

Un dialogo tra esperimento e teoria e la scuola di Multiparticle Dynamics.

Alberto Giovannini

Dipartimento di Fisica -Universita' di Torino e Sezione INFN di Torino

La mia conoscenza di FRANCO risale agli anni 70/80 ed e' legata al comune interesse per la fisica delle alte energie ed, in particolare, per lo studio della dinamica della produzione di molte particelle in collisioni adroniche. L'interesse comune divenne, presto, una solida amicizia destinata a rafforzarsi nel corso degli anni e a segnare l'inizio di un proficuo dialogo tra uno sperimentatore ed un teorico in un periodo fantastico per lo sviluppo della ricerca nella fisica delle alte energie, determinato dalla disponibilita' di una nuova generazione di acceleratori.

Di questo dialogo vorrei ricordare due fatti significativi, nel campo di mia competenza, strettamente collegati tra loro, che videro Franco appassionato ed impegnato protagonista.

➤ Il primo fatto riguarda il contributo dato alla ricerca e alla determinazione di due classi di eventi, di origine diversa, in collisioni pp a 630 e 1800 GeV, usando il minimum bias trigger di CDF, per spiegare, attraverso la loro sovrapposizione pesata, la comparsa di uno "shoulder" nelle distribuzioni in molteplicità di n particelle cariche, per valori intermedi di n . Il rilievo di tale lavoro sta oltre che nella selezione di eventi operata, nella ricaduta di una struttura a più componenti sulle proprietà delle variabili collettive ad esse collegate (correlazioni, momenti fattoriali, cumulanti...).

L'importanza del lavoro e'rafforzata dalla scoperta dello stesso effetto (lo "shoulder") nelle distribuzioni di n particelle cariche in intervalli simmetrici di pseudorapidita' a LHC, che diversi Autori hanno descritto, con successo, fenomenologicamente mediante la sovrapposizione pesata di due distribuzioni di tipo binomiale negativo.

➤ Il secondo fatto riguarda la fondazione e la animazione della SCUOLA SULLA DINAMICA DELLA PRODUZIONE MULTIPLA, avvenuta a Torino il 23 aprile 1999 ad opera di cinque ricercatori, tra cui naturalmente Franco, appartenenti alle Sezioni INFN e alle UNIVERSITA' di TORINO, BOLOGNA e TRIESTE, una attivita' che si e' protratta con successo e ampia partecipazione per oltre un decennio.

I due fatti vanno inseriti nella piu'ampia ricerca sulla dinamica della produzione di molte particelle nella fisica delle alte energie, un terreno naturale di incontro tra fisica delle particelle e fisica statistica, caratterizzato dal dialogo costante tra esperimento e teoria , di grande importanza concettuale per la intrinseca non linearita' della collisione e sul quale vorrei richiamare brevemente l'attenzione.

Lo studio della dinamica della produzione di molte particelle nella fisica delle alte energie e' stato ritenuto un argomento di grande interesse, sin dagli anni '40 e '50, quando erano disponibili, sulle distribuzioni in molteplicita'di n particelle, i soli dati provenienti da esperimenti con i raggi cosmici, ed e' legato, sin da allora, ai nomi piu'prestigiosi della fisica teorica.

Vanno ricordati, e non solo per motivi storici, i primi contributi allo studio del problema dati da E.Fermi col modello termodinamico, da L.Landau col modello idrodinamico, (va menzionato incidentalmente che tuttora al modello di Landau si ispirano i nostri amici di ALICE e a RHIC per orientarsi nella impressionante produzione di particelle in urti tra ioni pesanti),e soprattutto va ricordata la profetica intuizione di W. Heisenberg, secondo la quale la soluzione del problema andava cercata in una teoria di campo non-lineare (quella che oggi chiamiamo QCD) di una nuova forza nucleare (che oggi chiamiamo la forza nucleare forte).

Numerosi altri fisici del tempo furono interessati a questa avvincente ricerca, e ,tra essi vanno certamente citati H.J.Bhabha, W.Heitler, W.H. Furry, H.W.Lewis, J.R.Oppenheimer, J.F.Carlson, S.A. Wouthuysen...

In tempi piu' recenti, negli anni '60, all'apparire dei primi dati sulle molteplicita' nella regione degli acceleratori, va ricordato il lavoro di Amati, Fubini e Stanghellini (Il Nuovo Cimento 26,896(1962)) sul modello multiperiferico.

Il modello prediceva - come ben noto - accanto ad una crescita logaritmica con l'energia del numero medio di particelle, una distribuzione Poissoniana del numero di particelle prodotte in una collisione.

Al nostro fine, e'interessante ricordare questo "seminal paper", perche' le scuole di Bologna e di Torino, grazie a Fubini e Stanghellini, sono state molto sensibili a questa linea di ricerca, al cui sviluppo hanno contribuito sempre con successo, sia da un punto di vista teorico, che sperimentale.

D'altra parte, la collaborazione tra Fubini e Stanghellini sul modello multiperiferico ha segnato anche, in quegli anni, l'inizio di un fruttuoso rapporto tra Bologna e Torino, destinato a protrarsi nel tempo.

A questa prima fase della ricerca sulla produzione di molte particelle nella fisica delle alte energie, dominata dal multiperiferalismo, e'seguita negli anni 70/80 , nel periodo in cui avvennero i miei primi incontri con Franco, una serie di nuovi fatti sperimentali e teorici, destinati a condizionare lo sviluppo successivo dell'intero settore, che intendo riassumere, per inquadrare correttamente i due fatti piu' sopra ricordati.

❖ La prima osservazione sperimentale evidenziava che la distribuzione in molteplicita' delle particelle cariche prodotte nell'intero spazio delle fasi differiva dalla distribuzione Poissoniana predetta dal modello multiperiferico. Tali deviazioni furono attribuite alla presenza di fenomeni diffrattivi, controllati dall'accoppiamento col pomerone.

❖ La seconda osservazione riguardava la violazione del KNO scaling nell'intero spazio delle fasi in esperimenti condotti sempre nella regione degli acceleratori. Tale risultato confermava le osservazioni sulla presenza di ampie fluttuazioni della componente pionica nelle cascate adroniche generate da adroni primari di diversa energia nella fisica dei raggi cosmici, che P.K. McKeown e A.W. Wolfendale, sin dal 1966, avevano proposto di descrivere con successo, alle diverse energie, mediante distribuzioni binomiali negative.

❖ Il terzo punto ovvero il superamento del modello multiperiferico col "generalized multiperipheral bootstrap model" (A.Giovannini , Il Nuovo Cimento A10,713(1972)), che prediceva una distribuzione delle n particelle cariche prodotte in collisioni adroniche di tipo binomiale negativo (o di Pascal), in pieno accordo con i dati sperimentali osservati nella regione degli acceleratori e dei raggi cosmici.

❖ Il quarto punto ovvero l'estensione negli anni 80, ad opera della Collaborazione UA5, del dominio di validità della distribuzione binomiale negativa per descrivere le distribuzioni in molteplicità di n particelle cariche, in urti adronici, dalla regione degli acceleratori a quella del pp(\bar{p}) Collider del CERN non solo nell'intero spazio delle fasi, ma anche in intervalli simmetrici di (pseudo)rapidità'.

Seguirono le scoperte della stessa regolarità' in pione-protone e protone-protone a 22 GeV ad opera della Collaborazione NA22, in urti di diffusione profonda muone-protone ad opera della Collaborazione EMC, in annichilazione $e^{(+)}e^{(-)}$ a 29 GeV a HRS, e 90 GeV a LEP ed, ancora, in collisioni tra ioni pesanti ...

Il "common wisdom" ne concludeva che la regolarita' NB aveva un carattere di universalita' (la regolarita' era la stessa in tutte le classi di collisioni esaminate ad energie diverse nel c.m. ed, ad energia fissata nel c.m., in intervalli simmetrici di (pseudo) rapidita') ma aveva anche un carattere di flessibilita' grazie alla diversita' dei suoi parametri nelle diverse classi di collisioni, che la interpretazione col modello a clan rendeva consistentemente visibili.

❖ IL quinto punto: l'universalita' della regolarita' a livello della distribuzione degli adroni finali nelle diverse classi di collisioni suggeriva, inoltre ,un comune meccanismo dinamico della produzione anche a livello partonico, un comune meccanismo, che fu identificato nella formazione di cascate partoniche di QCD, diverse, in numero ed in estensione, per ciascuna classe di collisioni, ma descritte in prima approssimazione anch'esse da distribuzioni binomiali negative controllate dai vertici di QCD.

In conclusione,la regolarita' NB risultava essere, sul finire degli anni '80, un fatto difficilmente eludibile nello studio dinamica della produzione multipla nella fisica delle alte energie sia a livello adronico , che partonico (L.Van Hove e A.Giovannini in 25th International Conference on High Energy Physics Eds.K.K.Phua e Y.Yamaguchi - World Scientific ,Singapore 1991, p.998).

Ma, come capita spesso in fisica, una analisi su un insieme piu'ampio di eventi eseguito sempre dalla collaborazione UA5, rivelo' per le distribuzioni di n particelle cariche prodotte alle massime energie allora disponibili nel c.m.(900 GeV) al pp(bar) Collider del CERN, e cioe' in soglia della regione del TeV, [e successivamente - va ricordato - in annichilazione $e^{(+)}e^{(-)}$ a 90 GeV da parte della collaborazione DELPHI a LEP] una violazione della regolarita'NB colla comparsa di uno "shoulder", per valori intermedi di n , nella distribuzione di n particelle cariche non riproducibile con una distribuzione NB. Tale osservazione vanificava, di conseguenza, la descrizione della distribuzione di n particelle cariche prodotte nell'intero spazio delle fasi ed in intervalli simmetrici di (pseudo)rapidita' dell'insieme totale di eventi mediante una sola distribuzione NB, e, quindi, la stessa universalita'della distribuzione.

Il suggerimento, coronato da successo, di C.Fuglesang (della collaborazione UA5) fu di interpretare empiricamente lo "shoulder" osservato nella distribuzione, come l'effetto della sovrapposizione pesata di due classi di eventi di origine diversa, con e senza mini-jets, ciascuna descritta da una distribuzione NB con parametri caratteristici $[\bar{n}$ e $k = \bar{n}^2 / (D^2 - \bar{n})$, ove D e' la dispersione] in genere diversi tra loro.

L'idea era dunque che l'effetto osservato (lo "shoulder") nella distribuzione in molteplicità di n particelle cariche dell'insieme totale di eventi – non descrivibile da una sola distribuzione NB – fosse la spia, il segnale, della presenza di due classi di eventi di diversa origine, descritte da due distribuzioni NB, la cui sovrapposizione pesata avrebbe riprodotto l'effetto e definito un nuovo modello in grado di spiegare, non solo lo "shoulder" nella distribuzione, ma anche altri fatti sperimentali osservati di difficile comprensione, quali ad esempio le oscillazioni del rapporto tra cumulanti e momenti fattoriali di n particelle in funzione di n , e la dipendenza dall'energia in collisioni $pp(\bar{p})$ del parametro ($b(\text{FB})$) che controlla le correlazioni in molteplicità tra il numero di particelle che cadono nell'emisfero in avanti, $n(\text{F})$, con il numero medio delle particelle che cadono nell'emisfero all'indietro, $\bar{n}(\text{B})$, i.e. $\bar{n}(\text{B}) = a + b(\text{FB}) n(\text{F})$.

Si trattava dunque di individuare queste due classi di eventi da un punto di vista sperimentale. In un importante lavoro del 2002, (Phys.Rev.D65,072005(2002)), la Collaborazione CDF definì il primo sottoinsieme di eventi "soffici" quello nel quale per ogni evento nessun "cluster", con un minimo di energia trasversa di 1.1 GeV, è osservato nella finestra di pseudorapidità tra (- 4.1 e + 4.1). Un "cluster", in questa selezione di eventi, consisteva di una "seed tower" di energia trasversa > 1 GeV e una "tower" adiacente di almeno 0.1 GeV. Gli eventi con almeno un "cluster" vennero definiti "eventi duri". Delle due classi di eventi, la prima soddisfaceva il KNO scaling, la seconda lo violava .

Va ricordato che i dati di CDF, assieme a quelli della Collaborazione UA5, costituiscono il fondamento del modello basato sulla "sovrapposizione pesata di più classi di eventi di origine diversa", ciascuna delle quali descritta da una distribuzione binomiale negativa, con parametri caratteristici, $n(\bar{})$ e k , in genere distinti per ciascuna classe.

Tale modello ha descritto, con successo, accanto allo shoulder nelle distribuzioni in molteplicità di n particelle prodotte,

anche gli altri effetti nelle variabili collettive (momenti, cumulanti, correlazioni FB), più sopra ricordati, nella regione del GeV e ha fornito i loro andamenti, sulla base di estrapolazioni ragionevoli in energia e pseudorapidità dei suoi parametri, nella regione del TeV.

I risultati di CDF furono ampiamente pubblicizzati da FRANCO in numerose conference internazionali del settore ed, in particolare, al CERN, suscitando sempre un grande interesse.

Ma stanno destando una particolare attenzione anche ai nostri giorni, perché sembrano suggerire una via ragionevole alla interpretazione dello "shoulder" osservato nelle distribuzioni di n particelle cariche anche nella regione del TeV dalle Collaborazioni di LHC.

La determinazione delle eventuali componenti, delle classi di eventi di origine diversa, in urti adronici nella regione del TeV secondo un protocollo rigoroso e'-a mio avviso- una linea di ricerca imperativa, una vera e propria sfida , con radici nel suggerimento, a suo tempo formulato dalla Collaborazione UA5 e nel lavoro ricordato di CDF, ed e' sostenuta da modelli fenomenologici, basati sulla QCD, che hanno gia' spiegato diversi dati sperimentali sulle variabili collettive nella dinamica della produzione multipla (A.Giovannini e R.Ugoccioni Phys.Rev.D59,094020(1999),Phys.Rev.D60 ,074027(1999)e International Journal of Modern Physics A Vol.20,No 17(2005) 3897-3999).

Laddove si verificasse che le distribuzioni in molteplicità di n particelle cariche prodotte nelle diverse classi di eventi in urti adronici a LHC fossero descritte soddisfacentemente da una distribuzione NB, significherebbe che la regolarità NB, violata nel total sample di eventi, è verificata ad un livello più fondamentale di quanto inizialmente previsto ovvero quello degli eventi delle sue componenti separatamente considerate. Un fatto certamente rilevante!

In merito alla Scuola di Multiparticle Dynamics , vorrei ricordare una attività' di Franco che mette bene in evidenza un aspetto della sua personalita'di scienziato ed, in particolare, il suo interesse per una fisica, non ristretta negli angusti e, necessariamente, limitati ambiti di una Collaborazione, ma aperta ad una visione unitaria e globale della fisica delle alte energie.

Dopo alcuni incontri, iniziati nel 1995 , Franco fu tra i fondatori il 23 aprile 1999 a Torino, presso il notaio PODIO, della *SCUOLA SULLA DINAMICA DELLA PRODUZIONE MULTIPLA*.

Il logo scelto fu COMITATO MPD99.

Del Comitato facevano parte oltre a Franco altri quattro fisici teorici e sperimentali, alcuni presenti in questa sala. Comitato : Giovannini, Rimondi, Fabbri, Calucci, Treleani.

Le sedi interessate BOLOGNA, TORINO, TRIESTE.

A. Il COMITATO MPD 99, con la ESSENZIALE collaborazione di Franco, non solo organizzativa , ma soprattutto al livello della scelta dei contenuti e della loro presentazione, HA PROMOSSO, tra il 1995 e il 2007, ben 18 Workshops nelle SEZIONI dell'INFN e nei DIPARTIMENTI di FISICA delle UNIVERSITA' di Bologna (5), Torino(5), Trieste(4), Udine(1), Firenze(2), Alessandria(1)...

*SUL TEMA : "Problemi di fisica nelle interazioni forti alle alte energie in urti pp, in annichilazione $e^{+}e^{-}$, in urti di diffusione profonda e tra ioni pesanti, con particolare riferimento alla dinamica della produzione di molte particelle"

*LO SCOPO di ciascun WORKSHOP SANCITO DALLO STATUTO del COMITATO MPD99:

a) mettere a disposizione dei partecipanti le proprie esperienze , in un clima di dialogo costruttivo tra fisici teorici, esperti nella fenomenologia delle interazioni forti, e fisici sperimentali del settore, provenienti da Collaborazioni diverse;

b) preparare un gruppo di giovani ricercatori sulle problematiche delle interazioni forti ed in particolare della produzione di molte particelle e sulle proprieta' delle variabili collettive, ad esse collegate, in vista della programmazione e della entrata in funzione di LHC.

*LA PARTECIPAZIONE a ciascun WORKSHOP e' stata di una ventina di giovani ricercatori, impegnati in collaborazioni diverse, che hanno presentato e discusso i loro lavori, i loro programmi di ricerca e le loro idee in un confronto libero e serrato con dei ricercatori maturi ed esperti.

B.IL COMITATO ha PROMOSSO, con questo stesso spirito, inoltre, e con la partecipazione attiva dei membri del Comitato DUE SCUOLE NAZIONALI sulla <<DINAMICA DELLA PRODUZIONE MULTIPLA NELLA FISICA DELLE ALTE ENERGIE>>.

GLI ATTI E LE LEZIONI DELLE SCUOLE EDITE DALLA SEZIONE INFN DI BOLOGNA SONO IN RETE.

* SCUOLA DI BOLOGNA 1999

vedi:

http://www.bo.infn.it/scuola_multiparticle/

*SCUOLA DI TRIESTE 2001

vedi:

http://www.bo.infn.it/scuola_multiparticle/scuola_trieste/

C.IL COMITATO MPD 99 HA PROMOSSO NEL 2003 A BOLOGNA LA SCUOLA INTERNAZIONALE SU

<<STRONG INTERACTIONS AND MULTIPARTICLE DYNAMICS>>

The school was intended for PhD Students and young researchers (th. and exp.)

willing to improve their knowledge on strong interactions and multiparticle

dynamics ; it covered all classes of reactions including heavy ion collisions

and cosmic ray physics

- LECTURERS : wolfram kittel , igor dremin , jean- pierre revol, francesco becattini, giorgio calucci, giovanni abbiendi, alessandro de angelis, fabrizio fabbri, alberto giovannini, ezio menichetti, gianni navarra, luciano ramello , FRANCO RIMONDI , daniele treleani, stefano zucchelli (impagabile segretaria della scuola,come in tutte le altre attivita' del Comitato MPD 1999 :milena deninno)

-PARTICIPANTS BY INVITATION ONLY : UNA VENTINA DI STUDENTI ITALIANI E STRANIERI

-GLI ATTI E LE LEZIONI TENUTE SONO IN RETE:

http://www.bo.infn.it/scuola_multiparticle/school2003/

e

il fascicolo che raccoglie tutti i seminari e le lezioni svolte e' stato

stampato dall'INFN di BOLOGNA.

-SOMMARIO DEI CONTENUTI DELLA SCUOLA

*Dalla cinematica delle variabili di particella singola, alle variabili inclusive ed esclusive, alle variabili collettive (momenti fattoriali, cumulanti e loro rapporti), alle strutture generali degli stati finali multiadronici, allo studio dei jet adronici e dei jet finding algorithms.

*Dallo studio dei poli di Regge alle proprietà di analiticità e crossing delle ampiezze, alle equazioni BFKL (hard pomeron), alle equazioni di evoluzione inclusive della QCD (DGLAP) a quelle esclusive (KUV), ai jet di QCD come processi di Markov, ai generatori di eventi di Monte Carlo secondo la QCD, ai problemi dell'adronizzazione, alle correlazioni e fluttuazioni nella dinamica della produzione di molte particelle in diverse classi di collisioni (dall'annichilazione $e^{+}e^{-}$), agli urti di diffusione profonda leptone-adrone, agli urti $pp(\bar{p})$ e pp dagli ISR a TEVATRON ed a LHC.

*Dalla dinamica della produzione multipla in urti tra ioni pesanti e alle attese teoriche e sperimentali ad LHC, alle interazioni adroniche di altissima energia e alle extensive air showers, alla fisica e ai rivelatori del programma AUGER.

D. IL COMITATO ha anche partecipato attivamente all'International Workshop

<<ON NEW FRONTIERS IN SOFT PHYSICS AND CORRELATIONS>>

ON THE THRESHOLD OF THE THIRD MILLENNIUM tenutosi a TORINO nel 2000

Vedi:

NUCLEAR PHYSICS B(PROC.SUPPL.) 92(2001) FEBRUARY 2001

IX INTERNATIONAL WORKSHOP on MULTIPARTICLE PRODUCTION.

NOTA BENE: a pagina 114 e' riportato l'intervento di Franco su <<soft and hard

interactions in $pp(\bar{p})$ collisions at $\sqrt{s} = 1800$ and 630 GeV>>

In tutta q uesta attivita' FRANCO e' stato un protagonista appassionato,attento e scrupoloso,alternando interventi di natura piu' propriamente scientifica ad interventi sulla diffusione della scienza e sulla sua organizzazione.

Vorrei aggiungere che il contributo di Franco a queste iniziative e' stato sempre di alto profilo, presentato con semplicita',senza enfasi,con modestia, come solo chi e' davvero competente su un argomento ,puo' e sa fare ...
una grande perdita per la nostra comunita' ...

UN ULTIMO PUNTO:

L'International Symposium on Multiparticle Dynamics 2014 sarà organizzato, molto probabilmente, da Bologna (sarà la quarta volta, dopo Pavia nel 1973, Vietri sul Mare nel 1994 e Frascati nel 1997, che un Simposio così prestigioso verrà organizzato in Italia).

Un riconoscimento dovuto a questa sede per il contributo dato dalla Scuola di Bologna nel settore ed in particolare da Franco, con la partecipazione attiva e presentazione assidua di numerose relazioni, su invito, nel corso degli anni alla serie di International Symposia on Multiparticle Dynamics, che si sono succedute ininterrottamente in Europa e nel mondo, da quello di Parigi nel 1970 e ai quali ci siamo spesso ritrovati assieme.

Mi rivolgo agli organizzatori ...sarebbe molto bello trovare nel corso del Symposium uno spazio, delle occasioni, per ricordare FRANCO e il suo lavoro ...un grant, ad esempio, per un partecipante al Symposium...