

PRIX NOBEL : de la chambre à bulle à la chambre à fils

Les détecteurs de particules sont parmi les outils les plus essentiels de la recherche fondamentale, dans le domaine du nucléaire ; ils ont permis d'affiner le modèle de l'atome et de son noyau.

Ils interviennent dans une première phase au cours de laquelle on réalise une collision entre une cible appropriée et un faisceau de particules accélérées par un accélérateur.

Le résultat est un flot de particules secondaires qu'il convient d'identifier mais d'abord de détecter.

La détection est essentiellement une visualisation des trajectoires dans une chambre où règne un champ magnétique très intense.

Ce champ permet d'accéder aux quantités de mouvement (produit de la masse par la vitesse) des particules mais il n'est pas pour autant discriminant.

C'est pourquoi l'identification repose sur l'analyse d'événements privilégiés en termes de trajectoires et de chocs secondaires. Les grands principes de conservation de l'énergie et des quantités de mouvement permettent alors d'identifier quelques particules.

On comprend donc la nécessité d'une détection soignée capable de fournir le plus de renseignements possibles.

Parmi tous les détecteurs en service aujourd'hui, nous avons relevé les deux plus classiques : la chambre à bulles et la chambre à fils ; signalons que c'est pour ses travaux dans ce domaine que Georges Charpak a été couronné du prix Nobel en 1992.

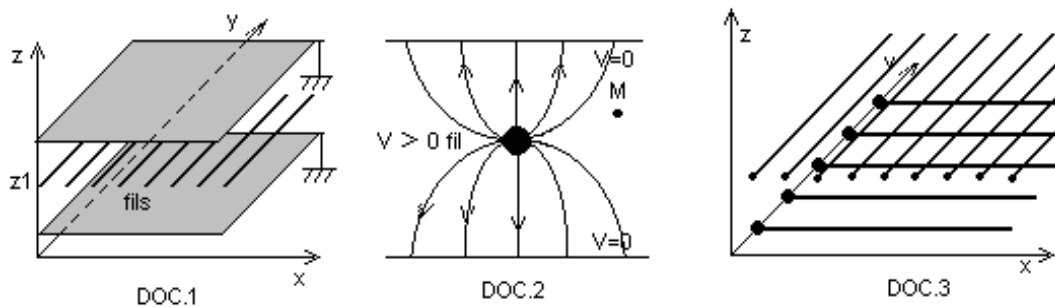
CHAMBRE A BULLES : principe

De la même façon que la trajectoire d'un avion circulant à haute altitude est matérialisée par la condensation de vapeur d'eau sur les ions (germes) contenus dans les gaz d'échappement des moteurs, dans une chambre à bulles, les particules à détecter pénètrent dans une enceinte contenant, par exemple, du dihydrogène liquide (27°K). Par action d'un piston, une détente (décompression) préalable est amorcée, apte à provoquer une ébullition partielle ; mais cette ébullition présente un certain retard et n'intéresse, à notre grande satisfaction, que les trajectoires des particules ionisantes jouant le rôle de germe d'ébullition.

L'ensemble baigne dans un champ magnétique intense (électro-aimant de 1000 tonnes!) ; il est nécessaire de réamorcer le dispositif rapidement pour pouvoir prendre une série de clichés permettant, en particulier d'obtenir une vision en 3D.

La chambre à bulles nécessite une très lourde infrastructure cryogénique et le traitement des informations sur les trajectoires est laborieux.

CHAMBRE A FILS : principe



Entre deux plaques parallèles, est disposée une nappe de fils parallèles et équidistants (doc.1). Les fils sont portés à un potentiel de quelques kV et les plaques sont reliées à la terre dont le potentiel sert de référence.

Ordre de grandeurs : distance fil-fil=1/10 à 10 mm diamètre du fil=30µm

Si on considère un fil, on peut tracer les lignes de champ entre les fils et la plaque(doc.2). Ce champ est important et quasi radial à proximité des fils.

Si une particule ionisante traverse la chambre, elle crée, dans le gaz qui baigne l'ensemble, des ions et des électrons. Ces électrons se dirigent vers le fil sous l'effet du fort champ électrique et ionisent, à leur tour, tous les atomes du gaz ; par un phénomène d'avalanche ils engendrent sur le fil une impulsion électrique suffisamment intense pour être détectée par un amplificateur.

Il y a donc un amplificateur par fil, de sorte que le passage de la particule par ce fil est parfaitement positionné dans le temps (date de l'impulsion) et dans l'espace (abscisse x et cote z).

Si ensuite on considère un réseau supplémentaire de fils parallèles à Ox, de la même manière on détermine l'ordonnée y_i (doc.3)

Il suffit d'empiler ces doubles réseaux pour confectionner la chambre à fils définitive:

l'ensemble se comporte, alors, comme une table traçante en 4D, un volume où chaque point est parfaitement repéré dans l'espace et dans le temps.

Il est alors possible de retrouver les trajectoires et vitesses des particules par un traitement informatique approprié.

Si l'ensemble du réseau semble très arachnéen, la chambre à fils reste un système particulièrement lourd (plusieurs tonnes) et coûteux.

Questionnaire :

(Il est rappelé que les réponses attendues devront, autant que faire se peut, être exprimées dans un langage scientifique)

1-Citer un détecteur de particules portatif.

2-Donner deux exemples d'accélérateurs de particules.

3-Préciser comment le champ permet d'accéder aux quantités de mouvement mais pourquoi il n'est pas discriminant.

4-Préciser le sens du terme « réamorçage » ; pourquoi faut-il réamorcer le système ?

5-Donner le sens du terme « 3D »

6-Donner la température de liquéfaction du dihydrogène en °C

7-Préciser le sens du terme souligné. infrastructure cryogénique

8-Sur le doc.2 justifier l'orientation des lignes de champ et représenter la force s'exerçant sur un électron placé en M

9-Préciser le phénomène d'avalanche.

10-Quel genre de particule la chambre à fil détecte-t-elle ?

11-Quel vous semble être l'intérêt essentiel de la chambre à fil ?

Réponses

1- compteur Geiger

2- accélérateur linéaire-cyclotron

3- mv est la quantité de mouvement; le rayon de la trajectoire est donné par $R = mv/qB$

La connaissance de R ne détermine que ce rapport et il faut connaître q et v pour déterminer la masse par exemple (B est bien évidemment connu).

4- réamorcer, c'est créer une dépression ; faute de ce réamorçage les trajectoires ne peuvent pas apparaître.

5- relief à trois dimensions.

6- $27 - 273 = -246$ °C

7- système assurant la température très basse.

8- Le champ descend les potentiels et demeure perpendiculaire aux surfaces équipotentiels. Au voisinage du fil il est quasi radial

9- Dans leur déplacement du à leur charge les ions rencontrent d'autres particules à leur tour ionisées qui s'ajoutent aux précédentes.

10- Les particules chargées.

11- Traitement en 3D (voire 4D), traitement informatisé , et , malgré la masse de l'ensemble , l'absence du problème inertiel de la chambre à bulle (réamorçage inexistant)

