

Chambres à plaques résistives

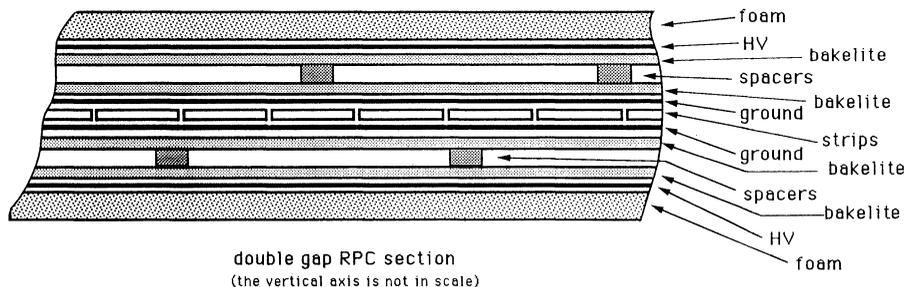
Comme les expériences actuelles et futures en physique des particules et en astrophysique exigent des détecteurs offrant simultanément de bonnes résolutions spatiales et temporelles sur de grandes surfaces, les chambres du type à plaques résistives (RPC) figurent en bonne place dans les projets de détecteurs. Le troisième atelier international sur les chambres à plaques résistives et détecteurs du même type (RPC95) qui s'est tenu à Pavie (Italie) à l'automne dernier a bien montré leur intérêt et les progrès réalisés.

Les RPC sont des détecteurs de particules à gaz, fonctionnant, dans leur forme originelle, en mode pré-étincelle sous un champ électrique uniforme. La figure ci-jointe présente schématiquement un module de RPC double comprenant deux chambres placées dos à dos et montées sur la même structure mécanique avec des hautes tensions indépendantes et partageant un plan commun de bandes de lecture.

Chaque chambre comprend deux plaques de bakélite, un polymère phénolique de forte résistivité volumique, séparées par un espace de 2 mm. Les faces extérieures des plaques de bakélite sont recouvertes d'une peinture de graphite conducteur à laquelle on applique la haute tension. Des espaceurs en P.V.C. garantissent la planéité des plaques.

Initialement ces détecteurs servaient de compteurs d'anticoïncidence contre le rayonnement cosmique pour des expériences hors accélérateur (NADIR) comme en accélérateur (FENICE), plus tard ils ont servi de détecteurs de muons de grande surface en physique des rayons cosmiques (COVER PLASTEX) ainsi que dans des expériences de production de beauté avec cibles fixes: E771 au laboratoire Fermi et WA92 au CERN.

L'expérience L3 au collisionneur électron-positon LEP du CERN a utilisé quelque 300 m² de RPC pour le déclenchement sur les muons. Actuel-



Les chambres à plaques résistives font l'objet d'un intérêt croissant; il s'agit de détecteurs de particules à gaz fonctionnant, dans leur conception originelle, en mode pré-étincelle sous un champ électrique uniforme. Dans ce schéma d'un module de RPC double épaisseur, deux chambres sont montées dos à dos sur une même structure mécanique avec des hautes tensions indépendantes; elles partagent le même plan de rubans de lecture.

lement les RPC constituent le détecteur de référence approuvé pour les muons dans ATLAS et CMS au collisionneur de protons LHC du CERN et dans BaBar à l'usine à B du SLAC.

Les environnements toujours plus rigoureux dans lesquels les RPC doivent fonctionner – fortes intensités, bruits de fond élevés, exigences sévères de sécurité, ... – demandent une attention particulière.

Le récent atelier a joué un rôle important en réunissant des spécialistes et en permettant la comparaison de diverses méthodes expérimentales sur des sujets importants comme le mode de fonctionnement (mérites respectifs de l'avalanche et de l'étincelle), l'électronique nouvelle en mode avalanche, de nouveaux fréons gazeux et de nouveaux matériaux résistifs, l'augmentation de la profondeur et l'utilisation du verre.

R. Santonico, l'inventeur de ce détecteur, a ouvert l'atelier en présentant des résultats obtenus avec une RPC à plaques de bakélite et épaisseur de gaz de 2 mm fonctionnant avec un nouveau fréon "écologique" (C₂H₂F₄ au lieu du CF₃Br habituel) et utilisée avec une faible amplification dans le gaz. Il a discuté la possibilité d'utiliser la RPC en mode avalanche (avant-coureur du mode étincelle). Ce mode produit des signaux très faibles et une préamplification est nécessaire, par contre la tension peut rester inférieure à 10 kV (au-delà les germes d'étincelles réapparaissent), ce qui permet de réduire considérablement la puissance dissipée.

La charge recueillie est alors de l'ordre de 1 pC et la dispersion temporelle typique a une largeur de 4,5 ns.

La collaboration ATLAS a déjà évalué le potentiel de comptage (pleinement efficace jusqu'à 1–2 kHz/cm²) avec le fréon standard et l'on espère que le nouveau gaz permettra de faire aussi bien.

Des résultats intéressants ont été présentés dans le cas d'électrodes en mélamine avec diverses profondeurs des chambres (2, 5, 6 et 8 mm). Des mesures effectuées sur de petites RPC montrent que l'augmentation de l'épaisseur diminue la plage dynamique, entraînant une réduction de la charge moyenne, une plus grande capacité de comptage et une plus faible consommation électrique. Toutefois la tension d'exploitation est élevée (16 à 19 kV selon le mélange gazeux utilisé).

Le sujet du traitement de surface des plaques en bakélite usuelles a été abordé, appliqué aux faces internes des électrodes; il permet l'exploitation avec des courants plus faibles (d'un facteur 4) et moins de bruit de fond (d'un facteur 10) par rapport à des électrodes en bakélite non traitées. Plusieurs exposés ont rendu compte de l'emploi d'électrodes utilisant divers matériaux comme des matières plastiques (ABS) ou du verre.

Le sentiment général à l'issue de l'atelier était que la compréhension des performances de ce détecteur avait fait l'objet de travaux importants. Les études en cours feront probablement apparaître le potentiel et la polyvalence

des RPC. Les problèmes immédiats ont été résolus, mais des études plus systématiques sont nécessaires. Un consensus s'est dégagé pour affirmer qu'une "nouvelle génération" de RPC (nouveaux fréons, électronique frontale nouvelle) pourra fonctionner à pleine efficacité dans les flux intenses prévus au LHC du CERN.

L'Institut national de physique nucléaire (INFN) local, l'Université de Pavie et la Fondation Fulbright ont parrainé l'atelier.

Par Sergio Ratti, Pavie

MECANIQUE QUANTIQUE

Le réel rejoint le virtuel

Depuis l'époque de l'élaboration de la mécanique quantique dans les années 20 en tant que description ultime des objets microscopiques, de grands esprits n'ont cessé de se torturer devant les déconcertantes énigmes qui semblent surgir lorsqu'il s'agit de concilier les phénomènes quantiques et la réalité quotidienne. Cependant les physiciens qui jour après jour se nourrissent de mécanique quantique assimilent ces scrupules à un masochisme intellectuel inutile. Ils font remarquer que les dilemmes apparaissent lorsqu'on impose sur un phénomène quantique des idées ou des préjugés extérieurs à la mécanique quantique.

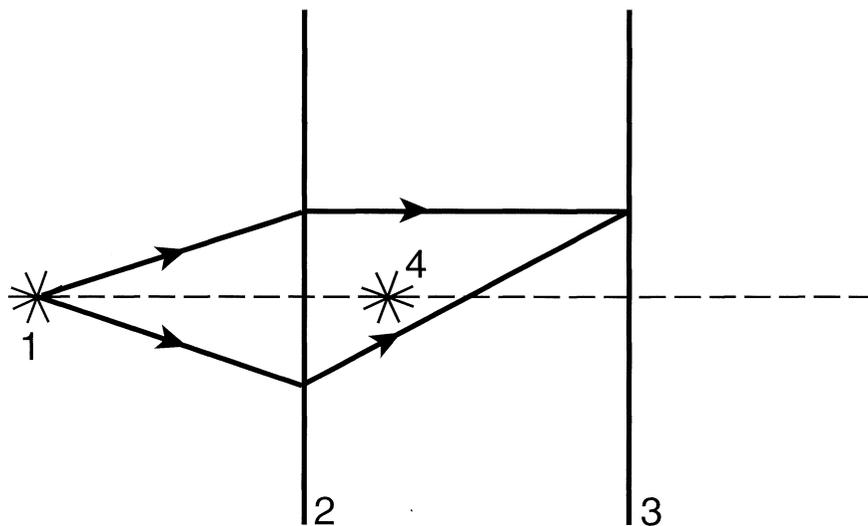
Le comportement d'un quantum individuel étant difficile à suivre, on doit souvent en physique quantique se satisfaire d'expériences imaginaires inventées par des sommités telles que Werner Heisenberg ou Richard Feynman. Récemment une nouvelle

expérience délicate effectuée par une équipe MIT/Innsbruck à l'aide d'un interféromètre atomique a clairement démontré la validité de ces classiques expériences de pensée.

L'exemple même d'un dilemme quantique est celui que présente un faisceau d'électrons – des particules – traversant deux fentes voisines distinctes. Un écran, de l'autre côté des fentes, laisse alors apparaître les bandes caractéristiques de la diffraction des électrons. En certains endroits de l'écran les électrons sont nombreux tandis qu'ailleurs ils sont absents: l'écran y est "noir". A l'emplacement de ces bandes noires, la fermeture de l'une des fentes augmente le nombre d'électrons empruntant l'autre fente.

Les électrons se comportent clairement comme des ondes. Mais les électrons sont des particules et de ce point de vue un électron doit traverser une fente ou l'autre, mais pas les deux. Comment peut-on concilier cette idée avec le phénomène ondulatoire observé?

Dans son célèbre manuel "Cours de physique de Feynman", Richard Feynman conclut: les électrons arrivent par paquets, comme des particules, et la probabilité d'arrivée de ces paquets est équivalente à la distribution d'inten-



L'expérience quantique fondamentale. Les électrons provenant d'une source (1) traversent un système de deux fentes (2) et forment une figure de diffraction sur un écran (3). L'introduction d'une source lumineuse (4) permet de savoir laquelle des deux fentes un électron particulier a empruntée.