

Un humaniste moderne

La Société Française de Physique a eu la profonde tristesse d'apprendre le décès, fin septembre 2010, de notre éminent collègue Georges Charpak, prix Nobel de physique en 1992 – et grand prix Jean Ricard de la SFP en 1973. *Reflets de la physique* et la SFP ont décidé de souligner son immense apport à la science et à l'enseignement, ainsi que les applications technologiques et industrielles de ses découvertes, dans les pages qui suivent.

La curiosité était un des ressorts essentiels des activités scientifiques de Georges Charpak qui sont détaillées dans ce numéro par Pierre Radvanyi. C'est cette même curiosité dans la démarche scientifique que Charpak a voulu transmettre et développer chez les très jeunes écoliers à travers l'initiative *La main à la pâte* lancée en 1996, dont Pierre Léna rappelle la genèse ici. Finalement, comme l'explique Serge Maitrejean, l'innovation et le transfert réussi des découvertes scientifiques vers le monde industriel a été une de ses préoccupations constantes.

Après l'obtention du prix Nobel, Georges Charpak a développé beaucoup d'énergie dans la vulgarisation scientifique et la promotion de la science à travers débats publics et grandes conférences (toujours extrêmement suivis), émissions radiophoniques ou télévisuelles, et publication de livres (« Devenez sorciers, devenez savants » en 2004, etc.). La vie et la carrière de Georges Charpak sont multiples : immigrant d'Europe centrale, résistant, déporté, scientifique, innovateur, vulgarisateur, pourfendeur des croyances irrationnelles...

C'est un grand humaniste qui vient de nous quitter.

Martial Ducloy
Président de la SFP



Georges Charpak (à gauche) et Pierre Radvanyi en 1956, lors d'un congrès de physique à Leipzig en République démocratique allemande.

Le parcours d'un grand chercheur

Georges Charpak est né, comme il l'écrit lui-même, le 8 mars 1924 à Sarny, un ghetto et une garnison, en Ukraine polonaise, près de la frontière avec l'Union soviétique ; mais sa naissance n'est déclarée par ses parents que le 1^{er} août 1924 à Dubrovytsya. Cette région fait aujourd'hui partie de l'Ukraine. En 1931, sa famille émigre en France ; il a 7 ans et entre à l'école communale à Paris.

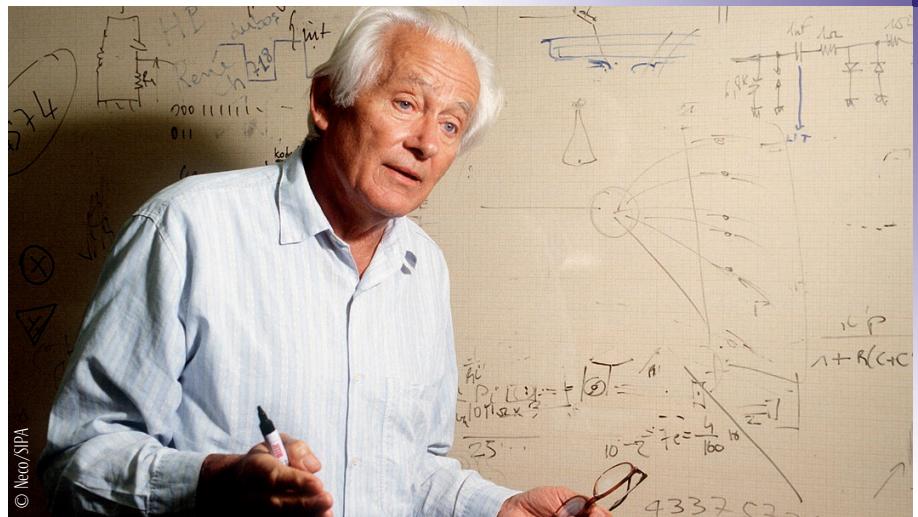
Il devient élève du lycée Saint-Louis l'année précédant la guerre, passe son baccalauréat et entre en classe préparatoire scientifique. En juillet 1942, la veille de la rafle du Vel' d'Hiv, avec sa famille, il réussit à fuir en zone Sud. Il s'inscrit alors, sous un faux nom, au lycée de Montpellier en mathématiques spéciales. Il milite dans la Résistance et est arrêté en 1943 ; il est condamné et interné pendant un an à la prison centrale d'Eysses à Villeneuve-sur-Lot. À la suite d'un soulèvement, tous les prisonniers sont remis par Vichy aux SS qui les emmènent à Drancy et les déportent au camp de concentration de Dachau. Charpak y demeure un an, astreint à des travaux de terrassement. Libéré par les Américains, il retrouve Paris en 1945.

Charpak est admis à l'École des Mines, puis, en 1948, entre au laboratoire de chimie nucléaire du Collège de France, dirigé par Frédéric Joliot. Il commence sa carrière comme stagiaire de recherche au CNRS. C'est alors un jeune homme de grande carrure, au visage encore émacié. Sa voix est forte ; son expression est spontanée et haute en couleur. Il commence à travailler avec Francis Suzor, un peu plus âgé que lui, sur les rayons bêta. Après quelques avatars, dus à un artefact, qui mettent le laboratoire en ébullition, il soutient sa thèse en 1954. Il entreprend alors avec Suzor l'étude de nouveaux types de détecteurs, en particulier de chambres à étincelles, au laboratoire de synthèse atomique d'Ivry, dont la direction est assurée par F. Joliot. Il travaille sur l'image optique que l'on peut obtenir d'une décharge ou d'une étincelle marquant le passage d'une particule ionisante.

Un nouveau laboratoire de physique nucléaire est construit à Orsay, sous la direction d'Irène Joliot-Curie qui meurt en 1956, puis de Frédéric Joliot, qui meurt à son tour en 1958. Charpak se demande un moment s'il ne va pas travailler à Orsay. Cependant, lors d'une conférence à Padoue, le physicien américain Léon Lederman lui propose de se joindre à l'équipe qu'il est en train de constituer au CERN à Genève auprès du synchrocyclotron pour mesurer le moment magnétique anormal du muon. L'expérience « g-2 » est un succès ; elle confirme que le muon est bien un électron lourd.

Bibliographie

- 1 • G. Charpak et al., *Nuclear Instr. and Methods*, **62** (1968) 202-206.
- 2 • F. Sauli, dans *Experimental Techniques in high-energy nuclear and particle physics*, édité par Th. Ferbel, World Scientific Publishing, Singapore (1991), pp. 79-188.



Georges Charpak en 1993.

Hommage à Georges Charpak (1924 – 2010)

Charpak sera physicien permanent du CERN de 1963 à 1989. Il travaille sur de nouveaux types de détecteurs, capables de visualiser les trajectoires de particules au minimum d'ionisation. En 1967-1968 il invente la chambre proportionnelle multifils [1] qui va connaître un succès foudroyant au CERN et dans les autres laboratoires de physique des hautes énergies. Il a une petite équipe autour de lui. Très vite ces nouveaux détecteurs supplanteront les chambres à étincelles et les chambres à bulles.

Lorsqu'une particule chargée traverse un gaz approprié, elle crée sur son passage un certain nombre de paires électron-ion positif. Lorsque deux électrodes, portées à un certain potentiel l'une par rapport à l'autre, sont placées dans ce gaz, les électrons migrent vers l'anode, tandis que les ions positifs migrent – bien plus lentement – vers la cathode. Dans une enceinte cylindrique (compteur), le fil central, tendu selon l'axe, constitue l'anode et la coque, la cathode. Avec cette géométrie, les électrons rencontrent au voisinage immédiat du fil un champ électrique élevé leur permettant de créer une multitude de nouvelles paires d'ions, formant une « avalanche ». Dans un compteur Geiger, cette avalanche se propage rapidement le long du fil. Dans un compteur proportionnel, où la tension appliquée est moins élevée, l'avalanche reste limitée et le signal électrique recueilli peut être linéaire avec l'énergie primaire déposée dans l'enceinte. Le signal (l'impulsion) ne sera complètement formé que lorsque les ions positifs auront atteint la cathode, mais il peut être différencié, autorisant des taux de comptage plus élevés.

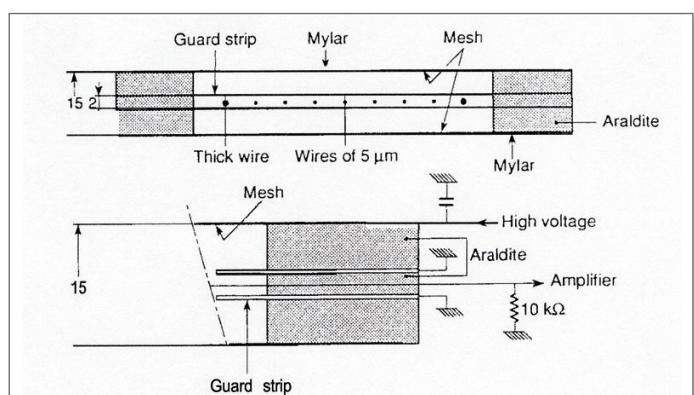
La chambre multifils (fig. 1) de Charpak est une généralisation du compteur proportionnel : un très grand nombre de fils d'anode, de vingt microns de diamètre, sont tendus dans le plan central de la chambre à deux millimètres par exemple les uns des autres. Deux plans de cathode leur font face, constitués par de fines toiles métalliques (“mesh”) auxquelles est appliquée une tension négative. La surface des chambres (remplies d'un gaz approprié) peut atteindre plusieurs mètres carrés. Des chambres peuvent être superposées, les fils d'anode des unes étant alors perpendiculaires ou obliques par rapport à ceux des autres. Chaque fil est relié à un petit amplificateur connecté à un dispositif de lecture informatisé. Ces chambres permettent la détermination des trajectoires de particules avec un taux de comptage très élevé.

Peu après, la chambre à dérive [2] a été développée par Charpak et son équipe sur la base des résultats obtenus avec la chambre proportionnelle à fils ; la cathode et les fils sont alors beaucoup plus espacés, et on mesure le temps que mettent les électrons produits par le passage d'une particule pour atteindre un fil d'anode. La chambre à dérive permet ainsi une localisation plus précise, au détriment toutefois du taux de comptage possible.

En 1980, Charpak devient professeur associé à l'École supérieure de physique et chimie industrielles de la Ville de Paris. Il voit rapidement les applications possibles de ses chambres, aussi bien en imagerie médicale qu'en biologie ; les doses de rayonnement nécessaires devraient ainsi diminuer. À cette fin, il crée et participe à la fondation de plusieurs *start-up*.

Georges Charpak se voit décerner en 1992 le prix Nobel de physique pour « l'invention et le développement de la chambre proportionnelle multifils ». Il est désormais un homme public. Il s'engage fortement pour l'énergie nucléaire civile et participe très activement au programme de *La main à la pâte* dans l'enseignement primaire. Il meurt le 29 septembre 2010 à Paris.

Pierre Radvanyi (radv@ipno.in2p3.fr)
Institut de Physique Nucléaire d'Orsay



1. Schéma de la construction d'une chambre multifils (1967), présenté par Georges Charpak dans sa conférence Nobel, le 8 décembre 1992. (http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1992/charpak-lecture.pdf).

Georges Charpak et l'éducation

Le lien de Georges Charpak avec l'école s'est tissé tôt, et intensément. L'enfant avait sept ans quand ses parents, Maurice et Anna, quittent en 1931 leur village de Pologne et arrivent à Paris. *Je me souviens avec émerveillement de mon école primaire, disait-il, où le français remplaça bien vite le polonais de mon enfance et où je dévorais indistinctement tout ce qui me tombait sous la main, mathématiques, sciences, histoire, littérature... très vite, je me sentis en dette vis-à-vis d'un système éducatif qui m'avait tant donné.* Cette dette, ce sera à l'autre extrémité de sa vie de physicien que Georges, devenu célèbre, pourra enfin la rembourser pleinement, et sans doute au centuple.

Mais il fallait un déclencheur. Ce fut Léon Lederman, qui avait été son directeur au CERN, son compétiteur à Fermi Lab et l'avait précédé de quatre ans à Stockholm. Une grève scolaire à Chicago avait alors projeté Lederman sur le devant de la scène et il s'engagea pour transformer l'école publique de la ville grâce à un enseignement scientifique *Hands-On*, avec un vaste programme de formation des instituteurs. Georges a mille fois raconté, avec son humour généreux et caustique, la mission qui nous conduisit à Chicago en 1995, et la vision immédiate qu'il en tira d'une transformation plus ambitieuse encore que celle de son ami [1]. De retour, il décida de transformer dans la France entière l'enseignement scientifique élémentaire, et de débuter en s'inspirant d'initiatives pédagogiques entreprises aux États-Unis, notamment par Karen Worth [2], la fille de Victor Weisskopf qu'il avait connue au CERN, ou par Jerry Pine à CalTech.

Dès 1989 et indépendamment, la Société française de physique s'était préoccupée de ce même sujet à l'occasion de la création des IUFM. Son Conseil avait confié à Françoise Balibar une réflexion sur la place des sciences, un rapport fut remis au ministère, et celui-ci avait publié en 1994 un diagnostic sévère sur l'état de l'enseignement expérimental élémentaire [3], malgré d'intéressants travaux de didacticiens⁽¹⁾. Mais rien ne se serait fait sans l'extraordinaire pouvoir de conviction de Georges qui, avec Lederman, avait convaincu François Bayrou, alors ministre de l'Éducation nationale. De cette convergence naquit *La main à la pâte* [4]. Et depuis quinze ans, l'Académie des sciences⁽²⁾ maintient sans faiblir le soutien qu'apporta à cette opération son vote unanime de juillet 1996.

Georges ne se souciait guère de ce qu'on appelle la désaffection des études scientifiques. Son ambition était bien plus ample, il voulait que l'école de la République joue son rôle redistributeur des cartes du destin, et contribue à former des citoyens égaux, quelle que soit leur naissance, dans un monde complexe [1]. Et la science, pratiquée dès l'école primaire, lui semblait un formidable moteur d'épanouissement de l'enfant, donc d'égalité sociale. Faire de la science avant d'en apprendre par cœur, laisser jouer observation, curiosité et questionnement, exercer esprit critique, expression orale et écrite, créativité dès le plus jeune âge, voici quelques-unes des lignes pédagogiques que Georges, inlassablement, mettait en avant. On lui reprocha souvent de n'avoir rien inventé : mauvais procès fait à un homme qui ne prétendait nullement à l'originalité des principes de *La main à la pâte*, mais qui passionnément voulait entraîner tout le système éducatif à les mettre en pratique au quotidien [5]. En France, les quelques pourcents de classes primaires enseignant les sciences en 1995 sont devenus près de la moitié, l'autre demeurant à conquérir !



2. Lancement de la coopération avec la Chine à la Fondation des Treilles, lors du colloque *La main à la pâte*, en avril 2001. Au premier rang, de gauche à droite : 1-Pierre Léna, 3-Jean-Pierre Sarmant (inspecteur général de sciences physiques, MEN), 4-François Gros (secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences), 5-Mme Wei Yu (vice-ministre de l'éducation de Chine), 6-Georges Charpak, et 9-Yves Quéré.

Bien vite, la vision, la force de conviction, l'intelligence de Georges rencontrèrent les défis de la mondialisation et sans ménager sa peine, de la Colombie à la Chine (fig. 2) comme au sein de l'Union européenne, il initia ou rejoignit ce formidable mouvement qui veut que la science trouve place dans les écoles [6, 7]. Désormais, l'expression *la-main-à-la-pâte*, en français dans le texte, est partout entendue !

Concluons par ces propos reçus ces jours-ci d'un maître d'école de notre pays : *Les enseignants de l'école primaire doivent à jamais à Monsieur Charpak ceci, essentiel : prendre à leur compte l'intérêt de conduire un enfant à dire, devant un phénomène observé, « Pourquoi ? »* Et cet autre message : *Il y a des hommes qui agissent pour le bien des autres, seulement par amour, et avec tant de lucidité.* Georges était tout cela, passion, intelligence, générosité, et cette ténacité extraordinaire pour rendre ce qu'il avait reçu. Il nous reste à faire vivre cet héritage.

Pierre Léna (pierre.lena@obspm.fr)
Délégué à l'éducation et la formation, Académie des sciences

(1) Ceux de la physicienne Edith Saltiel, par exemple, qui dirigea au début des années 2000 l'équipe *La main à la pâte* créée par l'Académie des sciences.

(2) En bénéficiant d'une aide précieuse de la Société française de physique et de son personnel.

Bibliographie

- 1 • G. Charpak (dir.), *Enfants, chercheurs et citoyens*, O. Jacob (1998).
- 2 • K. Worth, *Insights: An Elementary Hands-on Inquiry Based Curriculum*, Kendall Hunt (1997).
- 3 • B. Andriès, I. Beigbeder, *La culture scientifique et technique pour les professeurs des écoles*, Hachette (1994).
- 4 • G. Charpak (dir.), *La main à la pâte. Les sciences à l'école primaire*, Flammarion (1996).
- 5 • G. Charpak, P. Léna, Y. Quéré, *L'Enfant et la Science*, O. Jacob (2005).
- 6 • J. Allende, "Academies active in education", *Science*, **321** (2008) 1133.
- 7 • P. Léna, "Europe rethinks education", *Science*, **324** (2009) 501.
- 8 • Y. Quéré, "Georges Charpak (1924-2010)", *Science*, **330** (2010) 604.

Georges Charpak et le monde industriel : un témoignage

J'ai rencontré Georges Charpak, il y a vingt-trois ans, quelques années avant son prix Nobel. J'étais alors doctorant au sein d'un centre de recherche de la société Schlumberger, et mes travaux portaient sur l'application des détecteurs gazeux à la sécurité du fret aérien et au contrôle non destructif. Son vif intérêt pour ces applications fut une surprise pour moi, la communauté de la physique des hautes énergies n'étant pas à l'époque très versée sur les retombées industrielles éventuelles. Plus tard, j'ai compris qu'ayant atteint l'apogée académique, ce prolongement de ses inventions constituait pour lui un renouvellement, une aventure, doublés d'une jouvence. Pour un esprit universel capable de parler de musique Klezmer, de littérature russe et de vins d'exception dans la même conversation, il y avait là un nouveau terrain vierge à explorer.

En 1996, j'ai rejoint Biospace (la société d'imagerie biomédicale qu'il avait fondée en 1989), en tant que responsable technique. Les produits étaient alors encore basés essentiellement sur ses détecteurs gazeux. Bien que n'ayant pas de fonction opérationnelle dans la société, il était source d'un bouillonnement intellectuel, d'une force de suggestion et de proposition permanente. Il m'incombait parfois la tâche douloureuse de mettre de côté certaines de ses idées, la réalité économique d'une PME et une grande créativité ne s'accommodant pas toujours : il faut parfois stabiliser les produits afin de les vendre... Il est cependant resté de son implication (qui se poursuivit jusqu'à la fin) un esprit de créativité et, même si cela peut paraître un peu présomptueux, une forme d'élégance dans les développements technologiques de la société. Cela tient au fait que son apport majeur peut se résumer en un ensemble d'électrodes, d'isolants, le tout baignant dans un gaz : le raffinement de la simplicité ! À une époque où science et technologie semblent ne plus relever que de la force brute, garder en tête qu'une idée simple et élégante peut conduire à une application, à une mise sur le marché sans budget pharaonique, est le plus bel héritage que nous lui devons dans le monde industriel.

Serge Maitrejean (smaitrejean@biospacelab.com)
Directeur des opérations, Biospace Lab

► Les applications industrielles des détecteurs gazeux

Il est habituel d'assimiler principalement l'œuvre scientifique de Georges Charpak aux chambres proportionnelles multifils. C'est en vérité extrêmement réducteur, les chambres à fils n'ayant été que les premiers systèmes à être mis au point et à présenter ces capacités uniques de détection de particules. Georges Charpak poursuivit ses travaux et en impulsua bien d'autres, basés sur des géométries très différentes, ne contenant plus nécessairement de fils, mais dont l'amplification des charges électriques dans un gaz restait le maître principe. Il est donc plus juste d'utiliser le terme général « détecteurs gazeux » pour traduire l'ampleur de sa contribution.

Du point de vue des applications industrielles, les détecteurs gazeux sont privilégiés pour leur sensibilité, leur dynamique, leur capacité de localisation, et surtout pour leur simplicité conceptuelle qui ne nécessite pas la mise en œuvre d'une filière lourde (à l'inverse des semi-conducteurs, par exemple) pour leur fabrication. En un autre temps, un autre lieu, cette technologie aurait pu naître dans un garage californien des mains d'un autodidacte passionné. Parmi les nombreuses applications qui utilisent, ou ont utilisé des détecteurs gazeux, on peut citer le contrôle radiologique de conteneurs aériens et routiers, la diffraction par rayons X, l'imagerie moléculaire par émission de positrons, l'imagerie moléculaire autoradiographique (fig. 3) et l'imagerie X clinique à faible dose d'irradiation (fig. 4).

À ce titre, on pourra consulter les sites web des sociétés Biospace Lab et EOS-Imaging, toutes deux fondées par Georges Charpak : www.biospacelab.com , www.eos-imaging.com .



3. Image d'autoradiographie obtenue avec un détecteur gazeux : la distribution d'un traceur marqué à l'iode 125 dans un cerveau de rat.



4. Radioscopies d'un corps entier de face et de profil, obtenues simultanément avec le système de radiologie basse dose de la société EOS-Imaging, basé sur un détecteur de type chambre proportionnelle multifils.