



**HAL**  
open science

## MODELES THEORIQUES - BASSE ENERGIE

Marcel Froissart

► **To cite this version:**

Marcel Froissart. MODELES THEORIQUES - BASSE ENERGIE. Journal de Physique Colloques, 1970, 31 (C5), pp.C5-88-C5-94. 10.1051/jphyscol:1970504 . jpa-00213897

**HAL Id: jpa-00213897**

**<https://hal.science/jpa-00213897>**

Submitted on 4 Feb 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## MODELES THEORIQUES - BASSE ENERGIE

Marcel Froissart

Service de Physique Théorique - Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Nous présentons dans ce rapport les communications qui ont été présentées à la Conférence sur les résultats théoriques et expérimentaux sur la diffusion de basse énergie dans les voies suivantes :  $\pi\pi$ ,  $\pi K$ ,  $\pi N$ ,  $NN$ . Ces communications dénotent un réel progrès à la fois dans la précision des techniques expérimentales et dans les moyens théoriques de prédiction. Pour les processus inélastiques, la situation expérimentale se clarifie, mais la théorie n'a pas encore de moyen efficace de calcul.

In this report, we present the communications presented to this Conference on the results, both theoretical and experimental, for low-energy scattering in the following channels :  $\pi\pi$ ,  $\pi K$ ,  $\pi N$ ,  $NN$ . These works indicate that a real progress has been made in the precision of experimental techniques as well as in the theoretical predictions. As far as inelastic processes are concerned, the experimental situation becomes clearer, but theory has not yet developed efficient means of calculation.

Je dois commencer ce rapport par mes excuses aux différents participants dont je ne ferai qu'effleurer les contributions ou même que je passerai complètement sous silence. Le temps qui m'est imparti, et la variété des sujets présentés m'ont contraint à sélectionner certains sujets, qui abordés dans un certain nombre de contributions doivent être refondus dans un exposé synthétique. Quant aux autres contributions, que je ne pourrais aborder qu'au risque de faire un exposé complètement décousu, et donc dépourvu d'intérêt pour la grande majorité d'entre vous, elles seront discutées en séances parallèles, où vous pourrez au moins les entendre en direct d'un des auteurs.

DIFFUSION PION-PION A BASSE ENERGIE - EXPERIENCE

Du point de vue expérimental, l'article de Baton et al. [1] apporte un tableau assez précis des déphasages pion-pion jusqu'à une énergie totale dans le système du centre de masse de 1,2 GeV.

Ces résultats ont été obtenus par extrapolation des sections efficaces différentielles des réactions  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$  et  $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^0 n$  par la méthode de Chew et Low. Il est à noter que la procédure d'extrapolation a été sensiblement améliorée par deux méthodes.

La première, tout à fait orthodoxe, consiste à opérer, avant extrapolation, un changement de variable, de façon à diminuer la distance entre la région expérimentale et le pôle du pion, tout en gardant les singularités lointaines à la même distance. Cette procédure a été préconisée depuis longtemps par les théoriciens, notamment Cutkosky [2] et Ciulli [3].

L'autre méthode d'amélioration peut, en revanche, susciter certaines critiques. Elle revient à un lissage des données en fonction de l'énergie, et repose sur deux observations :

- Premièrement, si l'on ne considère que le terme d'échange d'un pion, on sait que le couplage pseudoscalaire du pion échangé au nucléon implique la nullité de ce terme pour un moment de transfert  $\sqrt{-t}$  au nucléon nul. L'extrapolation des données à  $t=0$  ne dépend donc que des termes d'échange de 3 pions, ou des échanges dans les autres voies qui n'ont vraisemblablement que peu de structure, et qui, de toute façon, sont petits. La valeur  $t=0$  constitue donc l'endroit idéal pour opérer un lissage.

- Deuxièmement, quand on examine les données extrapolées à  $t=0$ , on constate effectivement que l'extrapolation est compatible avec zéro sur tout l'intervalle expérimental. On réalise alors le lissage en imposant à l'extrapolation de passer

par zéro pour  $t=0$  à toutes les énergies du système  $\pi$ .

On réduit ainsi considérablement les erreurs pour chaque énergie individuelle, mais on court également le risque d'introduire une petite erreur systématique, lentement variable.

Les résultats (Figs.1 à 3) montrent toujours l'ambiguïté classique dans l'onde  $S_0$  pour les énergies supérieures à la masse du  $\rho$ . Les auteurs cependant estiment qu'ils peuvent éliminer cette ambiguïté pour les énergies inférieures, la considération de la section efficace totale excluant la solution supérieure, et ceci, indépendamment de toute hypothèse ou de tout modèle. Remarquons d'ores et déjà que ces solutions diffèrent considérablement par le comportement de leur inélasticité (Fig.4). Ceci est évidemment difficile à mesurer, étant donné que la limite supérieure par unitarité pour la section efficace inélastique de l'onde  $S_0$  dans cette région est de l'ordre de 0,8 mb pour une section efficace totale de l'ordre de 10 mb, avec des erreurs relativement importantes.

#### DIFFUSION PION-PION A BASSE ENERGIE - THEORIE

Trois ensembles distincts de déphasages théoriques ont été proposés à cette Conférence : deux d'entre eux reposent sur l'application de la méthode de Padé à des théories lagrangiennes complètement différentes, et le troisième représente une tentative indépendante de tout modèle, ne reposant en principe que sur des résultats rigoureux déduits de la théorie axiomatique des champs.

#### La méthode de Padé

Je dois, je pense, rappeler très brièvement en quoi consiste la méthode de Padé : étant donné une amplitude  $A$ , pour une valeur donnée des variables cinématiques (énergie, moment de transfert ou moment angulaire), on peut calculer, à partir d'un Lagrangien convenable, son développement de perturbations en puissances de la constante de couplage  $g$  :

$$A = A_1 g + A_2 g^2 + A_3 g^3 + \dots$$

Comme les termes successifs deviennent très rapidement impossibles à calculer, et que la série a toutes chances de diverger, il faut utiliser une méthode d'accélération de convergence. La méthode de Padé consiste à calculer, pour chaque ordre fini, la valeur de la fraction rationnelle avec le nombre minimum de coefficients, et qui admet un développement, limité à cet ordre fini, identique avec la série de perturbations.

Ainsi, on calculera si l'on ne dispose que de  $A_1$  et  $A_2$ , l'approximant de Padé :

$$A_{[1,1]} = \frac{\frac{A_1 g}{A_2}}{1 - \frac{A_2}{A_1} g} = A_1 g + A_2 g^2 + \left( \frac{A_2^2}{A_1} g^3 + \dots \right)$$

Si l'on dispose de  $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$ , on pourra calculer :

$$A_{[2,1]} = \frac{A_1 g + \frac{A_2^2 - A_1 A_3}{A_2} g^2}{1 - \frac{A_3}{A_2} g} = A_1 g + A_2 g^2 + A_3 g^3 + \left( \frac{A_3^2}{A_2} g^4 + \dots \right)$$

ou :

$$A_{[1,2]} = \frac{\frac{A_1 g}{A_2}}{1 - \frac{A_2}{A_1} g + \frac{A_2^2 - A_3 A_1}{A_1^2} g^2} = A_1 g + A_2 g^2 + A_3 g^3 + \left[ \frac{A_2}{A_1} (2A_1 A_3 - A_2^2) g^4 + \dots \right]$$

et ainsi de suite. Notons bien que cette procédure purement algébrique, ne peut être interprétée en aucun cas comme une resommation de graphes d'un type particulier. Les amplitudes ainsi calculées satisfont avec une bonne précision les propriétés d'analyticité, de croisement et d'unitarité, tout au moins dans la région de basse énergie où les processus fortement inélastiques, qui ne contribuent pas aux bas ordres de perturbations, ne jouent pas un rôle trop important.

#### Le modèle $\sigma$

Refermons cette parenthèse pour en venir aux résultats. Deux modèles réalistes ont été étudiés par cette méthode : J.L. Basdevant et B.W. Lee [4] ont calculé la diffusion pion-pion

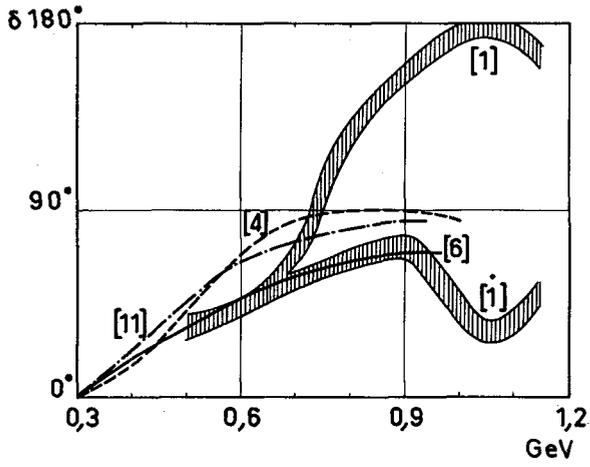


Figure 1 - Déphasage  $\pi\pi$  onde S, isospin 0. Les chiffres entre crochets indiquent les références dont sont extraites ces courbes.

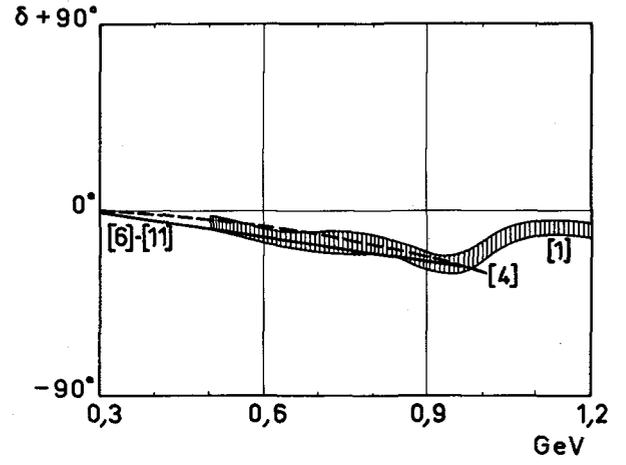


Figure 3 - Déphasage  $\pi\pi$  onde S, isospin 2.

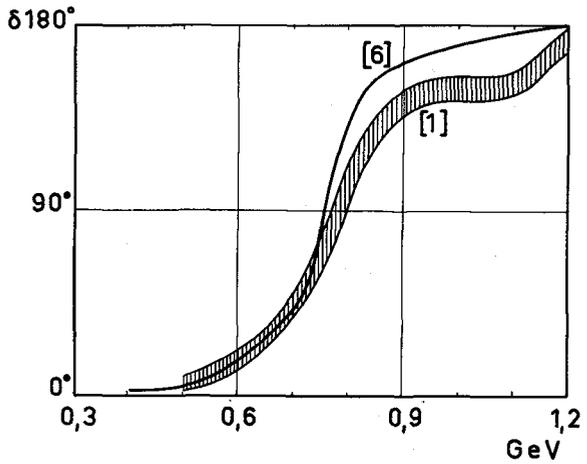


Figure 2 - Déphasage  $\pi\pi$  onde S, isospin 1.

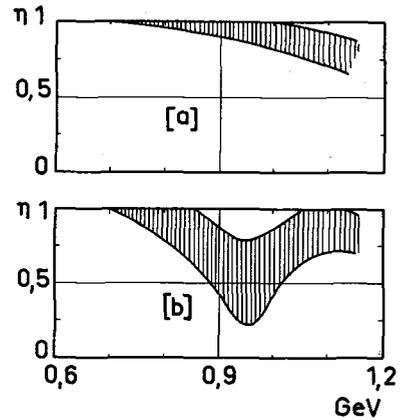


Figure 4 - Paramètre d'élasticité de l'onde  $S_0$  :  
 a) Solution supérieure  
 b) Solution inférieure.

à l'approximation [1,1], c'est-à-dire en fait, à l'approximation la plus basse possible, dans le modèle  $\sigma$  de Gell-Mann et Lévy [5], qui est un lagrangien présentant explicitement la symétrie chirale brisée  $SU(2) \times SU(2)$ , et donc PCAC et CVC. Ce modèle, dont on n'a retenu que la partie mésonique avec, comme champs élémentaires, ceux du  $\pi$  et du  $\sigma$ , ne dépend que de deux paramètres. A l'ordre [1,1], on a un accord qualitatif (Figs.1 et 3) avec les résultats expérimentaux : constante  $f_\pi$  de désintégration du pion, déphasages pion-pion d'onde S, masses et largeurs du  $\rho$  et du  $f^0$ . Un aspect déplaisant est l'apparition d'une résonance d'onde d d'isospin 2 vers 1350 MeV, ce qui est cependant déjà une énergie élevée, où l'on peut attendre des modifications substantielles aux ordres plus élevés d'approximation.

#### Le modèle de Yang-Mills

J.L. Basdevant et J. Zinn-Justin [6] ont calculé, également à l'ordre [1,1] de l'approximation de Padé, la diffusion pion-pion à partir du lagrangien de Yang-Mills [7]. Rappelons que ce lagrangien s'obtient à partir du lagrangien libre pour des  $\pi$  et des  $\rho$  élémentaires, par remplacement "minimal" de l'opérateur de différentiation par un opérateur de dérivation covariante par rapport au groupe de transformation de jauge de deuxième espèce du spin isotopique. Ceci est semblable à la génération du couplage "minimal" en électrodynamique quantique, à ceci près que le groupe de jauge est ici plus compliqué.

Le modèle contient trois paramètres, par exemple la masse et la largeur du  $\rho$  (en unités de masse du  $\pi$ ) et la constante d'interaction directe  $\pi\pi$ . Si l'on impose la relation de cohérence d'Adler (nullité de l'amplitude pour l'un des quadrimoments de pion nul), il reste deux paramètres comme précédemment pour le modèle  $\sigma$ .

Les résultats sont voisins (Figs.1 à 3) de ceux du modèle  $\sigma$  : prédiction du  $\sigma$ , du  $f^0$ . Il n'y a pas de résonance exotique d'onde d,  $I=2$ .

#### Paramétrisation sans modèle des déphasages pion-pion

Il est remarquable à tous égards que deux modèles aussi différents que les précédents conduisent à des résultats aussi semblables. Evidemment,

on peut évoquer ici les prophéties de Chew concernant le bootstrap réciproque et la petite multiplicité des solutions des équations d'analyticité, de croisement et d'unitarité. Depuis les travaux de Martin [8], de Balachandran, Nuyts et Roskies [9], de Mahoux et Auberson [10], on sait que ces conditions apportent des restrictions très fortes aux comportements possibles pour les ondes partielles. Le Guillou et al. [11] ont eu l'idée d'examiner, dans le cadre d'une paramétrisation assez générale des ondes partielles, satisfaisant l'unitarité de façon assez précise, quel est le domaine de l'espace des paramètres où toutes les restrictions connues sont satisfaites. Ayant fixé le  $\rho$  à sa valeur expérimentale, il reste 7 paramètres. L'utilisation des restrictions réduit les valeurs possibles à un petit domaine à deux dimensions. Dans ce domaine, on observe une valeur de  $2a_0 - 5a_2$  voisine de celle prédite par la règle de somme

$$2a_0 - 5a_2 = \frac{3\mu}{4\pi^2} \int_{4\mu}^{\infty} \frac{ds}{s(s-4)} (6_{\text{tot}}^{\pi^+\pi^-} - 6_{\text{tot}}^{\pi^+\pi^+}),$$

et on obtient un accord qualitatif avec les résultats de l'algèbre des courants, bien que rien n'ait été imposé a priori dans ce sens. L'accord avec les résultats expérimentaux (Figs.1 et 3) est encore du même ordre de précision.

#### DIFFUSION PION-PION VERS 1 GeV

Il est intéressant de noter que les trois ensembles de déphasages théoriques sont en accord pour donner la préférence à la solution inférieure de Baton et al. On peut également remarquer que ces déphasages, en ce qui concerne l'onde  $S_0$ , sont extrêmement réguliers au voisinage de 1 GeV, en flagrante contradiction avec les résultats expérimentaux qui montrent une structure très nette. Clairement les trois modèles que nous avons évoqués, malgré leurs traits bien différents, ont une caractéristique commune : ils ne donnent qu'un rôle très modeste aux voies inélastiques.

Or, nous avons justement une contribution présentée par Beusch et al [12] qui étudie la voie inélastique  $\pi^+\pi^- \rightarrow 2K_1^0$  par analyse de la réaction  $\pi^+\rho \rightarrow K^0\bar{K}^0n$ . La statistique, qui multiplie la statistique mondiale par un facteur 3, ne suffit cependant pas pour permettre une procédure d'extrapolation à la Chew et Low. Ils sont donc forcés de

faire un certain nombre d'hypothèses. En tout état de cause, il ressort de leur analyse qu'une résonance  $S^*$  large (200 MeV) et très fortement inélastique domine la voie  $S_0$  aux alentours du seuil. En ne considérant que la voie  $K\bar{K}$ , on peut faire un fit soit pour une résonance classique de masse 1060 MeV et de largeur totale 200 MeV, soit par une formule de portée effective, qui donne un pôle de partie imaginaire 80 MeV ( $\Gamma=160$  MeV), dont la partie réelle est au voisinage du seuil. Si l'on revient aux déphasages de Baton et al., on s'aperçoit que la structure et l'inélasticité démarrent bien avant le seuil  $K\bar{K}$ , et en fait, dessinent grossièrement sur le diagramme d'Argand une boucle correspondant à une largeur de 200 MeV et à une position de résonance quelque part entre 0,9 et 1 GeV. Il faut donc que la largeur partielle en  $4\pi$  soit grande, ce qui serait compatible avec les résultats de Hyams et al. : 0,7 mb pour  $\pi^+\pi^-\rightarrow 2\pi^++2\pi^-$  vers 1 GeV.

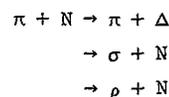
#### Autres résultats méson-méson

L'expérience précédente donne une certaine idée du comportement de l'interaction  $\pi\pi-K\bar{K}$  aux énergies supérieures : présence du  $f^0$ , du  $A_2$ , d'une structure à 1420 MeV. Une autre contribution [13], pour une collaboration Amsterdam-Nimègue, donne une estimation de la section  $\pi^-\bar{K}^0$  élastique ( $I=3/2$ ) par analyse de  $K^-\bar{p}\rightarrow\Delta^{++}K^-\pi^-$  par extrapolation de Chew et Low. L'allure générale du résultat est une lente croissance de 2 mb au seuil à  $4\pm 1,5$  mb vers 1,6 GeV, mais les incertitudes sont grandes. Une autre contribution [14] à la Conférence de la Collaboration Internationale des  $K^+$ , représente une détermination des déphasages  $K\pi$  entre le seuil et 1,1 GeV, par extrapolation de Chew et Low sur la réaction  $K^+\bar{p}\rightarrow K\pi\Delta^{++}$ . L'analyse est faite par extrapolation des moments de distribution angulaire divisés par la section efficace totale, ce qui supprime le problème difficile de la normalisation absolue. Le nombre de solutions obtenues ainsi est plus grand, et une discrimination peut être faite sur la base des sections efficaces totales, malgré leur relative imprécision. Une autre base de discrimination entre les solutions est la compatibilité avec une formule de Breit-Wigner pour le  $K^*$  (890). Il reste une certaine incertitude sur l'onde S,  $I=1/2$  au niveau du

$K^*$ , qui pourrait avoir un comportement résonant, mais ceci ne semble pas correspondre à aucun phénomène observé par ailleurs. La solution la plus probable donne pour ce déphasage une montée régulière jusqu'aux environs de  $70^\circ$  vers 1,2 GeV.

#### Interactions méson-baryon

Un très gros et intéressant travail a été présenté à cette Conférence, par Diem et al. [15], qui analysent les voies inélastiques de la diffusion  $\pi$ -nucléon  $\rightarrow$  nucléon  $\pi\pi$ , en termes de création d'isobares. Ils arrivent pratiquement à expliquer toute l'inélasticité des amplitudes de diffusion  $\pi$ -nucléon en termes des trois réactions :



L'analyse porte dans la voie neutre sur la réaction  $\pi^-p$  à 4 énergies (1,39, 1,44, 1,49 et 1,53 GeV dans le système du centre de masse) et sur les données réunies par la collaboration Rutherford Laboratory-Saclay sur  $\pi^+d\rightarrow\pi^++\pi^-+2p$  ce qui donne des indications sur la réaction  $\pi^+n\rightarrow\pi^+\pi^-p$ .

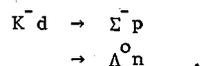
La seule inélasticité qui ne soit pas interprétée par ce modèle est attribuée à la réaction  $\pi^-p\rightarrow\eta^0n$  à  $W=1,53$  GeV ; la somme des sections efficaces manquantes pour les ondes  $S_{11}$ ,  $P_{11}$  et  $P_{13}$  donne une valeur tout à fait compatible avec les mesures directes de la section efficace de cette réaction. En ce qui concerne les résonances de l'intervalle correspondant, les rapports de branchement de désintégration ont été établis.

Dans la voie doublement chargée  $\pi^+p$ , les analyses précédentes ont été poursuivies à plus haute énergie : 1,68 GeV à 1,97 GeV. Des problèmes sérieux commencent à se poser : prolifération du nombre d'ondes partielles en raison des processus périphériques, ouverture des voies de production associée, etc... .

Les auteurs indiquent qu'ils comptent raffiner leur modèle dans une étape ultérieure de l'analyse, afin de tenir compte de ces effets et ainsi obtenir des résultats sans ambiguïté.

Il est à noter que ce modèle isobarique est peu sensible à la largeur du  $\sigma$  : des fits ont été faits pour des largeurs de 200 MeV et 400 MeV, avec des résultats très similaires.

Un travail de Noppe et al. [16] présente une étude des réactions



Ces réactions, de faible section efficace (une fraction de mb, décroissant assez vite) donnent des indications sur la valeur de la constante de couplage

$$\frac{g_{\Delta KN}^2}{4\pi}$$

pour laquelle la valeur 4,5 semble favorisée par une comparaison entre les résultats expérimentaux et un modèle périphérique.

Enfin, d'utiles confirmations de la validité des analyses en déphasages sont apportées par le travail [17] de Querrou (Clermont-Ferrand) qui mesure la partie réelle de l'amplitude de diffusion  $\pi^- {}^4\text{He}$  en avant, en accord avec les déphasages du CERN et de Saclay, selon le facteur de forme choisi pour le deutéron, et par le travail de Binon et al. [18] (11SN Bruxelles - IPN Orsay) dont les résultats préliminaires sur la diffusion  $\pi^- {}^{12}\text{C}$  confirment le changement de signe de la partie réelle de l'amplitude  $\pi$ -N en avant au passage de la résonance  $\Delta$ .

#### Interaction nucléon-nucléon

D. Bessis et G. Turchetti [14] présentent des résultats sur la diffusion nucléon-nucléon du seuil sur la base du modèle  $\sigma$  de Gell-Mann et Lévy, calculé pour l'approximation de Padé à l'ordre le plus bas. Ce calcul, qui ne contient pas de paramètre ajustable, puisque tout est déterminé par Basdevant et Lee [4], ne donne pas un résultat correct. Cependant, l'énergie de liaison du deutéron étant une différence entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle, est très sensible aux paramètres. Si l'on prend la même valeur de la constante de couplage  $\lambda_{\pi\pi}$  que Basdevant et Lee, mais une valeur de  $f_{\pi} = 180$  MeV au lieu de 125 MeV, alors on trouve un excellent accord avec l'expérience pour les longueurs de diffusion dans la voie du deutéron et dans la voie du singulet ainsi que

pour le rapport  $G_A/G_V$ . Il est à noter que le deutéron est toujours plus lié que le singulet, grâce à la force tenseur engendrée par le couplage pseudoscalaire du  $\pi$ . L'introduction du  $\sigma$  évite le comportement pathologique au seuil dû à ce même couplage pseudoscalaire du  $\pi$ .

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] - J.P. BATON, G. LAURENS, J. REIGNIER - " $\pi^+ \pi^-$  elastic cross-section from Chew-Low extrapolation of  $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$  reaction at 2.77 GeV/c", Preprint (Département de Physique des Particules Élémentaires - Saclay) Septembre 1970, soumis à Physics Letters B, Contribution C-85 à la Conférence.
- [2] - R.E. CUTKOSKY, B.B. DEO - Phys. Rev. 174 1859 (1968)
- [3] - S. CIULLI - Nuov. Cim. 61A, 787 (1969) ; 62A, 301 (1969)
- [4] - J.L. BASDEVANT, B.W. LEE - "Pion-pion dynamics in the  $\sigma$  model", Preprint (Service de Physique Théorique-CEN.Saclay) Avril 1970, soumis à Physical Review, Contribution C-125.
- [5] - M. GELL-MANN, M. LEVY - Nuov. Cim. 16, 705 (1960)
- [6] - J.L. BASDEVANT, J. ZINN-JUSTIN - "Yang-Mills fields and the  $\pi\pi$  interaction" preprint (Service de Physique Théorique-CEN.Saclay) Août 1970, soumis à Physical Review, Contribution C-124
- [7] - C.N. YANG, R.L. MILLS - Phys. Rev. 96, 191 (1964)
- [8] - A. MARTIN - Nuov. Cim. 47A, 265 (1967) ; Nuov. Cim. Letters 58A, 303 (1968) ; CERN preprint TH-1008 (1969)
- [9] - A.P. BALACHANDRAN, J. NUYTS - Phys. Rev. 172, 1821 (1968)  
R. ROSKIES - Phys. Letters 30B, 42 (1969) ; Nuov. Cim. 65A, 467 (1970)

- [10] - G. MAHOUX - Lettere al Nuov. Cim. 3, 221 (1970)  
G. AUBERSON, G. MAHOUX, O. BRANDER, A. MARTIN - Nuov. Cim. 65, 743 (1970)  
G. AUBERSON - Nuov. Cim. 68, 281 (1970)
- [11] - J.C. LE GUILLOU, A. MOREL, H. NAVELET - non publié - Communication à la Conférence de Kiev (1970) - Communication C-126
- [12] - W. BEUSCH et al. - "Analysis of the  $K_1^0 K_1^0$  system produced in  $\pi^- + p \rightarrow K^0 \bar{K}^0 n$  at 4 and 6.2 GeV/c" preprint CERN( 1970) - Soumis à la Conférence de Kiev (1970) - Communication C-127
- [13] - Collaboration Amsterdam-Nimègue - "Study of  $I=3/2$   $K^- \pi^-$  elastic scattering in the reaction  $K^- p \rightarrow p \pi^+ K^- \pi^-$  at 4.2 GeV/c incident  $K^-$ " Preprint Zeeman Laboratorium, Université d'Amsterdam (Juin 1970) - Communication C-4
- [14] - The International  $K^+$  Collaboration - "Study of  $K\pi$  scattering in  $K^+ p \rightarrow K\pi \Delta^{++}$ , preprint CERN/D.Ph.II/Phys 70-29 (Septembre 1970), soumis à la Conférence de Kiev (1970) - Communication C-8
- [15] - NGUYEN THUC DIEM et al. - "Inelastic decay modes of  $\pi N$  resonances" I et II, preprint (D.Ph.P.E.-CEN.Saclay) Septembre 1970, Communication C-77
- [16] - J.V. NOPPE, C. LOUEDEC, M. MEYER, F. PIERRE "Etude des réactions  $K^- d \rightarrow \Lambda n, \Sigma^- p$  autour de 1 GeV/c" preprint (D.Ph.P.E.-CEN.Saclay) (1970) - Communication C-91
- [17] - M. QUERROU - "Diffusion cohérente  $\pi^-$   $^4\text{He}$  à 1,12 GeV et détermination de la partie réelle de l'amplitude de diffusion  $\pi$ -nucléon". Preprint (Lab. de Phys. Nucl. Fondamentale et Développement, Clermont-Ferrand) (1970) Communication C-20
- [18] - BINON et al. - "Test expérimental des relations de dispersion vers l'avant", non publié - Communication C-106
- [19] - D. BESSIS et G. TURCHETTI + "Nucleon-nucleon zero-energy scattering from a chiral lagrangian" preprint CEN.Saclay - D.Ph.T/70-30 (Septembre 1970) - Communication C-123