imagination. Le physicien Freeman Dyson précisait :

*"Pour le physicien, les mathématiques ne sont pas seulement un outil permettant de calculer les phénomènes, c'est la source principale des principes et des concepts qui permettent d'élaborer de nouvelles théories. Lors de la construction d'une théorie, l'intuition mathématique est indispensable, car l'élimination de l'accessoire donne son entière liberté à l'imagination".*

Bien sûr, cette intuition n'est utile au physicien que si elle s'appuie sur une bonne connaissance des problèmes physiques à résoudre. Sans cela, elle risque de conduire à des constructions artificielles. Mais elle n'est pas moins un moteur essentiel de la physique théorique contemporaine. Il ne faudrait donc pas vider l'enseignement des mathématiques de son contenu conceptuel.

Sire,

Les Lauréats des Prix Francqui précédents ont déjà souligné avant moi l'importance de la recherche fondamentale désintéressée. Dans un discours intitulé "L'utilité de la connaissance inutile", Abraham Flexner, qui fut le premier directeur de l' "Institute for Advanced Study" à Princeton où Einstein s'installa en 1933, remarquait que les plus grandes découvertes scientifiques qui bénéficient en fin de compte le plus à l'humanité, sont celles faites par des scientifiques mus par l'unique souci intellectuel de satisfaire une curiosité sans concession. L'utilisation des ondes hertziennes à des fins pratiques, des lasers, des semi-conducteurs qui ont envahi notre vie quotidienne, n'auraient pu voir le jour sans la compréhension des lois naturelles qui régissent leur fonctionnement. La découverte de ces lois naturelles fut l'oeuvre de chercheurs qui voulaient mettre à jour les mécanismes intimes de la Nature, sans aucune raison d'ordre pratique. Leur travail fut ensuite admirablement utilisé par des ingénieurs aux compétences complémentaires, illustrant combien recherche fondamentale et recherche appliquées se nourrissent mutuellement.

Pour pouvoir d'épanouir, la recherche fondamentale, qui est par nature spéculative et imprévisible, ne peut être soumise à la pression d'obtenir des résultats rapidement. L'imagination a besoin d'un climat serein et libre pour pouvoir construire une vision originale et profonde du monde.

Les grandes découvertes fondamentales ne peuvent être planifiées. Mais, comme le disait si bien Pasteur, "le hasard sourit aux esprits préparés". Il est donc indispensable d'attacher à nos Institutions Universitaires les esprits les mieux préparés et, ces garanties de qualité étant acquises, de les laisser travailler dans la plus grande liberté.

Ce besoin de liberté, La Fondation Francqui l'a bien compris depuis longtemps. Que les différentes actions qu'elle mène dans son soutien à la recherche poursuivie pour "l'honneur de l'esprit humain" soient ici saluées avec une extrême gratitude !

\* \* \*