

CONCLUSION

L'étude de la production hadronique des paires de leptons constitue un bon test de QCD; notamment, les distributions en impulsion transverse des dimuons ont suscité une évolution dans les calculs théoriques.

Dans cette thèse nous avons présenté les résultats de l'expérience NA10 réalisée au SPS du CERN sur les distributions en moment transverse des dimuons de haute masse produits dans les collisions π^-W à 194 GeV/c et 284 GeV/c. La faculté du spectromètre NA10 de supporter des faisceaux très intenses (10^9 π /sec à 194 GeV/c et $5 \cdot 10^8$ π /sec à 284 GeV/c), alliée à sa bonne acceptance et résolution en masse nous a donné la possibilité d'acquérir de grandes statistiques : 170 000 dimuons de masse supérieure à 9 GeV/c² produits à 194 GeV/c et 52 000 produits à 284 GeV/c. Ceci nous a permis d'effectuer une étude détaillée dans plusieurs régions cinématiques.

Nous présentons pour la première fois :

1 - les sections efficaces doublement et triplement différentielles $1/P_T d^2\sigma/dP_T dM$ et $1/P_T d^3\sigma/dP_T dM dy$ de production de dimuons;

2 - les valeurs moyennes du P_T^2 en fonction de la masse et de la rapidité de la paire de muons;

3 - la section efficace $S^2 P_T^2 d^2\sigma/dP_T^2 dM^2$ en fonction de la variable sans dimension x_T ;

4 - l'observation de la violation de l'invariance d'échelle dans la distribution de $\langle P_T^2 \rangle / M^2$ en fonction de $\sqrt{s}$.

Ces résultats expérimentaux ont été comparés avec les prédictions récentes de QCD obtenues dans l'approximation du premier ordre en α_s avec inclusion des corrections dues aux gluons mous.

Deux approches numériques des calculs théoriques ont été considérées :

a) l'approche du groupe de Nice concernant l'étude des valeurs moyennes du P_T^2 ,

b) l'approche du groupe de Rome qui calcule les sections efficaces $1/P_T d^3\sigma/dP_T dM dy$.

Dans les deux cas, les calculs théoriques nécessitent l'introduction d'un certain nombre d'ingrédients qui entraînent à de grandes variations dans les prédictions. Nous avons tenté de définir un jeu de paramètres qui permette de rendre compte des données expérimentales:

a) Pour la distribution des $\langle P_T \rangle$, la meilleure description théorique est obtenue avec l'approche du groupe de Nice, avec le jeu de fonctions de structure noté NA10, $\Lambda_{QCD} = 0.3 \text{ GeV}$; $\text{cut} = 0.36 \text{ GeV}^2$ et $\langle K_T^2 \rangle = 0.48 \text{ GeV}/c^2$. Néanmoins, à $194 \text{ GeV}/c$, on observe un désaccord aux grandes valeurs de la masse et de la rapidité.

b) Pour les distributions triplement différentielles, seule l'approche du groupe de Rome permet une comparaison avec les données expérimentales: nous pouvons trouver divers jeux de

paramètres qui permettent de décrire de façon satisfaisante les données correspondant à des masses inférieures à $8.5 \text{ GeV}/c^2$ aux deux énergies. Ce jeu de paramètres n'est pas universel et aucun d'entre eux n'est capable d'expliquer la distribution en moment transverse des dimuons de masse supérieure à $11 \text{ GeV}/c^2$, tout au moins sur l'ensemble du spectre entre 0. et $3.5 \text{ GeV}/c$. Il faut noter que les calculs théoriques ont été effectués en considérant les énergies du SppS et des valeurs de x très petites ($x < 0.1$), alors que l'expérience NA10 a été réalisée à des énergies beaucoup plus basses et ayant accès à des valeurs de x très élevées (pour $M > 11 \text{ GeV}/c^2$, $x \gtrsim 0.5$).

Finalement, nous comparons nos résultats sur la violation de l'invariance d'échelle avec les prédictions de QCD qui incluent la resommation des gluons mous : un accord se vérifie soit dans la mesure de la section efficace $S^2 P_T^2 d^2\sigma/dP_T^2 dM^2$ en fonction de x_T , soit dans la mesure de $\langle P_T^2 \rangle$ en fonction de $\sqrt{s}$.

APPENDICE A-1

FONCTIONS DE STRUCTURE NA10

Pion:

$$xV_{\pi} = A_{\pi} x^{\alpha_{\pi}} (1-x)^{\beta_{\pi}}$$

$$\Lambda = 0.3$$

$$M_0^2 = 25.$$

$$\alpha_{\pi}^0 = 0.41 \quad \alpha_{\pi}^1 = -0.07$$

$$\beta_{\pi} = 1.04 \quad \beta_{\pi}^1 = 0.57$$

$$xS_{\pi} = A_{\pi} (1-x)^{\gamma_{\pi}}$$

$$\gamma_{\pi} = 3.4$$

$$\gamma_{\pi} = 2.3$$

$$\langle g_{\pi} \rangle = 0.47$$

Proton (Eisler)

$$\Lambda = 0.3$$

$$M_0^2 = 5.$$

$$x u = A_u x^{\alpha_1} (1-x)^{\beta_v} (1+\gamma x^{\alpha_2})$$

$$\alpha_1 = 0.3543 + 0.4122 \bar{A}$$

$$\alpha_2 = 1.5260 + 2.0170 \bar{A}$$

$$\beta_v = 3.8350 + 2.8680 \bar{A}$$

$$\gamma_v = 11.57$$

$$xS_p = C (1-x)^{\beta_5}$$

$$\beta_5 = 7.417 - 1.138 \bar{A} + 13.22 \bar{A}^2 - 4.966 \bar{A}^3 - 1.36 \bar{A}^4$$

$$C = (0.50758 - 0.23006 \bar{A} - 0.067345 \bar{A}^2) / 2.8$$

APPENDICE A-2

FONCTIONS DE STRUCTURE NICE

nucleon :

$$\left. \begin{aligned} xu(x) &\sim x^{0.47}(1-x)^{3.55}(1+2.48x) \\ xd(x) &\sim x^{0.81}(1-x)^{5.22}(1-0.35x) \\ xS(x) &\sim (1-x)^7 \\ xG(x) &\sim (1-x)^{5.9} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{(I):} \\ \text{EMC free nucleon} \\ \text{structure functions} \end{array}$$

$$Q_0^2 = 25 \text{ GeV}^2$$

Pion :

$$xV^\pi(x) \sim x^{\alpha_\pi}(1-x)^{\beta_\pi}$$

$$\text{où } \left\{ \begin{array}{l} \alpha_\pi = 0.48 \\ \beta_\pi = 1.1 \end{array} \right.$$

$$Q_0^2 = 25 \text{ GeV}^2$$

$$xS^\pi(x) \sim (1-x)^{8.7}$$

APPENDICE A-3

Paramétrisation de Duke - Owens (DO)

PION :

$$s = \ln[\ln(Q^2/\Lambda^2)/\ln(Q_0^2/\Lambda^2)] . \quad Q_0^2 = 4 .$$

The valence term is parametrized as

$$xv_\pi = x^a(1-x)^b/B(a,b+1) ,$$

where the Euler Beta function $B(a,b+1)$ ensures the proper normalization as mentioned above. The gluon, sea, and charm distributions all have the basic form

$$xG, xS, xc = Ax^a(1-x)^\beta(1+\gamma_1x+\gamma_2x^2) .$$

The various Q^2 -dependent polynomials for the two sets are given below. For set 1 ($\Lambda=200$ MeV/c), we have

$$a = 0.4 - 0.06212s - 0.007109s^2 ,$$

$$b = 0.7 + 0.6478s + 0.01335s^2 ;$$

for the gluon distribution,

$$A = 0.888 - 1.802s + 1.812s^2 ,$$

$$\alpha = 0. - 1.576s + 1.20s^2 ,$$

$$\beta = 3.11 - 0.1317s + 0.5068s^2 ,$$

$$\gamma_1 = 6.0 + 2.801s - 12.16s^2 ,$$

$$\gamma_2 = 0. - 17.28s + 20.49s^2 ;$$

for the sea distribution,

$$A = 0.9 - 0.2428s + 0.1386s^2 ,$$

$$\alpha = 0. - 0.2120s + 0.003671s^2 ,$$

$$\beta = 5.0 + 0.8673s + 0.04747s^2 ,$$

$$\gamma_1 = 0. + 1.266s - 2.215s^2 ,$$

$$\gamma_2 = 0. + 2.382s + 0.3482s^2 ;$$

for the charm distribution,

$$A = 0. + 0.07928s - 0.06134s^2 ,$$

$$\alpha = -0.02212 - 0.3785s - 0.1088s^2 ,$$

$$\beta = 2.894 + 9.433s - 10.852s^2 ,$$

$$\gamma_1 = 0. + 5.248s - 7.187s^2 ,$$

$$\gamma_2 = 0. + 8.388s - 11.61s^2 .$$

for xc [see Eq. (4)],

$$A = 0.135s - 0.075s^2 ,$$

$$a = -0.036 - 0.222s - 0.058s^2 ,$$

$$b = 6.35 + 3.26s - 0.909s^2 ,$$

$$\alpha = -3.03s + 1.50s^2 ,$$

$$\beta = 17.4s - 11.3s^2 ,$$

$$\gamma = -17.9s + 15.6s^2 ;$$

for xG [see Eq. (4)],

$$A = 1.56 - 1.71s + 0.638s^2 ,$$

$$a = -0.949s + 0.325s^2 ,$$

$$b = 6.0 + 1.44s - 1.05s^2 ,$$

$$\alpha = 9.0 - 7.19s + 0.255s^2 ,$$

$$\beta = -16.5s + 10.9s^2 ,$$

$$\gamma = 15.3s - 10.1s^2 .$$

NUCLEON

The two fits to be presented here differ chiefly in the shape of the gluon distribution. In each case a form

$$xG(x, Q_0^2) = A_G(1+\gamma_Gx)(1-x)^{\eta_G} \quad (1)$$

was used. The first set was determined using all three of the data types discussed in Sec. II. The parameter A_G was fixed by the momentum sum rule while γ_G and η_G were fitted. These parameters are very highly correlated and the errors are large if both are varied at once. In the final fit the values were fixed at $\gamma_G=9.0$ and $\eta_G=6.0$, values which were typical of the fitted results and are similar to those suggested by earlier analyses.^{13,14} The valence-quark distributions were parametrized by

$$x(u_V + d_V) = N_{ud}x^{\eta_1}(1-x)^{\eta_2}(1+\gamma_{ud}x) , \quad (2)$$

$$xd_V = N_d x^{\eta_3}(1-x)^{\eta_4}(1+\gamma_d x) ,$$

where

$$N_{ud} = 3/[B(\eta_1, \eta_2+1)[1+\gamma_{ud}\eta_1/(\eta_1+\eta_2+1)]] ,$$

$$N_d = 1/[B(\eta_3, \eta_4+1)[1+\gamma_d\eta_3/(\eta_3+\eta_4+1)]] ,$$

and $B(x,y)$ is the Euler beta function. For the sea quarks we assumed simply

$$x\bar{u} = x\bar{d} = x\bar{s} = A_S(1-x)^{\eta_S}S/6 . \quad (3)$$

$$Ax^a(1-x)^b(1+\alpha x+\beta x^2+\gamma x^3) , \quad (4)$$

$$\eta_1 = 0.419 + 0.004s - 0.007s^2 ,$$

$$\eta_2 = 3.46 + 0.724s - 0.066s^2 ,$$

$$\gamma_{ud} = 4.40 - 4.86s + 1.33s^2 ,$$

$$\eta_3 = 0.763 - 0.237s + 0.026s^2 ,$$

$$\eta_4 = 4.00 + 0.627s - 0.019s^2 ,$$

$$\gamma_d = -0.421s + 0.033s^2 ;$$

for xS [see Eq. (4)],

$$A = 1.265 - 1.132s + 0.293s^2 ,$$

$$a = -0.372s - 0.029s^2 ,$$

$$b = 8.05 + 1.59s - 0.153s^2 ,$$

$$\alpha = 6.31s - 0.273s^2 ,$$

$$\beta = -10.5s - 3.17s^2 ,$$

$$\gamma = 14.7s + 9.80s^2 ;$$

$$Q_0^2 = 4 .$$

$$\Lambda = 0.2$$

REFERENCES

- [1] S.D. DRELL et T.M. YAN, Phys. Rev. Lett. 25 (1970) 316.
- [2] J. BADIÉ et al., Phys. Lett. 89B (1979) 145, - NA3 Coll ;
 M. J. CORDEN et al., Phys. Lett. 76B (1978) 226; 96B (1980) 417 - Q Coll. ;
 A.S. ITO et al., Phys. Rev. D23 (1981) 604, - CFS Coll. ;
 C.E. HOGAN et al., Phys. Rev. Lett. 42 (1979) 944; 42 (1979) 948 - CIP Coll.
 J.G. BRANSON et al., Phys. Rev. Lett. 38 (1977) 1334 - CPII Coll. ;
 D. ANTREASYAN et al., Phys. Rev. Lett. 48 (1982) 302 - CHFMP Coll. ;
 A.L.S. ANGELIS et al., Phys. Lett. 87B (1979) 398 - CCOR Coll. ;
 J. LEFRANÇOIS, Proc. int. Conf. on HEP, Madison (1980) p. 1319;
 G. MATTHIAE, Riv. Nuovo Cim. Vol. 4 (1981) n° 3;
 I.R. KENYON, Rep. Prog. Phys. (1982).
- [3] J. CHRISTENSON et al., Phys. Rev. Lett. 25 (1970) 1523.
- [4] G. ALTARELLI et al., Nucl. Phys. B157 (1979) 461.
- [5] J. KUBAR et al., Nucl. Phys. B175 (1980) 251.
- [6] S. FALCIANO et al., preprint CERN-EP/86-35 envoyé à Z. Phys. C.
- [7] B. BETEV et al., Z. Phys. C 28 (1985) 9.
- [8] B. BETEV et al., Z. Phys. C 28 (1985) 15.
- [9] J. VARELA, Thèse d'Etat Université Paris XI (1984);
 B. MOURS, Thèse 3^{ème} cycle, Université de Strasbourg CRN/HE 84-06 (1984);
 M. WINTER, Thèse d'Etat, Université de Strasbourg (1986).
- [9a] C. VALLEE, Thèse de doctorat en préparation, Université Paris XI.
- [10] L. ANDERSON et al., Nuc. Inst. and Meth. 223 (1984) 26.
- [11] S. FALCIANO et al., Phys. Lett. 104B (1981) 416.
- [12] A.S. CARROLL et al., Phys. Lett. 80B (1979) 319.
- [13] W. BARTL and M. REGLER, Nuc. Inst. and Meth. 156 (1978) 329.
- [14] S. FALCIANO et al., Phys. Lett. 158B (1985) 92.
- [15] E.L. BERGER et D.E. SOPER, Nuc. Phys. B247 (1984) 29.
- [16] A. EREDITATO et al., Phys. Lett. 157B (1985) 463.
 Ph. BUSSON, Thèse de doctorat en préparation, Université Paris XI.

- [17] J.P. ALBANESE et al., Phys. Lett. 158B (1985) 186.
- [18] O. CALLOT, Thèse d'Etat, Université Paris XI (1980).
- [19] A.J. BURAS et K.J.F. GAEMERS, Nuc. Phys. B132 (1978) 249.
- [20] A. BODEK et J.L. RICHIE; Phys. Rev. D23 (1981) 1070.
- [21] R.M. STERNHEIMER et PEIERLS; Phys. Rev. D3 (1971) 3681.
- [22] H. POLITZER, Nuc. Phys. B129 (1977) 301.
- [23] C. SACHRAJDA, Phys. Lett. 77B (1978) 185; 76B (1978) 100.
- [24] G. ALTARELLI et G. PARISI, Nuc. Phys. B126 (1977) 298.
- [25] H. FRITZSCH et P. MINKOWSKI, Phys. Lett. 73B (1978) 80.
- [26] K. KAJANTIE et R. RATIO, Nuc. Phys. B139 (1978) 72.
- [27] F. HALZEN et D. SCOTT, Phys. Rev. D18 (1978) 3378.
- [28] G. ALTARELLI et al., Phys. Lett. 76B (1978) 351, 356.
- [29] A.S. ITO et al., Phys. Rev. D23 (1981) 604.
D. ANTREASYAN et al., Phys. Rev. Lett. 48 (1982) 302.
- [30] A.H. MUELLER, Phys. Rep. 73 (1981) 237.
- [31] Y.L. DOKSHITZER et al., Phys. Lett. 78B (1978) 290;
Phys. Rep. 58 (1980) 269.
- [32] G. PARISI et R. PETRONZIO, Nuc. Phys. B154 (1979) 427.
- [33] G. CURCI et al., Phys. Rev. Lett. 43 (1979) 534;
Nuc. Phys. B159 (1979) 451.
- [34] J.C. COLLINS et D.E. SOPER, Nuc. Phys. B193 (1981) 381, erratum B213 (1983)
Nuc. Phys. B194 (1982) 445, B197 (1982) 446.
- [35] M. GRECO et al., Phys. Lett. 56B (1975) 367;
Nuc. Phys. B101 ((1975) 234.
- [36] G. ALTARELLI et al., Nuc. Phys. B246 (1984) 12.
- [37] P. CHIAPPETTA et al., Nuc. Phys. B207 (1982) 251;
Nuc. Phys. B219 (1983) 12.
- [38] J.L. MEUNIER et Y. GABELLINI, NTH 83/6, preprint non publié.
J.L. MEUNIER, communication privée.
- [39] J. KODAIRA et L. TRENTADUE, Phys. Lett. 112B (1982) 66; 123B (1983) 335.

- [40] C.T.H. DAVIES et al., Nuc. Phys. B244 (1984) 337;
Nuc. Phys. B256 (1985) 913.
- [41] G. ALTARELLI et al., Phys. Lett. 151B (1985) 457.
- [42] D. ANTREASYAN et al., Phys. Rev. Lett. 48 (1982) 302.
- [43] D.W. DUKE, J.F. OWENS, Phys. Rev. D30 (1984) 49.
- [44] R.K. ELLIS et al., Phys. Lett. 104B (1981) 45;
Nuc. Phys. B211 (1983) 106.
- [45] J. BADIER et al., Phys. Lett. 117B (1982) 372.
- [46] H. ABRAMOWICZ et al., Z. Phys. C 17 (1983) 283.
F. EISELE - Communication privée
- [47] J. BADIER et al., Z. Phys. C 18 (1983) 282.
- [48] J. BADIER et al., Z. Phys. C 26 (1985) 489.
- [49] H. GEASSMAN-HENDSCHIN et al., à paraître en Phys. Lett.
- [50] Y. GABELLINI et al., Z. Phys. C 29 (1985) 439.
- [51] J.J. AUBERT et al., Phys. Lett. 105B (1981) 315.
- [52] J.J. AUBERT et al., Phys. Lett. 123 (1983) 275.
- [53] J. KUBAR et al., Z. Phys. C 23 (1984) 195.
- [54] Y. GABELLINI et al., Nuc. Phys. B211 (1983) 509.
- [55] J.F. OWENS, Phys. Rev. D30 (1984) 943.
- [56] A. BODEK et al., Phys. Rev. D20 (1979) 1471.
- [57] J.G. BEANSON et al., Phys. Rev. Lett. 38 (1977) 1331.
- [58] K.J. ANDERSON et al., Phys. Rev. Lett. 43 (1979) 486.
- [59] R.. BAROTE et al., Phys. Rev. Lett. 43 (1979) 1541.
- [60] C.B. NEWMAN et al., Phys. Rev. Lett. 43 (1979) 951.
- [61] J.G.H. de GROOT et al. Z. Phys. C 1 (1979) 143.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier spécialement tous ceux qui m'ont permis la réalisation de ce travail :

- Prof. GAGO qui m'a introduite dans le domaine de la Physique des Particules; il a toujours été pour moi un appui très amical;

- M. FLEURY qui a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire;

- M. SALMERON qui m'a proposé ce sujet de thèse si riche et intéressant, et qui a bien voulu le diriger; je lui suis reconnaissante de son enthousiasme et des conseils qu'il m'a prodigués.

Je remercie la Collaboration NA10 sans laquelle cette expérience n'aurait pas pu se réaliser. Ma reconnaissance va spécialement envers le groupe du LPNHE de l'Ecole Polytechnique avec lequel, dans les premières années, il y a eu un vrai travail d'équipe et dont j'ai pu profiter des nombreuses discussions.

MM. MARTINELLI et MEUNIER ont eu la gentillesse de m'accorder beaucoup d'entretiens. Je les remercie profondément pour nos fructueuses discussions.

M. ROMANA a été toujours disponible pour lire, dans de brefs délais, les différentes phases du manuscrit, je le remercie chaleureusement.

Ma reconnaissance va envers Mme ESCHENBRENNER qui a dactylographié avec beaucoup de patience cette thèse et M. MORANO pour toute l'aide qu'il a apportée concernant le nouveau système de traitement de texte.

