

Vers une globalisation de la recherche fondamentale ?¹

Paul Faugeras

Ingénieur civil de l'Aéronautique, docteur ès sciences

Membre honoraire du CERN

Résumé

Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, la recherche fondamentale, surtout dans le domaine des sciences dites dures, a connu un développement et une évolution remarquables. Nous allons essayer de retracer cette évolution en prenant l'exemple du CERN, le Centre européen de recherches sur les particules, près de Genève, et montrer que c'est révélateur d'une tendance générale pour ce qu'on appelle la «big science» : pour des raisons économiques, mais aussi sociologiques et politiques, les grands instruments de recherche, comme le montrent de nombreux exemples, sont de plus en plus l'objet de collaborations internationales, tant pour leur financement, leur construction que leur exploitation. Quelques conséquences de cette évolution seront évoquées.

Introduction

De tout temps, l'homme a toujours essayé de savoir de quoi la matière était faite, quelles en étaient les briques élémentaires et constitutives : le mot *atome*, d'étymologie grecque, traduit l'idée de particules insécables, idée que l'on trouve déjà en sanscrit. Le début du XX^e siècle a marqué un tournant, avec la théorie de la Relativité, la Mécanique quantique et le modèle atomique qui se sont imposés.

L'atome, l'électron, le noyau à peine découverts, les chercheurs ont voulu savoir s'ils étaient effectivement les composants ultimes. Les seules méthodes alors disponibles étaient l'observation des rayons cosmiques et de leurs avalanches atmosphériques, ou bien le bombardement d'une cible avec des particules aussi énergétiques que possible, en particulier celles produites par des corps radioactifs.

Ces méthodes, un peu artisanales, ont quand même permis de grandes découvertes dans l'entre deux guerres, comme le proton et le positron, mais se sont trouvées vite concurrencées par de nouvelles machines : les accélérateurs de particules, dont les premiers exemplaires datent des années trente.

Après la seconde guerre mondiale, les accélérateurs ont très rapidement supplanté toutes les autres techniques. En effet, le développement des techniques radar et des émetteurs radiofréquences pendant et après la guerre, a permis de réaliser des accélérateurs de plus en plus puissants. On a alors assisté à la découverte d'une floraison de particules, pas toujours «élémentaires». A cette époque de guerre froide, la compétition entre les deux blocs politiques était acharnée : quand un laboratoire de l'un des deux découvrait une nouvelle particule, c'était immédiatement mis au crédit de la supériorité du système politique du bloc auquel il appartenait !

La naissance du CERN

Jusqu'en 1940, l'Europe était à l'avant-garde de ce domaine de la physique : la compétition était alors plutôt entre les pays européens eux-mêmes ! Après la guerre, quelques laboratoires ont essayé de renaître avec difficulté et des ressources plus que restreintes, mais très vite des autorités se sont émues du déclin de la science européenne, les meilleurs étudiants partant aux Etats Unis pour poursuivre leurs travaux dans des conditions acceptables.

C'est ainsi qu'en 1952, une réunion a eu lieu sous l'égide de l'UNESCO et rassemblant des personnalités éminentes en physique, comme Louis de Broglie et Pierre Auger pour la France, Niels Bohr pour le Danemark, Werner Heisenberg et Wolfgang Pauli pour l'Allemagne, Eduardo Amaldi pour l'Italie, etc. Ces discussions eurent pour

¹ Cet article reprend une conférence faite par l'auteur au Cosmos Club de Washington (Etats-Unis), en avril 2007.

résultat la création d'un Centre européen pour la recherche nucléaire, CERN en bref. Dans la charte associée, les Etats signataires s'engageaient à créer un laboratoire commun dédié à la physique des particules et à l'étude de leurs forces d'interaction, grâce à la construction d'un accélérateur d'énergie supérieure à 20 GeV. L'accès à ce laboratoire devait être sans restriction pour les ressortissants des Etats signataires, et le résultat des recherches effectuées rendu public et accessible à la communauté des physiciens.

Une douzaine d'Etats européens ratifièrent cette convention et, la Suisse ayant mis à la disposition du futur laboratoire une cinquantaine d'hectares à Meyrin près de Genève, l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire vit officiellement le jour en 1954 - mais le sigle CERN est resté. Les premiers membres du CERN, quelque deux douzaines, arrivèrent à la fin 1954, suivis rapidement par beaucoup d'autres, tentés par cette aventure européenne. Le premier accélérateur construit, pour se faire la main, était un synchro-cyclotron de 600 MeV et démarra en 1956. Trois ans plus tard, en 1959, le grand synchrotron du CERN était mis en marche et dépassa rapidement 25 GeV, record mondial à l'époque, bientôt rattrapé par le concurrent du CERN construit à Brookhaven, près de New York, puis tous les deux dépassés par une machine russe à Serpoukhov, dans les années soixante-dix.

C'est ainsi que l'Europe reprit sa place avec éclat dans ce domaine de la physique. Grâce à ce premier succès, le CERN put construire d'autres machines complémentaires du premier synchrotron, comme un synchrotron booster, les anneaux de stockage à intersection - première machine du genre - le Super Proton Synchrotron, SPS, qui permit de monter l'énergie des protons à 450 GeV, le collisionneur proton-antiproton, grâce auquel on observa les bosons W^\pm et Z , et enfin un grand anneau de stockage à électrons et positrons, le LEP. Dans le même temps, le CERN, avec d'autres laboratoires, a développé les détecteurs nécessaires pour observer ces interactions de particules : chambres à bulles, émulsions, détecteurs électroniques, etc.

Parallèlement à ce développement technologique, le personnel du CERN a connu, dans ces années, une croissance presque exponentielle : de quelques dizaines de personnes en 1954, on a atteint plus de 3 000 membres dans les années soixante-dix, ce qui était nécessaire pour concevoir, construire, faire fonctionner et entretenir cet immense complexe d'accélérateurs. Ce qui est remarquable, c'est que tous ces personnels, bien que d'origines, de langues, de cultures, de formations diverses, ont su travailler ensemble, constituer des équipes fondées sur la compétence et non sur la nationalité et ont tous œuvré pour l'intérêt supérieur de l'Organisation : chacun, en venant, avait l'impression de participer concrètement à une grande aventure scientifique, mais aussi à la construction de l'Europe.

Le CERN a ainsi acquis une réputation de «centre d'excellence», et la meilleure façon de le marquer fut l'at-

tribution du prix Nobel de physique en 1984 à deux éminents membres du CERN, C. Rubbia et S. van der Meer, pour la découverte des bosons intermédiaires W^\pm et Z . (D'autres prix, Nobel entre autres, suivront...).

Les temps modernes

Les années quatre-vingt-dix ont marqué la fin du XX^e siècle et ont représenté aussi un tournant pour le CERN. En effet, la recherche sur les particules fondamentales n'a plus bénéficié du support implicite des complexes militaro-industriels, tant aux Etats-Unis qu'en Union soviétique, tandis que les besoins financiers des physiciens des particules augmentaient, tant en raison de la taille des machines qu'ils désiraient construire, que de leur complexité. En même temps, d'autres domaines de recherche sont apparus, demandant eux aussi des moyens financiers non négligeables, comme en biologie, en astrophysique, télécommunications, etc.

Paradoxalement, le CERN a traversé cette période plus difficile sans trop de problèmes et a même pris un essor inattendu, grâce à deux événements d'importance inégale et *a priori* sans beaucoup de relations entre eux, mais qui, tous les deux, ont peu à peu transformé le CERN en premier laboratoire mondial.

Tout d'abord, la disparition de l'Union soviétique et l'indépendance retrouvée des pays d'Europe centrale et de l'Est ont amené ces derniers pays à se tourner vers l'Europe occidentale et à montrer par tous les moyens leur volonté d'instaurer chez eux des régimes démocratiques. L'un des moyens les plus simples est de faire partie des organisations mises en place en Europe occidentale - la Communauté européenne, bien évidemment -, mais le CERN est apparu comme plus facile à joindre et un peu comme un premier pas vers cette reconnaissance par l'Ouest des pays d'Europe centrale et de l'Est. Les physiciens des particules, au CERN en particulier, avaient toujours gardé avec leurs collègues de l'autre bloc des liens plus ou moins suivis. C'est ainsi que des discussions approfondies eurent lieu très rapidement après la chute du mur de Berlin, et la Pologne fut le premier Etat de l'ancien bloc soviétique à rejoindre le CERN en 1991, bientôt rejointe par d'autres, Hongrie, République tchèque, etc.

La situation économique de ces nouveaux membres du CERN ne permettait évidemment pas d'apporter de nouvelles ressources financières considérables pour permettre au CERN de poursuivre ses grands projets, entre autres la construction du LHC, le grand collisionneur supraconducteur, alors en projet, mais ces nouveaux Etats membres venaient avec des ressources humaines qualifiées et pouvaient aussi réaliser chez eux certains composants des accélérateurs ou des détecteurs à des prix de revient compensant en partie le manque de ressources financières.

C'est alors qu'un évènement inattendu est venu renforcer ce mouvement de globalisation. A la suite de la découverte au CERN des bosons intermédiaires W^\pm et Z , qui vérifiaient expérimentalement l'unification de la force électromagnétique et la force d'interaction faible, les Etats-Unis se sont sentis dépassés par l'Europe et ont alors décidé de construire un collisionneur supraconducteur géant, le SSC faisant plus de 80 km de circonférence, alors que le CERN achevait le LEP, machine plus petite, dont le but était l'étude détaillée de ces fameux bosons intermédiaires.

Malheureusement pour nos amis américains, le SSC s'est avéré beaucoup plus onéreux et plus long à construire que prévu initialement, en particulier pour les aimants supraconducteurs dont les performances ne répondaient pas aux attentes. Au grand regret de nos collègues américains, le gouvernement des Etats-Unis décida en 1993 d'arrêter la construction du SSC, et les physiciens de ce pays n'avaient plus à leur disposition que des machines, performantes certes, mais qui ne leur permettraient pas de reprendre leur *leadership* dans ce domaine de la physique.

Des discussions eurent alors lieu entre les responsables américains du Department of Energy (DoE) et le CERN : les Etats membres du CERN venaient en effet d'approuver la construction au CERN du LHC, le *Large Hadron Collider*, machine plus petite que le SSC (27 km de circonférence), mais technologiquement beaucoup plus ambitieuse, car basée sur des aimants supraconducteurs refroidis à la température de l'hélium superfluide, soit 1,8 °K, ce qui permet de compenser la petitesse relative de la machine par des champs magnétiques beaucoup plus élevés, pour obtenir l'énergie souhaitée pour les particules accélérées.

En décembre 1996, un accord était ainsi signé entre le CERN et le DoE. Les Etats-Unis obtenaient le statut de membre observateur, ce qui leur permettait d'assister aux réunions des organismes dirigeants du CERN - sans droit de vote toutefois - et s'engageaient à participer à la construction de la machine et de ses principaux détecteurs, à hauteur de 500 millions de dollars. En contrepartie, les physiciens américains pourraient participer aux expériences sur le LHC, au sein des collaborations mises en place.

Cet accord a fait boule de neige et des accords similaires ont été conclus avec le Canada, le Japon, la Chine, la Russie, etc.

Le CERN aujourd'hui

Ces quinze dernières années ont donc vu un changement considérable dans l'organisation du CERN, puisqu'à l'heure actuelle, le CERN comprend :

- une vingtaine d'Etats membres, tous européens, membres de droit du Conseil du CERN et dont la contribution financière est proportionnelle à leur PIB ;
- six Etats non européens, et deux organisations internationales avec le statut d'observateur : Inde, Israël,

Japon, Fédération de Russie, Turquie et Etats-Unis, ainsi que l'Union européenne et l'UNESCO ;

- 35 Etats non membres, du monde entier, qui ont signé un accord de coopération avec le CERN, (*Memorandum of Understanding*), qui permet à leurs ressortissants de participer peu ou prou aux activités de recherche du CERN.

Le CERN a ainsi pris une dimension véritablement internationale que ses pères fondateurs n'avaient pas imaginée, mais les quatre missions fondamentales qu'ils lui avaient assignées sont toujours d'actualité, à savoir :

1. La recherche en physique des particules

La découverte des bosons W^\pm et Z en 1984 n'a pas été la seule découverte d'importance ; d'autres l'ont précédée et suivie, comme l'observation des «courants neutres», la mesure du moment magnétique du muon, la violation de la symétrie CP, le nombre maximum de familles de neutrinos, et la recherche d'oscillations entre familles de neutrinos, voire la création et l'observation d'atomes d'anti-hydrogène, (assemblage d'un antiproton et d'un positron).

Ces résultats ont permis d'avancer dans la compréhension de l'univers, mais inévitablement ont conduit à se poser de nouvelles questions, [1], comme l'origine de la masse et le fameux boson de Higgs, l'unification des forces fondamentales de l'Univers, la raison de la multiplicité des particules «élémentaires», etc. La poursuite des recherches au CERN demande donc des machines, accélérateurs et anneaux de stockage, de plus en plus grands, puissants et donc chers. C'est la motivation principale de la globalisation de ces instruments de recherche et de la mise en commun des ressources nécessaires : la future machine du CERN, le LHC, (*Large Hadron Collider*), qui sera mise en service en 2008, est installée dans un tunnel de 27 km de circonférence (creusé pour la précédente machine, le LEP), traversant la frontière franco-suisse, à quelques 100 m sous terre (fig. 1). Pour construire les aimants principaux, il a fallu utiliser l'équivalent de deux années de la production mondiale d'alliage supraconducteur niobium-titane, et pour fonctionner, le LHC utilisera environ 60 tonnes d'hélium superfluide, à 1,8 °K. Le budget total avoisine les 3 milliards d'euros.

L'observation des collisions entre particules nécessite aussi maintenant des appareillages (dits «détecteurs») de plus en plus complexes et gigantesques, qui dépassent de loin les capacités financières et humaines d'un seul laboratoire. Depuis longtemps, ces détecteurs sont conçus, construits et utilisés par des «collaborations» internationales : chaque laboratoire participant prend en charge une partie du détecteur, qui est assemblé et mis au point au CERN, *in situ*. Il va sans dire que tous les laboratoires participants partagent les résultats de l'expérience conduite par cette collaboration.

Les deux plus grandes collaborations pour le LHC, ATLAS et CMS (fig. 2 et 3), impliquent chacune plus de

1 500 physiciens et ingénieurs, venant de 140 à 160 instituts et laboratoires, répartis dans tout le monde. Ces personnels restent attachés à leur institution d'origine, mais viennent au CERN comme visiteurs, pour installer leur équipement, le tester et participer aux expériences. Au total, il y a actuellement plus de 6 000 visiteurs ainsi recensés au CERN, et on estime que plus de la moitié des physiciens des particules dans le monde sont concernés par le LHC.

2. Les développements technologiques

La conception et la construction de ces grandes machines et des détecteurs associés ont demandé des développements technologiques considérables dans de nombreux domaines. Bien entendu, le CERN a essayé d'utiliser autant que possible les avancées technologiques de l'industrie européenne et mondiale, mais dans certains cas, il a dû entreprendre lui-même ces développements, dont les retombées économiques, peu connues, sont loin d'être négligeables.

Pour illustrer ce point, en restant dans le domaine des détecteurs, il faut savoir que le *World Wide Web*, cette méthode pour naviguer sur l'Internet, a été inventée au CERN, en 1993, par T. Berners-Lee et R. Caillaux, pour permettre à leurs collègues physiciens de partager leurs données expérimentales instantanément et indépendamment des systèmes d'opérations des ordinateurs à chaque extrémité de la liaison. Le CERN a eu la sagesse de ne pas breveter cette invention, ce qui en a permis la diffusion qu'on lui connaît actuellement.

Les expériences du LHC produiront une quantité de données considérable, qu'il faudra pouvoir traiter en grande partie en temps réel. Pour ce faire, le CERN joue un rôle de pionnier dans la mise en réseau de centres de calcul, avec des liaisons à très grande vitesse : c'est ce qu'on appelle le «*grid computing*», qui, à terme, pourrait déboucher sur un Internet de seconde génération, beaucoup plus sûr avec accès sécurisé.

Les développements technologiques pour la construction des accélérateurs sont aussi nombreux, quoique moins spectaculaires. Citons les techniques du vide (c'est au CERN qu'on a obtenu le vide le plus poussé au monde), la supraconductivité et les champs magnétiques élevés, la cryogénie et la production d'hélium superfluide, les techniques métallurgiques, mécaniques et de soudure pour l'assemblage d'aimants supraconducteurs, les méthodes d'alignement de très haute précision sur de grandes distances, etc.

3. Education et formation

Le CERN a toujours été conscient du rôle formateur de la recherche scientifique et technique. Très tôt, il a mis sur pied tout un programme de stages variés, destinés surtout aux étudiants à la fin de leur premier cycle, aux doctorants et à ceux ayant juste obtenu leur doctorat. Ces personnels passent de un à trois ans au CERN, où ils apprennent de nouvelles techniques, le travail en équipe

internationale, puis, normalement, retournent dans leur pays d'origine, où cette formation complémentaire est fortement appréciée, surtout dans l'industrie.

Pour illustrer ce rôle formateur, on peut citer le cas de la collaboration DELPHI (une des quatre expériences installées sur la machine LEP de 1989 à 2000) : pendant toute la durée de cette expérience, plus de six cents thèses de doctorat ont été soutenues par des membres de cette collaboration.

En complément à ce programme, le CERN organise également des «Ecoles d'été», sortes de stages intensifs d'une à trois semaines, sur des sujets spécialisés, comme la physique des accélérateurs, les aimants supraconducteurs, les techniques radiofréquences, la cryogénie et la supraconductivité, les technologies de l'information, etc. Ces écoles sont ouvertes entre autres aux jeunes diplômés, qui peuvent bénéficier de bourses.

4. Collaboration internationale

Les pères fondateurs étaient parfaitement conscients du fait que la constitution d'équipes transnationales, avec des personnes de formation, de culture, de langues différentes, pouvaient aider à dépasser les antagonismes de la dernière guerre mondiale et enrichir chacun de la diversité des autres, quand le but fixé et les tâches à accomplir transcendaient les clivages nationaux.

C'est ce que le CERN a fait, avec quelques règles simples : il n'y a jamais eu de quotas nationaux pour l'embauche d'un fonctionnaire, ce qui était inhabituel alors dans les organisations internationales : on prenait le meilleur postulant pour le poste prévu, à condition qu'il soit ressortissant d'un Etat membre. De cette façon, les équipes qui se sont formées étaient multinationales par nature, et petit à petit, chacun s'est senti «Cernois», œuvrant à une tâche commune avec d'autres et oubliant quelque peu sa nationalité d'origine.

De même, les contrats de fourniture et de service ont toujours été attribués à la firme la moins disante et techniquement valable, après appel d'offres sur spécification technique dans les Etats membres. Là encore, cette pratique était assez inhabituelle à cette époque. Les seules exceptions à cette règle qui ont été admises dernièrement concernent la fourniture, clé en main, de certains composants dans le cadre des accords de coopération avec des Etats non membres.

Les sommes engagées devenant importantes avec les années, les Etats membres ont toutefois exigé assez récemment qu'il y ait un juste retour minimum vers leur industrie nationale. Ceci est obtenu par un ensemble de règles complexes, qui ne facilitent pas la tâche des acheteurs, mais qui, toutefois, ne remettent pas en cause ces grands principes qui ont assuré l'indépendance du CERN.

La collaboration internationale se fait aussi avec des laboratoires nationaux, partout dans le monde, essentiellement avec ceux qui travaillent dans le même domaine de la physique. C'est ainsi, comme nous l'avons déjà noté, que certains laboratoires construisent des parties des

détecteurs qui seront assemblés au CERN, mais aussi des composants des accélérateurs. Des expériences sont aussi faites en commun, ou bien d'abord dans un laboratoire, puis dans un autre. Dans le cas du LHC, cette collaboration ira jusqu'au partage des données des expériences et à leur exploitation commune, en temps réel, grâce aux nouveaux réseaux informatiques.

Bien que ce ne soit pas la motivation primitive du CERN, qui reste la recherche en physique des particules - et si possible la découverte de phénomènes nouveaux - on peut conclure que la collaboration internationale au sein du CERN est une grande réussite, admise et reconnue par les gouvernements et les instances internationales, et qui a dépassé les espérances des pères fondateurs.

Autres exemples de collaboration scientifique internationale

Le CERN a été fondé au moment où l'Union européenne faisait ses premiers pas (CECA, Euratom, Marché commun...), mais sa réussite a servi d'exemple pour la création d'autres institutions internationales dédiées à la recherche, surtout dans des domaines où les investissements à réaliser devenaient importants, alors que les retombées économiques que l'on pouvait attendre étaient négligeables, au moins à court terme.

La première organisation de ce type fut l'EMBO (European Molecular Biology Organisation), créée à la fin des années soixante. Bien que toujours active, cette organisation n'a pas connu le développement et la notoriété que l'on pouvait en attendre, probablement parce que les investissements nécessaires restaient encore à la portée de certains laboratoires nationaux ou privés et que les enjeux économiques des découvertes potentielles dans ce domaine suscitaient la convoitise des grands groupes pharmaceutiques.

La situation était complètement différente dans des domaines de recherche sans application économique immédiate, comme l'astronomie. C'est ainsi que fut créé, à peu près à la même époque que l'EMBO, l'ESO (European Southern Observatory), dont le but était la construction d'un observatoire astronomique, comprenant plusieurs télescopes, dans l'hémisphère austral, plus exactement à La Silla, au Chili, dans un désert à haute altitude, ce qui assure un ciel particulièrement clair. Beaucoup de pays membres du CERN à cette époque ont fait partie des membres fondateurs de l'ESO. En raison du succès des recherches entreprises, on réalise en ce moment la construction d'un instrument encore plus puissant, le VLT (*Very Large Telescope*), qui sera en fait composé de quatre télescopes, chacun avec un miroir de l'ordre de 10 m de diamètre et travaillant en interférométrie, pour décupler le pouvoir de résolution.

Il faut également citer le Laboratoire Pierre Auger, réunissant 17 pays et 370 scientifiques, qui a construit

en Argentine un réseau de 1 600 détecteurs, dispersés sur 3 000 km², pour détecter les gerbes produites par des rayons cosmiques de très haute énergie (supérieure à 4.10¹⁹ eV, impossible à obtenir avec des accélérateurs de particules), et avoir ainsi une idée sur leur origine, des trous noirs gigantesques probablement. Cette collaboration envisage de s'étendre au Colorado pour couvrir une plus grande partie du ciel.

Dans un domaine voisin, signalons l'expérience AMS (*Anti Matter Spectrometer*), conduite par l'Américain S. Ting, prix Nobel, et réunissant des physiciens d'une douzaine de pays, dont le but est d'étudier l'anti-matière, en envoyant un spectromètre dans l'espace avec la navette américaine. C'est l'une des rares expériences, avec le Spacelab, où l'on a une collaboration internationale dans le domaine spatial.

Citons enfin des collaborations plus modestes, n'impliquant que deux ou trois pays, comme la France et l'Italie dans un cas, ou l'Allemagne, les Etats-Unis et la Grande-Bretagne dans un autre, pour la réalisation d'immenses interféromètres optiques dont les bras font plusieurs kilomètres et qui cherchent à détecter les ondes gravitationnelles prédites par Einstein, mais pas encore observées. La recherche sur des oscillations possibles entre familles de neutrinos a également conduit à des collaborations spécifiques (CERN-Gran Sasso, par exemple).

Pour terminer cette revue non exhaustive, il faut citer ITER, (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), décidé en 2007 et qui vise à démontrer la faisabilité d'un réacteur utilisant la fusion d'atomes légers pour produire de l'énergie. Ce qui est remarquable dans ce projet, c'est que les investissements à réaliser sont tellement élevés, quelque 40 milliards d'euros sur dix ans, que les pays participants, l'Union européenne dans son ensemble, les Etats-Unis, le Japon, la Chine, la Russie et la Corée du Sud, ont renoncé à leur propres recherches dans ce domaine, alors que si ce type de recherche débouchait, comme on l'espère, sur des générateurs industriels d'énergie, comme les réacteurs nucléaires actuels, les retombées économiques seraient sans commune mesure avec les investissements consentis.

Un cas particulier : la collaboration SESAME

SESAME est un centre de recherche et de technologie avancée en cours de construction, qui a été déjà décrit partiellement dans cette revue [2]. Il n'atteindra probablement pas la dimension du CERN dans les années qui viennent, mais il a des caractéristiques uniques, qui méritent que l'on s'y attarde quelque peu.

Le sigle SESAME signifie *Synchrotron light source for Experimental Science and Application in the Middle East*. Bien entendu, ce sigle compliqué est une référence à peine déguisée à la légende d'Ali Baba et des 40 voleurs,



Fig. 1 : La machine LHC en rouge, à 100 m sous terre, entre l'aéroport de Genève et le Jura. Les points d'accès de la surface sont les petits cercles. Dans le fond, le lac Léman et le mont Blanc.

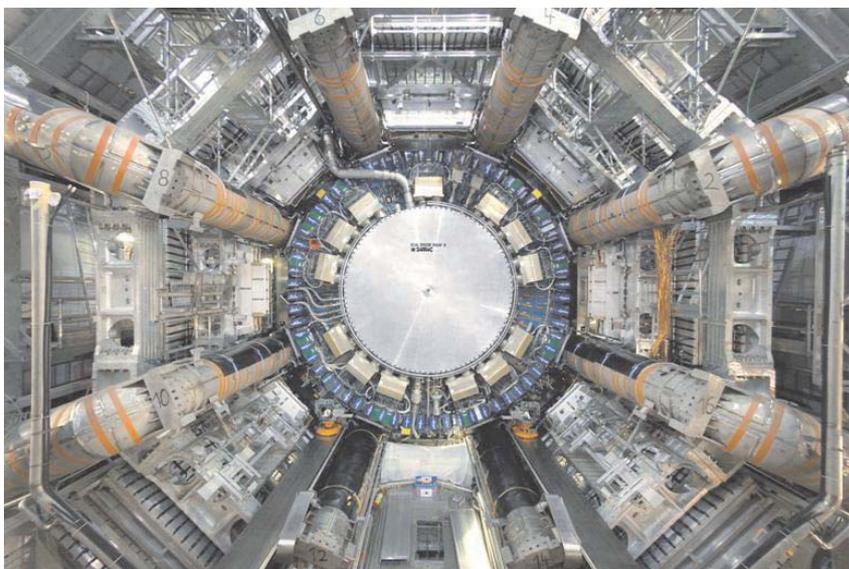


Fig. 2 : Le détecteur ATLAS en cours de finition dans sa caverne (diamètre 25 m, longueur 46 m, poids 7 000 tonnes).



Fig. 3 : La moitié du détecteur CMS dans sa caverne (diamètre 15 m, longueur totale de CMS 21,6 m, poids total 12 500 tonnes).

(Photographies publiées avec l'aimable autorisation du CERN)

car on espère que SESAME ouvrira une porte à la collaboration internationale dans les pays du Proche-Orient.

Au départ, deux physiciens allemands ont suggéré en 1997 de réutiliser les électro-aimants de la machine BESSY de Berlin, qui devait être démontée, pour construire au Moyen-Orient une source de rayonnement synchrotron dans une région du globe où il n'y avait aucun équipement scientifique d'une certaine envergure. La situation dans la région étant tendue, une telle réalisation ne pouvait se faire que sous l'égide de l'UNESCO, et le Pr H. Schopper, ancien directeur général du CERN, a pris la tête d'une croisade pour faire accepter cette idée d'un centre international ouvert à tous les pays de la région, du Maroc au Pakistan. Il a suivi la même démarche que pour la fondation du CERN : création d'un Conseil provisoire, puis approbation par l'UNESCO en 2002 du projet SESAME, qualifié «de projet UNESCO type, alliant la capacité de construction et l'établissement d'une paix vitale à travers la science».

La première pierre fut posée au début de 2003, sur un terrain offert par la Jordanie, qui a aussi pris en charge la construction du bâtiment principal. La charte de SESAME, copiée en grande partie sur celle du CERN, a été mise en place en même temps : tout scientifique ressortissant d'un pays membre de la Collaboration SESAME aura la possibilité de venir sur le site sans discrimination pour pouvoir y exécuter les expériences approuvées par un comité scientifique indépendant.

La source de lumière synchrotron de SESAME, unique au Moyen-Orient, sera une machine de classe mondiale, comparable à la machine SOLEIL, qui vient d'être mise en service en France. C'est en fait un synchrotron à électrons. Une fois accélérés, les électrons sont stockés et passent dans des aimants spéciaux qui perturbent leur trajectoire et produisent ainsi du rayonnement électromagnétique extrêmement intense, cohérent, et dont on peut ajuster la longueur d'onde de l'infrarouge lointain aux rayons X durs. Outre sa simplicité, ce genre de machine permet de faire des études dans des domaines scientifiques variés : physique du solide, des surfaces, métallurgie des poudres, chimie (polymères), biologie (étude de la structure tridimensionnelle de protéines complexes) et même archéologie.

SESAME devrait être opérationnel en 2009. Son coût d'exploitation est modeste et largement à la portée des Etats membres. On verra ainsi des équipes pluridisciplinaires se côtoyer sur les mêmes lignes de faisceau, et des scientifiques de culture et de nationalités différentes apprendre à travailler ensemble, et non plus dans leur laboratoire isolé. Il est permis de penser que les contacts humains iront plus loin : comme le CERN l'a montré, quand deux ou plusieurs personnes que beaucoup de choses séparaient jusqu'alors, se mettent à discuter d'un problème technique commun autour d'une tasse de café, on peut penser qu'un grand pas a été franchi dans la compréhension mutuelle. Déjà, dans les séances préparatoires aux expériences sur SESAME, il n'est pas rare de voir

se côtoyer des Pakistanais, des Turcs, des Israéliens, des Palestiniens, des Grecs,...discutant en toute tranquillité des caractéristiques de leurs futures lignes de faisceau.

Bien entendu, SESAME a aussi un programme de formation, et il est prévu que la très grande majorité des expérimentateurs retournera dans son pays d'origine pour disséminer ses connaissances et redonner ainsi à la science dans cette partie du monde l'éclat qu'elle avait dans les siècles anciens.

Il est difficile de savoir l'impact que SESAME aura dans cette région du monde dans les années qui viennent, mais c'est une initiative qui a le mérite d'exister et doit être encouragée : pour une fois, la science n'est pas utilisée pour forger des armes contre son voisin et le dominer, mais peut servir à la compréhension mutuelle, au moins au niveau d'une certaine élite.

Conclusion

La seconde moitié du XX^e siècle a vu une formidable évolution des sciences et des techniques. En plus des progrès accomplis et des connaissances acquises, l'évolution a aussi été remarquable sur le plan humain. L'homme de science n'est pas resté isolé dans son laboratoire, mais a été amené à constituer de grandes équipes multinationales, voire des laboratoires mondiaux. Il y a été conduit par nécessité : non seulement la recherche et les outils nécessaires coûtent de plus en plus chers, mais d'autres domaines sont venus contester la suprématie de la recherche dans les sciences «dures», la physique en particulier. C'est le cas des sciences de la vie, biologie, génétique, etc. qui ont l'énorme avantage de parler beaucoup plus facilement au grand public. Les autres sciences n'ont eu comme ressource que de se grouper en grandes unités mais en petit nombre. Cette évolution inéluctable n'a pas que des inconvénients, au contraire, comme le faisait remarquer Abdus Salam, l'un des promoteurs du Modèle Standard et prix Nobel, qui notait : «La science et la technologie sont cycliques. Elles sont un héritage partagé de toute l'humanité. L'Est et l'Ouest, le Nord et le Sud ont tous également participé à leur création dans le passé, comme nous espérons qu'ils le feront dans le futur - l'effort conjugué en sciences devenant l'une des forces d'unification entre les divers peuples de la planète.»

Références

- 1 ELLIS J. - Le programme LHC, Actes du colloque «Méditerranée : le partage du savoir», *Sciences* N° 2005-2, pp. 5-7.
- 2 SCHOPPER H. - Introduction à Sesame, *ibid.*, pp.13-17.

Paul Faugeras

c/o AFAS - 45 rue Héricart - 75015 Paris