

Michel Spiro, physicien

Le Cern a permis de faire l'Europe de la science"

Alors que l'étau se referme sur le boson de Higgs, le président du Cern revient sur le rôle de son institution. Et défend l'idée d'une collaboration scientifique mondiale.

MICHEL SPIRO, né en 1946, est président du conseil du Cern depuis 2009. Polytechnicien, il est l'un des pionniers du domaine des astroparticules, liant la physique des particules et l'astrophysique. Il est le codécouvreur de particules très importantes pour les théories physiques, les bosons intermédiaires Z et W. Son dernier livre, *Le LHC peut-il produire des trous noirs ?*, a été écrit avec le physicien Gabriel Chardin suite à la polémique sur la dangerosité du LHC.

Les physiciens du Cern ont annoncé avoir obtenu des « indices prometteurs » de l'existence du boson de Higgs le 13 décembre. Que vous inspire la possible fin de cette quête de plusieurs décennies ?

On ne peut pas encore affirmer l'existence du boson de Higgs, mais l'étau se resserre, et nous devrions pouvoir conclure fin 2012 sur son existence, et sur sa masse (*lire Sciences et Avenir n° 779, janvier 2012*). La découverte d'une particule est un moment incroyable. Celle des bosons intermédiaires, appelés W et Z, en 1983, a constitué ma plus grande joie de chercheur. Nous avons accumulé des données au Cern avant la fermeture hivernale fin 1982. Avec quelques chercheurs, nous avons constitué une *task force* pour dépouiller ces données pendant les fêtes, et nous avons présenté nos résultats dès le redémarrage en janvier. Ces nouvelles particules ont été la clé de l'émergence du « modèle standard », celui qui explique le mieux la physique aujourd'hui. Elles ont, en effet, permis d'unifier deux forces, que nous appelons électromagnétique et nucléaire faible, qui sont devenues la force électrofaible.

Aujourd'hui, avec le boson de Higgs, c'est le chaînon manquant de ce modèle standard qui pourrait être révélé. L'énergie à laquelle on le trouvera me touche aussi plus personnellement : en 2000, je présidais en effet le Conseil scientifique du Grand Collisionneur électron-positon (LEP), auquel devait succéder en 2008 le Grand Collisionneur de hadrons (LHC). Or, des physiciens avaient cru observer le Higgs à l'énergie maximale que pouvait déployer le LEP. Ils avaient donc besoin pour le vérifier de repousser la fermeture de celui-ci, et, par voie de conséquence, de retarder la mise en service du LHC. J'ai néanmoins recommandé l'arrêt du LEP. C'était une décision difficile, certains m'en veulent toujours. Or, si le Higgs est bien à 125 gigaélectronvolts (GeV) comme cela a été annoncé en décembre, cela voudra dire que j'ai eu raison d'arrêter ce dernier car cette masse était alors inaccessible au LEP.

Si on trouve le boson de Higgs, quelles seront les conséquences pour la physique ?

Ce sera le triomphe du modèle standard, la preuve que cette théorie fonctionne parfaitement. Inversement, exclure le Higgs du modèle standard serait une révolution,

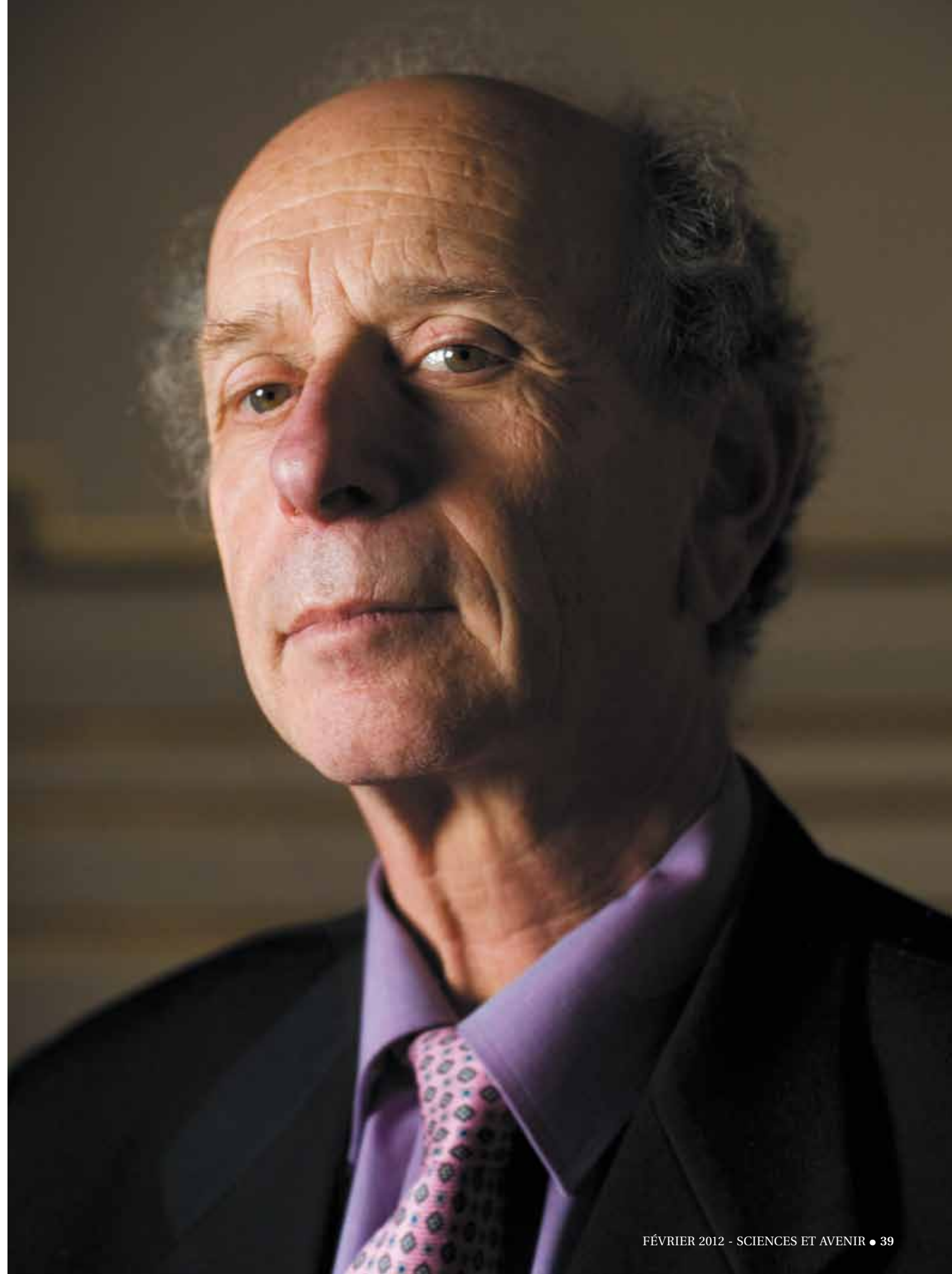
une indication qu'il faut compléter la théorie du modèle standard, voire la remplacer.

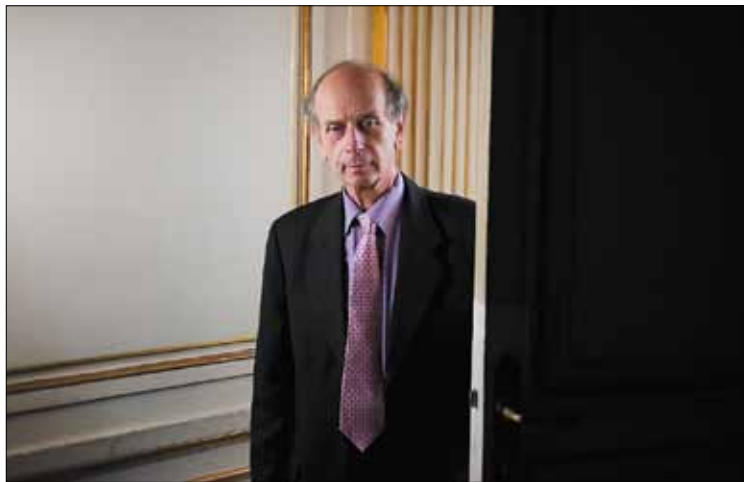
Que reste-t-il d'autre à découvrir en physique des particules ?

Il reste six grandes énigmes en physique des particules et en astrophysique, qui sont deux sujets liés : étudier des particules et la physique à des énergies de plus en plus grandes revient en effet à remonter de plus en plus loin dans le temps, puisqu'on recrée les conditions qui régnaient juste après le Big Bang. Le Higgs devrait nous permettre de résoudre la première énigme, celle de l'origine de la masse des particules. La deuxième est l'antimatière : à chaque particule est en effet associée une antiparticule aux propriétés inversées. Ainsi, l'antiparticule d'une particule négative porte une charge positive. Lorsque les deux se rencontrent, elles s'annihilent en émettant de grandes quantités d'énergie. Cette antimatière existait en même quantité que la matière aux origines de l'Univers. Pourtant, on ne voit pas d'antiétoile ou d'antigalaxie, ou plutôt on ne voit pas de zone frontière entre des galaxies d'antimatière et nos galaxies qui se caractériserait par des événements très violents. Or, si cette antimatière n'a pas été éjectée très loin par la gravité, où est-elle donc passée ? C'est ce que nous étudions au Cern.

N'êtes-vous pas également à la recherche de la matière noire ?

Effectivement, c'est la troisième énigme car la matière telle que nous la connaissons ne suffit pas à expliquer la gravitation (la matière gravitante) dans l'Univers. Nous sommes obligés de faire appel à une matière inconnue, que nous appelons « matière noire » et qui représenterait 25 % de la quantité de matière-énergie de l'Univers alors que la matière « ordinaire » n'en constitue que 5 %. De quoi est faite cette matière noire ? Peut-être de nouvelles particules élémentaires, notamment les particules dites supersymétriques imaginées par les théoriciens, que l'on espère observer au LHC. Nous sommes aussi à la recherche d'une « énergie noire », qui serait responsable de l'expansion accélérée de l'Univers et qui constituerait 70 % de la matière-énergie de celui-ci. Voilà quelques belles énigmes, sans parler de l'impossibilité actuelle de marier la gravitation, déterministe – c'est-à- ●●●





“ Le Cern est présent sur quatre fronts : le Higgs, l'antimatière, la matière noire et les neutrinos ”

●●● dire dont peut prédire le devenir – et la physique quantique, probabiliste, autrement dit où le hasard joue un rôle intrinsèque. Sans oublier le dernier mystère en date, apparu il y a juste quelques mois ! Celui de la vitesse des neutrinos (*lire S. et A. n° 777, novembre 2011*) qui serait plus élevée que celle de la lumière que l'on pensait jusqu'alors indépassable. Ces résultats restent à confirmer. Le Cern est donc sur quatre fronts : le Higgs, l'antimatière, la matière noire et les neutrinos.

Quel avenir tracez-vous pour le Cern ?

Le Cern ne se résume pas au LHC. L'idée qui a présidé à sa création était de forger des outils pour construire l'Europe d'après la Seconde Guerre mondiale, et plus préci-

sément une Europe scientifique. Des visionnaires ont pensé, avec raison, qu'on pouvait le faire au travers de la physique des particules car aucun pays européen ne pouvait y exceller seul. L'Europe étant réalisée, l'idée est désormais de promouvoir une collaboration scientifique mondiale. Fin 2010, nous avons ouvert la possibilité de devenir membre à tous les pays du monde. Six Etats frappent à la porte : la Roumanie, Israël, la Turquie, la Serbie, la Slovénie et Chypre. Nous avons aussi des discussions avec les Etats-Unis, le Japon, la Russie, le Brésil, l'Inde, le Canada et la Chine afin qu'ils deviennent associés. Mon rôle est de favoriser cette ouverture et de réunir tous les Etats membres pour décider de la stratégie européenne à venir pour la physique des particules dans un contexte mondial. Concernant le LHC, nous prévoyons d'ici à 2020-2030 une multiplication par 10 de sa luminosité, afin d'étudier le boson de Higgs avec plus de précision, ou s'il n'est pas découvert, de voir ce qui peut le remplacer.

L'Europe a-t-elle les moyens d'assurer l'après-LHC ?

Il faut d'abord tirer le maximum du LHC. Mais, en parallèle, il faut effectivement envisager une machine complémentaire, envoyant des électrons et des antiélectrons les uns contre les autres, à une énergie de 500 GeV, donc moins puissante que le LHC qui se situe à 14 000 GeV, mais plus précise. Cet accélérateur permettrait d'affiner les connaissances, alors que le LHC est plutôt une machine d'exploration. Mais l'Europe n'est pas prête à construire un tel accélérateur, pour des raisons financières, et les Etats-Unis non plus. Le Japon pourrait être intéressé. Il faut faire de la recherche et développement, pour baisser le coût et augmenter l'énergie. Si aucun pays ne se déclare, le Cern pourrait quand même s'emparer du projet, pour une mise en service vers 2030-2035. L'autre possibilité serait de tripler l'énergie du LHC dans le même tunnel, en augmentant la puissance des aimants, grâce à la technologie développée sur Iter [le projet de réacteur nucléaire à fusion en cours de construction à Cadarache] sur les aimants niobium-étain. Mais il faudrait que leur prix baisse grâce à leur industrialisation. La décision pourrait intervenir vers 2020-2025.

REPÈRES

CERN Organisation européenne pour la recherche nucléaire. Né en 1954, le Cern regroupe vingt Etats-membres. C'est aussi un laboratoire situé près de Genève, à la frontière franco-suisse.

LHC Inauguré en 2008 au Cern, le Large Hadron Collider est un accélérateur de particules. Il projette des protons ou des noyaux d'atomes (notamment de plomb) les uns contre les autres, à une énergie de 14 téraélectronvolts à pleine puissance.

PHYSIQUE QUANTIQUE A l'échelle microscopique, les objets ne sont plus régis par les lois physiques valables à l'échelle macroscopique. Par exemple, l'énergie d'un

électron au sein d'un atome ne peut prendre que certaines valeurs, elle est quantifiée, d'où le nom de physique quantique. Contrairement à la physique traditionnelle, le hasard y joue un rôle irréductible : on ne peut pas dire qu'une particule se trouve à tel endroit, mais seulement qu'elle a une certaine probabilité de s'y trouver à un instant donné.

NEUTRINOS Les neutrinos sont des particules très difficilement détectables émises par des réactions nucléaires, au sein des étoiles comme dans les réacteurs.

BOSON DE HIGGS Imaginé en 1964 par les Belges François Englert et Robert Brout,

puis indépendamment par l'Ecosais Peter Higgs, le boson de Higgs permet de comprendre pourquoi les autres particules ont une masse.

FORCE ÉLECTROFAIBLE Jusque récemment, on dénombrait quatre forces : la force électromagnétique, la force nucléaire faible, responsable de la radioactivité bêta, la force nucléaire forte, qui maintient les quarks ensemble au sein des protons et des neutrons, et enfin la gravitation. La découverte des bosons intermédiaires W et Z en 1982 a permis de montrer que la force nucléaire faible et la force électromagnétique étaient la même, qui a pris le nom de force électrofaible.

Comment fait-on travailler ensemble des gens de cultures aussi différentes au Cern ?

On mélange des cultures, des formations et des cursus très variés ! C'est vrai pour les chercheurs, les ingénieurs et les techniciens. Ces différences sont déjà perceptibles au niveau européen. Sans trop caricaturer, on peut dire que les Italiens amènent une vitalité et une créativité fantastiques ; les Français ont, de par leur tradition d'ingénieurs, une « force de frappe » considérable. De leur côté, les Allemands et les pays nordiques apportent un côté organisationnel très fort et les Britanniques leur pragmatisme. Aujourd'hui, nous découvrons le reste du monde. Les Américains ont une culture d'assurance qualité et savent regarder tous les aspects des coûts. Les Russes ont un dynamisme intellectuel particulier, peut-être lié à la force des mathématiques chez eux et au fait qu'ils utilisent moins l'informatique : ils ont donc gardé des méthodes basées sur le seul esprit humain. Enfin, les Japonais associent l'industrie dès le stade de la recherche et développement. Toutes ces cultures réunies sont une vraie richesse pour le Cern, même si elles amènent aussi parfois des tensions. Et lorsque je vois des jeunes de tous les pays s'enthousiasmer pour un résultat, je mets en avant le côté « émerveillez-vous », et pas seulement « indignez-vous ».

Comment êtes-vous devenu chercheur ?

Mon beau-frère Michel Goldberg, un biologiste qui a travaillé avec Jacques Monod à l'Institut Pasteur, m'a tracé la voie. J'ai étudié à l'Ecole polytechnique, comme lui. J'hésitais entre la physique des particules et l'astrophysique, entre l'infiniment petit et l'infiniment grand, je suis finalement à la frontière des deux. Plus généralement, je viens d'une famille juive émigrée de Pologne, j'ai été élevé dans l'idée que c'est à travers le bagage intellectuel qu'on surmonte les épreuves. Il y avait donc un vrai culte des études.

Quelles sont les retombées de ces recherches en dehors de la physique des particules ?

Le Cern contribue largement à l'innovation : il a développé de nombreux outils collaboratifs mondiaux. Le plus connu est bien sûr le Web, qui est né au Cern en 1989 pour faire travailler les chercheurs les uns avec les autres. Son prolongement est aujourd'hui la « grille de calcul » pour l'analyse des données du LHC permettant de partager les données et la puissance de calcul des utilisateurs répartis en réseau dans une « toile » d'ordinateurs. Nous sommes aussi une plaque tournante pour le développement des logiciels libres, avec l'établissement d'une charte pour leur donner une cohérence. Nous faisons en sorte que les publications scientifiques du Cern soient gratuites pour les chercheurs, afin de favoriser l'accès de la physique des particules aux pays émergents. Nous mettons en place l'accès libre aux données *via* le réseau mondial d'ordinateurs pour traiter les données du LHC. Nous développons le concept de « hardware libre », visant à rendre les circuits électroniques lisibles par tout le monde. Par ailleurs, les détecteurs que nous développons pour explorer les collisions de particules ont des applications en imagerie médicale. Ils sont en train d'arriver dans de nombreux hôpitaux.

Comment continuer à financer des recherches fondamentales en période de crise ?

On ne peut plus se contenter d'arguments de connais-



MA BIBLIOTHÈQUE ÉGOÏSTE

« Gell-Mann, Omnès et Spinoza »

« *La Philosophie de la science contemporaine*, de Roland Omnès, est un livre remarquable sur l'articulation entre le classique et le quantique, donc sur le hasard et la nécessité en physique. Il montre comment l'histoire de l'Univers est faite de bifurcations qui empruntent à la fois au quantique et au classique et comment on passe de l'un à l'autre. De son côté, *Le Quark et le Jaguar* de Murray Gell-Mann porte sur le passage du simple au complexe. L'élémentaire peut en effet être très compliqué – il faut dix ans d'études pour comprendre l'électron, qui est pourtant une particule élémentaire ! –, tandis que des objets complexes peuvent être simples à comprendre. J'ai trouvé des résonances avec l'histoire de ma propre famille dans les *Mémoires* de Georges Charpak, une

personne emblématique, baladée d'un pays à l'autre, se raccrochant à la nécessité d'un bagage intellectuel fort... J'aime bien aussi Etienne Klein, notamment *Les Tactiques de chronos*. Et enfin, *L'Éthique* de Spinoza qui m'inspire d'un point de vue éthique et philosophique : par exemple son analyse du statut des idées par rapport au statut de la matière. En physique des particules, on voit une unité profonde entre la matière et les forces au niveau élémentaire où les mondes de la matière et des lois paraissent indissociables. On "nage" dans l'immanence, l'incorporation des lois à l'objet lui-même. C'est l'opposé de Platon, qui séparait la matière des idées. J'ai l'impression que la science de l'élémentaire et même la science en général deviennent très "spinozistes". »

BERNARD MARTINEZ

sances. L'OCDE va fournir fin 2012 une évaluation des retombées économiques et sociétales du Cern, et plus généralement de la physique des particules. Elle va se focaliser sur ces outils collaboratifs mondiaux, aussi bien les travaux du Cern avec l'industrie que le Web, les logiciels libres, le réseau mondial d'ordinateurs... afin de voir comment cela favorise la croissance mondiale. Le but est de montrer non seulement l'intérêt scientifique, mais aussi l'intérêt économique du Cern. Nous mettons aussi en place un réseau de transfert de technologies piloté par le Cern. Au-delà de l'économie, le Cern contribue à pacifier le monde en rassemblant des gens de tous les pays. Il accueille 60 000 visiteurs par an, des étudiants dans les programmes d'été, des jeunes chercheurs, des scientifiques confirmés, des professeurs. Nous faisons ainsi se rencontrer, par le biais des formations, des étudiants palestiniens et israéliens. C'est aussi aux tout débuts du Cern que les Allemands et les Israéliens ont établi leurs premiers contacts après-guerre. Cet idéal collaboratif, généreux, que porte le Cern, est une autre manière de voir la mondialisation.

Propos recueillis par Cécile Michaut
Photos : Ed Alcock pour Sciences et Avenir