



CM-P00074058

Proposition d'expériences de Haute Energie  
dans une chambre à Liquides Lourds

---

MILAN - ECOLE POLYTECHNIQUE - ORSAY - SACLAY - BERKELEY

Les seules expériences de haute énergie en chambre à liquides lourds effectuées à ce jour au CERN ont été faites dans la chambre à liquides lourds de l'Ecole Polytechnique.

Trois séries d'expériences ont été réalisées :

- $\pi^-$  de 6, 11, 17 et 18 GeV/c dans un mélange  $CF_3Br - C_3H_8$  - 1960
- $\pi^-$  de 8 et 16 GeV/c                      cible à hydrogène +  $C_2F_5Cl$  - Déc. 63 - Janv. 64
- $\pi^-$  de 16 GeV/c                               $C_2F_5Cl$  avec et sans cible de plomb - Déc. 63-Oct. 64.

La première expérience permettait d'étudier les réactions sur  $H_2$  et sur noyaux lourds. Elle a fourni de bons résultats sur les réactions du premier type mais a aussi montré l'intérêt des réactions sur noyaux, ce qui a conduit trois ans plus tard à réaliser deux séries d'expériences distinctes, l'une avec cible à hydrogène pour étudier les réactions  $\pi p$  à haute énergie en détectant et mesurant les  $\pi^0$ , l'autre avec un liquide ne contenant pas de protons libres, avec ou sans cible de plomb à l'entrée de la chambre, pour être sûr de n'avoir que des réactions sur noyaux. L'étude de ces deux dernières séries d'expériences est actuellement bien avancée.

La liste des principales publications sur ces expériences est donnée à la fin de la proposition.

Ces travaux peuvent se classer en deux catégories :

1) Interactions sur noyaux

a) Interactions cohérentes inélastiques :

L'existence de ce type de réaction à grande énergie avait été envisagée par Good et Walker<sup>(+)</sup>, et de bonnes indications de ce phénomène ont été observées dans la première série d'expériences. Les grandes statistiques de la troisième

---

(+) M.L. Good and W.D. Walker, Phys.Rev. 120, 1857 (1960) and CERN 61-62, 263 (1961).  
PS/5050/mhg

série permettent de donner les résultats suivants :

- Dans la grande majorité des interactions (de  $\pi^-$ ) où l'on n'a pas de signe visible de destruction du noyau, le nombre de pions sortant est 3.
- La distribution angulaire de production du système de mésons est celle correspondant à une diffraction sur le noyau. Ce résultat montre bien l'existence de réactions inélastiques faisant intervenir l'ensemble d'un noyau.
- Le spectre de masse de ces trois pions montre que le  $A_1$  est produit de manière très dominante, sans que le  $A_2$  soit visible.

Ces résultats indiquent la présence de lois favorisant d'une part la multiplicité 3 pour les  $\pi$ , d'autre part l'état  $A_1$  par rapport à l'état  $A_2$ . Il semble que le mécanisme dominant de ce type de réactions sur noyau comporte des règles de sélections qui permettent, entre deux résonances de nombres quantiques différents de produire l'une et non l'autre, donc d'étudier beaucoup plus facilement celle qui est produite. C'est exactement le cas du  $A_1$  qui dans la réaction  $\pi^- p$  est dominé par le  $A_2$ .

L'avenir de ce type de réactions semble donc très important; on voit bien comment il doit être possible, avec un faisceau de K, de produire certaines résonances  $K\pi$  et pas les autres.

b) Production de résonances  $B = 2$  par interactions d'hypérons dans le noyau primaire :

Certains travaux ont mis en évidence ce type de résonances. On peut penser que les noyaux complexes sont un milieu favorable à leur production, ainsi un hyperon  $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ,  $\Xi$  peut former une telle résonance par réactions secondaires dans le noyau où il a été formé. La probabilité d'une réaction secondaire est de l'ordre de 30%. La résonance peut être détectée par masses relatives entre les produits secondaires. Des recherches préliminaires sont en cours dans les photos de T<sub>8</sub>.

## 2) Interactions sur Hydrogène

Par rapport à une chambre à hydrogène, le désavantage d'une chambre à liquides lourds est essentiellement la perte de précision, mais ceci devient faible aux fortes énergies. L'intérêt est surtout de voir et de mesurer les  $\gamma$ . A partir d'une certaine énergie, le bilan est nettement positif pour les réactions les plus courantes, il l'est dans tous les cas pour les réactions à plusieurs particules neutres non étrangères ( $n$  ou  $\pi^0$ ). La solution normale pour obtenir des interactions sur l'hydrogène est d'utiliser un liquide contenant du propane ( $C_3H_8$ ). L'incertitude sur la nature exacte de la cible (proton lié ou libre, ou réactions en cascade dans un noyau) peut être levée très souvent, directement sur la table de scanning, ou après les mesures. Elle disparaît complètement avec l'utilisation d'une cible à hydrogène interne qui procure par contre des difficultés d'analyse non négligeables. Qu'il en soit, l'une et l'autre technique ont permis d'obtenir, à des énergies et pour des types de réactions où la chambre à hydrogène restait très compétitive, des résultats intéressants, essentiellement sur les résonances et les mécanismes de production à haute énergie.

Il semble cependant qu'aux énergies auxquelles nous avons travaillé jusqu'à maintenant (6 et 8 GeV/c), les chambres à hydrogène de 2m soient, à part le cas de certaines réactions très particulières, des concurrents très sérieux. Au dessus de 10 GeV/c, l'intérêt d'une chambre à liquides lourds demeure, pour presque tous les types d'interactions.

### Proposition d'expériences

Il ne semble pas actuellement nécessaire de poursuivre l'étude des interactions de  $\pi^-$ , bien qu'un complément de photos pour les interactions  $\pi^-p$  à 16 GeV/c soit souhaitable. L'intérêt serait surtout maintenant de changer la nature des particules incidentes et d'étudier les interactions de  $K^-$  et de  $K^+$  de la plus haute énergie possible, ce qui correspondrait aux expériences suivantes :

#### Conditions expérimentales :

- a) Pour l'étude des interactions sur noyaux : deux séries de photos, l'une en  $K^+$ , l'autre en  $K^-$ , dans un liquide spécialement choisi pour cela.
- b) Pour l'étude des interactions sur proton, deux séries dans un liquide optimisé donc forcément différent.

Liquides :

- a)  $K^+$  Noyaux : Il faut un liquide ne contenant pas d'hydrogène, dont les divers noyaux soient de taille la plus proche possible et de longueur de radiation voisine de 25 cm. Le meilleur est le  $C_{25}F_{51}Cl$ .
- b)  $K^+_p$  : Deux solutions possibles : une cible à hydrogène + un liquide de  $X_0 = 25$  cm ou un liquide riche en hydrogène de même longueur de radiation. La première solution semble préférable. Cependant, la principale limitation de cette méthode semble être le nombre de réactions utilisables. En effet, la probabilité pour une particule de réagir dans la cible est environ 10 fois plus faible que de réagir dans le liquide de la chambre après passage dans la cible. Le nombre de réactions dans le liquide devant être faible étant donné les grandes multiplicités d'électrons de gerbes, le nombre de réactions utiles dans l'hydrogène est d'une toutes les 10 ou 20 photos. Ceci est la principale limitation de cette méthode, bonne par ailleurs. L'adjonction d'un tuyau à vide dans l'expérience  $T_{16}$  ( $\pi^-$  de 8 GeV) pour évacuer les  $\pi$  n'ayant pas réagi dans l'hydrogène, a permis de pallier à cet inconvénient dans une certaine mesure, mais la méthode n'est pas applicable à plus haute énergie étant donné la forte production vers l'avant.

Pour la deuxième méthode, un liquide particulièrement intéressant est le suivant :

$C_3H_8$  50% +  $C_2H_6$  35% +  $ICH_3$  15% qui pour une longueur de radiation de 20 cm donne 20% d'interactions sur  $H_2$ . Ceci semble le meilleur choix possible.

Chambre :

- Il faut :
- 1) Au moins 1 m de longueur
  - 2) Possibilité de fonctionner avec un mélange  $C_3H_8$ ,  $C_2H_6$ ,  $ICH_3$
  - 3) Champ magnétique > 20.000 Gauss
  - 4) Précision de mesure suffisante, en particulier il ne doit pas y avoir de flèche parasite supérieure à 0,2 mm sur 1 m.

Il n'y a en fait que deux chambres possibles en fonctionnement, celles du CERN et de l'Ecole Polytechnique. Cette dernière a l'avantage d'avoir été très bien

testée pour les précisions de mesures que l'on peut avoir à ces hautes énergies et remplit toutes les conditions ci-dessus. Celle du CERN offre l'avantage d'un volume plus grand et d'un champ pouvant aller jusqu'à 27 KG si l'on dispose du nombre de génératrices nécessaire. Elle n'est actuellement pas équipée pour fonctionner à l'iodure de méthyle.

Faisceau et installation :

Le seul faisceau possible est le faisceau RF utilisé par la chambre de 2m. L'emplacement qui semble le meilleur est situé derrière la chambre de 2m, ce qui permet de marcher en parallèle avec cette chambre, en utilisant une partie des particules qui la traversent sans interagir.

Nombre de photos :

Les nombres sont du même ordre pour les 4 séries de photos envisagées et correspondent chacun à deux semaines de machine :

250.000 photos	6 K <sup>+</sup> /pulse	C <sub>2</sub> F <sub>5</sub> Cl	K <sup>+</sup> N	12 à 14 GeV/c
250.000 "	4 K <sup>-</sup> /pulse	C <sub>2</sub> F <sub>5</sub> Cl	K <sup>-</sup> N	"
250.000 "	6 K <sup>+</sup> /pulse	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> - C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> - CH <sub>3</sub> I	K <sup>+</sup> p	"
250.000 "	4 K <sup>-</sup> /pulse		K <sup>-</sup> p	"

Analyse :

L'essentiel du travail sur les films de π<sup>-</sup> existant doit être fini pour Avril '66 et à cette époque l'ensemble des groupes (Orsay, Milan, Saclay et Berkeley) pourrait fournir une puissance d'analyse sur ces photos de l'ordre de 15 tables de scanning et 10 IEP's. 20 physiciens travailleront à plein temps sur ce travail.

Conclusion :

L'intérêt de l'étude des interactions sur les noyaux et l'utilité des chambres à liquides lourds dans l'étude des interactions sur l'H<sub>2</sub> à grande énergie, semblent incontestables d'après les résultats obtenus dans des faisceaux de π<sup>-</sup>. La poursuite de ce type d'expériences dans des faisceaux de K<sup>±</sup> est très souhaitable mais l'on doit remarquer qu'elle nécessite une grande chambre à

liquide lourd et un grand accélérateur ( $> 20$  GeV) et force est de constater que ces deux conditions ne sont remplies qu'au CERN. Seul actuellement le CERN peut faire ces expériences et le 'layout' envisagé lui permet de le faire sans aucune dépense supplémentaire de protons.

Naturellement, ce type d'expérience présente un grand intérêt pour la future chambre Gargamelle. Cependant, cette chambre ne semble pas devoir être mise dans un faisceau R.F. avant 1970 ou 1971. Il semble donc extrêmement important d'explorer ce domaine avec les chambres actuelles dès maintenant.

LISTE DES PUBLICATIONS DE LA COLLABORATION :

Milan - Ecole Polytechnique - Saclay - Orsay - Berkeley

The Aix-en-Provence International Conference - September 1961

- $V^0$  pairs produced in the Ecole Polytechnique one-metre propane bubble chamber by  $\pi^-$  of 6.1, 11.6 and 18.1 GeV/c - page 101.
- The momentum spectrum of slow protons emitted in hydrogen-like interactions of negative pions of 6 and 18 GeV/c - page 449.
- Analysis of low multiplicity jets produced by high-energy pions.

The CERN International Conference - 1962

- Strange particle correlations in high-energy pion-nucleon collisions - page 240.
- Charge exchange cross-section in  $\pi^-p$  collisions at 6 and 18 GeV/c - page 586.
- Study of effective mass between  $\pi^+$  and  $\pi^-$  in two prongs stars with and without  $\pi^0$  produced by  $\pi^-$  of 6 GeV/c - page 603.
- Preliminary results on glancing collisions of high-energy negative pions - page 613.
- Glancing collisions of pions with protons at 6.1 and 18.1 GeV/c, Nuovo Cimento 27, 816, 1963.
- Pion diffraction on carbon nuclei at 6.1 and 18.1 GeV/c, Nuovo Cimento 29, 896, 1963.
- Proton momentum spectrum in  $\pi^-p$  collisions at 6 GeV/c, Nuovo Cimento 28, 279, 1963.
- Correlations in strange particle pairs produced by  $\pi^-$  of 6, 11 and 18 GeV/c, Nuovo Cimento 29, 339, 1963.
- Charge exchange and total cross-section in  $\pi^-p$  interactions at high energies, Phys.Lett. 4, 164, 1963.
- Existence and spin of the proposed  $f^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$  resonance, Phys.Rev.Lett. 10, 29, 1963.

The Sienna International Conference - September 1963

- An analysis of  $\pi^-$  interactions at 6.1 GeV/c in heavy liquid bubble chamber - page 616.
- Analysis of the  $(\pi^-p)$  and  $(\pi^-n)$  interactions at 6.1 and 18.1 GeV/c leading to 3 pions.
- Corrélations entre particules étranges produites dans les interactions pion-nucléon à 6, 11 et 18 GeV - M. Bloch, Thèse, Paris, Juin 1963.
- Pion-Nucleon cross-section for absorption and strange particle production at 6.1, 11.6 and 18.1 GeV/c, Nuovo Cimento 31, 541, 1964.
- An unsuccessful search for fractionally charged particles with mass  $\leq 2.2$  GeV, Phys.Lett. 9, 201, 1964.
- Experimental results on  $\pi^+\pi^-$  production by 18.1 GeV/c  $\pi^-$ , Phys.Lett. 10, 126, 1964.
- Properties of the  $A_1$  studied in 16 GeV/c  $\pi^-$  interactions on nuclei, Phys.Lett. 12, 143, 1964, and Dubna International Conf. 1964.
- Etude des résonances dans les interactions des hautes énergies - D. Drijard, Thèse, Paris, Avril 1964.
- Méthode de détermination des sections efficaces partielles dans un liquide lourd - A. Lloret, Thèse, Paris, Mai 1964.
- Existence et spin de la résonance  $f^0$  - J.J. Veillet, Thèse, Paris, Juin 1964.
- Interactions of 17 GeV/c negative pions - R. Huson, Thèse, University of California, Janvier 1964 and Nuovo Cimento 33, 1, 1964.
- Evidence for a new  $\pi^+\pi^-$  resonance at 1.67 GeV, Phys.Lett. 17, 354, 1965.

1965 Summer Meeting at the University of Hawaii

- Coherent production of multipion resonances.
- Branching ratios in  $A_1^-$  and  $\rho^0$  decays.

Oxford International Conference - 1965

- Further study of the properties of  $A_1^-$  produced in  $(\pi^-$ -nucleons) interactions.
- Evidence on coherent multipion production in  $\pi^-$  interactions on nuclei.