

Pierre Radvanyi,

un scientifique sans cesse en quête de nouveaux horizons

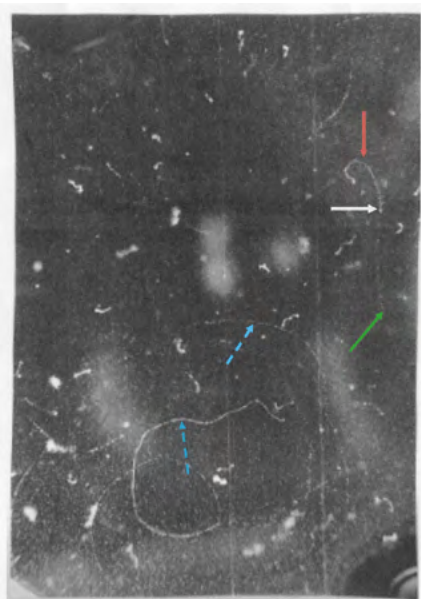
Thierry Hennino (thyag73@gmail.com)

Ancien directeur de recherche CNRS à l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay

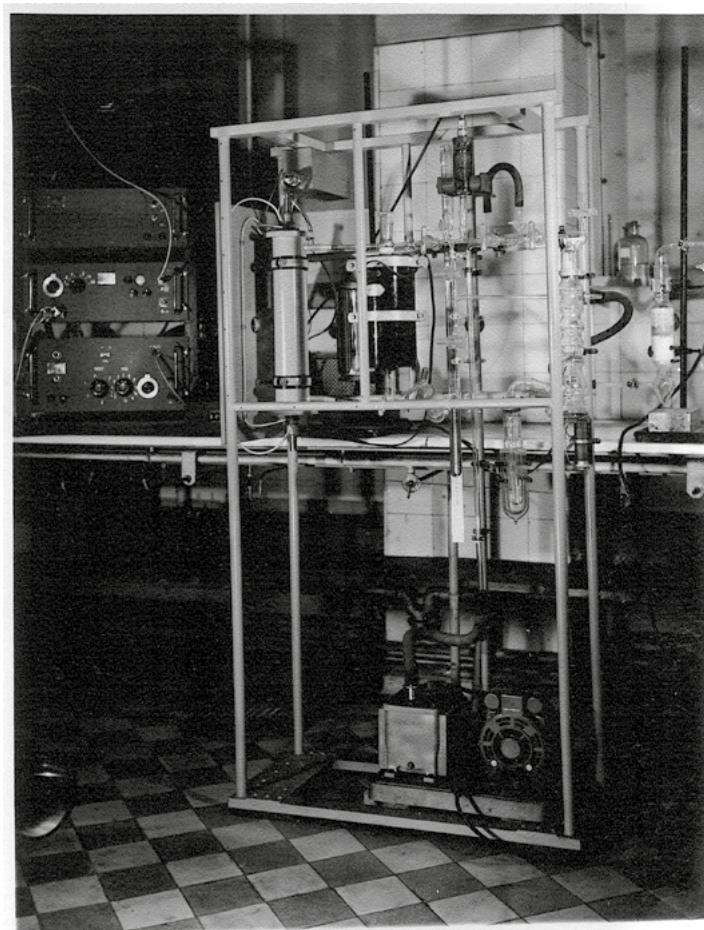
Pierre Radvanyi a joué un rôle majeur dans le développement de la physique nucléaire et de la physique hadronique en France. Sa carrière d'expérimentateur, qui s'est étendue sur près de cinquante ans, s'est effectuée dans quatre laboratoires : le Collège de France, l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay, l'Accélérateur Linéaire de Saclay et le Laboratoire National Saturne. Elle a donné lieu à une centaine d'articles scientifiques.

Débuts au Collège de France (1948-1958)

Après l'obtention du baccalauréat en 1945, alors qu'il est réfugié au Mexique, Pierre Radvanyi, de retour en France grâce à une bourse des Affaires étrangères, s'inscrit à la faculté des sciences de Paris. Entré en janvier 1948 au laboratoire du professeur Frédéric Joliot, il obtient sa licence, entre au CNRS et entame sous la direction de Joliot une thèse qu'il soutient en 1954. Il y étudie une forme de radioactivité, la capture d'électrons orbitaux (absorption d'un électron du cortège atomique par un proton du noyau, accompagnée de l'émission d'un neutrino), dans le but d'obtenir des informations sur la structure du noyau ^{79}Kr . Il met alors au point une méthode originale utilisant une chambre de Wilson (fig. 1a), puis un compteur proportionnel à gaz (fig. 1b).



1a. Vue droite d'un cliché stéréoscopique pris par Pierre Radvanyi avec une chambre à brouillard (chambre de Wilson). On y distingue des trajectoires de positrons et d'électrons (flèches bleues). En haut à droite, un positron de haute énergie (flèche verte) projette (flèche blanche) vers la gauche un électron de faible énergie (flèche rouge).



1b. Photographie de l'installation du compteur proportionnel.



Il étudie [...] les réactions de *pick-up*, où un proton incident capture un neutron du noyau cible, devenant ainsi un noyau de deutérium [...] qui emporte la quasi-totalité de l'énergie cinétique disponible et laisse le noyau cible [...] dans un état d'excitation relativement faible. Ces mesures vont révolutionner la connaissance des noyaux légers.



Recherches auprès du synchrocyclotron de l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay (1956-1975)

Alors que la décision de construire de nouveaux laboratoires sur le site de la faculté des sciences à Orsay et d'y implanter un synchrocyclotron à protons de 157 MeV vient d'être approuvée, Pierre Radvanyi décide de s'orienter vers l'étude des réactions nucléaires à moyenne énergie. Dans ce type de réaction, les temps d'interaction sont courts (quelques 10^{-23} s) par rapport aux périodes associées aux mouvements internes du noyau ; il devient alors possible d'interpréter la réaction d'une manière relativement simple.

Dès 1956, avec quelques expérimentateurs du Collège de France et de l'Institut du Radium et des théoriciens, Pierre participe activement à la définition des nouveaux outils expérimentaux. Installé à l'Institut de Physique Nucléaire (IPN) d'Orsay dès 1957, il constitue alors une équipe de recherches auprès du synchrocyclotron. Un groupe d'en moyenne six enseignants/chercheurs en constituera un noyau stable, qui perdurera jusqu'aux dernières expériences programmées sur l'accélérateur Saturne en 1997.

Pierre s'implique activement dans un nouvel outil, l'aimant Montpellier, dont la décision de construction a été obtenue récemment par Frédéric Joliot. Il réalise les mesures nécessaires pour en déterminer les caractéristiques et faire construire les premiers éléments de détection associés : des compteurs à scintillations pour la mesure précise des énergies des particules déviées par l'aimant et la détermination de leurs charge et masse.

Il étudie alors les réactions de *pick-up*, où un proton incident capture un neutron du noyau cible, devenant ainsi un noyau de deutérium (noyau composé d'une paire neutron-proton) qui emporte la quasi-totalité de l'énergie cinétique disponible et laisse le noyau cible (qui a donc perdu un neutron) dans un état d'excitation relativement faible. Ces mesures vont révolutionner la connaissance des noyaux légers. Par la mesure de la forme des distributions angulaires, on obtient directement des informations sur la fonction d'onde du neutron arraché. Les premiers niveaux des noyaux légers (du ${}^6\text{Li}$ au ${}^{40}\text{Ca}$) sont ainsi isolés, révélant une structure en couches des noyaux atomiques. Le modèle en couches fonctionne relativement bien pour les noyaux dont le nombre de protons ou de neutrons correspond à des valeurs magiques (2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 ...) pour lesquelles les noyaux sont particulièrement stables : le noyau apparaît ainsi un peu comme un oignon, avec des couches successives (quatre nucléons dans la première couche, puis huit dans la deuxième, et quatre dans la suivante)

Parallèlement à ses activités d'expérimentateur, Pierre enseigne dès 1958 au niveau du troisième cycle à Orsay les méthodes de mesure et de détection des rayonnements.

Il entreprend aussi une étude systématique de l'interaction nucléon-nucléon, afin d'en mettre en évidence les propriétés d'invariance sous la symétrie d'*isospin*. Le neutron et le proton ne sont que deux états d'une même entité, le nucléon, avec un *isospin* (nombre quantique relié à la charge) différent.

Au milieu des années 1970, Pierre souhaite réaliser des expériences plus sélectives en mesurant simultanément deux particules dans la voie finale, permettant ainsi la recherche de sous-structures. Certains modèles théoriques laissaient en effet entrevoir que des sous-structures α (noyau de l'hélium 4, celui-là même qui est émis lors de la radioactivité α des noyaux lourds) préexistent dans les noyaux. À cette occasion, Pierre et son équipe ont été pionniers en réalisant des expériences où l'on utilisait un ordinateur pour effectuer en ligne un tri sur les particules, évitant ainsi de saturer les mémoires électroniques, à l'époque assez limitées.

Sur l'ensemble des travaux réalisés sur le synchrocyclotron entre son démarrage et le milieu des années 1970, Pierre a dirigé plus d'une dizaine de diplômes, thèses de troisième cycle et d'État.

C'est au cours de cette période que Pierre Radvanyi prend une part active dans l'organisation de conférences internationales et de réunions scientifiques. Le Congrès international de physique nucléaire, organisé à Paris du 2 au 8 juillet 1964 et parrainé par l'UNESCO, sera le départ d'une longue série de manifestations scientifiques où Pierre montre ses exceptionnelles capacités d'organisateur et de rassembleur. Il œuvre notablement dans le cadre de la Société Française de Physique (voir l'article de M. Veyssié, p. 54) et de l'*European Physical Society*.

>>>

L'Accélérateur Linéaire de Saclay (ALS)

Vers 1968, les possibilités ouvertes par cet accélérateur ont commencé à titiller la curiosité de Pierre. En sus des électrons, sondes privilégiées pour l'étude des distributions de charge des noyaux, il y avait un faisceau de photons de freinage et des faisceaux de pions chargés.

S'il ne fallait retenir qu'une expérience emblématique de cette aventure, on devrait citer l'étude des noyaux de masse 3, via la réaction de photoproduction du pion : en étant absorbé, le photon incident transforme un proton en un neutron, en conduisant à l'émission d'un méson π chargé. L'équipe constituée par Pierre Radvanyi a réalisé un tour de force en combinant le faisceau de photons, une cible d'hélium 3 liquide construite par l'IPN d'Orsay et une chambre à fils (fig. 2) dont Pierre avait fait l'acquisition auprès de Georges Charpak. Le développement et la construction de chambres à fils allaient devenir une activité dans laquelle l'équipe s'est beaucoup investie par la suite et ce jusque dans un passé récent, avec la construction de chambres à fils multiplans installées sur le projet HADES, au centre de recherche sur les ions lourds GSI à Darmstadt, en Allemagne.

Le Laboratoire National Saturne (1977-1997)

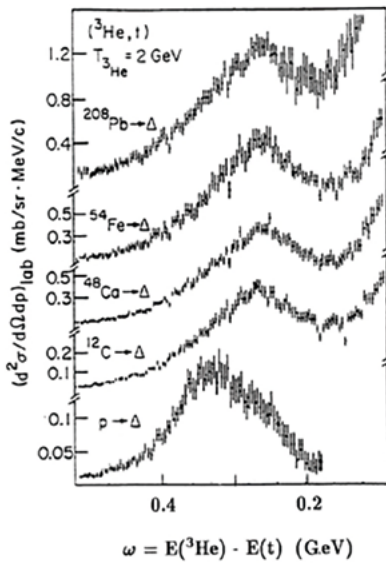
À partir de 1977, Pierre Radvanyi se tourne vers l'accélérateur Saturne, installé dans le Centre d'Études Nucléaires de Saclay. Créé en 1978, le Laboratoire National Saturne (LNS), objet d'un accord entre le CEA et le CNRS, s'appuyait sur une machine rénovée, à focalisation forte, plus adaptée aux besoins de la physique hadronique. Pierre a fait énormément, grâce à ses talents de négociateur et de rassembleur, à la fois exigeant, patient et respectueux. Il a été le premier directeur adjoint IN2P3 de Saturne, de sa date de création, 1978, jusqu'à 1985. Il a œuvré constamment pour offrir aux physiciens des postes expérimentaux de renommée mondiale, les spectromètres magnétiques SPES1 à SPES4, et des faisceaux de très grande qualité : particules polarisées selon leur *spin*, neutrons de haute énergie et même ions lourds.

Encouragé par les nouveaux horizons ouverts par la physique des mésons π – c'était la période où des faisceaux de pions quasi monochromatiques devenaient disponibles avec des intensités utiles (10^5 à 10^6 π/s) –, Pierre a rapidement compris l'intérêt de ce domaine. Dans un premier temps, il proposa d'étudier le premier état excité d'un nucléon dans une réaction d'échange de charge induite par l'impact de protons sur le ${}^6\text{Li}$. À l'aide d'un empilement de détecteurs semi-conducteurs, une distribution angulaire a pu être obtenue et interprétée, tandis que la décroissance de la résonance Δ (état excité du nucléon se désintégrant en un méson π et un nucléon) était identifiée sans ambiguïté.



2. Ensemble de détection installé dans le plan focal d'un spectromètre magnétique pour la détection des pions positifs π^+ . Derrière les scintillateurs, on distingue la chambre de 128 fils permettant de mesurer l'énergie des π^+ .

Au début des années 1980, Pierre met sur pied une collaboration qui se révélera extrêmement fructueuse, structurée autour de physiciens des instituts de physique nucléaire d'Orsay et de Lyon et du *Niels Bohr Institute* de Copenhague. Le programme d'étude des réactions d'échange de charge, qui s'étalera sur plus de quinze ans, démarrait. À l'origine, il s'agissait de chercher à comprendre un désaccord entre les spectres des excitations de *spin-isospin* (*spin-flip* simultané du *spin* et de l'*isospin* d'un nucléon) et les prédictions théoriques. Au-delà de ces excitations de basse énergie (< 50 MeV) dans le noyau, une gigantesque structure est apparue, centrée vers 280 MeV (fig. 3). Les nucléons constituant le noyau ne sont plus seulement promus dans des orbites nucléaires supérieures ; c'est le nucléon lui-même qui est excité sous la forme de la résonance Δ , d'une masse environ 300 MeV plus élevée que celle du nucléon (940 MeV). Cette résonance correspond au basculement du *spin* et de l'*isospin* d'un des quarks du nucléon (quark *down* en quark *up*, par exemple) et est très fortement couplée à son mode de désexcitation principal ($\Delta \rightarrow \pi + N$). Une nouvelle dynamique apparaît, où le pion



3. Spectre de l'énergie transférée au noyau par la réaction d'échange de charge. On note le décalage, de l'ordre de 70 MeV, entre le maximum de la structure résonnante sur l'hydrogène (spectre du bas) et celle observée sur les noyaux.

entre en résonance avec plusieurs nucléons, d'où le nom de « branche pionique » donnée à cette structure, que de nombreux théoriciens de par le monde se sont attelés à décrire.

Afin d'affiner la compréhension de cette dynamique π -nucléon- Δ , des expériences de mesure, en coïncidence, des produits de désexcitation de cette structure ont été entreprises. D'abord avec le détecteur DIOGENE, construit par le CEA, initialement dédié à l'étude des collisions entre ions lourds, que l'on coupla avec un spectromètre magnétique rudimentaire installé à 0° ; puis en associant un des grands spectromètres de Saturne, SPES4, à un aimant de très grande acceptance angulaire emprunté au CERN. C'est ainsi que le processus de pion cohérent, où le pion émis emporte sous forme d'énergie et de masse toute l'énergie transférée au noyau, a pu être mis en évidence de manière non ambiguë.

Là encore, les collaborations avec des laboratoires étrangers, auxquels s'étaient joints de nouveaux laboratoires (Gatchina et Dubna en Russie, IKF/Jülich en Allemagne), ont été essentielles, témoignant de la justesse des idées de Pierre. Ses critiques constructives et son soutien sans faille nous ont accompagnés jusqu'au bout.

Autres activités scientifiques de Pierre Radvanyi

En parallèle avec ses activités de physicien expérimentateur, Pierre a contribué au rayonnement de la physique nucléaire au sens large. Contribuant fortement à l'établissement de coopérations au sein du CNRS, comme chargé de mission à la direction des relations internationales, il a joué un rôle moteur dans la création des PICS (Programmes Internationaux de Coopération Scientifique) et des LEA (Laboratoires Européens Associés)

Son activité dans le domaine de la vulgarisation scientifique doit être aussi soulignée (voir l'article de Renaud Huynh page 56).

Les dernières expériences faites, après que son équipe se soit tournée vers le projet HADES au GSI à Darmstadt, Pierre est encore souvent venu discuter de la physique que nous faisons. Il est l'auteur d'une centaine de publications scientifiques.

L'aventure que Pierre Radvanyi a su conduire tout au long de sa carrière exceptionnelle nous a beaucoup apporté et a façonné notre activité de chercheur. Sa vision de la recherche, s'appuyant sur une équipe soudée, œuvrant au sein de collaborations internationales avec des compétences variées, a permis d'avoir un impact indiscutable sur les champs de recherche abordés. Pierre savait convaincre, toujours avec humanité, acceptant de discuter les idées de chacun. Il avait une mémoire fabuleuse, sans doute construite au fil des ans par les innombrables notes qu'il consignait dans ses cahiers (plus d'une cinquantaine, sur des sujets extrêmement variés), témoignant de son insatiable curiosité. Il avait un sens aigu des relations humaines, qu'il a su utiliser à bon escient toute sa vie au service de la science. ■

Je souhaite remercier pour leur aide à la rédaction de cet article et pour les différents documents fournis l'épouse de Pierre Radvanyi, les membres de son équipe et ses proches collaborateurs, ainsi que le Service communication et documentation de l'ICJLab, qui a souvent répondu avec grand zèle à mes demandes.

SÉLECTION DE PUBLICATIONS DE PIERRE RADVANYI

EN PHYSIQUE NUCLÉAIRE ET HADRONIQUE

- P. Radvanyi, « Contribution à l'étude de la capture d'électrons orbitaux par les noyaux : Application à ^{86}Kr », Thèse de doctorat, Paris (juin 1954), *Annales de physique* **XII** 10 (1955) 584.
- D. Bachelier *et al.*, « Réaction (p, d) à 156 MeV et structure des noyaux légers », *Nucl. Phys. A* **126** (1969) 60-96.
- M. Bernas *et al.*, "Two-nucleon final-state interactions and the $^4\text{He}(p, t)2p$, $^4\text{He}(p, ^3\text{He})pn$ and $^4\text{He}(p, d)^3\text{He}$ reactions at 156 MeV", *Nucl. Phys. A* **156** (1970) 289-304.
- D. Bachelier *et al.*, "Quasi-free (p, pa) scattering on ^6Li , ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{40}Ca , ^{140}Ce and ^{232}Th at 156 MeV", *Phys. Rev C* **7** (1973) 165.
- D. Bachelier *et al.*, "Coherent π^+ photoproduction on ^3He in the region of the Δ_{1236} resonance", *Nucl. Phys. A* **251** (1975) 433-445.
- C. Ellegaard *et al.*, " $(^3\text{He}, t)$ reaction at intermediate energies", *Phys. Rev. Lett.* **50** (1983) 1745.
- C. Ellegaard *et al.*, "Spin structure of the Δ excitation", *Phys. Lett. B* **231** (1989) 365-369.
- T. Hennino *et al.*, "Study of decay and absorption of the Δ resonance in nuclei with a 4π detector", *Phys. Lett. B* **283** (1992) 42-46.
- P. Radvanyi, « L'accélérateur Saturne et son programme expérimental », *Courrier du CNRS* **54** (1984) 19.