

1
2 En revenant des Etats-Unis, en 1973, Michel Della Negra a rejoint son poste du CNRS au
3 Laboratoire Louis Leprince-Ringuet dans les locaux du Collège de France (Leprince-Ringuet y
4 avait des bureaux car il y était professeur). J'étais dans le même cas que Michel, au Collège de
5 France, en 1964. Il est entré rapidement au CERN comme Associé de Recherches (d'abord boursier
6 en Mai 1973) dans le groupe du Split-Field-Magnet (SFM ou Détecteur-à-Champ-Fractionné). Ce
7 groupe CERN avait été créé par Charles Peyrou (alors chef de la Division TC) avec Adolf Minten et
8 Georges Charpak comme co-responsables. J'en ai pris la responsabilité en Janvier 1977. Michel a
9 rejoint à ce moment le Laboratoire d'Annecy de Physique des Particules (LAPP), qui était
10 nouvellement créé par le CNRS pour accueillir ses physiciens travaillant au CERN. Je vais
11 mentionner les activités de Michel pendant cette courte période de 4 ans, mais d'abord je vais
12 décrire l'état des lieux.

13
14 Il y a eu à ce moment une magistrale évolution des points suivants : Accélérateurs, Détecteurs,
15 Physique résultante et Data.

16 1-de nouveaux accélérateurs ont été construits pour atteindre de très hautes énergies en
17 développant les idées de collisionneur. Le premier cas a été celui des Anneaux-de-Stockage-à-
18 Intersections au CERN (les ISR, Intersecting-Storage-Rings), dont l'opération a commencé début
19 1971, d'une énergie de 62 GeV \Leftrightarrow 2000 GeV/c sur cible fixe.

20
21 2-les détecteurs étaient alors de 2 sortes : chambres à bulles (BEBC à hydrogène, Gargamelle
22 à liquides lourds) et détecteurs électroniques. Le premier type a pratiquement disparu. Il utilisait
23 une technique de mesure très précise, bien qu'originellement basée sur l'observation visuelle des
24 trajectoires de particules. Ce type de détecteur avait par essence une couverture spatiale d'un angle
25 solide de 4π . L'hydrodynamique et le déclenchement lent d'enregistrements photographiques
26 impliquaient de trop petites statistiques pour des événements peu fréquents. Le second type, qui a
27 survécu, permettait de sélectionner des événements rares, grâce à un temps de sensibilité très petit,
28 mais manquait d'information sur les détails des interactions, ainsi qu'il n'avait pas une grande
29 couverture spatiale, certainement pas 4π sauf à l'ère des chambres à étincelles.

30 -de nouveaux détecteurs ont été créés pour tenter d'allier les deux qualités, timing et
31 précision : le SFM était le premier détecteur de ce type. C'était un détecteur 4π assemblé dans la
32 zone I-4 d'interactions proton-proton des ISR, le SFM et les ISR étant tous les deux très récemment
33 créés. I-4 était une zone immense ... transformée depuis, comme le reste des ISR, en une sorte de
34 "garde meubles". Il contenait une multitude de chambres à fil, alors récemment développées par
35 Georges Charpak.

36 Il s'agissait d'un grand volume magnétique (50 m^3) avec un champ vertical, perpendiculaire
37 aux faisceaux, de 1.2 Teslas. Les directions du champ sont opposées de part et d'autre de
38 l'intersection des faisceaux. Le champ quadrupolaire était nécessaire pour la circulation des
39 faisceaux. Un ensemble de grandes chambres à fils, des plans de grande dimension (2 m^2 chacun).
40 La caractéristique "proportionnelle" de la détection électronique est utilisée dans leur nom : MWPC
41 (Multi-Wire-Proportional-Chamber), couvrant 150 m^2 , avec 50000 canaux électroniques. Il faut
42 rappeler qu'à l'époque où les décisions sur le détecteur SFM étaient prises (1969) les premières
43 chambres "Charpak" étaient d'une surface 400 fois plus petite (100 cm^2 , 10 cm de coté) avec
44 quelques dizaines de canaux électroniques, et étaient juste à l'étude.

45 Je vais montrer successivement plusieurs figures du SFM.

46
47 Fig SFM-01

48 Ici le SFM est en cours de montage. Je le montre pour que les personnages en soulignent la
49 taille.

50
51 Fig SFM-02

52 Ici le SFM est montré à nu. On voit dans le dessin du bas les zones de champ magnétique
53 vertical, opposées entre les parties gauche et droite. La taille, de gauche à droite incluant les
54 grands aimants compensateurs, est d'environ 15 mètres.

55
56 Fig SFM-03

57 Les détecteurs sont ici ceux utilisés dans la phase initiale du SFM. Les lignes épaisses
58 représentent les chambres à fils. On voit dans la figure du bas les chambres centrales à 90
59 degrés des faisceaux, ainsi que celles installées très en avant autour des grands aimants de
60 compensation.

61
62 Fig SFM-04

63 Une zone magnétique est indiquée, montrant que le champ est très loin de l'uniformité utilisée
64 pour les chambres à bulles.

65
66 3-la Physique des particules a été pendant longtemps concentrée sur la recherche de
67 résonances. Au début de la décennie 1970, l'étude "classique" des résonances baryoniques et
68 mésoniques a été élargie dans deux directions. Le premier aspect concernait la découverte de
69 nouvelles résonances assez lourdes (charme, beauté), produites en conséquence avec des sections
70 efficaces minuscules. Le modèle des Quarks et QCD (ChromoDynamique Quantique) étant
71 nouvellement introduits, l'autre effort était la compréhension de la structure générale de
72 l'interaction forte, y compris spécialement la dynamique des interactions des partons et leurs
73 manifestations comme par exemple la production de particules à grand moment transverse. En
74 conséquence, de nouveaux systèmes de détection, rapides et efficaces, étaient nécessaires pour
75 permettre l'accès à cette Physique.

76
77 Fig SFM-05

78 Cette photographie montre le SFM dans la zone I-4 des ISR, dans son état final. Les 2 tubes
79 en bas à droite contiennent le premier le faisceau incident et le second, plus loin, le faisceau
80 émergent. Les lignes de faisceau, bien visibles en haut de la photo, avaient entre elles un
81 angle de 24 degrés à leur intersection au milieu du SFM. Bien qu'assez grand, comme la
82 première illustration l'a montré, l'aimant paraît noyé par les détecteurs annexes qui
83 l'entourent.

84
85 4-Data : l'immense augmentation de leur volume a demandé de développer de nouvelles
86 technologies, en termes de stockage et transmission de data, ainsi que l'utilisation des capacités de
87 nouvelles générations d'ordinateurs. Ce n'est que récemment que ce projet a été vraiment mis en
88 œuvre, partageant les ressources numériques de plusieurs laboratoires.

89
90 En arrivant dans le groupe CERN, Michel avait importé de son passage à SLAC les idées de
91 scattering de partons (James Bjorken, Richard Feynman). Le détecteur SFM était adapté par son
92 grand volume de détection ainsi que les ISR par leur énergie, la plus grande disponible à l'époque.

93
94 Le SFM avait originalement une bonne acceptance, voisine de 4π , mais il s'est rapidement
95 révélé que des modifications importantes étaient nécessaires. Corrélativement, le programme
96 d'analyse des trajectoires a été complètement réécrit, en grande partie grâce à la contribution de
97 Michel. La complexité du champ magnétique, loin des champs uniformes habituels, le nombre de
98 points de mesure le long d'une trace, petit par rapport au cas des chambres à bulles, et le grand
99 nombre de traces souvent voisines ont nécessité le développement de logiciels alors très inhabituels.

100
101 Fig SFM-06

102 Le SFM est représenté ici après les modifications. Le nombre de chambres à fils a augmenté,
103 on voit les compteurs Čerenkov et les détecteurs de temps de vol sur lesquels Michel a
104 travaillé.

105

106 Il y a eu des critiques à l'époque initiale du SFM, comme par exemple l'expression "Shit-
107 Field-Magnet" de Carlo Rubbia. Les résultats de Physique qui ont suivi ont cependant conforté le
108 succès de cette activité.

109

110 La collaboration CCHK avait été formée (CERN-Collège de France-Heidelberg-Karlsruhe)
111 pour mettre au point le détecteur ... et l'utiliser bien sûr. Michel, nommé porte-parole de la
112 Collaboration, a eu une très grande importance dans ces expériences. Nous avions alors le premier
113 détecteur 4PI d'un très grand volume dans l'accélérateur le plus performant de l'époque. Ce
114 détecteur permettait pour la première fois d'atteindre des précisions de mesure comparables à celles
115 des chambres à bulles avec des temps de sensibilité caractéristiques des expériences d'électronique.

116 La collaboration ainsi formée a été exemplaire dans son comportement très intégré, sans
117 distinction explicite entre certains qui font fonctionner le détecteur et d'autres qui l'utilisent. Il y
118 avait alors, par exemple lors d'expérience en chambre à bulles comme dans le cas de BEBC, des
119 distinctions claires entre l'équipe qui prenait les photographies et les physiciens qui les
120 interprétaient. Cette séparation s'est révélée inutile dans le cas du groupe CERN du SFM mais a
121 hélas survécu dans quelques expériences qui ont utilisé le SFM.

122

123 L'apport de Michel dans l'orientation du SFM a été, comme dit plus haut, l'étude des
124 structures de jets. Les événements étudiés étaient choisis sur la base (trigger) d'une particule très
125 énergétique produite à un angle assez grand pour être discernable des particules collimées le long des
126 trajectoires des particules initiales, donc correspondant à un grand moment transverse P_T . Il y avait
127 3 niveaux de trigger, le troisième avec ordinateur et floating point. Michel avait travaillé à
128 l'établissement de ce trigger, la sélectivité demandant un taux de réjection très élevé, d'environ
129 $3 \cdot 10^5$. Il a travaillé également sur un grand système de compteurs Čerenkov, en relation avec ce
130 trigger à grand P_T . L'observation d'un jet de particules produit à un angle polaire opposé signalait
131 comme source du processus la diffusion de partons ("partons scattering").

132

133 Fig SFM-07

134 Cette figure montre la distribution en P_T des π^+ et π^- produits au voisinage d'un angle polaire
135 de 50 degrés. Remarquez les mesures étendues jusqu'à $X_T = 2 \cdot P_T / \sqrt{S} = 0.4$, à une section
136 efficace inférieure au picobarn (10^{-36} cm^2).

137

138 Fig SFM-08

139 Cette figure montre la distribution des particules en fonction de leur angle polaire. La figure **b**
140 (en bas) correspond à des événements déclenchés par une particule à grand P_T , supérieur à 6
141 GeV/c, à un angle polaire de 50 degrés. On observe clairement l'accumulation de particules
142 dans la zone opposée. La figure **a** montre, pour comparaison, la distribution inclusive sans
143 trigger.

144

145 Michel a signé, avec la Collaboration, de nombreuses publications (23) et les a présentées dans
146 plusieurs conférences. Ces résultats ont reçu un très bon soutien. Les très nombreuses citations
147 auraient pu être utilisées par le système de classement des Universités de Shangai
148 (ShangaiUniversityRanking) si le CERN était une Université ! Incidemment, cette Collaboration a
149 suscité environ 50 thèses de PHD en 12 ans.

150

151 Michel a ensuite quitté le groupe du CERN pour revenir au CNRS (au LAPP) cependant
152 continuant sa collaboration avec ce groupe dans une nouvelle expérience avec le SFM: R416. Il
153 s'agissait d'étudier la production de particules charmées tout en poursuivant les études à grand P_T . Il
154 a été nécessaire d'ajouter des détecteurs annexes au SFM. Michel (avec son groupe du LAPP) a été
155 responsable de la construction d'un système de temps-de-vol, ainsi bien sûr que de l'écriture du
156 logiciel correspondant. Il a par ailleurs participé à la création des logiciels nécessaires aux nouveaux
157 détecteurs annexes, suite naturelle à sa contribution au programme général du SFM mentionné plus

158 haut.

159

160 Fig SFM-09

161

162 Je crois utile de mentionner le peu d'attention qui a été porté à la composante non-perturbative
163 de la section efficace au profit de la partie perturbative, bien qu'encore petite à l'énergie des ISR. La
164 désintégration de résonances peut expliquer soit les taux de production soit les corrélations des dits
165 "jets". La figure SFM-09 montre les sections efficaces mesurées de π^- comme fonction de P_T pour
166 différentes valeurs de X_F , à l'énergie de 300 GeV au SPS, en comparaison avec une simulation
167 utilisant la désintégration de 13 résonances baryoniques et mésoniques connues :

168 $\eta^0, \omega^0, \rho^0, \rho^-, f_2^0, \rho_3^0, \rho_3^-, f_4^0, \dots, \Delta^0, \Delta^-, N^*(1440), N^*(1520), N^*(1680)$

169 Ici, seules les désintégrations en 2 particules sont prises en compte pour éviter des problèmes de
170 double comptage qui se posent pour des états en multi-particules. Ces derniers contribuent plutôt à
171 petits P_T et X_F . Evidemment il ne reste pas beaucoup de place pour la composante perturbative, qui
172 n'a pas été utilisée dans la simulation, au moins jusqu'à $P_T \approx 2$ GeV/c et au delà ce qui correspond
173 déjà à $X_T = 2 * P_T / \sqrt{s} \approx 0.35$ à cette énergie (ce qui correspondrait à P_T supérieur à 100 GeV/c
174 dans les collisionneurs de la génération suivante)

175