

## Académie des sciences

### Séance solennelle de réception des Membres élus en 2002

17 juin 2003

---

#### De la physique du solide aux origines de l'Univers

Alain Benoit

Je remercie tous ceux qui m'ont accordé l'honneur de faire partie de cette vénérable institution. Cette élection a été pour moi une grande surprise car, dans le domaine de la physique expérimentale, les idées nouvelles et le développement d'une instrumentation performante sont toujours le résultat de multiples discussions et la paternité d'un résultat doit être attribuée à toute une communauté, chaque individu n'étant qu'une pièce du puzzle.

Cette élection, dans la discipline "instrumentation scientifique" m'a fait très plaisir car elle représente, pour l'institution, une reconnaissance de la place de l'instrumentation qui n'est plus reléguée au rang de technique au service de la recherche expérimentale. Elle est désormais reconnue comme une véritable discipline, 250 ans après la nomination de l'abbé Nollet à la première chaire de physique expérimentale en France créée en 1753 au collège de Navarre. Dans son discours inaugural, l'abbé Nollet avait évoqué "les difficultés et les peines" qui accompagnent la physique expérimentale mais aussi "les agréments qu'on peut y goûter : ce vaste champ est parsemé de fleurs comme il est hérissé d'épines". Il ajoutait que la physique expérimentale "est un art assez difficile à exercer, pour lequel il faut des dispositions naturelles, des qualités et des attentions particulières".

J'ai été attiré très tôt par l'expérimentation, passant de longues heures à bricoler dans le garage de mes parents : découverte de la mécanique, de la chimie, de l'électronique, puis construction de maquettes. Mais il ne suffit pas d'être habile de ses mains et je dois beaucoup à mes parents. Les discussions familiales ont éveillé mon intérêt pour une compréhension plus fondamentale du monde qui nous entoure et un goût pour l'abstraction et la logique. J'ai eu la chance d'avoir des professeurs, en particulier de mathématiques, qui ont réussi à intéresser l'élève que j'étais, pour lequel l'école était plutôt synonyme d'ennui.

Mon goût pour l'électronique m'a conduit à choisir l'Ecole nationale supérieure des télécommunications. En parallèle j'ai mené un cursus universitaire qui m'a fait découvrir les beautés de la mécanique quantique et de la thermodynamique statistique. Je me suis alors orienté vers la physique du solide et j'ai entrepris mon travail de thèse sur les alliages dilués de terres rares sous la direction de Jacques Flouquet. Ce travail impliquait le développement de techniques de mesures à très basses températures, domaine auquel je me suis depuis toujours consacré. Je remercie Jacques Flouquet qui m'a laissé une grande liberté tout en m'encourageant à explorer différents domaines. Il m'a poussé en particulier dans un domaine, à l'époque riche de potentialités, celui de la physique mésoscopique. J'ai alors été confronté à des problèmes de mesures et de dispositifs expérimentaux très sensibles. Ces problèmes ont pu être surmontés grâce à l'environnement exceptionnel du Centre de recherches sur les très basses températures de Grenoble. En effet, ce laboratoire a toujours eu une très forte tradition instrumentale et dispose de services techniques parfaitement adaptées à ce type de recherche et sans lesquels je n'aurais pu mener à bien toutes ces expériences.

Une réunion d'astrophysiciens se demandant comment refroidir des détecteurs dans un satellite pour en améliorer la sensibilité (il s'agissait du satellite XMM), réunion à laquelle je participais, a marqué un tournant dans ma carrière. Cette communauté était persuadée que la

réalisation d'un cryostat à dilution en apesanteur dans un satellite était impossible ! Travaillant sur de tels cryostats depuis ma thèse, j'ai proposé une technique nouvelle permettant de faire fonctionner ce type de cryostat en apesanteur et sans dispositif de pompage complexe.

Grâce au Centre national d'études spatiales qui a accepté de financer un projet sans aucune garantie de résultat, j'ai pu développer ce nouveau cryostat et démarrer une collaboration très fructueuse avec différents laboratoires d'astrophysique. Les mêmes problèmes se posent pour le développement d'un détecteur bolométrique à très basse température et pour la mesure d'un échantillon mésoscopique. Nous avons ainsi mis en commun nos connaissances et nos expériences respectives pour faire progresser la sensibilité des instruments.

A l'époque, l'un des défis de la cosmologie était de mesurer les anisotropies du rayonnement fossile détectées par le satellite COBE en 1994. Les projets d'expériences au sol, en ballon, ou embarquées sur un satellite étaient nombreux. Ces projets ont débouché sur le satellite Planck de l'Agence spatiale européenne qui fera la mesure de ces anisotropies avec une sensibilité et une résolution angulaire inégalées. Le lancement est prévu en 2007 et ce satellite embarquera ce nouveau type de cryostat à dilution qui est actuellement en construction dans l'industrie. Mais avant cette échéance, nous avons profité de l'amélioration de sensibilité des instruments pour faire des mesures préliminaires en réalisant l'expérience Archeops. C'est une réplique de l'instrument satellite emportée par un ballon et effectuant les observations dans la stratosphère. Après un vol de test en Sicile, l'instrument Archeops a effectué quatre vols dans la nuit polaire. Cette expérience nous a permis de valider les technologies du satellite et d'obtenir des mesures très précises du spectre des anisotropies du rayonnement fossile. Nous avons pu déterminer les paramètres cosmologiques décrivant notre Univers et en particulier, nous avons montré que sa masse totale est égale à la masse critique avec une précision meilleure que 3%, ce qui implique que la courbure de l'Univers est nulle ou très faible.

La réussite de cette expérience est due à l'enthousiasme et à l'efficacité de l'équipe Archeops, composée en majorité de jeunes chercheurs, aussi bien lors de la construction de l'expérience que lors des tests et des dernières mises au point sur le terrain avant le lancement. Ce type d'expérience est très éprouvant car il faut toujours être prêt sans jamais savoir quand le lancement sera possible du fait des conditions météorologiques. Dans ces circonstances, le soutien de ma femme m'a permis d'attendre le grand jour avec sérénité. Il est amusant de noter que ma petite fille Soline a choisi le jour du vol Archeops le 7 février 2002 pour venir au monde !

Le développement de l'instrumentation scientifique devient de plus en plus complexe et une grosse expérience comme un grand instrument de physique des particules ou un satellite nécessite la coopération de nombreuses équipes et une préparation ne laissant aucune place à l'improvisation. Cela rend malheureusement plus difficile la mise en place de procédés innovants. Le développement d'une instrumentation plus légère, à l'échelle du laboratoire, est donc indispensable car elle permet la mise au point et le test de nouvelles techniques beaucoup plus rapidement. C'est le cas typique des expériences ballon car, même si ces expériences sont très proches des expériences satellite pour ce qui est des contraintes extérieures, elles ne sont pas soumises aux exigences de contrôle qualité et le bon fonctionnement de l'instrument reste sous la responsabilité du scientifique. Ainsi ce type d'expérience peut être réalisée entièrement dans le cadre du laboratoire, ce qui réduit énormément les durées de développement.

L'évolution de l'instrumentation des dix dernières années laisse espérer des progrès aussi rapides à l'avenir. Continuons donc à développer une instrumentation performante qui permettra d'améliorer la connaissance scientifique.