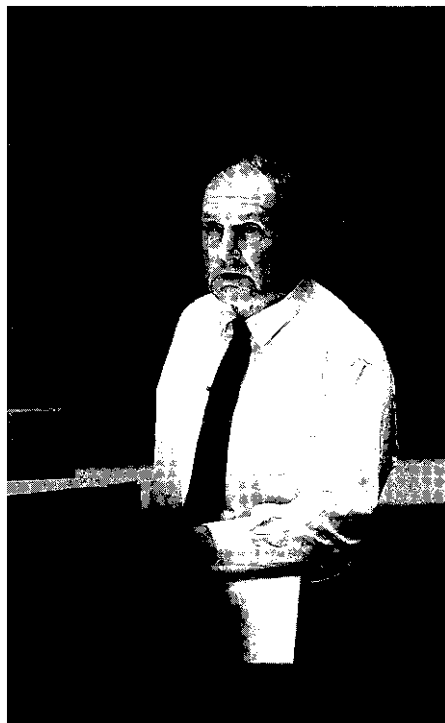


Un siècle de particules : il y a cinquante ans, en 1947- un demi-siècle après la découverte de l'électron - Don Perkins qui travaillait à Imperial College, Londres, fut le premier à observer un exemple net de ce qui semblait être la capture nucléaire d'un méson aboutissant à une désintégration nucléaire. Le 17 avril, Perkins a donné au CERN une conférence sur cent ans de particules élémentaires. Ses propres contributions s'évaluaient sur la moitié de ce siècle de particules.



Ainsi, les découvertes en 1947 du pion à Bristol et des particules V à Manchester ont-elles des racines lointaines qui remontent à 1897. Blackett a reçu le prix Nobel de physique en 1948 et Powell en 1950. Ces découvertes devaient rester longtemps les dernières contributions majeures en matière de physique des particules d'une Europe d'après-guerre exsangue. La découverte marquante suivante de la physique européenne, celle du courant neutre en 1973, devait attendre la création du CERN.

La découverte du pion et l'élucidation de sa désintégration ont résolu une contradiction de la physique qui perdurait depuis plus d'une décennie; la nouvelle particule semblait très prometteuse, recelant peut-être l'explication des forces mystérieuses qui assurent la cohésion du noyau. Cependant, cet espoir nourri depuis l'époque de Yukawa, devait être déçu. L'importance du pion en tant que particule a diminué au fur et à mesure que progressait notre interprétation des forces nucléaires basée sur une couche de matière sous-jacente peuplée de quarks. Si le pion joue effectivement un rôle particulier, c'est

en tant que particule la plus légère parmi celles soumises à l'interaction forte.

Par-dessus tout, les découvertes de 1947 ont permis aux physiciens de prendre conscience du fait que le monde subnucléaire était plus complexe qu'ils ne l'avaient soupçonné en étudiant les noyaux ordinaires. La découverte du pion et de sa désintégration ont mis en relief le rôle du muon (découvert par Anderson et Neddermeyer en 1936), alors que les V ont représenté le premier exemple de particules "étranges" contenant un troisième type de quark.

L'article ci-dessous, dont l'auteur Owen Lock a travaillé à Bristol, à Manchester et au CERN, évoque la découverte du pion. Un article ultérieur traitera de la découverte des particules V.

Il y a un demi-siècle - les pionniers du pion

Tandis que les découvertes classiques de Thomson et Rutherford ont ouvert les portes successives de la physique subatomique puis nucléaire, on peut dire que la physique des particules a débuté avec la découverte du positon dans les rayons cosmiques par Cari Anderson à Pasadena en 1932, qui vérifiait ainsi la prédiction presque simultanée de son existence par Paul Dirac.

Anderson utilisait une chambre de Wilson détendue de façon aléatoire et placée dans un champ magnétique intense. A la même époque, Patrick Blackett à Cambridge recevait l'appui d'un jeune italien inventif, Giuseppe Occhialini, que lui envoyait le maître des techniques des compteurs de coïncidence Bruno Rossi, installé à Florence, pour qu'il apprenne les techniques des chambres de Wilson. Rapidement Blackett et Occhialini parvinrent à construire une chambre déclenchée par compteur grâce à laquelle ils découvrirent la production de paires électron-positon, une prédiction-clé des théories de Dirac.

Les chambres de Wilson ont joué au cours des années suivantes un rôle majeur dans les études des rayons cosmiques, menant en 1937 à la découverte du "mesotron" identifié originellement au porteur de la force nucléaire postulé par Hideki Yukawa en 1935. Cette hypothèse rencontra rapidement plusieurs difficultés, même si les photographies de chambres de Wilson permirent d'observer en 1940 la désintégration du mesotron en un électron, comme l'avait postulé Yukawa pour expliquer la désintégration bêta. Le mesotron paraissait en particulier ne réagir dans la matière que par une interaction nucléaire de très faible intensité, ainsi que le démontrèrent clairement dans des expériences avec compteurs à Rome entre 1943 et 1947 Marcello Conversi, Ettore Pancini et Oreste Piccioni.

Au Japon en 1942 et 1943, Yasutaka Tanikawa puis Shoichi Sakata et Takeshi Inoue avaient proposé une explication de ces difficultés en suggérant l'hypothèse de deux mésons selon laquelle le méson de type Yukawa se désintégrerait en un mesotron n'interagissant que faiblement. Du fait de la guerre, leurs suggestions ne furent pas publiées en anglais avant 1946 et 1947, et les revues en question n'atteignirent les Etats-Unis qu'à la fin de 1947.

Ignorant le travail des japonais, Robert Marshak avait avancé en juin 1947 une hypothèse similaire à la leur lors d'une conférence des théoriciens américains sur Shelter Island (au large de Long Island), puis il l'avait publiée cette année-là avec Hans Bethe. Aucun des scientifiques à la conférence ne savait que ces événements de désintégration à deux mésons avaient déjà été observés quelques semaines plus tôt par Cecil Powell et ses collaborateurs à Bristol à l'aide d'une technique photographique alors peu connue, celle des émulsions, mais qui dans les mains de Powell allait devenir un puissant outil de recherche.

Powell avait été l'étudiant de C.T.R. Wilson au laboratoire Cavendish de Cambridge avant d'entrer au laboratoire de physique H.H. Wills (aussi connu sous le nom de Royal Fort) à l'université de Bristol en 1928

Dans les années qui ont suivi immédiatement la seconde guerre mondiale, les expériences sur les rayons cosmiques menées à Bristol à l'aide des émulsions photographiques ont permis des découvertes historiques. La photographie montre Cecil Powell (debout), à côté de M.G.K. Menon, dans le laboratoire des émulsions.



comme assistant du directeur, Arthur Tyndall. Ils travaillèrent ensemble sur la mobilité des ions dans les gaz jusqu'en 1935 quand Powell, inspiré par les découvertes du laboratoire Cavendish dirigé par Rutherford, commença à s'intéresser à la physique nucléaire. Avec un jeune maître de conférence, Geoffrey Fertel, il se lança dans la construction d'un accélérateur de Cockcroft-Walton de 750 keV qu'ils mirent en service en 1939.

L'objectif initial était d'étudier la diffusion des neutrons de basse énergie à l'aide d'une chambre de Wilson. Cependant, en 1938 le théoricien Walter Heitler (alors à Bristol) mentionna à Powell que l'année précédente deux physiciens viennois, Marietta Blau et Herta Wambacher avaient exposé des émulsions photographiques pendant cinq mois à une altitude de 2300 mètres dans les Alpes autrichiennes et observé les traces de protons de basse énergie aussi bien que des "étoiles" dues à des désintégrations nucléaires probablement provoquées par des rayons cosmiques. Heitler commenta que la méthode était tellement simple que "même un théoricien pourrait s'en servir". Intrigué Powell demanda à Heitler de se rendre en Suisse avec un lot d'émulsions Ilford demi-ton, de 70 micromètres d'épaisseur, et de les exposer sur le Jungfrau à 3500 mètres d'altitude. Dans une lettre à "Nature" d'août 1939, ils furent en mesure de confirmer les observations de Blau et Wambacher.

Les émulsions demi-ton ne peuvent enregistrer que les traces des protons de basse énergie et des particules alpha et Powell se rendit compte que pour les rendre réellement utiles il fallait pousser leur sensibilité en augmentant la concentration de bromure d'argent. La seconde guerre mondiale interrompit ces travaux, mais avec les émulsions disponibles Powell parvint à montrer que dans les études de diffusion elles donnaient des résultats supérieurs à ceux des chambres de Wilson tout en étant bien plus rapides.

Blackett (qui s'était trouvé en même temps que Powell au laboratoire Cavendish) joua alors un rôle décisif grâce à son influence dans le ministère de l'approvisionnement du gouverne-

ment travailliste britannique de 1945. Il fut responsable dans une large mesure de la mise sur pied de deux groupes d'experts, l'un chargé de planifier la construction d'accélérateurs au Royaume-Uni (qu'il présida) et l'autre d'encourager le développement d'émulsions sensibles (présidé par Joseph Rotblat, récent lauréat du prix Nobel de la paix pour son travail dans le mouvement Pugwash.)

Vers la fin de la guerre, Blackett avait invité son ancien collaborateur Occhialini, qui se trouvait au Brésil, à se joindre à l'équipe britannique qui travaillait sur la bombe atomique avec les Américains. Occhialini arriva au Royaume-Uni au milieu de l'année 1945 pour apprendre qu'en tant qu'étranger il ne lui était plus possible de travailler sur le projet. Au lieu de quoi il rejoignit Powell à Bristol et devint le moteur du développement de la technique nouvelle des émulsions. Vers la fin de 1946, l'un de ses étudiants de recherche, Cesar Lattes, vint le rejoindre.

Rapidement, le fabricant de matériel photographique Ilford parvint à fournir des "émulsions de recherche nucléaire" et en automne 1946 Donald Perkins, qui était alors à Imperial College, Londres, les exposa à une

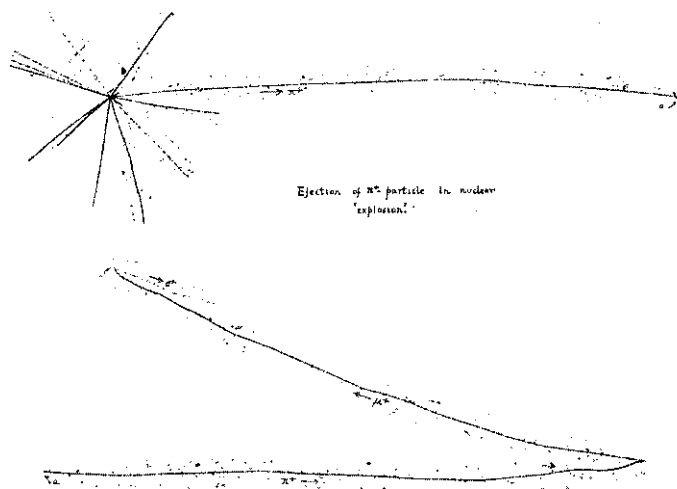
altitude de 9100 mètres dans un avion de la RAF, tandis qu'Occhialini emportait plusieurs douzaines de plaques au pic du Midi à 2867 mètres d'altitude dans les Pyrénées. A l'époque, l'accès au pic se faisait en été par un sentier rugueux depuis le col du Tourmalet et en hiver à ski, la mise en service d'un petit téléphérique ne datant que de l'été 1952, mais Occhialini avait été guide de montagne au Brésil.

L'examen des émulsions à Bristol et à Londres révéla, comme l'écrivit plus tard Powell "tout un monde nouveau. C'était comme si, tout d'un coup, nous avions pénétré dans un verger clos où fleurissaient des arbres protégés et où toutes sortes de fruits exotiques avaient mûri à profusion". Ce nouveau monde devint le sujet de recherches intenses. Occhialini a bien décrit l'atmosphère de Bristol : "pas rasés, parfois je le crains pas lavés, travaillant sept jours de la semaine jusqu'à deux heures, parfois quatre heures du matin, préparant du café anormalement fort à toutes heures, courant, criant, nous disputant et riant nous étions observés avec une sympathie amusée par les autochtones de Royal Fort qui en avaient vu d'autres pendant la guerre"... "la réalité, c'était un travail intense, ardu et incessant, une fièvre dévorante et la concrétisation incroyable de nos rêves. C'était la réalité de la découverte..."

Ce fut Perkins qui le premier observa un exemple clair de ce qui semblait être la capture nucléaire d'un méson dans l'émulsion suivie d'une désintégration nucléaire. La mesure de la diffusion multiple en fonction du parcours résiduel indiquait une masse de 100 à 300 fois celle de l'électron. Les observations de Perkins, publiées en janvier 1947, furent confirmées par Occhialini et Powell qui deux semaines plus tard seulement publièrent les détails de six événements du même type. L'émulsion permettait de distinguer facilement les mésons des protons du fait de leur diffusion bien plus importante et de la variation de la densité des grains avec la longueur du parcours résiduel.

Cependant un autre fruit exotique allait suivre. Au printemps de 1947, l'une des examinatrices de l'équipe de Powell, Marietta Kurz, découvrit dans

Un pion à Bristol. La trajectoire du pion de charge positive produit dans "l'étoile" d'interaction (en haut à gauche) a été coupée en deux pour faciliter la présentation. En bas à droite, le pion se désintègre finalement en un muon qui lui-même se désintègre après quelque 600 micromètres en produisant un électron. Cette chaîne complète de désintégrations a été enregistrée dans une émulsion sensible aux électrons, disponible à partir de 1948 et encore plus sensible que les émulsions mises au point spécialement pour la recherche nucléaire et dans lesquelles le pion avait été découvert en 1947.



Mosaic of photo-micrographs of a nuclear explosion accompanied by the ejection of a π^+ -particle. The track of the π^+ -particle is given in two parts which should join at the point "a". The π^+ -particle shows the transmutation $\pi^+ \rightarrow \mu^+$.

son microscope un méson qui s'arrêtait en donnant naissance à un second méson, lequel quittait l'émulsion juste avant la fin de son parcours résiduel. Powell et un jeune diplômé de Bristol, Hugh Muirhead, furent les premiers physiciens à examiner cet événement qu'ils reconnurent immédiatement comme constitué de deux mésons apparentés. Quelques jours plus tard, Irene Roberts (la femme d'un technicien du groupe, Max Roberts, qui allait plus tard travailler de nombreuses années au CERN) trouva un événement similaire. Dans celui-ci, le méson secondaire terminait sa course dans l'émulsion après un parcours de 610 micromètres.

Ces deux événements étaient tellement convaincants quant à l'existence d'une cascade de désintégration de deux mésons que Lattes, Muirhead, Occhialini et Powell publièrent leurs trouvailles dans le numéro de "Nature" du 24 mai 1947. Commentant le problème entourant l'identification du mesotron des rayons cosmiques au méson de la force nucléaire de Yukawa, ils écrivirent: "Etant donné que nos observations indiquent l'existence d'un nouveau mode de désintégration des mésons, il est possible qu'elles contribuent à résoudre ces difficultés".

D'autres preuves étaient nécessaires pour justifier une conclusion aussi radicale. Pendant quelque temps aucun événement à deux mésons ne fut découvert dans les émulsions du pic du Midi et il fut décidé d'effectuer les expositions à des altitudes bien plus élevées. Lattes proposa de se rendre au Mont Chacaltaya dans les Andes boliviennes, près de la capitale La Paz, où se trouvait une station météorologique à 5200 mètres d'altitude. Arthur Tyndall recommanda à Lattes de prendre le vol de la BOAC vers Rio de Janeiro. Lattes préféra l'avion de la compagnie brésilienne Varig, le tout nouveau Super Constellation, échappant ainsi au désastre de l'avion britannique qui s'écrasa à Dakar, tuant tous les passagers.

L'examen des plaques exposées en Bolivie révéla rapidement dix autres désintégrations à deux mésons dans lesquelles la particule secondaire s'arrête dans l'émulsion. Le parcours constant du méson secondaire, environ 600 micromètres, conduisit Lattes, Occhialini et Powell à postuler dans leur article d'octobre 1947 dans "Nature" une désintégration à deux corps du méson primaire qu'ils appelèrent ou pion en un méson secondaire, **M** ou muon, et en une particule

neutre. Par la suite les mesures de masse sur vingt événements donnèrent des valeurs pour le pion et le muon respectivement de 260 ± 30 et 205 ± 20 fois celle de l'électron, tandis que l'estimation de la vie moyenne pour le pion était de l'ordre de 10^{-8} s. Les valeurs aujourd'hui acceptées sont de 273,31 et 206,76 fois la masse de l'électron et $2,6 \times 10^{-8}$ s.

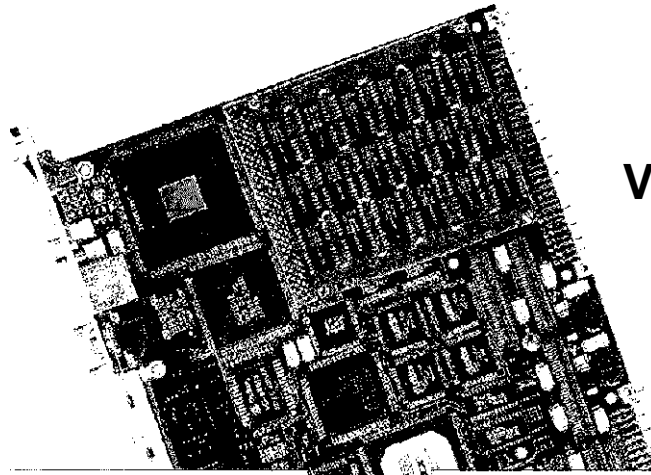
On s'aperçut que le nombre de mésons qui s'arrêtaient dans l'émulsion puis s'y désintégraient était approximativement égal au nombre de pions qui se désintégraient en muons. Il fut donc postulé que ces derniers représentaient la désintégration de pions de charge positive et les premiers la capture par le noyau de pions de charge négative. Il était clair que les pions étaient les particules invoquées par Yukawa. Cela mena à la conclusion que la plupart des mésons observés au niveau de la mer étaient des muons pénétrants produits par désintégration en vol des pions issus de désintégrations nucléaires dans l'atmosphère.

Powell obtint le prix Nobel de physique de 1950 pour la mise au point de la technique des émulsions et la découverte du pion; Occhialini reçut pour sa part le prix Wolf de 1979 (partagé avec Georges Uhlenbeck) pour son rôle aussi bien dans la découverte du pion que dans celle de la production des paires avec Blackett. Ce dernier obtint le prix Nobel de physique de 1948.

Owen Lock

The First Deterministic Real-Time Processor Board

A unique hardware design for *optimized* interrupt response time distribution



VME RI02 062

Nbre of Samples [log]

Conventiennal Interrupt
Response Time

Nbre of Samples [log]

CES Interrupt
Response Time



- Most *efficient multi-processor support*
- Multiple *user driver*) DMAs on VME
- *Support of PCI & VME atomic cycles*
- PowerPC 603 / 604 at 200 MHz
- *Complete family of PMCs available*

Up to 6 PMC slots for

- interfaces: ARINC429, MIL1553B, PCM,...
- network: ATM, FDPI, *fast Ethernet*,...
- high-speed *connection*: 100 Mbytes/sec
PCI to PCI
- SVGA, SCSI,...



For any additional information about this product or our complete PowerPC, PMC, Connections, VME, CAMAC and FASTBUS line, do not hesitate to contact us.

CES Geneva, Switzerland Tel: +41-22 792 57 45 Fax: +41-22 792 57 48 EMail: ces@lancy.ces.ch

CES.D Germany Tel: +49-60 55 4023 Fax: +49-60 55 82 210

CES Creative Electronic Systems SA, 70 Route du Pont-Butin, P.O. Box 107

CH-1213 Petit-Lancy 1 Switzerland

http://www.ces.ch/CES_infoAVelcome.html

e S

CREATIVE ELECTRONIC SYSTEMS