

## LA DIPLOMATIE EN SCIENCES

PAR

JEAN AUDOUZE (\*)

Les intellectuels, les artistes et les scientifiques ont cherché pour la plupart et de tout temps à voyager, parfois très loin, et à fréquenter des milieux ou des pays qui leur étaient étrangers. C'est ainsi qu'à l'Antiquité, la Bibliothèque et le Musée d'Alexandrie accueillait les savants venant de toutes les contrées alors connues. Au Moyen Age, l'Italien Thomas d'Aquin fut l'un des maîtres les plus réputés de l'Université de Paris. Au XVII<sup>e</sup> siècle, l'astronome danois Roëmer proposa la première mesure de la vitesse de la lumière à l'Observatoire de Paris. Rappelons aussi que le physicien néerlandais Huygens qui établit à la même époque la nature ondulatoire de la lumière serait devenu français si l'Edit de Nantes n'avait pas été révoqué par Louis XIV. Les séjours dans des cours étrangères de Descartes, Diderot, Maupertuis et quelques autres corroborent également cette constatation.

Il y eut au moins une exception à cette internationalisation de la science, qui survint avant ou pendant les grands conflits du XX<sup>e</sup> siècle : les scientifiques français furent mobilisés par la patrie à l'issue de la guerre de 1870 par la création de l'Association française pour l'avancement des sciences (l'AFAS), dont le but était alors de mettre la science au service de la défense nationale. Les physiciens nucléaires américains se rassemblèrent autour du projet «Manhattan», dont le résultat fût la construction des bombes qui frappèrent Hiroshima et Nagasaki. Ces «parenthèses» mises à part, la science a donné lieu à la mise en place de structures et d'organisations internationales fournissant aux différentes communautés concernées des moyens d'investigation puissants. La recherche scientifique est, en effet, un domaine où la compétition et la concurrence se «marient» avec une coopération et une collaboration entre chercheurs qui leur permettent d'accomplir de véritables prouesses. De plus, plusieurs disciplines comme la physique nucléaire, la physique des particules, l'astronomie et plus récemment la physique spatiale et la fusion contrôlée mobilisent des budgets importants. Les États, comme les scientifiques, trouvent avantageux de se réunir autour de ces très grands projets, qui ne peuvent être financés et opérés qu'à l'échelle internationale.

(\*) Astrophysicien, directeur de recherche émérite au CNRS (France) et actuellement président de la Commission nationale française pour l'UNESCO (CNFU).

Le propos de cette contribution est de passer en revue les principales négociations diplomatiques qui ont eu lieu depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, cela, en suivant un ordre plus ou moins chronologique. Nous évoquerons donc tour à tour l'histoire du Centre européen de recherche nucléaire (CERN), qui naquit au début des années 1950, puis la collaboration spatiale, avec la création de l'Agence spatiale européenne (ESA), sans oublier une allusion à la coopération spatiale franco-soviétique, aux négociations réussies entre la NASA et l'ESA concernant par exemple le Télescope spatial Hubble et l'exploration de Saturne et de son voisinage par la mission Cassini-Huygens, et au comité scientifique spatial international (COSPAR). Ensuite, nous nous intéresserons à la construction et à l'opération de grands télescopes, qui ont donné également lieu à des négociations internationales : de plus, les astronomes du monde entier (environ 6 000 professionnels) sont rassemblés dans l'Union astronomique internationale (UAI), laquelle est parfois conduite à prendre des décisions retentissantes comme celle de déclasser Pluton, qui n'est plus considérée depuis 2006 comme une planète à part entière. Compte tenu des budgets qui y sont engagés, il conviendra également de parler ici du projet de fusion contrôlée ITER (International Thermonuclear Reactor). Enfin, cette étude se terminera par une section consacrée à la politique de recherche européenne et par l'évocation des programmes scientifiques de l'UNESCO.

### LE CERN

L'histoire du CERN est étroitement liée à celle de l'UNESCO qui, dans cette affaire, a parfaitement joué son rôle de promotion d'un grand projet international. Il convient de rappeler que, à l'issue de la Seconde Guerre mondiale, quelques scientifiques comme le Français Louis de Broglie et l'Italien Eduardo Amaldi plaidaient en faveur de la création d'un laboratoire de physique européen. C'est effectivement en juin 1950, lors de la 5<sup>e</sup> conférence générale de l'UNESCO à Florence, que le prix Nobel de physique américain Isidore Rabi indiqua que son pays était prêt à aider les Européens à reconstruire leur capacité de recherche en physique nucléaire. On peut dire que l'Europe vient de «rembourser sa dette» dans ce domaine, puisque les physiciens des particules américains ont également accès au grand collisionneur à hadrons LHC que nous évoquerons à nouveau dans la suite. Il faut en effet rappeler que les Etats-Unis avaient abandonné au début des années 1990 la construction d'un accélérateur de particules encore plus ambitieux, qui aurait dû être installé au Texas et qu'ils ont été amenés ultérieurement à solliciter leur participation au LHC auprès du CERN.

C'est donc en 1950 que le grand physicien français Pierre Auger, qui est également à l'origine de l'Agence spatiale européenne (ESA) et du Centre

national d'études spatiales (CNES), va prendre les décisions administratives et diplomatiques pour faire avancer le projet issu de la réunion de Florence, dans le cadre de sa fonction de directeur des programmes des sciences exactes et naturelles de l'UNESCO, qu'il a occupée de 1948 à 1959. De 1950 à 1954, d'intenses négociations ont lieu visant à la construction d'un accélérateur nucléaire et non d'un réacteur. En juin 1954, la convention portant création du CERN et décidant son implantation à Genève est signée entre les douze pays suivants : Allemagne, Belgique, Danemark, France – co-pays hôte, puisque les installations du CERN vont s'étendre sur son territoire dès le milieu des années 1960, la plus grande partie du grand anneau de 27 km de circonférence du LHC se trouvant même en France –, Grèce, Italie, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède, Suisse – co-pays hôte – et Yougoslavie (1). La date de naissance effective du CERN est le 29 septembre 1954.

Après la pose de la première pierre du bâtiment en juin 1955, le synchro cyclotron de 600 MeV (2) entre en service en 1957; le synchrotron à protons PS de 28 GeV commence à être exploité en 1959 et demeurera l'accélérateur le plus puissant au monde pendant plusieurs années – cet instrument se consacrera à l'étude des neutrinos (3), une « spécialité » du CERN. Un super synchrotron de 300 GeV (SPS) sera construit en 1971 et sera transformé en un collisionneur proton – antiproton en 1981, année pendant laquelle les Etats membres décident la construction d'un grand collisionneur électron-positon (4) (LEP), pour lequel il faudra creuser ce grand anneau ayant pratiquement la taille du boulevard périphérique parisien. En 1983, a lieu la grande découverte des bosons (5)  $W^+$  et  $W^-$  et  $Z$  neutre par Carlo Rubbia et Simon van der Meer qui obtiendront le prix Nobel de physique l'année suivante grâce à ces mises en évidence. L'existence de ces particules démontre l'unification possible de l'interaction électromagnétique et l'interaction nucléaire faible (la radioactivité), que Sheldon Glashow, Abdus

(1) La Yougoslavie se retirera en 1961 pour des raisons financières. L'Autriche et l'Espagne rejoindront le CERN, la première en 1959 et la seconde en 1961, puis, en 1983, après une « sortie » de 1963 à cette année-là. La Finlande et la Pologne adhéreront en 1991, la Hongrie en 1992, la République tchèque et la Slovaquie en 1993, ce qui porte à 19 le nombre de pays membres.

(2) Le MeV est une unité d'énergie correspondant à un million d'électron-Volt – l'électron-Volt est l'énergie d'un électron soumis à une différence de potentiel d'un Volt. Le GeV correspond, lui, à une énergie d'un milliard d'électron-Volts. Signalons que la masse du proton et celle du neutron sont approximativement égales à 1 GeV.

(3) Le neutrino est une particule élémentaire de très faible masse et qui interagit très faiblement avec la matière nucléaire. Elle est produite lors de la transformation radioactive d'un proton en neutron ou l'inverse.

(4) Le positon est l'antiparticule de l'électron, qui a la même masse, mais qui possède une charge électrique opposée.

(5) Les bosons sont les particules qui obéissent aux lois de Bose-Einstein : on peut les produire au même lieu et à la même énergie en nombre indéterminé. C'est le cas des grains de lumière que sont les photons, par exemple. Ils s'opposent aux fermions, qui relèvent de la statistique de Fermi-Dirac et qui subissent le principe d'exclusion de Pauli : deux fermions au plus peuvent se trouver au même endroit avec la même énergie. Les constituants de la matière que sont par exemple les protons, les neutrons et les électrons, sont généralement des fermions.

Salam et Steven Weinberg avaient postulé quelques années auparavant sur une base théorique. Le LEP sera effectivement mis en service en 1989 et j'ai personnellement le souvenir d'avoir accompagné le président Mitterrand à son inauguration le 13 novembre de cette année et de lui avoir préparé son discours. Enfin, en 1991, les Etats membres approuvent la construction du LHC, qui sera inauguré en septembre 2009. Au moment où je rédige ces lignes, les physiciens du LHC annoncent qu'ils auraient vraisemblablement mis en évidence l'existence du fameux boson de Higgs que les théoriciens invoquent pour rendre compte des masses des particules élémentaires et qui pourrait être le principal constituant de la matière «sombre», non nucléaire, dont la densité devrait être dix fois supérieure à celle de la matière constituant la partie visible de l'univers.

### L'ESPACE

L'exploration spatiale fut évidemment l'objet d'une intense compétition entre l'URSS, qui réussit le premier vol de satellite artificiel (le célèbre Spoutnik) en octobre 1957 et les Etats-Unis, qui permirent à plusieurs de leurs cosmonautes de fouler le sol de la Lune de 1969 à 1973. Elle donna lieu aussi à de nombreuses négociations internationales. Nous recommandons la lecture du livre d'Arlène Ammar-Israël et Jean-Louis Fellous intitulé *L'Exploration spatiale – au carrefour de la science et de la politique*, qui, paru en novembre 2011 chez CNRS Editions, détaille la plus grande partie de ces discussions et de leurs résultats. La longue et productive collaboration entre la France et l'URSS en matière spatiale, voulue par le général de Gaulle, est bien décrite dans cet ouvrage. Les bénéfices de cette coopération concernent principalement l'exploration des planètes Mars et Vénus, ainsi que l'étude de la comète de Halley au moment de son retour près du Soleil en 1986.

Intéressons-nous maintenant à la naissance et aux activités marquantes de l'Agence spatiale européenne. A la fin des années 1950, les efforts «spatiaux» des pays européens tels que le Royaume-Uni et la France sont bien modestes par rapport à ceux des Etats-Unis et de l'URSS. Fin 1960, une conférence à Meyrin (Suisse) rassemblant 11 pays européens met en place une commission préparatoire européenne pour la recherche spatiale. Cette commission décide en 1962 la création de l'ESRO (European Space Research Organisation), qui doit construire des satellites. Dans le même temps est envisagée la création de l'ELDO (European Launcher Development Organisation), chargée de développer des lanceurs. A cette époque, Pierre Auger est président du CNES français depuis 1962 et préside de 1962 à 1967 le Conseil européen de recherches spatiales, qui supervise ces deux organisations. Ces dernières voient effectivement le jour en 1964, mais ne remportent que des succès très limités. En 1968, grâce en grande

partie à Pierre Auger, on réfléchit à la création d'une agence spatiale unique qui reprendrait les attributions de l'ESRO et de l'ELDO. Un accord est conclu en 1973 visant à financer : 1) un projet de lanceur qui aboutira aux fusées Ariane à la fin des années 1970 et dont la maîtrise d'œuvre est confiée au CNES ; 2) un module de la navette américaine Spacelab pour l'Allemagne fédérale et un satellite océanographique pour la Grande-Bretagne. Finalement, l'Agence spatiale européenne est fondée le 31 mai 1975. C'est ainsi que j'ai accompagné le président François Mitterrand au 25<sup>e</sup> anniversaire de l'ESA en mai 1990 et également préparé son allocution d'alors.

L'ESA rassemble 19 pays membres : la France, qui contribue à 28 % de son budget, l'Allemagne à 21 %, l'Italie à 13,5 %, la Grande-Bretagne à 8,1 %, l'Espagne et la Belgique à 5,7 %, la Suisse à 3,3 %, les Pays-Bas à 3,1 %, la Suède à 2,1 %, l'Autriche et la Norvège à 1,1 %, le Danemark à 1 %, la Finlande à 0,7 %, la Grèce, l'Irlande et le Portugal à 0,4 % ; enfin, le Luxembourg à 0,1 %. Le budget de l'ESA se monte à 4 milliards d'euros et son personnel représente 1 900 personnes. Son siège est à Paris, mais sa principale implantation se trouve aux Pays-Bas. Son directeur général actuel est un Français, Jean-Jacques Dordain.

Parmi les réussites les plus significatives de l'ESA, outre son programme d'observation de la Terre et son programme réussi de fusées Ariane (4 puis 5), qui est actuellement celui qui domine le marché mondial, évoquons les succès de son programme scientifique, Cosmic Vision, qui, mobilisant 11 % des ressources de l'Agence, fut en grande partie élaboré par le directeur des programmes scientifiques des années 1980 et 1990, notre compatriote Roger-Maurice Bonnet. Concernant le Soleil lui-même, mentionnons la sonde Ulysses, qui survola les pôles du Soleil et analysa ses champs magnétiques ainsi que le vent solaire pendant la période 1990-2009. Puis, la sonde SOHO observa dès les années 1995 l'héliosphère solaire et donna lieu à une coopération ESA-NASA. Le lancement d'un orbiteur solaire destiné à étudier précisément l'atmosphère solaire est prévu en 2017. Concernant le système solaire, rappelons le succès de la mission Giotto, qui observa la comète de Halley à son retour à proximité du Soleil en 1986, ainsi que ceux des missions Mars Express lancé en 2003 et Venus Express lancé en 2006. Au cours des années 2003-2006, la sonde SMART-1 analysa la composition chimique du sol lunaire. Une coopération ESA/NASA, qui débuta en 1997, fut particulièrement fructueuse dans l'exploration de Saturne et son environnement, en particulier son satellite principal du nom de Titan : la NASA conçut le satellite principal du nom de Cassini, qui continue encore à présent à étudier de façon globale cet environnement. Mon collègue André Brachic décrit dans ses ouvrages les apports considérables de cette sonde. L'ESA, de son côté, construisit le module Huygens qui, embarqué par Cassini put, après avoir été largué par cette dernière, se poser en douceur sur

le sol de Titan (6) et en rapporter d'étonnantes et précieuses observations. Une sonde du nom de Rosetta lancée en 2004 doit atterrir en douceur en 2014 sur le noyau de la comète 67P/ Tchourioumov-Guerassimenko et être en mesure d'analyser sa composition chimique. A la fin de la décennie 2010, la mission Bepi Colombo doit explorer la surface de la planète Mercure et sa magnétosphère. Au début des années 2020, une mission doit être lancée en direction des satellites galiléens de Jupiter (Io, Europe, Ganymède et Callisto).

Si on se tourne vers ce que les chercheurs spatiaux appellent l'astrophysique, c'est-à-dire tout ce qui se trouve au-delà du système solaire, les succès ne sont pas moindres : 1) le télescope spatial IUE (International Ultraviolet Explorer), qui observa le ciel en ultraviolet de 1978 à 1996 et fut pendant un temps le fournisseur le plus prolifique de publications scientifiques; 2) EXOSAT, qui étudia les rayonnements X de 1983 à 1986; 3) Hipparcos, qui réalisa la cartographie très précise des 100 000 étoiles les plus proches de nous de 1989 à 1993; 4) ISO (pour Infrared Space Observatory), qui observa principalement le milieu interstellaire en infrarouge de 1995 à 1998 et dont notre compatriote Catherine Cesarsky fut l'une des investigateurs principaux; 5) l'ESA prit une participation de 15% dans le télescope spatial Hubble (HST), qui fut mis sur orbite en 1990, en fournissant la caméra à grand champ – l'un des quatre détecteurs au foyer dudit télescope –, ainsi que les panneaux solaires destinés à lui fournir l'énergie électrique indispensable à son fonctionnement. Les succès de HST dans l'exploration du ciel sont mondialement connus et de nombreux Français y contribuèrent. 6) la sonde spécialisée en rayons X du nom de XMM-Newton fonctionne depuis 1999 et celle du nom d'Integral, qui mesure les rayonnements gamma les plus énergétiques est en opération depuis 2002; 7) le 14 mai 2009, une fusée Ariane 5 emporta dans l'espace les satellites Herschel et Planck – le premier observe l'infrarouge lointain et le submillimétrique, le second est dédié à l'analyse des irrégularités du fond diffus cosmologique avec une précision dix fois meilleure que celle de son prédécesseur WMAP (7); début 2012, l'équipe scientifique dirigée par Jean-Loup Puget va certainement dévoiler des informations inédites sur le Big Bang et l'existence éventuelle d'autres univers que le nôtre; 8) un satellite qui doit prendre la suite d'Hipparcos, du nom de Gaia, doit être en mesure de cartographier un milliard d'étoiles; 9) signalons enfin deux projets futurs, l'un à l'horizon 2019-2020, Euclid, qui est conçu pour étudier la distribution de la matière noire non nucléaire, donc invisible, l'autre, LISA,

(6) Titan a une atmosphère très épaisse, comme Vénus et la Terre, et certains imaginèrent qu'il pourrait abriter la vie au cas où sa température augmenterait.

(7) Pour Wilkinson Microwave Astronomical Probe, du nom d'un astrophysicien de Princeton ayant beaucoup œuvré pour analyser ce rayonnement «fossile».

vers 2025, à savoir un ensemble de trois satellites cherchant à détecter des ondes gravitationnelles émises lors de phénomènes violents.

Beaucoup d'autres collaborations bilatérales (France-Japon, France-Chine...) ou multilatérales ont été, sont et seront nouées avec différents objectifs tels que par exemple la Station spatiale internationale à dominante américaine et russe, mais avec une forte composante européenne... Mentionnons enfin le Comité international de science spatiale (COSPAR), qui réunit les scientifiques du monde entier utilisant le spatial à des fins astronomiques, océanographiques, biologiques ou encore pour observer la Terre ou pour se livrer à des expériences de physique fondamentale telles que celles qui cherchent à vérifier la théorie de la relativité d'Einstein. Le COSPAR se réunit pendant huit jours tous les deux ans pour faire le point des recherches en cours dans tous ces domaines. Je suis le représentant français au Conseil de cette organisation internationale depuis 1996.

### L'ASTRONOMIE

Dans un article consacré au renouveau de l'astronomie européenne grâce à l'avènement de l'Observatoire européen austral (ESO), Catherine Cesarsky et Claus Madsen (8) remarquent que l'astronomie est «européenne» jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, mais qu'au début du XX<sup>e</sup> siècle les États-Unis prennent la première place avec la construction, en 1908, du télescope de 2 m du Mont Wilson, au nord de Los Angeles, et les succès remportés par Hubble et les astronomes rassemblés autour de lui. Cette prééminence est confortée par la construction du télescope de 5 m du Mont Palomar au sud de la Californie, qui sera le plus grand au monde de 1947 jusqu'à 1976, année au cours de laquelle les Soviétiques mettent en service un télescope de 6 m près de Zelenchukskaya, dans le Caucase. De plus, les États-Unis disposent d'autres grands moyens d'observation comme les observatoires de Kitt Peak (Arizona), Lick (Californie) ou Yerkes (Illinois). Des institutions comme le California Institute of Technology (Caltech) à Pasadena ou les universités de Princeton (New Jersey), de Chicago ou de Berkeley (Californie) rassemblent une grande partie des meilleurs astrophysiciens du XX<sup>e</sup> siècle. De plus, l'avance prise en matière spatiale par les États-Unis à partir du début des années 1960 leur permet de maintenir leur suprématie dans à peu près tous les domaines de l'astronomie.

Comme on l'a vu pour le CERN et pour l'ESA, les Européens cherchent à «réagir» au cours des années 1950-1960 : l'idée d'établir un grand observatoire européen émergea en 1953 de discussions entre l'Allemand Walter Baade et le Néerlandais Jan Oort. Le 26 janvier 1954, douze astronomes

(8) Cet article constitue les pages 97 à 113 du livre intitulé «Organizations and Strategies in Astronomy», publié en 2006 par Springer sous la direction de A. HECK *et al.*

appartenant à six pays européens (9) et réunis à Groningue (Pays-Bas) signèrent une déclaration selon laquelle «*il n'y a pas de tâche plus urgente pour les astronomes que d'installer dans l'hémisphère austral (10) de puissants instruments*». Il faudra attendre encore plus de huit ans pour que l'ESO soit effectivement fondé le 5 octobre 1962.

La première implantation de l'ESO fut La Silla, non loin de la Serena, au centre du Chili, qui fut acquis en octobre 1964. A côté de plusieurs télescopes «nationaux», l'ESO a la responsabilité de trois grands télescopes : un télescope de 3,6 m, entré en service en 1976, un autre de 2,2 m, qui débuta ses observations astronomiques en 1984, et le NTT (New Technology Telescope) de 3,5 m qui, entré en service en 1989, servit en particulier pour tester les dispositifs mis en place sur le VLT (Very Large Telescope) du Mont Paranal au nord du Chili, la deuxième implantation de l'ESO. En effet, après avoir rasé le sommet de cette montagne au début des années 1990, l'ESO y disposa une batterie de quatre télescopes de 8,2 m de diamètre, qui furent construits de 1998 à 2001, à raison d'un par an. Grâce à son système d'optique adaptative – correction automatique par ordinateur des aberrations optiques pouvant survenir pendant les observations –, cet ensemble appelé donc le VLT, équivalent à un télescope de 16 m de diamètre, est aujourd'hui le télescope au sol le plus performant au monde, dépassant ainsi les deux télescopes Keck de 10 m de diamètre, opérés depuis 1993 et 1996 sur le Mauna Kea de la Grande Ile d'Hawaï par le Caltech et l'Université de Californie.

Aujourd'hui, quinze Etats sont membres de l'ESO : outre les six pays mentionnés plus haut, la Suisse est devenu membre en 1981, l'Italie en 1982, le Portugal en 2000, la Finlande en 2004, l'Espagne en 2006, la République tchèque en 2007, l'Autriche en 2008 et le Brésil en 2010. Le siège de l'ESO se trouve à Garching dans la banlieue de Munich. Catherine Cesarsky fut la directrice générale de l'ESO de 1999 à 2007. C'est elle qui a inauguré effectivement le VLT. C'est également au cours de son mandat que l'ESO s'est associé aux Etats-Unis et, dans une moindre mesure, au Japon, pour construire le grand réseau millimétrique Atacama (ALMA (11)) : il s'agit d'un interféromètre observant le ciel dans les ondes millimétriques et sub-millimétriques constitué de 66 antennes, dont la masse de chacune est de 115 tonnes, disposées à 5 100 m d'altitude sur un haut plateau du désert d'Atacama au Chili. La première antenne arriva sur le site et l'observatoire est entré en service le 3 octobre 2011, avec le tiers (22) des antennes prévues.

(9) L'Allemagne, la Belgique, la France, les Pays-Bas et la Suède, qui seront les cinq pays fondateurs de l'ESO. La Grande-Bretagne était présente à cette réunion, mais ne rejoindra cette organisation qu'en 2002.

(10) Le ciel de l'hémisphère austral contient de nombreux astres particulièrement intéressants, comme les régions centrales de la Voie Lactée (notre Galaxie) ou encore les deux Nuages de Magellan, qui sont deux galaxies de forme irrégulière, satellites de la nôtre.

(11) L'acronyme de Atacama Large Millimeter Array.



Pour compléter ce survol « diplomatique » de l'astronomie, rappelons que la France possède, avec le Canada et l'Université d'Hawaï (12), un télescope de 3,6 m, qui, entré en opération en 1979, fut le premier instrument de la sorte à être placé à 4 200 m d'altitude au sommet du Mauna Kea de la Grande Ile d'Hawaï. La même année, l'Institut de radioastronomie millimétrique (l'IRAM) était créé entre la France, l'Allemagne et l'Espagne. Cet institut, qui possède deux bureaux, l'un à Grenoble et l'autre à Grenade, opère un radiotélescope millimétrique à Pico Veleta, en Espagne, et un interféromètre également millimétrique, sur le Plateau de Bures dans les Alpes.

Les plus de 6 000 astronomes du monde entier sont réunis dans l'Union astronomique internationale (UAI), qui tient son assemblée générale tous les trois ans. C'est lors de celle de 2006 que l'UAI décida de déclasser Pluton, qui n'est plus considéré comme une planète – le système solaire ne compte désormais que huit planètes –, mais est entré dans la catégorie des « planètes naines noires ». C'est également au cours de la même assemblée générale que l'UAI, en collaboration avec l'UNESCO, décida de demander aux Nations Unies de déclarer 2009 comme l'Année mondiale de l'astronomie, puisqu'elle marqua le 400<sup>e</sup> anniversaire de la lunette de Galilée.

#### LA FUSION NUCLÉAIRE CONTRÔLÉE ET LE PROJET ITER

Il y a deux façons de produire de l'énergie nucléaire : soit par fission d'éléments lourds radioactifs, tels que l'uranium 235 – c'est le procédé mis en œuvre dans les centrales nucléaires du monde entier ; soit par fusion de noyaux d'atomes légers, qui se transforment en noyaux d'atomes plus lourds, comme la fusion de quatre noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium. C'est grâce à ce processus que le Soleil brille depuis 4,5 milliards d'années sans changer d'aspect et qu'il pourra encore le faire pendant 5 autres milliards d'années. Les scientifiques souhaitent, évidemment, maîtriser sur Terre ce processus, qui est en œuvre à l'intérieur de toutes les étoiles. Il convient pour ce faire d'être en mesure de porter un plasma (gaz ionisé conducteur électriquement) par exemple de deutérium – dont le noyau est fait d'un proton et d'un neutron – et de tritium (13) (un proton et deux neutrons) à très haute température (supérieure à 100 millions de degrés). Dans ces conditions, ces deux noyaux donnent naissance à un noyau d'hélium et à un neutron tout en libérant une énergie considérable.

(12) Dans la société du CFHT (Canada, France, Hawaï Telescope) que j'eus l'honneur de présider en 1985 et 1986, la France et le Canada détiennent 42,5 % des actions chacun et l'Université d'Hawaï les 15 % restant.

(13) Le tritium est un élément radioactif qui se désintègre en hélium 3 après une période d'environ 12 ans.

Deux procédés sont envisagés pour ce faire : d'une part, le confinement inertiel – l'énergie est apportée par de la lumière laser (14)–; d'autre part, par confinement magnétique – d'intenses champs magnétiques forcent le plasma à se comprimer et le portent aux températures propres à déclencher la fusion. On appelle «tokamak (15)» ce genre de dispositif, dont le plus grand à l'heure actuelle, le JET (16), européen, une machine de 2 800 tonnes et de 3 m d'envergure, située à Abingdon, près d'Oxford et financée par la Grande-Bretagne, la France, l'Italie et le Benelux : elle fut inaugurée en 1984 et le plasma atteint 100 millions de degrés en 1986. La première fusion contrôlée fut atteinte en novembre 1991. Depuis 2004, les travaux sur JET ont pour objet de contribuer au développement du projet ITER (17).

Ce projet ITER rassemble la plus grande communauté internationale autour de lui, à savoir l'Union européenne, la Russie, les États-Unis, le Japon, la Chine, l'Inde et la Corée du Sud. Après d'intenses négociations, le site retenu fut celui de Cadarache en 2006, alors que le poste de directeur général revint au Japon. Les promoteurs espèrent en terminer la construction autour de 2020, mais son coût risque d'être pharaonique (peut-être 30 milliards €), ce qui entraîne l'hostilité d'une grande part de la communauté des physiciens.

#### L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE EUROPÉENNE

La recherche européenne mériterait à elle seule un développement aussi important que cette contribution dans son ensemble. Nous nous limiterons ici aux programmes-cadres de Recherche & Développement de l'Union européenne (les PCRD), ainsi qu'à l'initiative EUREKA, visant à soutenir la coopération européenne en matière de technologie.

Le 25 juillet 1983, une résolution du Conseil européen institue des programmes-cadres pour des activités communautaires de recherche, de développement et de démonstration et lance le 1<sup>er</sup> PCRD pour la période 1984-1987. Les recherches concernées sont celles qui sont trop importantes pour être menées à bien au niveau national ou encore celles qu'il est avantageux d'entreprendre de façon collective. Le principe de subsidiarité s'applique, c'est-à-dire que le PCRD ne finance pas en principe les recherches pouvant être accomplies au niveau national. Nous en sommes aujourd'hui au 7<sup>e</sup> PCRD, qui couvre la période 2007-2013. Le budget alloué pour ces sept

(14) Pour le moment, ce procédé est développé à des fins militaires (simulation des armes nucléaires) par la France, avec son Laser Mega Joule du CEA au Barp (33), et par les États-Unis, qui ont terminé la construction de leur NIF (National Ignition Facility) à Los Alamos.

(15) C'est l'acronyme d'une expression russe proposée dans les années 1950 par les physiciens I. Tamm et A. Sakharov, voulant dire chambre toroidale avec bobines magnétiques.

(16) Joint European Torus ou Tore Commun européen.

(17) International Thermonuclear Experimental Reactor ou Réacteur thermonucléaire expérimental international.

années est de 50,5 milliards (M) € : 6,1 M€ sont consacrés à la santé, 1,935 M€ à l'alimentation, l'agriculture et la pêche ainsi qu'aux biotechnologies, 9,05 M€ aux technologies de l'information et de la communication (TIC), 3,475 M€ aux nanotechnologies, 2,35 M€ à l'énergie, 1,89 M€ à l'environnement et aux changements climatiques, 4,16 M€ aux transports et à l'aéronautique, 0,623 M€ aux sciences humaines et sociales, 1,43 M€ à l'espace et 1,4 M€ aux recherches sur la sécurité. Il est dommage que ces budgets soient gérés de façon très administrative et sans réelle intelligence par des fonctionnaires européens essentiellement irresponsables.

L'initiative EUREKA, qui date de 1985, finance des projets à caractère technologique provenant de l'Union européenne, de la Suisse et de la Turquie. Les budgets totaux alloués s'élèvent à 16 M€ sur 18 ans. Le principe est de financer des initiatives venant des demandeurs eux-mêmes – approche «*bottom-up*», qui doivent se rassembler à plusieurs (au moins deux) nationalités autour d'une même demande. Pour la France, c'est OSEO qui en assure le secrétariat et délivre les labels EUREKA. Les PME françaises représentent 40 à 50 % des entités qui soumissionnent auprès de ce programme. Signalons qu'EUREKA a mis en place des «*clusters*» ou groupes, qui concernent des initiatives industrielles à long terme ayant une grande importance stratégique. Les secteurs concernés sont ceux de l'énergie et des TIC.

A côté de ces deux programmes, l'Europe s'est également dotée d'un Conseil européen de la recherche qui, créé le 27 février 2007, dispose d'un budget annuel d'environ un milliard d'euros. Son activité est de soutenir les meilleurs chercheurs européens, quelle que soit leur discipline. Deux types de bourses conséquentes sont allouées, les unes pour les chercheurs débutants (3 à 8 ans après la thèse) et les autres pour les chercheurs confirmés.

L'Europe a également mis en place le 11 mars 2008 un Institut européen d'innovation et de technologie, qui est présentement localisé à Budapest et a pour objectif de rapprocher l'enseignement supérieur, la recherche et l'innovation en finançant des communautés d'universités, d'instituts de recherche et d'entreprises (KIC pour communauté de connaissance et d'innovation). Ont été sélectionnés en 2009 trois KIC, qui concernent le changement climatique, les énergies renouvelables et les technologies de la communication.

### LA SCIENCE A L'UNESCO

L'UNESCO est la seule agence des Nations Unies comportant le mot science dans son intitulé. D'ailleurs, son premier directeur général, le Britannique Julian Huxley, était biologiste. De plus, les scientifiques européens jouèrent un rôle significatif dans son établissement dans les années qui suivirent la fin de la Seconde Guerre mondiale. Le rôle de l'UNESCO ne doit évidemment pas être confondu avec celui d'une université ou d'un

organisme de recherche : il est plutôt celui d'un facilitateur ou d'un catalyseur dans des matières aussi diverses que la protection de l'environnement, l'océanographie, les géosciences, les sciences fondamentales et maintenant les sciences de l'ingénieur...

Comme nous l'avons souligné plus haut, l'UNESCO peut être considéré comme grandement responsable de la création du CERN au début des années 1950. Aujourd'hui, ses priorités en matière scientifique concernent en premier lieu l'environnement et ce, de cinq manières. Tout d'abord, l'UNESCO coordonne depuis 40 ans un grand programme international intitulé «L'Homme et la Biosphère», (en anglais «MAB»); à côté des sites culturels inscrits au patrimoine de l'humanité, le programme MAB a établi un registre des «réserves de biosphères» : près de 600 réserves réparties dans 110 pays différents (une quinzaine pour la France) y sont inscrites. Ensuite, l'UNESCO, surtout depuis le passage de Koïchiro Matsuura à la tête de l'UNESCO (de 1999 à 2009), attribue une priorité très élevée à la gestion de l'eau potable : c'est ainsi qu'a été décidée en 1999 la création d'un centre international d'éducation à l'eau (IHE) de l'UNESCO à Delft (Pays-Bas). Une commission intergouvernementale d'océanographie (la COI) a également été créée pour étudier naturellement les océans, mais aussi pour les protéger dans la mesure du possible. Une section de la division des sciences de l'UNESCO est spécialisée dans l'alerte des tsunamis. Enfin, l'UNESCO envisage la création prochaine d'un institut de la biodiversité : plusieurs Etats membres font acte de candidature pour l'accueillir, l'Allemagne, le Kenya, le Brésil, l'Inde et... la France, qui pourrait l'héberger au Muséum national d'histoire naturelle – il convient de préciser que nos chances de succès sur ce dossier sont très limitées.

Avant de clore l'exposé sur les activités à caractère environnemental de l'UNESCO, il convient de préciser que celui-ci aurait pu prendre une part active dans le Groupe international d'études du climat (GIEC) et être ainsi lauréat du prix Nobel de la paix.

Les autres grands programmes scientifiques concernent les géosciences et les sciences fondamentales. A l'instigation du prix Nobel de physique, le professeur Abdus Salam (Pakistan), l'UNESCO établit en 1964, en association avec l'Italie, l'Institut international de physique théorique de Trieste, qui a pour vocation d'initier les jeunes chercheurs venant des pays en voie de développement à cette discipline. La France a mis en place à Nice en 1978 un centre UNESCO de moindre dimension, le Centre international de mathématiques pures et appliquées (CIMPA), qui poursuit le même objectif pour les mathématiques. Dans le domaine de la physique nucléaire et atomique, signalons la création en Jordanie d'un centre international de rayonnement synchrotron pour les sciences expérimentales et appliquées au Moyen-Orient (SESAME) : ce grand projet réunit le Bahreïn, Chypre, l'Egypte, l'Iran, Israël, la Jordanie (pays hôte), le Pakistan, la Palestine –

plusieurs années avant son entrée officielle comme membre de l'UNESCO en novembre 2011 – et la Turquie – les scientifiques sont de bien meilleurs diplomates que les politiques!

L'UNESCO a organisé en 1999 une conférence mondiale sur la science et publie tous les trois-quatre ans depuis les années 1990 un rapport mondial sur la science. Grâce à l'impulsion donnée par Federico Mayor, directeur général de l'UNESCO, un comité international de bioéthique (CIB) fut créé en 1993, dont la première présidente fut notre compatriote Noëlle Lenoir. Puis ce fut le tour de la Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et techniques (COMEST), que le professeur Alain Pompidou présida de 2007 à 2011. Signalons que cette commission est en train de réviser une recommandation datant de 1974, concernant le statut, les droits et les devoirs des chercheurs scientifiques; ses réflexions présentes portent sur l'éthique de l'environnement, le développement des nanotechnologies et des nouvelles technologies de l'information, ainsi que les questions éthiques liées à l'accès à l'espace extraterrestre.

Rappelons enfin que le secteur «Sciences exactes et naturelles» de l'UNESCO comprend une division chargée d'aider les pays membres à élaborer leur politique scientifique. De plus, depuis la dernière conférence générale de 2011, il est demandé à cette agence des Nations Unies de consacrer des efforts significatifs en direction des sciences de l'ingénieur et de la technologie.

\* \*  
\*

Ce bref aperçu n'est pas complet, puisque nous n'y avons pas évoqué les coopérations en physique, telles que le laboratoire franco-allemand Laue-Langevin de Grenoble, ou encore les associations internationales dans d'autres disciplines, y compris les sciences de la vie et de la médecine. Il est évident qu'aujourd'hui il est inenvisageable de se lancer sur un grand projet tel que ceux qui concernent la physique des particules, l'astronomie ou l'espace sur une base strictement nationale. Toutes les ambassades ont dans leur personnel un ou plusieurs attachés scientifiques chargés de nouer des contacts entre leur pays d'origine et celui qui les accueille. Les organismes scientifiques tels que le CNRS, l'INRA ou l'INSERM ont des bureaux à l'étranger chargés de «marier» leurs chercheurs avec leurs collègues étrangers. L'objectif d'organismes tels que l'Institut de recherche en développement (IRD) ou le CIRAD, qui se consacre à l'agronomie tropicale, est de faire travailler des chercheurs français principalement en Afrique. Je terminerai simplement en affirmant ce qui doit être une évidence pour tout lecteur de cette étude : la science, la recherche constituent des activités éminemment internationales et se prêtent donc à des actions diplomatiques de toute première importance.

